

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Поповић Сенка, дипл. инж.

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>10.02.2012. Наставно-научно веће Технолошког факултета у Новом Саду.</p> <p>2. Састав комисије са знаком 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>1. др Вера Лазих, ред. проф., ужа научна област Технологије конзервисане хране, изабрана 15.03.2011. год. и запослена на Технолошком факултету у Новом Саду.</p> <p>2. др Светлана Тривић, ред. проф., ужа научна област Биохемија, изабрана 11.04.2002. год. и запослена на Природно-математичком факултету у Новом Саду.</p> <p>3. др Драгиња Перичин, ред. проф., ужа научна област Примењене и инжењерске хемије, изабрана 15.06.1999. год. и запослена на Технолошком факултету у Новом Саду.</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Сенка (Зорица) Поповић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 01.10.1980. Зрењанин, Општина Зрењанин, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Технолошки факултет, Микробиолошки процеси, дипломирани инжењер технологије</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2005. Хемијско-технолошке науке</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p>

б. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

-

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Истраживање добијања и карактеризација биоразградивих композитних филмова на бази биљних протеина

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација садржи шест поглавља:

1. **Увод** (стр. 1-3);
2. **Општи део** (стр. 4-59);
3. **Материјал и методе** (стр. 60-73);
4. **Резултати и дискусија** (стр. 74-125);
5. **Закључак** (стр. 126-128);
6. **Литература** (стр. 129-156).

Дисертација је написана на 156 страна А4 формата, са 71 сликом, 15 табела и 352 литературна навода.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Увод указује на актуелна научна истраживања биоразградивих композитних филмова на бази протеина. Дат је кратак преглед досадашњих достигнућа на овом научном пољу, а такође је указано на значај и актуелност теме дисертације. На крају увода дат је преглед предмета и циља истраживања у оквиру дисертације.

Општи део дисертације приказује најновија научна сазнања у испитиваној области и састоји се из седам одвојених целина. У првом делу је дата дефиниција и општи појмови везани за биоразградиве филмове. Акцент је стављен на протеинске биоразградиве филмове и дат је преглед истраживања филмова на бази животињских и биљних протеина. У другом делу, описани су поступци за добијање биоразградивих филмова – суви и влажни метод. У наставку, детаљно су размотрене особине биоразградивих филмова – механичке, баријерне, физичко – хемијске, биолошке, као и структурне, које имају велики утицај на потенцијалну примену добијених филмова. Наредна поглавље баве се предностима и недостацима протеинских биоразградивих филмова и техникама модификације и побољшања њихових карактеристика. Посебан акценат је стављен на предност композитних биоразградивих филмова у односу на чисто протеинске. Начињен је студиозан пресек литаратуре о врстама и особинама композитних биоразградивих филмова, са

посебним освртом на филмове на бази нузпроизвода индустрије прераде пољопривредних производа. На основу изнетих литературних података може се закључити да су веома атрактивна истраживања композитних протеинских филмова, која уједно представљају и нови вид валоризације нузпроизвода индустрије уља.

представљају актуелно истраживачко поље светске научне јавности, па су филмови на бази протеина уљане тикве одабрани као проблематика ове дисертације.

У поглављу **Материјал и методе** дат је детаљан опис метода примењених у експерименталном раду. На почетку је описан поступак припреме протеинског изолата погаче уљане тикве голице (*Cucurbita pepo L. s.v. Olinka*) (енг. Pumpkin Oil Cake Protein Isolate - PI PuOC), као једне од сировина за добијање нових биоразградивих филмова. Даље, описани су поступци добијања филмова, у зависности од услова средине и састава филмогене смеше. За утврђивање карактеристика добијених филмова примењене су различите физичко-механичке, хемијске и биолошке методе. Описани су поступци одређивања дебљине, затезне јачине (енг. Tensile Strenght – TS) и издужења при кидању (енг. Elongation at Break – EB); бубрења, одређивања садржаја влаге, укупне растворљивости као и концентрације растворљивих протеина. Такође, описан је поступак одређивања пропустљивости гасова ових филмова. У раду су описане методе одређивања структуре филмова: скенирајућа електронска микроскопија (енг. Scanning Electron Microscopy – SEM), диференцијална скенинг калориметрија (енг. Differencial Scanning Calorimetry – DSC) и Инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (енг. Fourier Transform Infrared Spectroscopy - FTIR). За побољшање карактеристика филмова, примењена је ензимска метода – умрежавање транслутаминазом (TGaza) и формирање композитних филмова – додатком хитозана. За статистичку обраду експерименталних података коришћени су савремени софтверски програми, а резултати обрађени на адекватан и валидан начин.

Поглавље **Резултати и дискусија** подељено је у три дела а редослед приказаних резултата прати ток истраживања. Први део обухвата модификацију биоразградивих филмова на бази желатина, продукцијом нових композитних филмова желатин/PuOC. Резултати указују на могућност добијања филмова са побољшаним карактеристикама, у односу на желатинске филмове, уз појефтинијење процеса, заменом скупе сировине анималног порекла, јефтинијом биљном сировином. Други део обухвата карактеризацију филмова добијених на бази PuOC и поређење особина добијених филмова са особинама сличних композитних филмова. Ради бољег разумевања механизма добијања биоразградивих филмова на бази протеина, трећа фаза обухвата резултате испитивања особина филмова на бази PI PuOC. Најпре су испитане физичко-механичке и хемијско-биолошке особине, а даља карактеризација филмова допуњена је структурном анализом. У овој фази приказани су и резултати побољшања особина филмова на бази PI PuOC, применом хемијске, ензимске и комбиноване методе модификације. Такође, дати су и резултати продукције композитних филмова протеински изолат/хитозан.

У поглављу **ЗАЉУЧАК**, закључци су јасно и концизно изведени из резултата и њихове дискусије, те се могу сматрати поузданим и одговарајућим постављеном циљу дисертације.

У последњем поглављу, **ЛИТЕРАТУРА**, наводи се 353 референце. Литературни наводи обухватају савремене аспекте везане за добијање и карактеризацију биоразградивих композитних филмова на бази протеина, а цитиране су на адекватан и правилан начин.

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

Истраживања урађена у оквиру докторске дисертације, верификована су у следећим часописима и саопштењима на скуповима међународног и националног значаја:

M₂₁ -Врхунски међународни часописи

1. **Popović, S.**, Peričin, D., Vaštag, Ž., Popović, Lj., Lazić, V. (2011). Evaluation of edible film-forming ability of pumpkin oil cake; effect of pH and temperature. *Food Hydrocolloids*, doi: 10.1016/foodhyd.2010.07.022, *Food Hydrocolloids*, 25(3), 470-476.
2. **Popović, S.**, Peričin, D., Vaštag, Ž., Lazić, V., Popović, Lj. (2012). Pumpkin oil cake protein isolate films as potential gas barrier coating. *Journal of Food Engineering*, doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.12.035

M₂₂ -Истакнути међународни часописи

1. **Popović S.**, Lazić V., Popović Lj., Vaštag Ž., Peričin D. (2010). Effect of the addition of pumpkin oil cake to gelatine to produce biodegradable composite films. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(6), 1184-119.

M₃₃ -Саопштења са међународног скупа штампано у целини

1. **Popović, S.**, Lazić, V., Vaštag, Ž., Popović, Lj., Peričin, D. (2010) Evaluation of possibility of the production of biodegradable film from hull-less pumpkin oil cake, »First International Meeting on Material / Bioproduct Interactions«, МАТБИМ, Париз, Француска, 3-5. март 2010.

M₃₄ - Саопштења са међународног скупа штампано у изводу

1. **Popović, S.**, Popović, Lj., Vaštag, Ž., Krimer, V., Peričin, D., Characteristic of edible films made by gelatin and pumpkin oil cake protein isolate, *New Challenges in Food Preservation*, Budapest, Hungary, 11-13 November, 2009

M₆₃ - Саопштења са скупа националног значаја штампано у целини

1. Peričin, D., **Popović, S.**, Popović, Lj., Vaštag, Ž. (2010). Razvojni trendovi proizvodnje bioplastike na bazi nuzproizvoda industrije ulja. 51. Savetovanje industrije ulja-Proizvodnja i prerada uljarica, Herceg Novi, 26. jun-02. jul, 295-301.

M₆₄ - Саопштења са скупа националног значаја штампано у изводу

1. **Popović, S.,** Popović, Lj., Vaštag, Ž., Lazić, V., Peričin, D. (2010): Produkcija i karakterizacija novih biorazgradljivih filmova od proteina pogače uljane tikve golicе (*Cucurbita pepo* L.), XLVIII Savetovanje Srpskog Hermijskog Društva, Novi Sad, Srbija, 17-18 April 2010.
2. **Popović, S.,** Peričin, D., Popović, Lj., Vaštag, Ž. (2011): Uticaj pH i koncentracije glicerola na karakteristike biorazgradivih filmova od proteinskog izolata uljane tikve golicе, XLIX Savetovanje Srpskog Hermijskog Društva, Program i kratki izvodi radova (Book of abstracts), 88, Kragujevac, 2011.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У овој дисертацији приказано је добијање нових биоразградивих композитних филмова на бази биљних протеина. Специфичност нових биоразградивих филмова је у примени PuOC и PI PuOC, као сировине за њихово добијање. У истраживањима усмереним ка формираним филмовима, испитана су физичко-механичка, баријерна, биолошка и структурна својства добијених филмова. На основу извршених истраживања, обрађених и продискутованих резултата могу се извести следећи закључци:

1. PuOC се успешно може применити за припремање композитних филмова PuOC/желатин. У поређењу са карактеристикама желатинских филмова, добијених под истим експерименталним условима, нови композитни филмови имају побољшане особине. Филмови са 40 и 60% PuOC, показују највеће вредности TS. Сви добијени композитни филмови имају веће вредности EB од желатинских филмова, док су укупна растворљивост, количина растворљивих протеина и способност бубрења слични вредностима добијеним за биоразградиве филмове на бази желатина. Композитни филмови са 10 - 15% желатина и 85 - 90% PuOC показују антиоксидантну активност до 25%, за разлику од желатинских филмова, чија је способност хватања DPPH• радикала $\approx 17\%$.

2. Истраживања усмерена ка добијању нових композитних филмова на бази PuOC, обухватила су евалуацију могућности добијања биоразградивих филмова, уз додатак различитих врста пластицизера. Полиетиленгликол (PEG) се показао као некомпатибилан са макромолекулима PuOC, те филмови нису формиран. Супротно томе, у присуству глицерола, PuOC показује филмогена својства, а филмови са најбољим карактеристикама су формиран када је удео глицерола био 0.25 g/g PuOC. Праћен је симулатни утицај pH и удела глицерола, као и pH и температуре загревања филмогеног раствора PuOC на физичко-механичке, хемисјке, баријерне и структурне карактеристике добијених филмова.

3. Испитана је могућност добијања биоразградивих филмова на бази PI PuOC. Праћен је утицај pH и удела глицерола на добијање и карактеристике добијених филмова. Резултати показују да PI PuOC има способност формирања филмова у широком опсегу pH, изузев при pH=4.0-8.0. Добијени филмови показују одлична баријерна својства (нису пропуштљивост гасова) у поређењу са комерцијалним синтетичким филмовима.

4. У циљу унапређења баријерних и механичких особина биоразградивих филмова на бази PI

PuOC, као и потенцијална проширења могућности примене, извршена је модификација протеинске структуре умрежавањем у присуству ензима транsgлутаминазе и интеракцијом молекула протеина са хитозаном, познатим филмогеним макромолекулом, са и без TGaze.

На основу добијених резултата, може се закључити да PI PuOC у присуству хитозана формира биоразградиве филмове на рН блиском ИЕТ, али да је неопходан удео хитозана од 75%. Такође, треба истаћи да добијени филмови имају лошије карактеристике од других композитних филмова на бази протеина и хитозана, и лошије карактеристике од филмова на бази PI PuOC припреманих у екстремно киселим и базиним условима. Ипак, добијени филмови имају рН сличан рН већине хране, па је њихова потенцијална примена могућа, уз додатну оптимизацију услова добијања ради побољшања карактеристика.

Умрежавање композитних филмова PI PuOC/хитозан, у присуству TGaze, незнатно је утицало на њихове особине, у поређењу са филмовима припреманим у одсуству TGaze. Може се закључити да умрежавање протеина уљане тикве голице и хитозана ензимом TGaza, у циљу побољшања особина композитних филмова PI PuOC/хитозан није дало очекиване резултате.

На основу добијених резултата, може се закључити да се PuOC и њен PI могу успешно применити као сировина за добијање биоразградивих композитних филмова, без и у присуства агенаса за умрежавање и других филмогених супстанци. Ова истраживања представљају основу за даљи развој и унапређење биоразградивих филмова са великим апликационим потенцијалом.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Кандидаткиња Сенка Поповић, дипл. инж., је у целости обавила истраживања која су предвиђена планом у пријави ове дисертације. Добијени резултати су проистекли из оригинално постављених лабораторијских испитивања могућности добијања биоразградивих филмова на бази протеина уљане тикве, у циљу искориштења нузпроизвода индустрије уља, производњом нових еколошки прихватљивих полимерних материјала. Бројни резултати истраживања су систематично и прегледно приказани, а дискусија заснована на добром познавању истраживане научне области и на најновијим научним сазнањима, те се начин приказа и тумачења резултата истраживања оцењује позитивно.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација представља оригинални допринос науци јер су постављене научне основе за добијање нових биоразградивих композитних филмова на бази протеина уљане тикве. Научни допринос резултата истраживања верификован је објављивањем 3 рада у међународним часописима на SCI листи.

Истраживањем добијања биоразградивих филмова на бази протеина уљане тикве доказана је могућност добијања нових биоразградивих полимерних материјала, уз додатно искоришћење нузпроизвода индустрије уља. Погача уљане тикве показала се вредном сировином за добијање нових, функционалних, биолошки активних филмова који се потенцијално могу применити у прехранбеној и фармацеутској индустрији. Приказани резултати дају и научну потврду истраживачког правца искоришћења нузпроизвода индустрије уља у производњи биоразградивих филмова, који у нашој земљи немају адекватну употребну вредност, а чија је валоризација од економског и еколошког значаја, у складу са светским трендовима.

На основу истраживања карактеристика композитних филмова на бази протеина уљане тикве,

<p>показано је да добијени филмови представљају адекватну алтернативу постојећим, скупљим филмовима на бази протеина животињског порекла, а да филмови на бази протеинског изолата или целе погаче уљане тикве имају особине једнаке или боље од особина других протеинских и комозитних филмова. Истраживања су основ за добијање, и унапређење биоразградивих композитних филмова са добром баријером према гасовима и са биолошком активношћу, што представља велики потенцијал у развоју производње амбалажних материјала. Ова истраживања су и потенцијална основа за нови вид валоризације погаче уљане тикве, нузпроизвода агроиндустрије, и решавање проблема акумулације овог и сличних биолошки вредних материјала.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Недостаци дисертације нису уочени.</p>
<p>X ПРЕДЛОГ:</p>
<p>На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>
<p>Полазећи од позитивне оцене докторске дисертације дипл. инж, Сенке Поповић, Комисија са задовољством предлаже да се прихвати ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ, а кандидаткињи одобри одбрана рада.</p>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Вера Лазих, ред. проф.,
Технолошки факултет, Нови Сад

Др Светлана Тривић, ред. проф.,
Природно-математички факултет, Нови
Сад

Др Драгиња Перичин, ред. проф.,
Технолошки факултет, Нови Сад