

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА Технолошки факултет**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)

| <b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p><b>27.02.2015.</b> године, Наставно-научно веће Технолошког факултета Универзитета 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> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Др Наталија Цинић</b>, ванредни професор, Технологије конзервисане хране, 14.04.2011. године, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, председник,</li> <li>• <b>Др Вера Лазић</b>, редовни професор, Технологије конзервисане хране, 15.03. 2011. године, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, ментор,</li> <li>• <b>Др Драгољуб Новаковић</b>, редовни професор, Графичко инжењерство и дизајн, 10.02.2011. године, Факултет техничких наука, Универзитета у Новом Саду, члан.</li> <li>• <b>Др Светлана Живановић</b>, редовни професор, Хемија хране, 01.07.2011. године, Department of Food Science and Technology, The University of Tennessee, Knoxville, члан</li> </ul> |
| <b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p><b>Невена Мирослав Хромиш</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p><b>10.07.1982., Краљево, Краљево, Србија</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p><b>Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, Прехрамбено инжењерство, Микробиолошки процеси, Дипломирани инжењер технологије</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p><b>2008., Прехрамбено инжењерство</b></p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p>-</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p> <p>-</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

**III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Развој биоразградивог активног амбалажног материјала на бази хитозана: синтеза, оптимизација својстава, карактеризација и примена**

**IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација садржи шест поглавља:

1. **Увод** (стр.1-3);
2. **Општи део** (стр.4-81);
3. **Материјал и методе** (стр.82-93);
4. **Резултати и дискусија** (стр.94-191);
5. **Закључак** (стр.192-196);
6. **Литература** (стр.197-231).

Прилози (стр 232-244).

Дисертација је написана на 244 страна А4 формата, са 67 слика, 18 табела и 40 графика са резултатима статистичке анализе, цитирано је 437 литературних навода, а на почетку су дате кључне документацијске информације са кратким изводом на српском и енглеском језику.

## **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**УВОД** указује на бројне захтеве које амбалажа мора да испуни у примени и указује на еколошке проблеме које је донела масовна примена полимерних амбалажних материјала задњих деценија. Као један од могућих праваца решења овог проблема наводи се шира употреба биополимерних амбалажних материјала, који се поред тога што се добијају из природних сировина и што су биоразградиви могу користити и као носиоци активних својстава амбалаже. Описана је могућност примене полисахарида хитозана за синтезу активног јестивог амбалажног материјала. Месо и производи од меса су једни од најзахтевнијих прехранбених производа за очување током складиштења. У уводу је описан производ од меса, сува ферментисана Петровачка кобасица. На крају уводних разматрања, дат је циљ докторске дисертације, који је подразумевао развој активног јестивог премаза на бази хитозана, као и његову апликацију у циљу продужења одрживости сувих ферментисаних кобасица.

**ОПШТИ ДЕО** дисертације приказује најновија научна сазнања у испитиваној области и састоји се из осам одвојених целина. У првој целини се уводи појам, дефиниција и основни приступи у развоју активног паковања, као једног од савремених праваца развоја амбалажних материјала и услова паковања. У другој целини се уводи појам и основна подела биофилмова, на чијем се развоју активно ради у свету са циљем шире примене у амбалажној индустрији. Акцент је стављен на јестиве филмове, а посебно јестиве филмове на бази полисахарида. На овај део се наставља преглед важећих сазнања о хитину и хитозану, конформацијама молекула, понашању у раствору и биофилмовима. Као посебна, четврта целина, је издвојен преглед актуелних истраживања на пољу композитних филмова и изазова у формирању филмогених емулзија. У даљим целинама су дати важећи поступци у производњи биофилмова и филмогених премаза на лабораторијском и индустријском нивоу, као и методе које се најчешће користе у анализи својстава биофилмова, са посебним освртом на активна својства, антиоксидативно и антимикуробно деловање. У седмој и осмој целини је дат преглед примене јестивих филмова у прехранбеној индустрији, а затим и примене хитозанских премаза, омотача и филмова за паковање производа индустрије меса. На основу изнетих литературних података може се закључити да су веома атрактивна истраживања у области примене активних хитозанских премаза, омотача и филмова, као и композитних премаза, омотача и филмова на бази хитозана са додатком хидрофобних компоненти у области заштите прехранбених производа, па је оптимизација и примена хитозанских биофилмова и омотача одабрана као проблематика ове дисертације.

У поглављу **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ**, дат је детаљан опис метода примењених у експерименталном раду. На почетку је описан поступак припреме хитозанских биофилмова без и са додатком активних компоненти: етарског уља оригана и кима, као и пчелињег воска и одговарајућих колаген-хитозан ламинираних омотача. Дат је и поступак припреме Петровачке кобасице са и без додатка стартер културе, као и приказ поступка апликације хитозанског премаза различитог састава на кобасице након сушења. Карактеризација свих типова филмова и омотача извршена је испитивањима физичко-механичких својстава (дебљина, затезна јачина и издужење при кидању), структурних особина (електронскенирајућа микроскопија-СЕМ и АТР-ФТИР спектроскопија), физичко-хемијских карактеристика (садржај влаге, растворљивост, бубрење и боја филма), баријерних својстава (пропустљивост гасова и водене паре) и биолошке активности филмова (антиоксидантна и антимикуробна активност). Ефекат примене премаза изучаван је испитивањима параметара квалитета кобасице и то, праћењем промене садржаја влаге, рН вредности, боје, оксидације липида, као и сензорне оцене мириса и укуса ове кобасице током складиштења. 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 карактеризацију синтетисаног хитозанског филма са додатком етарског уља оригана и одговарајућег ламинираног колагеног омотача, као и ефекат апликације овог премаза на суву ферментисану Петровачку кобасицу. Резултати указују на могућност добијања филмова и омотача са побољшаним карактеристикама, смањеном осетљивошћу на дејство влаге и нешто побољшаним баријерним својствима. У примени, ови омотачи су били ефикасни у заштити боје на пресеку кобасице, као и у успоравању процеса липидне оксидације и сензорне деградације кобасице. Други део обухвата карактеризацију филмова добијених на бази хитозана и етарског уља кима и одговарајућих ламинираних колаген-хитозан омотача, као и анализу ефекта примене овог премаза на очување квалитета Петровачке кобасице током складиштења. У односу на филм са етарским уљем оригана, овде је показана могућност добијања филма и ламинираног колагеног омотача са додатно смањеном осетљивошћу на дејство влаге и још бољим баријерним својствима за водену пару. У примени, премаз је допринео очувању својстава Петровачке кобасице током складиштења. Да би се даље оптимизовала баријерна својства филмова и ламинираних омотача према водениј пари и успорио губитак влаге у Петровачкој кобасици током складиштења, формиран је композитни филм на бази хитозана са додатком етарског уља кима и пчелињег воска. У трећем делу је дата детаљна карактеризација ових филмова и ламинираних омотача, као и ефекат примене премаза на Петровачку кобасицу.

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 **xxx** референце. Избор референци је актуелан (више од половине цитата су новијег датума) и примерен тематици која је проучавана, а референце су цитиране 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**

### M21 – Рад у врхунском међународном часопису:

1. **Krkić, N., Šojić, B., Lazić, V., Petrović, Lj., Mandić, A., Sedej, I., Tomović, V.** (2013). Lipid oxidative changes in chitosan-oregano coated traditional dry fermented sausage Petrovská klobása, *Meat Science*, 93, 3, 767-770.
2. **Krkić, N., Šojić, B., Lazić, V., Petrović, Lj., Mandić, A., Sedej, I., Tomović, V., Džinić, N.** (2013). Effect of chitosan-caraway coating on lipid oxidation of traditional dry fermented sausage, *Food Control*, 32, 2, 719-723.
3. **Hromiš, N., Lazić, V., Markov, S., Vaštač, Ž., Popović, S., Šuput, D., Džinić, N., Velićanski, A., Popović, Lj.** (2015). Optimization of chitosan biofilm properties by addition of caraway essential oil and beeswax. *Journal of Food Engineering*, 158, 86–93.

### M22- Рад у истакнутом међународном часопису

1. **Krkić, N., Lazić, V., Petrović, Lj., Gvozdеновић, J., Pejić, D.** (2012). Properties of Chitosan-Laminated Collagen Film, *Food Technology and Biotechnology*, 50 (4), 483-489.

### M23– Рад у међународном часопису :

1. **Krkić, N., Lazić, V., Savatić, S., Šojić, B., Petrović, Lj., Šuput, D.** (2012). Application of chitosan coating with oregano essential oil on dry fermented sausage, *Journal of Food and Nutrition Research* 51 (1), 60-68.

M33-Рад саопштен на скупу међународног значаја (штампан у целини)

1. **Krkić, N.,** Lazić, V., Petrović, Lj., Gvozdrenović, J. (2010). Synthesis and characteristics of chitosan biopolymers, 14th International Feed Technology Symposium, 12th International Meat Technology Symposium "NODA 2010", 176-184, Novi Sad, 19/21.10.2010.

M34-Рад саопштен на скупу међународног значаја (штампан у изводу)

1. **Krkić, N.,** Lazić, V., Gvozdrenović, J., Šuput, D.: The influence of poly (ethylene oxide) and poly (ethylene glycol) addition on characteristics of chitosan film, International Congress on Food and Nutrition (4; Istanbul; 2011), 215.
2. **Hromiš, N.,** Lazić, V., Šuput, D., Popović S., Tomović, V.,(2014): Improvement of water vapor barrier properties of chitosan-collagen laminated casings using beeswax, International Conference On Science and Technique based on Applied and Fundamental research (ICOSTAF) 2014, 25.04.2014., Segedin, 42. ISBN 978-963-306-276-0.
3. **Hromiš, N.,** Lazić, V., Popović S., Šuput, D., Bulut, S., Džinić, N. (2015). Development of active chitosan coating for lamination of collagen casings. Fourth international conference sustainable postharvest and food technologies INOPTER 2015 and XXVII national conference processing and energy in agriculture PTEP 2015, April 19 – 24, 2015, Divčibare, Serbia, 348.

M51-Рад објављен у водећем часопису националног значаја

1. **Hromiš, N.,** Šojić, B., Škaljac, S., Lazić, V., Džinić, N., Šuput D., Popović S. (2013): Effect of chitosan-caraway coating on color stability, lipid oxidation of traditional dry fermented sausage. Acta periodica technologica, 44, 57-65.
2. **Hromiš, N.,** Lazić, V., Markov, S., Vaštag, Ž., Popović, S., Šuput, D., Džinić, N. (2014): Improvement of antioxidant and antimicrobial activity of chitosan film with caraway and oregano essential oils, Acta periodica technologica (APTEFF) 45, 33-43.
3. **Hromiš, N.,** Lazić, B., Popović, S., Šuput, D., Džinić, N. (2014). Chitosan film with addition of beeswax and caraway essential oil. Journal on Processing and Energy in Agriculture 18 (5), 220-224.

M52- Рад објављен у часопису националног значаја

1. **Krkić, N.,** Lazić, V., Šuput, D. (2012). Improvement of mechanical properties of chitosan film, časopis Procesna Tehnika i Energetika u Poljoprivredi "PTEP", 16 (3), 103-105.
2. **Krkić, N.,** Lazić, V., Gvozdrenović, J. (2011). Chitosan biofilm properties as affected by the addition of oregano essential oil, časopis Procesna Tehnika i Energetika u Poljoprivredi "PTEP", 15 (3), 165-168.

M64 Рад саопштен на скупу националног значаја (штампан у изводу)

1. **Krkić, N.,** Lazić, V., Gvozdrenović, J (2010). Chitosan laminated collagen film properties, 9th Young researchers conference: Material Sciences and Engineering, Book of abstracts, 15, Beograd, Decembar 20–22, 2010.

## VII ZAKЉUČCI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру тезе је приказан развој активног природног јестивог премаза за апликацију на производе од меса у типу ферментисаних сувих кобасица, након сушења. Премаз је израђен на бази високовискозног хитозана, а оптимизован додатком природних активних компоненти, етарског уља оригана и кима, као и пчелињег воска у циљу заштите суве ферментисане кобасице од непожељних промена, као што су: губитак влаге, промена боје, оксидација и сензорна деградација. На основу извршених истраживања, обрађених и продискутованих резултата могу се извести следећи закључци:

1. Од хитозана ниске, средње и високе вискозности могуће је формирати филмове који су сјајни, прозирни, уједначених дебљина, јаки, флексибилни и шушкају на додир, без видљивих недостатака, са мирисом „на сирће“. Између филмова произведених од хитозана различитих вискозитета није уочена визуелна разлика. Током формирања филма дошло је до промена у структури хитозана, при чему је хитозан из нативног облика прешао у со, хитозонијум ацетат. У структури филмова од хитозана различитих вискозитета уочена је разлика која упућује на већи број  $-CH_2$  веза у структури високовискозног хитозана, као и на већи број интра и интермолекуларних водоничних веза. Поређењем механичких и баријерних својстава за водену пару филмова на бази хитозана различитог вискозитета, са и без додатка полиетиленоксида, уочено је да хитозан високог вискозитета даје филмове најбољих механичких својстава, док по баријерним својствима филмови са додатком полиетиленоксида имају нешто боља својства.
2. Са додатком етарског уља оригана, код хитозанских филмова, као и колаген-хитозан ламинираних омотача мирис на сирће је замењен слабо до средње израженим мирисом на оригано. Са додатком растуће концентрације уља, дебљина филмова расте линеарно, док дебљина ламинираних омотача такође расте, али нешто неправилнијим трендом. Са додатком етарског уља оригана, линеарно се смањује затезна јачина филмова, док се затезна јачина ламинираних омотача смањује неправилнијим трендом и у мањој мери. Промена издужења при кидању за филмове са уљем је минимална, док код ламинираних омотача није било промене овог параметра. Резултати испитивања физичко-хемијских својстава филмова и ламинираних омотача са етарским уљем оригана су показали да је додатак уља значајно утицао само на смањење способности бубрења биофилма, док је способност бубрења ламинираног омотача остала непромењена. Садржај влаге и растворљивост биофилмова, као и ламинираних омотача се нису променили са додатком уља. Са додатком етарског уља, дошло је до промене свих параметара боје биофилма. Укупна разлика боје ( $\Delta E$ ) је постепено расла са додатком веће концентрације етарског уља оригана. Ова промена је голим оком уочена као смањење транспарентности хитозанског филма који је постао млечан, опалесцентан, беличасто-жућкаст. Оваква промена боје филма је непожељна са становишта употребе јер мутан, беличасто-жућкаст филм може утицати на промену перцепције боје упакованог производа. Ламинацијом колагеног филма дошло је до промене вредности параметара боје, али је ова промена далеко мање изражена него у случају биофилмова. Промене боје изазване ламинацијом колагеног омотача нису детектоване голим оком. Са додатком етарског уља није дошло до промене брзине пропустљивости водене паре хитозанских биофилмова, док је код ламинираних колагених омотача уочено слабо смањење ове вредности. Филмови и ламинирани омотачи са и без етарског уља су имали подједнаке вредности пропустљивости за гасове. Структура хитозанског филма одређена ФТИР спектрометријом је измењена додатком етарског уља појавом нових пикова и променом постојећих. На СЕМ снимцима површине ламинираног омотача је уочено да хитозански слој континуално прекрива површину колагенске базе, а уочене су и неравнине омотача, док је на пресеку уочена вишеслојна структура.
3. Премаз на бази хитозана са 0.2% (v/v) етарског уља оригана није био ефикасан у заштити Петровачке кобасице од губитка влаге. Праћењем промене рН током складиштења, уочено је да је промена рН вредности у кобасици са хитозанским премазом нешто бржа и израженија у односу на контролну кобасицу. Кобасица са хитозанским премазом је имала

већу вредност светлоће површине и стабилнију боју пресека током складиштења у односу на контролну кобасицу. Однос незасићених и засићених масних киселина током складиштења се није разликовао између контролне и кобасице заштићене слојем хитозана ( $p > 0.05$ ), али ипак треба истаћи да су средње вредности односа незасићених и засићених масних киселина више код кобасице са хитозаном током читавог периода складиштења. Заштитни слој хитозана са етарским уљем оригана је показао изражени ефекат у смањењу интензитета оксидације липида током свих 7 месеци складиштења. Кобасица са хитозаном и уљем је имала низак садржај МДА и била у зони испод границе ужегнућа за ферментисане суве кобасице, за разлику од контролне кобасице. Такође, на крају периода складиштења, кобасица са хитозанским премазом је имала значајно ниже вредности садржаја укупних алдехида у односу на контролну кобасицу. Присуство хитозанског омотача са етарским уљем није негативно утицало на сензорну оцену Петровачке кобасице, иако су панелисти приметили присуство страног мириса и укуса на оригано. Са друге стране, хитозански премаз са етарским уљем је имао изражен позитиван утицај на очување сензорних својстава мириса и укуса Петровачке кобасице током складиштења до 150-ог дана. Након овог периода, контролна кобасица и кобасица са хитозанским премазом су биле једнако оцењене.

4. Хитозански биофилм са 0.8% (v/v) етарског уља кима је беличасто-жућкаст, мутан, слабо прозиран, мекан, са мирисом на ким. У односу на филм са истим садржајем етарским уљем оригана, филм је компактнији, нема трагова уља на површини. Боја ламинираног колагеног омотача у односу на неламинирани омотач је нешто тамнија, материјал је раван, гładак, мекан, са благим, пријатним мирисом на ким. На омотачу су уочени визуелни недостаци: неравномерна „прошараност“ сјајним и мат површинама, као и бели кружни трагови. У односу на филм и ламинирани омотач коришћен у претходном експерименту са 0.2% етарског уља оригана, добијени филм и ламинирани омотач са 0.8% етарског уља кима је веће дебљине, мање затезне јачине (имајући у виду затезну јачину биофилма), мање способности бубрења и мање брзине пропустљивости водене паре. Анализом структуре биофилма, уочена је појава новог пика који одговара присуству ароматичног прстена пореклом из компонената етарског уља кима, али се уочавају и промене у изгледу основног спектра хитозана.
5. Примена више концентрације уља у хитозанском премазу, иако је довела до смањења брзине пропустљивости водене кроз ламиниране омотаче, у примени није довела до значајне промене смањења садржаја влаге у кобасици. За разлику од кобасице премазане заштитним слојем хитозана са етарским уљем оригана, премазивање заштитног слоја хитозана са уљем кима није довело до промене у рН вредностима кобасице са и без starter културе током складиштења. Поређењем боје површина кобасица са хитозанским премазом са етарским уљем кима у односу на премаз са уљем оригана, уочен је израженији пораст светлоће површине и стабилнија боја површине код премаза са уљем кима. Анализом боје пресека кобасица са заштитним премазом, уочено је боље очување боје код кобасице са додатом starter културом, док је код кобасице без starter културе дошло чак до израженије промене боје у односу на контролну кобасицу. Премаз са етарским уљем кима је успорио деградацију незасићених масних киселина у Петровачкој кобасици током складиштења. Ефекат хитозанског премаза са етарским уљем кима на одлагање оксидација липида кобасице, мерено садржајем МДА, је уочљив само код кобасице са starter културом и, уколико се упореди са ефектом хитозанског премаза са етарским уљем оригана, његово дејство је мање изражено. Премазивањем кобасице без starter културе хитозанским слојем са уљем кима дошло је до значајног снижења садржаја алдехида током читавог периода складиштења ( $p < 0.05$ ). Овај резултат је сличан резултату који је постигнут апликацијом хитозанског премаза са уљем оригана, док код кобасице са starter културом овај заштитни ефекат није регистрован. Резултати инструменталних испитивања су потврђени и сензорном оценом мириса и укуса. Код кобасице без додате starter културе хитозански премаз није донео побољшање мириса и укуса током складиштења, док је током читавог периода складиштења оцена за кобасицу

са стартер културом са премазом била виша у односу на контролну кобасицу.

6. Повећање концентрације хитозана у филмогеном раствору са 0.4% (w/v) на 0.8% (w/v) је довело до промене већине испитиваних својстава. Сва испитивана механичка својства, дебљина, затезна јачина и издужење при кидању филма су, за исту масу филмогеног раствора, била већа код филма са већом концентрацијом хитозана ( $p < 0.05$ ). На основу резултата испитивања физичко-хемијских својства која указују на осетљивост анализираних филмова на влагу, у испитиваном опсегу, концентрација хитозана у филмогеном раствору има значајну улогу у смањењу осетљивости филма на дејство влаге ( $p < 0.05$ ). Анализирањем баријерних својстава за гасове и водену пару, може се видети да је код баријерних својстава за гасове дошло до нумеричке промене вредности, која није била статистички значајна ( $p > 0.05$ ), док је баријера за водену пару значајно побољшана ( $p < 0.05$ ).
7. Са додатком растуће концентрације пчелињег воска, хитозански филмови постају све више мат, непрозирнији, жути, мекани, са мирисом на восак. Код појединих филмова су уочене визуелне мане у виду нагомилавања воска по ободу филма, као и мали агломерати воска и неједнако обојење филма код филмова са највећом концентрацијом воска. У односу на неламинирани омотач, изглед површине ламинираног омотача је потпуно измењен, омотачи су мат, мекани, глатки, са мирисом на восак. Боја колагеног омотача је за нијансу светлија и мутнија, замагљена. Са додатком воска, дебљина хитозанских филмова и колаген-хитозан ламинираних омотача линеарно расте. Додатак воска је утицао значајно на промену механичких својстава хитозанског филма и то до опадања вредности затезне јачине и издужења при кидању. Са порастом концентрације воска у филму, опада садржај влаге при свим RH вредностима. При свим RH, осим 90%, садржај влаге опада приближно линеарно са повећањем концентрације воска у филму, док при RH 90% долази до наглог опадања вредности садржаја влаге са додатком воска у филм, а са повећањем концентрације воска, садржај влаге се устаљује. Највећа способност бубрења филма је снимљена у дејонизованој води, а најмања у пуферу рН вредности 9. Разлике у способности бубрења у зависности од рН вредности су најизраженије за хитозански филм без липидне компоненте, док са додатком етарског уља, а посебно са додатком пчелињег воска вредности за способност бубрења у различитим пуферима се изједначају. Са додатком воска у филм, способност бубрења у односу на филм са етарским уљем кима опада линеарно, а у односу на хитозански филм без уља експоненцијално. Слично као код бубрења, додатком пчелињег воска дошло је до снижења растворљивости хитозанског филма, али је смањење растворљивости мање изражено. Када је у филм, односно слој ламината, додат пчелињи восак, дошло је до снижења брзине пропустљивости водене паре. Додатком пчелињег воска у филмогену емулзију, дошло је до повећања пропустљивости за кисеоник и азот ламинираних колагених омотача, али у условима експеримента ова промена није била статистички значајна. Између омотача са различитом концентрацијом воска није било разлике у пропустљивости за гасове. Варијације вредности пропустљивости омотача за гасове су биле изузетно високе, што говори о неједначености слоја ламината од којег ово баријерно својство зависи. Са повећањем концентрације воска у филму сви карактеристични пикови хитозанског АТР-ФТИР спектра се смањују, а новонастали пикови који воде порекло из воска постају израженији. Ни код једног произведеног филма није уочена разлика у спектру између горње и доње површине филма. Поредићи резултате добијене за додатак етарских уља кима и оригана, може се рећи да су оба уља изузетно допринела антиоксидативној активности хитозанског филма. За ефикасну формулацију антиоксидативног омотача, концентрација од 0.8% (w/v) етарског уља кима је довољна, док је код етарског уља оригана могуће користити нижу концентрацију. Уочена је и блага антиоксидативна активност пчелињег воска. Поредићи резултате антиоксидативне активности филмова одмах након сушења и након 30 дана стајања не уочава се значајна разлика ( $p > 0.05$ ). Анализом антимикуробне активности хитозанског филма, сам хитозански филм је испољио значајно антимикуробно дејство у односу на бактерије *E.coli* и *S.aureus*, за разлику од *S.Typhimurium* и *L.monocytogenes*. Активност хитозанског филма према *E.coli* зависи од времена инкубације, док је активност према *S.aureus* била независна од времена инкубације и пуна активност је



испољена након 5 минута. Етарско уље оригана се показало као изузетно јак антимикуробни агенс. Када се анализира утицај додатка растуће концентрације етарског уља кима у филм, запажа се позитиван утицај овог етарског уља на антимикуробну активност хитозанског филма. Додатком веће концентрације воска у филм долази до повећања антимикуробне активности филма.

8. Хитозански премаз са етарским уљем кима и пчелињим воском је имао минималног ефекта у промени садржаја влаге у контролној кобасици ( $p < 0.05$ ). Присуство заштитног слоја на бази хитозана није довело до промене рН вредности кобасице ни у једној тачки током складиштења. Поређењем боје контролних кобасица и кобасица са хитозанским премазом, уочено је да је дошло до промене свих параметара боје. Ова промена боје је била и визуелно уочљива, тако да би могла утицати на прихватљивост производа од стране потрошача. Када је у питању боја пресека кобасице, хитозански премаз није утицао на промену боје пресека Петровачке кобасице током складиштења. Примена хитозанског премаза са уљем кима и пчелињим воском је минимално допринела очувању полинезасићених масних киселина у кобасицама током складиштења. Код кобасице са хитозанским премазом је заштитно својство хитозанског премаза од оксидације доказано у великој мери, јер је током шест месеци складиштења кобасица са хитозанским премазом имала садржај МДА испод границе ужегнућа. Када се посматра кобасица са додатом starter културом, ефекат премаза је такође изражен, али нешто мањег интензитета. Код кобасице без аутохтоне starter културе са хитозанским премазом уочен је нижи садржај укупних засићених алдехида током читавог времена складиштења у односу на кобасицу без премаза ( $p < 0.05$ ). Код кобасице са додатом аутохтоном starter културом са хитозанском премазом није запажена разлика у садржају алдехида током времена складиштења у односу на контролну кобасицу ( $p > 0.05$ ). Хитозански премаз је минимално утицао на профил мириса и укуса испитиваних кобасица током складиштења.

Генерално се може закључити да је циљ докторске дисертације испуњен јер је синтетисан активан јестиви премаз на бази хитозана оптимизованих баријерних, физичко-хемијских, антиоксидативних и антимикуробних својстава. Синтетисани премаз има мању брзину пропустљивости водене паре, уз очувану ниску пропустљивост за гасове, смањену осетљивост на деловање влаге и израженију антимикуробну и антиоксидативну активност. Упоредно оптимизованим баријерним својствима за водену пару, хитозански премаз са додатком етарских уља и/или пчелињег воска није имао ефекта у очувању садржаја влаге суве ферментисане кобасице током складиштења. Испитивани премази су допринели очувању боје пресека кобасице, али овај ефекат није био потпуно изражен код свих типова кобасице и свих премаза. Сва три параметра за праћење оксидативних промена у кобасици указују на то да је наношењем хитозанског премаза са етарским уљем оригана или кима и пчелињим воском, кобасица ефикасно заштићена од непожељних оксидативних промена. Између експеримената се може повући паралела, да хитозански премаз показује заштитни ефекат према сензорном профилу мириса и укуса, до близу 5 месеци складиштења. На овом нивоу развоја премаза, он се може препоручити као помоћан амбалажни материјал.

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

Кандидаткиња Невена Хромиш, 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 синтезе и развоја активног јестивог премаза на бази хитозана, као и његова апликација у циљу продужења одрживости сувих ферментисаних кобасица. 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 елементе неопходне за разумевање обрађене тематике и добијених резултата.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Резултати ове дисертације су допринос развоју науке о биополимерним амбалажним материјалима. Вариранјем састава филмогене смеше добијени су филмови оптимизованих баријерних, физичко-хемијских и биолошких својстава у односу на саме хитозанске филмове. Синтетисан је природан јестиви активни амбалажни материјал чији је ефекат потврђен кроз апликацију на суву ферментисану Петровачку кобасицу и очување квалитета ове кобасице током складиштења. Додатак етарског уља зачинског биља и воска хитозанском биофилму се показао као добар модел за формирање заштитног омотача, чија се примена може проширити и на друге суве ферментисане кобасице и сувомеснате производе. Научни допринос резултата истраживања верификован је објављивањем 5 радова у међународним часописима на SCI листи.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Недостаци дисертације нису уочени.

|                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>X ПРЕДЛОГ:</b>                                                                                                                                                                                        |
| На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:                                                                                                                                                   |
| <b>- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</b>                                                                                                                                |
| Полазећи од позитивне оцене докторске дисертације дипл. инж, Невене Хромиш, Комисија са задовољством предлаже да се прихвати ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ, а кандидаткињи одобри одбрана рада. |

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

**Др Наталија Цинић, ван. проф.,**  
Технолошки факултет, Нови Сад

---

**Др Вера Лазић, ред. проф.,**  
Технолошки факултет, Нови Сад

---

**Др Драгољуб Новаковић, ред. проф.,**  
Факултет Техничких наука, Нови Сад

---

**Др Светлана Живановић, ред. проф.,**  
Department of Food Science and Technology,  
The University of Tennessee