

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>	
1.	Датум и орган који је именовео комисију:  <b>05.07.2019. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета Нови Сад, Универзитет у Новом Саду</b>
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:  <b>др Љубица Докић</b> , редовни професор, Прехрамбено инжењерство, 15.07.2013. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, председник  <b>др Зита Шереш</b> , редовни професор, Прехрамбено инжењерство, 24.02.2019. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, ментор  <b>др Јарослав Катона</b> , ванредни професор, Технолошко-инжењерске хемије, 01.10.2017. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, члан  <b>др Драгана Шороња Симовић</b> , ванредни професор, Прехрамбено инжењерство, 01.08.2017. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, члан  <b>др Вељко Крстоношић</b> , ванредни професор, Фармација (фармацеутска технологија са индустријском фармацијом и козметологијом), 21.01.2016. године, Медицински факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, члан
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>	
1.	Име, име једног родитеља, презиме:  <b>Никола, Раде, Маравић</b>
2.	Датум рођења, општина, држава:  <b>11.08.1989. године, Београд, Србија</b>
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив

**Технолошки факултет Нови Сад, Прехрамбено инжењерство, Мастер инжењер технологије**

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија

**2013. година, Прехрамбено инжењерство**

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:

-

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

-

**III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Стабилизујући ефекат полисахаридних једињења индустрије шећера у производњи емулзија**

**IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација садржи Кључну документацијску информацију са изводом на српском и енглеском језику. Након тога, проблематика дисертације је изложена на 115 страна А4 формата са 37 слика, 12 табела, систематизованих у 7 целина:

1. Увод (стр. 1-2)
2. Теоријски део (стр. 3-27, 8 слика)
3. Циљ рада са теоријским поставкама (стр. 28-29)
4. Материјали и методи (стр. 30-39, 1 табела)
5. Резултати и дискусија (стр. 40-98, 29 слика, 11 табела)
6. Закључци (стр. 99-100)
7. Литература (стр. 101-115)

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У **Уводном делу** ове докторске дисертације је објашњена потреба за истраживањем стабилизујућег ефекта природних полимера (полисахарида) као и основне информације о тренутним трендовима развоја у прехранбеној индустрији. У овом делу је истакнута главна проблематика у датој области истраживања као и могућности накнадне валоризације добијених резултата. Такође, постављен је главни циљ ове дисертације који обухвата испитивање стабилизујућег ефекта полисахаридних једињења (пектина шећерне репе, влакана шећерне репе и ОСА малтодекстрина) у производњи прехранбених емулзија.

У **Теоријском делу** су приказани публиковани резултати од значаја за област истраживања и размотрене су теоријске основе проблема истраживања у три потпоглавља. У првом потпоглављу су приказане фундаменталне информације везане за емулзионе системе различитих врста. Такође, описана је и теоријска проблематика стабилности емулзија са посебним акцентом на факторе нестабилности и начине њиховог дејства у емулзијама. Улога стабилизујућих једињења из реда емулгатора и стабилизатора је приказана кроз механизме адсорпције, порекла и саме структуре наведених једињења. Детаљан опис и досадашња истраживања која се тичу три коришћена полисахарида (пектин шећерне репе, влакана шећерне репе и ОСА малтодекстрин) кроз досадашње публиковане резултате је приказан у другом потпоглављу. У овом делу су истакнуте предности и мане наведених полисахаридних једињења. На крају, у оквиру трећег потпоглавља описане су четири, у прехранбеној индустрији највише коришћене, технике емулговања (ултразвучна хомогенизација, високопритисна хомогенизација, мембранско емулговање и ротор-статор хомогенизација) које ће бити употребљене у оквиру овог истраживања за потребе израде емулзија. Нарочито је истакнута употреба и резултати добијени употребом ових техника у производњи емулзија стабилованих неким од испитиваних полисахарида или структурално и функционално сличним једињењима из реда полимера.

**Циљ рада са теоријским поставкама** приказује најважније циљеве, методологију и начин евалуације резултата добијених истраживањима у оквиру ове дисертације.

У четвртој целини под називом **Материјали и методи** у оквиру два потпоглавља приказани су и прецизно објашњени коришћени материјали, експериментални поступци и јасно су дефинисане, како аналитичке, тако и рачунске методе коришћене за обраду експерименталних података. У првом потпоглављу су наведени сви материјали употребљени у току израде ове дисертације као и њихови извори. У другом потпоглављу су приказане методе одређивања физичко-хемијских карактеристика коришћених полисахарида са посебним акцентом на снимању FTIR спектра и одређивања секвенце аминокиселинског састава протеина (пектина и влакана шећерне репе) методом високопритисне хроматографије. У наставку овог потпоглавља су детаљно дефинисани поступци припреме водених раствора три полисахарида који су коришћени у даљим експериментима како за мерења тако и за производњу емулзија. Методе карактеризације водених раствора (одређивање вискозитета, специфичне проводљивости, површинског напона) су детаљно описане у средишњем делу овог потпоглавља. Припрема емулзија употребом различитих техника емулговања је описана детаљно у овом потпоглављу. На крају, методе квантификације добијених резултата кроз мерења величине, расподеле величине капи, зета потенцијала, криминг индекса и реолошких карактеристика формираних емулзија су приказане заједно са описом адекватних инструмената неопходних за извођење наведених мерења. Такође, дефинисан је и план експеримента као и статистичка метода обраде добијених резултата.

**Резултати и дискусија** су подељени у два потпоглавља и прате план истраживања наведен у Пријави теме. Резултате приказане прегледно у табелама и на сликама прати добро организована дискусија која је написана на разумљив начин.

Прво потпоглавље под називом „Карактеризација пектина шећерне репе, влакана шећерне репе и ОСА малтодекстрина“ обухвата дефинисање физичко-хемијског састава три полисахарида, са посебним освртом на дефинисање структура одговорних за стабилизујуће дејство у системима уље-вода. Предстањени су и дискутовани резултати аминокиселинског састава и састава присутних фенолних киселина који представљају изузетно важне чиниоце за функционалност испитиваних

стабилизатора. Инфрацрвеном спектроскопијом (FTIR) узорака полисахарида формиране су и приказане криве апсорбације на основу којих су изведени закључци о великом потенцијалу међумолекулских интеракција функционалних група испитиваних полисахарида. У наставку првог потпоглавља су дефинисане особине полисахарида са становишта вискозиметријских особина мерењем релативног вискозитета и накнадним израчунавањем редукованог и унутрашњег вискозитета. У овом делу су приказани и резултати израчунавања молекулских маса пектина шећерне репе и ОСА малтодекстрина. Мерењем специфичне проводљивости утврђене су промене у конформацији макромолекула са повећањем концентрације у разблаженим растворима. Такође, овим мерењима су установљене међумолекулске интеракције различитих полисахарида које имају велики утицај на стабилизацију и структуру касније добијених емулзија. Резултати одређивања површинског напона водених раствора полисахарида указују на велики потенцијал употребе влакана шећерне репе у стабилизацији емулзија типа уље и води. На крају, с обзиром на природу влакана шећерне репе испитивана је величина честица након различитих поступака обраде како самог узорка влакана шећерне репе тако и воденог раствора. На основу добијених резултата изведени су јасни закључци о структури, саставу и потенцијалу примене испитиваних полисахарида у производњи емулзија.

Друго потпоглавље под називом „Особине емулзија добијених стабилизацијом пектином и влакнима шећерне репе и ОСА малтодекстрином“ обухвата испитивање величине капи, криминг индекса и реолошких особина емулзија. У оквиру сваког појединачног испитивања дискутовани су утицаји примењене технике емулговања, концентрације појединачног стабилизатора и утицај међусобних интеракција стабилизатора. Испитивањем утицаја технике емулговања на величину капи добијених емулзија утврђено је да се капи најмањих величина добијају употребом ултразвучне хомогенизације док се највеће капи добијају мембранским емулговањем. Велики утицај технике емулговања на величину и расподелу величине капи емулзија је одговарајуће илустрован и представљен табеларно. Концентрација појединачног стабилизатора и утицај међумолекулских интеракција је испитан у оквиру експеримената изведених свим техникама емулговања као и статистичком обрадом методом одзивне површине. Изведени закључци су јасно дискутовани уз адекватна објашњења добијених резултата. Испитивањем утицаја технике емулговања на вредност коначног криминг индекса емулзија није запажен велики утицај промене саме технике, већ је на вредност криминг индекса највише утицала концентрација и међусобна интеракција испитиваних полисахарида. Ипак, примена техника ултразвучног и високопритисног емулговања је значајно допринела продуженој физичкој стабилности емулзија и споријем раслојавању емулзија у свим спроведеним експериментима. Најзначајнији утицај више појединачних фактора је примећен и дискутован у последњем делу овог потпоглавља у испитивању реолошких особина емулзија. Највећи утицај на промену структуре система, а самим тим и реолошких карактеристика, је показало увођење влакана шећерне репе у формулацију емулзије. Такође, утицај интеракција примењених полисахарида на процес емулговања се показао као веома значајан са становишта структуре система и реолошких особина. Све наведене резултате прати организована дискусија која јасно прати изведене закључке.

**Закључци** приказани у истоименом поглављу су изведени анализом и дискусијом добијених експерименталних резултата. Главна запажања се односе на дефинисање фундаменталних особина полисахаридних једињења која утичу на стабилизациони потенцијал у емулзионим системима као и на особине добијених емулзија са становишта дисперзионих и реолошких параметара.

**Литература** обухвата 131 литературни навод сложен по алфавитном реду. Избор литературе је извршен на основу актуелности и значаја за област истраживања којом се бави ова докторска дисертација.

## **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. **Maravić, N.**, Šereš, Z., Nikolić, I., Dokić, P., Kertész, S., & Dokić, L. (2019). Emulsion stabilizing capacity of sugar beet fibers compared to sugar beet pectin and octenyl succinate modified maltodextrin in the production of O/W emulsions: individual and combined impact. *LWT*, 108, 392-399.

**M34 – саопштење са међународног скупа штампано у изводу**

1. Nikolić, I., **Maravić, N.**, Šereš, Z., Dokić, Lj., Šoronja Simović, D., Zahorec, J. (2018) The emulsifying properties of sugar beet fibers and OSA maltodextrin in food systems. UNIFOOD Conference, Belgrade.

**M63 – саопштење са скупа националног значаја штампано у целини**

1. Nikolić, I., **Maravić, N.**, Šereš, Z., Dokić, Lj., Šoronja Simović, D., Zahorec, J. (2018) Stabilizacioni potencijal polisherida u emulzionim prehrambenim sistemima tipa ulje u vodi. 59. Savetovanje industrije ulja sa međunarodnim učešćem "Proizvodnja i prerada uljarica", Tehnološki fakultet Novi Sad, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Industrijsko bilje doo Novi Sad, isbn: 978-86-6253-085-1, Herceg Novi, Crna Gora, 17. - 22. Jun, 2018.

2.

## VII ZAKЉUČCI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживањима спроведеним у оквиру ове дисертације дефинисане су фундаменталне емулгујуће, односно стабилизујуће особине три полисахаридна једињења. Кроз испитивање утицаја пектина шећерне репе, влакана шећерне репе и ОСА малтодекстрина на дисперзионе и реолошке особине емулзионих система типа уље у води применом различитих техника емулговања (ултразвучна хомогенизација, високопритисна хомогенизација, мембранско емулговање и ротор-статор техника) утврђена су основна сазнања о производњи емулзија стабилованих наведеним полисахаридима која се могу применити у реалним индустријским системима и будућим истраживањима.

На основу добијених резултата изведени су следећи закључци:

- Карактеризацијом физичко-хемијских особина ПШР и ВШР утврђено је присуство хидрофилних и хидрофобних група амино- и фенолних киселина, у оквиру протеинског дела, што указује на могућност амфифилног карактера и способност да се нађу на граници фаза у системима уље/вода.
- Снимањем ФТИР спектра узорака ПШР, ВШР и ОСАм и идентификацијом добијених максимума потврђен је велики потенцијал успостављања интер- и интрамолекуларних веза наведених полисахарида присутним функционалним групама како у полисахаридном ланцу тако и у протеинском делу макромолекула.
- Вискозиметријским испитивањима је утврђено да примењени полисахариди показују различити отпор протицању са повећањем концентрације у воденом раствору, где водени раствор ПШР показује знатно више вредности вискозитета (и до 6 пута више) од ВШР и ОСАм.
- Након третмана високим притиском, релативни вискозитет воденог раствора ВШР се повећао за преко 400% услед уситњавања честица и делимичне екстракције у присутног ПШР у водени раствор.
- Мерењем унутрашњег вискозитета израчуната је молекулска маса ПШР и ОСАм које износе 78337 Да и 5892 Да, респективно.
- Постојање интеракција између испитиваних полисахарида у воденим растворима је утврђено кондуктометријским мерењима. Раст специфичне проводљивости воденог раствора једног или више полисахарида са повећањем концентрације у раствору се благо смањује код свих узорака осим у случају раствора ВШР-ПШР.
- Са повећањем концентрације ВШР, при константној количини ПШР у раствору (0,5%), долази до готово експоненцијалног раста специфичне проводљивости раствора услед ефекта макромолекуларне “гужве” и интензивније електролитичке дисоцијације изазване међусобним интеракцијама полисахарида.
- Површинска активност испитиваних полисахарида је потврђена тензиометријским мерењима. При концентрацији од 0,5% у воденом раствору, ПШР, ВШР, ВПХ ВШР и ОСАм су снизили вредност површинског напона на 44 мН/н, 43,2 мН/м, 42,2 мН/м и 50,2 мН/м, респективно.
- Утицај примењене технике емулговања је изузетно значајан са становишта величине капи емулзија и реолошких карактеристика док је на криминг индекс промена технике емулговања имала много мањи утицај.
- Најмањи просечни пречници капи емулзија су остварени употребом ултразвучног емулговања а највећи коришћењем мембранског емулговања. Просени пречници капи добијених високопритисном и ротор-статор хомогенизацијом су веома слични али се значајно разликују при употреби појединих стабилизатора.

- Најниже вредности криминг индекса су измерене у емулзијама у којима је коришћено више од једног полисахаридног стабилизатора.
- Повећање количине ВШР је имало највећи утицај на смањење вредности криминг индекса и на формирање снажније структуре (тродимензионалног матрикса) емулзија.
- Утицај интеракција примењених полисахарида на процес емулговања се показао као веома значајан са највећим утицајем на структуру система и реолошке особине.
- Појава тиксотропног протицања је одликовала готово све емулзије у чијем саставу су се налазила ВШР.

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

Експериментални рад и резултати истраживања приказани у овој докторској дисертацији у потпуности одговарају циљевима постављеним у Пријави теме. Према томе, кандидат Никола Маравић је успешно спровео истраживање ове докторске дисертације. Експерименталне резултате приказане систематично, табеларно и графички, прати јасна интерпретација и одговарајућа дискусија. Сви изнети закључци везани за стабилизациони ефекат полисахаридних једињења индустрије шећера у производњи емулзија су настали правилним и доследним тумачењем резултата. На основу тога, начин приказа и тумачења резултата истраживања ове дисертације се оцењује позитивно.

## **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ 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 планом и образложењем наведеним у Пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Да, докторска дисертација садржи све битне елементе који су неопходни за радове ове врсте.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Главни допринос науци ове докторске дисертације је у свеобухватности истраживања стабилизујућих својстава три полисахарида (пектина шећерене репе, влакана шећерене репе и ОСА малтодекстрина) уз оригиналну дискусију и адекватну интерпретацију резултата. Први пут су влакна шећерне репе коришћена у процесу израде прехранбених емулзија уз свеобухватну анализу фундаменталних карактеристика методама кондуктометрије, тензиометрије, вискозиметрије и одређивања одговарајућих специфичних физичко-хемијских особина. Такође, евалуација резултата поређењем са резултатима већ познатих полисахаридних стабилизатора као што су пектин шећерне репе и октенилсукцинат малтодекстрина скроба указују на велики потенцијал примене влакана шећерне репе у стабилизацији емулзија типа уље у води.

Израда емулзија свим доступним техникама емулговања (ротор-статор техника, високопритисни и ултразвучни хомогенизер и мембранско емулговање) и накнадно испитивање дисперзионих и реолошких особина добијених емулзија, уз одговарајућу компарацију резултата добијених различитим техникама, додатно доприноси могућности да се добијени резултати успешно примене у некој од грана прехранбене или фармацеутске индустрије.

Испитивање интеракција које се јављају између ова три полисахарида при изради емулзија, у циљу побољшања недостатака њихове самосталне употребе, представља један од важних доприноса науци који је први пут дискутован у овој дисертацији. Након прегледа међународне базе података, утврђено је да приказано истраживање и изнета дискусија представљају оригиналан допринос науци и важну основу за будућа истраживања у овој области.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Недостаци нису уочени у овој докторској дисертације.



**X ПРЕДЛОГ:**

Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију **маст. инж. Николе Маравића**, под насловом „**Стабилизујући ефекат полисахаридних једињења индустрије шећера у производњи емулзија**“ и предлаже да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана.

У Новом Саду,  
25.07.2019.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

председник

**др Љубица Докић**, редовни професор  
Технолошки факултет у Новом Саду

---

ментор

**др Зита Шереш**, редовни професор  
Технолошки факултет у Новом Саду

---

члан

**др Јарослав Катона**, ванредни професор  
Технолошки факултет у Новом Саду

---

члан

**др Драгана Шороња Симовић**, ванредни професор  
Технолошки факултет у Новом Саду

---

члан

**др Вељко Крстоношић**, ванредни професор  
Медицински факултет у Новом Саду