

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ  
ФАКУЛТЕТ  
35/435  
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА  
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

03.10.2016.  
(Датум)

## ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

**„Производња и примена биоактивних протеина и пептида сурутке“**  
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

ТАЊА (Живко) КРУНИЋ, дипл. инж. технол.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

3. Година дипломирања: 2010.

Студент је шк. 2011/2012. године уписан на докторске академске студије.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,  
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 15.09.2016. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

---

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 15.09.2016. године, донета је

## О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата  
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације ТАЊЕ КРУНИЋ, дипл. инж. технол., под називом: „Производња и примена биоактивних протеина и пептида сурутке“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Марица Ракин, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Тања Ж. Крунић

Име и презиме ментора: Марица Ракин

Звање: ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Rakin M., Vukasinovic M., Siler-Marinkovic S. and Maksimovic M., Contribution on lactic acid fermentation on improved nutritive quality vegetables juices enriched with brewer's yeast autolysate, *Food Chemistry*, 100(2), 2007, 599-602. ISSN: 0308-8146, IF(2007)=3,052.
2. Mojović Lj., Nikolić S., Rakin M. and Vukasinović M., Production of bioethanol from corn meal hydrolyzates, *Fuel*, 85(12-13), 2006, 1750-1755. ISSN:0016-2361, IF(2007)=3,179.
3. Djukić-Vuković, A.P., Mojović, L.V., Vukašinović-Sekulić, M.S., Rakin, M.B., Nikolić, S.B., Pejin, J.D., Bulatović, M.L. Effect of different fermentation parameters on l-lactic acid production from liquid distillery stillage *Food Chemistry* 134 (2) , 2012, pp. 1038-1043. ISSN: 0308-8146, IF(2012)=4.072.
4. Maja Lj. Bulatović, Marica B. Rakin, Maja S. Vukašinović-Sekulić, Ljiljana V. Mojović, Tanja Ž. Krunić, Effect of nutrient supplements on growth and viability of *Lactobacillus johnsonii* NRRL B-2178 in whey, *International Dairy Journal*, 34 (1), 2014, pp. 109-115. ISSN: 0958-6946 , IF (2014)= 2.433.
5. Maja Lj. Bulatović, Tanja Ž. Krunić, Maja S. Vukašinović-Sekulić, Danica B. Zarić, Marica B. Rakin, Quality attributes of a fermented whey-based beverage enriched with milk and a probiotic strain, *RSC Advances*, 4 (98), 2014, 55503–55510. ISSN 2046-2069, IF (2014) = 3.840.

### Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

**А)** У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

**Б)** У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће,

на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као М11, М12, М13, М14, М41 и М51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 05.09.2016.

М.П.

\_\_\_\_\_  
Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Подобност теме и кандидата Тање Ж. Крунић дипл. инж. технологије, за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/305 од 20.07.2015 године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Тање Ж. Крунић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме “Производња и примена биоактивних протеина и пептида сурутке”.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. Подаци о кандидату**

1.1. Биографски подаци

Тања Ж. Крунић је рођена 06.04.1985. године у Дубровнику, Хрватска. Основну и средњу школу завршила је у Херцег Новом. Студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду уписала је школске 2004/2005. године, на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију Технолошко-металуршког факултета, где је и дипломирала 24.09.2010. године са просечном оценом током студија 9,11 и одбраном дипломског рада под називом „Оцена и контрола квалитета полутрајних производа од меса“ са оценом 10,0 (десет). Добитник је Специјалног признања које додељује Српско хемијско друштво најбољим дипломираним студентима хемије и хемијске технологије на Универзитетима у Србији.

Школске 2011/2012. год. уписала је докторске студије на Катедри за биохемијско инжењерство и биотехнологију Технолошко-металуршког факултета у Београду. Током студија положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, укључујући и завршни испит, са просечном оценом 9,75 (десет).

Говори, чита и пише енглески језик, служи се италијанским језиком.

## 1.2. Стечено научноистраживачко искуство

| Положени испити и остварени бодови у току докторских студија     | ЕСПБ           | Оцена       |
|------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|
| 1. Одабрана поглавља биохемије - витамини                        | 5              | 10          |
| 2. Хемијска кинетика                                             | 5              | 8           |
| 3. Индустриска микробиологија                                    | 5              | 10          |
| 4. Биохемијска кинетика                                          | 5              | 10          |
| 5. Биомаса као извор енергије                                    | 4              | 10          |
| 6. Одабрани микробиолошки процеси у заштити животне средине      | 4              | 10          |
| 7. Санитарна микробиологија                                      | 4              | 10          |
| 8. Структурна анализа органских молекула                         | 6              | 10          |
| 9. Инжењерство ћелије                                            | 5              | 10          |
| 10. Биоактивне материје у козметичким производима                | 4              | 10          |
| 11. Математичка обрада експерименталних података                 | 5              | 9           |
| 12. Завршни испит- приступни рад за израду докторске дисертације | 30             | 10          |
| 13. Енглески језик                                               | допунски испит | 10          |
| <b>Укупно ЕСПБ</b>                                               | <b>82</b>      |             |
| <b>Просечна оцена</b>                                            |                | <b>9.75</b> |

Од 01.12.2011. године Тања Ж. Крунић је запослена у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета, као истраживач на пројекту Технолошког развоја ТР 31017 под називом „Производња млечне киселине и пробиотика на отпадним производима прехранбене и агро-индустрије“, финансираног од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије. У периоду 2012-2013. учествовала је у реализацији Иновационог пројекта под називом „Ферментисани напаци на бази сурутке као нови функционални млечни производи“, ев. број 451-03-2372-ИП Тип 1/85 финансираног од стране Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије из кога је реализовано Техничко решење под називом „Производња функционалног ферментисаног напитка од сурутке и млека“ потврђено од стране АД Имлек Београд као крајњег корисника. У периоду 2014-2015. учествовала је у реализацији Иновационог пројекта под називом "Производња и примена биоактивних протеина и пептида сурутке и млека", ев. број 451/03/2802/2013-16/176 финансираног од стране Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије из кога је реализовано Техничко решење "Унапређење функционалних карактеристика ферментисаног напитка од сурутке и млека додатком биоактивних пептида" и прихваћено од стране АД Бимилк, Македонија као крајњег корисника.

Ангажована је на извођењу вежби из предмета Биотехнолошки практикум 2 (школска 2013/2014; 2014/2015; 2015/2016) на основним студијама.

### **Национални пројекти**

1. „Производња млечне киселине и пробиотика на отпадним производима прехранбене и агро-индустрије“, Пројекат у оквиру програма за Технолошки развој, ТР 31017, МНТРС, 2011-2014.
2. „Ферментисани напаци на бази сурутке као нови функционални млечни производи“, Пројекат у оквиру програма за Иновациону делатност, ев. бр. 451-03-2372-ИП Тип 1/85, МНТРС, 2012-2013.
3. „Производња и примена биоактивних протеина и пептида сурутке и млека“, Пројекат у оквиру програма за Иновациону делатност, ев. број 451/03/2802/2013-16/176 МНТРС, 2014-2015.

Из резултата досадашњег научно-истраживачког рада кандидата на предложеној теми докторске дисертације произашла су 2 (два) рада објављена у часописима међународног значаја, од којих је 1 (један) рад штампан у врхунском међународном часопису (M21) и 1 (један) рада штампана у међународном часопису (M23). Кандидат је аутор и 2 (два) рада објављена у зборницима скупова међународног значаја штампана у целини (M33). Коаутор је 2 (два) техничка решења (M84 и M81) и 13 (тринаест) научних радова штампаних у међународним и националним часописима и зборницима радова.

#### **Објављени научни и стручни радови и саопштења:**

#### **M20. Радови објављени у часописима међународног значаја**

##### **Радови објављени у врхунском међународном часопису (M21=8)**

1. Bulatović, M., Rakin, M., Vukašinović-Sekulić, M., Mojović, Lj., **Krunić, T.**: *Effect of nutrient supplements on growth and viability of Lactobacillus johnsonii NRRL B-2178 in whey*, International Dairy Journal, vol. 34, no. 1, 2014, pp. 109-115, (IF = 2.297) (ISSN: 0958-6946)
2. Bulatović, M., **Krunić, T.**, Vukašinović-Sekulić, M., Zarić, D., Rakin, M.: *Quality attributes of a fermented whey-based beverage enriched with milk and a probiotic strain*, RSC Advances, vol. 4, no. 98, 2014, pp. 55503–55510, (IF = 3.708) (ISSN 2046-2069)
3. Zaric, D.B., Bulatovic, M.L., Rakin M.B., Krunic, T.Z., Loncarevic, I.S., Pajin, B.S.: *Functional, rheological and sensory properties of probiotic milk chocolate produced in a ball mil.*, RSC Advances, vol. 6, 2016, pp. 13934-13941. (ISSN 2046-2069) (IF (2014) = 3.840).
4. **Krunić, T.Z.**, Bulatović, M.L., Obradović, N.S., Vukašinović-Sekulić, M.S., Rakin, M.B., 2016a. *Effect of immobilisation materials on viability and fermentation activity of dairy starter culture in whey-based substrate*, Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 96, 2016, pp. 1723–1729. (ISSN 0022-5142) (IF (2015) = 2.076).

##### **Радови објављени у истакнутом међународном часопису (M22=5)**

1. Obradovic, N.S., **Krunic, T.Z.**, Trifkovic, K.T., Bulatovic, M.Lj., Rakin, M.P., Rakin, M.B., Bugarski, B.M.: *Influence of chitosan coating on mechanical stability of biopolymer carriers with probiotic starter culture in fermented whey beverages*, International Journal of Polymer Science, 2015, Article ID 732858, 8 pages, DOI:10.1155/2015/732858. (IF (2014) = 1.195)

##### **Радови објављени у међународном часопису (M23=3)**

1. Rakin, M., Bulatovic, M., Zaric, D., Stamenkovic-Đokovic, M., **Krunic, T.**, Boric, M., Vukašinovic-Sekulic M.: *Quality of fermented whey beverage with milk*, Hemijska industrija, vol. 70, no. 1, 2016, pp. 91-98. (ISSN 0367-598) (IF (2015) = 0.437).
2. **Krunic, T.Z.**, Obradovic, N.S., Bulatovic, M.L., Vukašinovic-Sekulic, M.S., Trifkovic, K., Rakin, M.B.: *Impact of carrier material on fermentative activity of encapsulated yoghurt culture in whey based substrate*, Hemijska industrija, OnLine-First (00), 2016, 16-16. DOI:10.2298/HEMIND150717016K, (ISSN 0367-598) (IF (2015) = 0.437).

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33=1)

1. Bulatović, M., **Krunić, T.**, Obradović, N., Vukašinović-Sekulić, M., Zarić, D., Rakin, M.: *Influence of fruit juice addition on quality of fermented whey-based beverage*, 2<sup>nd</sup> International "Food Technology, Quality and Safety" Congress, October 28-30, Institute of Food Technology in Novi Sad (FINS), University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 2014, pp. 303-308, Proceedings - CD edition (ISBN 978-86-7994-043-8)
2. **Krunić, T.**, Bulatovic, M., Obradović, N., Vukašinović-Sekulić, M., Mojovic, LJ., Rakin, M.: *Fermentative activity and viability of immobilized probiotic starter culture ABY-6 in whey based substrates*. 2<sup>nd</sup> International "Food Technology, Quality and Safety" Congress, October 28-30, Institute of Food Technology in Novi Sad (FINS), University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 2014, pp. 297-302, Proceedings - CD edition (ISBN 978-86-7994-043-8)
3. **Krunić, T.**, Arsić, S., Bulatović, M., Vukašinović Sekulić, M., Rakin, M.: *Recent trends in whey utilization – Production of bioactive peptides*, 7th International Scientific and Expert Conference of the International TEAM Society, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, October 15-16, 2015, Belgrade, Serbia, 2015, pp. 382-385, Proceedings, (ISBN 978-86-7083-877-2).

### Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34=0,5)

1. Obradović, N.S. **Krunić, T.Z.** Bulatović, M.LJ., Rakin, M.B., Rakin, M.P., Bugarski, M.B.: *Application of immobilization of probiotics cells in production of functional fermented whey beverages*, 7th Central European Congress on Food - CEFood, May 21-24, Ohrid, Macedonia, 2014 p. 219, Book of Abstracts (ISBN 978-608-4565-05-5).
2. Zarić, D., Rakin M., Stamenković-Đoković M., Bulatović M., **Krunić T.:** *How well consumers understand nutritive and health claims on food products*. 48th Days of preventive medicine - International Congress, September 23-26., 2014., University of Niš, Public Health Institute of Niš, Faculty of Medicine Niš, Medical Society of Niš, Niš, Serbia, 2014, p. 135, Book of Abstracts (ISBN 978-86-915991-3-3)
3. Stamenković-Đoković, M., Rakin M., Zarić, D., Bulatović, M., **Krunić T.:** *Research on foods and supplements: Use of nutrition and health claims*. 48th Days of preventive medicine - International Congress, September 23-26., 2014., University of Niš, Public Health Institute Niš, Faculty of Medicine Niš, Medical Society of Niš, Niš, Serbia, 2014, p. 143, Book of Abstracts (ISBN 978-86-915991-3-3)
4. Bulatović, M., Rakin, M., Vukašinović-Sekulić, M., Mojović, Lj., Zarić, D., **Krunić, T.:** *"Selekcija uslova fermentacije surutke komercijalnom ABY-6 kulturom pri formulaciji funkcionalnog probiotskog napitka"*- Zbornik izvoda radova IX KONGRESA MIKROBIOLOGA SRBIJE "MIKROMED 2013", Beograd, Srbija, 2013, (ISBN 978-86-914897-1-7).
5. Vukašinović-Sekulić, M., Rakin, M., Bulatović, M., **Krunić, T.:** *Primena Bagremovog meda u proiyyvodnji fermentisanih napitaka na bazi surutke*, X KONGRES MIKROBIOLOGA SRBIJE "MIKROMED 2015", Udruženje mikrobiologa Srbije, Udruženje medicinskih mikrobiologa Srbije, 16. - 18. April, 2015, Beograd, Srbija, Zbornik izvoda radova- CD izdanje (ISBN 978-86-914897-2-4).

### M50. ЧАСОПИСИ НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА

## **Рад у часопису националног значаја (M52=1.5)**

1. Bulatović, M., Rakin, M., Vukašinović-Sekulić, M., Mojović, Lj., **Krunić, T.** : *Uticaj različitih dodataka na probiotski karakter fermentisanog napitka na bazi surutke*, Savremene tehnologije, vol. 2, no. 2, 2013, pp. 50-53, (**IF = 0.018**) (ISSN: 2217-9720).

2. Obradovic, N.S., **Krunić, T.Z.**, Damnjanovic, I.D., Vukasinovic-Sekulic, M.S., Rakin, M.B., Rakin, M.P., Bugarski, B.M.: *Influence of Whey Proteins Addition on Mechanical Stability of Biopolymer Beads with Immobilized Probiotics*, Tehnika, Novi Materijali, 2015, pp. 397-400, (ISSN 0040-2176).

## **M80. ТЕХНИЧКА И РАЗВОЈНА РЕШЕЊА**

### **Нови производ или технологија (M81=8)**

1. Rakin, M., Vukašinović-Sekulić, M., Zarić, D., Jorga, J., Radulović, Z., Bulatović, M., **Krunić, T.**, Gnjatović, M., Borić, M., Vasilevska, R., Janačković B., Stamenković, M.: *"Unapređenje funkcionalnih karakteristika fermentisanog napitka od surutke i mleka dodatkom bioaktivnih peptida"*, Tehničko rešenje realizovano u okviru Inovacionog projekta pod nazivom *"Proizvodnja i primena bioaktivnih proteina i peptida surutke i mleka"*, ev. broj 451/03/2802/2013-16/176 finansiranog od strane Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i prihvaćeno od strane AD Bimlek, Makedonija kao krajnjeg korisnika. Beograd 2015.

### **Битно побољшан постојећи производ или технологија (M84=3)**

1. Rakin, M., Vukašinović-Sekulić, M., Zarić, D., Mojović, Lj., Bulatović, M., **Krunić, T.**, Zorić, I., Stamenković, M.: *"Proizvodnja fermentisanog napitka od surutke i mleka"*, Tehničko rešenje realizovano u okviru Inovacionog projekta pod nazivom *"Fermentisani napici na bazi surutke kao novi funkcionalni mlečni proizvodi"*, ev. broj 451-03-2372-IP Tip 1/85 finansiranog od strane Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i prihvaćeno od strane AD Imlek Beograd kao krajnjeg korisnika, Beograd, 2013.

## **M370. НАГРАДЕ И ПРИЗНАЊА**

### **Награде и признања за иновације и техничка решења на националном нивоу (M373=3)**

1. Bulatović, M.Lj., **Krunić, T.**, Borić, M., Jovanović, M. Treće mesto za kreiranje ekoinovativnog prehrambenog proizvoda *"ACTIVE DRINK"*, Prvo nacionalno takmičenje studentskih timova u kreiranju ekoinovativnih prehrambenih proizvoda - *ECOTROPHELIA EUROPE - SERBIA*, Udruženje prehrambenih tehnologa Srbije, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija, Jul, 2013.

### **1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми**

На основу досадашњег рада и показаних резултата током последипломских студија и у оквиру научно-истраживачког рада на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Тања Ж. Крунић, дипл. инжењер технологије, показала је интерес, склоност и способност за бављење научно-истраживачким радом. Посебно је показала велику склоност за креирање нових иновативно унапређених прехранбених производа. Тема докторске дисертације припада области из које је до сада објавила два научна рада, као и више саопштења на међународним скуповима. На основу

досадашње сарадње са кандидатом као и објављених научних радова, Комисија сматра да кандидат испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми.

## 2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања спроведених у оквиру ове докторске дисертације односи се на производњу и примену протеина и биоактивних пептида сурутке. У раду је поред протеина сурутке коришћена и отпадне сурутке млекаре Имлек А.Д.

Сурутка која настаје у процесима производње сира и казеина представља главни споредни производ индустрије млека који спада у један од најслабије искоришћених споредних производа прехранбене индустрије у Србији. Основни проблем индустрије млека је што се свега 10-20% млека искористи за добијање сира или казеина, док 80-90% млека отпада на сурутку. Услед неискоришћавања, сурутка постаје веома велики загађивач, што је у потпуности у нескладу са потенцијалима које као сировина поседује [1].

Сурутка представља један од највећих резервоара протеина који је ван људске употребе. Суруткини протеини су идеалан избор када се организам суочава са специфичним медицинским изазовима: имају позитивно дејство код смањеног апетита, повишеног холестерола, чак и код зубних наслага и каријеса, помажу регенерацију јетре, изванредан је извор протеина за труднице, код којих се за трећину повећава потреба за протеинима. Онима који воде активан живот, током дана је потребан висок ниво енергије, који им ови протеини могу омогућити. Важни су спортистима, обзиром да се прерађују директно у мишићима, за разлику од других протеина који се прерађују у јетри, па је омогућен брз опоравак мишића после тренинга. Спречавају остеопорозу па се њихова употреба препоручује старијим особама. Протеини сурутке, а пре свега њихови фрагменти, показују разноврсне биоактивне карактеристике, као што су антимикробне и антивирусне карактеристике, стимулативно делују на имуносистем, поседују антиканцерогену и антихипертензивну активност као и друга позитивна деловања на организам.

У последње две деценије развој сепарационих метода заснованих на селективно пропустљивим мембранама, довело је до повећана заступљености и разноврсности протеина и пептида сурутке као додатака храни. Најновија истраживања показују да многи фрагменти протеина сурутке могу деловати као АЦЕ–инхибитори [2]. Пептиди добијени ензимском хидролизом протеина сурутке имају много разноврснију и израженију биолошку активност од самих протеина из којих су добијени. Због свега набројаног протеини сурутке, а посебно њихови хидролизати и пептидне фракције постају интересантни за нова истраживања [3,4].

У раду је коришћен концентрат протеина сурутке и ензими: Протеиназе К, Термолизина и Трипсина. Праћен је степен хидролизе, вршена је ултрафилтрација помоћу целулозних мембрана (величине пора 30 kDa, 10 kDa, 3 kDa и 1 kDa) и одређивана је антиоксидативна и АЦЕ–инхибиторна активност хидролизата и сваке појединачне фракције. Одређиване су технолошке карактеристике сваког хидролизата и концентрата протеина сурутке. Хидролизати и фракције које су показале најбоље карактеристике коришћене су као додатак у прехранбене производе (ферментациони напитака на бази сурутке, јогурт и млечни крем) и праћен је њихов утицај на функционална својства производа.

Производња нових и унапређење постојећих пробиоатских и функционалних производа неопходна је како би помогла људском организму у борби против штетних агенаса којима је свакодневно изложен услед савременог темпа и начина живота. Једно од ефикаснијих решења везаних за производњу нових функционалних производа јесте производња функционалних ферментисаних напитака на бази сурутке. Производњом ове врсте напитака у оквиру само једног процеса искоришћавају се сви потенцијали сурутке као сировине и добија се јефтин, здрав и потпуно природан производ [1].

Овакав начин прераде сурутке подразумева процес након кога не заостаје ни најмања количина отпада и представља алтернативу процесима прераде сурутке у производе као што су млечна киселина, етанол, микробни протеини,  $\beta$ -Д-галактозидаза и витамини који носе са

собом велике захтеве у погледу енергије и технолошке опреме. Овим поступком прераде сурутке остварује се велика уштеда енергија у односу на компликованије процесе прераде сурутке који захтевају пречишћавање финалног производа што доводи до генерисања нове количине отпада који је неопходно даље обрађивати. У овом раду биће извршено испитивање коришћења протеина сурутке и хидролизата протеина сурутке као носача за имобилизацију starter културе која је коришћена за ферментацију напитка на бази сурутке, али и додатак хидролизата и фракције хидролизата у ферментациони медиум, у различитим процентима, у циљу побољшања функционалних карактеристика напитка и то пробиотског својства ферментисаног производа на бази сурутке, дуготрајности производа (вијабилност пробиотске културе током чувања у фрижидеру) и преживљавања културе у условима који владају у интестиналном тракту, антиоксидативних својстава напитка и АЦЕ–инхибиторне активности напитка. [5-11]

Производња функционалних напитака може бити побољшана избором одговарајућег носача и додатком биоактивних пептида. Овом применом пептида би се остварио позитиван утицај на раст примењених микроорганизама, као и унапређење функционалних и нутритивних својстава произведених напитака. Биоактивни пептиди сурутке коришћени за имобилизацију поред заштитне функције за пробиотске бактерије показали су и низ биоактивних својстава као што су антиоксидативна својства и антихипертензивна (АЦЕ-инхибиторна) својства [12-21].

Овде су наведени само неки радови који су испитивали примену протеина сурутке и хидролизата протеина сурутке као додатака прехранбеним производима али и као могуће носаче у производњи пробиотских и других производа.

### **Литература:**

- [1] Rakin Marica B., Bulatović Maja Lj., Zarić Danica B., Stamenković-Đoković Marijana M., Krunić Tanja Ž., Borić Milka M., Vukašinović-Sekulić Maja S.: *Quality of fermented whey beverage with milk*. Hemijska industrija, vol. 70, no. 1, 2016, pp. 91-98.
- [2] Krunić, T., Arsic, S., Bulatović, M., Vukašinović-Sekulić, M., Rakin, M.: *Recent trends in whey utilization – Production of bioactive peptides*, 7th International Scientific and Expert Conference of the International TEAM Society, 2015, pp. 382-385.
- [3] Castro, R.J.S., Sato, H.: *Comparison and synergistic effects of intact proteins and their hydrolysates on the functional properties and antioxidant activities in a simultaneous process of enzymatic hydrolysis*. Food Bioprod. Process, 2014, vol. 92, pp. 80–88.
- [4] Chatterjee, A., Kanawjia, S.K., Khetra, Y.: *Properties of sweetened Indian yogurt (mishti dohi) as affected by added tryptic whey protein hydrolysate*. J. Food Sci. Technol., 2016, vol. 53, pp. 824–831.
- [5] Krunić, T.Z., Bulatović, M.L., Obradović, N.S., Vukašinović-Sekulić, M.S., Rakin, M.B.: *Effect of immobilisation materials on viability and fermentation activity of dairy starter culture in whey-based substrate*. J. Sci. Food Agric., 2016, vol. 96, pp. 1723–1729.
- [6] Krunić, T.Z., Obradović, N.S., Bulatović, M.L., Vukašinović-Sekulić, M.S., Trifkovic, K., Rakin, M.B.: *Impact of carrier material on fermentative activity of encapsulated yoghurt culture in whey based substrate*. Hem. Ind. OnLine-First (00), 2016, 16-16.
- [7] Obradović, N.S., Krunić, T.Z., Bulatović, M.Lj., Rakin, M.B., Rakin, M.P., Bugarski, B.M.: *Application of immobilization of probiotics cells in production of functional fermented whey beverages*. 7th Central European Congress on Food - CEFood, May 21-24, Ohrid, Macedonia, 2014, p. 219, Book of Abstracts (ISBN 978-608-4565-05-5).
- [8] Obradovic, N.S., **Krunić**, T.Z., Trifkovic, K.T., Bulatovic, M.Lj., Rakin, M.P., Rakin, M.B., Bugarski, B.M.: *Influence of chitosan coating on mechanical stability of biopolymer carriers with probiotic starter culture in fermented whey beverages*, International Journal of Polymer Science, 2015, Article ID 732858, 8 pages, DOI:10.1155/2015/732858.

- [9] Doherty, S.B., Auty, M.A., Stanton, C., Ross, R.P., Fitzgerald, G.F., Brodtkorb, A.: *Application of whey protein micro-bead coatings for enhanced strength and probiotic protection during fruit juice storage and gastric incubation*. J. Microencapsul., 2012, vol. 29, pp. 713-728.
- [10] Hernández-Rodríguez, L., Lobato-Calleros, C., Pimentel-González, D.J., Vernon-Carter, J.: *Lactobacillus plantarum protection by entrapment in whey protein isolate: k-carrageenan complex coacervates*. Food Hydrocolloid., 2014, vol. 36, pp. 181-188.
- [11] Ilha, E.C., da Silva, T., Lorenz, J.G., Rocha, G., Sant'Anna, E.S.: *Lactobacillus paracasei isolated from grape sourdough: acid, bile, salt, and heat tolerance after spray drying with skim milk and cheese whey*. Eur. Res. Tech., 2015, vol. 240 no. 5, pp. 977-984.
- [12] Lim, S.M., Lee, N.K., Park, K.K., Yoon, Y.C., Paik, H.D.: *ACE-inhibitory effect and physicochemical characteristics of yogurt beverage fortified with whey protein hydrolysates*. Korean J. Food Sci. An., 2011, vol. 31, pp. 886-892.
- [13] Jisha, S., Padmaja, G.: *Whey Protein Concentrate Fortified Baked Goods from Cassava-Based Composite Flours: Nutritional and Functional Properties*. Food Bioprocess Tech., 2011, vol. 4, pp. 92-101.
- [14] Khani, S., Hosseini, H.M., Taheri, M., Nourani, M.R., Imani Fooladi, A.A.: *Probiotics as an alternative strategy for prevention and treatment of human diseases: a review*. Inflammation and Allergy Drugs Targets., 2012, vol. 11, pp. 79-89.
- [15] Krunić, T., Bulatović, M., Obradović, N., Vukašinović-Sekulić, M., Mojovic L. Rakin, M.: *Fermentative activity and viability of immobilized probiotic starter culture ABY-6 in whey based substrates*. II International Congress, Food Technology, Quality and Safety, Novi Sad, Serbia, 2014, pp. 297-302.
- [16] Kumari, A., Mann, B., Prerna, S., Singh, R.R.B., Kumar, R., Sharma, R.: *Assesment of antioxidant and physico-chemical characteristics of ice cream added with whey protein hydrolysates*. Indian J. Dairy Sci., 2013, vol. 66, no. 5, pp. 382-387.
- [17] Matumoto-Pintro, P.T., Rabiey, L., Robitaille, G., Britten, M.: *Use of modified whey protein in yoghurt formulations*. Int. Dairy J. 21, 21-26.
- [18] Palatnik, D.R., Porcel, M.V.O., González, U., Zaritzky, N., Mercedes, E., 2015. *Recovery of caprine whey protein and its application in a food protein formulation*. LWT-Food Sci. Technol., 2011, vol. 63, pp. 331-338.
- [19] Ribeiro, M.C., Chaves, K.S., Gebara, C., Infante, F.N S., Grosso, C.R F., Gigante, M.L.: *Effect of microencapsulation of Lactobacillus acidophilus LA-5 on physicochemical, sensory and microbiological characteristics of stirred probiotic yoghurt*. Food Res. Int., 2014, vol. 66, pp. 424-431.
- [20] Soukoulis, C., Yonekura, L., Gan, H.H., Behboudi-Jobbehdar, S., Parmenter, C., Fisk, I.: *Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: the case of pan bread*. Food Hydrocolloid., 2014, vol. 39, pp. 231-242.
- [21] Tripathy, M.K., Giri, S.K.: *Probiotic functional foods: survival of probiotics during processing and storage*. J. Funct. Foods., 2014, vol. 9, pp. 225-241.

### 3. Полазне хипотезе

Протеини сурутке као и сама сурутка неправедно су запостављени и недовољно коришћени у исхрани људи. Протеине сурутке у највећем броју случајева користе спортисти због њихове брзе и једноставне апсорпције у мишићима иако поседују многе друге знатно битније биолошке карактеристике. Протеини сурутке у себи садрже секвенце аминокиселина које се могу ослободити контролисаном ензимском хидролизом. Контролисаном хидролизом је могуће из протеина који нема карактеристичне биолошке активности, добити један или чак више пептида са широким спектром деловања (антиоксидативна активност, антихипертензивна активност, имуномодулатори...)

Функционални ферментисани напици на бази сурутке са инкапсулираном културом или са слободном културом уз додатак пептида, у својој основи као најзаступљенију сировину садрже сурутку изузетног нутритивног квалитета. Протеини сурутке спадају у нутритивно највредније протеине захваљујући свом саставу који карактерише велики удео есенцијалних аминокиселина (највише лизина, цистеина и метионина и аминокиселина разгранатог ланца). Због оваквог аминокиселинског састава, протеини сурутке имају много већу биолошку вредност у поређењу са казеином и другим протеинима анималног порекла, укључујући и протеине јајета који су дуго сматрани референтним. Са друге стране, ферментацијом сурутке помоћу бактерија млечне киселине смањује се садржај лактозе у напитку, производи се првенствено млечна киселина али и други метаболити као што су ароматичне компоненте које доприносе укусу и текстури производа. Током млечно киселе ферментације ослобађају се протеазе и пептидазе што доводи до хидролизе протеина сурутке, чији производи могу имати одређену физиолошку улогу у организму. Ферментацијом сурутке смањује се количина  $\beta$ -лактоглобулина, протеина са великим алергеним потенцијалом, и производе биолошки активни пептиди са потенцијалним физиолошким функцијама. Сходно свему наведеном, функционални ферментисани напици на бази сурутке поседују унапређен нутритивни квалитет у односу на напитке чију основу представља млеко и то је разлог зашто је испитивано управо добијање овог напитка са инкапсулираном културом, где је носач управо протеински концентрат сурутке као и алгинат и хитозан, али и хидролизат протеина сурутке.

Обогаћивањем постојећих производа прехранбене индустрије са биоактивним пептидима могуће је знатно унапредити те производе и приближити их функционалној храни или их потпуно превести у функционалну храну.

#### **4. Научне методе истраживања**

У циљу реализације предмета и циља овог истраживања и потврде постављених хипотеза, биће коришћена комбинација микробиолошких, хемијских и сензорних метода истраживања. Концентрат протеина сурутке биће подвргнут хидролизи помоћу различитих ензима. Након хидролизе одређиваће се степен хидролизе као битан фактор и садржај фракција у добијеним хидролизатима. Процесом ултрефилтрације помоћу целулозних мембрана са порама величине 30kDa, 10kDa и 3kDa пептиди ће бити подељени по фракцијама и испитиваће се садржај протеина и пептида у фракцијама методом по Лорију, антихипертензивна активност пептида преко степена инхибиције ангиотензин I конвертујућег ензима и антиоксидативна активност методама инхибиције ДППХ радикала и АБТС радикала као и методом одређивања редукционе моћи. Одабране фракције и хидролизати биће коришћене за обогаћивање производа прехранбене индустрије (јогурта, ферментисаног напитка на бази сурутке и млечног крема који се користи као пуњење у кондиторској индустрији) и као носачи у процесу ферментације сурутке ради добијања функционалног ферментисаног производа. Технолошка својства добијених хидролизата као што је способност стварања пене, стабилност пене, хидрофобност, емулгујућа својства, дигестибилност, растворљивост ће такође бити испитана.

Сурутка добијена директно из процеса производње фабрике Имлек а.д. биће хемијски, микробиолошки и нутритивно окарактерисана пре и након процеса њене прераде. У циљу производње функционалних ферментисаних напитака на бази сурутке помоћу инкапсулиране културе биће извршена оптимизација и карактеризација произведеног ферментисаног напитка.

Током оптимизације и карактеризације биће праћено време трајања ферментације, садржај млечне киселине, промена рН, преживљавање микроорганизама, пробиотики карактер микроорганизама, садржај аминокиселина, садржај антиоксиданаса као и нутритивни састав током ферментације и процеса чувања произведеног напитка. Садржај млечне киселине биће одређиван титрацијом док ће се промена рН пратити помоћу рН-

метра. Садржај протеина биће одређиван методом по Лорију док ће садржај антиоксиданаса бити анализиран применом методе редукције ДППХ слободних радикала, АБТС слободних радикала и методом одређивања редукционе моћи. Преживљавање микроорганизама као кључни параметар у току процеса производње пратиће се одређивањем броја живих микроорганизама методом бројања на агарним плочама током процеса ферментације као и периода чувања произведеног напитка. Такође ће бити извршено ин витро карактерисање пробиотске активности одабраних микроорганизама праћењем способности преживљавања у условима симулираног гастричног сока

## **5. Очекивани научни допринос**

Количина производа од сурутке на тржишту је занемарљиво мала у односу на количину ферментисаних млечних производа што наводи на закључак да би се унапређењем процеса ферментације сурутке могли добити нови неконвенционални производи који би заузели значајније место у палети млечних производа намењених широкој потрошњи. У том смислу резултати предложене докторске дисертације би остварили научни допринос у погледу:

- Производња биоактивних пептида процесом лимитиране ензимске хидролизе протеина сурутке различитим ензимима
- Издавање фракција са унапређеним карактеристикама у односу на протеине сурутке и хидролизат протеина сурутке
- Унапређења процеса производње напитака на бази сурутке имобилизацијом јогуртне стартер културе у циљу повећања пробиотског карактера производа
- Унапређења нутритивног квалитета ферментисаног напитка на бази сурутке додатком пептидних фракција и хидролизата протеина сурутке
- Унапредјење пробиотског карактера производа додатком пептидних фракција и хидролизата протеина сурутке
- Решавања проблема одлагања отпадне сурутке њеним превођењем у функционални производ намењен људској исхрани који би у потпуности задовољио критеријуме домаћих потрошача.

## **6. План истраживања и структура рада**

Предмет рада ове докторске дисертације је добијање биоактивних пептида из протеина сурутке ради њихове примене у прехранбеној индустрији са циљем добијања функционалне хране, као и унапређење функционалних ферментисаних напитака на бази сурутке који могу имати примену у исхрани људи. У току рада на дисертацији предвиђене су следеће фазе и активности у истраживању:

1. Извршиће се хидролиза протеина сурутке различитим ензимима у циљу добијања хидролизата са што бољим функционалним и технолошким карактеристикама
2. Извршиће се одређивање технолошких карактеристика (емулговање, стварање пене, постојаност пене, растворљивост, дигестибилност) концентрата протеина сурутке и хидролизата добијених хидролизом протеина сурутке различитим ензимима и под различитим условима
3. Извршиће се процес ултрафилтрације хидролизата и концентрата протеина сурутке у циљу издавања пептидних фракција у зависности од молекулске масе са циљем одређивања дистрибуције фракција у истим, као и издавању фракција из хидролизата ради даље анализе
4. Испитаће се биолошке карактеристике (антиоксидативна и антихипертензивна тј. АЦЕ–инхибиторна активност) хидролизата, концентрата протеина и фракција добијених ултрафилтрацијом у циљу одрђивања узорка са најбољим карактеристикама

5. Испитаће се утицај додатака најподеснијих фракција и хидролизата на функционалне карактеристике ферментисаног напитка на бази сурутке, јогурта и млечног крема који се користи као пуњење у кондиторској индустрији

6. Испитаће се утицај инкапсулације стартер културе применом различитих носача (алгината, хитозана, протеина сурутке и хидролизата протеина сурутке) на ток процеса ферментације, пробиотска својства, стабилност током чувања и друге функционалне карактеристике ферментисаног производа на бази сурутке

Предвиђа се да ће у докторској дисертацији бити обрађена следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература.*

У поглављу *Увод* биће дефинисани главни циљеви дисертације, предмет истраживања и допринос дисертације.

У поглављу *Теоријски део* биће наведена анализа претходних истраживања која се односе на:

- Развој и значај функционалне хране
- Утицај протеина сурутке на здравље људи
- Основне принципе инкапсулације као и утицај различитих носача на процес ферментације;
- Могућност примене протеина сурутке и хидролизата протеина сурутке као носача при инкапсулацији ћелија;
- Биоактивни пептиди-добивање и примена
- Додатак биоактивних пептида у прехранбене производе

У поглављу *Експериментални део* биће наведене методе коришћене у експерименталном раду:

- Материјали и хемикалије коришћене у раду;
- Опис експерименталних техника коришћених за производњу биоактивних пептида из протеина сурутке;
- Опис експерименталних техника коришћених за карактеризацију добијених хидролизата и пептида;
- Опис техника коришћених за инкапсулацију стартер културе у различите носаче;
- Експериментални план оптимизације процеса ферментације сурутке инкапсулираном стартер културом;
- Експериментални план оптимизације процеса ферментације сурутке и млека уз додатак биоактивних пептида;
- Опис техника за одређивање састава и карактера ферментисаних напитака;
- Опис техника за одређивање утицаја додатка биоактивних пептида на карактеристике прехранбеног производа.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће наведен детаљан приказ свих добијених резултата као и њихова дискусија. Детаљно ће бити продискутовани резултати везани за добијање биоактивних пептида из сурутке и њихове карактеристике. Детаљно ће се продискутовати и унапређење функционалних и нутритивних карактеристика прехранбених производа додатком биоактивних пептида. Разматраће се утицај носача и додатака пептида на раст коришћених микроорганизама као и утицај додатка пептида и хидролизата у ферментациони супстрат, али и коришћење носача на број ћелија микроорганизама у произведеним напцима. Посебно ће бити дискутован утицај додатака и инкапсулације на функционална и нутритивна својства произведених напитака као и на стабилност напитака током процеса складиштења. На основу добијених резултата применом експерименталног плана и статистичке регресије предложиће се оптималан додатак пептида и најпогоднији носач у погледу нутритивних и функционалних својстава и стабилности напитка.

У поглављу *Закључак* ће бити сумирани добијени резултати и дати закључци изведени на основу извршених испитивања.

У поглављу *Литература* биће дат преглед навода цитираних у дисертацији, као и радова проистеклих истраживањем у оквиру ове докторске дисертације.

## **7. Закључак и предлог**

На основу изложене анализе подобности теме докторске дисертације Комисија сматра да је предложена тема кандидата Тање Ж. Крунић под насловом “Производња и примена биоактивних протеина и пептида сурутке” научно заснована и предлаже Наставно-научном већу да је прихвати. За ментора се предлаже Др Марица Ракин, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

Београд, 05.09.2016.

## **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

.....  
Проф. др Марица Ракин, ванредни професор  
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки  
факултет

.....  
Проф. др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор  
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки  
факултет

.....  
Проф. др Маја Вукашиновић-Секулић, ванредни професор  
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки  
факултет

.....  
Проф. др Зорица Радуловић, ванредни професор  
Универзитета у Београду, Пољопривредни факултет