

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Podobnost teme i kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 35/290 od 1.10.2013. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme:

Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografija kandidata

Maja Lj. Bulatović je rođena 29.03.1980. godine u Beogradu gde je završila osnovnu i srednju Medicinsku školu "Beograd". Studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu završila je 28.06.2007. godine, na Katedri za biohemijско inženjerstvo i biotehnologiju Tehnološko-metalurškog fakulteta sa prosečnom ocenom 8,03 odbranom diplomskog rada pod nazivom „Proizvodnja bioetanolа pomoću *Saccharomyces ellipsoideus* istovremenom saharifikacijom i fermentacijom kukuruznog brašna“ sa ocenom 10.0 (deset). Po završetku redovnih studija, zasnovalа je stalni radni odnos u fabrici boja i lakova „Jugohem“ DOO, na poziciji menadžera kvaliteta na poslovima istraživanja i razvoja novih proizvoda, gde je 2009. godine završila pripravnički staž.

Školske 2009/2010. god. upisala je doktorske studije na Katedri za biohemijско inženjerstvo i biotehnologiju Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu. Tokom studija položila je sve ispite predviđene planom i programom doktorskih studija, uključujući i završni ispit, sa prosečnom ocenom 10,0 (deset).

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u toku doktorskih studija	ESPB	Oцена
1. Odabrana poglavlja biohemije - Vitamini	5	10
2. Hemijska kinetika	5	10
3. Industrijska mikrobiologija	5	10
4. Biohemijska kinetika	5	10
5. Biomasa kao izvor energije	4	10
6. Odabrani mikrobiološki procesi u zaštiti životne sredine	4	10
7. Sanitarna mikrobiologija	4	10
8. Strukturna analiza organskih molekula	6	10

9. Industrijske vode	4	10
10. Organske zagađujuće supstance	4	10
11. Matematička obrada eksperimentalnih podataka	5	10
12. Završni ispit - pristupni rad za izradu doktorske disertacije	30	10
Ukupno ESPB	81	
Prosečna ocena		10.0

Od 01.02.2011. godine Maja Bulatović je zaposlena na Tehnološko-metalurškom fakultetu, na Katedri za Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologiju, kao istraživač na projektu Tehnološkog razvoja TR 31017 pod nazivom „*Proizvodnja mlečne kiseline i probiotika na otpadnim proizvodima prehrambene i agro-industrije*“, finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. U zvanje istraživač pripravnik izabrana je 23.09.2011., a u zvanje istraživač saradnik 20.09.2012. godine. U periodu 2012-2013. učestvovala je u realizaciji 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 iz koga je realizovano Tehničko rešenje pod nazivom „*Proizvodnja funkcionalnog fermentisanog napitka od surutke i mleka*“ potvrđeno od strane AD Imlek Beograd kao krajnjeg korisnika.

Angažovana je na izvođenju vežbi iz predmeta Biotehnološki praktikum 2 (školska 2011/2012; 2012/2013; 2013/2014) i Sirovine u biotehnologiji (školska 2012/2013) na osnovnim studijama.

Govori, čita i piše engleski jezik, služi se ruskim jezikom.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Nacionalni projekti

1. „*Proizvodnja mlečne kiseline i probiotika na otpadnim proizvodima prehrambene i agro-industrije*“, Projekat u okviru programa za Tehnološki razvoj, TR 31017, MNTRS, 2011-2014.
2. „*Fermentisani napici na bazi surutke kao novi funkcionalni mlečni proizvodi*“, Projekat u okviru programa za Inovacionu delatnost, ev. br. 451-03-2372-IP Tip 1/85, MNTRS, 2012-2013.

Iz rezultata dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada kandidata na predloženoj temi doktorske disertacije proizašla su 3 (tri) rada objavljena u časopisima međunarodnog značaja, od kojih je 1 (jedan) rad štampan u vrhunskom međunarodnom časopisu (**M21**) i 2 (dva) rada štampana u međunarodnom časopisu (**M23**). Kandidat je autor i 2 (dva) rada objavljena u zbornicima skupova međunarodnog značaja štampana u celini (**M33**), 1 (jednog) rada objavljenog u zborniku radova sa skupa međunarodnog značaja štampanog u izvodu (**M34**), 1 (jednog) rada objavljenog u časopisu nacionalnog značaja (**M52**). Koautor je 1 (jednog) tehničkog rešenja (**M84**) i 10 (deset) naučnih radova štampanih u međunarodnim i nacionalnim časopisima i zbornicima radova.

Objavljeni naučni i stručni radovi i saopštenja:

M20. Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja

Radovi objavljeni u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21)

1. **Maja Lj. Bulatović**, Marica B. Rakin, Maja S. Vukašinović-Sekulić, Ljiljana V. Mojović, Tanja Ž. Krnić, (2014). Effect of nutrient supplements on growth and viability of *Lactobacillus johnsonii* NRRL B-2178 in whey, *International Dairy Journal*, 34 (1), pp. 109-115 (ISSN: 0958-6946) (IF (2013) = 2.333).

Radovi objavljeni u međunarodnom časopisu (M23)

1. **Maja LJ. Bulatović**, Marica B. Rakin, Ljiljana V. Mojović, Svetlana B. Nikolić, Maja S. Vukašinović Sekulić, Aleksandra J. Djukić Vuković (2012) Surutka kao sirovina za proizvodnju funkcionalnih napitaka, *Hemijska industrija*, 66 (4), pp. 567-579 (ISSN 1451-9372), (IF (2012) = 0.463).
2. **Bulatović Maja Lj.**, Rakin Marica B., Mojović Ljiljana V., Nikolić Svetlana B., Vukašinović-Sekulić Maja S., Đukić-Vuković Aleksandra P. (2013). Improvement of production performance of functional fermented whey-based beverage, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, DOI:10.2298/CICEQ120715096B (ISSN: 1451-9372), (IF (2012) = 0.533).

M30. Radovi objavljeni u zbornicima međunarodnih skupova

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. **Maja Lj. Bulatović**, Marica B. Rakin, Ljiljana V. Mojović, Svetlana B. Nikolić, Maja S. Vukašinović Sekulić, Aleksandra P. Đukić Vuković, Selection of *Lactobacillus* strains for functional whey-based beverage production, Proceedings of 6th Central European Congress on Food, University of Novi Sad, Institute of Food Technology, May 23-26, 2012, Novi Sad, Serbia, pp. 1099-1104 (ISBN: 978-86-7994-0278).(<http://cefood2012.rs/uploads/docu/proceedings.pdf>, accessed June 2012].
2. **Maja Lj. Bulatović**, Marica B. Rakin, Ljiljana V. Mojović, Svetlana B. Nikolić, Aleksandra P. Đukić - Vuković, Maja S. Vukašinović - Sekulić, Uticaj različitih izvora ugljenika na rast soja *Lb. johnsonii* NRRL B-2178 pri proizvodnji probiotskog napitka na bazi surutke, *Prva konferencija mladih hemičara Srbije*, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, 19-20 Oktobar, 2012, Beograd, Srbija, pp. 78-82 (ISBN: 978-86-7132-051-1).

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **Maja Lj. Bulatović**, Marica B. Rakin, Maja S. Vukašinović-Sekulić, Ljiljana V. Mojović, Zarić B. Danica i Tanja Ž. Krnić, Selekcija uslova fermentacije surutke komercijalnom ABY-6 kulturom pri formulaciji funkcionalnog probiotskog napitka, *IX Kongres mikrobiologa Srbije "MIKROMED 2013"*, Udruženje mikrobiologa Srbije, Udruženje medicinskih mikrobiologa Srbije, 30. Maj -

01. Jun, 2013, Beograd, Srbija, Knjiga Apstrakta - CD izdanje (ISBN 978-86-914897-1-7).

M50. Radovi objavljeni u časopisu nacionalnog značaja

Rad u časopisu nacionalnog značaja (M52)

1. **Maja Lj. Bulatović**, Marica B. Rakin, Maja S. Vukašinović-Sekulić, Ljiljana V. Mojović, Tanja Ž. Krunić (2013). Uticaj različitih dodataka na probiotski karakter fermentisanog napitka na bazi surutke, *Savremene tehnologije*, 2 (2), str. 41-44, (ISSN: 2217-9720), (BIČ IF (2012) = 0.018).

M80. Tehnička i razvojna rešenja

Bitno poboljššan postojeći proizvod ili tehnologija (M84)

1. Marica Rakin, Maja Vukašinović-Sekulić, Danica Zarić, Ljiljana Mojović, **Maja Bulatović**, Tanja Krunić, Ivan Zorić, Marijana Stamenković, *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 potvrđeno od strane AD Imlek Beograd kao krajnjeg korisnika, Beograd, 2013.

Nagrade i priznanja:

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

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom poslediplomskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada na projektima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Maja Lj. Bulatović, dipl. inženjer tehnologije, pokazala je interes, sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Posebno je pokazala veliku sklonost za kreiranje novih inovativno unapređenih prehrambenih proizvoda. Tema doktorske disertacije pripada oblasti iz koje je do sada objavila tri naučna rada, kao i više saopštenja na međunarodnim skupovima. Na osnovu dosadašnje saradnje sa kandidatom kao i objavljenih naučnih radova, Komisija smatra da kandidat ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi.

2. Obrazloženje teme

2.1. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja sprovedenih u okviru ove doktorske disertacije odnosi se na iskorišćavanje otpadne surutke mlekare Imlek A.D. i njeno prevođenje, primenom postupka mlečno-kisele fermentacije, u novi fermentisani napitak na bazi surutke unapređenih funkcionalnih, nutritivnih i senzornih karakteristika.

Surutka koja nastaje u procesima proizvodnje sira i kazeina predstavlja glavni sporedni proizvod industrije mleka koji spada u jedan od najslabije iskorišćenih sporednih proizvoda prehrambene industrije u Srbiji [1]. Osnovni problem industrije mleka je što se svega 10–20% mleka iskoristi za dobijanje sira ili kazeina, dok 80–90% mleka otpada na surutku [2]. Usled neiskorišćavanja, surutka postaje veoma veliki zagađivač, što je u potpunosti u neskladu sa potencijalima koje kao sirovina poseduje. Svetska proizvodnja surutke iznosi preko 100 miliona tona godišnje, a samo u Evropskoj Uniji (EU) proizvedeno je 1997. godine oko 50% od ove količine [3]. Na osnovu podataka o proizvodnji sira projektovanim do 2019. godine, proizilazi da će svetska proizvodnja surutke do kraja 2019. godine beležiti stalni rast od oko 2% godišnje [4].

Svega 50% otpadne surutke biva iskorišćeno u prehrambenoj i industriji vrenja, dok se ostatak ispušta u vodotokove bez prethodne obrade. Ispuštanje surutke u vodotokove sa jedne strane predstavlja neoprostiv gubitak nutritivno vredne sirovine, a sa druge strane prouzrokuje velike ekološke probleme s obzirom na visoke vrednosti HPK (hemijska potrošnja kiseonika) i BPK₅ (biološka potrošnja kiseonika tokom 5 dana). Kako je BPK vrednost (35–40 g/l) za razgradnju 1 L surutke jednaka BPK vrednosti otpadne vode koju za 24 sata načini jedna osoba, a budući da je količina surutke koju proizvodi jedna veća sirana oko 50.000 litara na dan (što odgovara proizvodnji od oko šest tona sira dnevno), postrojenje za biološki tretman takve fabrike prema veličini odgovaralo bi postrojenju za biološki tretman otpadne vode grada od 50.000 stanovnika. Problem je još složeniji i zbog toga što za razliku od komunalnog otpada, koji u vodotokove stiže kontinuirano, slučaj surutke podrazumeva istakanje velikih količina odjednom, pa postrojenja za preradu mogu biti prekomerno opterećena usled čega postoji opasnost od havarije [5]. Što se tiče HPK vrednosti za kiselu surutku ona iznosi oko 75 g/l dok za deproteinizovanu iznosi oko 57 g/l, dok sadržaj organskog azota u kiseloj surutki iznosi oko 10,3 g/l [6].

Sa druge strane, savremeni tempo i način života, kao i sve zagađenije životno okruženje nameću potrebu proizvodnje unapređenih prehrambenih proizvoda koji bi pomogli ljudskom organizmu u borbi protiv štetnih agenasa kojima je svakodnevno izložen. Jedno od efikasnijih rešenja vezanih za iskorišćavanje surutke jeste proizvodnja funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke. Proizvodnjom ove vrste napitaka u okviru samo jednog procesa iskorišćavaju se svi potencijali surutke kao sirovine, iz životne sredine se uklanja materijal koji predstavlja biološki veoma opasan zagađivač a sa druge strane dobija se jeftin, zdrav i potpuno prirodan proizvod [1].

Ovakav način prerade surutke podrazumeva proces nakon koga ne zaostaje ni najmanja količina otpada i predstavlja alternativu procesima prerade surutke u proizvode kao što su mlečna kiselina, etanol, mikrobnj proteini, β -D-galaktozidaza i vitamini koji nose sa sobom velike zahteve u pogledu energije i tehnološke opreme [3]. Ovim postupkom prerade surutke ostvaruje se velika ušteda energija u odnosu na

komplikovanije procese prerade surutke koji zahtevaju prečišćavanje finalnog proizvoda što dovodi do generisanja nove količine otpada koji je neophodno dalje obrađivati.

Uzimajući u obzir nedovoljno iskorišćen potencijal surutke kao sirovine, sve izraženiju nestašicu hrane na svetskom tržištu kao i sve zagađenije životno okruženje ova disertacija je usmerena upravo na proizvodnju funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke zadovoljavajućih senzornih svojstava sa ciljem da se ukaže na značaj surutke kao sirovine i proizvoda u ljudskoj ishrani kao i mogućnost njenog prevođenja iz otpada u proizvod.

U ovom radu biće izvršeno ispitivanje različitih sojeva bakterija mlečno-kiselinskog vrenja (BMK) sa aspekta sposobnosti fermentacije surutke i produkcije bioaktivnih komponenti. Izvršiće se ispitivanje velikog broja bakterija mlečno-kiselinskog vrenja iz kolekcije kultura Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu, kao i komercijalnih kultura koje se u industriji primenjuju u procesu proizvodnje jogurta. Nakon odabira proizvodnih mikroorganizama, pristupiće se optimizaciji procesa fermentacije surutke pri proizvodnji funkcionalnih napitaka.

Proizvodnja funkcionalnih napitaka može biti poboljšana izborom odgovarajućeg sastava fermentacionog supstrata i uslova kultivacije mikroorganizama. Time bi se ostvario pozitivan uticaj na rast primenjenih mikroorganizama, skraćenje dužine trajanja procesa fermentacije kao i unapređenje funkcionalnih, nutritivnih i senzornih svojstava proizvedenih napitaka.

Obzirom da bakterije mlečno-kiselinskog vrenja za rast zahtevaju veoma složene supstrate [7], ispitaće se uticaj različitih vrsta i količina izvora azota, ugljenika, vitamina i minerala na broj ćelija u proizvedenom funkcionalnom napitku. Statistička obrada dobijenih rezultata pružiće kvantitativni uvid u uticaj svakog od ispitivanih parametara ili njihove interakcije na rast i aktivnost primenjenih proizvodnih sojeva. Odabrani sojevi će se detaljno ispitati sa aspekta stabilnosti, posedovanja probiotskih i antimikrobnih svojstava i rezistencije na antibiotike.

Na osnovu utvrđenih svojstava odabranih mikroorganizama, razmotriće se mogućnost njihove primene u svrhu proizvodnje funkcionalnih napitaka, odnosno ispitaće se njihova sposobnost produkcije bioaktivnih jedinjenja u cilju zadovoljenja kriterijuma funkcionalnosti proizvedenih napitaka.

Najveći deo istraživanja biće posvećen ispitivanju mogućnosti fermentacije surutke komercijalnom ABY-6 kulturom koja se u industriji primenjuje za proizvodnju jogurta. Kao komercijalna kultura, ova kultura je već okarakterisana za fermentaciju mleka, pa je pretpostavljeno da bi se i fermentacijom surutke mogao dobiti napitak prihvatljivih senzornih karakteristika sličnih jogurtu na koje su domaći potrošači već naviknuti.

Radi unapređenja senzornih svojstava proizvedenih napitaka ispitaće se uticaj dodatka voćnih sokova u formulacije [8], čime će pretpostavljati se biti takođe unapređena funkcionalna i nutritivna svojstva finalnog proizvoda. Utvrdiće se uticaj dodatka različitih voćnih sokova pre i posle fermentacije, čime će biti omogućeno ispitivanje uticaja ovih dodataka na funkcionalnost, stabilnost, nutritivna i senzorna svojstva proizvedenih napitaka. Biće predloženo nekoliko formulacija napitaka različitog ukusa bez dodatnih aditiva, konzervanasa, boja i aroma kao i opšta šema procesa proizvodnje ove vrste napitaka. Proizvod će biti u potpunosti nutritivno okarakterisan i deklarisan čime će

moći da se ukaže na njegov značaj u domenu zdrave ishrane i pozitivanih uticaja na zdravlje ljudi koji se ostvaruju njegovom konzumacijom.

Poslednjih decenija vršena su intenzivna ispitivanja koja su imala za cilj pronalaženje novih receptura za proizvodnju fermentisanih napitaka na bazi surutke poboljšanih svojstava pogodnih za komercijalnu primenu i publikovan je veliki broj radova i патената koji se bavi ovom tematikom [9-17].

Ovde su navedeni samo neki radovi koji su povezani sa proizvodnjom fermentisanih napitaka na bazi surutke:

- [1] Maja LJ. Bulatović, Marica B. Rakin, Ljiljana V. Mojović, Svetlana B. Nikolić, Maja S. Vukašinović Sekulić, Aleksandra J. Djukić Vuković (2012) Surutka kao sirovina za proizvodnju funkcionalnih napitaka, *Hemijska industrija*, 66 (4), pp. 567-579
- [2] D. Stanzer, V. Stehlik-Tomas, V. Gulan Zetić, J. Manenica, Sirutka-alternativna sirovina za proizvodnju prehrambenog kvasca, *Mljekarstvo* 52 (2002) 113-124.
- [3] T. Affersholt, Market developments and industry challenges for lactose and lactose derivatives, IDF Symposium „Lactose & Its Derivates“, Moscow, 2007.
- [4] OECD-FAO Agricultural Outlook 2010-2019, Highlights, str. 83, <http://www.agri-outlook.org/dataoecd/13/13/45438527.pdf>
- [5] D. Marić, Vodotokovi bez pivarskog kvasca i surutke, SciTech003, <http://scitech.sgi.co.rs/html/003/00311.html> (pristupljeno 31.01.12)
- [6] M.T. Klasnja, M.B. Sciban, Osnovi procesa anaerobnog prečišćavanja otpadnih voda prehrambene industrije i industrije pića, *Acta Periodica Technologica* 31 (2000) 1-748.
- [7] O. Kandler, Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria, Anton. Leeuw. Int. J. G. 49 (1983) 209-224.
- [8] I. Jeličić, R. Božanić, LJ. Tratnik, Napitci na bazi sirutke – nova generacija mliječnih proizvoda, *Mljekarstvo* 58 (2008) 257-274.
- [9] M. Pescuma, E.M. Hébert, F. Mozzi, G. Font de Valdez, Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria, *Int. J. Food Microbiol.* 141 (2010) 73-81.
- [10] A. Hernandez-Mendoza, V.J. Robles, J.O. Angulo, J. De La Cruz, H.S. Garcia, Preparation of whey-based probiotic product with *Lactobacillus reuteri* and *Bifidobacterium bifidum*, *Food Technol. Biotechnol.* 45 (2007) 27-31.
- [11] T.K. Maity, K. Rakesh, A.K. Misra, Development of healthy whey drink with *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum* and *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *Shermanii*, *Mljekarstvo* 58 (2008) 315-325.
- [12] I. Dragalić, Lj. Tratnik, R. Božanić, Growth and survival of probiotic bacteria in reconstituted whey, *Lait* 85 (2005) 171-179.
- [13] A.L. Pavunc, J. Turk, B. Kos, J. Beganović, J. Frece, S. Mahnet, S. Kirin, J. Šušković, Proizvodnja fermentiranih probiotičkih napitaka od permeata mlijeka obogaćenih retentatom sirutke i identifikacija prisutnih bakterija mliječne kiseline, *Mljekarstvo* 59 (2009) 11-19.
- [14] B. Matijević, R. Božanić, Lj. Tratnik, The influence of lactulose on growth and survival of probiotic bacteria *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium*

- animalis ssp. lactis* BB-12 in reconstituted sweet whey, *Mljekarstvo* 59 (2009) 20-27.
- [15] B. Matijević, K. Lisak, R. Božanić, Lj. Tratnik, Utjecaj različitih početnih koncentracija probiotičkih bakterija na fermentaciju slatke sirutke, *Mljekarstvo* 58 (2008) 387-401.
- [16] B. Matijević, R. Božanić, Lj. Tratnik, Rast bakterija ABT-5 kulture u sirutki obogaćenoj koncentratom proteina sirutke, *Mljekarstvo* 60 (2010) 175-182.
- [17] B. Matijević, R. Božanić, Lj. Tratnik, I. Jeličić, Utjecaj koncentrata proteina sirutke na rast i preživljavanje probiotičkih bakterija u sirutki, *Mljekarstvo* 58 (2008) 243-255.

2.2. Polazne hipoteze

U posljednjih dvadeset godina registrovani su brojni patent koji sadrže recepture raznih surutkinih napitaka uz dodatak određene količine voća ili voćnih koncentrata. Zajedničko za većinu ovih patenata i uopšte receptura jeste da se voće kao dodatak dodaje nakon završenog procesa fermentacije surutke ili mešavine surutke i mleka, a trajnost proiozвода postizala se dodatkom mlečne ili limunske kiseline kao konzervanasa.

Prisustvo voćnog soka tokom trajanja procesa fermentacije obezbeđuje dodatnu količinu minerala i vitamina koji povoljno utiču na sam tok fermentacije. Naime, vreme trajanja fermentacije surutke obogaćene mlekom i voćnim sokom iznosi oko 2.5 h što je u proseku za oko 2 h kraće u odnosu na fermentaciju čiste surutke ili mešavine surutke i mleka. Uključivanje mleka i voćnog soka u proces fermentacije dovodi do formiranja čvršćeg matriksa koji u velikoj meri utiče na senzorne karakteristike proizvedenog napitka kao i preživljavanje probiotskih bakterija kao sastavnog dela proizvoda. Osim toga, prisustvo minerala i vitamina u samom procesu fermentacije obezbeđuje brži rast primenjene bakterijske kulture. Broj probiotskih bakterija nakon 2.5 h fermentacije praktično je jednak broju bakterija nakon 4 h fermentacije mešavine surutke i mleka. Skraćivanje procesa fermentacije dovodi do velikih ušteda energije kao i do smanjenja rizika od kontaminacije tokom procesa proizvodnje.

Ovaj inovativni postupak proizvodnje kao rezultat ima napitak unapredjenih senzornih i nutritivnih karakteristika dobijen uz ostvarenje koncepta uštede energije i zaštite životne sredine.

Funkcionalni fermentisani napici na bazi surutke u svojoj osnovi kao najzastupljeniju sirovinu sadrže surutku izuzetnog nutritivnog kvaliteta. Proteini surutke spadaju u nutritivno najvrednije proteine zahvaljujući svom sastavu koji karakteriše veliki udeo esencijalnih aminokiselina (najviše lizina, cisteina i metionina i aminokiselina razgranatog lanca). Zbog ovakvog aminokiselinskog sastava, proteini surutke imaju mnogo veću biološku vrednost u poređenju sa kazeinom i drugim proteinima animalnog porekla, uključujući i proteine jajeta koji su dugo smatrani referentnim. Sa druge strane, fermentacijom surutke pomoću bakterija mlečne kiseline smanjuje se sadržaj laktoze u napitku, proizvodi se prvenstveno mlečna kiselina ali i drugi metaboliti kao što su aromatične komponente koje doprinose ukusu i teksturi proizvoda. Tokom mlečno kisele fermentacije oslobađaju se proteaze i peptidaze što dovodi do hidrolize proteina surutke, čiji proizvodi mogu imati određenu fiziološku ulogu u organizmu. Fermentacijom surutke

smanjuje se količina β -laktoglobulina, proteina sa velikim alergenim potencijalom, i proizvode biološki aktivni peptidi sa potencijalnim fiziološkim funkcijama. Shodno svemu navedenom, funkcionalni fermentisani napici na bazi surutke bi posedovali unapređen nutritivni kvalitet u odnosu na napitke čiju osnovu predstavlja mleko. Dodatak mleka i kašastog voćnog soka u surutku unosi dodatnu količinu minerala i vitamina a takođe u velikoj meri dovodi do unapređenja senzornih karakteristika surutke što omogućava jednostavnije pridobijanje potrošača koji inače nisu posebno zainteresovani za konzumaciju prirodne surutke.

2.3. Metode istraživanja

U cilju realizacije predmeta i cilja ovog istraživanja i potvrde postavljenih hipoteza, biće korišćena kombinacija mikrobioloških, hemijskih i senzornih metoda istraživanja. Surutka dobijena direktno iz procesa proizvodnje fabrike Imlek a.d. biće hemijski, mikrobiološki, senzorno i nutritivno okarakterisana pre i nakon procesa njene prerade. U cilju proizvodnje funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke biće izvršena selekcija odgovarajuće kulture mikroorganizama, optimizacija procesa fermentacije i karakterizacija proizvedenog fermentisanog napitka.

Tokom selekcije, optimizacije i karakterizacije biće praćeno vreme trajanja fermentacije, sadržaj mlečne kiseline, promena pH, preživljavanje mikroorganizama, probiotski karakter mikroorganizama, sadržaj aminokiselina, sadržaj antioksidanasa, viskozitet, sinerezis kao i nutritivni sastav tokom fermentacije i procesa čuvanja proizvedenog napitka. Sadržaj mlečne kiseline biće određivan titracijom dok će se promena pH pratiti pomoću pH-metra. Sadržaj aminokiselina biće određivan pomoću OPA reagensa, dok će sadržaj antioksidanasa biti analiziran primenom metode redukcije DPPH slobodnih radikala. Uporedo sa određivanjem viskoziteta pratiće se i procenat izdvajanja tečnosti iz fermentisanog napitka tj. sinerezis. Preživljavanje mikroorganizama kao ključni parametar u toku procesa proizvodnje pratiće se određivanjem broja živih mikroorganizama metodom brojanja na agarim pločama tokom procesa fermentacije kao i perioda čuvanja proizvedenog napitka. Takođe će biti izvršeno *in vitro* karakterisanje probiotske aktivnosti odabranih mikroorganizama praćenjem sposobnosti preživljavanja u uslovima simuliranog gastričnog soka, antimikrobne aktivnosti i rezistencije na antibiotike primenom klasičnih mikrobioloških tehnika.

U sklopu nutritivne karakterizacije pratiće se procenat razgradnje proteina surutke nakon fermentacije postupkom GEL-elektroforeze, nakon koje će se vršiti analiza sastava proizvoda razgradnje proteina primenom ELISA testova. Ispitaće se imunološki aspekt fiziološki aktivnih peptida dobijenih razgradnjom proteina surutke nakon procesa fermentacije. Proizvedeni napitak će biti nutritivno okarakterisan preračunavanjem nutritivne vrednosti proizvoda, što će biti polazna tačka njegovog deklarisanja, a u skladu sa srpskim Pravilnikom o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane 85/2013. Takođe u skladu sa nutritivnim sastavom će mu biti dodeljena nutritivna i/ili zdravstvena izjava odobrena od strane EFSA (European Food Safety Authority) a prema EU Regulativi 1169/2011 i uredbi 4032/2012.

Proizvod će biti upakovan u specijalno kreiranu ambalažu koja je u skladu sa propisima za pakovanje mlečnih proizvoda čime će dobijeni napitak biti potpuno spreman za plasman na tržište.

2.4. Očekivani naučni doprinos

Količina proizvoda od surutke na tržištu je zanemarljivo mala u odnosu na količinu fermentisanih mlečnih proizvoda što navodi na zaključak da bi se unapređenjem procesa fermentacije surutke mogli dobiti novi nekonvencionalni proizvodi koji bi zauzeli značajnije mesto u paleti mlečnih proizvoda namenjenih širokoj potrošnji. U tom smislu rezultati predložene doktorske disertacije bi ostvarili naučni doprinos u pogledu:

- Definisanja sojeva bakterija mlečnog vrenja najpodobnijih za izvođenje procesa fermentacije surutke uz zadovoljenje kriterijuma ekonomičnosti procesa i funkcionalnosti proizvedenih fermentisanih napitaka.
- Definisanja optimalnih uslova fermentacije surutke primenom selektovanih sojeva bakterija mlečnog vrenja
- Unapređenja procesa proizvodnje napitaka na bazi surutke izvođenjem istovremene fermentacije surutke i voćnog soka
- Unapređenja nutritivnog kvaliteta fermentisanog napitka na bazi surutke
- Unapređenja senzornih karakteristika fermentisanog napitka stvaranjem čvršćeg proteinskog matriksa kao rezultata uvođenja voćnog soka u proces fermentacije
- Povećanja ekonomičnosti procesa proizvodnje fermentisanog napitka na bazi surutke usled skraćivanja vremena trajanja fermentacije
- Rešavanja problema odlaganja otpadne surutke njenim prevođenjem u funkcionalni proizvod namenjen ljudskoj ishrani koji bi u potpunosti zadovoljio kriterijume domaćih potrošača.

2.5. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet rada ove doktorske disertacije je proizvodnja funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke koji mogu imati primenu u ishrani ljudi. U toku rada na disertaciji predviđene su sledeće faze i aktivnosti u istraživanju:

1. Izvršiće se testiranje velikog broja bakterija mlečno-kiselinskog vrenja sa ciljem pronalazjenja mikroorganizma koji su sposobni da fermentišu surutku na način da se dobije funkcionalni proizvod željenih karakteristika.
2. Ispitaće se uticaj osnovnih parametara na tok procesa fermentacije kao što su sastav podloge, temperatura, uticaj primene različitih dodataka, uticaj veličine inokuluma i sl., pri čemu će biti primenjene metode planiranog eksperimenta i matematičko- statistička obrada eksperimentalnih podataka.
3. U cilju analize mogućnosti potencijalne primene selektovanih mikroorganizama, ispitaće se probiotska i antimikrobna aktivnost primenjenih mikroorganizama, stabilnost tokom čuvanja kao i mogućnost razvijanja rezistencije na antibiotike.
4. U drugom delu rada će se dobijeni napici ispitati sa aspekta hemijskog sastava i funkcionalnosti, pa će se sa tim ciljem pratiti produkcija bioaktivnih jedinjenja tokom procesa fermentacije. Dobijeni napici će biti ispitani sa stanovišta

imunoaktivnosti čime će moći da se sagleda doprinos fermentacije surutke kao alternativnog procesa za njeno iskorišćavanje.

5. U poslednjem delu rada će se na osnovu dobijenih rezultata formulisati nekoliko receptura za proizvodnju funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke koje će biti ocenjene na osnovu nutritivnih i senzornih svojstava kao i stabilnosti tokom procesa skladištenja. Takođe će biti dat detaljan opis uticaja koje napici proizvedeni na ovaj način mogu da ostvare na zdravlje ljudi.

Predviđa se da će u doktorskoj disertaciji biti obrađena sledeća poglavlja: ***Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura.***

U poglavlju ***Uvod*** biće definisani glavni ciljevi disertacije, predmet istraživanja i doprinos disertacije.

U poglavlju ***Teorijski deo*** biće navedena analiza prethodnih istraživanja koja se odnose na:

- Potencijal i značaj surutke kao sirovine;
- Stanje i perspektivu iskorišćavanja surutke;
- Mogućnosti iskorišćavanja surutke kao sirovine;
- Uticaj surutke na zdravlje ljudi
- Mogućnost primene bakterija mlečno-kiselinskog vrenja u fermentaciji surutke;
- Pregled postojećih vrsta napitaka na bazi surutke
- Osnovne principe proizvodnje kao i uticaj različitih procesnih parametara i sastava hranljive podloge na proces fermentacije surutke;
- Pregled literature po pitanju formulacija i procesa proizvodnje napitaka na bazi surutke koji sadrže voće

U poglavlju ***Eksperimentalni deo*** biće navedene metode korišćene u eksperimentalnom radu:

- Materijali i hemikalije korišćene u radu;
- Opis eksperimentalnih tehnika za selekciju odgovarajućih mikroorganizama za fermentaciju surutke;
- Opis eksperimentalnih tehnika za identifikaciju postojanja probiotskih i antimikrobnih svojstava selektovanih mikroorganizama;
- Eksperimentalni plan optimizacije procesa fermentacije surutke selektovanim mikroorganizmima;
- Opis tehnika za određivanje sastava fermentisanih napitaka;
- Opis tehnika za karakterisanje procesa razgradnje proteina surutke;
- Opis tehnika za određivanje imunološkog karaktera dobijenih bioaktivnih komponenti;

U poglavlju ***Rezultati i diskusija*** biće naveden detaljan prikaz svih dobijenih rezultata kao i njihova diskusija. Detaljno će biti pro diskutovani rezultati vezani za optimizaciju procesa proizvodnje fermentisanih napitaka pomoću nekoliko prethodno odabranih sojeva. Razmatraće se uticaj procesnih parametara na rast selektovanih mikroorganizama

kao i uticaj dodatka određenih supstanci u fermentacioni supstrat na broj ćelija mikroorganizama u proizvedenim napicima. Posebno će biti diskutovan uticaj formulacije supstrata na funkcionalna, nutritivna i senzorna svojstva proizvedenih napitaka kao i na stabilnost ovih svojstava tokom procesa skladištenja. Na osnovu dobijenih rezultata primenom eksperimentalnog plana i statističke regresije predložiće se optimalni parametri procesa proizvodnje napitaka kao i formulacije napitaka sa optimalnim sastavom u pogledu nutritivnih, senzornih svojstava i stabilnosti napitka.

U poglavlju **Zaključak** će biti sumirani dobijeni rezultati i dati zaključci izvedeni na osnovu izvršenih ispitivanja.

U poglavlju **Literatura** biće dat pregled navoda citiranih u disertaciji, kao i radova proisteklih istraživanjem u okviru ove doktorske disertacije.

2.6. Zaključak i predlog Komisije

Na osnovu izložene analize podobnosti teme doktorske disertacije Komisija smatra da je predložena tema kandidata Maje Lj. Bulatović pod naslovom **“Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke”** naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Za mentora se predlaže Dr Marica Rakin, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

Beograd, 07.11.2013.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Marica Rakin, van. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Maja Vukašinović-Sekulić, docent,
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Jagoda Jorga, red. prof.,
Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Danica Zarić, naučni saradnik,
IHIS Tehnoexperts, Istraživačko-razvojni centar, Beograd