

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

**Predmet:** Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije

Odlukom br. 35/105 od 09.04.2015. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Maje Lj. Bulatović pod naslovom

**Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke**

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

**REFERAT**

**1. UVOD**

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

28.09.2009. godine Maja Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije upisuje doktorske studije na Katedri za biohemijsko inženjerstvo i biotehnologiju Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, pod mentorstvom dr Marice Rakin, vanrednog profesora Tehnološko-metalurškog fakulteta.

12.09.2013. godine Maja Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije je Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta predložila temu doktorske disertacije pod nazivom „Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke“.

26.09.2013. godine Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, odlukom br. 35/290, imenovana je Komisija za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije.

21.11.2013. godine Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta usvojen je izveštaj Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije pod nazivom „Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke“, kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije. Za mentora doktorske disertacije imenovana je dr Marica Rakin, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta.

16.12.2013. godine Odlukom br. 61206-6136/2-13 Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu daje saglasnost na predlog teme doktorske disertacije kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije pod nazivom „Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke“.

09.04.2015. godine Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, odlukom br. 35/105, imenovana je Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. pod nazivom „Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke“.

## 1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorke disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologija, za koju je matična ustanova Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Mentor ove doktorske disertacije, dr Marica Rakin, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, je na osnovu objavljenih publikacija i iskustva, kompetentna za vođenje izrade ove doktorske disertacije. Iz ove oblasti je do sada objavila 35 radova sa SCI liste i bila član Komisije za ocenu i odbranu 2 doktorata.

## 1.3. Biografski podaci o kandidatu

Maja Lj. Bulatović je rođena 29.03.1980. godine u Beogradu gde je završila osnovnu i Medicinsku školu "Beograd". Studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu završila je 28.06.2007. godine, na Katedri za biohemijsko inženjerstvo i biotehnologiju Tehnološko-metalurškog fakulteta. Diplomski rad pod nazivom „Proizvodnja bioetanol pomoću *Saccharomyces ellipsoideus* istovremenom saharifikacijom i fermentacijom kukuruznog brašna“, pod mentorstvom dr Marice Rakin, odbranila je ocenom 10.0 (deset). Po završetku redovnih studija, zasnovala je radni odnos u fabrici boja i lakova „Jugohem“ d.o.o, 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 biohemijsko inženjerstvo i biotehnologiju Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Sve ispite predviđene planom i programom doktorskih studija, uključujući i završni ispit, položila je sa prosečnom ocenom 10.0 (deset) nakon čega je u predviđenom roku prijavila izradu doktorske disertacije.

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. Od juna 2013. godine angažovana je u realizaciji 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.

Maja Lj. Bulatović je dobitnik nagrade za kreiranje novog ekoinovativnog prehrambenog proizvoda *Active drink* na prvom takmičenju studentskih timova u kreiranju ekoinovativnih prehrambenih proizvoda - *ECOTROPHELIA SRBIJA* organizovanog od strane Udruženja prehrambenih tehnologa Srbije, održanog 19 jula 2013. godine.

Maja Lj. Bulatović je kao saradnik angažovana na izvođenju vežbi iz predmeta Biotehnološki praktikum 2 (školske 2011/2012; 2012/2013; 2013/2014, 2014/2015) i Sirovine u biotehnologiji (školske 2012/2013, 2013/2014) na osnovnim akademskim studijama kao i predmeta Analitika prehrambenih proizvoda (školske 2014/2015) na master akademskim studijama.

## **2. OPIS DISERTACIJE**

### 2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Maje Lj. Bulatović je napisana na 284 strane (od kojih je 265 numerisano) u okviru kojih se nalazi 6 poglavlja, 37 tabela, 45 slika i 437 literaturnih navoda. Doktorska disertacija sadrži poglavlja: **Uvod**, **Teorijski deo**, **Eksperimentalni deo**, **Rezultati i diskusija**, **Zaključak** i **Literatura**, uz **izvode** na srpskom i engleskom jeziku. Po svojoj formi i sadržaju, podneti rad zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu za doktorsku disertaciju.

## 2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U poglavlju **Uvod**, naveden je predmet istraživanja ove disertacije koji se odnosi na iskorišćavanje otpadne surutke mlekarne Imlek A.D. i njeno prevođenje, primenom postupka mlečno-kisele fermentacije, u novi fermentisani napitak na bazi surutke unapređenih funkcionalnih, nutritivnih i senzornih karakteristika. Ukazano je na značaj iskorišćavanja otpadne surutke kako u zaštiti životne sredine tako i po pitanju njenog uključivanja u ishranu ljudi. Naveden je plan istraživanja i osnovni ciljevi ove doktorske disertacije.

U poglavlju **Teorijski deo**, nalazi se ukupno 5 potpoglavlja. U prvom potpoglavlju dat je istorijat nastanka koncepta funkcionalne hrane, detaljna definicija pojma kao i slojevita klasifikacija funkcionalne hrane uz upoznavanje sa osnovnim pojmovima kao što su probiotik, prebiotik i sinbiotik kao odrednica funkcionalnosti. U drugom potpoglavlju opisan je proces dobijanja surutke, njen sastav i svojstva a poseban akcenat je stavljen na značaj, trenutno stanje i perspektivu iskorišćavanja surutke kao otpadnog proizvoda mlečne industrije. U trećem potpoglavlju opisan je proces proizvodnje fermentisanih napitaka na bazi surutke, počevši od pripreme sirovine sve do pakovanja gotovog proizvoda. Predstavljeni su dodaci koji se najčešće koriste pri formulisanju napitaka, data je šema tehnološkog procesa proizvodnje sa detaljno opisanim osnovnim parametrima procesa proizvodnje fermentisanih napitaka. U četvrtom poglavlju predstavljene su funkcionalne i senzorne karakteristike fermentisanih napitaka koje neophodno postići da bi dobijeni proizvod zadovoljio potrebe tržišta. U petom potpoglavlju izneti su podaci koji se odnose na ulogu surutke u prevenciji i lečenju bolesti, čime je još jednom istaknut značaj uključivanja ove sirovine u ishranu ljudi.

U poglavlju **Eksperimentalni deo**, navedeni su materijali, mikroorganizmi, hemikalije p.a. čistoće i uređaji korišćeni u eksperimentalnom radu. Navedene su sve metode korišćene za pripremu mikroorganizama, podloga za gajenje mikroorganizama i korišćenih sirovina. Opisana je metoda i uslovi fermentacije surutke primenjivani u eksperimentalnom radu, i navedene metode za određivanje parametara kvaliteta proizvedenih napitaka. Detaljno su opisane metode određivanja: hemijskog sastava surutke, pH vrednosti, titracijske kiselosti, sadržaja suve materije, sadržaja šećera (DNS), broja živih ćelija, sinerezisa, viskoziteta, sadržaja aminokiselina (OPA), antioksidativne aktivnosti (DPPH), redukcione snage (FRAP), senzornih karakteristika, probiotskog karaktera (*in vitro*), stabilnosti, nutritivnih karakteristika i deklarisanja gotovog proizvoda. Opisane su metode određivanja antimikrobne aktivnosti i antibiograma primenjenih mikroorganizama kao i metoda određivanja proteinskih frakcija (SDS - PAGE elektroforezom) prisutnih u napitku. Posebna pažnja posvećena je opisu metoda za optimizaciju procesa proizvodnje primenom statističke obrade eksperimentalnih podataka.

U poglavlju **Rezultati i diskusija**, nalazi se ukupno 9 potpoglavlja. Na kraju svakog potpoglavlja izvedeni su zaključci. U **prvom** potpoglavlju prikazani su rezultati preliminarnog ispitivanja testiranih bakterija mlečne kiseline koji su se odnosili na ispitivanje sposobnosti rasta na različitim izvorima ugljenika, sposobnosti proizvodnje egzopolisaharida na različitim izvorima ugljenika i uzajamnog antimikrobnog dejstva testiranih mikroorganizama. U **drugom** potpoglavlju prikazani su rezultati selekcije sojeva iz roda *Lactobacillus* na osnovu fermentacione aktivnosti, ključnih parametara fermentacije i karakteristika napitaka dobijenih fermentacijom surutke testiranim mikroorganizmima. Pokazano je da od 16 testiranih sojeva, soj *L. johnsonii* NRRL B - 2178 odlikuje najboljim proizvodnim karakteristikama i da se primenom ovog soja za 10,0 h fermentacije surutke proizvodi probiotski napitak koji u sebi sadrži broj živih ćelija od oko 6,80 log (CFU/mL). U

**trećem** potpoglavlju prikazani su rezultati optimizacije procesa proizvodnje napitka na bazi surutke primenom soja *L. johnsonii* dobijeni nakon ispitivanja uticaja različitih izvora ugljenika, azota, minerala i vitamina na rast primenjenog soja. U **četvrtom** potpoglavlju prikazani su rezultati ispitivanja mogućnosti primene komercijalne ABY-6 kulture u proizvodnji funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke. U okviru ovog potpoglavlja prikazani su rezultati ispitivanja uticaja koncentracije inokuluma, sadržaja mleka, temperature, dodatka inulina i ekstrakta kvasca na rast ABY-6 kulture. Izneti su rezultati o uticaju sadržaja mleka na proteolitičku aktivnost primenjene kulture, antioksidativnu aktivnost, sinerezis i viskozitet proizvedenog napitka. Definisano je da li primenjena kulture ispoljava probiotske karakteristike i izneti rezultati ispitivanja stabilnosti napitka dobijenog fermentacijom surutke primenjenom ABY-6 kulturom. U **petom** potpoglavlju prikazani su rezultati o uticaju dodatka probiotskog soja *L. rhamnosus* ATCC 7469 komercijalnoj ABY-6 kulturi na sve parametre ispitivane u četvrtom potpoglavlju. U **šestom** potpoglavlju prikazani su rezultati anallize kvaliteta napitaka napitaka dobijenih primenom ABY-6 i mešane ABY-6:*L.rhamnosus* kulture dobijeni poređenjem sastava proteinskih frakcija i parametara kvaliteta napitaka. Takođe je ispitana osetljivost primenjenih kultura na dejstvo antibiotika, što je upotpunilo sliku o kvalitetu proizvedenih napitaka. Prema rezultatima prikazanim u ovom poglavlju napitak optimalnog kvaliteta dobija se fermentacijom surutke primenom komercijalne ABY-6 kulture. U **sedmom** potpoglavlju prikazani su rezultati ispitivanja mogućnosti unapređenja napitka na bazi surutke dobijenog primenom ABY-6 kulture primenom stabilizatora i dodatka voćnog soka. U **osmom** potpoglavlju prikazani su rezultati analize sastava i deklarisanja napitaka dobijenih fermentacijom surutke primenom ABY-6 kulture, uz dodatak mleka i voćnog soka jabuke i dat je prikaz proizvedenog napitka upakovanog u specijalno dizajniranu ambalažu. U **devetom** potpoglavlju prikazani su rezultati pilot studije o uticaju proteina surutke na apetit/sitost kojima je predstavljen pozitivan uticaj proteina surutke na zdravlje ljudi i još jednom pokazan značaj primene surutke.

U poglavlju **Zaključak**, sumirani su najznačajniji rezultati i saznanja proistekli iz ove doktorske disertacije, sa akcentom na moguću industrijsku primenu.

U poglavlju **Literatura** navedene su sve reference citirane u doktorskoj disertaciji.

### 3. OCENA DISERTACIJE

#### 3.1. Savremenost i originalnost

Prerodom surutke u fermentisani napitak u okviru samo jednog procesa iskorišćavaju se svi potencijali surutke kao sirovine a iz životne sredine se uklanja materijal koji predstavlja biološki opasan zagađivač a sa druge strane dobija se jeftin, potpuno prirodan proizvod.

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, mikrobni proteini,  $\beta$ -D-galaktozidaza i vitamini koji nose sa sobom velike zahteve u pogledu energije i tehnološke opreme. Ovim postupkom prerade surutke ostvaruje se velika ušteda energije u odnosu na komplikovanije procese prerade surutke koji zahtevaju prečišćavanje finalnog proizvoda što dovodi do generisanja nove količine otpada koji je neophodno dalje obrađivati.

U poslednjih dvadeset godina registrovani su brojni patenti koji sadrže recepture raznih surutkinih napitaka uz dodatak određene količine voća ili voćnih koncentrata. Zajedničko za većinu ovih patenata i receptura uopšte, jeste da se voće kao dodatak dodaje nakon završenog procesa fermentacije surutke ili mešavine surutke i mleka, a trajnost proizvoda postiže 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 2,0 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 4,0 h fermentacije mešavine surutke i mleka. Skraćivanje procesa fermentacije dovodi do velikih ušteda energije kao i do smanjenja rizika od kontaminacije tokom procesa proizvodnje. Kao potvrdu savremenosti i originalnosti ovaj inovativni postupak proizvodnje za rezultat ima napitak unapredjenih senzornih i nutritivnih karakteristika dobijen uz ostvarenje koncepta uštede energije i zaštite životne sredine. Rezultati ove doktorske disertacije pružaju i smernice za buduća istraživanja u okviru biotehnoške oblasti. Na osnovu opsežnog pregleda literature, može se zaključiti da se istraživanja u okviru ove doktorske disertacije uklapaju u svetske trendove i ukazuju na značaj i aktuelnost proučavane problematike.

### 3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U doktorskoj disertaciji je dato 450 literaturnih navoda, od čega je najveći deo objavljen u poslednjih 5-10 godina. Ovo potvrđuje aktuelnost izučavane problematike u svetu. Savremena istraživanja objavljena u navedenim naučnim radovima su opisana, analizirana i diskutovana i izvedeni su zaključci koji su omogućili dobar uvid u oblast proizvodnje napitaka na bazi surutke. Na osnovu pažljive analize rezultata prikazanih u naučnoj literaturi izložene su osnovne smernice za istraživanja koja su izvršena u ovoj doktorskoj disertaciji. Iz spiska korišćene literature i radova koje je kandidat objavio kao deo istraživanja ove doktorske disertacije, uočava se izuzetno veliko poznavanje predmetne oblasti istraživanja, kao i poznavanje aktuelnog stanja istraživanja u ovoj oblasti u svetu

### 3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Svi rezultati u okviru ove disertacije su dokazani odgovarajućim eksperimentima, kao i savremenim analitičkim instrumentalnim merenjima prema originalnim ili modifikovanim metodama iz literature. Tokom selekcije, optimizacije i karakterizacije vršeno je praćenje sadržaja mlečne kiseline, promene pH, preživljavanja mikroorganizama, sadržaja aminokiselina primenom OPA reagensa, sadržaja antioksidanasa primenom metode redukcije DPPH slobodnih radikala, viskoziteta, sinerezisa kao i nutritivni sastav tokom fermentacije i procesa čuvanja proizvedenog napitka. Takođe je izvršeno *in vitro* karakterisanje probiotskih karakteristika primenjenih mikroorganizama praćenjem sposobnosti preživljavanja u uslovima simuliranog gastričnog soka, antimikrobne aktivnosti i rezistencije na antibiotike primenom klasičnih mikrobioloških tehnika. Primenom softvera za statističku obradu eksperimentalnih podataka, izvršena je precizna optimizacija procesa proizvodnje napitka na bazi surutke i izvedeni modeli koji opisuju proces čime je olakšana mogućnost njegove implementacije u postojeće industrijske pogone. U sklopu nutritivne karakterizacije praćen je procenat razgradnje proteina surutke nakon fermentacije primenom metode GEL-elektroforeze, nakon čega je vršena analiza sastava proizvoda razgradnje proteina primenom postupka denzitometrije. Proizvedeni napitak je nutritivno okarakterisan preračunavanjem nutritivne vrednosti proizvoda, što je predstavljalo polaznu tačku njegovog deklarisanja u skladu sa srpskim Pravilnikom o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane 85/2013. Takođe u skladu sa nutritivnim sastavom napitku su dodeljene nutritivna i zdravstvena izjava odobrene od strane EFSA (European Food Safety Authority) a prema EU Regulativi 1169/2011 i uredbi 4032/2012.

### 3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Rezultati istraživanja proistekli iz ove doktorske disertacije imaju izuzetan praktični značaj i direktnu mogućnost primene u mlečnoj industriji. Na osnovu prikazanih rezultata utvrđeno je da kultura ABY-6 dizajnirana za proizvodnju jogurta može uspešno biti primenjena u proizvodnji

funkcionalnih fermentisanih napitka na bazi surutke. Dodatak mleka i soka od jabuke 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.

Po svom izgledu proizvod predstavlja odličnu kombinaciju boje i ukusa. Ambalaža proizvoda je dizajnirana tako da zadovolji potrebe široke grupe potrošača. Proizvod je pakovan u boce od 250 ml koje obezbeđuju trajnost proizvoda. Količina od 250 ml je izabrana kao adekvatna da se proizvod nakon otvaranja u celosti iskoristi.

Rezultati do kojih se došlo u ovoj doktorskoj disertaciji predstavljaju doprinos istraživanju i razvoju fermentacionih procesa primenom bakterija mlečne kiseline.

Fermentacija surutke komercijalnom ABY-6 kulturom, koja je prvi put izvedena u ovom radu, pokazala se praktičnom i kao takva se može primenjivati u postupcima proizvodnje napitaka na bazi surutke.

Integracija procesa proizvodnje funkcionalnog fermentisanog napitka na bazi surutke primenom ABY-6 kulture u postojeće pogone mlečne industrije ne zahteva velika ulaganja a obzirom da bi surutka svakako bila bačena, zaključuje se da ovakav vid njenog iskorišćavanja predstavlja direktnu korist kako u materijalnom tako i u funkcionalnom smislu.

Verifikacija ostvarenih rezultata disertacije postignuta je objavljivanjem radova u vodećim međunarodnim i domaćim časopisima iz domena ove problematike, saopštenjima na međunarodnim konferencijama i tehničkim rešenjem.

### 3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

U svom dosadašnjem istraživačkom radu, kandidat Maja Bulatović, dipl. inž. tehnologije, pokazala je samostalnost i stručnost u pretraživanju literature, pripremi i realizaciji eksperimenata, korišćenju različitih tehnika karakterizacije i analizi i obradi rezultata. Na osnovu dosadašnjeg zalaganja i postignutih rezultata Komisija je mišljenja da kandidat poseduje sve kvalitete neophodne za samostalan naučno-istraživački rad.

## **4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS**

### 4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U prilog prikazu ostvarenih naučnih doprinosa važno je naglasiti da soj *Lactobacillus johnsonii* kao i komercijalna ABY-6 kultura nisu do sada bili primenjivani u procesu proizvodnje funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke, tako da rezultati ove doktorske disertacije predstavljaju originalna nova saznanja. Poseban naučni doprinos rezultata doktorske disertacije ogleda se u:

- Definisaniu optimalnog soja bakterija mlečne kiseline kao i optimalnih uslova za izvođenje procesa fermentacije surutke uz zadovoljenje kriterijuma ekonomičnosti procesa i funkcionalnosti proizvedenih fermentisanih napitaka
- Definisaniu optimalnih uslova fermentacije surutke primenom komercijalne ABY-6 kulture
- Povećanju ekonomičnosti procesa proizvodnje i kvaliteta napitaka na bazi surutke primenom ABY-6 kulture izvođenjem istovremene fermentacije surutke i voćnog soka
- Rešavanju problema odlaganja otpadne surutke njenim prevođenjem u funkcionalni proizvod namenjen ljudskoj ishrani koji bi u potpunosti zadovoljio kriterijume domaćih potrošača.
- Definisaniu formulacije, uslova proizvodnje i sastava novog prehrambenog proizvoda nazvanog *Active drink*, uz kreiranje originalne ambalaže sa jasno definisanim nutritivnim i zdravstvenim izjavama koji je u potpunosti spreman za plasman na tržište.

### 4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Definisanje optimalnog bakterijskog soja za izvođenje procesa fermentacije surutke je izvedeno na osnovu prethodne analize sposobnosti testiranih sojeva da metabolišu laktozu kao osnovni izvor ugljenika u surutki. Optimalni bakterijski soj je selektovan analizom osnovnih parametara fermentacije postavljanjem vremena trajanja fermentacije, senzornih karakteristika i broja živih ćelija kao osnovnih kriterijuma u procesu proizvodnje napitka. Dalja tehnološka optimizacija ovog procesa je izvršena na osnovu detaljnih eksperimentalnih ispitivanja toka fermentacije u prisustvu različitih dodataka i pri različitim parametrima (koncentracija inokuluma, koncentracija suve materije surutke, temperatura) procesa. Na osnovu statističke analize međusobnog uticaja ovih parametara određeni su uslovi procesa pri kojima se dobija maksimalni broj živih ćelija soja *L. johnsonii*. Na ovaj način ostvareno je unapređenje ukupnog kvaliteta napitka, a ostvareni rezultati su bili značajno bolji od mnogih literaturno objavljenih rezultata vezanih za broj živih probiotskih bakterija u napitku. Definisanje optimalnih uslova fermentacije surutke ABY-6 kulturom izvedeno je na osnovu prethodne analize uticaja koncentracije inokuluma, sadržaja mleka, temperature i različitih dodataka na aktivnost primenjene kulture. Nakon toga izvršeno je ispitivanje kvaliteta napitka proizvedenog primenom ABY-6 kulture pri čemu je akcenat stavljen na uticaj mleka na proteolitičku aktivnost kulture, antioksidativnu aktivnost i sastav proteinskih frakcija u napitku. Time je potvrđen pozitivan uticaj mleka na parametre kvaliteta dobijenog napitka. Nakon toga izvršeno je unapređenje senzornih i nutritivnih karakteristika napitka obogaćivanjem formulacije dodatkom voćnog soka od jabuke čime je čitav proces proizvodnje skraćen za oko 2,0 h. Veoma je značajno naglasiti da je na ovaj način ostvareno je unapređenje ekonomičnosti procesa i poboljšanje ukupnog kvaliteta napitka, a dobijeni parametri kvaliteta su bili značajno bolji od mnogih literaturno objavljenih rezultata vezanih za primenu jogurtne kulture u fermentaciji surutke. Primenom postupaka proizvodnje navedenih u okviru ove disertacije otpadna surutka može na uspešan način biti prevedena u unapređeni funkcionalni proizvod namenjen ljudskoj ishrani koji u potpunosti zadovoljava kriterijume domaćih potrošača, čime se iz životne sredine uklanja otpadna surutka koja predstavlja veoma veliki zagađivač. U okviru ove doktorske disertacije soj *Lactobacillus johnsonii* i komercijalna ABY-6 kultura su po prvi put uspešno primenjeni u procesu proizvodnje fermentisanih napitaka na bazi surutke. Kao krajnji rezultat ove doktorske disertacije definisan je i okarakterisan potpuno nov proizvod koji još uvek ne postoji na tržištu a koji prema rezultatima predstavljenim u pilot studiji može imati pozitivan efekat na regulisanje apetita kod konzumenata.

#### 4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Maja Lj. Bulatović je svoje rezultate potvrdila objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog i nacionalnog značaja kao i saopštavanjem radova na međunarodnim skupovima. U okviru izrade ove doktorske disertacije kandidat je prvi autor dva objavljena rada u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), dva rada u časopisima međunarodnog značaja (M23), jednog rada u časopisu nacionalnog značaja (M52), četiri rada saopštena na skupovima međunarodnog značaja (M33 i M34), kao i koautor jednog tehničkog rešenja (M84).

#### **Radovi objavljeni u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21=8)**

- 1. Bulatović, M.,** Rakin, M., Vukašinović-Sekulić, M., Mojović, Lj., Krunic, T.: Effect of nutrient supplements on growth and viability of *Lactobacillus johnsonii* NRRL B-2178 in whey, *International Dairy Journal*, vol. 34, no. 1, pp. 109-115, 2014 (**IF = 2.297**) (ISSN: 0958-6946)
- 2. Bulatović, M.,** Krunic, 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, pp. 55503–55510, 2014 (**IF = 3.708**) (ISSN 2046-2069)

#### **Radovi objavljeni u međunarodnom časopisu (M23=3)**

**1. Bulatović, M.,** Rakin, M., Mojović, Lj., Nikolić, S., Vukašinović-Sekulić, M., Đukić-Vuković, A.: Surutka kao sirovina za proizvodnju funkcionalnih napitaka, *Hemijska industrija*, vol. 66, no. 4, pp. 567-579, 2012 (**IF = 0.463**) (ISSN 0367-598)

**2. Bulatović, M.,** Rakin, M., Mojović, Lj., Nikolić, S., Vukašinović-Sekulić, M., Đukić-Vuković, A.: Improvement of production performance of functional fermented whey-based beverage, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, vol. 20, no. 1, pp. 1-8, 2014 (**IF = 0.659**) (ISSN 1451-9372).

**3. Rakin, M., Bulatović, M.,** Zarić, D., Stamenković-Đoković, M., Krunic, T., Borić, M., Vukašinović-Sekulić M.: Quality of fermented whey beverage with milk, *Hemijska industrija*, DOI:10.2298/HEMIND141106016R, 2015 (**IF = 0.562**) (ISSN 0367-598).

#### **Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33=1)**

**1. Bulatović, M.,** Rakin, M., Mojović, Lj., Nikolić, S., Vukašinović-Sekulić, M., Đukić Vuković, A.: "Selection of *Lactobacillus* strains for functional whey-based beverage production" - *Proceedings of the 6th Central European Congress on Food - CEFood*, Novi Sad, Serbia, 2012., pp. 1099-1104, (ISBN 978-86-7994-0278).

**2. Bulatović, M.,** Rakin, M., Mojović, Lj., Nikolić, S., Đukić-Vuković, A., Vukašinović-Sekulić, M.: "Uticaj različitih izvora ugljenika na rast soja *Lb. johnsonii* NRRL B-2178 pri proizvodnji probiotskog napitka na bazi surutke" - Zbornik radova Prve konferencije mladih hemičara Srbije, Beograd, Srbija, 2012, pp. 78-82, (ISBN 978-86-7132-051-1).

**3. Bulatović, M.,** Krunic, T., Obradović, N., Vukašinović-Sekulić, M., Zarić, D., Rakin, M.: "Influence of fruit juice addition on quality of fermented whey-based beverage"- *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International "Food Technology, Quality and Safety" Congress*, Novi Sad, Serbia, 2014., pp. 303-308, (ISBN 978-86-7994-043-8).

#### **Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34=0,5)**

**1. Bulatović, M.,** Rakin, M., Vukašinović-Sekulić, M., Mojović, Lj., Zarić, D., Krunic, 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).

#### **Rad u časopisu nacionalnog značaja (M52=1.5)**

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

#### **Bitno poboljššan postojeći proizvod ili tehnologija (M84=3)**

**1. Rakin, M., Vukašinović-Sekulić, M., Zarić, D., Mojović, Lj., Bulatović, M.,** Krunic, 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.



## 5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu svega napred iznetog, Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke“ predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u oblasti Tehnološko inženjerstvo, što je potvrđeno radovima objavljenim u časopisima međunarodnog i nacionalnog značaja i verifikovanim tehničkim rešenjem. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni i ostvareni. Komisija, takođe, smatra da doktorska disertacija pod nazivom „Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke“ u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume. Kandidat je ispoljio naučno-istraživačku sposobnost i samostalnost u svim fazama izrade ove disertacije. Imajući u vidu obim i kvalitet dobijenih rezultata, mogućnost njihove primene u praksi, kao i sposobnosti koje je kandidat pokazao Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću TMF-a da prihvati ovaj Referat i da se doktorska disertacija pod nazivom „Proizvodnja i karakteristike funkcionalnih fermentisanih napitaka na bazi surutke“ kandidata Maje Lj. Bulatović, dipl. inž. tehnologije, prihvati, izloži na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, kao i da nakon završetka procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

### ČLANOVI KOMISIJE

.....  
**Prof. dr Marica Rakin,**

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....  
**Prof. dr Maja Vukašinović-Sekulić,**

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....  
**Prof. dr Jagoda Jorga,**

Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet

.....  
**Dr Danica Zarić,** naučni saradnik

IHIS Tehnoexperts, Istraživačko-razvojni centar, Beograd