

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ВЕЋЕ ЗА СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ

Предмет: Извештај Комисије о завршеној докторској дисертацији кандидата, Мр Славице Арсић, дипл.инж.пољопривреде

Одлуком Већа за студије при Универзитету у Београду, број: 06-4558/IX-4.6-16 ЈКЈ донетој на седници одржаној 27. јуна 2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације под насловом: **„Анализа техно-економске оправданости искоришћења сурутке у Србији“**, кандидата мр Славице Арсић дипл.инж.пољопривреде у саставу:

1. Проф. др Марица Ракин, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет Универзитет у Београду
2. Проф. др Гордана Кокеза, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду
3. др Јонел В.Субић, виши научни сарадник Института за економику пољопривреде Београд
4. Проф. др Зорица Радуловић, редовни професор, Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду

На основу детаљног прегледа и анализе ове дисертације, подносимо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Хронологија

Кандидат је пријавио докторску дисертацију 20.05.2015. године, а 23.06.2015.године Веће за студије при Универзитету у Београду донело је Одлуку о образовању Комисије за писање реферата о оцени научне заснованости теме докторске дисертације под насловом

„Анализа техно-економске оправданости искоришћења сурутке у Србији,, кандидата мр Славица Арсић. На предлог Већа за студије при Универзитету, број: 06-4558/IV-2657/4-15 од 25. јануара 2016. године Сенат Универзитета на седници одржаној 16. марта 2016. године донео је позитивну одлуку о подобности кандидата и теме на основу које је кандидату одобрена израда докторске дисертације под називом **„Анализа техно-економске оправданости искоришћења сурутке у Србији”**, а за менторе су именовани:

1. Проф. др Марица Ракин, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет Универзитет у Београду
2. Проф. др Гордана Кокеза, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет Универзитет у Београду

Ментори су известили 09.06.2016. да је кандидат завршио тезу и предложили Комисију за оцену и одбрану дисертације у следећем саставу:

1. Проф. др Марица Ракин, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитет у Београду (научна област Биохемијско инжењерство и биотехнологија)
2. Проф. др Гордана Кокеза, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду (научна област Економске науке и индустријски менаџмент)
3. др Јонел Субић, виши научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Београд (научна област Економска ефикасност инвестиција)
4. Проф. др Зорица Радуловић, редовни професор Пољопривредног факултета, Универзитет у Београду (научна област Технолошка микробиологија)

Веће за студије при Универзитету, на седници одржаној 27.06. 2016.године, број:06-4558/IX-4.6-16JKJ, донело је одлуку по којој се образује Комисија за преглед и оцену докторске дисертације под насловом: „Анализа техно-економске оправданости искоришћења сурутке у Србији”, кандидата мр Славица Арсић, дипл.инж. пољопривреде у саставу:

1. Проф.др Марица Ракин, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет
Универзитет у Београду

2. Проф. др Гордана Кокеза, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет,
Универзитет у Београду

3. др Јонел В.Субић, виши научни сарадник Института за економику пољопривреде
Београд

4. Проф. др Зорица Радуловић, редовни професор, Пољопривредни факултет,
Универзитет у Београду

1.2. Научне области

Мултидисциплинарно истраживање ове докторске дисертације обухвата више научних области и то: биотехнологију, економске науке и прехранбenu технологију.

Комбиновањем наведених научних области долази се до сазнања о погодности процеса прераде сурутке са становишта испуњености технолошких, економских и еколошких критеријума (уз коришћење софтвера Super Pro Designer).

1.3. Биографија - Мр Славица Арсић

Рођена 18. јуна 1959. године у Приштини, живи у Београду са сталним запослењем у Институту за економику пољопривреде, Београд, у сектору за научно-истраживачки рад.

Удата, мајка двоје деце.

Образовање

Основну школу и Средњу пољопривредну школу (општи смер) завршила је у родном месту Приштини са одличним успехом. По завршетку Средње пољопривредне школе уписала се на Пољопривредни факултет Универзитета у Приштини (општи смер). Студије је завршила 1986. год. и стекла звање дипломирани инжењер пољопривреде. Магистарске студије на одсеку "Организација и економика производње" уписала је

школске 2005/06. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Приштини, Зубин поток, Лешак. Дана, 11. марта 2010. год. успешно је одбранила магистарску тезу под називом, "Значај маркентишког приступа у производњи јунећег меса и његова економска оправданост" и стекла звање магистар биотехничких наука.

Професионална каријера

Након апсолвирања на факултету, школске 1985/86 године ради као професор у средњој пољопривредној школи у Приштини. Непосредно после дипломирања почиње да ради у ПИК Косово Поље, где у периоду од 1986 до 1996.године прелази пут од инжињера приправника до шефа ратарске производње у Орловићу. Од 1996. до 2006.год. ради у ЈКП „Комуналац”, Приштина, као координатор за градско зеленило и хортикултуру. Од 2006. године ради Институту за економику пољопривреде, Београд као истраживач приправник и бави се научно истраживачким радом. У звање истраживача сарадника изабрана је маја 2010. године у Институту за економику пољопривреде, Београд.

Учествује у реализацији пројектата, финансираних од стране Министарства науке и заштиту животне средине;

1. Пројекат: БТН-351010Б, *"Оптимизација и стандардизација аутохтоних млечних производа са заштитом ознаке порекла"*, Министарство науке и заштите животне средине Републике Србије, као члан истраживачког тима. 2006. год.
2. Пројекат: 20111, *"Стандардизација технолошког поступка традиционалне производње Голијског сира применом аутохтоних бактерија млечне киселине у циљу заштите географских ознака порекла"* пројектни период 2008-2011., за пројектни период 2008-2011.
3. Пројекат:ИИИ 46006, *"Одржива пољопривреда и рурални развој у функцији остваривања стратешких циљева Републике Србије у оквиру Дунавског региона.*, финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, за пројектни период 2011-2014.
4. Као члан истраживачког тима у периоду 2009-2012 године учествује на међународном пројекту: *"Trans national integrated management of water resources in agriculture for the European water emergency control"*, EU WATER, /Транс национални интегрисани менаџмент воденим ресурсима у пољопривреди за потребе ургентне контроле Европских вода., у оквиру Програма сарадње за Југоисточну Европу

Такође учествује у изради Стратегија Општина у Србији и Босни и Херцеговини:

1. Програм економског и социјалног развоја **МЗ Глогоњ**, Институт за економику пољопривреде, 2006. Наручилац: МЗ Глогоњ. Члан истраживачког тима.
2. Стратегија развоја општине **Мали Зворник**, Институт за економику пољопривреде, 2006. Наручилац: Општина Мали Зворник. Члан истраживачког тима.
3. Стратегија развоја **општине Мионица**, Институт за економику пољопривреде, 2007. Наручилац: Општина Мионица. Члан истраживачког тима.
4. Стратегија развоја **општине Беочин**, Институт за економику пољопривреде, 2007. Наручилац: Општина Беочин. Члан истраживачког тима.
5. Стратегија развоја **општине Брчко Дистрик БиХ**, Институт за економику пољопривреде, 2007. Наручилац: Општина Брчко Дистрикт, БиХ. Члан истраживачког тима.
6. Стратегија развоја пољопривреде у **Тузланском кантону**, Институт за економику пољопривреде, 2008. Наручилац: Тузлански кантон. Члан истраживачког тима.
7. Стратегија развоја пољопривреде и агроиндустрије на подручју **општине Панчево**, Институт за економику пољопривреде, 2008. Наручилац: Општина Панчево. Члан истраживачког тима.
8. Стратегија развоја пољопривреде и агроиндустрије на подручју **града Београда**, Институт за економику пољопривреде, 2008. Наручилац: Општина Београд. Члан истраживачког тима.
9. Стратегија одрживог руралног развоја **ГО Обреновац** за период 2012-2023, у изради Института за економику пољопривреде, наручилац ГО Обреновац, члан истраживачког тима.
10. Стратешко планирање одрживог пољопривредног и руралног развоја локалних заједница, које је финансирано путем шеме конкурентских грантова у оквиру **СТАР пројекта**, а које је спроведено под окриљем Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије, пројектни период од 2009-2012, члан истраживачког тима.
11. **Стратегија развоја пољопривреде и руралног развоја града Новог Сада за период 2018 – 2022**. У изради Института за економику пољопривреде, Београд, Института економских наука, Београд и консултантне фирме", "CMS Consulting Management Services", д.о.о, Нови Сад, 2017. Наручилац: град Нови Сад, члан истраживачког тима.

Чланствоу научним и стручним удружењима:

Члан је Друштва аграрних економиста Балкана

Знање страних језика

Служи се руским и делимично енглеским језиком

2. Опис

2.1. Садржај

Докторска дисертација кандидата Славице Арсић, под називом "**Анализа техно-економске оправданости искоришћења сурутке у Србији**", написана је на 112 страна, које укључују 21 табелу и 28 слика. Дисертација је подељена на 4 поглавља и литературу где је приказан списак од 117 библиографских јединица које су директно везане за област истраживања или су њој блиске.

1. Увод

2. Теоријски део

3. Експериментални део

3.1. Програмски пакет SuperPro Designer,

3.2. Техно-економска анализа исплативости постројења за производњу лактозе и концентрата протеина сурутке,

3.3. Техно-економска анализа исплативости постројења за производњу функционалног напитка на бази сурутке,

3.4. Техно-економска анализа исплативости постројења за производњу биоактивних хидролизата протеина сурутке

4. Закључци

5. Литература

2.2. Приказ поглавља

Уводно поглавље указује на значаја искоришћења споредних производа, пре свега прехранбене и агроиндустрије, с циљем смањења загађења животне средине а истовремено и производњом квалитетних и унапређених прехранбених производа. Посебан акценат се ставља на сурутку као главног споредног производа у индустрији млека која 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 одлази на сурутку. Услед недовоље искоришћености, сурутка постаје озбиљан еколошки проблем јер је веома велики загађивач, што је у нескладу са могућностима које као сировина поседује. Искоришћавање сурутке је у процесима прераде, могу се добити производи са додатом вредношћу, чиме се у потпуности или делимично могу умањити трошкови њеног не коришћења. Кандидаткиња наводи да сходно великом потенцијалу који сурутка поседује, основни циљ при преради је додатно унапређење састава у функционалном смислу као и унапређење сензорних својстава ради лакшег укључивања сурутке у исхрану људи. Предмет ове дисертације је испитивање могућности коришћења сурутке у различитим технолошким процесима у којима би настали нови производи са додатом вредношћу, као и техно-економска анализа променљивих параметара и анализа профитабилности различитих процеса у којима се искоришћава сурутка. У раду је коришћен лиценцирани програмски софтвер SuperPro Designer, који даје могућности за проналажење оптималног поступка анализом профитабилности, скраћења времена потребног за одвијање целокупног процеса или појединих фаза процеса и омогућава поређење алтернативних процеса искоришћења сурутке. Тако се може одредити утицај променљивих параметара, као што су трошкови сировина, варијације у саставу производа и уградње нових технологија, а тиме на једноставан и брз начин проценити одрживост производње.

У циљу унапређења функционалних, нутритивних и сензорних својстава финалног производа, у раду је испитан утицај додатка сока од мркве при формулисању функционалног ферментисаног напитка на бази сурутке. На примеру овог напитка примећује се да се целокупна количина сурутке, добијене при производњи сира и казеина, може искористити у производњи функционалних и веома храњивих намирница. Протеини и лактоза, који би иначе били третирано као компоненте отпадног материјала сурутке и веома озбиљан биолошки загађивач, на овај начин бивају у потпуности искоришћени. Што значи, интегрисање производне линије напитка у процес производње сира резултира производом унапређеног квалитета, који може изаћи у сусрет софистицираној тражњи потрошача и може подићи укупан профит у млечној индустрији.

У другом поглављу које представља *Теоријски део* кандидаткиња анализара поступак добијања сурутке, њен сатав као и основне могућности примене сурутке.

Приказано је да од укупне годишње количине произведене сурутке, око 6% добија се при производњи казеина из обраног млека, а остатак (око 94%) се добија у облику сирне сурутке заостале након производње различитих врста сирева. Састав и својства сурутке зависе пре свега од технологије основног производа, тј. квалитета млека и технологије производње сира, односно начина коагулације млека при производњи сира. Према просечном саставу сурутка садржи око 93% воде, а у њу прелази и око 50% суве материје млека која може да варира од 6-7%. Лактоза чини највећи део суве материје сурутке, око 70% која је врло важан извор њене енергијске вредности, а има и други вишеструки повољан зачај на човечји организам. Садржај протеина нешто је мањи у сурутци добијеној при производњи сира од ултрафилтрираног млека. Садржај протеина у киселој и слаткој сурутци је веома сличан и управо они су састојак који сурутку стављају у средиште пажње на тржишту млечних производа. У мањим количинама присутне су минералне материје и витамини топљиви у води и масти.

Врсте рода *Bifidobacterium* се веома често користе у ферментацији сурутке. Врсте рода *Lactobacillus* се најчешће користе као индустријски производни микроорганизми. Већина бактерија овог рода спада у пробиотику због свог повољног дејства на здравље људи и животиња, а способне су и за стереоспецифичну производњу млечне киселине. Искоришћавање сурутке у великим количинама и на јефтин начин могуће је применом процеса ферментације лактозе бактеријама млечне киселине. Међу бројним процесима који се могу применити за валоризацију сурутке, биолошка конверзија лактозе у млечну киселину применом одговарајућих врсти рода *Lactobaccillus* има двоструку предност. Једним процесом се решава проблем загађења и у исто време производи комерцијални производ.

Производња и прерада млека у Србији углавном је усмерена на производе који не захтевају пуно времена, и за које технолошки процеси производње нису сложени и дуготрајни. Такви производи имају кратко време трајања, али се највише користе на тржишту. У односу на ферментисане производе количина производа од сурутке је веома мала, што наводи на закључак да би се ферментацијом сурутке могли добити производи који би заузели значајније место у палети млечних производа намењених широкој

потрошњи. Подстицање прераде сурутке у Србији уштедело би огроман новац који се тренутно усмерава на њен увоз. У погледу перспективе искоришћавања сурутке као сировине и у складу са постојећим стањем опреме у Србији, основни циљ би трбало да буде подстицање искоришћења сурутке у прехранбеној индустрији. Интеграција процеса прераде сурутке у прехранбену индустрију не захтева велика улагања, а с обзиром да би у супротном била бачена, није тешко закључити да овакав вид њеног искоришћавања представља директну корист, како у материјалном, тако и у функционалном смислу.

Могућност коришћења сурутке у људској исхрани има много али ипак је потребно добро истражити технолошке поступке у вези са прерадом сурутке у различите и сасвим нове производе, који не постављају захтеве великих инвестиција, што је у данашњој привредној ситуацији и те како значајно.

У наставку поглавља приказано је да без обзира који се производ добија, прва фаза кроз коју сурутка мора проћи је сепарација масти и казеинских влакана. Њих треба уклонити јер имају штетан ефекат на издвајање масти, коришћењем различитих сепарационим уређајима попут циклона, центрифугалних сепаратора или ротирајућих филтера.

Друга фаза је процес концентровања који подразумева смањење количине присутне воде у сурутци и настанак концентрата. Концентровање сурутке традиционално се одвија под вакумом у испаривачу (евапоратору) у две или више етапа. Трећа фаза је сушење сурутке. Сурутка се суши на исти начин као и млеко, у сушницама са ваљцима или у спреј сушницама. Тренутно се метода сушења распршивањем највише користи од свих других метода сушења. Четврта фаза је фаза фракционисање укупних чврстих материја што представља раздвајање компонената сурутке на тзв. фракције, које се заснивају на различитим физичким и хемијским особинама појединих компонената сурутке, као што су протеини, биоактивни пептиди, лактоза и тд.

Један део сурутке користи се за добијање биолошки вредних протеина (концентрат протеина сурутке) или лактозе, а део сурутке након одвајања се користи за добијање освежавајућих напитака. Тиме се, поред напитка од депротеинизоване сурутке, добијају и други вредни производи, протеини и/или биоактивни пептиди добијени хидролизом протеина сурутке, што значајно доприноси рентабилности ових процеса.

У трећем поглављу је обрађен Експериментални део који обухвата четири поглавља:

- у првом поглављу приказан је Програмски пакет SuperPro Designer,
- у другом поглављу је приказана Техно-економска анализа исплативости постројења за производњу лактозе и концентрата протеина сурутке,
- у трећем поглављу приказана је Техно-економска анализа исплативости постројења за производњу функционалног напитка на бази сурутке,
- и у четвртом поглављу је приказана Техно-економска анализа исплативости постројења за производњу биоактивних хидролизата протеина сурутке

У првом поглављу је дата анализа рада програмског пакета Super Pro Designer, софтвер представља драгоцену средство за инжењере и научнике како у процесном инжењерству, тако и у производњи. У програму Super Pro Designer доступна су два типа извештаја економске анализе:

- Стандардни „Извештај економске процене“ садржи информације о фиксним капиталним и операционим трошковима, анализу профитабилности, као и анализу протока новца (у програму су доступне корелације капиталних трошкова за сву процесну опрему, при чему и сам корисник има могућност да специфицира вредности корелација).
- „Детаљан извештај потрошње“ садржи информације о различитим трошковима (тј. капитални, сиров материјал, потрошни материјал, сервис, третман/одлагање отпада) који су повезани са сваким процесним кораком.

Анализа профитабилности може се обавити са или без временске вредности новца. Критеријум профитабилности анализирани без временске вредности новца су (1) површај инвестиције (ROI) и (2) период повраћаја инвестиције (PB). Критеријуми профитабилности са временском вредношћу новца су нето садашња вредност (НСВ); дисконтовани новчани ток површаја инвестиције (DCF ROI); (и и и) дисконтовани новчани ток периода повраћаја инвестиције. Други начин процене исплативости је поређење алтернатива истог процеса кроз NPV; годишњи расход/приход; укупни годишњи трошкови; инкрементални површај инвестиције.

У другом поглављу експерименталног дела Техно-економска анализа исплативости постројења за производњу лактозе и концентрата протеина сурутке приказана студија предлаже и моделирање и анализу техничко-економске варијабилности, укључујући

анализу ризика и анализу утицаја редукције загађења кроз производну јединицу за прераду сурутке са интегрисаном производњом концентрисаног протеина WPC 80 и лактозе у праху LAC 80.

Процес добијања концентрата протеина сурутке и лактозе почиње са претходном обрадом, која представља припрему сировине за следећу етапу модификације протеина. Искључене су могућности екстерне контаминације сировине јер је извршена пастеризација на 60 °C у трајању од 60 минута. Након пастеризације смеша је расхлађена на 37°C, преко измењивача топлоте прелази у фазу ултафилтрације после које је произведен ретентат. Сушењем ретентата добија се концентрат протеина сурутке. У истом процесу, изоловање лактозе настаје након ултрафилтрације, смеша прелази у евапоратор а потом се одводи у резервоар где започиње процес кристализације. Након кристализације суспензија прелази у спреј сушницу где долази до сушења кристала на температури од 92°C. Након сушења у трајању од 15-20 минута издваја се коначан производ лактоза у облику праха.

Приказано је да за постројење са основним капацитетом од 1,000 кг^{x-1} укупне инвестиције капитала износе 20,985,000 долара, директни трошкови фиксног капитала износе 19,634,000 долара, оперативни трошкови 8,614,932 \$ по години⁻¹, бруто маржа у процентима (%) износи 68,53, повратак инвестиције је 62,70 %. Период отплате мери време (број година) које је потребно да би се повратили трошкови инвестиције и у овом испитивању износе 1,59 за годину дана. Интерна стопа повраћаја (IRR) се упоређује са минималном атрактивном стопом повраћаја (MARR) или са трошковима капитала компаније. У овом случају IRR након пореза износи 45,86%, а критријуми при доношењу одлуке о прихватању пројекта је да је IRR већи или једнак минимално прихватљивом. Нето садашња вредност са 7% пореза износи 68,118,000 \$ -10⁶ која представља показатељ колика се вредност инвестиција додаје у индустрији. У овом случају NPV је позитивна, што значи да би инвестиција требало да дода вредност индустрији а сам тим указује на производњу која је економски одржива и може бити прихваћена.

У трећем поглављу експерименталног дела Техно-економска анализа исплативости постројења за производњу функционалног напитка на бази сурутке говори о симулацији производног процеса и могућности укључивања у процес производње сира, заједно са економском анализом. Обзиром да се ради о производу који треба да задовољи истанчан

укус потрошача, осим симулације и техно-економске анализе, овај део студије обраћа посебну пажњу и на сензорни и нутритивни квалитет напитка на бази сурутке, а посебна пажња је такође посвећена и анализи везаној за заштиту животне средине.

У формулацији која садржи 40,0% сурутке и 30,0% млека додавањем 30,0% сока од мркве, истраживањем се дошло до закључка, да оваква комбинација води ка значајном унапређењу нутритивног квалитета пића. Интегрисани производни процес производње сира /напитак сурутка и мрква има већу економску одрживост него основни процес производње сира. Због одличних економских показатеља, интегрисани процес производње сира/напитак сурутка и мрква омогућује бржи повраћај капитала од 0,15 година (PP), са вишом NPV од 10464,04\$ и IRR са вредностима од 384,61%. Постројење које истовремено производи сир и напиток од сурутке и мркве је економски атрактивније у поређењу са постројењем које производи само сир. Добијени напиток од сурутке и мркве имао је следеће квалитативне карактеристике: антиоксидативна активност 90,5%, број живих ћелија 8,66 лог (CFU/mL), рН вредност 4,60, титрацијска киселост 20,0 °SH, синересис 66,7%, вискозност 2,693 сР и сензорна вредност 8,97 са великом потенцијалом за прихватљивост код потрошача.

У четвртој поглављу је приказана техно-економска анализа исплативости постројења за производњу биоактивних хидролизата протеина сурутке.

Истраживање је фокусирано на ензимске и микробиолошке процесне модификације протеина сурутке. Протеини сурутке се лако могу модификовати при благим условима температуре и рН. У сврху овог истраживања моделована су два могућа сценарија: *Сценарио А* који подразумева коришћење сурутке и *Сценарио Б* који подразумева коришћење концентрата протеина сурутке као извора протеина. Оба процеса подразумевају три корака обраде: пред-третман, модификацију протеина сурутке и издвајање производа.

Основни капацитет од 1.000 kg h⁻¹ прераде сурутке или концентрата протеина сурутке резултира производњом од 8,1 т год⁻¹ хидролизата добијеног ферментацијом сурутке и 165,9 т год⁻¹ хидролизата добијеног хидролизом концентрата протеина сурутке, са садржајем протеина 96% (w/w). Добијени производи се могу сматрати биоактивним због високе антиоксидативне активности, чиме се потврђује ефикасност производних процеса проучаваних у овом раду.

За фабрику са основним капацитетом од 1.000 kg h^{-1} , укупна капитална улагања износе 22.940.000 долара за *Сценарио А* и 17.402.000 за *Сценарио Б*. Подпретпоставком да је продајна цена биоактивног хидролизата протеина сурутке $20 \text{ \$ kg}^{-1}$, пројекат има интерну стопу повраћаја (ИРР) од 17,73% за *Сценарио А* и 230,55% за *Сценарио Б*.

Нето садашња вредност (НСВ) износила је око 25,38 милиона долара за *Сценарио А* и 1635,6 милиона долара за *Сценарио Б* (уз дисконтну стопу од 7%). На основу ових резултата, пројекат који претпоставља *Сценарио Б* представља много атрактивнију инвестицију у односу на *Сценарио А*, што указује на то да ензимска модификација протеина сурутке представља изузетно профитабилан процес у производњи биоактивног хидролизата протеина сурутке.

На основу резултата приказаних у овом делу истраживања ензимских хидролиза представља најпогоднији процес за производњу биоактивног хидролизата протеина сурутке. Индустриски погон капацитета 1.000 kg h^{-1} , који карактеришу следећи економски параметри: укупна капитална улагања од 17,40 милиона долара; директни фиксни капитални трошкови од 15,98 милиона долара; годишњи оперативни трошкови од 9,14 милиона долара и време повраћаја од 0,09 година, омогућавају производњу биоактивног хидролизата протеина сурутке који би могао да има продајну цену од $20 \text{ \$ kg}^{-1}$, што је знатно ниже од тржишне цене, стога се инвестирање у овакав начин прераде сурутке може сматрати веома исплативим. Представљени процес нуди еколошки прихватљиво и економски исплативо решење за искоришћавање сурутке путем њене трансформације у производе друге генерације производа на бази протеина сурутке.

У четвртом поглављу су закључци изведени на основу приказаних резултата и њихове дискусије.

На крају, у петом поглављу наведена је литература.

3. Оцена дисертације

Имајући у виду основне научне циљеве и резултате докторске дисертације у даљем тексту је дата њена оцена.

3.1. Савременост и Оригиналност

У раду је први пут уз помоћ Super Pro Designer анализирана процена исплативости коришћења различитих поступака и процеса обраде сурутке, што је од посебног значаја за млекарску индустрију.

3.2. Осврт на литературу

Коришћена је литература из области биотехнологије и прехрамбене индустрије, као и економске анализе процеса производње.

3.2. Научна методологија истраживања

Током израде ове дисертације кандидаткиња је користила бројне савремене методе, у које спадају експерименталне аналитичке методе које се примењују у микробиологији и прехрамбеној технологији, док је за техно-економску анализу коришћен програмски софтвер Super Pro Designer.

3.3. Примењљивост резултата

Резултати испитивања су омогућили избор оптималног поступка обраде сурутке, са детаљном анализом улагања у процес, као и повраћај трошкова, што има велики практични значај за млечну индустрију.

3.4. Оцена самосталности

Кандидат је самостално спровео експериментална истраживања, као и симулације различитих процеса применом софтвера Super Pro Designer.

4. Остварени научни допринос

4.1. Приказ основних доприноса

Добијени резултати су од великог значаја за млекарску индустрију. Научни допринос ове дисертације исказан је следећим резултатима и односе се на индустријско постројење са производним капацитетом од $1,000 \text{ kg h}^{-1}$, са следећим економским параметрима:

- за производњу лактозе и концентрата протеина сурутке су (укупна капитална улагања фабрике износе 20,985,000 (\$); директни трошкови фиксног капитала 19,634,000 долара; оперативни трошкови 8,614,932 \$ по години⁻¹; Бруто маржа у процентима (%) износи 68,53; Повратак инвестиције је 62,70 %; период отплате за годину дана је 1,59; интерна стопа повраћаја (IRR) након пореза износи 45,86%; док (NPV) нето садашња вредност са 7% пореза износи 68,118,000\$-10⁶ што указује на производњу која је економски одржива и може бити прихваћена.
- за интегрисани процес производње сира /напитка од сурутке и мрквепоказала су већу економску одрживост него основна производња сира. С обзиром на одличне економске показатеље, а и то да интегрисани процес производње сира/напитка од сурутке и мркве омогућава бржи повраћај капитала (PP) од 0,15 година (за производњу сира 1,67 година), са вишим NPV од 10464,04 \$10⁶ (за сир износи 112,218 \$10⁶) и стопом рентабилности (IRR) од 384,61% (за сир IRR износи 53,36%), фабрике које истовремено производе сир и напитке од сурутке и мркве су економски атрактивније у односу на постројења која производе само сир.
- анализа производње биоактивних хидролизата протеина сурутке, са следећим економским параметрима: укупне инвестиције капитала \$17,40 милиона; директни трошкови основног капитала \$15,98 милион; годишњи оперативни трошкови: \$9,14 милион; период повраћаја од 0,09 година.

Добијени резултати представљају економски потенцијал за развој млекаре, која се базира на валоризацији сурутке, а који води ка новим функционалним што може имати позитивне ефекте на здравље потрошача.

4.2. Критичка анализа

Добијени резултати су одговорили на постављене захтеве дисетрације, сагледавање могућности искоришћења сурутке детаљном техно-економском анализом различитих поступка производње. Даља разрада би могла да укључи и анализу тржишта у погледу пласмана производа добијених обрадом сурутке, пре свега ферментисаних напитака и биоактивних хидролизата протеина сурутке.

4.3. Верификација

Овде наводимо списак објављених и прихваћених радова за штампу кандидата, који су у вези са проблематиком ове дисертације:

Радови у међународном часопису - категорија M23

1. **Arsić S.**, Bulatović M., Zarić D., Subić J., Rakin M. : „Functional fermented whey carrot beverage – qualitative, nutritive and techno-economic analysis” , *Romanian Biotechnological Letters*, University of Bucharest, Romania, (ISSN 1224-5984), Vol. 23, No. 2, 2018, pp.13496-13504, (IF = 0.396 za 2016., petogodišnji IF =0.483 za 2016.), <http://www.rombio.eu/vol23nr2/15.pdf> (KObson)
2. **Arsić S.**, Bulatović M., Rakin M., Jelačnik M., Subić J.: „Economic and ecological profitability of the use of whey in dairy and food industry” , *Large Animal Review*, (Italian bimonthly scientific Journal by SIVAR, Italian Association of Farm Animal Veterinary Medicine), Padova, Italy, (1124-4593), Vol. 24, No. 3, 2018., pp. xx-yy (in press), (IF = 0.315 za 2016., petogodišnji IF =0.24 za 2016.),<https://cms.sivarnet.it/it/lar> (KObson).

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком - категорија M24

3. **Arsić S.**, Vuković P., Kljajić N. : “Utilization of Whey in Dairy and Food Industry Production Profitability”, *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, (PRINT ISSN 2284-7995), (E-ISSN 2285-3952), 2018, Vol. 18, Issue 1, pp. 73-79, Publishers: University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, Romania, Editor in Chief: Prof. Ph.D. Toma Adrian DINU, Online available in full text at <http://www.managusamv.ro> (baza SCOPUS)

Монографска студија/поглавље у књизи M 12 или рад у тематском зборнику међународног значаја M 14

4. **Arsić S, Rajinović LJ.** : (2015): „The possibility and modern achievements in utilization and use of whey” pp. 280-295. International Scientific Conference, Sustainable Agriculture and rural development in terms of the Republic of Serbia strategic goals realization within the Danube Region, Tematic proceedings, December, 10-11, Belgrade-Serbia, organizers Institute of Agricultural Economics,
ISBN 978-86-6269-046-3 COBISS.SR.ID 219628044

Саопштење са међународног скупа штампано у целини М 33

5. Krunić T, **Arsić S**, Bulatović M, Vukašinović Sekulić M, Rakin M (2015): „Recent trends in whey utilization-production of bioactive peptides” pp. 382-385. 7th International Scientific and Expert Conference TEAM 2015 (Technique, Education, Agriculture & Menagment) (CD-ROM) Publisher: Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Editor in Chief: Prof. Aleksandar Sedmak October 14-16, ISBN 978-86-7083-877-2 ,COBISS.SR-ID 218229516
6. Embirikah S, Bulatović M, Borić M, Zarić D, **Arsić S**, Rakin M. (2016). Selection of *Lactobacillus* strains for improvement of antioxidant activity of different soy, whey and milk protein substrates, *Journal of Hygienic Engineering and Design*, vol 16, pp 64-69, 2016, Ohrid, Macedonia, (ISSN 1857-8489), B/FoST Congress, Ohrid Macedonia, 22/24 September 2016.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Рационално искоришћење споредних производа прехранбене индустрије захтева знање из различитих области, биотехнологије, заштите животне средине и економских наука. Интеграција процеса прераде сурутке, као што је показано у дисертацији, не захтева велика улагања, а с обзиром да би сурутка свакако била бачена, и није тешко закључити да овакав вид њеног искоришћавања представља директну корист и доприноси развоју млекарске индустрије и прехранбене индустрије уопште, а посредно и здрављу потрошача, јер се производе нови и атрактивни функционални производи.

На основу свега изнетог, Комисија за преглед и оцену докторске дисертације, једногласно је закључила да докторска дисертација под насловом: " **Анализа техно-**

економске оправданости искоришћења сурутке у Србији", кандидата мр Славице Арсић испуњава све научне и стручне критеријуме који се односе на докторску дисертацију. Стога Комисија предлаже Већу за студије при Универзитету да овај Извештај у целини прихвати и после спроведених осталих процедура, закаже јавну одбрану ове дисертације.

У Београду, 28.5.2018. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



1. Проф. др Марица Ракин, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет
Универзитет у Београду



2. Проф. др Гордана Кокеза, редовни професор, Технолошко-металуршки факултет,
Универзитет у Београду

3. др Јонел В. Субић, виши научни сарадник Института за економику пољопривреде
Београд



4. Проф. др Зорица Радуловић, редовни професор, Пољопривредни факултет, Универзитет
у Београду

