

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Драгана Илић-Удовичић, дипл. инж. – спец.

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Датум и орган који је именовео комисију 25.09.2015., 79. седница Наставно–научног већа Технолошког факултета у Новом Саду</li><li>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:<ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Др Спасенија Милановић</b>, редовни професор, Технологије конзервисане хране, 04.05.2004., Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад;</li><li>2. <b>Др Маријана Царић</b>, професор емеритус, Технологије конзервисане хране, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад</li><li>3. <b>Др Анамарија Мандић</b>, научни саветник, Прехрамбено инжењерство, Научни институт за прехрамбене технологије, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду</li><li>4. <b>Др Мирела Иличић</b>, доцент, Технологије конзервисане хране, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад;</li><li>5. <b>Др Александар Јокић</b>, доцент, Хемијско инжењерство, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад</li></ol></li></ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Драгана (Драган) Илић-Удовичић</b></li><li>2. Датум рођења, општина, држава: 04.09.1982. Шабац, Србија</li><li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Пољопривредни факултет у Земуну, Прехрамбена технологија анималних производа, дипломирани инжењер прехрамбене технологије анималних производа</li><li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2010., Прехрамбено инжењерство</li><li>5. Назив факултета, назив специјалистичког рада, научна област и датум одбране: Технолошки факултет, „Технолошки процес производње напитка од пермеата добијеног ултрафилтрацијом млека“, Прехрамбено биотехнолошке науке, 9.02.2010.</li><li>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</li></ol>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<b>Оптимизација технолошког процеса производње напитака од ензимски хидролизованог пермеата млека</b>

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација садржи шест поглавља:

1. Увод (стр. 1-2);
2. Општи део (стр. 3-39);
3. Материјал и методи (стр. 40-50);
4. Резултати и дискусија (стр. 51-91);
5. Закључак (стр. 92-94);
6. Литература (стр. 95-108).

Дисертација је написана на 108 страна, А4 формата, садржи 36 слика, 29 табела и 175 литературних навода. На почетку је дата кључна документација са изводом на српском и енглеском језику.

#### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Увод** указује на потребу искоришћења пермеата млека као споредног производа индустрије млека и значај валоризације компонената пермеата из еколошких, технолошких и економских разлога. Истакнута је лактоза као главна компонента пермеата и њен значај у организму. Такође, указано је и на употребу ензима  $\beta$ -галактозидазе за хидролизу лактозе који је један од најважнијих ензима у прехранбеној индустрији. На крају увода дати су предмет и циљ истраживања у оквиру дисертације. Генерално посматрано може се констатовати да је у уводу јасно и концизно представљен предмет и циљ истраживања који не одступа од формулација датих у пријави докторске дисертације.

**Општи део** дисертације састоји се из четири поглавља у којима кандидат приказује досадашња релевантна научна сазнања везана за испитивану област. У првом поглављу описани су технолошки процеси у којима настаје пермеат. Дат је опис карактеристика мембранске филтрације, приказ различитих модула који улазе у састав мембрана и особине мембрана. У другом поглављу приказан је хемијски састав пермеата у зависности од сировине која се концентрише и степена концентрисања. У трећем поглављу дат је преглед литературних података о могућностима и процесима прераде пермеата, као и главне групе могућих производа. У четвртном поглављу приказан је хемијски састав и особине лактозе као најзаступљеније компоненте пермеата, са описом промена којима подлеже. Детаљно је описан значај и примена  $\beta$ -галактозидазе и механизам хидролизе лактозе коришћењем овог ензима.

У поглављу **Материјал и методи рада** дат је приказ сировина коришћених за производњу напитака: пермеат, ензим ( $\beta$ - галактозидаза) и воћне базе. Потом је описан поступак добијања хидролизованог пермеата и поступак прозводње напитака од хидролизованог пермеата. Такође, детаљно су описане методе примењене у експерименталном раду коришћене за: анализу физичко-хемијског квалитета сировина и напитака од УФ пермеата млека (рН вредност, млечна маст, сува материја и пепео), садржаја шећера, минералних материја, витамина, одређивања антиоксидативне активности (DPPH и полифеноли). Описане су и методе инструменталног одређивања боје као и поступак сензорног оцењивања производа. За статистичку обраду експерименталних резултата коришћени су савремени софтверски програми, а резултати су обрађени на адекватан и валидан начин применом метода математичког моделовања.

У поглављу **Резултати и дискусија** добијени резултати истраживања груписани су у три одвојене али повезане целине и приказани су у 13 табела и 20 слика. Редослед приказаних резултата прати ток спроведених испитивања. У прелиминарном експерименту урађена је компаративна анализа карактеристика напитака од пермеата и хидролизованог пермеата у циљу избора ензима и услова ензимске хидролизе лактозе у пермеату, као и формулације састава и параметара технолошког процеса производње напитака. У другом експерименту дати су резултати хидролизе пермеата млека ензимом  $\beta$ - галактозидаза изолованог из *Kluyveromyces lactis*. Испитан је утицај концентрације ензима (0,1, 0,3 и 0,5 g/100g) и температуре (20°, 30° и 40 °C) на степен хидролизе и количину продуката разградње лактозе. Праћене су промене садржаја лактозе, Д-галактозе и Д-глукозе у временским интервалима током 60 минута. На основу приказаних резултата хидролизе лактозе у пермеату, применом математичког моделовања одабрана је оптимална концентрација ензима и температура хидролизе пермеата за експеримент III. У трећем

експерименту извршена је производња напитака од хидролизованог пермеата са додатком одабраних ароматичних инградијената (воћних база). Посебно су утврђени и анализирани параметри квалитета и трајности напитака.

У анализи и тумачењу добијених резултата кандидат је веома успешно поредио сопствене резултате са релевантним подацима из цитиране литературе.

У поглављу **Закључак**, на основу добијених резултата и дискусије закључци су јасно и концизно изведени, те се могу сматрати поузданим и научно заснованим и одговарају постављеном циљу дисертације.

Поглавље **Литература**, садржи списак 175 референце цитиране на уобичајен и правилан начин. Избор референци је адекватно одабран и примерен тематици која је предмет ове дисертације.

**VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Истраживања која су урађена у оквиру докторске дисертације, верификована су у следећим радовима:

**Рад штампан у међународном часопису (категорија М23)**

**Илић-Удовичић, Д.,** Милановић, С., Иличић, М. (2013): Permeate components valorisation for beverage manufacturing, Agro FOOD Industry Hi Tech, Vol 24 (5), 24-27.

**Рад штампан у часопису националног значаја (категорија М52)**

**Илић, Д.,** Милановић, С., Ђурђевић Милошевић, Д. (2010): Хемијске карактеристике пермеата добијеног ултрафилтрацијом млека у поступку производње фета сира и младог сира, Прехрамбена индустрија – Млеко и млечни производи, 21 (1-2), 114-118.

**Илић-Удовичић, Д.,** Милановић, С., Иличић, М., Мандић, А., Хрњез, Д., Вукић, В. (2013): The kinetics of lactose hydrolysis in milk permeate, Prehrambena industrija-Mleko i mlečni proizvodi, 24 (1-2), 9-12.

**Саопштење на међународном скупу штампано у целини (категорија М33)**

**Илић-Удовичић, Д.,** Милановић, С., Иличић, М. (2012): Characteristics of beverage obtained from milk permeate, XV International Feed Technology Symposium. COST-"Feed for Health", Novi Sad, Serbia, 3-5 October, 2012, Proceedings 45-51.

**Саопштење на међународном скупу штампано у изводу (категорија М34)**

Милановић, С., **Илић-Удовичић, Д.,** Иличић, М., Мандић, А. (2013): Profile of sugars during Lactose Hydrolysis in Milk Permeate, 8th NIZO Dairy Conference – Functional Enzymes for Dairy Applications. 11-13th September 2013, Papendal, Netherlands. Programe booklet P2.008.

**Илић-Удовичић, Д.,** Милановић, С., Иличић, М., Мандић, А. (2014): Hydrolysis of lactose in the permeate of milk under the action of the enzyme galactosidase, II International congress "Food Technology, Quality and Safety", 28-30. October 2014, Novi Sad, Serbia, Book of abstracts 197.

## VII ZAKЉUČCI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу спроведених истраживања и приказаних резултата у овој докторској дисертацији могу се изнети следећи закључци:

Коришћењем ензима  $\beta$ -галактозидазе (0,1; 0,3 и 0,5 g/100g) на температурама 20, 30 и 40°C постигнути су различити степени хидролизе лактозе у УФ пермеату млека.

На основу резултата статистичке анализе садржаја лактозе, глукозе и галактозе у узорцима хидролизованог пермеата евидентно је да концентрација ензима  $\beta$ -галактозидазе и време хидролизе пермеата, као и интеракција наведених фактора имају значајан утицај на садржај лактозе.

Највећи степен хидролизе лактозе (99%) на температури 20 °C постиже се након 60 минута са додатком ензима у концентрацији 0,5 g/100g. Анализа резултата хидролизе лактозе показује да концентрација ензима  $\beta$ -галактозидазе и време хидролизе пермеата, као и интеракција наведених фактора имају значајан утицај на садржај лактозе. Генерално посматрано, значајнији је утицај линеарних коефицијената у односу на квадратни и коефицијенте интеракције на глукозу и галактозу при температури 20 °C.

На температури 30° C после 60 минута хидролизе пермеата са 0,1 g/100g ензима садржај лактозе износи 0,27 g/100g, а степен хидролизе је 95%. Потпуна хидролиза лактозе на овој температури постигнута је за 30 минута са 0,3 g/100g ензима  $\beta$ -галактозидазе, а у случају додавања 0,5 g/100g ензима за 20 минута. Повећање концентрације ензима  $\beta$ -галактозидазе (од 0,1 до 0,5 g/100g) значајно утиче на степен хидролизе лактозе у пермеату на 30°C. Линеарни коефицијенти имају значајнији утицај на садржај лактозе у поређењу на квадратне коефицијенте. Такође значајан утицај на садржај лактозе има концентрација ензима, време хидролизе, као и интеракција наведених параметара.

Додатком ензима  $\beta$ -галактозидазе у концентрацији 0,1 g/100g на температури 40°C за 60 минута постиже се 100% степен хидролизе присутне лактозе у пермеату. Са већом концентрацијом ензима, 0,3 g/100g односно 0,5 g/100g, на истој температури, исти ефекат се постиже за 20 минута. На температури 40°C и линеарни и квадратни коефицијенти имају значајан утицај на садржај лактозе, глукозе и галактозе. Такође, концентрација ензима и време хидролизе, као и њихова интеракција значајно утиче на садржај лактозе, глукозе и галактозе јер су све п вредности ниже од 0,05 ( $p < 0,05$ ).

Испитивањем кинетике хидролизе лактозе потврђена је кинетика првог реда. Генерално посматрано високи коефицијенти детерминације показују добро поклапање експерименталних резултата и математичког модела реакције првог реда. Вредности се крећу од 0,974 (температура 20°C) до преко 0,990 (на температурама 30 и 40°C) при концентрацији ензима 0,1 g/100g. Коефицијент детерминације при различитим концентрацијама ензима на температури 20°C има ниже вредности у опсегу од 0,902 (концентрација 0,5 g/100g) до 0,974 (0,1 g/100g). Енергија активације ( $E_a$ ) за ензимске реакције хидролизе лактозе износи  $E_a = 35,1$  kJ/mol, док је коефицијентом детерминације Аренијусове једначине 0,917.

Промене основних хемијских састојака напитака током 60 дана складиштења су минималне. Произведени напаци од хидролизованог пермеата су делактозирани и не садрже млечну маст. Од укупних шећера у свим напацима глукоза чини више од 50%: напитац шумско воће - 50,16%; напитац поморанца/шаргарепа - 50,42%; напитац мултивитамин - 54,65%, односно напитац црвено воће - 55,13%.

Најзаступљенији минерал у напацима је калијум. Највише калијума садржи напитац црвено воће - 1122,3 mg/kg, док је најмањи садржај у напацима мултивитамин и шумско воће - 980,1mg/kg. Други минерал у напацима по заступљености је калцијум. Просечан садржај калцијума износи 424,9 mg/kg, затим следи натријум који је у просеку присутан у количини 289,6 mg/kg. Након 60 дана складиштења није дошло до значајних промена у садржају минерала у произведеним напацима од хидролизованог пермеата.

Највећи садржај витамина Ц након производње имао је напитац са додатком воћне базе мултивитамин - 0,3972 mg/kg, затим шумско воће - 0,2887 mg/kg и поморанца/шаргарепа - 0,1999 mg/kg. Време складиштења утиче на промене садржаја витамина Ц у свим узорцима. После месец дана складиштења забележене су значајније промене садржаја витамина Ц, стим што су такође најмање код напитка са поморанцом/шаргарепом (мање од 1%), а највеће у напитку са шумским воћем где је забележено смањење за 31%. Значајна корелација између садржаја витамина Ц и антиоксидативне вредности изражене преко DPPH забележена је у узорцима напитака ( $R^2 = 0,901$ ).

Анализирани узорци садрже укупних полифенола у интервалу од 47,84 до 120,38 mg GAE/L у зависности од врсте напитка, односно додатих воћних база. Време складиштења утиче на промену садржаја полифенола у узорцима. Садржај полифенолних материја се током периода складиштења смањило за 8% код напитка поморанца/шаргарепа, 11% код напитка мултивитамин, 4% код напитка црвено воће и за 10% у напитку шумско воће.

Током периода складиштења долази до смањења DPPH вредности. Најмањи пад је у напитку са поморанцом/шаргарепом (смањење за 17%), а највећи у напитку са шумским воћем (за 39%). Смањење антиоксидативне активности након 60 дана може се објаснити деградацијом витамина Ц и полифенола током складиштења. Између садржаја полифенола и DPPH антиоксидативне вредности у напицима након производње утврђена је значајна корелација ( $R^2 = 0,958$ ).

Сензорне особине питакана (изглед, боја, мирис, конзистенција и укус) након производње су карактеристичне за групу производа и типичне за врсту ароматичног додатка. Укупна промена боје током шездесет дана складиштења (одређена инструменталном методом), рачуната у односу на узорак након производње,  $\Delta E$ , показује мале вредности код узорака са додатком воћне базе црвеног воћа и шумског воћа, а значајна разлика је констатована у напицима са додатком воћне базе поморанца/шаргарепа и мултивитамин.

Генерално може се закључити да се примењеним технолошким процесом добијају напици од хидролизованог УФ пермеата млека стабилног физичко-хемијског састава током 60 дана складиштења, високе нутритивне и ниске енергетске вредности.

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

Кандидаткиња Драгана Илић-Удовичић, дипл. инж.-спец., је у потпуности обавила истраживања која су била предвиђена планом у пријави ове дисертације. Добијени резултати су проистекли из оригинално постављених лабораторијских експеримената у циљу одређивања оптимизације процеса и кинетике хидролизе лактозе под дејством  $\beta$ -галактозидазе и утврђивања параметара квалитета и трајности добијених питакана током складиштења. Резултати истраживања су систематично и прегледно приказани, а дискусија заснована на добром познавању истраживане научне области и на најновијим научним сазнањима, те се начин приказа и тумачења резултата истраживања оцењује позитивно.

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

3. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе.

4. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација представља оригиналан допринос науци, јер је на научној основи утврђен утицај ензима  $\beta$ -галактозидазе на степен хидролизе лактозе у УФ пермеату млека и количина продуката разградње при различитим концентрацијама ензима и различитим температурама. Научни допринос ове дисертације представља и предлог технолошког процеса производње питакана на бази хидролизованог пермеата са додатком воћних база. Праћењем промена компонената питакана као и сензорних карактеристика током складиштења утврђени су параметри квалитета који су носиоци функционалних особина производа. Тиме ова истраживања доприносе развоју технолошког процеса валоризације споредног производа индустрије млека у циљу заштите животне средине и креирања новог нутритивно и енергетски избалансираног производа.

Научни допринос резултата истраживања потврђен је објављивањем 1 рада у међународном часопису на SCI листи.

5. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  
Недостаци дисертације нису уочени.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију Драгане Илић-Удовичић, дипл. инж - специјалиста, под називом: *Оптимизација технолошког процеса производње напитака од ензимски хидролизованог пермеата млека* и предлаже да се прихвати **ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**, а кандидату одобри одбрана рада.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

**Др Маријана Царић, професор емеритус**  
Универзитет у Новом Саду  
председник

---

**Др Спасенија Милановић, редовни професор**  
Технолошки факултет Нови Сад  
Универзитет у Новом Саду  
ментор

---

**Др Анамарија Мандић, научни саветник,**  
Научни институт за прехранбене технологије,  
Нови Сад, Универзитет у Новом Саду  
члан

---

**Др Мирела Иличић, доцент**  
Технолошки факултет Нови Сад  
Универзитет у Новом Саду  
Члан

---

**Др Александар Јокић, доцент**  
Технолошки факултет Нови Сад  
Универзитет у Новом Саду  
Члан