

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ
Катарина Канурић, дипл. инж.

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
1. Датум и орган који је именовao комисију 19.09.2014., Наставно–научно веће Технолошког факултета у Новом Саду
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: 1. Др Маријана Царић , професор емеритус, Биотехнологија и прехранбено инжењерство, 24.09.2008., Универзитет у Новом Саду; 2. Др Спасенија Милановић , редовни професор, Технологије конзервисане хране, 04.05.2004., Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад; 3. Др Ева Лончар , редовни професор, Аналитичка хемија, 11.01.2002., Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад; 4. Др Огњен Маћеј , редовни професор, 15.10.2001., Наука о млеку, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
1. Име, име једног родитеља, презиме: КАТАРИНА (Гојко) КАНУРИЋ
2. Датум рођења, општина, држава: 03.08.1975., Београд, Република Србија
3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Технолошки факултет Нови Сад, Технологије конзервисане хране, дипломирани инжењер технологије
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2008., Прехранбено инжењерство
5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: –
6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: –
III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ: Промене компонената и структуре млека током ферментације додатком неконвенционалног стартера

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација садржи шест поглавља:

1. Увод (стр. 1-2),
2. Општи део (стр. 3-55);
3. Материјал и методи (стр. 56-63);
4. Резултати и дискусија (стр. 64-108);
5. Закључак (стр. 109-111);
6. Литература (стр. 112-128).

Дисертација је написана на 128 страна, А4 формата, садржи 62 слике, 31 табелу и 209 литературних навода. На почетку је дата кључна документација са изводом на српском и енглеском језику.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Увод указује на разноврсност ферментисаних млечних производа и утицај стартер култура на нутритивне, реолошке и сензорне карактеристике производа. Истакнуто је да је детаљно истражена улога јогуртне и пробиотске стартер културе на формирање гела током ферментације млека, као и да до сада није испитиван ефекат комбуха–неконвенционалног стартера на трансформацију лактозе и конверзију млека у гел. На крају увода дати су предмет и циљ истраживања у оквиру дисертације. Генерално посматрано може се констатовати да је у уводу јасно и концизно дефинисан циљ истраживања који не одступа од формулација датих у пријави докторске дисертације.

Општи део дисертације састоји се из три потпоглавља у којима кандидат приказује досадашња релевантна научна сазнања везана за испитивану област. У првом потпоглављу описана је разноврсна група ферментисаних млечних производа које одликује висока нутритивна и енергетска вредност. Дат је приказ различитих стартер култура које се користе за производњу ферментисаних млечних производа, фактора који инхибирају активност стартер култура као и улоге егзополисахарида у производњи ферментисаних млечних производа. У другом потпоглављу приказане су биохемијске трансформације компонената млека: метаболизам угљених хидрата, метаболизам масти и структурне промене казеинске мицеле. Детаљно је описан транспорт угљених хидрата и хидролиза, продукција ароматичних компоненти као и органске киселине које су главни продукти катаболизма угљених хидрата од стране бактерија млечне киселине. У трећем потпоглављу дат је преглед литературних података о комбухи, састав и примена у производњи напитака.

У поглављу **Материјал и методи рада** дат је приказ сировине (млеко), стартер култура коришћених за производњу ферментисаних млечних напитака (инокулум комбухе, јогуртна и пробиотска стартер култура), и поступак производње ферментисаних млечних напитака. Такође, детаљно су описане и методе примењене у експерименталном раду коришћене за: анализу физичко–хемијског квалитета млека и ферментисаних млечних напитака, одређивање масних и органских киселина, вискозитета, текстуралних карактеристика и микроструктуре. За статистичку обраду експерименталних резултата коришћени су савремени софтверски програми, а резултати су обрађени на адекватан и валидан начин.

У поглављу **Резултати и дискусија** резултати истраживања груписани су у четири одвојене али повезане целине и приказани су у 18 табела и 28 слика. Редослед приказаних резултата прати ток спроведених испитивања. У првом експерименту приказана је ферментација лактозе у модел систему као и ферментација лактозе у млеку. Потом следи приказ карактеристика добијених ферментисаних млечних напитака: садржај макрокомпонената, примарних и секундарних продуката ферментације, физичке и текстуралне карактеристике. У другом експерименту дати су резултати ферментације млека применом инокулума комбухе култивисане на црном чају и мајчиној душици, у комбинацији са пробиотском стартер културом у циљу скраћења времена ферментације. Посебно је анализиран утицај температуре, врсте чаја и дужине складиштења на садржај лактозе, галактозе и Л–млечне

киселине као и на текстуалне карактеристике ферментисаних млечних напитака. С обзиром на специфичан тип ферментације млека додатком комбухе у трећем експерименту извршено је одређивање и идентификација продукта ферментације лактозе и утврђена је корелација између микроструктуре и текстуалних и реолошких својстава гела током ферментације млека применом комбухе, јогуртне и пробиотске стартер културе на 37°C и 42°C. У четвртном експерименту извршена је анализа кинетике ферментације сахарозе током производње комбуха напитака на црном чају а затим је на основу добијених резултата дефинисан емпиријски модел процеса ферментације лактозе из млека. 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 209 референци цитираних на уобичајен и правилан начин. Избор референци је актуелан 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 истакнутом међународном часопису (категорија М22)

1. Вукић, В., Хрњез, Д., **Канурић, К.**, Милановић, С., Иличић, М., Торбица, А., Томић, Ј. (2014): The effect of kombucha starter culture on the gelation process, microstructure and rheological properties during milk fermentation. *Journal of Texture Studies*, 45, 261-273.

Рад штампан у међународном часопису (категорија М23)

1. Лончар, Е., **Канурић, К.**, Малбаша, Р., Ђурић, М., Милановић, С. (2014): Kinetics of saccharose fermentation by Kombucha. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 20(3), 345-352.
2. Милановић, С., **Канурић, К.**, Вукић, В., Хрњез, Д., Иличић, М., Раногајец, М., Милановић, М. (2012): Physicochemical and textural properties of kombucha fermented dairy products. *African Journal of Biotechnology*, 11(9), 2320-2327.
3. Иличић, М., **Канурић, К.**, Милановић, С., Лончар, Е., Ђурић, М., Малбаша, Р. (2012): Lactose fermentation by Kombucha – a process to obtain new milk-based beverages. *Romanian Biotechnological Letters*, 17(1), 7013-7021.

VII ZAKЉUČCI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу добијених резултата могу се извести следећи закључци:

- Комбуха култивисана на црном чају заслађеним сахарозом може успешно да се користи као стартер култура за ферментацију лактозе у млеку без претходног концентрисања. Додатак 10% в/в инокулама комбухе на 42°C оптимална је количина за ферментацију млека са 0,9 и 2,2% w/w млечне масти. Количина млечне масти у млеку значајно утиче на време ферментације и карактеристике добијених метаболита. Примарни производи ферментације лактозе у млеку пролазе даље трансформације, глукоза много брже од галактозе, што је потврда ранијих истраживања ферментације млека обичним и концентрисаним инокулумом комбухе.
- Инокулум комбухе култивисан на црном чају односно чају од мајчине душице у комбинацији са пробиотском стартер културом двоструко скраћује време ферментације млека у производњи ферментисаних млечних напитака. Врста чаја употребљена за ферментацију има значајан утицај на способност везивања воде и текстуралне карактеристике произведених ферментисаних млечних напитака, а нема на синерезис. Насупрот томе, на физичко–хемијске карактеристике ферментисаних млечних напитака битније не утиче различита температура ферментације млека (37°C, 40°C и 43°C). Резултати факторијалне анализе показали су да интеракција фактора Температура*Врста чаја значајно утиче на садржај Л–млечне киселине, док је сигнификантан утицај на текстуралне карактеристике показала интеракција фактора Врста чаја*Дан складиштења.
- Током ферментације млека у различитим фазама процеса при одабраним рН вредностима (6,07; 5,8; 5,4; 5,1; 4,8 и 4,6) додатком 10% инокулама комбухе на 42°C трансформише се 14,6% лактозе односно 18,2% на 37°C. Садржај галактозе и глукозе које настају ферментацијом и хидролизом лактозе расте између прве и друге тачке ферментације (рН=6,07 и рН=5,8). Садржај фруктозе на рН=4,6 већи је у узорцима произведеним на 42°C у поређењу са онима произведеним на 37°C, што указује на већи афинитет комбухе према фруктози на нижој температури.
- Доминантне органске киселине током ферментације су Л–млечна киселина и сирћетна киселина. Продукција Л–млечне киселине током ферментације млека додатком инокулама комбухе на 37°C и 42°C постепено расте од 0,0142 г/100г до максималне вредности на крају процеса од 0,1764 г/100г на 37°C, односно 0,1680 г/100г на 42°C.
- Није утврђена значајна разлика у садржају масних киселина током ферментације млека комбухом на 37°C и 42°C. Садржај палмитинске киселине у млеку и узорцима током ферментације је највећи, затим следе миристинска, стеаринска и олеинска киселина. Ферментисани млечни напици произведени на 37°C и 42°C (рН=4,6) имали су већи садржај монозасићених масних киселина као и полинезасићених масних киселина у поређењу са млеком. Повећање садржаја ових масних киселина може се приписати деловању комбухе.
- Главне промене реолошких својстава током ферментације млека у производњи ферментисаних млечних напитака уз примену комбухе на 37°C и 42°C су на почетку процеса гелирања казеина и повећавају се током процеса ферментације млека. Праћењем процеса ферментације млека од почетне рН вредности 6,07 до завршне 4,6, најзначајније промене текстуралних карактеристика (чврстоће, конзистенције, кохезивности и индекса вискозитета) и реолошких својстава забележене су између рН=5,4 и 5,1, што је у корелацији са микроструктуром. Анализа микроструктуре показала је нестајање грубе кластерске структуре на рН > 5,6 и потом појаву fine мреже казеинских мицела у даљем току ферментације. Постоји висока корелација између чврстоће и тиксотропије ($r^2=0,93$, $r=0,0001$), што је у складу са променама које се дешавају финијим умрежавањем казеинских мицела. Утврђена је и корелација између текстуралних својстава и микроструктуре гела.
- Компаративна истраживања утицаја три различите стартер културе: инокулама комбухе, јогуртне односно пробиотске културе на промене компонената и структуре млека током процеса ферментације на 42°C показала су сличан тренд промена. Промене вискозитета у свим узорцима показују исту регресиону линију, са различитим коефицијентима и високом вредношћу r^2 , осим узорка произведеног применом јогуртне културе на рН 5,4. Мерења

вискозитета на рН 5,4 указују на сличности у процесу формирања гела између узорака произведених применом инокулума комбухе и пробиотске културе. Формирање гела почиње на вишој рН вредности (рН 5,6) у поређењу са узорком произведеним применом јогуртне културе (рН 5,1). Највеће разлике у измереним реолошким параметрима уочене су у првој фази умрежавања казеина применом све три starter културе. Узорак добијен коришћењем инокулума комбухе имао је највеће вредности комплексног модула, што је резултирало бољим реолошким карактеристикама готовог производа. Највеће промене у текстуалним карактеристикама и вискозитету су уочене између рН 5,4 и 5,1. Ови резултати показују да комбуха примењена као starter култура даје ферментисани млечни производ бољих реолошких карактеристика у поређењу са применом пробиотске starter културе. Установљене су минималне разлике испитиваних параметара квалитета комбуха ферментисаног млечног напитка у односу на производ добијен деловањем традиционалне јогуртне starter културе.

- Да би се дефинисао емпиријски модел процеса ферментације лактозе у млеку деловањем комбухе формулисана су претходно два математичка модела за кинетику ферментације сахарозе у традиционалном комбуха напитку (на црном чају) – један који описује промену концентрације сахарозе током ферментације, и други који описује брзину ферментације. Оба емпиријска модела омогућавају боље разумевање трансформација сахарозе деловањем комбухе. Брзина ферментације углавном расте са повећањем радне температуре у опсегу од 22°C до 30°C. На брзину ферментације минимално утиче концентрација инокулума у опсегу од 10% до 15% в/в. Оптимално трајање ферментације, под примењеним условима, је 3,5–5 дана. Криве засићења показују сигмоидалну кинетику при изабраној концентрацији супстрата.
- Најбољи модел за представљање криве промене концентрације лактозе у току ферментације млека деловањем комбухе, као и код сахарозе је сигмоидална функција. Промена концентрације лактозе на испитиваним температурама 37°C и 42°C састоји се од две лаг фазе између којих је фаза израженог пада концентрације. На 37°C ток промене садржаја лактозе разликује се од реакције на 42°C, јер има мање изражену лаг фазу на крају ферментације. Фаза пада концентрације лактозе на 37°C је између 7-ог и 12-ог часа, док је на 42°C између 4-ог и 6-ог часа. Криве засићења показују сигмоидалну кинетику на нижим концентрацијама лактозе, указујући на комплексни не-Michaelis-Mentenov тип кинетике.
- Генерално може се истаћи да су применом инокулума комбухе током ферментације млека у различитим фазама процеса установљене специфичне промене компонената и структуре у поређењу са ефектима деловања јогуртне односно пробиотске starter културе.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Кандидаткиња Катарина Канурић, дипл. инж., 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 утврђивања промена компонената и структуре млека током ферментације додатком неконвенционалног стартера комбухе. 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 ДОКТОРСKE 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 дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација представља оригиналан допринос науци, јер је на научној основи утврђен утицај неконвенционалног стартера комбухе на промене компонената и структуре млека у појединим фазама процеса ферментације при различитим рН вредностима који до сада није испитиван. Такође, научни допринос представљају и резултати компаративних истраживања утицаја комбуха стартера и конвенционалних стартер култура, јогуртне и пробиотске, на процес конверзије млека у гел у производњи ферментисаних млечних напитака. Посебан допринос ове дисертације је дефинисање модела кинетике ферментације лактозе у млеку деловањем комбухе на основу добијених резултата. Дефинисање ефеката деловања комбухе на трансформацију компонената млека у појединим фазама процеса ферментације указује на оправданост примене овог неконвенционалног стартера у креирању новог функционалног млечног производа, тако да добијени резултати поред научног имају и практичан значај.

Научни допринос резултата истраживања потврђен је објављивањем 4 рада у међународним часописима на SCI листи.

4. 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 Катарине Канурић, дипл. инж., под називом: *Промене компонента и структуре млека током ферментације додатком неконвенционалног стартера* 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

др Спасенија Милановић, редовни професор
Технолошки факултет Нови Сад
Универзитет у Новом Саду

др Ева Лончар, редовни професор
Технолошки факултет Нови Сад
Универзитет у Новом Саду

др Огњен Маћеј, редовни професор
Пољопривредни факултет
Универзитет у Београду