

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број захтева: 277/2-7-8
Датум: 17.09.2014. године

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. став. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12 и 172/13), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

Кандидат **ТАЊА (Ранко) ВУЧИЋ**, дипл. инж., студент докторских студија на студијском програму Прехрамбена технологија, пријавила је докторску дисертацију под називом: «УТИЦАЈ ДОДАТКА ПРОТЕИНСКИХ КОНЦЕНТРАТА НА БАЗИ МЛЕКА И УЛТРАЗВУЧНОГ ТРЕТМАНА НА КАРАКТЕРИСТИКЕ ЧВРСТОГ ЈОГУРТА ОД КОЗИЈЕГ МЛЕКА»,

из научне области Прехрамбена технологија.

Универзитет је дана 11.04.2013. године, својим актом број 61206-1257/2-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: «УТИЦАЈ ДОДАТИХ КОНЦЕНТРАТА ПРОТЕИНА МЛЕКА И УЛТРАЗВУЧНОГ ТРЕТМАНА НА КАРАКТЕРИСТИКЕ ЧВРСТОГ ЈОГУРТА ОД КОЗИЈЕГ МЛЕКА».

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 25.06.2014. године, одлуком Факултета број 277/9-5.5., у саставу:

име и презиме члана комисије, звање, научна област, установа у којој је запослен

1. др Снежана Јовановић, редовни професор, Наука о млеку, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
2. др Огњен Мађеј, редовни професор, Наука о млеку, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет,
3. др Спасенија Милановић, редовни професор, Технологија конзервисане хране, Универзитет у Новом Саду - Технолошки факултет,
4. др Небојша Ралевић, редовни професор, Статистика, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет,
5. др Слађана Шобајић, редовни професор, Универзитет у Београду - Фармацеутски факултет.

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 17.09.2014. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др Милица Петровић

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: ВС - 277/2-7.8.
Датум: 17.09.2014. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 123. Закона о високом образовању и члана 24. Правилника о последипломским студијама и докторату наука, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 17.09.2014. године, донело је

О Д Л У К У

I ПРИХВАТА СЕ извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднела **ТАЊА ВУЧИЋ**, дипл. инж. и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«УТИЦАЈ ДОДАТИХ КОНЦЕНТРАТА ПРОТЕИНА МЛЕКА И УЛТРАЗВУЧНОГ ТРЕТМАНА НА КАРАКТЕРИСТИКЕ ЧВРСТОГ ЈОГУРТА ОД КОЗИЈЕГ МЛЕКА»**.

II Универзитет је 11.04.2013. године, својим актом број 61206-1257/2-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Рад кандидата у часопису међународног значаја:

Jovanović, S., Barać, M., Maćej, O., **Vučić Tanja**, Lačnjevac, Č. (2007): SDS-PAGE Analysis of Soluble Proteins in Reconstituted Milk Exposed to Different Heat Treatments. Sensors 7, 371-383.

П Р Е Д С Е Д Н И К
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
Д Е К А Н

(Проф. др Милица Петровић)

Доставити: кандидату, ментору др Снежани Јовановић, редовном професору, Институту за прехранбену технологију и биохемију, Студентској служби и архиви.

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Датум: 30.06.2014.

ПРЕДМЕТ: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације Тање Вучић, дипл. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду бр. 277/9-5.5. од 25.06.2014. именована је Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације под насловом „*Утицај додатих концентрата протеина млека и ултразвучног третмана на карактеристике чврстог јогурта од козијег млека*“, кандидата Тање Вучић, дипл. инж. На основу увида у завршену докторску дисертацију, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација Тање Вучић, дипл. инж., написана је на 261 страни. У оквиру дисертације приказана је 31 табела, 65 графика, 16 хистограма и 21 слика. Такође, саставни део дисертације је и резиме са кључним речима на српском и енглеском језику. Докторска дисертација садржи осам основних поглавља, и то: *Увод* (стр. 1-2), *Преглед литературе* (стр. 3-55), *Циљ истраживања* (стр. 56-57), *Материјал и метод рада* (стр. 58-65), *Резултати и дискусија* (стр.66-218), *Закључци* (стр. 219-227) *Литература* (стр. 228-249) и *Прилог* (стр. 250-261). На крају текста дисертације налази се Биографија кандидата, као и Изјаве о ауторству, о истоветности штампане и електронске верзије и о коришћењу. Поглавља Преглед литературе, Материјал и метод рада, Резултати и дискусија садрже више потпоглавља.

2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Увод. У уводу кандидат наводи да због веће нутритивне вредности и терапеутских својстава, потрошња козијег млека и производа од козијег млека има стални тренд раста. У поређењу са крављим, козије млеко има повећану сварљивост и смањена алергенска својства. Осим тога, козије млеко карактерише специфичан мирис и укус који је многим потрошачима неприхватљив, али се може умањити ферментацијом млека под дејством бактерија млечне киселине. Специфичан састав козијег млека се огледа у мањим казеинским мицелама, различитом односу казеинских фракција у поређењу са крављим млеком, мањим глобулама млечне масти, што утиче на стварање неадекватне конзистенције чврстог јогурта од козијег млека. Како би се добила задовољавајућа конзистенција чврстог јогурта потребно је повећати садржај суве материје без масти, што се најчешће постиже додатком обраног млека у праху, концентрата протеина сурутке, концентрата протеина млека, различитих стабилизатора, као и употребом стартер култура

које производе егзополисахариде. Осим тога, протеински концентрати на бази млека додају се при производњи јогурта како би се смањило синерезис и повећао вискозитет јогурта. Услед повећања садржаја протеина, током ферментације млека формира се густо испреплетен протеински матрикс са малим и правилно распоређеним порима између ланаца. Овако формиран кисели казеински гел показује већу способност везивања воде и смањену склоност ка синерезису, што је значајан параметар квалитета не само у смислу сензорних карактеристика, већ и са аспекта одрживости и стабилности тродимензионалне структуре гела. Ултразвук је једна од нових метода која се може користити у различитим процесима када је индустрија млека у питању. Најчешће се примењује код мембранских процеса, за уништавање микроорганизама, хомогенизацију млека, побољшање текстуре млечних производа, побољшање функционалних и технолошких карактеристика протеина, итд. У производњи чврстог јогурта од козијег млека може допринети добијању производа задовољавајућих реолошких карактеристика.

Преглед литературе. Ово поглавље састоји се из 4 потпоглавља, где су представљени до сада објављени литературни подаци везани за предмет проучавања докторске дисертације. У првом делу овог поглавља кандидат укратко описује основне карактеристике ферментисаних млечних напитака, као и стартер култура које се користе за њихову производњу. У другом потпоглављу обрађени су литературни подаци везани за технолошки поступак производње јогурта. Детаљно су размотрени фактори који утичу на реолошке карактеристике јогурта. У вези са тим, истиче се да састав млека, нарочито садржај протеина и однос казеин:протеини сурутке значајно утичу на реолошке особине јогурта. С обзиром да већи садржај протеина доводи до формирања умреженијег гела веће чврстине, кандидат посебну пажњу поклања сагледавању утицаја додатка производа на бази казеина и производа на бази протеина сурутке на конзистенцију, чврстину и вискозитет јогурта. Посебно су обрађени подаци везани за утицај састава млека и примењених технолошких операција на синерезис киселог казеинског гела. У потпоглављу *Козије млеко* кандидат наводи литературне податке везане за хемијски састав, физичко-хемијске карактеристике, нутритивну и терапеутску вредност козијег млека. У четвртном потпоглављу представљене су могућности примене ултразвука у индустрији млека. С тим у вези, кандидат истиче да примена ултразвучног третмана има значајан утицај на инактивацију микроорганизама и ензима у млеку. Такође, ултразвук доводи до смањења величине масних капљица што утиче на реолошке особине јогурта, а има утицаја и на скраћење времена ферментације. Јогурт произведен од таквог млека карактерише већи вискозитет и способност везивања воде.

Циљ истраживања. Основни циљ ових истраживања је био да се испита утицај додатка концентрата протеина сурутке и изолата протеина млека, као и ефективност примене ултразвучног третмана козијег млека на карактеристике чврстог јогурта. Комбиновањем различитог садржаја додатих протеинских препарата и јачине ултразвука добијено је 15 варијанти млека, које су коришћене за производњу чврстог јогурта. Важан сегмент истраживања је био усмерен на испитивање утицаја физичко-хемијских карактеристика козијег млека на ток ферментације, као и на карактеристике јогурта током складиштења у периоду од 21 дан. Производња чврстог јогурта од козијег млека отежана је због специфичног протеинског састава козијег млека па је вршено испитивање вискозитета јогурта. С обзиром да чврсти јогурт показује тиксотропно понашање, односно да се вредност вискозитета мења и током времена и са променом брзине смицања, проучаван је утицај наведених фактора на промену вискозитета јогурта при константној брзини

ротације спиндла, као и при различитим брзинама смицања. Како ултразвучни третман доводи до хомогенизације масних капљица испитиване су и промене у уделу слободних масних киселина које настају током складиштења јогурта. Да би се добила потпунија слика о утицају додатка концентрата протеина сурутке и изолата протеина млека, и ултразвук на реолошке карактеристике киселог казеинског гела испитивана је и микроструктура јогурта. С обзиром на важност сензорног квалитета у прихватању производа од стране потрошача, овом сегменту је био посвећен значајан део истраживања.

Материјал и метод рада. У оквиру овог поглавља издвојена су три потпоглавља и детаљно су представљене све методе које су примењене у изради тезе.

У истраживању је коришћено збирно козије млеко Санске козе са фарме „Веосагра“, Кукујевци; starter култура FD-DVS YFL812 Yo-Flex (Chr. Hansen, Данска), концентрат протеина сурутке (КПС) Текстрион Прогел 800 (DMV International, Холандија) и изолат протеина млека (ИПМ) Промилк 852 А2 (Ingredia, Француска). За третман млека ултразвуком (УЗ), коришћено је ултразвучно водено купатило фреквенције 35 kHz (Раура, Шпанија). Додатком 0.5 и 1% КПС/ИПМ у комбинацији са применом ултразвука (УЗ) снаге 200 и 400 W добијено је 15 варијанти млека које су коришћене за производњу чврстог јогурта.

У току ферментације козијег млека на сваких 30 мин, почевши од момента инокулације до завршетка ферментације, праћена је рН вредност, као и промена вискозитета помоћу ротационог вискозиметра Visco Basic+R (Fungilab, Шпанија).

Основни параметри квалитета различитих варијанти козијег млека (сирово, након додатка КПС/ИПМ, након термичког третмана и након третмана ултразвуком), као и произведеног чврстог јогурта од козијег млека након 1, 7, 14 и 21 дан складиштења испитивани су стандардним методама анализе, а обухватили су одређивање садржаја суве материје млечне масти, протеина, лактозе, минералних материја, титрационе киселости и рН вредности. Такође, у току складиштења извршено је испитивање способности везивања воде према методи Parnell-Clunies (*cit. Riener et al., 2010*), као и испитивање синерезиса (*Riener et al., 2010*).

Утицај јачине ултразвучног третмана у узорцима чврстог јогурта од козијег млека (А1, А2 и А3) током складиштења на удео слободних масних киселина испитан је по методи установљеној од стране Alonso et al. (2003), примењеној са мањим модификацијама и у истраживањима Rodrigues et al. (2011) и Silva et al. (2011). Идентификација слободних масних киселина и одређивање њиховог релативног учешћа извршена је гасно-хроматографском анализом коришћењем апарата Agilent Technologies 7890A Gas Chromatograph (USA) са пламено-јонизационим детектором.

У току складиштења испитан је вискозитет узорака чврстог јогурта од козијег млека применом две методе. Прва метода базирана је на методи Labropoulos et al. (1984) која превиђа читавања вредности вискозитета при константној брзини смицања, при брзини ротације спиндла од 20 o/min. Друга метода мерења вискозитета заснива се на чињеници да кисели казеински гел показује тиксотропно понашање. Очитавања вискозитета вршена су при деловању различитих брзина смицања (брзина ротације спиндла) у временским интервалима од 30 s. Првих 6 очитавања извршено је при брзини ротације спиндла од 20 o/min. током три минута (сваких 30 s), након чега је брзина ротације спиндла повећавана на 30, 50, 60 и 100 o/min и при свакој од наведених брзина ротације спиндла извршена су по два очитавања, након 30 и 60 s. Узорци јогурта су затим подвргнути деловању максималне силе смицања при брзини ротације од 100 o/min у току 60 s, након чега је

брзина ротације спиндла смањивана на 60, 50, 30 и 20 o/min и при овим брзинама ротације спиндла су такође извршена по два читавања вредности вискозитета након 30 и 60 s.

Микроструктура узорака произведеног чврстог јогурта од козијег млека испитана је применом "scanning" електронске микроскопије (СЕМ), коришћењем електронског микроскопа JEOL JSM–6390 LV.

Сензорно оцењивање чврстог јогурта од козијег млека извршила је петочлана стручна комисија методом коригованог петобалног бод система.

У истраживању је коришћен двофакторијални оглед. За обраду и интерпретацију добијених експерименталних података коришћена је анализа варијансе (ANOVA), која је извршена програмом STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA). Разлика између средњих вредности је поређена на нивоу 5% статистичке значајности, коришћењем LSD теста.

Резултати и дискусија. Резултати истраживања обрађени су у оквиру шест потпоглавља, приказани уз текстуална тумачења, прегледне табеле, графиконе и слике које илуструју истраживања.

Хемијски састав млека. Примењени ултразвучни (УЗ) третмани нису утицали на промену физичко-хемијских параметара квалитета козијег млека, козијег млека са додатком 0.5% и 1% КПС, као и са додатком 0.5% и 1% ИПМ.

Ферментација млека. је најзначајнија операција у производњи јогурта током које долази до настајања гела чију основу чини протеински матрикс. Током ферментације млека примењен је утицај УЗ третмана на дужину трајања ферментације. Код узорака произведених од козијег млека на стандардан начин (А1) и уз примену УЗ снаге 200 W ферментација је трајала 360 min., док примена УЗ третмана снаге 400 W скраћује поступак ферментације козијег млека за 150 min. Повећањем садржаја суве материје услед додатка 0.5% КПС скраћује се време ферментације, што је последица денатурације додатих протеина сурутке. Ферментација је код узорака Б1 трајала 120 min. мање у односу на узорке А1. Примењени УЗ третмани такође су утицали на време ферментације млека Б, па је у поређењу са узорцима произведеним на стандардан начин, ферментација трајала дуже за 90 min. код млека Б2 и 30 min. код млека Б1. Са повећањем концентрације додатих КПС на 1% (млеко Ц) такође је уочен утицај УЗ третмана снаге 400 W на трајање ферментације. У односу на млека Ц1 и Ц2 код којих је ферментација трајала 270 min., код узорака Ц3 уочено је скраћење времена ферментације за 30 min. Примена УЗ третмана снаге 200 W није утицала на време ферментације млека Д, док је УЗ снаге 400 W довео до продужења трајања ферментације за 60 min. Међутим, у млеку са већим садржајем ИПМ (млеко Е), најкраће време ферментације имали су узорци Е3 – 240 min. Код ове групе узорака ферментација млека које није подвргнуто деловању УЗ трајала је дуже у односу на млеко Е3 за 30 min. и мање у односу на млеко Е2 за 30 min. Генерално, додаток протеинских концентрата на бази млека скраћује време ферментације код узорака козијег млека код којих није примењен УЗ третман. У зависности од концентрације и састава додатих протеинских препарата, УЗ третмани су испољили различите утицаје на ферментацију козијег млека. Позитиван утицај УЗ веће снаге на трајање ферментације установљен је код млека А, Ц и Е, док је код млека Б и Д ферментација трајала дуже у односу на узорке код којих није примењен УЗ третман. Применом УЗ снаге 200 W дуже време ферментације имали су узорци произведени од млека Б и Е, док код млека А, Ц и Д није примењена разлика у трајању ферментације у поређењу са узорцима који нису третираны УЗ.

Код варијанти млека А, Ц и Е највећи вискозитет на крају ферментације имали су узорци произведени на стандардан начин, при чему разлике у вискозитету забележене код узорака

А и Ц нису биле значајне. Код млека Б на крају ферментације, узорци Б2 су имали већи вискозитет за 138.6 mPas ($p > 0.05$) и 307.5 mPas ($p < 0.05$) у поређењу са узорцима Б1 и Б3. На крају ферментације узорци Б3 су такође имали мањи вискозитет у поређењу са узорцима Б1 за 168.9 mPas ($p < 0.05$). Код узорака млека Д највећи вискозитет на крају ферментације од 547.2 mPas ($p < 0.05$) имали су узорци Д3. Међу узорцима произведеним од млека Е највећи вискозитет су имали узорци Е1 – 436.7 mPas. Јачина примењеног ултразвучног третмана није утицала на крајњу вредност вискозитета.

Утицај додатка КПС/ИПМ и примењеног УЗ третмана на физичко-хемијске карактеристике чврстог јогурта од козијег млека током складиштења. Код хемијских параметара квалитета јогурта нису уочене разлике током складиштења осим код лактозе за узорке Ц, Д и Е. Значајно смањење садржаја лактозе током складиштења у овим узорцима вероватно је последица повећаног раста БМК. Узорци произведени од козијег млека са додатком 0.5% и 1% ИПМ имали су мању титрациону киселост током складиштења у односу на узорке произведене са додатком КПС услед већег пуферног капацитета. Код варијанти јогурта Б и Ц забележена је мања продукција млечне киселине током складиштења код узорака произведених уз примену УЗ третмана, при чему јачина УЗ није утицала на титрациону киселост.

Најмање вредности синерезиса током складиштења имали су узорци произведени од козијег млека са додатком 1% КПС који су утицали на формирање компактније структуре гела у коме је повећан садржај инкорпориране слободне воде. Примењени УЗ третмани нису утицали на синерезис код варијанти јогурта А и Д. Код јогурта произведених са додатком 0.5% и 1% КПС и 1% ИПМ ултразвук је утицао на формирање нежнијег гела са већим порам унутар протеинског матрикса, па је издвајање сурутке било веће код узорака за чију је производњу коришћен УЗ третман. Већи синерезис узорака произведених уз примену блажег УЗ третмана уочен је код јогурта Ц и Е, док је интензивнији УЗ третман узроковао веће издвајање сурутке код узорака Б.

Додатак КПС узрокује интензивније реакције између казеина и протеина сурутке, што доводи до формирања порознијег гела и веће способности везивања воде. Самим тим, већа СВВ забележена је код узорака произведених од млека са додатком 0.5% и 1% КПС. Услед већег садржаја протеина сурутке, највећа СВВ утврђена је код варијанти јогурта Ц. У првих 7 дана складиштења УЗ третмани млека нису утицали на СВВ, али је у каснијем периоду складиштења код узорака Ц2 уочен мањи капацитет везивања воде. Код варијанти јогурта Б, већу СВВ 1. и 7. дана складиштења имали су узорци произведени уз примену УЗ третмана, при чему јачина примењеног УЗ није имала утицаја. Већа способност узорака варијанти Б и Ц произведених уз примену УЗ да задрже воду вероватно је последица везивања денатурисаних протеина сурутке за мембране масних капљица. Насупрот томе, код узорака произведених од козијег млека са додатком 0.5% и 1% ИПМ третирање млека УЗ није довело до разлике у СВВ. Претпоставка је да код ових узорака УЗ проузрокује смањење масних капљица и везивање казеина за њихову површину, што у крајњој линији доводи до повећања СВВ. Међутим, осим ефекта хомогенизације, УЗ третман такође доводи до смањења величине казеинских мицела, што утиче на умањену СВВ. Стога је вероватно да је непостојање разлика у СВВ код узорака Д и Е последица комбинације промена на млечној масти и протеинима узрокованих УЗ третманом.

Козије млеко карактерише специфичан укус и мирис који је за многе потрошаче неприхватљив. Ферментацијом козијег млека, ова сензорна својства постају мање

изражена. Међутим, током складиштења долази до ослобађања слободних масних киселина, које значајно утичу на укус и мирис јогурта. У свим испитиваним узорцима чврстог јогурта од козијег млека, најзаступљеније слободне масне киселине су палмитинска, олеинска, миристинска, капринска и стеаринска. Веома висок удео каприлне и капринске киселине у укупним слободним масним киселинама у козијем млеку утиче на његов специфичан мирис и укус. Просечан удео капронске и каприлне киселине током складиштења био је нешто већи код јогурта произведеног на стандардан начин, у односу на узорке произведене уз примену ултразвука. Са друге стране, просечан удео капринске киселине током складиштења био је исти код узорака А1 и А3, и нешто мањи код јогурта А2. Из овога би се могло закључити да применом УЗ третмана млека специфичан укус и мирис на козије млеко постају мање изражени.

Утицај додатка КПС/ИПМ и примњеног УЗ третмана на вискозитет чврстог јогурта од козијег млека током складиштења. Резултати овог дела истраживања показују да примењени додаци и ултразвучни третмани утичу на вредности вискозитета добијене при излагању узорака сили смицања током времена од 3 min. Захваљујући повећању укупног броја масних капљица и њихове укупне површине, што је последица деловања УЗ, код варијанти јогурта А током целокупног испитиваног периода складиштења, највеће вредности вискозитета имали су узорци чврстог јогурта произведени од козијег млека које је третирано УЗ снаге 400 W. Са друге стране, УЗ третман млека снаге 200 W није имао значајан утицај на вискозитет чврстог јогурта од козијег млека. У овој групи узорака време складиштења није утицало на вискозитет.

Код варијанти јогурта Б, примењени УЗ третман млека снаге 400 W проузроковао је разлике у вредности вискозитета на нивоу $p < 0.05$. УЗ третман млека снаге 200 W није имао значајан утицај на вискозитет чврстог јогурта од козијег млека. Током испитиваног периода складиштења, најмање вредности вискозитета имали су узорци Б3. Већи садржај млечне масти у узорцима Б3, као и интензивнији УЗ третман довели су до формирања већег броја масних капљица које на својој површини имају мању количину адсорбованих протеина. Као последица овога, од млека Б3 је формиран нежнији гел, код кога под дејством силе смицања долази до лакшег нарушавања структуре. У овој групи узорака током складиштења није било значајних промена у вискозитету.

Код варијанти јогурта Ц, највеће вредности вискозитета током складиштења имао је јогурт Ц1. Код ових узорака, највећи вискозитет забележен је 14. дана складиштења услед формирања већег броја протеин-протеин веза. Насупрот томе, у узорцима Ц2 и Ц3 нису уочене разлике у вискозитету у току 21. дана складиштења. На основу тога може се закључити да су узорци Ц произведени уз примену УЗ имали стабилну структуру у току складиштења. Јачина примењених УЗ третмана није утицала на вискозитет узорака Ц2 и Ц3, али је УЗ третман довео до значајно мањег вискозитета у поређењу са јогуртом Ц1. Ово указује да додаток 1% КПС значајно смањује позитиван утицај УЗ на реолошке особине јогурта од козијег млека. Разлике у вискозитету вероватно су последица настале хомогенизације млечне масти и везивања денатурираних протеина сурутке за површину масних капљица, што је условило формирање мекшег гела који се лакше нарушава под дејством силе смицања.

Додатак казеина крављег млека у форми ИПМ код варијанти јогурта Д доводи до промене вискозитета у току складиштења. Највеће вредности вискозитета код узорака Д1 забележене су након 14 дана. Код јогурта Д2 значајне промене у структури гела које су утицале на мањи вискозитет одвијале су се у првих 7 дана, док је у преосталом периоду

складиштења код ових узорака уочена релативно стабилна структура. Код јогурта Д3 највећи вискозитет је забележен 7. дана, а најмањи 21. дана складиштења. Примењени У3 третмани такође су утицали на вискозитет јогурта. Првог дана складиштења највећи вискозитет након 30 s имао је јогурт Д2, док је у даљем периоду деловања силе највећи вискозитет имао је јогурт Д1. 7. и 21. дана највећи вискозитет имали су узорци чврстог јогурта произведени уз примену У3 снаге 400 W – Д3, док је 14. дана највећи вискозитет забележен код јогурта Д1. Најмања промена структуре јогурта током деловања силе смицања забележена је код узорака Д3 – 21. дана складиштења.

Код варијанти јогурта Е, 1. дана складиштења највећи вискозитет имао је јогурт Е2, док су у преосталом периоду складиштења, највећи вискозитет имали узорци чврстог јогурта произведени без примене У3. Очигледно је да додаток 1% протеинских концентрата на бази крављег млека у интеракцији са У3 третманом утиче на лошије реолошке особине јогурта од козијег млека. Код јогурта Е2 – 1. и 14. дана складиштења уочено је одступање од тиксотропног понашања, али су у овом периоду наведени узорци такође имали и најотпорнију структуру на деловање силе смицања. Време складиштења јогурта Е1 није имало значајан утицај на вискозитет. Код јогурта Е2 значајне промене у структури гела које су утицале на мањи вискозитет одвијале су се у првих 7 дана складиштења, док је код јогурта Е3 значајно смањење вискозитета забележено након 7 и 21 дан складиштења.

Са повећањем интензитета примењене силе смицања, у тиксотропним системима као што је јогурт, долази до смањења вискозитета. Вредности вискозитета чврстог јогурта измерене током повећања брзине ротације спиндла (горња крива вискозитета), веће су у поређењу са вредностима вискозитета измереним током смањења брзине ротације спиндла (доња крива вискозитета). Просечна вредност вискозитета горње и доње криве, представља средњу вредност вискозитета и описује реолошке особине чврстог јогурта.

У групи узорака произведених од козијег млека, највеће средње вредности вискозитета, при свим брзинама ротације спиндла, имао је јогурт А3. Као и код испитивања вискозитета при константној брзини ротације спиндла, У3 третман снаге 200 W није утицао на вредности вискозитета јогурта А2. Узорци А1 и А2 имали су највеће средње вредности вискозитета при малим брзинама ротације спиндла 7. дана складиштења, док при 100 o/min време складиштења није утицало на вискозитет ових узорака. Јогурт А3 има највећи вискозитет при 20 o/min 1. дана складиштења - 1996.9 mPas. Код ових узорака промене у структури гела одвијале су се у правцу његовог очвршћавања, па је највећи вискозитет на већим брзинама ротације спиндла имао јогурт старости 21 дан.

Код варијанти чврстог јогурта Б, највеће средње вредности вискозитета 1. дана складиштења имао је јогурт Б2, док у даљем периоду складиштења највећи вискозитет имали су узорци Б1. Након 7 и 21 дан складиштења узорци Б3 су при 20 o/min имали мањи вискозитет у поређењу са јогуртом Б2, што указује да се протеинске везе настале у гелу под утицајем јачег У3 третмана лакше кидају под дејством силе смицања. Међутим, све три варијанте јогурта Б имале су сличне вредности вискозитета при деловању великих брзина смицања.

Код варијанти јогурта Ц, највећи вискозитет у испитиваном периоду складиштења, при свим брзинама ротације спиндла имао је јогурт Ц1. Услед хомогенизације млечне масти настале под деловањем примењених У3 третмана млека Ц, узорци Ц2 и Ц3 имали су значајно мање средње вредности вискозитета при малим брзинама смицања (20 o/min) у поређењу са јогуртом Ц1. Хомогенизоване масне капљице утицале су на формирање нежнијег гела који се лакше нарушава при почетном дејству силе смицања. Међутим, са

повећањем брзине смицања, узорци произведени од млека Ц имали су сличне вредности вискозитета без обзира на разлике у третману млека. Јогурт Ц2 имао је сличне промене вредности вискозитета током складиштења, док је јогурт Ц3 највећи вискозитет при свим брзинама ротације спиндла имао 21. дана складиштења.

Код варијанти јогурта Д примењени УЗ третман снаге 400 W утицао је на мање средње вредности вискозитета 1. дана складиштења при малим брзинама ротације спиндла, док при већим брзинама силе смицања нема разлике у вискозитету јогурта из ове групе. Применом УЗ долази до уситњавања масних капљица, које се прекривају казеином и као псеудо-казеинске честице учествују у формирању гела. Такав гел је мање отпоран на почетно деловање механичке силе, међутим не показује мању чврстину и умреженост у поређењу са гелом произведеним без примене УЗ. Након 14 дана складиштења, узорци су имали сличне средње вредности вискозитета. 21. дана складиштења највећи вискозитет имао је јогурт Д3, а најмањи Д2.

Код варијанти јогурта Е, 1. дана складиштења највећи вискозитет имао је јогурт Е2, док 7. дана складиштења, није било разлике у вискозитету између узорак Е1, Е2 и Е3. У каснијем периоду складиштења, највећи вискозитет имао је јогурт Е1. Код узорак произведених од млека које је третирано УЗ уочена је значајна промена вискозитета током складиштења, па су узорци Е2 и Е3 имали најмање вредности вискозитета 21. дана складиштења. Код узорак Е1 време складиштења није утицало на средње вредности вискозитета.

Микроструктура чврстог јогурта од козијег млека. Проучавањем микроструктуре чврстог јогурта, примењено је да гел формиран уз примену УЗ снаге 200 W има густо упаковану структуру са мањим порамма у односу на јогурт А1. Јачи УЗ третман млека довео је до формирања отвореније структуре гела са већим порамма. Међутим, вероватно као последица денатурације протеина сурутке и смањења масних капљица током деловања УЗ, узорци А3 имали су већи вискозитет. Код узорак Б, УЗ снаге 400 W није имао велики утицај на структуру гела, па су узорци Б1 и Б3 имали компактнију и гушћу протеинску мрежу у односу на јогурт Б2, што је потврђено и испитивањем вискозитета. Већи садржај протеина сурутке у варијантама јогурта Ц утицао је на формирање протеинске мреже коју углавном чине збијени протеински гроздови. Поре у протеинском матриксу су такође веће у односу на узорке А. Промене у величини протеина које настају под дејством УЗ утицале су на протеински матрикс узорак Ц2 и Ц3. Код ових узорак, уочена је хомогенија структура са мањим порамма. Јачи УЗ третман утицао је на формирање компактније структуре. Додатак ИПМ утицао је на формирање протеинске мреже састављене углавном од кратких ланаца казеинских мицела, са неуједначеном величином пора. Примена УЗ третмана снаге 200 W довела је до формирања нешто компактније структуре у односу на јогурт Д1. Међутим јачи УЗ третман утицао је на формирање растреситије протеинске мреже сачињене од агрегата казеинских мицела. Код ових узорак уочено је присуство егзополисахарида због којих је вероватно вискозитет узорак Д3 био нешто већи у односу на узорке Д1 и Д2. Најрастреситију структура гела, са највећим дијаметром пора, имали су узорци Е1. Примењени УЗ третмани млека Е утицали су на смањење величине честица гела, међутим јачина УЗ третмана није утицала на структуру узорак Е2 и Е3, што је потврђено у испитивањима вискозитета.

Сензорна оцена. На основу резултата сензорног оцењивања, осим узорак Е2 и Е3, сви испитивани узорци чврстог јогурта припадали су категорији одличног квалитета. Највеће средње оцене имали су узорци произведени од козијег млека са додатком 0.5% КПС, док

су најмање средње оцене имали узорци А3, Е2 и Е3. Највећи утицај на мање укупне оцене ових узорака имали су конзистенција и мирис. Ултразвучни третмани млека утицали су на формирање нежнијег и мекшег гела, као и на мање изражен мирис на козије млеко, услед чега су поменути узорци имали мање оцене за конзистенцију и мирис.

Закључци. Закључци су правилно изведени и у потпуности произилазе из добијених резултата.

Утврђено је да примењени ултразвучни третмани нису утицали на промену физичко-хемијских параметара квалитета козијег млека.

Додатак КПС/ИПМ и ултразвучни третмани утичу на дужину трајања ферментације, као и на вискозитет у току и на крају ферментације. Повећањем садржаја суве материје, додатком КПС/ИПМ, скраћује се време ферментације. Применом ултразвука снаге 200 W ферментација је трајала дуже код млека са 0.5% КПС и 1% ИПМ. УЗ снаге 400 W имао је повољан утицај на трајање ферментације млека са додатком 1% КПС/ИПМ и козијег млека без додатака. Код млека са мањим садржајем додатих протеина (0.5%) јачи УЗ третман продужава време ферментације.

У току складиштења чврстог јогурта нису уочене значајне разлике у садржају суве материје, млечне масти, протеина и минералних материја.

Додатак 1% КПС утиче на формирање компактније структуре гела и већи садржај инкорпорираних слободних вода, те су најмање вредности синерезиса током складиштења имали узорци Ц код којих је такође забележена највећа способност везивања воде. Код јогурта произведених са додатком 0.5 и 1% КПС и 1% ИПМ издвајање сурутке било је веће код узорака за чију је производњу коришћен УЗ третман.

Највећи удео слободних масних киселина кратког ланца (С6:0 и С8:0) забележен је код чврстог јогурта од козијег млека произведеног на стандардан начин (5.23%). Из овога кандидат закључује да применом УЗ третмана млека специфичан укус и мирис на козије млеко постају мање изражени.

Испитивањем вискозитета при константној брзини ротације спиндла утврђено је да су код узорака произведених од козијег млека, и узорака произведених од млека са додатком 0.5% ИПМ, највећи вискозитет имали узорци произведени уз примену УЗ снаге 400 W. Код узорака произведених са додатком 1% КПС и 1% ИПМ највећи вискозитет имали су узорци произведени на стандардан начин. Такође, код јогурта произведеног од млека са додатком 0.5% КПС, најмањи вискозитет имали су узорци произведени применом УЗ снаге 400 W. Кандидат закључује да додатак протеинских концентрата на бази млека значајно смањује позитиван утицај УЗ на реолошке особине јогурта од козијег млека. Мањи вискозитет последица је хомогенизације млечне масти настале под дејством УЗ, што је условило формирање мекшег гела који се лакше нарушава под дејством силе смицања.

Испитивањем вискозитета при различитим брзинама ротације спиндла установљено је да примена УЗ снаге 400 W значајно утиче на веће вредности вискозитета узорака чврстог јогурта од козијег млека. УЗ третман козијег млека у коме је измењен однос казеин:протеини сурутке додатком 0.5% КПС, доводи до формирања мање умреженог и мекшег гела, чија се структура значајно мења током складиштења. УЗ веће снаге (400 W) доводи до формирања гела, који има мањи вискозитет, али је отпорнији на деловање силе смицања у поређењу са јогуртом произведеним уз примену УЗ мање снаге (200 W). Код јогурта произведеног од млека са додатком 1% КПС највећи вискозитет имали су узорци произведени на стандардан начин. Применом УЗ третмана смањује се вискозитет јогурта,

али се повећава његова отпорност према деловању силе смицања. Такође, УЗ снаге 400 W доводи до формирања гела који карактерише већи вискозитет у поређењу са јогуртом произведеним уз примену УЗ снаге 200 W. Примењени УЗ третмани нису имали велики утицај на вискозитет јогурта произведеног од козијег млека са додатком 0.5% ИПМ, осим при брзини ротације спиндла од 20 o/min. Применом УЗ третмана смањује се вискозитет јогурта произведеног од козијег млека са додатком 1% ИПМ. Међутим, УЗ третмани млека нису утицали на отпорност гелова на деловање великих брзина смицања.

Састав и УЗ третман козијег млека значајно утичу на микроструктуру јогурта. Већи садржај протеина сурутке утиче на формирање протеинске мреже коју углавном чине збијени протеински гроздови, док додаток ИПМ утиче на формирање растресите протеинске мреже састављене углавном од кратких ланаца казеинских мицела, са неуједначеном величином пора. Јачи УЗ третман у комбинацији са додатком КПС утицао је на формирање компактније структуре гела, док је код узорака са већим садржајем казеина јачи УЗ третман утицао на формирање растреситије протеинске мреже сачињене од агрегата казеинских мицела.

На основу резултата сензорног оцењивања, 13 од 15 испитиваних узорака чврстог јогурта од козијег млека припадају категорији одличног квалитета. Највеће средње оцене имали су узорци произведени од козијег млека са додатком 0.5% КПС, док су најмање средње оцене имали узорци произведени са додатком 1% ИПМ уз примену ултразвука.

Литература. У дисертацији је на правилан начин наведено укупно 247 референци. Избор референци је актуелан и одговара предмету проучавања.

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и анализе докторске дисертације под насловом: „*Утицај додатих концентрата протеина млека и ултразвучног третмана на карактеристике чврстог јогурта од козијег млека*“ коју је поднела Тања Вучић, дипл. инж., Комисија сматра да је кандидат у целости испунио план и програм истраживања, који је дат у пријави за израду ове докторске дисертације.

Докторска дисертација представља оригиналну, самосталну и заокружену научно-истраживачку целину. У *Уводу* и *Прегледу литературе* кандидат је успешно образложио теоријску поставку своје докторске дисертације и на основу проучавања обимне литературе правилно поставио циљ истраживања. Експериментални део дисертације је методолошки добро постављен, а одабране методе су савремене и омогућавају да се добију поуздани резултати, на основу којих се могу извести правилни закључци. Кандидат је врло успешно анализирао добијене резултате, упоређујући их са резултатима других аутора. Резултати истраживања остварени у оквиру ове дисертације су веома значајни, како за науку, тако и за праксу, јер доприносе могућности проширења асортимана кисело-млечних производа од козијег млека производњом чврстог јогурта добрих реолошких и сензорних карактеристика, коришћењем нове генерације ингредијената, као и применом савремених метода какав је ултразвучни третман. Побољшање технолошких карактеристика козијег млека у циљу производње чврстог јогурта може се постићи применом ултразвука или додатком концентрата протеина сурутке. Најоптималније карактеристике чврстог јогурта од козијег млека добијене су применом ултразвука снаге 400 W. Такође, додатком 1% концентрата протеина сурутке добијен је јогурт већег вискозитета са најмање израженим синерезисом (46.39 - 47.83%).

Имајући у виду све наведене констатације, Комисија позитивно оцењује урађену докторску дисертацију Тање Вучић, дипл. инж., под насловом „*Утицај додатих концентрата протеина млека и ултразвучног третмана на карактеристике чврстог јогурта од козијег млека*“ и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да прихвати ову позитивну оцену и тиме омогући кандидату да приступи јавној одбрани докторске дисертације.

Београд, 30.06.2014.

Чланови Комисије:

Др Снежана Јовановић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
(ужа научна област: наука о млеку)

Др Огњен Мађеј, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
(ужа научна област: наука о млеку)

Др Спасенија Милановић, редовни професор
Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду
(ужа научна област: технологија конзервисане хране)

Др Небојша Ралевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет
(ужа научна област: статистика)

Др Слађана Шобајић, редовни професор
Универзитет у Београду Фармацеутски факултет
(ужа научна област: хемија хране и дијететских производа)

Прилог:

Рад Тање Вучић, дипл. инж., објављен у научном часопису на SCI листи:

Jovanović, S., Barać, M., Maćej, O., Vučić, T., Lačnjevac, Č. (2007): SDS-PAGE Analysis of Soluble Proteins in Reconstituted Milk Exposed to Different Heat Treatments. Sensors 7, 371-383.