

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број захтева: 356/4 -7.3.
Датум: 30.01.2013. године

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата МИРЕ РАДОВАНОВИЋ, дипл.инж.

Кандидат **МИРА (Милан) РАДОВАНОВИЋ**, дипл. инж., пријавила је докторску дисертацију под називом: «УТИЦАЈ САСТАВА И ТЕРМИЧКОГ ТРЕТМАНА МЛЕКА НА ПРИНОС, САСТАВ И МИКРОСТРУКТУРУ ПОКОЖИЦЕ И ДИСТРИБУЦИЈУ ПРОТЕИНСКИХ ФРАКЦИЈА У ПОЧЕТНОЈ ФАЗИ ПОСТУПКА ПРОИЗВОДЊЕ КАЈМАКА»,

из научне области: Прехрамбена технологија.

Универзитет је дана 07.12.2011 године, својим актом 02 број 06-8226/18 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: **«УТИЦАЈ САСТАВА И ТЕРМИЧКОГ ТРЕТМАНА МЛЕКА НА ДИСТРИБУЦИЈУ ПРОТЕИНА У ПРОИЗВОДЊИ КАЈМАКА И СВОЈСТВА ФОРМИРАНЕ ПОКОЖИЦЕ».**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације МИРЕ РАДОВАНОВИЋ, дипл. инж., образована је на седници одржаној 28.11.2012. године, одлуком Факултета број 356/2-5.3., у саставу:

име и презиме члана комисије, звање, научна област

1. др Предраг Пуђа, редовни професор,
2. др Спасенија Милановић, редовни професор,
3. др Биљана Вуцелић-Радовић, редовни професор,
4. др Јелена Миочиновић, доцент,
5. др Оливера Ећим-Ђурић, доцент,

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, на седници одржаној 30.01.2013. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милица Петровић

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 356/4-7.3.
Датум: 30.01.2013. 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 30.01.2013. године, донело је

О Д Л У К У

I ПРИХВАТА СЕ извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднела **МИРА РАДОВАНОВИЋ, дипл. инж.** и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«УТИЦАЈ САСТАВА И ТЕРМИЧКОГ ТРЕТМАНА МЛЕКА НА ДИСТРИБУЦИЈУ ПРОТЕИНА У ПРОИЗВОДЊИ КАЈМАКА И СВОЈСТВА ФОРМИРАНЕ ПОКОЖИЦЕ».**

II Универзитет је дана 07.12.2011 године, својим актом 02 број 06-8226/18 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Рад кандидата у часопису међународног значаја:

Pudja, P., Djeroovski, J., **Radovanović, Mira**, (2008): Autochthonous Serbian product – Kajmak. Characteristics and production procedures. Dairy Sci. Technol. 88, 163-172.

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

(Проф. др Милица Петровић)

Доставити: кандидату, ментору проф. др Предрагу Пуђи, Институту за прехранбену технологију и биохемију, Студентској служби и архиви.

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду од 28. 11. 2012. године именовани смо у Комисију за оцену урађене докторске дисертације под насловом: *»Утицај састава и термичког третмана млека на дистрибуцију протеина у производњи кајмака и својства формиране покожице«*, кандидата дипл. инж. **Мире Радовановић**, па пошто смо проучили завршену докторску дисертацију, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација дипл. инж. Мире Радовановић написана је на 210 страна куцаног текста, садржи 62 табеле, 35 графика и 32 слике, а цитирано је 237 референци из изворне научне литературе. Дисертација садржи резиме на српском и енглеском језику.

Дисертација садржи следећа основна поглавља: Увод (стр. 1–3), Преглед литературе (стр. 4–71), са 4 потпоглавља (стр. 4–7; 8–16; 17–63; 64–71), Циљ истраживања (стр. 72–73), Материјал и метод рада (стр. 74–88), са два потпоглавља (стр. 74–81; 82–88), Резултати истраживања (стр. 89–187), са 5 потпоглавља (стр. 89–106; 107–129; 130–159; 160–169; 170–187), Закључци (стр. 188–191), Литература (стр. 192–203) и Прилози (стр. 204–210).

2 ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Увод

У уводном разматрању докторанд полази од констатације да је кајмак аутохтони млечни производ, специфичног и јединственог састава и својстава, са дугом традицијом производње и потрошње на подручју Србије. Данас, кајмак се претежно производи у малим погонима за прераду млека и домаћинствима. Кандидат истиче да у таквим условима је присутна велика разноликост поступака и услова производње, као и лош квалитет млека, што често резултира у добијању производа неуједначеног састава и својстава као и лошег микробиолошког квалитета. Наведени разлози представљају озбиљну препреку за широки и организовани наступ овог деликатесног и специфичног млечног производа на тржишту производа од млека.

Кандидат истиче да потпуније познавање процеса присутних у настајању кајмака и покожице, је један од предуслова за постизање стандардизоване производње кајмака традиционалног, односно препознатљивог квалитета. С тим у вези, испитивања утицаја појединих фактора на састав и својства покожице и кајмака су важна са аспекта детаљног упознавања ових процеса. Сматра се да најважнији фактори који утичу на процес формирања кајмака су састав и термички третман млека, као и параметри ваздуха као радног агенса у процесу формирања кајмака, који су и предмет истраживања ове докторске дисертације.

2.2 Преглед литературе

У овом поглављу докторанд обрађује следеће области: традиционални поступак производње кајмака, факторе који утичу на производњу кајмака, утицај термичког третмана на протеине млека и површинске појаве и значај ваздуха као радног агенса у производњи кајмака.

2.2.1 Традиционални поступак производње кајмака

У овом делу прегледа литературе кандидат укратко описује најважније фазе традиционалног поступка производње и истиче да се данашња производња овог деликатесног млечног производа најчешће изводи у малим погонима за прераду млека и домаћинствима, претежно у планинским регионима.

Разматрајући досадашња научна сазнања кандидат наводи да се процес формирања кајмака може поделити у две фазе: топлу и хладну фазу. У топлој фази, услед површинске активности масти и протеина, као и интензивног испаравања воде, долази до формирања почетне покожице, која представља основу и горњи слој кајмака, док у хладној фази долази до обогаћивања покожице млечном машћу, вероватно процесима аглутинације, при чему се формира доњи слој кајмака.

Анализирајући традиционални поступак производње кајмака кандидат истиче бројне недостатке, који се огледају у следећем: лошим хигијенским условима производње, постојањем низа критичних тачака, као што су дужина времена и услови формирања кајмака, висок степен мануелног рада, квалитет млека и др., који могу да доведу до контаминације производа. Кандидат наводи да овакви услови данашње производње кајмака често резултирају добијањем производа лошег и неуједначеног састава и квалитета.

2.2.2 Фактори који утичу на производњу кајмака

У овом делу рада кандидат детаљно разматра факторе који утичу на производњу кајмака. У вези са тим, истиче се да су састав млека и амбијентални услови основне детерминанте које утичу на састав и својства кајмака, као и рандман производње. Обзиром да је млечна маст једна од основних компонената састава кајмака, кандидат посебну пажњу поклања сагледавању утицаја исхране, расе и периода лактације на састав и садржај млечне масти млека.

У разматрању амбијенталних услова кандидат истиче да су температура, релативна влажност и брзина струјања ваздуха пресудни за дифузионе процесе присутне у свим фазама формирања кајмака, како горњег тако и доњег слоја. С тим у вези, кандидат наводи да специјалне просторије, тзв. млекари, који су заступљени у традиционалној производњи кајмака су пројектовани управо са циљем

задовољења потребних амбијенталних услова које доприносе добијању производа жељених својстава.

2.2.3 Утицај термичког третмана на протеине млека и површинске појаве

Термички третман млека је веома важна фаза у поступку производње кајмака. Стога, у овом делу рада кандидат је веома детаљно изучио промене на компонентама млека које настају услед термичког третмана. Као круцијалне, кандидат наводи промене на протеинском комплексу млека, при чему долази до денатурације протеина сурутке, стварања коагрегата протеина млека, као и реакције денатурисаних протеина сурутке са протеинима из адсорпционог слоја масних глобула. Приликом кувања млека током процеса производње кајмака, а услед површинске активности масти и протеина врелог млека, долази до њихове дифузије и концентрисања у граничном слоју млеко – ваздух. Сходно саставу и својствима појединих протеина млека, кандидат истиче мали афинитет казеина према хидрофобним површинама, услед његове мицеларне форме, као и спорије адсорбовање нативних протеина сурутке, услед њихове глобуларне структуре. С друге стране, кандидат наводи да при порасту температура термичког третмана, од 70 до 75°C, протеини сурутке денатуришу, при чему се модификује њихова секундарна и терцијарна конформација молекула. Све ове модификације се рефлектују на промене функционалних својстава протеина, које се огледају у повећаној површинској активности, измењеној реологији, емулзионим и пенивим својствима и др., што кандидат детаљно сагледава изучавањем бројних литературних података.

2.2.4 Значај ваздуха као радног агенса у процесу формирања кајмака

Кандидат посебно обрађује значај амбијенталних услова, нарочито параметара ваздуха као радног агенса, у процесу формирања кајмака. Наиме, током процеса формирања покожице и кајмака млеко се непрекидно хлади и перманентно је у контакту са околним ваздухом. У току процеса хлађења долази до размене енергије, односно процеса предаје топлотног флукса са стране врелог млека ваздуху, уз истовремено испаравање воде из млека. Посебна пажња у овом делу дисертације усмерена је на математички модел размене енергије и масе у процесу формирања кајмака у контролисаним условима.

2.3 Циљ истраживања

Докторанд наводи да је циљ дисертације детаљно сагледавање механизма формирања кајмака, кроз изучавање фактора који утичу на састав и својства покожице и кајмака, а све са циљем стварања шире научне основе у познавању процеса производње овог специфичног млечног производа, који је до данас веома мало изучаван.

Истраживања су базирана на сагледавању одабраних параметара који укључују састав и термички третман млека, као и параметре ваздуха, на састав и својства иницијалне покожице, формиране на површини млека у почетној фази формирања кајмака, а која представља основу структуре производа. Применом електрофоретских техника, како у редукујућим, тако и у нередукујућим условима, кандидат сагледава дистрибуцију и карактеризацију протеинских фракција млека

пре и након формирања покожица, произведених покожица, као и њихову зависност у односу на испитиване факторе. Скенирајућом електронском микроскопијом, као савременом техником испитивања, кандидат доприноси упознавању утицаја одабраних фактора на микроструктуру покожице.

Кандидат као један од циљева дисертације наводи разматрање биланса масе и енергије током процеса формирања покожице, које омогућава стварање основе за постављање нумеричког модела процеса формирања кајмака, што би значајно помогло у изналажењу оптималних параметара стандардизоване производње кајмака.

2.4 Материјал и метод рада

У овом поглављу аутор даје приказ поставке и разраде експерименталног рада, а такође детаљно описује аналитичке методе које је користио током истраживања и начин обраде добијених резултата.

2.4.1 Експериментални рад

Докторанд детаљно описује начин експерименталног рада који обухвата припрему сировина и производњу покожица и кајмака, као и сет бројних огледа који се базирају на сагледавању одабраних фактора који утичу на процес формирања покожица и кајмака.

У сету прелиминарних огледа кандидат разматра утицај одабраних параметара на процес формирања кајмака а који обухватају режим термичког третмана млека (температура, време и динамика термичког третмана), услове и динамику формирања кајмака (почетна температура и време формирања кајмака) и састав млека (садржај млечне масти, протеина и додатих протеина сурутке). На основу података прелиминарних огледа дефинисане су вредности параметара које су коришћене у даљем току истраживања.

Сагледавање фактора који утичу на процес формирања покожица и кајмака је вршено детаљним испитивањем утицаја термичког третмана (огледи А) и састава (огледи Б) млека на принос, састав, микроструктуру покожица као и дистрибуцију протеинских фракција млека пре и након процеса формирања покожица, и покожица. Последњи сегмент рада обухвата проучавање утицаја параметара ваздуха (огледи Ц) на принос и састав покожица, дистрибуцију протеинских фракција покожица и биланс енергије и масе у почетној фази формирања кајмака.

2.4.2 Методе рада

Основни параметри састава сировина, узорак покожица и кајмака су испитивани стандардним методама анализе, а обухватили су одређивање садржаја млечне масти, протеина и суве материје. На основу приноса и параметара састава кандидат је рачунским путем извео бројне параметре који доприносе лакшем тумачењу резултата огледа.

Карактеризација протеинских фракција узорак покожица, млека пре и након формирања покожица је вршена применом SDS PAG електрофорезом, у редукујућим и нередукујућим условима, а резултати су обрађени дензитометријском анализом. Микроструктуре одабраних узорак покожица су

анализиране применом скенирајуће електронске микроскопије при различитим увећањима.

Прорачуни биланса енергије и масе су вршени на основу одређивања размењеног топлотног флукса и количине влаге уклоњене са површине млека, који су добијени рачунским путем на основу извршених мерења.

Статистичка обрада резултата је обухватила анализу утицаја термичког третмана и састава млека као и параметара ваздуха на принос и састав покожица (огледи А, Б и Ц) и дистрибуцију протеинских фракција (огледи Ц) применом једнофакторијалног експеримента и анализу варијансе (АНОВА) коришћењем програма STATISTICA 6.0 (StatSoft, САД). Разлика између средњих вредности је поређена на нивоу 5%, а у поједним случајевима и на нивоу 1% статистичке значајности, коришћењем LSD теста.

Реализованим испитивањима је у целости испуњен програм рада одобрен у пријави.

2.5 Резултати истраживања

У овом поглављу приказани су резултати изведених истраживања, дискусија и на основу њих донети закључци.

2.5.1 Утицај одабраних параметара процеса формирања кајмака на принос и састав покожица и кајмака

На основу резултата прелиминарних истраживања спроведених у овом сегменту рада кандидат је установио интервале варирања испитиваних параметара, као и њихове утицаје на састав и својства покожице, односно кајмака. Такође, на основу добијених резултата извршено је дефинисање референтних вредности одабраних параметара који су коришћени у даљем истраживању.

Кандидат је установио да режим термичке обраде млека је показао изражени утицај на принос кајмака, при чему је највећи принос постигнут коришћењем млека третираног на 95°C у току 10 минута. Такође, анализом резултата о утицају времена формирања кајмака и различитих термичких третмана, кандидат је установио да се најдинамичније промене дешавају у првих 60 минута процеса формирања кајмака. Из тог разлога у наредним испитивањима процес формирања кајмака је прекидан после 60 минута.

Испитивањем тока формирања кајмака кандидат је показао да са повећањем времена формирања кајмака расте принос и садржај масти, док учешће протеина опада. Међутим, установљено је да апсолутне вредности и масти и протеина расту са временом формирања кајмака, али са различитом динамиком.

Разматрајући утицај почетне температуре формирања кајмака, установљено је да се са њеним снижавањем принос и учешће протеина покожица смањују, док се садржај масти и суве материје повећава. Кандидат закључује да је смањење учешћа протеина у покожици очекивано, јер се у условима ниже температуре млека смањује интензитет испаравања воде, а тиме се умањује тежња денатурисаних протеина ка преципитацији.

У погледу динамике загревања млека кандидат је за референтни оглед изабрао брзу динамику загревања са задржавањем у току 10 минута на температурама од

85 и 95°C. Наиме, кандидат истиче да је у току овог огледа установљен највећи принос, као и апсолутни садржај масти и протеина. Кандидат, као посебну важност у одабиру овог огледа као референтног, истиче његову сличност са поступком производње у домаћој радиности.

Анализирањем утицаја састава млека на састав и својства покожице кандидат закључује да је овај фактор један од најважнијих и значајно утиче на састав покожица и кајмака у целости. С тим у вези, за даља испитивања као референтни узорак је изабран састав млека са 4,0% масти и 3,4% протеина.

Разматрањем додавања протеина сурутке у млеко за производњу кајмака и покожица кандидат је установио да се у извесној мери мења ток формирања кајмака, при чему су промене у већој мери изражене у почетној фази процеса. Додатак 0,15% протеина сурутке, је резултирало благим повећањем приноса, док количина од 0,60% протеина сурутке, што је приближни еквивалент дуплирања њихове концентрације у млеку, је утицала на веома изражено повећање приноса, посебно у току првог сата формирања кајмака. Ради јаснијег сагледавања утицаја протеина сурутке, у даљим експериментима кандидат је дефинисао додавање протеина сурутке у количини од 0,60%.

2.5.2 Утицај термичког третмана млека на принос и састав покожица и дистрибуцију протеинских фракција у почетној фази формирања кајмака

Резултати ових огледа су показали да термички третман млека значајно утиче на инкорпорирање протеина у састав покожице, док њихов утицај на садржај млечне масти и суве материје није био статистички значајан. Такође, разматрањем коефицијената варијације, установљено је да нестандардни амбијентални услови у мањој мери утичу на варирања садржаја протеина, у поређењу са садржајем суве материје и млечне масти.

У обимној дискусији, кандидат је установио да је утицај термичког третмана млека на формирање покожице двојак и огледа се у утицају (1) на протеински комплекс млека и (2) на висину почетне температуре формирања покожице. С тим у вези, интензитет термичког третмана се рефлектује у понашању протеина на граничној површини, док се утицај почетне температуре огледа кроз интензитет испаравања воде из млека. У складу са тим, кандидат сматра да вредност почетне температуре формирања кајмака, захваљујући специфичном карактеру утицаја на протеине и масти, представља веома снажан механизам у управљању процесом формирања покожице. Експериментално је утврђено да се снижавањем почетне температуре формирања кајмака снижава концентрација протеина, а повећава концентрација масти у покожици.

Поређењем протеинских фракција млека пре формирања покожица са одговарајућим фракцијама у покожици, у редукујућим условима, уочава се значајно повећање учешћа фракција доминирајућих протеина сурутке (ФДСП) покожице у односу на узорке млека, док се истовремено уочава благо смањење учешћа казеинских фракција (ФК).

Када се посматра ситуација у нередукујућим условима, уочава се потпуно одсуство слободних ФДСП у покожици, док су у млеку били заступљени у

солидном обиму. Оваква дистрибуција фракција указује на присуство селективних механизма у процесу настајања покожице. Услед тога, кандидат закључује да се ФДСП у покожицу укључују искључиво у форми агрегата, међу којима су агрегати са казеинским мицелама вероватно преовлађујући, што се потврђује и веома стабилни међусобним односом појединих казеинских фракција. Стога, кандидат истиче значај термичке обраде млека у аутохтоној производњи кајмака, која представља неопходан корак, без којег нема производње кајмака.

Анализом фракција унутар фракција великих молекулских маса (ФВММ), интересантно је запазити да се фракција од око 72.000 јавља и у редукујућим и у нередукујућим условима у узорцима покожица, при чему се релативно учешће поменуте фракције вишеструко увећава у нередукујућим условима. На основу ових резултата кандидат отвара питање да ли поменута фракција има посебан значај у настајању покожица. Кандидат сматра да ова фракција има карактер протеинског комплекса који је вероватно резултат примењеног високог термичког третмана млека. Такође, заступљеност поменуте фракције, која се креће у интервалу од 12–14% од укупних протеина, указује да у структури овог комплекса мора бити присутна и нека од казеинских фракција, јер једино казеинске фракције својом заступљеношћу могу да обезбеде толико обиман удео у укупним протеинима.

2.5.3 Утицај састава млека на принос и састав покожица и дистрибуцију протеинских фракција у почетној фази формирања кајмака

Испитивања утицаја састава млека су показала да су протеини млека, и поред релативно мале заступљености у кајмаку, далеко најважнији конституент, који представља основу за изградњу структуре покожице. Кандидат наводи да карактер и интензитет утицаја протеина у млеку преовлађујуће зависи од њихове концентрације у млеку. С тим у вези, у случају растућег садржаја протеина млека, при различитим концентрацијама масти млека, кандидат је установио да долази до промене карактера њиховог утицаја. Наиме, установљено је да пораст протеина у млеку са 3,4% на 4,2% фаворизује утицај масти, које је резултирало повећању количине масти покожице за око 20%, а протеина за само око 9%. Међутим, кандидат такође наводи да даљим повећањем садржаја протеина у млеку, са 4,2% на 5%, долази до промене карактера понашања у смислу преовлађујућег укључивања протеина у покожицу, и наводи да је индекс пораста протеина био око 19%, а масти око 7%. Установљено је да је интензитет преовлађујућег утицаја протеина јаче изражен код виших нивоа протеина у млеку, без обзира на велико учешће масти у млеку, које је у овом огледу износило максимално 8%.

Кандидат је установио да додаток протеина сурутке доприноси повећању количина протеина и масти у покожици. Важно је истаћи да додавање протеина сурутке појачава улогу протеина у процесу формирања покожице, што доказује и смањење вредности односа маст/протеини (М/П), као и повећање приноса.

Анализом SDS PAGE покожица у редукујућим условима установљено је да однос ФДСП и ФК остају у релативно константним оквирима, чак и у случају растућег садржаја укупних протеина. Такође, додаток протеина сурутке није утицао на промену овог односа.

Односи између казеинских фракција су били стабилни чак и када је хемијски састав био прилично измењен у односу на типични, или када су протеини сурутке додати у двоструко већој количини од уобичајено присутне у млеку.

2.5.4 Микроструктура покожица

У овом сегменту рада приказани су резултати добијени скенирајућом електронском микроскопијом (СЕМ) покожица произведених у огледима (А и Б), који се односе на испитивање састава и термичког третмана млека на својства покожице. Ради бољег сагледавања резултата кандидат је микроструктуре одабраних покожица приказао при различитим увећањима, а такође је вршио мерење димензије празнина унутар структуре матрикса.

На основу резултата установљено је да термички третман млека утиче на микроструктуру покожица. Узорак покожице (А1), произведен од млека третираног слабијим режимом термичке обраде ($85^{\circ}\text{C}/10$ минута), се одликовао израженом униформношћу протеинске структуре дебљине ланаца ($0,81 - 1,41\mu\text{m}$), код које доминирају заобљени облици, за које кандидат претпоставља да су резултат постепеног умрежавања протеинске фазе млека, која је равномерно обухватала масне глобуле као доминантну фазу у саставу покожице. Супротно томе, узорак покожице (А2) добијен од млека третираног строжијим термичким режимом се одликовао значајним уделом кончастих сегмената, за које кандидат сматра да потичу од снажније инкорпорираних денатурираних протеина сурутке, сходно коришћеном термичком третману млека.

Резултати овог дела истраживања такође показују да је састав млека показао изражен утицај на структуру покожица. Узорак покожице, добијен од млека са стандарним садржајем протеина (3,4%), и значајно увећаним садржајем масти (8%), одликовао се филаментарном структуром са изузетно великом површином контакта протеинске фазе са преостале две фазе (масне и водене фазе). Протеински матрикс ових покожица се одликовао великом разубљеношћу и изразито танким ланцима протеинских агрегата, што је кандидат поврдио и димензијама појединих структурних елемената ($0,40 - 0,85\mu\text{m}$). Насупрот томе, узорак покожице (Б4) добијен од млека са стандардним садржајем масти (4%) и значајно увећаним садржајем протеина (5%) одликовао се збијеном структуром протеинском матрикса, коју кандидат описује као љуспаста.

Додавање протеина сурутке у млеко стандардног састава није значајно утицало на микроструктуру формиране покожице. Међутим, додавање протеина сурутке у млеко са веома великим садржајем масти и протеина је резултирало настанком веома великог присуства филаментарних елемената матрикса.

Упоредном анализом микроструктура различитих узорака покожица кандидат уочава да однос М/П има веома важну улогу у настанку специфичне микроструктуре. Кандидат указује да се вредност параметра М/П креће у интервалу од 6,11 – 12,83, при чему мање вредности воде ка настајању дебљих протеинских ланаца и љуспасте структуре, док веће вредности доприносе настајању изразито кочасте структуре, уз истовремено смањење дебљине протеинских ланаца.

2.5.5 Утицај параметара ваздуха на принос и састав покожица, дистрибуцију протеинских фракција и биланс енергије и масе у почетној фази формирања кајмака

На основу резултата добијених у овим огледима установљен је статистички врло значајан утицај релативне влажности ваздуха на принос и садржај масти покожица. Утврђено је да ниска влажност ваздуха (50%) омогућава велики обим одношења воде, што као последицу има снажно исушивање покожице, а што у коначном билансу умањује принос покожице. Повећање релативне влажности ваздуха са 50% на 70% резултирало је повећањем приноса за око 30%. Насупрот томе, повећање влажности (са 70% на 90%) је допринело успоравању губитка воде, чиме се успорава и агрегирање протеина, односно успорава формирање покожице, што је допринело смањењу приноса за око 9%. На основу ових резултата, кандидат сматра да је за оптимизацију процеса формирања кајмака потребно утврдити оптималну динамику, како губитка воде, тако и агрегирања протеинског материјала.

Резултати огледа су показали да и температура ваздуха значајно утиче на динамику формирања покожице. Кандидат је установио да је пораст температуре ваздуха утицао на повећање евапорације воде и садржаја суве материје покожице, што је истовремено допринело, повећању хидрофобности система, а тиме и снажнијем инкорпорирању масти у покожицу, што је за резултат имало повећање садржаја масти у сувој материји. Поред тога, кандидат је установио да температура ваздуха значајно утиче на принос покожице. На основу резултата, установљено је да са порастом температуре ваздуха са 20°C на 30°C долази до статистички значајног пораста приноса од око 14%, док даљи пораст температуре на 40°C доводи до пада приноса за око 5%, али без статистичке значајности.

Анализом SDS PAGE покожица у редукујућим условима установљено је да односи фракција доминирајућих протеина сурутке и фракција казеина остају у релативно константним односима. С друге стране, анализом у нередукујућим условима, кандидат је уочио потпуно одсуство слободних фракција доминирајућих фракција протеина сурутке. Учешће фракција казеина покожица у огледима са различитим параметрима ваздуха (Ц серија) у поређењу са покожицама огледа А и Б, је смањено за око 10-15%, док учешће фракција великих молекулских маса је повећано за око 50%. Поред тога, односи између казеинских фракција α -CN/(β +k)-CN су били стабилни и имали су, за разлику од резултата добијених анализом покожица огледа А и Б, вредности мање од један (0,90-0,98).

На основу ових резултата, кандидат сматра да су параметри ваздуха, у односу на термички третман и састав млека, показали најјачи утицај или пак можда утицај различитог карактера на укључивање казеинских фракција у покожицу.

2.6 Закључци

У закључном разматрању докторанд, сумирајући резултате, подвлачи важније сегменте рада, међу којима се посебно могу издвојити следећи ставови:

Термички третман млека има значајан утицај на садржај протеина, док утицај на садржај масти покожице није статистички значајан.

Утицај термичког третмана млека на процес формирања кајмака се у највећој мери рефлектује на протеински комплекс, посебно њихову површинску активност, и висину почетне температуре формирања покожице, која се одражава на интензитет испаравања воде из млека.

Вредност почетне температуре формирања кајмака, захваљујући специфичном карактеру утицаја на протеине и масти, представља веома снажан механизам у управљању процесом формирања покожице.

Садржај протеина млека утиче на садржај масти покожице. При нижем садржају протеина (3,4%), маст се снажније укључује у покожицу (70,67%) у односу на протеине (5,55%), док је при вишем садржају протеина значајнији пораст садржаја протеина (8,25%) у односу на садржај масти (60,33%).

Пораст садржаја укупних протеина млека, као и протеина сурутке, доприноси веома израженој улози протеина у процесу формирања покожица.

Састав и термички третман млека значајно утичу на микроструктуру покожица. При повећаном садржају протеина, покожица се одликовала љуспастом структуром са дебелим ланцима (0,81 – 1.41 μ m), док при већем учешћу масти установљена је филаментарна структура са танким протеинским ланцима (0,40 – 0.85 μ m).

Однос фракција доминирајућих протеина сурутке и фракција казеина остаје релативно у константним оквирима, чак и при веома измењеном саставу млека.

Односи између казеинских фракција присутних у покожицама су веома стабилни и код огледа серија А и Б се крећу у интервалу од 0,97 – 1.26, а код огледа серије Ц од 0,90 – 0,98, што указује да се казеин у покожицу преовлађујуће укључује у мицеларној форми.

Протеини сурутке су у покожици присутни искључиво у везаној форми, при чему су преовлађујуће присутни дисулфидно везани комплекси.

Термички третман млека, састав млека и параметри ваздуха нису показали утицај на појавни облик дистрибуције фракције доминирајућих протеина сурутке.

Механизам укључивања протеина сурутке у покожицу имао је делимично селективни карактер, што је допринело промени међусобних односа протеина у покожици у поређењу са њиховим односом у термички третираном млеку пре формирања покожице, тако да укупно учешће ФДСП које се у млеку кретало у интервалу 12,44 – 14,65% се у покожицама повећало и износило је 24,32 – 28,95%.

Услови у којима се изводи формирање кајмака, посебно температура и релативна влажност ваздуха, имају велики утицај на хемијски састав и принос покожица.

На основу свега изложеног кандидат закључује да је формирање покожице веома комплексан процес, да је у механизму њеног настајања изузетно значајна улога свих испитиваних фактора и да постоји веома висок степен њихове међусобне зависности. Суштинска контрола процеса формирања кајмака остварује се контролом дешавања у оквиру протеинске фазе. Установљено је, у условима бржег стварања покожице, повећање удела протеина у покожици, јер је за акумулирање масти неопходна временска димензија. С тим у вези, а на основу резултата, може се констатовати да централна позиција у процесу формирања покожице припада протеинима сурутке, који захваљујући разматавању глобуларне структуре током термичког третмана вишеструко увећавају своју функционалност,

како у процесу емулговања масти, тако и у процесу гелификације млека, односно настајању покожице.

2.7 Литература

У писању дисертације докторанд је користио 237 референци, од којих 18 домаћих, укључујући и 6 сопствених.

2.8 Прилози

У прилогу су дати детаљни подаци вредности групног и појединачног тестирања утицаја: термичког третмана, садржаја масти и протеина млека, као и параметара ваздуха на параметре покожице, као и листа скраћеница.

3 ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација дипл. инж. Мире Радовановић представља оригиналну, самосталну и заокружену научно-истраживачку целину.

Програмом ове дисертације обухваћена су испитивања утицаја састава и термичког третмана млека, и параметара ваздуха, као радног агенса, на принос, састав и својства покожице, као и дистрибуцију и карактеризацију протеинских фракција млека пре и након формирања кајмака, као и формираних покожица.

Примењујући одговарајуће, савремене методе и технике, дипл. инж. Мира Радовановић је у оквиру постављеног циља и програма рада, веома успешно обавила експериментални део истраживања, што је и документовала у резултатима дисертације. Дискусију резултата је водила успешно коментаришући сопствене резултате са резултатима до којих су дошли други аутори. Закључци су такође добро изведени и у сагласности су са добијеним резултатима и вођеном дискусијом.

Дисертација је писана веома јасним језиком и прегледно, а технички је веома добро организована и опремљена.

Оцењујемо да ова дисертација представља заокружену научну целину проучавања механизма формирања покожице и кајмака, која је резултирала детаљним сагледавањем и упознавањем фактора који утичу на састав и својства покожице, као горњег слоја и основе структуре будућег производа. Кандидат указује да протеини млека имају централну улогу у настајању покожице и да однос М/П, у зависности од састава млека и примењеног термичког третмана, варира у интервалу од 6,11 – 12,83, да дебљина протеинских ланаца покожица установљена на микроструктурама варира у интервалу од 0,40 – 1,41 μ м, док се удео удео сурутких протеина у укупним протеинима са 12,44 – 14,65% код млека повећава на 24,32 – 28,95% код покожица. Боље упознавање процеса формирања кајмака, као пионирски кораци у изучавању кајмака, отварају пут за стандардизацију постојећег поступка производње, креирање потенцијалне савремене и индустријске производње, као и добијање производа веома високог и уједначеног квалитета и безбедности, који би свакако нашао своје место на ширем тржишту производа од млека.

Сматрамо да је проблематика коју је докторанд одабрао, експериментално испитао и обрадио у поднетој дисертацији веома значајна, а добијени резултати и њихово тумачење представљају запажен допринос науци и пракси.

Имајући све ово у виду, предлажемо Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји позитивну оцену докторске дисертације дипл. инж. Мира Радовановић под насловом „*Утицај састава и термичког третмана млека на дистрибуцију протеина у производњи кајмака и својства формиране pokožице*“ и позове докторанда да је јавно брани.

Београд,
30.11.2012. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Предраг Пуђа, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Др Спасенија Милановић, редовни професор
Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет

Др Биљана Вуцелић Радовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Др Јелена Миочиновић, доцент
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Др Оливера Ећим Ђурић, доцент
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Прилог:

Мира Радовановић, дипл.инж., објавила је један рад у часопису Dairy Science and Technology, који се налази на SCI листи.

Pudja, P., Djerovski, J., **Radovanović, M.** (2008): Autochthonous Serbian product – Kajmak. Characteristics and production procedures. Dairy Sci. Technol. 88, 163-172.