

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Београд - Земун

Датум: 29.05.2025. године

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА

Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације Ане В. Шатрић, мастер инжењера технологије

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду број: 32/8-5.1. од 28.05.2025. године, именовани смо у Комисију за оцену урађене докторске дисертације под насловом: „Карактеризација својстава качкаваља са смањеним садржајем натријум-хлорида током зрења“, кандидаткиње Ане В. Шатрић, мастер инжењера технологије.

Комисија у саставу: др Никола Томић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Катарина Канурић, ванредни професор Технолошког факултета Нови Сад Универзитета у Новом Саду и др Милица Мирковић, ванредни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, на основу увида у достављену документацију, тј. прегледа, анализе и оцене докторске дисертације подноси Наставно-научном већу Пољопривредног факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидаткињи и дисертацији

Мастер инж. Ана (Веселин) Шатрић рођена је 08.04.1994. године у Београду, Република Србија. Основну школу „Лазар Саватић“ и Земунску гимназију завршила је у Београду. Пољопривредни факултет Универзитета у Београду, студијски програм: Прехрамбена технологија, уписала је школске 2013/14. године. Основне академске студије, модул Технологија анималних производа, завршила је 2017. године, са општим успехом 9,18 и оценом 10 на дипломском раду. Мастер студије уписала је на Пољопривредном факултету, студијски програм Прехрамбена технологија, модул Микробиологија хране и животне средине и завршила их одбраном мастер рада са оценом 10, под називом „Мишљење студената о безбедности и бацању хране“. У оквиру Ерасмус+ програма мобилности студената, завршила је један семестар мастер студија на Uppsala University у Шведској, у периоду 01.08.2018. – 19.01.2019, школске 2018/19. године. Све испите предвиђене планом и програмом мастер академских студија положила је са просечном оценом 9,83.

Током летњег семестра, у периоду 02.-30.04.2018. године остварила је практичан рад у Лабораторији за молекуларну биологију Института за молекуларну генетику и генетичко инжењерство Универзитета у Београду. Докторске студије уписала је школске 2019/20. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Прехрамбена технологија. Изабрана је у звање сарадника у настави, а потом 28.05.2020. у звање и на радно место асистента за ужу научну област *Технологија анималних производа* на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду. Обавила је стручно усавршавање у периоду 25.9. - 18.10.2019. у Млекарској школи „Др Обрен Пејић“ у Пироту.

Од 2024. године Ана Шатрић има ангажовање у својству члана пројектног тима на реализацији Ерасмус+ пројекта “European Excellence in Dairy Learning” (AEDIL Dairy CoVE). Ангажована је

на националним пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја од децембра 2019. године. Као аутор или коаутор у току досадашњег научно-истраживачког рада, публиковала је укупно 25 библиографских јединица, од којих су 12 радова на SCI листи (5 радова из категорије M21, 4 радова из категорије M22 и 3 радова из категорије M23) са Scopus h-индексом 5. Ана Шатрић поседује знање енглеског (IELTS сертификат), шведског (сертификат о положеном курсу у оквиру Uppsala University) и француског језика.

Докторске академске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм: Прехрамбена технологија, уписала је школске 2019/20. године. Испите предвиђене планом и програмом докторских академских студија положила је са просечном оценом 9,71. Веће научних области биотехничких наука је дало сагласност на одлуку Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду о прихватању теме докторске дисертације кандидаткиње. За ментора је одређена др Јелена Миочиновић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду.

Докторска дисертација Ане В. Шатрић, мастер инжењера технологије, под насловом „Карактеризација својстава качкаваља са смањеним садржајем натријум-хлорида током зрења“, написана је у складу са „Упутством за обликовање докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду“ на 117 страна и укључује 39 слика, 24 табела и 337 литературних навода. Докторска дисертација садржи уобичајене уводне садржаје (насловна страна на српском и енглеском језику, страна са информацијама о члановима Комисије, стране са изјавама захвалности, стране са сажетком и кључним речима на српском и енглеском језику, приказ садржаја), као и 8 основних поглавља: Увод (стр. 1-2), Преглед литературе (стр. 3-26), Циљ истраживања (стр. 27), Материјали и методе (стр. 28-40), Резултати и дискусија (стр. 41-87), Закључци (стр. 88-92) и Литература (стр. 93-117). На крају текста налази се Биографија аутора (стр. 118), као и Изјаве о ауторству, о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и о коришћењу (стр. 119-122).

2. Предмет и циљ дисертације

Предмет истраживања докторске дисертације се односио, у првом делу, на испитивање различитих параметара квалитета сирева декларисаних као качкаваљ доступних на домаћем тржишту, као и испитивање усаглашености са захтевима националног стандарда. Вршена је анализа хемијских, текстуралних и микробиолошких карактеристика, параметара протеолитичке и боје сирева који су на тржишту декларисани као качкаваљ. У већем делу дисертације наведене анализе су примењене за испитивање качкаваља крсташа (даље у наставку се наводи као качкаваљ) са уобичајеним садржајем соли; 30% смањеним садржајем натријум-хлорида и заменом 30% натријум-хлорида калијум-хлоридом током шест месеци зрења, како би се испитала могућност производње сирева са смањеним садржајем соли и утицај смањења на ток зрења и друге различите аспекте квалитета производа. Такође, испитан је ефекат смањења натријум-хлорида и замене натријум-хлорида калијум-хлоридом качкаваља на биоактивност сирева, односно испитана је антиоксидативна, антимикуробна и ангиотензин-конвертујући ензим (АСЕ) инхибиторна активност током зрења. Методом скенирајуће електронске микроскопије анализирана је микроструктура сирне груде и сирева, а коришћене су и савремене методе као што су компјутерски визуелни систем за испитивање параметара боје и тродимензионално скенирање за испитивање тродимензионалног модела сира. Сprovedена је и сензорна анализа испитиваних сирева која је обухватала испитивање сензорног квалитета применом коригованог петобалног бод система, као и испитивање прихватљивости применом хедонске скале и скале “управо онако како одговара”. У оквиру овог дела дисертације су произведене три серије качкаваља са различитим саставом соли. Циљ овог експеримента био је испитивање ефекта редукције и замене натријум-хлорида на различите параметре квалитета производа током шест

месеци зрења. Последњих година, све више су актуелна истраживања на тему могућности смањења уноса натријум-хлорида путем хране. Светска Здравствена Организација је препознала смањење садржаја натријум-хлорида у храни као једну од пет приоритетних активности у превенцији и контроли незаразних болести. Наиме, натријум-хлорид негативно утиче на здравље људи јер може довести до хипертензије, кардиоваскуларних болести, хроничних болести бубрега, остеопорозе и повећаног ризика од можданог удара. Стога је циљ овог рада био испитивање могућности смањења садржаја натријум-хлорида у производњи качкаваља, било смањењем додатог натријум-хлорида или делимичном заменом натријум-хлорида другим одговарајућим солима као што је калијум-хлорид. Качкаваљ, као један од најпопуларнијих традиционалних сирева на српском тржишту представља значајан извор натријум-хлорида и као такав је погодан са аспекта испитивања могућности смањења садржаја натријум-хлорида. Проучавање и карактеризација качкаваља са смањеним или делимично замењеним садржајем натријум-хлорида представља значајан допринос у добијању сира који је у складу са савременим трендовима у исхрани људи, а који може имати и додатни ефекат на здравље потрошача. Последњих година, уз све већу бригу о здрављу, веома су актуелна испитивања могућности смањења уноса соли путем хране. Сходно томе, испитивање биоактивности качкаваља са смањеним и делимично замењеним садржајем соли током зрења је по први пут вршено на овој врсти сира, што представља значајан допринос у постизању циљева везаних за смањење уноса соли путем хране. Упркос дугој традицији производње, качкаваљ је још увек недовољно проучен, те карактеризација качкаваља може помоћи у истицању вредности традиционалних производа. У том смислу, свеобухватна карактеризација качкаваља је била спроведена у циљу очувања и бољег разумевања квалитета качкаваља.

3. Основне хипотезе од којих се полазило у истраживању

Полазна хипотеза је била да се применом метода анализе може извршити карактеризација качкаваља са уобичајеним и смањеним садржајем кухињске соли, као и делимичном заменом натријум-хлорида калијум-хлоридом, што би омогућило добијање производа побољшаних дијететских својстава са редукованим садржајем натријума. Постављене су следеће хипотезе од којих се полазило у истраживању:

- Испитивања састава и својстава сирева који су декларисани као качкаваљ на домаћем тржишту би омогућило да се установи испуњеност захтева прописаних стандардом о квалитету ове врсте сирева;
- Смањење садржаја натријум-хлорида и делимична замена натријум-хлорида калијум-хлоридом у качкаваљу неће имати негативан утицај на ток зрења и сензорна својства качкаваља;
- Смањење садржаја натријум-хлорида и делимична замена натријум-хлорида калијум-хлоридом у качкаваљу неће негативно утицати на физичко-хемијске, микробиолошке параметаре и биоактивност производа;
- Смањење садржаја натријум-хлорида и делимична замена натријум-хлорида калијум-хлоридом у качкаваљу неће негативно утицати на микроструктуру, параметре боје, параметре текстуре, параметре тродимензионалног скенирања, као и сензорну оцену сирева.

4. Кратак опис садржаја дисертације

Увод. У овом поглављу истакнут је значај сира качкаваљ и пружен кратак осврт на историју производње, као и регулисаност захтева квалитета националним стандардом. Истакнуто је да карактеризација и сагледавање усаглашености сирева са тржишта са захтевима квалитета прописаних стандардом значајно утиче на очување њиховог квалитета. Такође, указано је на негативне аспекте употребе натријум-хлорида у прехранбеној индустрији и забринутост здравствених агенција због штетног дејства натријума који је повезан са хипертензијом, кардиоваскуларним и другим обољењима. Наглашена је потреба за смањењем садржаја соли у сиревима, обзиром на значајност сирева као извора соли. Такође, истакнуто је да проучавање и детаљна карактеризација качкаваља са смањеним и делимично замењеним садржајем натријум-хлорида калијум-хлоридом пружа значајан допринос у добијању сира који је у складу са савременим трендовима у исхрани људи. На крају уводног поглавља предочен је научни допринос докторске дисертације, који се огледа у стицању нових сазнања током зрења традиционалног качкаваља, као и карактеризацији качкаваља са смањеним сажајем натријум-хлорида, и делимичном заменом натријум-хлорида калијум-хлоридом, који могу да испуне захтеве савремених препорука за исхрану потрошача.

Преглед литературе. Ово поглавље се састоји од доступних података из литературе, који су уско повезани са предметом проучавања докторске дисертације, а који су груписани у 3 потпоглавља са 19 поднасловa. У првом потпоглављу указано је на производњу и својства качкаваља, нарочито се истиче његов значај, као и значај традиционалних производа и појма традиционалне хране. Указано је на дугу традицију производње ове врсте сира, како у Србији, тако и у многим другим земљама. Такође, скренута је пажња на податке о географском пореклу качкаваља, као и његовој вековној историји. Поред тога, указано је на значај ове врсте сира која потиче из чињенице да је Институт за стандардизацију Србије установио национални стандард који прописује захтеве квалитета качкаваља који морају бити испуњени. Детаљно је описан технолошки поступак производње Пиротског качкаваља: квалитет млека за производњу качкаваља, израда баскије, превођење баскије у качкаваљ, као и зрење и нега качкаваља. У даљем тексту детаљно је описана микробиота качкаваља, која има посебан значај обзиром да традиционална производња качкаваља из сировог млека подразумева изостанак додавања стартер култура, што посебно утиче на разноликост састава присутне микробиоте. Посебна пажња је посвећена аутохтоним бактеријама млечне киселине које учествују у зрењу сирева, а које значајно утичу на формирање сензорних својстава. Такође, истакнут је утицај соли на способност раста аутохтоних бактерија млечне киселине. У следећем потпоглављу указано је на значај соли у производњи сирева, где је посебна пажња посвећена значају соли у исхрани људи, као и могућности смањења садржаја соли у производњи сирева. Указано је на важност сољења у производњи сирева јер со поседује вишеструки значај. Наведено је да је со важна са нутритивног аспекта, али да има значајан утицај на ток зрења сирева и формирање њиховог састава, као и својстава кроз утицај на активност ензима. Истакнуто је да је последњих година посебна пажња посвећена утицају кухињске соли на здравље потрошача, због штетног утицаја натријума који се повезује са хипертензијом, кардиоваскуларним и другим обољењима. Такође, указано је на савремене трендове људи и све већу бригу о здрављу, због чега су актуелна испитивања на тему могућности смањења уноса кухињске соли путем хране. На крају, у трећем

потпоглављу описана је биоактивност сирева: антимикробна, антиоксидативна и антихипертензивна активност. Описано је благотворно дејство сирева које настаје као последица биолошки активних једињења. У даљем тексту посебна пажња је посвећена факторима који утичу на биоактивност сирева: термички третман млека у производњи сира, коагуланти, стартерска и нестартерска микробиота и температура и време зрења.

Материјал и методе. У циљу реализације првог дела докторске дисертације прикупљено је и испитано укупно 12 сирева декларисаних као качкаваљ са домаћег тржишта. У другом делу, произведен је качкаваљ крсташ (који се у дисертацији наводи као качкаваљ) у погону за прераду млека Млекарске школе “Др Обрен Пејић” у Пироту, у три понављања. Произведене су три варијанте сирева: сир качкаваљ који је произведен према уобичајеном технолошком поступку производње уз додавање натријум-хлорида (2%) (K); сир качкаваљ са 30% смањеним садржајем натријум-хлорида (S); сир качкаваљ са 30% замењеним садржајем натријум-хлорида калијум-хлоридом (M). Састав млека које је употребљено за производњу сира качкаваљ анализирано је коришћењем анализатора млека Grimacheck (Biotrend Plus, Бугарска) за одређивање садржаја: млечне масти, суве материје без масти, протеина и лактозе. Физичко-хемијске анализе у циљу добијања састава узорка сирева су спроведене референтним методама, а то су: садржај суве материје, садржај млечне масти, укупан садржај протеина према Kjeldahl методи анализом садржаја укупних азотних материја помножен са фактором 6,38 и садржај соли према Volhard методи. Из добијених података израчунати су садржај млечне масти у сувој материји сира, као и садржај воде у безмасној материји сира. Дигитални рН-метар Consort C 931 (Consort, Turnhout, Белгија) је коришћен у циљу одређивања рН вредности узорка сирева. Испитивање садржаја у води растворљивих азотних материја спроведено је методом према Kuchroo i Fox (1982), а на основу којег је израчунат коефицијент зрелости као садржај у води растворљивих азотних материја као удео у укупним азотним материјама. Садржај азотних материја растворљивих у 5% фосфоволфрамској киселини испитан је методом према Stadhouers (1960). Уреа електрофореза на полиакриламидном гелу је спроведена према методи Andrews (1983) уз коришћење електрофоретске јединице Twin Plate TV200YK (Consort, Turnhout, Белгија). Денситометрија гел електрофоретограма је извршена коришћењем програма ImageJ у циљу сагледавања разградње казеинских фракција. Текстурална својства сирева испитана су помоћу анализатора текстуре Analyzer TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, UK) са ћелијом која пружа оптерећење од 5 кг и употребом софтверског програма Exponent истог произвођача. Сиреви су испитани методом анализе профила текстуре применом алуминијумског цилиндра као алата пречника 25 мм (P/25). Испитани параметри текстуре су: чврстина, еластичност, кохезивност и жвакљивост. У циљу одређивања броја присутних бактерија млечне киселине примењена је метода разређења засејавањем на селективне подлоге MRS (Merck, Darmstadt, Немачка) за штапићасте БМК и M17 (Merck, Darmstadt, Немачка) за округласте БМК. Мезофилне и термофилне БМК су раздвојене температуром инкубације на 30 ° C и 42 ° C током 48 сата, респективно. Засејане MRS подлоге су биле инкубиране анаеробно (GasPak Jar, BBL, Kansas, САД). У циљу екстракције и одређивању у води растворљивих азотних материја примењена је метода према Kuchroo и Fox (1982), након чега су добијени протеински екстракти лиофилизовани. Методама одређивања антиоксидативног капацитета помоћу инхибиције ABTS радикала према Re и сар. (1999) и одређивања слободно-радикалског капацитета помоћу DPPH радикала модификованом методом

према Xiao и сар. (2020) је испитана антиоксидативност добијених лиофилизованих протеинских екстраката сира. Испитивање антимикробности лиофилизованих протеинских екстраката сира је изведено модификованом методом према Campos и сар. (2022). Испитивање ACE инхибиције је спроведено према методи Sahingil и сар. (2014). Три варијанте сирева качкаваља су испитане тродимензионалним (3D) скенирањем коришћењем Shining 3D EinScan-SP 3D уређаја (Shining 3D, Hangzhou, Кина) и софтвера за обраду података истог произвођача. Примењена метода 3D скенирања сирева је описана у студији Satric и сар. (2024) и примењена у три понављања. Режим који је приликом скенирања био примењен је водонепропусни режим са високим нивоом детаља. За обраду података и формирање 3D модела сира коришћен је софтвер EXScan S_v3.0.0.1 (Shining 3D, Hangzhou, Кина). Скенирајућа електронска микроскопија је изведена припремом узорака према Kuo и Gunasekaran (2009). Сушење узорака сира на критичној тачки помоћу течног угљен-диоксида је извршено коришћењем сушача на критичној тачки (Critical Point Dryer, Quorum, K850, УК). Након тога, узорци су пресвљачени златом (50 nm) на уређају за упаравање (SCD 005 sputter coater, BAL-TEC, Scan, Немачка) у трајању од 100 s на 30 mA. Скенирајућа електронска микроскопија је изведена помоћу скенирајућег електронског микроскопа JEOL JSM-6390 LV (JEOL, Tokyo, Japan). Параметри боје сирева су одређени коришћењем компјутерског визуелног система према методи описаној у студијама Томашевић и сар. (2019a; 2019b). Параметри боје који су испитани код сваког анализираног узорка сира су L^* , a^* и b^* . Сензорно оцењивање квалитета различитих варијанти качкаваља је спроведено применом коригованог петобалног бод система. Сензорни панел се састојао од 9 оцењивача којима је приложено упутство за сензорно оцењивање квалитета качкаваља пре спровођења самог оцењивања. Параметри квалитета који су испитани су следећи: спољни изглед, мирис, текстура и укус. У циљу испитивања степена прихватљивости примењене су хедонска скала и „управо онако како одговара” скала. Хедонска скала је примењена за испитивање сира качкаваљ са различитим садржајем и заменом соли у погледу степена прихватљивости за текстуру, укус и укупну прихватљивост производа. Скалом „управо онако како одговара” су испитани сланост, интензитет укуса и тврдоћа сирева. Статистичка анализа података на првом месту обухватила је примену различитих модела анализе варијансе (ANOVA) у циљу тестирања утицаја испитиваних фактора (период зрења и састав соли) на испитиване променљиве/карактеристике. Приликом анализе података добијених сензорним испитивањем, оцењивачи су третирани као променљива са случајним нивоом фактора. За вишеструко поређење парова средњих вредности мерења, након примене ANOVA, коришћен је Tukey HSD тест. Ове анализе урађене су на нивоу статистичке значајности од 0,05. Хијерархијска анализа груписања је изведена применом Ward-ове методе груписања на бази еуклидског растојања. За анализу података коришћени су следећи софтвери: Microsoft Excel (Microsoft, Redmond, WA, САД) и SPSS програм (IBM SPSS Statistics 21).

Резултати и дискусија. Резултати истраживања приказани су у оквиру два потпоглавља са више поднаслова, јасно и прегледно у виду табела, графичких приказа и слика. Резултати истраживања су прецизно тумачени и упоређени са резултатима истраживања научне литературе. У првом потпоглављу приказани су и дискутовани резултати који се односе на испитивање различитих параметара квалитета сирева декларисаних као качкаваљ доступних на домаћем тржишту, као и испитивање усаглашености са захтевима националног стандарда

(Институт за стандардизацију Србије, 1997). У другом потпоглављу представљена је карактеризација традиционалног качкаваља, као и качкаваља са смањеним садржајем натријум-хлорида и делимично замењеним садржајем натријум-хлорида калијум-хлоридом и испитивање ефекта редукције и замене натријум-хлорида на различите параметре квалитета производа током шест месеци зрења.

Резултати испитивања сирева дефинисаних као качкаваљ на домаћем тржишту

На основу резултата основних физичко-хемијских испитивања, показане су варијације у параметрима хемијског састава сирева качкаваљ. У смислу дефинисаног минимума суве материје, чак шест од дванаест (50%) испитиваних сирева није испунило услове националног стандарда, односно имало је мањи садржај суве материје од прописане вредности 54%. Према садржају воде у безмасној материји сира који је варирао од 55,71% до 67,06%, сви анализирани сиреви припадали су групи полутврдых сирева. Сви испитивани сиреви су декларисани да имају минимално 45% садржаја масти у сувој материји. Међутим, установљено је да четири од дванаест сирева (30%) нису испунили услове националног стандарда, односно нису имали минимум од 45% садржаја масти у сувој материји. Према резултатима добијеним у овој дисертацији, термин качкаваљ се употребљавао иако сиреви качкаваљ доступни на домаћем тржишту нису били у потпуности усклађени са националним стандардом. Овакви резултати указују на потребу успостављања боље контроле декларисања производа од стране регулаторних тела. Адекватно декларисање производа је веома важно како се не би потрошачи доводили у заблуду, а такође и ради очувања квалитета. Резултати су показали варијације у оквиру хемијског састава сирева качкаваљ доступних на домаћем тржишту. Ово одражава различите методе производње сирева које обухватају квалитет и врсту сировог млека, употребу starter култура, трајање и услове периода зрења итд. Значајне разлике ($p < 0,05$) утврђене су између испитаних сирева у погледу садржаја суве материје, млечне масти, масти у сувој материји сира, воде у безмасној материји сира и соли. Поред тога, поједини сиреви (око 40%) су окарактерисани са великим садржајем соли (2,78-3,69%). Традиционални сиреви качкаваљ (Пиротски качкаваљ, узорци C10, C11 и C12) су показали висок ниво садржаја соли. Резултати су показали да је садржај протеина узорака био у интервалу од 23,25% до 30,79%. Коефицијент зрелости RN/UN (%) сирева качкаваљ са тржишта био је у веома широком интервалу од 6,72% до 27,31%, што указује на значајне варијације ($p < 0,05$) сирева различитих произвођача и неуједначен степен зрелости. На основу ниских коефицијената зрелости појединих сирева могло се указати на кратак период зрења. Када је у питању PTAN/UN, резултати анализе сирева качкаваљ са домаћег тржишта указали су на значајне разлике ($p < 0,05$) и били у распону од 0,10% до 2,75%. Уреа полиакриламидна гел електрофореза је коришћена да би се добио профил протеолизе сирева качкаваљ са домаћег тржишта. Удео фракција α_1 казеина (%) свих испитиваних узорака сира био је у распону од 19,96% до 30,52%. Фракција β казеина (%) свих узорака сира је између 19,28% и 27,98%. Резултати су показали хидролизу α_1 казеина и β казеина и формирање продуката деградације што указује на активност и резидуалног химозина и плазмина. Резултати су указали на широк распон вредности, од 827 g до 5232 g у погледу тврдоће која је један од главних параметара текстуалних својстава сира. Такође, између параметара анализе профила текстуре и хемијског састава установљене су значајне корелације. Добијени резултати су показали да су сви качкаваљ сиреви имали број ћелија мезофилних и

термофилних БМК изнад $6 \log \text{cfu/g}$ за, осим броја термофилних БМК (MRS) у узорку C3 ($5,54 \log \text{cfu/g}$) и C5 ($5,79 \log \text{cfu/g}$), а за термофилне БМК (M17) у узорку C8 ($5,26 \log \text{cfu/g}$) и C11 ($5,98 \log \text{cfu/g}$), који су били нижи. Статистичка анализа је показала да постоје значајне разлике између броја мезофилних и термофилних БМК ($p < 0,05$) у узорцима качкаваља. Резултати истраживања параметара боје су показали да су вредности L^* биле између 87,25 и 92,08 и није било значајних разлика у оквиру свих испитиваних сирева ($p < 0,05$). Међутим, постојале су значајне разлике ($p < 0,05$) обе вредности a^* и b^* између узорака сира. Вредности a^* и b^* биле су у интервалу од 0,00 до 0,92 и од 11,79 до 22,67, респективно. Примењена је хијерархијска кластер анализа података добијених из свих параметара сирева качкаваљ са домаћег тржишта. Уочено је да су узорци сирева означени са C10, C11 и C12, који се традиционално производе у истом региону општине Пирот, груписани на истој позицији на НСА дендрограму.

Резултати испитивања својства качкаваљ са различитим садржајем соли

Резултати хемијског састава традиционалног сира качкаваљ (означен као контролни словом K), као и варијанти са смањеним садржајем NaCl (означен словом S) и делимично замењеним NaCl KCl-ом (означен словом M), су показали да све три варијанте сира качкаваљ испуњавају услове утврђене националним стандардом (Институт за стандардизацију Србије, 1997) за сир качкаваљ крсташ. Према резултатима садржаја воде у безмасној материји сира, све испитане варијанте сирева качкаваљ припадају групи полутврдых сирева. Није било статистичких разлика између ових варијанти сирева, што сугерише да смањење садржаја NaCl за 30% као и замена са KCl за 30% не утиче на хемијски састав сирева. Смањење или замена садржаја NaCl нису показали значајан утицај на параметре протеолитичких промена током зрења качкаваља, а који су посматрани кроз параметре RN (%), PTAN (%), RN/UN (%), PTA/RN (%) и PTA/UN (%). Параметар RN/UN (%) (коефицијент зрелости сира) се повећавао одмицањем зрења сира: од 10,82 - 12,88% 1. дана до 31,79 - 33,42% 180. дана код свих варијанти качкаваља. Током зрења повећавао се садржај PTA/RN (%) и PTA/UN (%), али је статистички значајно повећање установљено у другој фази зрења односно након 90. дана. Сагледавајући електрофоретске фракције, могло се уочити да не постоје значајне разлике тока протеолизе испитаних сирева K, M и S током зрења. Ток разградње казеина током зрења је сличан код све три испитане варијанте сирева качкаваљ. Могу се приметити разградња α_{s1} -казеина, као и β -казеина, које напредују одмицањем периода зрења сирева. Удео фракција α_{s1} казеина (%) свих испитиваних узорака сира био је у интервалу од 23,39% до 24,59% 1. дана зрења, док је 180. дана био од 16,20% до 16,59%. Удео фракција β казеина (%) свих узорака сира је био у интервалу од 21,19% до 21,64% 1. дана зрења, док је 180. дана био од 20,25% до 20,60%. Скенирајућом електронском микроскопијом је утврђено да се сирна грудa пре ферментације састоји од густих и компактних протеинских ланаца, а након ферментације је представљена са више рупа у протеинском матриксу које се појављују када је постигнута одређена pH вредност од 5,2. Микроструктура грудe након обраде (ђубек) је показала издужена протеинска влакна у растегнутом сирu са додатком честица соли. Мрежа протеина је дефинисана уједначеним агрегатима и није видљива значајна разлика између сирева направљених са различитим садржајем NaCl, што указује да смањење и замена соли нису утицали на микроструктуру. Током зрења густина протеинског материјала се повећавала, као и величина и број шупљина. Број БМК се повећавао током зрења свих сирева и 90. дана зрења је био између 7 и $8 \log \text{cfu/g}$. У 180. дану зрења у свим сиревима је

утврђен значајан пад броја БМК. Смањење садржаја соли и делимична замена NaCl KCl-ом нису показали значајан утицај на број БМК у сиревима качкаваљ. Статистички значајна разлика на нивоу значајности $p=0,05$ није постојала између К, М и S варијанти између параметара текстуре: тврдоћа, еластичност, кохезивност и жвакљивост. Дакле, резултати су показали да смањење NaCl (30%) и замена NaCl KCl-ом (30%) нису имали значајног ефекта у погледу параметара текстуре током 180 дана зрења сира качкаваљ. Када је реч о смањењу запремине током зрења сира утврђено 3D скенирањем, резултати су показали значајну разлику ($p<0,05$) између контролне и друге две варијанте (М и S). Обе варијанте сира качкаваљ (М и S) су током зрења показале мање смањење запремине у односу на контролну варијанту. Ово треба нагласити, јер не само да М и S имају веће здравствене бенефите у односу на контролну варијанту због смањења садржаја NaCl, већ су показали и мањи губитак запремине сира у поређењу са контролом. Испитивањем параметара боје, анализа варијансе није показала значајну разлику ($p>0,05$) између L^* , a^* и b^* параметара међу анализираним варијантама сирева качкаваљ (К, М и S). Међутим, постојале су значајне разлике у параметру L^* , a^* и b^* код варијанти сира качкаваљ током 180 дана зрења ($p<0,05$). Током зрења, примећено је смањење вредности L^* и повећање вредности a^* и b^* . Највећа антимикробна активност је утврђена у S, затим М и на крају у контролној варијанти 30. дана зрења. У 180. дану, антимикробна активност свих варијанти сирева се повећала, при чему су и даље најбољи резултати били код сирева са смањеним садржајем соли. Обе методе за утврђивање антиоксидативне активности и ABTS и DPPH су показале резултате са сличним трендом промена, при чему је варијанта качкаваља са смањеним садржајем NaCl показала најбољу антиоксидативну активност током зрења. Утврђено је да S варијанта показује највише вредности при свим концентрацијама протеинског екстракта након 30. дана и 180. дана зрења, затим М, док је контролна варијанта показала најмања антиоксидативна својства. У погледу ACE инхибиторне активности међу испитиваним варијантама није било значајних разлика. ACE инхибиторна активност се 30. дана зрења кретала у интервалу од 53,15% до 55,28% за све испитиване узорке сира. Током зрења, ACE инхибиторна активност се значајно повећавала код свих варијанти сирева и на крају зрења, у 180. дану се кретала у интервалу од 79,38% до 82,57%. Сензорна анализа применом коригованог петобалног бод система је показала да утицај смањења садржаја соли, као и замене натријум-хлорида калијум-хлоридом, није био статистички значајан. Закључено је да сви испитивани сиреви припадају групи сирева одличног квалитета са израженим позитивним својствима. Применом хедонске скале установљена је мања прихватљивост контролног узорка у односу на две експерименталне варијанте, без обзира на период зрења. Сагледавајући резултате примењене скале „управо онако како одговара“, већина JAR фреквенција ("како одговара") су преко 80%, што указује на то да испитиваној групи потрошача одређено испитивано својство било прихватљиво. Упоредивањем вредности учесталости за одговоре „како одговара“ испитиваних варијанти качкаваља, установљено је да су вредности контроле биле ниже од 80%, за разлику од варијанти сирева са смањеним и замењеним садржајем натријум-хлорида, 30. и 180. дана зрења. Анализом пада вредности оцене укупне прихватљивости показало се да је контролни узорак оцењен као мање прихватљив за потрошаче. Контролни узорак је у оба случаја (30. и 180. дана) оцењен као “превише слан” од значајног броја тестираних потрошача.

Такође, контролном узорку је значајан број потрошача 180. дана дао оцену да има “превише изражен укус”.

Закључци. У овом поглављу су на основу добијених резултата истраживања и њихове дискусије изведени одговарајући закључци. Утврђен је широк распон варијација између испитиваних својстава сирева. Састав је указао на велике варијације у уделу укупне суве материје који се кретао од 51,52% до 58,71%, млечне масти од 20,00% до 29,50% и масти у сувој материји од 36,08% до 55,96%, NaCl од 0,93% до 3,69% и укупних протеина од 23,25 % до 30,79 %. Параметри протеолитике у сиревима качкаваљ значајно су се разликовали. Испитивања боје показала су значајне разлике у вредностима a^* и b^* , међутим у вредностима L^* није било значајних разлика ($p>0,05$). Традиционални сир качкаваљ представља део националне баштине, стога је спроведена свеобухватна карактеризација како би се истражиле варијације квалитета између сирева који су декларисани као качкаваљ на домаћем тржишту. Резултати су показали да се израз качкаваљ користи иако неки сиреви нису у потпуности усклађени с националним стандардом. Потребно је унапредити контролу испуњавања захтева националног стандарда, као и подизање свести и превенцију неадекватног декларисања сира.

Број бактерија млечне киселине се код свих сирева повећао 30. дана зрења и до 90. дана је остао на нивоу од 7-8 log јединица. Током 180. дана зрења утврђене су значајне разлике у броју термофилних врста. Најбоља антимикуробна активност је уочена код сира редукованог натријум-хлорида 30. дана и повећавала се до 180. дана. Редукција натријум-хлорида постигла је значајно бољу антиоксидативну активност у шестом месецу зрења качкаваљ сира, применом ABTS и DPPH методе. ACE инхибиторна активност се повећавала током зрења, али није било значајних разлика између произведених варијанти сира. Смањење садржаја соли као и замена соли у производњи качкаваљ сира нису показали значајан утицај на ток примарне и секундарне протеолитике. Анализа текстуре сирева је показала да није било статистички значајних разлика између контролне варијанте и варијанти са смањеним садржајем натријум-хлорида и са заменом натријум-хлорида калијум-хлоридом посматрајући параметре текстуре: тврдоћа, еластичност, кохезивност и жвакљивост. Резултати 3D скенирања су показали значајно мање смањење запремине сирева качкаваљ са смањеним садржајем натријум-хлорида и замењеним калијум-хлоридом у односу на контролну варијанту током зрења ($p<0,05$). Смањење и замена натријум-хлорида у производњи сира качкаваљ није утицала на микроструктуру груде током производње, као ни на микроструктуру различитих сирева добијене помоћу скенирајуће електронске микроскопије. Није било значајних разлика између параметара боје као што су L^* , a^* и b^* између сирева произведених са различитим садржајем и врстом соли анализираних помоћу компјутерског визуелног система ($p>0,05$). Резултати су показали да смањење садржаја соли, као и замена калијум-хлоридом у производњи сира качкаваљ није показала негативан ефекат током 180 дана зрења. Ови резултати су посебно важни у погледу остваривања здравствених циљева путем смањења уноса соли, као и истицања употребе нових дигиталних метода у контроли квалитета сира. Сензорна анализа применом коригованог петобалног бод система није показала значајне разлике између испитиваних сирева, али сви припадају групи сирева одличног квалитета са израженим позитивним својствима. Применом хедонске скале установљена је мања прихватљивост контролног узорка у односу на испитиване варијанте, без обзира на период зрења. Упоређивањем вредности учесталости за одговоре „како одговара“ варијанти качкаваља,

установљено је да су вредности контроле биле ниже од 80%, за разлику од варијанти сирева са смањеним и замењеним садржајем натријум-хлорида, 30. и 180. дана зрења. Анализом пада вредности оцене укупне прихватљивости показало се да је контролни узорак оцењен као мање прихватљив за потрошаче.

Литература. У овој дисертацији је на правилан начин наведено 337 референци, које представљају преглед најзначајнијих актуелних радова уско везаних за област истраживања.

5. Објављени и саопштени резултати

Кандидаткиња је као први аутор написала два научна рада који су садржински повезани са дисертацијом и објављени у водећим међународним часописима са SCI листе:

1. **Satric, A.**, Tomasevic, I., Djekic, I., Pavlovic, V., Levic, S., Miocinovic, J. (2024). Evaluation of low sodium Kačkavalj cheese properties using 3D scanning, scanning electron microscopy and computer vision system. *International Journal of Dairy Technology*, 77 (2) 586-593. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.13046>
2. **Satric, A.**, Miloradovic, Z., Mirkovic, M., Mirkovic, N., Miocinovic, J. (2023). Quality characteristics of 'Pasta-Filata' Serbian Kačkavalj cheese and regulatory compliance assessment. *Mljekarstvo/Dairy*, 73 (1), 38-49. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0105>

6. Закључак

Докторска дисертација Ане В. Шатрић, мастер инжењера технологије, под насловом „Карактеризација својстава качкаваља са смањеним садржајем натријум-хлорида током зрења“ представља оригинално и самостално научно дело из области прехранбене технологије. Комисија сматра да је дисертација урађена у складу са одобреном пријавом теме докторске дисертације.

Кандидаткиња је у складу са савременом научном методологијом и најновијим трендовима у области прехранбене технологије извела експериментални део дисертације. Кандидаткиња је правилно дефинисала предмет истраживања, циљеве и хипотезе. Резултати су прегледно приказани, правилно анализирани и дискутовани уз одговарајућу и релевантну литературу, а закључци су правилно изведени. Резултати истраживања остварени у оквиру ове дисертације су веома значајни за науку и праксу, јер истичу велики потенцијал за развој производа који доприноси здрављу потрошача и који одговара савременим трендовима у исхрани људи. Свеопшти закључак је да по свим критеријумима испитиваних параметара, варијанта сира са 30% смањеним садржајем натријум-хлорида се може успешно применити у производњи сира качкаваљ, при чему не одступа од квалитета традиционалног сира, а показује најбољу биоактивност, нарочито у погледу антимикуробне и антиоксидативне активности, са високо оцењеним сензорним квалитетом и испуњеним захтевом савремене исхране смањења уноса соли у циљу очувања здравља потрошача. Такође, својства варијанте сирева произведених са 30% смањеним садржајем натријум-хлорида, као и са 30% замењеним натријум-хлоридом калијум-хлоридом, нису показала значајна одступања у квалитету у односу на традиционално произведен сир са уобичајеним садржајем соли.

Осим тога, дисертација је веома значајна посматрано са аспекта сагледавања испуњености захтева националног стандарда сирева декларисаних као качкаваљ са тржишта. У оквиру ових испитивања, утврђено је да се назив качкаваљ употребљава иако сиреви нису усклађени са захтевима стандарда, што указује да је неопходно увођење строже контроле квалитета и декларисања овог производа.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос приказаних резултата, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидаткиње Ане В. Шатрић, мастер инжењера технологије, под насловом „Карактеризација својстава качкаваља са смањеним садржајем натријум-хлорида током зрења“ и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцену и омогући кандидаткињи јавну одбрану.

Чланови Комисије

др Никола Томић, редовни професор
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет
ужа научна област: Управљање безбедношћу и квалитетом хране

др Катарина Канурић, ванредни професор
Универзитет у Новом Саду-Технолошки факултет Нови Сад
ужа научна област: Прехрамбено инжењерство

др Милица Мирковић, ванредни професор
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет
ужа научна област: Технолошка микробиологија

**ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ
ДИСЕРТАЦИЈЕ**

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације под насловом: **„Карактеризација својстава качкаваља са смањеним садржајем натријум-хлорида током зрења“**, аутора Ане В. Шатрић, констатујемо да је утврђено подударане текста од 16% за 244 извора. Највеће подударности од 4% и 2%, утврђене су као последица претходно публикованих резултата проистеклих из дисертације:

- Satric, A., Miloradovic, Z., Mirkovic, M., Mirkovic, N., Miocinovic, J. (2023). Quality characteristics of ‘Pasta-Filata’ Serbian Kačkavalj cheese and regulatory compliance assessment. *Mljekarstvo/Dairy*, 73 (1), 38-49;
- Satric, A., Tomasevic, I., Djekic, I., Pavlovic, V., Levic, S., Miocinovic, J. (2024). Evaluation of low sodium Kačkavalj cheese properties using 3D scanning, scanning electron microscopy and computer vision system. *International Journal of Dairy Technology*, 77 (2) 586-593.

За остале изворе утврђен је нижи степен подударности као последица цитата, личних имена, описаних поступака и метода, библиографских података о коришћеној литератури, општих места и података, назива инструмената, произвођача као и хемијских једињења, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Ментор

др Јелена Миочиновић, редовни професор
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет
ужа научна област: Технологија анималних производа