

Utjecaj vrste salamure na fizikalno-kemijska svojstva sira u tipu mozzarella

Vujeva, Milka

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:096781>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**UTJECAJ VRSTE SALAMURE NA FIZIKALNO-KEMIJSKA
SVOJSTVA SIRA U TIPU MOZZARELLE**

DIPLOMSKI RAD

Milka Vujeva

Zagreb, rujan, 2024.
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Prerada i proizvodnja mlijeka

**UTJECAJ VRSTE SALAMURE NA FIZIKALNO-KEMIJSKA
SVOJSTVA SIRA U TIPU MOZZARELLE**
DIPLOMSKI RAD

Milka Vujeva

Mentor:
Izv.prof.dr.sc. Iva Dolenčić Špehar

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Milka Vujeva**, JMBAG 0243083457, rođen/a 09.02.1994. u Splitu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ VRSTE SALAMURE NA FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA SIRA U TIPU MOZZARELLE
Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice Milka Vujeva, JMBAG 0243083457, naslova

UTJECAJ VRSTE SALAMURE NA FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA SIRA U TIPU MOZZARELLE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|-------------------------------------|--------|-------|
| 1. | Izv.prof.dr.sc. Iva Dolenčić Špehar | mentor | _____ |
| 2. | Izv.prof.dr.sc. Milna Tudor Kalit | član | _____ |
| 3. | Izv.prof.dr.sc. Jana Šic Žlabur | član | _____ |

Zahvala

Zahvaljujem mentorici, izv.prof.dr.sc. Ivi Dolenčić Špehar na predloženoj temi, vremenu, trudu, stručnoj pomoći i korisnim savjetima tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem članovima stručnog povjerenstva, izv.prof.dr.sc. Milni Tudor Kalit i izv.prof.dr.sc. Jani Šic Žlabur koje su korisnim savjetima neizmjereno doprinijele kvaliteti ovog rada.

Također, zahvaljujem Referentnom laboratoriju za mlijeko i mliječne proizvode Zavoda za mljekarstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na pomoći tijekom provedbe analiza za ovaj diplomski rad.

Iskrene zahvale obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju.

Osobito zahvaljujem svome ocu, svojoj majci, bratu i sestri na bezuvjetnoj ljubavi i podršci koju su mi pružali sve ove godine i bez kojih moje studiranje ne bi bilo moguće. Također želim zahvaliti svojim roditeljima koji su mi od malena usadili prave životne vrijednosti, poticali me na rad, odgovornost, upornost, stalni razvoj te svojim odricanjem i ljubavlju mi sve omogućili. Hvala Vam od srca. Ovaj rad je posvećen Vama!

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj istraživanja.....	2
2. Pregled dosadašnjih istraživanja.....	3
2.1. Mozzarella	3
2.1.1. Industrijska tehnologija proizvodnje sira mozzarella.....	4
2.1.2. Fizikalno-kemijska svojstva sira mozzarella	7
3. Začini u proizvodnji sira	8
4. Materijali i metode	9
4.1. Proizvodnja sira u tipu mozzarella	9
4.2. Priprema salamure	13
4.3. Proizvodnja ekstrakta bosiljka.....	14
4.4. Analize kemijskog sastava i fizikalnih svojstava sira u tipu mozzarelle	15
4.5. Statistička analiza	16
5. Rezultati i rasprava	17
6. Zaključak.....	23
7. Popis literature	24
8. Popis slika i tablica.....	28
9. Životopis.....	29

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Milka Vujeva**, naslova

UTJECAJ VRSTE SALAMURE NA FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA SIRA U TIPU MOZZARELLE

U proizvodnji mekog sira mozzarelle salamurenje se provodi u cilju očuvanja sočnosti, glatke i sjajne površine te sprječavanja isušivanja odnosno formiranja kore sira. Način pripreme salamure odnosno sastojci koji se u nju dodaju i trajanje pohrane sira mogu imati utjecaj na njegova fizikalno-kemijska svojstva. Stoga je cilj ovog rada utvrditi utjecaj vrste salamure na fizikalno-kemijska svojstva sira u tipu mozzarelle.

Proizvedene su tri šarže sira u tipu mozzarelle te je sir pohranjen u tri vrste salamure: 1) vodena otopina limunske kiseline (0,5g/L), 2) vodena otopina limunske kiseline (0,5g/L) i kalcij-klorida (5g/L) 3) vodena otopina limunske kiseline (0,5g/L), kalcij-klorida (5g/L) i vodenog ekstrakta bosiljka (20 g suhog bosiljka/L). Tijekom vremena pohrane u trajanju od 15 dana uzorkovanje sira provedeno je 0., 5., 10. i 15. dana. Fizikalno-kemijskim analizama sira određen je udio suhe tvari, mliječne masti, proteina, soli i pH vrijednost. Dodatak kalcijevog klorida i bosiljka u salamuru nisu imali značajan utjecaj na fizikalno-kemijska svojstva sira tipa mozzarella nakon 15 dana pohrane. Ipak, primjećuje se različita dinamika u promjenama pojedinih sastojaka tijekom pohrane sira u različitim vrstama salamure.

Ključne riječi: mozzarella, salamura, ekstrakt bosiljka, fizikalno-kemijska svojstva

Summary

Of the master's thesis – student **Milka Vujeva**, entitled

THE INFLUENCE OF THE TYPE OF BRINE ON THE PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF MOZZARELLE-TYPE CHEESE

In the production of soft mozzarella cheese, salting is carried out in order to preserve the juiciness, smooth and shiny surface and to prevent drying or forming the rind of the cheese. The method of preparation of the brine or the ingredients added to it and the duration of storage of the cheese may have an impact on its physico-chemical properties. Therefore, the aim of this paper is to determine the influence of the type of brine on the physico-chemical properties of the cheese in the mozzarella type.

Three batches of mozzarella type cheese were produced and the cheese was stored in three types of brine: 1) aqueous solution of citric acid (0.5g/L), 2) aqueous solution of citric acid (0.5g/L) and calcium chloride (5g) /L) and 3) aqueous solution of citric acid (0.5g/L), calcium chloride (5g/L) and water extract of basil (20 g of dry basil/L). During the 15-day storage period, cheese sampling was carried out on days 0, 5, 10 and 15. Physico-chemical analyses of the cheese determine the dry matter, milk fat, protein, salt and pH content. The addition of calcium chloride and basil in the brine had no significant effect on the physicochemical properties of mozzarella type cheese after 15 days of storage. However, different dynamics in the changes of individual ingredients during cheese storage in different types of brine are observed.

Keywords: mozzarella, brine, basil extract, physicochemical properties

1. Uvod

Sir je prehrambeni proizvod nastao od prerađenog mlijeka i primjer je čuvanja hrane kroz duži vremenski period. Prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva, sir se definira kao svježi ili zreli proizvod koji je proizveden grušnjem mlijeka, vrhnja ili njihovom kombinacijom uz izdvajanje sirutke (Havranek i sur., 2014).

Mozzarella je jedan od mnogobrojnih sireva koji su danas poznati u cijelom svijetu. Prvi zapisi o mozzarelli datiraju iz 12. stoljeća te se smatra da je nastala u sjevernim dijelovima Italije. Naziv mozzarella potječe od talijanske riječi *mozzare* što u prijevodu znači trgati. Ovaj sir tradicionalno se proizvodi od bivoljeg mlijeka, a danas se sve češće proizvodi od kravljeg mlijeka zbog velike potražnje izvan granica Italije. Oblik i veličina ovise o kalupima u kojima se sir oblikuje. Pripada skupini mekih sireva s visokim postotkom vode i gumene teksture, a pakira se uvijek u salamuri ili vlastitoj sirutci (Rankin i sur., 2006). Uranjanje sira u pripremljenu salamuru (voda, sol, CaCl_2 , solna kiselina) najčešći je postupak soljenja u proizvodnji polutvrdih i tvrdih sireva (Tratnik i Božanić, 2012). Suprotno, u proizvodnji mekog sira mozzarelle salamurenje se provodi u cilju očuvanja sočnosti, glatke i sjajne površine te sprječavanja isušivanja odnosno formiranja kore sira. Način pripreme salamure odnosno sastojci koji se u nju dodaju, interakcija matriksa sira sa salamurom kao i trajanje pohrane sira mogu imati utjecaj na njegova fizikalno-kemijska svojstva (Mizuno i sur., 2016). Sir mozzarella pohranjuje se uronjen u salamuri no zbog produljenog izlaganja ovoj otopini, neke komponente sira mogu migrirati između sira i otopine za konzerviranje uslijed koncentracijskog gradijenta kako bi se postigla ravnoteža. U istraživanju Mizuno i sur. (2016) utvrdili su da različite koncentracije limunske kiseline, natrijevog klorida i kalcijevog klorida u salamuri značajno utječu na fizikalno-kemijska svojstva sira mozzarella. Natrijev klorid povećava sadržaj vlage u siru i smanjuje njegovu tvrdoću dok dodatak kalcijevog klorida može siru dati čvršću teksturu i smanjiti gubitak vlage. Limunska kiselina se pokazala kao glavni uzrok stvaranja kože na površini sira. S obzirom da se sir mozzarella obično čuva u salamuri do trenutka upotrebe, važno je uzeti u obzir učinak salamure na svojstva sira prilikom pripreme same salamure. Faccia i sur. (2019) utvrdili su da dodatak kalcijevog laktata u salamuru može produljiti rok trajanja tradicionalno proizvedene mozzarelle za najmanje 7 dana. Sir mozzarella koji je bio uronjen u salamuru koja je sadržavala kalcijev laktat nakon 14 dana pohrane zadržao je oblik i konzistenciju, tj. njegova svojstva su ostala nepromijenjena. Međutim potrebno je još istraživanja o ovom načinu produljivanja roka trajanja. Osim istraživanja kojima je glavni cilj produljiti rok trajanja mozzarelle modifikacijom sastava salamurenja, sve je više istraživanja čija su istraživanja usmjerena na poboljšanje prehrambenih i funkcionalnih svojstava sira. Primjerice Parafati i sur. (2023) u salamuru dodaju vodeni ekstrakt lišća crvenog manga zbog njegovih antimikrobnih, protuupalnih i antioksidativnih svojstava te pozitivnog učinka na zdravlje. Rezultati analize pokazuju kraći rok trajanja uz poboljšanje funkcionalnih svojstava u svježem siru mozzarella.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi utjecaj vrste salamure na fizikalno-kemijska svojstva sira u tipu mozzarelle.

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

2.1. Mozzarella

U bogatom poljoprivrednom području takozvanom „plodnom polumjesecu“ koji je smješten između rijeka Eufrat i Tigris pronađeni su prvi zapisi u kojima se spominje sir, a datiraju iz razdoblja od 6000 – 7000 godina prije Krista. Osim povijesnih dokaza o nastanku sira i njegovoj proizvodnji danas su poznate i mnoge legende i mitovi kao i biblijski zapisi o proizvodnji sira. Sir je primjer čuvanja mlijeka kroz duži vremenski period i često je kroz povijest bio osnovna hrana koja je sadržavala proteine. Tijekom povijesti tako se razvijala i sama tehnologija proizvodnje sira. Razvojem znanosti i tehnologije proizvodnja i prerada mlijeka se iz kućanstava i farmi preseljava u male, srednje ili velike sirarske pogone. Kako se vremenom povećavala potražnja za sirom tako se povećavala i proizvodnja različitih vrsta sireva (Havranek i sur., 2014). Danas je prema podacima Mljekarske međunarodne federacije poznato oko 2200 sireva međutim to nije konačan broj jer se s vremena na vrijeme pojavi uvijek neki novi sir (Samaržija, 2021). Prema Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva (NN 20/2009), sirevi se definiraju kao svježi proizvodi ili proizvodi s različitim stupnjem zrelosti koji se proizvode odvajanjem sirutke nakon zgrušavanja mlijeka (kravljeg, ovčjeg, kozjeg, bivoljeg mlijeka i/ili njihovih mješavina), vrhnja ili kombinacijom navedenih sirovina. U tehnologiji proizvodnje sireva dozvoljava se uporaba mikrobnih kultura, sirila i/ili drugih odgovarajućih enzima zgrušavanja i/ili dopuštenih kiselina za zgrušavanje.

Danas općeprihvaćena klasifikacija sireva s obzirom na njihovu brojnost ne postoji stoga se oni svrstavaju u skupine ovisno o vrsti mlijeka, načinu zgrušavanja mlijeka, udjelu vode/vlage u suhoj tvari sira bez masti, količini masti u suhoj tvari sira, načinu zrenju sira te teksturi ili konzistenciji sirnog tijesta (Samaržija, 2021).

Mozzarella je omiljeni sir diljem svijeta i čini gotovo trećinu ukupne potrošnje sira (Xixiu, 2013). Potječe iz Italije iz vremena starih Rimljana i prvotno se proizvodio isključivo od bivoljeg mlijeka. Iako je bivolje mlijeko još uvijek dostupno, danas se mozzarella uglavnom proizvodi od kravljeg mlijeka (Kindstedt i Fox, 1993). Najčešće se konzumira nekuhana zbog svog nježnog mliječnog okusa i meke teksture što je čini prikladnom za salate, sendviče i predjela. Rjeđe se koristi u kuhanim jelima jer kada se zagrije, proteinski matriks se smanjuje, oslobađajući sirutku, što čini kuhano jelo previše vodenastim (Chen i sur., 2008), ali je čest dodatak na pečenim jelima, najčešće pizzi (Xixiu, 2013).

Proizvodnja mozzarelle je specifična jer se sirno tijesto razvlači u vrućoj vodi. Sirevi koji prolaze kroz ovaj postupak, uključujući mozzarellu, nazivaju se pasta filata sirevi (Kindstedt i Fox, 1993). Sirevi koji se proizvode postupkom pasta filata nastali su u mediteranskim regijama, prvenstveno u Italiji, Grčkoj, Balkanu, Turskoj i istočnoj Europi. U tim područjima i danas se sirevi još uvijek proizvode tradicionalnim metodama, a uz kravlje mlijeko koristi se i mlijeko koza, ovaca ili mlijeko bivolica. Međutim, tradicionalne metode sve se češće zamjenjuju novim tehnologijama.

Pasta-filate sireve možemo podijeliti u dvije skupine:

- meki ili polumeki sirevi (Mozzarella),
- tvrdi ili polutvrđi zreli sirevi (Caciocavallo, Kashkaval, Provolone i Ragusano).

Sam naziv postupka proizvodnje pasta filata uključuje jedinstveni postupak razvlačenja sirnog tijesta i ovim skupinama sireva daje zajednički identitet (McMahon i Oberg, 2017).

Sirni gruš prvo se soli jer soljenje pojačava bubrenje i hidrataciju proteina (Everett i Auty, 2008) zatim se dodaje u prethodno zagrijanu vodu u kojoj se gruš „topi“ te mijesi dok se ne dobije odgovarajuća tekstura odnosno tijesto koje se može razvlačiti (Yu i Gunasekaran, 2005; Everett i Auty, 2008). Temperatura vode koja se koristi za zagrijavanje sirnog gruša je u rasponu od 60 °C do 85 °C, a temperatura sira na kraju procesa oblikovanja iznosi od 50 °C do 65 °C. Ovaj postupak proizvodnje daje jedinstvene karakteristike za sireve tipa pasta filata (Yu i Gunasekaran, 2005).

Glavne karakteristike sira mozzarelle su glatka tekstura, blaga i pomalo slatkokiselkasta aroma te je kremast i mekan (Xixiu, 2013). Često se čuva u pakiranjima s razrijeđenom sirutkom kako bi se očuvala vlažnost površine i tijesta sira (Kindstedt i Fox, 1993). Mozzarella od bivoljeg mlijeka ima kratak rok trajanja i mora se čuvati u salamuri. S druge strane, mozzarella od kravljeg mlijeka ima drugačiju teksturu i okus. Sir mozzarella koji se proizvodi od kravljeg mlijeka je tvrdi, suhi i manje aromatičan, s gumastom teksturom ali duljim rokom trajanja (Xixiu, 2013).

2.1.1. Industrijska tehnologija proizvodnje sira mozzarella

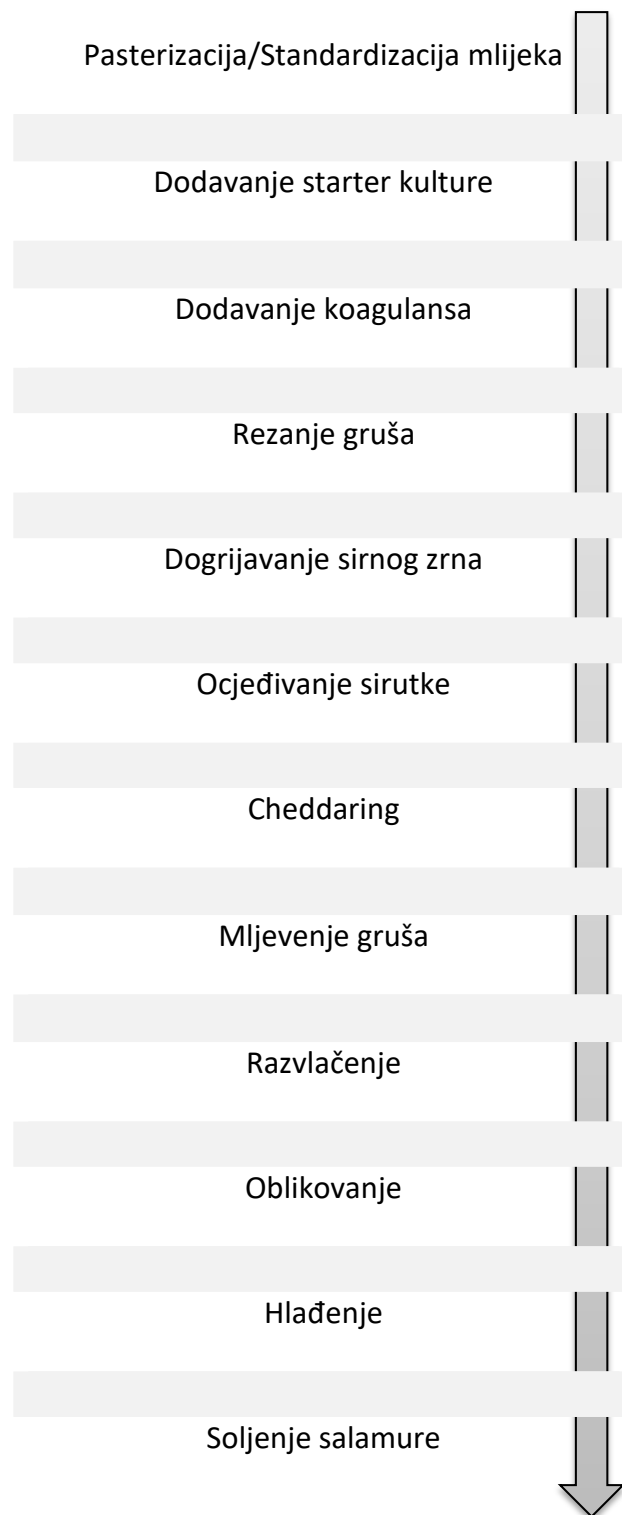
Tehnologija proizvodnje mozzarelle započinje visokom razinom pasterizacije koja je usmjerena na uništavanje patogenih mikroorganizama i denaturaciju dijela proteina sirutke radi poboljšanja randmana sira (Gernigon i sur., 2009). Pasterizacija je toplinska obrada sirovog mlijeka koja se obično provodi prolaskom mlijeka kroz pločasti izmjenjivač topline u kojem je mlijeko izloženo visokoj temperaturi tijekom relativno kratkog vremena. Najčešće se pasterizacija provodi na temperaturi 72 °C tijekom 15 sekundi (Smith i sur., 2017). Nakon pasterizacije, mlijeko se standardizira kako bi se postigao odgovarajući omjer kazeina i mliječne masti odnosno postizanje željenog odnosa masti i suhe tvari u siru (Gernigon i sur., 2009). Nakon toga slijedi proces acidifikacije mlijeka koji ima veliki utjecaj na većinu ključnih koraka u proizvodnji sira. Acidifikacija se može provesti korištenjem mljekarske mikrobne kulture, direktnim zakiseljavanjem ili njihovom kombinacijom (Smith i sur., 2017). Glavni cilj dodavanja mikrobne kulture je postizanje optimalne pH vrijednosti i sadržaj kalcija potrebnih za postupak razvlačenja sirnog tijesta (Gernigon i sur., 2009).

Mikrobne kulture koje se koriste za izradu sira mozzarelle su najčešće termofilne bakterije kao što su *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus bulgaricus*, a ponekad se koristi i *Lactobacillus helveticus* (Gernigon i sur., 2009). Sirilo koje se tradicionalno koristi u proizvodnji mozzarelle proizvodi se od iz sirišta mlade teladi hranjene mlijekom. Sirilo se prvenstveno sastoji od enzima kimozina, ali također sadrži i druge enzime kao što je pepsin koji je prisutan u manjim količinama. Vrsta korištenog enzima utječe na brzinu agregacije

micela kao i razvoj čvrstoće gela (Smith i sur., 2017). Različiti enzimi se komercijalno koriste za proizvodnju sira. Osim telećeg sirila koristi se i kimozin te proteaze *Mucor miehei*, *M. pusillus* var. *Lindt* i *Endothia parasitica* (Kindstedt i Fox, 1993).

Proces „dehidracije“ odnosno uklanjanja sirutke može se podijeliti na nekoliko ključnih koraka koji uključuju rezanje, dogrijavanje, cijedenje i čedarizaciju. Nakon što je gruša postigao željeni stupanj čvrstoće, gel se obično reže ili lomi na manje dijelove kako bi se pojačala sinereza. S obzirom da se mozzarella uglavnom proizvodi korištenjem termofilne kulture, temperatura dogrijavanja sirnog zrna je oko 41 °C. Cilj dogrijavanja sirnog zrna također je osigurati odgovarajuću temperaturu u kojoj početna kultura pretvara laktozu u mliječnu kiselinu. Temperatura dogrijavanja utječe i na strukturu gruša. Faza ocjeđivanja u proizvodnji sira mozzarella je proces koji odvaja grušu od sirutke. Nakon toga provodi se proces čedarizacije koji omogućava da se zrna unutar gruša spoje (Smith i sur., 2017). Mozzarella postiže svoja definirana funkcionalna svojstva tek nakon faze razvlačenja, koja se sastoji od uranjanja u vruću vodu (55 - 85 °C) i naknadne primjene niza mehaničkih naprezanja. Proces razvlačenja daje siru mozzarella njegovu jedinstvenu strukturu i vlaknastu teksturu (Gernigon i sur., 2009). Stroj za razvlačenje sastoji se od posude napunjene vrućom vodom (72 °C) koja cirkulira oko jednog ili dva svrdla od nehrđajućeg čelika, a svrdlo gura tijesto mozzarelle kroz stroj i mijesi ga (Chen i Sommer, 2008). Potom se tijesto stavlja u kalup i oblikuje. Nakon oblikovanja sir se hladi u vodi pri temperaturi od oko 15 °C, a zatim se stavlja u hladnu salamuru (4 °C do 10 °C). Veličina i oblik sira te učinkovitost cjelokupnog procesa hlađenja vrlo su važni za konačnu funkcionalnost sira. Polaganim hlađenjem stvaraju se uvjeti za razvoj kiseline, koja može pozitivno ili negativno utjecati na okus, teksturu i funkcionalnost sira (Chen i Sommer, 2008).

Soljenje gruša je jedan od važnijih koraka u procesu proizvodnje sira. Količina soli i način dodavanja soli u sir igraju važnu ulogu za karakteristike sira. Soljenje mozzarelle može se provoditi u obliku suhog soljenja ili soljenja salamure. Suho soljenje mozzarelle provodi se dodavanjem soli izravno u grušu prije razvlačenja, dok soljenje u salamuri podrazumijeva pohranu mozzarelle u pripremljenu salamuru nakon što je ona razvučena i oblikovana u željeni oblik te ohlađena u vodi (Smith i sur., 2017). Glavna prednost kod suhog soljenja je izbjegavanje rizika od kontaminacije kvascima ili plijesni do kojih može doći kada se koristi salamura. Međutim kod soljenja u salamuri dobije se homogeno zasoljen proizvod s pozitivnim posljedicama na funkcionalna svojstva (Gernigon i sur., 2009). Sastojci koji se najčešće dodaju u salamuru za mozzarellu su voda, sol i CaCl₂. Od navedenih sastojaka salamure voda i sol imaju najveći značaj jer su odgovorni za kontrolu vlage i utječu na fizikalne karakteristike sira, dok je količina kalcija važna za smanjenje oštećenja površine (Luo i sur., 2013). Cjelokupni proces industrijske proizvodnje sira mozzarella prikazan je na slici 2.1.



Slika 2.1. Shematski prikaz tehnologije proizvodnje sira mozzarella (Chen i sur., 2008)

2.1.2. Fizikalno-kemijska svojstva sira mozzarella

Sirevi s niskim udjelom masti popularni su zbog sve veće želje potrošača za niskim udjelom masti u hrani. Međutim, smanjenje masti neizbježno mijenja sastav sira, koji mijenja teksturu i senzorska svojstva. Mast igra važnu ulogu u zadržavanju vlage u siru, a smanjenje sadržaja masti rezultira smanjenjem oslobađanja slobodnog ulja te smanjenjem topljivosti. Sirevi s nižim sadržajem masti općenito imaju loš okus, teksturu i funkcionalna svojstva. Za sir mozzarella, smanjenje udjela masti obično rezultira smanjenjem kvalitete, smanjenjem rastezljivosti, viskoelastičnosti i topljivosti (Xixiu, 2013).

Vrijednost pH sira ima utjecaj na strukturalna i reološka svojstva. Razlog tome su kemijske interakcije između ključnih strukturalnih komponenti koje su ovisne o pH vrijednosti. Također pH je osobito važan u mozzarelli i drugim sirevima koji se proizvode postupkom pasta filata jer utječe na sposobnost plastificiranja i razvlačenja sirnog tijesta u vrućoj vodi (Yazici i sur., 2010).

Sadržaj vlage je osobito važan za kvalitetu i svojstva sira mozzarelle. Sir visoke vlažnosti ima meku teksturu i mliječni okus, ali se teže usitnjava te se obično konzumira unutar nekoliko dana od proizvodnje. S druge strane, mozzarella s niskim sadržajem vlage ima čvršće tijesto, bolje se usitnjava, ima dulji rok trajnosti te se zbog toga često koristi kao sastojak za pizzu (Nguyen i sur., 2017).

Poznato je da kalcij ima značajan utjecaj na interakcije proteina unutar matrice sira, što ima važnu ulogu u njegovoj funkcionalnosti. Sir koji ima manji udio kalcija bit će mekši, imat će niže module elastičnosti i viskoznosti, veću topljivost i veću rastezljivost. Sadržaj kalcija odgovoran je za 50 % ili više varijabilnosti u svojstvima topljenja sira mozzarella (McMahon i sur., 2005).

Sol ima tri glavne funkcije u siru, a to su da djeluje kao konzervans, izravno doprinosi okusu te je izvor prehrambenog natrija. Udio soli značajno utječe na okus i miris sira, sprječava rast mikroorganizama, utječe na reološka svojstva i teksturu, poboljšava učinkovitost kuhanja te time utječe na ukupnu kvalitetu sira (Guinee, 2004).

Faza pohrane sira mozzarella u salamuri je važna jer se tijekom ove faze u siru događaju brojne promjene koje su važne za fizikalno-kemijska svojstva sira (Wendorff i Johnson, 1991). Sol se apsorbira u sir dok sirutka izlazi iz sira. Izlazak sirutke je važan proces za pravilnu kontrolu vlage u gotovom proizvodu jer se vlaga brže gubi iz sira nego što se sol apsorbira unutar sira što za posljedicu ima gubitak težine sira i značajno smanjenje vlage na površini sira (Kindstedt, 2001). Zadaća salamure je apsorpcija soli u sir koja značajno utječe na teksturu, fizikalno-kemijske i senzorne karakteristike sira (Wendorff i Johnson, 1991).

3. Začini u proizvodnji sira

Interes za specifične sireve se povećava, posebno za sireve koji uključuju dodatke poput aromatičnih biljnih vrsta, začina ili povrća. Ti sirevi postaju sve popularniji zbog veće biološke vrijednosti i poboljšanog okusa. Aromatične biljne vrste i začini se koriste u različitim oblicima u prehrani i tradicionalnoj medicini zbog njihovog pozitivnog utjecaja na zdravlje. Začini se mogu koristiti u svježem obliku, osušeni, usitnjeni, u prahu ili se aromatični sastojci mogu ekstrahirati (Josipović i sur., 2016). Začini su biljni proizvodi koji se koriste kao arome, boje i konzervansi u hrani i lijekovima. Iako su prvotno korišteni za razvoj i očuvanje prehrambenih proizvoda, kasnije su postali sredstva za poboljšanje okusa i izgleda (Akarca i sur., 2016).

Korištenje biljaka u prehrani i liječenju ljudi datira još od samih početaka čovječanstva. Začini se ističu po svojoj aromi koja dolazi od eteričnih ulja, dok se okus uglavnom formira od spojeva poput alkaloida i glukozyda. Biljke iz porodice *Lamiaceae*, poput origana, bosiljka, metvice, kadulje, ružmarina, timijana i majčine dušice, ističu se kao značajan izvor polifenolnih spojeva. Zahvaljujući obilju polifenolnih spojeva i eteričnih ulja, ove aromatične biljne vrste poznate su po svojim antioksidativnim i antimikrobnim svojstvima (Jahić i sur., 2019). Akarca i sur. (2016) u svom istraživanju željeli su uz pomoć različite kombinacije začina (timijan, paprena metvica, kim, lovor, bosiljak, estragon, komorač i nar) poboljšati okus sira, produljiti roka trajanja sira, dobiti zdraviji proizvod i spriječiti nedostatke u teksturi smanjenjem sadržaja soli. Rezultati analize su pokazali poboljšanje nekih funkcionalnih svojstava i prihvatljivosti ukupnih svojstava za sir mozzarella sa dodatkom začina koji se može definirati kao nova vrsta sira mozzarelle. U istraživanju Yerlikaya i sur. (2021) od aromatičnih biljaka koriste ružmarin (*Rosmarinus officinalis*), bosiljak (*Ocimum basilicum*), paprenu metvicu (*Mentha piperita*) i origano (*Origanum onites*). Dodatkom navedenih aromatičnih biljaka poboljšana su funkcionalna svojstva sira mozzarella. Tako je bosiljak (*Ocimum basilicum*) pokazao pozitivno djelovanje protiv virusnih, gljivičnih, bakterijskih i nekih drugih infekcija. Listovi bosiljka koriste se u liječenju vrućice, kašlja, gripe, astme, bronhitisa, gripe i dijareje. Najvažnija farmakološka upotreba bosiljka uključuje djelovanje protiv raka, radioprotektivno, antimikrobno, protuupalno, imunomodulatorno, antistresno, antidijabetičko, antipiretičko, antiartritičko i antioksidativno djelovanje te korištenje kao profilaktičko sredstvo i kod kardiovaskularnih bolesti (Shahrajabian i sur., 2020). Dodatak bosiljka u svježe sireve od bivoljeg mlijeka ne utječe značajno na sadržaj masti, proteina, vlage i mineralnih tvari, no snižava pH vrijednost. Također primijećen je utjecaj bosiljka na tvrdoću i sposobnost žvakanja, ali nema utjecaja na elastičnost i kohezivnost sira. Kod teksture promjena se očituje u mikrostrukturi koja je manje homogena u sirevima s bosiljkom (Ribas i sur., 2019).

4. Materijali i metode

Sir u tipu mozzarella proizveden je od punomasnog mlijeka u tri ponavljanja/šarže u pilot pogonu Zavoda za mljekarstvo. Proizvedeni sirevi iste šarže podijeljeni su u tri grupe s obzirom na vrstu salamure: Salamura 1 - vodena otopina limunske kiseline (0,5 g/L); Salamura 2 - vodena otopina limunske kiseline (0,5 g/L) i kalcij-klorida (5 g/L); Salamura 3 - vodena otopina limunske kiseline (0,5 g/L), kalcij-klorida (5 g/L) i vodenog ekstrakta bosiljka (20 g suhog bosiljka/L). Vrijeme pohrane sira u salamuri bilo je 15 dana, a uzorkovanje sira provelo se 0., 5., 10. i 15. dana.

4.1. Proizvodnja sira u tipu mozzarella

Za proizvodnju sira mozzarella koristilo se svježe kravlje mlijeko jutarnje i večernje mužnje koje se do procesa proizvodnje skladištilo u laktofrizu na temperaturi 4 °C. Korišteno je ukupno 80 L sirovog mlijeka. U hladno mlijeko dodana je limunska kiselina (150g/100 L mlijeka). Limunska kiselina je prethodno pripremljena otapanjem u toploj vodi. Nakon dodavanja limunske kiseline mlijeko se u sirarskom kotlu zagrijavalo do temperature 32 °C kada je dodano mikrobnno sirilo (4 g/100 L mlijeka; Microclerici, Caglificio Clerici spa, Italija) uz neprestano miješanje u trajanju od 1 minute. Proces sirenja odvijao se na temperaturi od 32 do 35 °C kroz vremenski period od 10 minuta. Nakon završenog proces sirenja gruša se rezao sirarskom harfom (slika 4.1.) na veličinu manjeg oraha (slika 4.2.).



Slika 4.1. Proces rezanja gruša sirarskom harfom



Slika 4.2. Gruš izrezan na veličinu manjeg oraha

Sirno zrno je zatim prebačeno na sirarski stol kako bi se sirutka ocijedila te je potom soljeno sitnom morskom soli (800 g soli/100 L mlijeka) u plastičnoj posudi (slika 4.3.). Po završetku soljenja dodana je vruća voda (slika 4.4.) zagrijana na 80°C, radi postupka razvlačenja tijesta (slika 4.5.) te ručnog oblikovanja kuglica mozzarelle (slika 4.6.). Shematski prikaz proizvodnje sira u tipu mozzarella prikazan je na slici 4.7.



Slika 4.3. Soljenje i miješanje sirnog tijesta



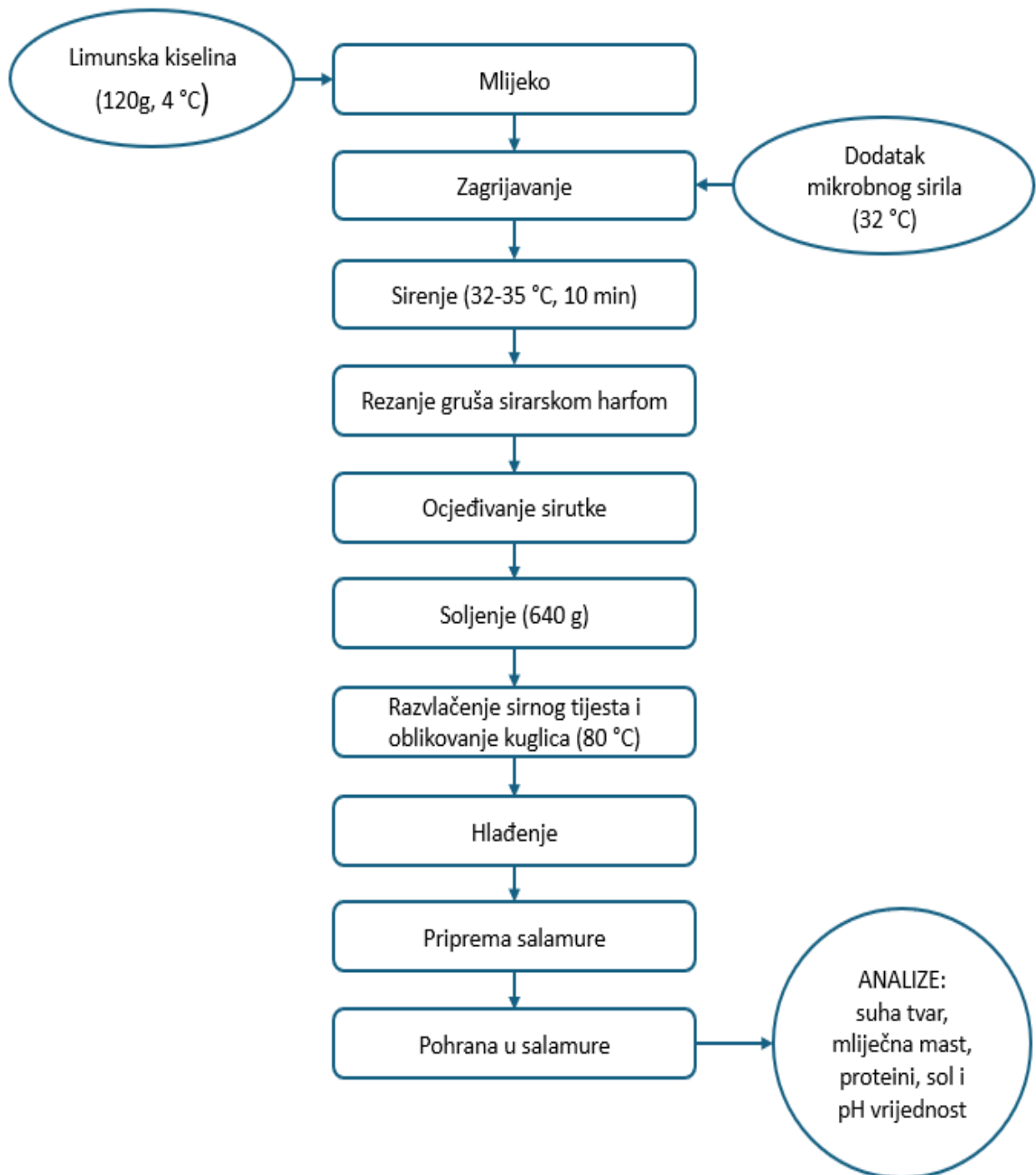
Slika 4.4. Dodavanje vruće vode i nastavak miješanja sirnog tijesta



Slika 4.5. Postupak razvlačenja



Slika 4.6. Postupak oblikovanja kuglica



Slika 4.7. Shematski prikaz tehnologije proizvodnje sira u tipu mozzarella

4.2. Priprema salamure

Oblikovane kuglice stavljene su u posude sa prethodno pripremljenim otopinama salamure (slika 4.8.). Za svaku šaržu pripremljene su tri vrste salamure (slika 4.9.):

- Salamura 1 - 4 L vode i 2 g limunske kiseline,
- Salamura 2 - 4 L vode, 2 g limunske kiseline i 20 g kalcijevog klorida,
- Salamura 3 - 3,5 L vode, 2 g limunske kiseline, 20 g kalcijevog klorida i 0,5 L vodenog ekstrakta bosiljka.



Slika 4.8. Oblikovane kuglice prelivene salamurom u posudama



Slika 4.9. Tri vrste salamure

4.3. Proizvodnja ekstrakta bosiljka

Ekstrakt bosiljka dobiven je primjenom ultrazvuka visokog intenziteta pomoću sustava ultrazvučne sonde (Bandelin HD 2000.2, Njemačka) (slika 4.10.). Za pripremu ekstrakta korišten je osušeni i usitnjeni list bosiljka (*Ocimum Basilicum L.*) nabavljen iz lokalne trgovine, a kao otapalo korištena je destilirana voda. U laboratorijske čaše volumena 1000 mL izvagano je $60 \pm 0,1$ g bosiljka i nadopunjeno s 1000 mL destilirane vode. Ultrazvučni tretman sondom proveden je uranjanjem sonde izravno u pripremljen uzorak. Tretman ekstrakcije izveden je pri uvjetima: nominalna maksimalna snaga uređaja 200 W, amplituda 40%, promjer sonde 13 mm, vrijeme tretmana 20 minuta. Tijekom tretmana praćena je promjena temperature ekstrakta koja je bilježena svakih 60 sekundi laserskim termometrom (Raytek–MiniTemp FS, Raytek, Toronto, ON, Kanada). Nakon završetka ultrazvučno potpomognute ekstrakcije ekstrakti su profiltrirani preko Whatmanovog filter papira.



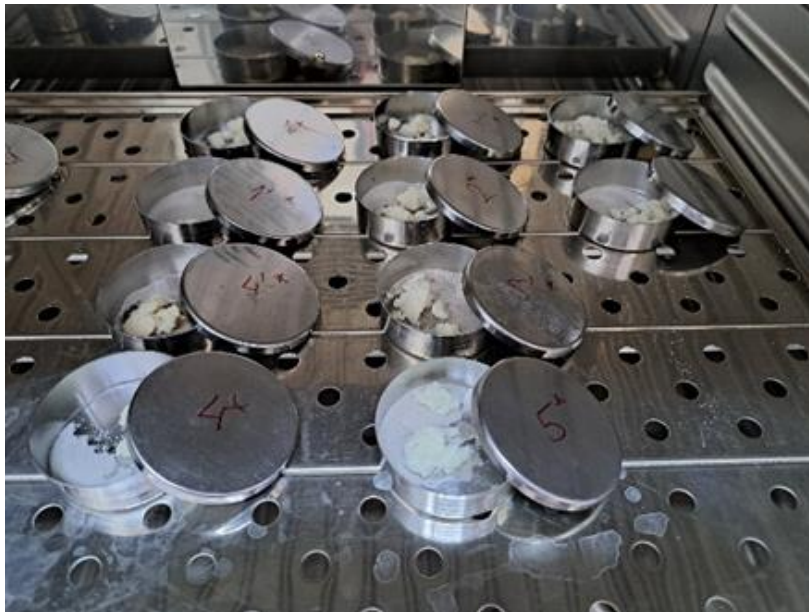
Slika 4.10. Ekstrakcija bosiljka pomoću sustava ultrazvučne sonde

4.4. Analize kemijskog sastava i fizikalnih svojstava sira u tipu mozzarella

Za utvrđivanje kemijskog sastava i fizikalnih svojstava sira u tipu mozzarella utvrđen je:

- sadržaj suhe tvari,
- sadržaj mliječne masti,
- sadržaj proteina,
- pH vrijednost sira,
- sadržaj soli.

Analize su provedene standardnim analitičkim metodama u Referentnom laboratoriju za mlijeko i mliječne proizvode Zavoda za mljekarstvo na Sveučilištu u Zagrebu Agronomski fakultet. Određivanje udjela suhe tvari provedeno je gravimetrijskom referentnom metodom (HRN EN ISO 5534:2008) (slika 4.11.), mliječne masti Van Gulikovom butirometrijskom metodom (HRN EN ISO 3433:2009) (slika 4.12.), udjela proteina metodom blok digestije prema Kjeldahlu (HRN EN ISO 8968-1:2014). Određivanje pH vrijednosti sira provedena je metodom ionometrijske kiselosti pH metrom proizvođača Mettler Toledo (Švicarska), a udio klorida određen je potenciometrijsko-titracijskom metodom (HRN EN ISO 5943:2007).



4.11. Sušenje uzoraka sira mozzarella za određivanje udjela suhe tvari



Slika 4.12. Određivanje udjela mliječne masti Van Gulikovom butirometrijskom metodom

4.5. Statistička analiza

Statistička obrada podataka provedena je korištenjem statističkog programa SPSS (IBM, i.21). Utjecaj različitih vrsta salamure na fizikalno-kemijske značajke sira u tipu mozzarelle nakon 15 dana pohrane utvrđen je pomoću jedno faktorske analize varijance (ANOVA) pri čemu je vrsta salamure bila fiksni faktor, a fizikalno-kemijski parametri zavisne varijable. Naknadno testiranje provedeno je pomoću testa najmanje značajnih razlika (LSD test) na razini od 5% značajnosti ($P < 0,05$).

5. Rezultati i rasprava

Danas se sve češće začini dodaju u proizvodnji sira. Začini su jestive tvari koji se mogu dobiti od jestivih osušenih, cijelih ili izmrvljenih sjemenki, plodova, cvijeća, kora, korijenja, stabljika, gomolja, listova i stabljika različitih biljaka (Tarakçı i Deveci, 2019). Upravo zbog široke mogućnosti primjene sve je više istraživanja o utjecaju začina na fizikalno-kemijska svojstva sireva. U svom istraživanju Jahić i sur. (2019) navode da nema značajne razlike u fizikalno-kemijskom sastavu sireva sa dodatkom bosiljka i timijana u različitim količinama. Također, Zappia i sur. (2020) u svom istraživanju nisu utvrdili značajne razlike za fizikalno-kemijska svojstva titracijska kiselost, pH vrijednost, aktivnost vode i vlage u siru mozzarella koji je pohranjen u salamuri s koncentratom soka bergamota u kombinaciji s kalcijevim laktatom u odnosu na kontrolni uzorak mozzarella sireva.

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da vrsta salamure ne utječe statistički značajno na sadržaj suhe tvari, mliječne masti, proteina, pH vrijednosti i soli u siru tijekom vremena pohrane (tablica 5.1.).

Tablica 5.1. Utjecaj vrste salamure na fizikalno-kemijske karakteristike sira u tipu mozzarelle tijekom 15 dana pohrane

Parametar	SALAMURA			p vrijednost	Razina značajnosti
	1	2	3		
Suha tvar (%)	42,05 ± 1,25	45,09 ± 1,26	42,96 ± 1,28	0,24	NZ
Mliječna mast (%)	17,25 ± 0,83	18,56 ± 0,91	19,06 ± 1,58	0,53	NZ
Proteini (%)	22,23 ± 0,61	22,53 ± 0,18	21,28 ± 0,59	0,20	NZ
pH	6,49 ± 0,28	6,41 ± 0,23	6,50 ± 0,19	0,90	NZ
Sol (%)	0,21 ± 0,04	0,27 ± 0,01	0,23 ± 0,09	0,44	NZ

Salamura 1 - Pohrana sira u salamuri s limunskom kiselinom (kontrolni sir); Salamura 2 - Pohrana sira u salamuri s limunskom kiselinom i CaCl₂; Salamura 3 - Pohrana sira u salamuri s limunskom kiselinom, CaCl₂ i ekstraktom bosiljka. Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna pogreška; NZ = nije značajno

Tablica 5.2. Promjene vrijednosti suhe tvari (%) tijekom pohrane sira u tipu mozzarelle u različitim vrstama salamure

SALAMURA	DAN ZRENJA			
	0. dan	5. dan	10. dan	15. dan
1 (Limunska kiselina)	39,56 ^a ± 0,38	40,74 ^a ± 0,24	47,69 ^b ± 0,24	40,22 ^a ± 0,49
2 (Limunska kiselina+CaCl ₂)	39,56 ^a ± 0,38	46,74 ^b ± 0,17	48,31 ^c ± 0,03	45,76 ^d ± 0,21
3 (Limunska kiselina+CaCl ₂ + bosiljak)	39,56 ^a ± 0,38	42,75 ^b ± 0,14	48,48 ^c ± 0,14	41,06 ^d ± 0,23

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna pogreška; ^{a, b, c, d} vrijednosti u istom redu označene različitim slovima značajno se razlikuju; (P<0,05)

Suha tvar u siru tipa mozzarella u različitim vrstama salamure tijekom 15 dana pohrane prikazana je u tablici 5.2. Utvrđen je značajan porast (P<0,05) sadržaja suhe tvari tijekom prvih 10 dana pohrane u sve tri pokusne skupine. Slične rezultate dobili su Akarca i sur. (2016) koji su kao dodatak mozzarella siru koristili 3 različite mješavine začina. Autori navode kako se povećanje suhe tvari može pripisati gubitku vlage zbog propusnosti vlaknaste strukture tijesta mozzarelle. Naime, vlaga difundira iz tijesta sira u salamuru uslijed koncentracijskog gradijenta (McMahon i sur., 2005). Nakon 10. dana pohrane sira u sve 3 salamure sadržaj suhe tvari se značajno smanjio (P<0,05). Baghdadi i sur. (2018) u svom su istraživanju u Iranski nemasni bijeli sir u salamuri dodali gume sjemena bosiljka, prirodnog hidrofilnog koloida koji ima sposobnost emulgiranja, geliranja i adsorpcije te pozitivno utječe na ljudsko zdravlje (Guan i sur., 2023). Analizom fizikalno-kemijskih svojstava sira s dodatkom gume sjemena bosiljka utvrdili su smanjenje sadržaja suhe tvari u usporedbi sa kontrolnim punomasnim i malo masnim sirevima bez dodatka gume sjemena bosiljka. Smanjenje sadržaja suhe tvari može biti zbog razlika u koncentraciji soli između sira i salamure, uzrokovano oštećenjem ili promjenama na površini sira. Tijekom vremena pohrane može doći do oštećenja površine sira jer sir formira mekan, vlažan i krhki površinski sloj. Promjene na vanjskoj površini sira stoga mogu biti povezane s promjenama sadržaja vlage u siru što može utjecati na sadržaj suhe tvari (Luo i sur., 2013).

Tablica 5.3. Utjecaj vrste salamure na sadržaj mliječne masti (%) u siru tipa mozzarella tijekom vremena pohrane

SALAMURA	DAN ZRENJA			
	0. dan	5. dan	10. dan	15. dan
1 (Limunska kiselina)	14,50 ^a ± 0,50	16,00 ^b ± 0,01	18,25 ^c ± 0,25	20,25 ^d ± 0,25
2 (Limunska kiselina+CaCl ₂)	14,50 ^a ± 0,50	20,50 ^b ± 0,50	19,25 ^b ± 0,25	20,00 ^b ± 0,01
3 (Limunska kiselina+CaCl ₂ + bosiljak)	14,50 ^a ± 0,50	25,50 ^b ± 0,50	19,75 ^c ± 0,25	16,50 ^d ± 0,50

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna pogreška; ^{a, b, c, d} vrijednosti u istom redu označene različitim slovima značajno se razlikuju; (P<0,05)

Tablica 5.3. prikazuje utjecaj vrste salamure na sadržaj mliječne masti (%) u siru tipa mozzarella u različitim vrstama salamure tijekom 15 dana pohrane. Pritom je značajno povećanje (P<0,05) sadržaja mliječne masti tijekom vremena pohrane od 15 dana utvrđeno za mozzarellu uronjenu u salamuru 1. Aydemir (2018) je također utvrdio niži udjel (17%) mliječne masti na početku odnosno viši (19,13%) na kraju 90 dana pohrane bijelog (Beyaz) sira uronjenog u salamuru. Sadržaj mliječne masti u sirevima uronjenim u salamuru 2 i 3 značajno (P<0,05) se povećavao do 5. dana pohrane. Porast vrijednosti za mliječnu mast dobili su autori Karahan i sur. (2011) u kontrolnom uzorku mekog turskog sira Beyaz koji je napravljen od punomasnog mlijeka. Autori porast vrijednosti za mliječnu mast do 15 dana pohrane objašnjavaju porastom suhe tvari zbog izmjene soli i vode između salamure i sirne mase. Stoga značajan (P<0,05) pad vrijednosti mliječne masti za mozzarelle uronjene u salamuru 3 nakon 10. dana pohrane možemo pripisati padu vrijednosti za suhu tvar.

Proteini u mlijeku osobito su važni u proizvodnji sira, a posebice udio kazeina koji predstavlja najvažniji protein u mlijeku (Havranek i sur., 2014). Sadržaj proteina u siru povezan je sa procesom proteolize i procesom difuzije aminokiselina u salamuru (Baghdadi i sur., 2018). Aminokiseline i kratki peptidi nastaju tijekom procesa razgradnje proteina, odnosno proteolize (Havranek i sur., 2014). Proteinska vlakna u siru mozzarella stvaraju se tijekom procesa kuhanja i istezanja zbog čega sir na kraju proizvodnje ima vlaknastu strukturu (McMahon i sur., 2005).

Tablica 5.4. Utjecaj vrste salamure na sadržaj proteina (%) u siru tipa mozzarella tijekom vremena pohrane

SALAMURA	DAN ZRENJA			
	0. dan	5. dan	10. dan	15. dan
1 (Limunska kiselina)	22,04 ± 0,11	24,49 ± 0,07	22,44 ± 0,19	19,96 ± 0,02
2 (Limunska kiselina+CaCl ₂)	22,04 ± 0,11	23,00 ± 0,05	22,98 ± 0,15	22,11 ± 0,21
3 (Limunska kiselina+CaCl ₂ + bosiljak)	22,04 ± 0,11	18,62 ± 0,01	22,13 ± 0,41	22,33 ± 0,09

Joshi i sur., (2003) u svom istraživanju navode kako utjecaj kalcija na interakcije protein-protein unutar matrice ima značajnu ulogu u funkcionalnosti sira. Kada se pozitivno nabijeni ioni kalcija vežu za negativno nabijena područja kazeina, kalcij ulazi u interakciju s molekulama kazeina unutar proteinske matrice. To može rezultirati neutralizacijom odbijanja naboja između kazeina, a dvovalentna priroda kalcija, može doprinijeti umrežavanju proteinske matrice. S druge strane, jednovalentni ioni poput natrija imaju blagi učinak isoljavanja pri niskim koncentracijama, što proteine onda čini topivijima (McMahon i sur., 2005). Osim kalcija utjecaj na sadržaj proteina može imati i pH vrijednost sira (Joshi i sur., 2003). Rezultati ovog istraživanja pokazali su kako vrsta salamure nema statistički značajan utjecaj na sadržaj proteina u siru tijekom 15 dana pohrane (tablica 5.4.).

Tablica 5.5. Promjene pH vrijednosti tijekom pohrane sira u tipu mozzarelle u različitim vrstama salamure

SALAMURA	DAN ZRENJA			
	0. dan	5. dan	10. dan	15. dan
1 (Limunska kiselina)	7,07 ^a ± 0,02	7,05 ^a ± 0,02	6,51 ^a ± 0,47	5,34 ^b ± 0,01
2 (Limunska kiselina+CaCl ₂)	7,07 ^a ± 0,02	6,99 ^b ± 0,01	5,82 ^c ± 0,03	5,77 ^c ± 0,01
3 (Limunska kiselina+CaCl ₂ + bosiljak)	7,07 ^a ± 0,02	6,95 ^b ± 0,01	5,98 ^c ± 0,03	5,99 ^c ± 0,01

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna pogreška; ^{a, b, c} vrijednosti u istom redu označene različitim slovima značajno se razlikuju; (P<0,05)

Fizikalni parametar pH vrijednosti važan je za određivanje roka trajanja i kvalitete prehrambenog proizvoda (Yerlikaya i sur., 2020). Mjerenja pH vrijednosti provedena su tijekom 15 dana pohrane sireva u tipu mozzarella u različitim vrstama salamure, a rezultati su prikazani u tablici 5.5. Mozzarella u salamuri 1 nakon 5. dana pohrane pa do kraja ima statistički značajan (P<0,05) pad pH vrijednosti. Sirevi uronjeni u salamurama 2 i 3 imali su slične pH vrijednosti tijekom razdoblja pohrane. Statistički značajan pad (P<0,05) pH vrijednosti za mozzarella sireve u salamuri 2 i 3 utvrđen je od 5. do 10. dana pohrane nakon čega nema značajne promjene što se može objasniti prisustvom kalcij-klorida u tim salamurama u usporedbi sa salamurom 1. Varijacija pH vrijednosti tijekom vremena pohrane može biti povezana s promjenom H⁺ koncentracije uzrokovane proizvodnjom organske kiseline od strane bakterija mliječne kiseline (Yerlikaya i sur., 2020). Primjerice Parafati i sur. (2023) utvrdili su smanjenje pH vrijednosti u uzorcima mozzarelle i salamure. Smanjenje je uzrokovano djelovanjem dodatka ekstrakta crvenog lišća manga u salamuru, a može utjecati i na promjenu ionske ravnoteže u mozzarella siru. Smanjenje pH vrijednosti tijekom vremena pohrane utvrdili su i Azarnia i sur. (1997) koji navode kako je smanjenje vrijednosti pH vezano uglavnom za završetak fermentacije laktoze i oslobađanje amino i slobodnih masnih kiselina nakon procesa proteolize i lipolize. Tratnik i Božanić (2012) tvrde da se migracijom soli iz sira u salamuru i obrnuto mijenjaju pH vrijednosti sira i salamure. Sličan pad pH vrijednosti utvrdili su Fucà i sur. (2012) u svom istraživanju utjecaja sastava salamure i temperature salamurenja na fizikalna svojstva sira Ragusano. U istraživanju su dokazali da pH vrijednost sireva koji se pohranjuju u salamuri ovisi o sadržaju soli i kalcija u salamuri. Autori su također uočili niže vrijednosti pH u sirevima koji se pohranjuju u salamuru koja sadrži veći udio soli ili veći udio kalcija. Osim navedenih parametara koji utječu na smanjenje pH vrijednosti Sheehan i Guinee

(2004) u svom istraživanju navode kako i vrijeme pohrane može uzrokovati smanjenje vrijednosti pH za sireve. Slične rezultate također su dobili Guneser i sur. (2022) koji su uočili kako na smanjenje pH vrijednosti sira utječe vrijeme pohrane.

Analiza rezultata za udio soli u siru tipa mozzarella u različitim vrstama salamure tijekom 15 dana pohrane prikazana je u tablici 5.6.

Tablica 5.6. Promjene vrijednosti udjela soli (%) tijekom pohrane sira u tipu mozzarelle u različitim vrstama salamure

SALAMURA	DAN ZRENJA			
	0. dan	5. dan	10. dan	15. dan
1 (Limunska kiselina)	0,35 ^a ± 0,01	0,07 ^b ± 0,01	0,24 ^c ± 0,02	0,20 ^c ± 0,01
2 (Limunska kiselina+CaCl ₂)	0,35 ^a ± 0,01	0,23 ^b ± 0,02	0,25 ^b ± 0,01	0,24 ^b ± 0,01
3 (Limunska kiselina+CaCl ₂ + bosiljak)	0,35 ^a ± 0,01	0,24 ^b ± 0,03	0,12 ^c ± 0,01	0,21 ^b ± 0,01

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna pogreška; ^{a, b, c} vrijednosti u istom redu označene različitim slovima značajno se razlikuju; (P<0,05)

Mozzarelle u salamuri 1, 2 i 3 imaju statistički značajno (P<0,05) smanjenje sadržaja soli od 0. do 5. dana pohrane dok je značajan (P<0,05) porast udjela soli do kraja pohrane utvrđen samo za mozzarellu u salamuri 1. Sadržaj soli u mozzarelli u salamuri 3 značajno (P<0,05) se smanjivao do 10. dana pohrane, a potom se do 15. dana značajno povećao (P<0,05). Slične rezultate u varijaciji udjela soli dobili su autori Guneser i sur. (2023) i autori Yerlikaya i sur. (2020) koji su u svojim istraživanjima dodavali različite dodatke i začine te pratili njihov utjecaj na fizikalno-kemijske parametre. Razlog povećanja i smanjenja udjela soli u siru je difuzija soli koja uglavnom ovisi o sastavu salamure. Kada više otopljenih tvari difundira istovremeno, uz koeficijent samo difuzije treba uključiti i unakrsnu difuziju kako bi se uzeo u obzir učinak jedne otopljene tvari na protok druge otopljene tvari. Ioni Na⁺, Cl⁻ i K⁺ uglavnom se nalaze u topivoj fazi i potiču difuziju soli. Međutim, mehanizam kojim kalcij u salamuri utječe na difuziju soli još nije u potpunosti jasan pa su potrebna daljnja istraživanja kako bi se utvrdilo dovodi li ionska migracija kalcija do sinergije difuzije soli ili do inhibicije difuzije soli (Luo i sur., 2013). Također ioni kao što su Ca²⁺ i H₂PO₄⁻ prelaze iz sira u salamuri ako je njihova koncentracija veća u siru nego u salamuri (Fucà i sur., 2012).

6. Zaključak

Začini odnosno aromatične biljne vrste od davnina se dodaju u sireve radi poboljšanja njegovih senzorskih svojstava. Novijim su istraživanjima utvrđeni pozitivni učinci dodatka aromatičnog bilja na trajnost sira, ali i na ljudsko zdravlje. U tom smislu dodatak začina u salamuru te utjecaj na fizikalno-kemijska svojstva sira još uvijek nije dovoljno istražen. Prema rezultatima našeg istraživanja dodaci kalcijevog klorida i bosiljka u salamuru nisu značajno utjecali na fizikalno-kemijska svojstva sira u tipu mozzarelle nakon 15 dana pohrane, međutim uočava se različita dinamika u promjenama pojedinih sastojaka tijekom pohrane sira u različitim vrstama salamure.

7. Popis literature

1. Akarca G., Çağlar A., Tomar O. (2016). The effects spicing on quality of mozzarella cheese. *Mljekarstvo*. 66(2): 112-121.
2. Aydemir O. (2018). Proteolysis and lipolysis of white-brined (Beyaz) cheese during storage: Effect of milk pasteurization temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5), e13612.
3. Azarnia S., Ehsani M. R., Mirhadi S. A. (1997). Evaluation of the physico-chemical characteristics of the curd during the ripening of Iranian brine cheese. *International Dairy Journal*. 7(6-7).
4. Baghdadi F., Aminifar M., Farhoodi M., Shojaee S. (2018). Changes in the structure of brined cheese modified with basil seed gum based on protein-polysaccharide interactions. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 20(4): 695-708.
5. Chen C., Wolle D., Sommer D. (2008). *Mozzarella. The Sensory Evaluation of Dairy Products*, str. 459–487.
6. Everett D. W., Auty M. A. (2008). Cheese structure and current methods of analysis. *International Dairy Journal*, 18(7): 759-773.
7. Faccia M., Gambacorta G., Natrella G., Caponio F. (2019). Shelf life extension of Italian mozzarella by use of calcium lactate buffered brine. *Food Control*. 100: 287–291.
8. Fox P. F., Guinee T. P. (2013). *Cheese science and technology. Milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health*, str. 357-389.
9. Fucà N., McMahon D. J., Caccamo M., Tuminello L., La Terra S., Manenti M., Licitra G. (2012). Effect of brine composition and brining temperature on cheese physical properties in Ragusano cheese. *Journal of Dairy Science*. 95(1): 460-470.
10. Gernigon G., Schuck P., Jeantet R. (2009). Processing of Mozzarella cheese wheys and stretchwaters: A preliminary review. *Dairy Science & Technology*. 90(1): 27–46.
11. Guan, L., Ma, Y., Yu, F., Jiang, X., Jiang, P., Zhang, Y., Yuan, C., Huang, M., Chen, Z., Liu, L. (2023). The recent progress in the research of extraction and functional applications of basil seed gum. *Heliyon*, 9 (9): e19302.
12. Guinee T. P. (2004). Salting and the role of salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 57(2-3): 99-109.
13. Guinee T.P. (2016). *Protein in Cheese and Cheese Products: Structure-Function Relationships*. U: *Advanced Dairy Chemistry* (ur. McSweeney, P., O'Mahony, J.), Springer. New York, NY, SAD, str. 347–415.
14. Guinee T.P., McSweeney P.L.H. (2006). *Significance of Milk Fat in Cheese*. U: *Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids* (ur. Fox P.F., McSweeney P.L.H.), Springer. Boston, MA, str. 377–440.
15. Guneser B. A., Aklale B., Guneser O. (2023). Characterization of physicochemical, rheological, aroma, and sensory properties of spreadable processed cheese supplemented with chia, quinoa, and teff seeds. *Mljekarstvo*. 73(1), 22-37.

16. Havranek J., Kalit S., Antunac N., Samaržija D. (2014). *Sirarstvo*. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
17. HRN EN ISO 5534 (2008). *Sir i topljeni sir - određivanje sadržaja suhe tvari*. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.
18. HRN EN ISO 5943 (2007). *Sir i proizvodi od topljenog sira - Određivanje udjela klorida. Metoda potenciometrijske titracije*. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.
19. HRN EN ISO 8968-1 (2014). *Mlijeko - određivanje sadržaja proteina (dušika) metodom po Kjeldahlu*. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.
20. HRN ISO 3433 (2009). *Sir - određivanje udjela masti - Van Gulikova metoda*. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.
21. Jahić S., Makić L., Džaferović A. (2019). The use of spices in the production of traditional fresh cheese. U: *Book of proceedings* (ur. Vilić Husein D., Ibrahimpašić J., Toromanović M.), University of Bihać, Biotechnical Faculty. Bihać, Bosna i Hercegovina, str. 147-157.
22. Joshi N. S., Muthukumarappan K., Dave R. I. (2003). Understanding the role of calcium in functionality of part skim Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. 86(6): 1918-1926.
23. Josipović R., Markov K., Frece J., Stanzer D., Cvitković A., Mrvčić J. (2016). Upotreba začina u proizvodnji tradicionalnih sireva, *Mljekarstvo*. 66 (1): 12-25.
24. Karahan A. G., Kart A., Akoğlu A., Çakmakçı M. L. (2011). Physicochemical properties of low-fat soft cheese Turkish Beyaz made with bacterial cellulose as fat mimetic. *International journal of dairy technology*. 64(4): 502-508.
25. Kindstedt P. S. (2001). Moisture variations in brine-salted pasta filata cheese. *Journal of AOAC International*. 84(2): 605-612.
26. Kindstedt P. S., Fox P. F. (1993). Effect of manufacturing factors, composition, and proteolysis on the functional characteristics of mozzarella cheese. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 33(2): 167–187.
27. Luo J., Pan T., Guo H. Y., Ren F. Z. (2013). Effect of calcium in brine on salt diffusion and water distribution of Mozzarella cheese during brining. *Journal of Dairy Science*. 96(2): 824-831.
28. Marcos A. (1993). *Water Activity in Cheese in Relation to Composition, Stability and Safety*. U: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (ur. Fox P.F.), Springer. Boston, MA, str. 439–469.
29. McMahan D. J., Oberg, C. J. (2017). *Pasta-filata cheeses*. U: *Cheese* (ur. McSweeney P.L.H., Fox P.F., Cotter P.D., Everett D.W.), Academic Press. USA, str. 1041-1068.
30. McMahan D. J., Paulson B., Oberg C. J. (2005). Influence of calcium, pH, and moisture on protein matrix structure and functionality in direct-acidified nonfat Mozzarella cheese. *Journal of dairy science*. 88(11): 3754-3763.
31. Mizuno R., Abe T., Koishihara H., Okawa T. (2016.). The Effect of Preservative Liquid Composition on Physicochemical Properties of Mozzarella Cheese. *Food Science and Technology Research*. 22 (2): 261-266.

32. Narodne Novine (20/2009). Pravilnik o sirevima i proizvodima od sireva. Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja.
33. Nguyen H. T., Ong L., Lopez C., Kentish S. E., Gras S. L. (2017). Microstructure and physicochemical properties reveal differences between high moisture buffalo and bovine Mozzarella cheeses. *Food Research International*. 102: 458-467.
34. Parafati L., Siracusa L., Pesce F., Restuccia C., Fallico B., Palmeri R. (2023). Mango (*Mangifera indica L.*) young leaf extract as brine additive to improve the functional properties of mozzarella cheese. *Food Chemistry*. 425: 136474.
35. Pushpangadan P., George V. (2012). Basil. U: Handbook of herbs and spices (ur. Peter K.V), Woodhead publishing. USA, str. 55-72.
36. Rankin R. A., Chen M.C., Sommer D. (2006). Mozzarella and Scamorza Cheese. U: Handbook of Food Science, Technology, and Engineering, Volume 4 (ur. Hui, Y.H., & Sherkat, F.), CRC Press, Boca Raton. USA, str. 150-1.
37. Ribas J. C., Matumoto-Pintro P. T., Vital A. C. P., Saraiva B. R., Anjo F. A., Alves R. L., ... Zeoula, L. M. (2019). Influence of basil (*Ocimum basilicum Lamiaceae*) addition on functional, technological and sensorial characteristics of fresh cheeses made with organic buffalo milk. *Journal of Food Science and Technology*. 56: 5214-5224.
38. Samaržija D. (2021). Mljekarska mikrobiologija. Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga.
39. Shahrajabian M. H., Sun W., Cheng Q. (2020). Chemical components and pharmacological benefits of Basil (*Ocimum basilicum*): A review. *International Journal of Food Properties*. 23(1): 1961-1970.
40. Sheehan, J. J., & Guinee, T. P. (2004). Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese. *International Dairy Journal*. 14(2): 161–172.
41. Smith J. R., Carr A. J., Golding M., Reid D. (2017). Mozzarella Cheese – A Review of the Structural Development During Processing. *Food Biophysics*. 13(1): 1–10.
42. Tarakçı Z., Deveci F. (2019). The effects of different spices on chemical, biochemical, textural and sensory properties of White cheeses during ripening. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 69(1): 64-77.
43. Tratnik Lj., Božanić R. (2012). Mlijeko i Mliječni Proizvodi. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
44. Wendorff W. L., Johnson M. E. (1991). Care and maintenance of salt brines. U: Proceedings from the 28th Annual Marschall Italian Seminar (Various Authors). Rhone Poulanc, Madison, WI, str. 63-71.
45. Xixiu M. (2013). Evaluation of Functional Properties and Microstructure of Mozzarella Cheese, and their Correlation. The University of Auckland. Doktorska disertacija.
46. Yazici F., Dervisoglu M., Akgun A., Aydemir O. (2010). Effect of whey pH at drainage on physicochemical, biochemical, microbiological, and sensory properties of Mozzarella cheese made from buffalo milk during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*. 93(11): 5010-5019.

47. Yerlikaya O., Akan E., Bayram O. Y., Karaman A. D., Kinik O. (2021). The impact of medicinal and aromatic plant addition on antioxidant, total phenolic, antimicrobial activities, and microbiological quality of Mozzarella cheese. *International Food Research Journal*, 28(3).
48. Yerlikaya O., Akan E., Bayram O. Y., Karaman A. D., Kinik O. (2020). The influence of plant addition to some physicochemical, textural, microstructural, melting ability and sensory properties of Mozzarella cheese. *Mljekarstvo*. 70(4): 300-312.
49. Yu C., Gunasekaran S. (2005). A systems analysis of pasta filata process during Mozzarella cheese making. *Journal of Food Engineering*. 69(4): 399-408.
50. Zappia A., Branca M. L., Piscopo A., Poiana M. (2020). Shelf life extension of mozzarella cheese packed in preserving liquid with calcium lactate and bergamot juice concentrate. *Journal of Dairy Research*. 87(4): 474-479.

8. Popis slika i tablica

Popis slika

Slika 2.1. Shematski prikaz tehnologije proizvodnje sira mozzarella

Slika 4.1. Proces rezanja gruša sirarskom harfom

Slika 4.2. Gruš izrezan na veličinu manjeg oraha

Slika 4.3. Soljenje i miješanje sirnog tijesta

Slika 4.4. Dodavanje vruće vode i nastavak miješanja sirnog tijesta

Slika 4.5. Postupak razvlačenja

Slika 4.6. Postupak oblikovanja kuglica

Slika 4.7. Shematski prikaz proizvodnje sira u tipu mozzarella

Slika 4.8. Oblikovane kuglice prelivene salamurom u posudama

Slika 4.9. Tri vrste salamure

Slika 4.10. Ekstrakcija bosiljka pomoću sustava ultrazvučne sonde

Slika 4.11. Sušenje uzoraka sira mozzarella za određivanje udjela suhe tvari

Slika 4.12. Određivanje udjela mliječne masti Van Gulikovom butirometrijskom metodom

Popis tablica

Tablica 5.1. Utjecaj vrste salamure na fizikalno-kemijske karakteristike sira u tipu mozzarelle tijekom 15 dana pohrane

Tablica 5.2. Promjene vrijednosti suhe tvari (%) tijekom pohrane sira u tipu mozzarelle u različitim vrstama salamure

Tablica 5.3. Utjecaj vrste salamure na sadržaj mliječne masti (%) u siru tipa mozzarella tijekom vremena pohrane

Tablica 5.4. Utjecaj vrste salamure na sadržaj proteina (%) u siru tipa mozzarella tijekom vremena pohrane

Tablica 5.5. Promjene pH vrijednosti tijekom pohrane sira u tipu mozzarelle u različitim vrstama salamure

Tablica 5.6. Promjene vrijednosti udjela soli (%) tijekom pohrane sira u tipu mozzarelle u različitim vrstama salamure

9. Životopis

Milka Vujeva rođena je 09.02.1994 godine u Splitu. Pohađala je osnovnu školu Bijaći u Kaštel Novom, 2009. godine upisuje Opću gimnaziju Ivana Lucića u Trogiru koju završava 2013. Stručni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija na Veleučilištu "Marko Marulić" u Kninu završava 2022. godine obranom završnog rada na temu „Senzorska procjena i hranjiva vrijednost badem krem-proizvoda bez dodanog šećera“. Iste godine upisuje diplomski studij na Agronomskom fakultetu, smjer Proizvodnja i prerada mlijeka. Vrlo dobro se služi engleskim jezikom te Microsoft Office paketom.