

# Trendovi u proizvodnji funkcionalnih mliječnih proizvoda

---

Jurec, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:106841>

*Rights / Prava:* [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2020.

Iva Jurec  
1257/PI

**TRENDOVI U MODIFIKACIJI  
FUNKCIONALNIH MLIJEČNIH  
PROIZVODA**

Rad je izrađen u Laboratoriju za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof.dr.sc. Rajke Božanić.

## **ZAHVALA**

Veliko hvala mentorici, prof.dr.sc. Rajki Božanić, na predanoj pomoći i vodstvu, trudu i razumijevanju prilikom izrade ovog diplomskog rada. Prvenstveno se zahvaljujem zbog izlaska u susret i mogućnosti izrade rada samo u teorijskom obliku, zbog izvanredne epidemiološke situacije. Hvala Vam što ste me usmjerili i pomogli svaki put kada sam naišla na poteškoće prilikom pisanja, jer izrada u ovakvim okolnostima mi nije bila ni malo laka.

Najviše se zahvaljujem roditeljima koji su mi omogućili studiranje i pružali bezuvjetnu podršku, potporu i motivaciju u trenucima kada je bilo najteže. Hvala Vam što ste uvijek vjerovali u mene, kada ni sama nisam, te što ste mi pružili bezgraničnu ljubav i strpljenje. Bez vaše podrške i odricanja moj niti jedan uspjeh ne bi bio moguć. Također, hvala sestri koja me je uputila u studentski život i dala bezbroj korisnih savjeta kako bi studiranje bilo što lakše.

Hvala svim dobrim ljudima oko mene, svim prijateljima i svima koji su uvijek bili uz mene i imali razumijevanja tijekom cijelog studiranja te mi pomogli da završim fakultet, a sve godine studiranja učinili zabavnim i nezaboravnim.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo  
Laboratorij za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

### TRENDOVI U PROIZVODNJI FUNKCIONALNIH MLIJEČNIH PROIZVODA

*Iva Jurec, 1257/PI*

**Sažetak:** Zbog sve veće svijesti o važnom utjecaju hrane na zdravlje, raste trend proizvodnje funkcionalnih mliječnih proizvoda. Funkcionalnost mliječnog proizvoda može se postići na više načina. Može mu se modificirati sastav, te se tako količina određenih komponenti može povećati (npr. proteini) odnosno smanjiti (npr. sol i kolesterol). Također, moguće je modificirati tehnološki proces proizvodnje (npr. primijeniti ultrafiltraciju) ili koristiti različite dodatke koji će povećati funkcionalnost mliječnog proizvoda (npr. probiotici). Tu se mogu ubrojiti i nusproizvodi koji zaostaju tijekom proizvodnje glavnih mliječnih proizvoda i koji se u prošlosti nisu dobro iskorištavali (sirutka i mlaćenica), a danas se zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti prerađuju u funkcionalne proizvode.

**Ključne riječi:** funkcionalni proizvodi, sastav, dodaci, nusproizvodi, tehnologija

**Rad sadrži:** 54 stranice, 5 slika, 9 tablica, 146 literaturnih navoda, 1 prilog

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** *prof.dr.sc. Rajka Božanić*

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. Doc.dr.sc. *Katarina Lisak Jakopović*
2. Prof.dr.sc. *Rajka Božanić*
3. Izv.prof.dr.sc. *Ivana Rumbak*
4. Prof.dr.sc. *Nada Vahčić* (zamjena)

**Datum obrane:** 22. rujna 2020.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of Food Engineering  
Laboratory for Technology of Milk and Milk Products

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Food Technology

### TRENDS IN THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL DAIRY PRODUCTS

*Iva Jurec, 1257/PI*

**Abstract:** Due to the greater awareness of the important impact of food on health, the trend of production of functional dairy products is growing. The functionality of a dairy product can be achieved in several ways. Its composition can be modified, so thus the amount of certain components can be increased (e.g. proteins) or decreased (e.g. salt and cholesterol). Also, it is possible to modify the technological process of production (e.g. ultrafiltration ) or use various supplements that will increase the functionality of the dairy product (e.g. probiotics ). This includes by-products that lag behind in the production of major dairy products and which in the past were not well utilized (whey and buttermilk), and today due to their high nutritional value are processed into functional products.

**Keywords:** functional products, composition, supplements, nusproducts, technology

**Thesis contains:** 54 pages, 5 figures, 9 tables, 146 references, 1 supplement

**Original in:** Croatian

**Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) versionis deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** *PhD. Rajka, Božanić, Full professor*

**Reviewers:**

1. PhD. *Katarina, Lisak Jakopović*, Assistant professor
2. PhD. *Rajka, Božanić*, Full professor
3. PhD. *Ivana, Rumbak*, Associate professor
4. PhD. *Nada, Vahčić*, Full professor (substitute)

**Thesis defended:** 22 September 2020

# Sadržaj

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>                                              | <b>1</b>  |
| <b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>                                      | <b>2</b>  |
| 2.1. MODIFIKACIJA SASTAVA FUNKCIONALNIH MLIJEČNIH PROIZVODA ..... | 7         |
| 2.1.1. Hidroliza laktoze.....                                     | 7         |
| 2.1.2. Povećanje količine proteina .....                          | 13        |
| 2.1.3. Smanjenje količine soli .....                              | 16        |
| 2.1.4. Smanjenje količine kolesterola .....                       | 19        |
| 2.2. OBOGAĆIVANJE PROIZVODA U VIDU RAZLIČITIH DODATAKA .....      | 22        |
| 2.2.1. Probiotici i prebiotici .....                              | 22        |
| 2.2.2. Primjena biljaka .....                                     | 27        |
| 2.3. NUSPOROIZVODI.....                                           | 30        |
| 2.3.1. Proizvodi na bazi sirutke.....                             | 30        |
| 2.3.2. Mlaćenica.....                                             | 35        |
| 2.4. MODIFIKACIJA TEHNOLOGIJE .....                               | 37        |
| 2.4.1. Ultrafiltracija.....                                       | 37        |
| 2.4.2. Jestive pokrivke kod proizvodnje sireva .....              | 39        |
| <b>3. ZAKLJUČAK.....</b>                                          | <b>42</b> |
| <b>4. LITERATURA .....</b>                                        | <b>44</b> |
| <b>5. PRILOZI .....</b>                                           | <b>55</b> |

# 1. UVOD

Prehrambena industrija grana je industrije koja se bavi preradom hrane i glavni zadatak joj je podmiriti prehrambene potrebe potrošača. Dijeli se u nekoliko grana, a jedna od najvažnijih svakako je mliječna industrija. Mliječnim proizvodima smatraju se svi oni koji su dobiveni od mlijeka i/ili oni koji su dobiveni od njihovih mješavina ukoliko sadrže više od 50 % mlijeka ili nekog drugog mliječnog proizvoda (Hrvatska enciklopedija, 2020).

U današnje vrijeme sve se više pažnje pridodaje pravilnom i zdravom načinu prehrane, što rezultira time da potrošači sve više nastoje balansirati prehranu s ciljem postizanja optimalnog zdravstvenog stanja i mogućnosti reduciranja rizika razvoja bolesti, na način da se sve više konzumiraju proizvodi koji imaju pozitivan učinak na zdravlje ljudi. Kako se mijenja trend potrošača, u prehrambenoj se industriji mijenja način prerade i proizvodnje. Stoga je temelj razvoja moderne prehrambene industrije širom cijeloga svijeta proizvodnja funkcionalne hrane, odnosno hrane koja ima povoljan učinak na zdravlje ljudi uz adekvatno nutritivno djelovanje. Funkcionalna hrana definira se kao funkcionalna ako sadrži sastojke koji pozitivno djeluju na jednu ili više ciljanih funkcija u tijelu (ILSI, 1999). Zato proizvođači moraju stalno pratiti sve trendove, novosti i promjene koje se uvode u proizvodnju kako bi ostali konkurentni na tržištu te kako bi se zadovoljile želje, zahtjevi, ali i potrebe potrošača.

Tema ovog diplomskog rada su trendovi u modifikaciji funkcionalnih mliječnih proizvoda. Svrha rada je istražiti koji sve funkcionalni mliječni proizvodi postoje na tržištu, te koje su modifikacije na proizvodima moguće kako bi se oni unaprijedili i poboljšali, bilo da se odnose na modifikaciju sastava proizvoda, promjene u tehnološkom procesu proizvodnje ili da se odnose na određene dodatke u proizvode koji će uzrokovati modifikacije sastava hranjivih tvari i proizvod učiniti funkcionalnim.

Rad se osim uvoda i zaključka sastoji od teorijskog dijela koji je podijeljen u četiri poglavlja. Prvo poglavlje govori o modifikaciji sastava mliječnog proizvoda, drugo poglavlje govori kojim dodacima je moguće obogatiti proizvode, dok treće poglavlje govori o nusproizvodima koji pokazuju potencijalnu funkcionalnost. Četvrto poglavlje govori o tehnološkom procesu proizvodnje mliječnog proizvoda, odnosno o mogućim modifikacijama tehnološkog procesa.

## 2. TEORIJSKI DIO

Osnovna uloga hrane je osiguravanje hranjivih tvari dovoljnih za podmirivanje nutritivnih potreba pojedinaca. Svaka hrana je funkcionalna na neki način jer pruža okus, aromu i nutritivnu vrijednost. Zbog promjena unutar društva, znanost o prehrani ne bavi se više samo osiguravanjem odgovarajuće količine hranjivih tvari, već se bavi otkrivanjem biološki aktivnih tvari u hrani koje imaju dobar učinak na zdravlje. Zato funkcionalna hrana poprima sve veću ulogu u poboljšanju životnog standarda i dobiva sve veći značaj kao dio prehrane.

Pojam „funkcionalna hrana“ prvi se puta počeo koristiti 1980-ih godina u Japanu i odnosio se na prehrambene proizvode obogaćene nutrijentima koji posjeduju korisna fiziološka djelovanja. Ministarstvo zdravstva Japana predstavilo je 1991. godine pravila za odobrenje specifične zdravstvene kategorije hrane FOSHU (eng. Food for Specified Health Use) čime se uspostavljaju i pravila za specifične zdravstvene tvrdnje za taj tip hrane. Stoga, prema Ministarstvu zdravstva Japana FOSHU je:

- hrana za koju se očekuje da zbog svog sastava ima specifične zdravstvene utjecaje ili hrana iz koje su uklonjeni alergeni;
- hrana kod kojih je utjecaj dodataka, ili uklonjenih tvari, znanstveno vrednovan i dobivena je dozvola za tvrdnje o specifičnom pozitivnom učinku na zdravlje (Roberfroid, 2000).

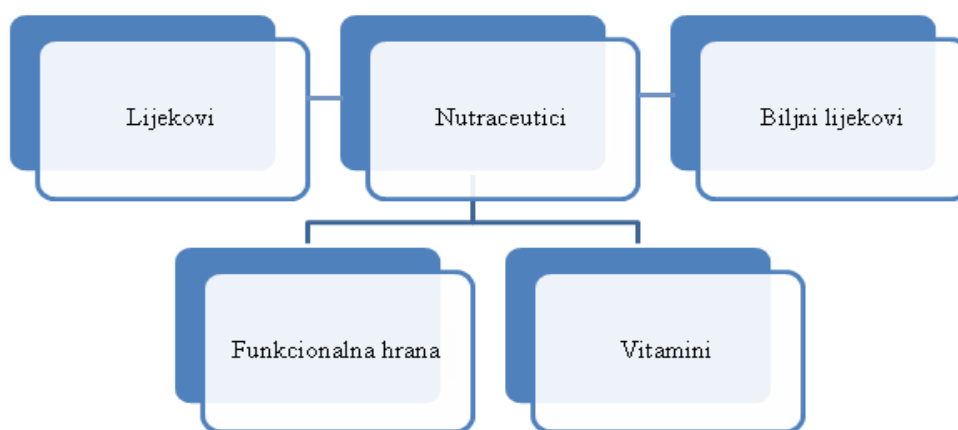
Za nutricioniste i prehrambene tehnologe izazov je postaviti jasnu granicu između konvencionalne hrane i funkcionalne hrane jer u većini zemalja ne postoje zakonske definicije naziva „funkcionalna hrana“ (Mark-Herbert, 2004; Niva, 2007), nego postoje različite definicije i objašnjenja. Definicija koja na najjednostavniji način objašnjava pojam funkcionalne hrane kaže da se hrana može nazvati funkcionalnom ako pored svoje osnovne nutritivne vrijednosti na pozitivan i zadovoljavajući način utječe na jednu ili više ciljanih funkcija tijela smanjujući rizike razvoja pojedinih bolesti (Roberfroid, 2000). Druga definicija kaže kako funkcionalna hrana može poboljšati opće stanje organizma, smanjiti rizik oboljenja od raznih bolesti, čak se može koristiti tijekom liječenja nekih bolesnih stanja (Mark-Herbert, 2004; Menrad, 2003).

Zbog različitih definicija i mogućeg neshvaćanja istih, Međunarodni savjet za informiranje o hrani (eng. International Food Information Council – IFIC) je dao definiciju koja kaže: Funkcionalna hrana je ona koja pruža veću dobrobit za zdravlje nego osnovna prehrana.

Funkcionalna hrana ne mora nužno biti funkcionalna za cijelu populaciju, te je jako bitno shvatiti razliku između hrane i lijeka. Kako bi se to moglo razumjeti na jednostavan način, prema konceptu za utvrđivanje funkcionalnosti (eng. Functional Food Science in Europe - FUFOSE) određene su jedinstvene značajke funkcionalne hrane:

- treba biti konvencionalna i svakodnevna hrana;
- mogućnost konzumiranja kao dio uobičajene prehrane;
- prirodnog sastava (kao suprotno od sintetskih) s komponentama koje se mogu prirodno naći u toj hrani ili su dodane u tu hranu u većoj količini od koncentracije specifične za tu hranu;
- ima pozitivan utjecaj na fiziološke funkcije;
- može poboljšati opće zdravstveno stanje ili smanjiti rizik od bolesti;
- ima potvrđene i utemeljene zdravstvene tvrdnje (Roberfroid, 2000; Diploc i sur., 1999).

Također, postoji i pojam „nutraceutik“ koji je definiran kao svaka tvar koja je hrana ili je dio hrane i pruža medicinske ili zdravstvene pogodnosti uključujući prevenciju ili liječenje bolesti. To su proizvodi koji se mogu pronaći u raznovrsnim oblicima bilo kao pročišćeni i koncentrirani nutrijenti, dodatci prehrani, biljni proizvodi ili prirodne komponente biljaka i procesirana hrana kao što su žitarice, juhe i pića (DeFelice, 1995). Iako su fiziološki učinci definirani, nutraceutici se nalaze u „sivoj zoni“ između hrane i lijeka (Gulati i Ottaway, 2006).



Slika 1. Povezanost nutraceutika s ostalim proizvodima (Lockwood, 2007)

Najbliža je veza između funkcionalne hrane i nutraceutika (slika 1), upravo zato što u većini slučajeva funkcionalna hrana sadrži nutraceutike, kao što su na primjer karotenoidi, ili joj se dodaju kao na primjer probiotici i/ili prebiotici (Lockwood, 2007).

Funkcionalna hrana može se podijeliti u pet skupina, što je prikazano u tablici 1, a inovacije se mogu očitati u novim funkcionalnim komponentama ili u novim tehnikama procesiranja.

Tablica 1. Tipovi funkcionalne hrane (Spence, 2006; Kotilainen i sur., 2006)

| <b>Vrsta funkcionalne hrane</b>                                         | <b>Opis hrane</b>                                                                                                                                                                 | <b>Primjeri</b>                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nemodificirana i neprerađena hrana</b><br>(engl. <i>whole food</i> ) | Najjednostavniji oblik funkcionalne hrane, hrana u svom prirodnom obliku                                                                                                          | Voće, povrće, začini i začinsko bilje                                                                                                                                                                                               |
| <b>Obogaćeni proizvodi</b>                                              | Povećanje količine postojećih nutrijenata (engl. <i>fortified food</i> )                                                                                                          | Voćni sokovi s povećanom količinom vitamina A, C i E, mlijeko obogaćeno vitaminom D                                                                                                                                                 |
|                                                                         | Dodatak novih nutrijenata ili komponenti koji nisu normalno prisutni u određenoj hrani (engl. <i>enriched food</i> )                                                              | Voćni sokovi s dodatkom kalcija, margarin obogaćen biljnim sterolima, probiotici i prebiotici                                                                                                                                       |
| <b>Izmijenjeni proizvodi</b><br>(engl. <i>altered food</i> )            | Zamjena postojeće komponente i/ili antinutrijenata s nutrijentima koji imaju povoljan učinak                                                                                      | Proizvodi sa smanjenim udjelom masti ili bez masti (vlakna kao zamjena za masti)                                                                                                                                                    |
| <b>Poboljšani proizvodi</b><br>(engl. <i>enhanced food</i> )            | Hrana kod koje je jedna ili više komponenta prirodno obogaćena kroz specijalne uvjete uzgoja biljaka, nove formule stočne hrane kod uzgoja životinja, genetske manipulacije i sl. | Kukuruz s povećanim udjelom lizina, voće i povrće s povećanim udjelom vitamina, proizvodnja fitonutrijenata u raznom voću i povrću, uvođenje komponenti u biljke koje te biljke normalno ne proizvode (npr. krumpir s karotenoidom) |

Bitnu ulogu u čovjekovom zdravlju imaju genetska predispozicija, pravila prehrana i svakodnevna tjelovježba. Tijekom zadnjih godina, ističe se kako su današnji način života, stres, pušenje, pretilost/mršavost i nepravilna prehrana glavni uzročnici zdravstvenih problema. Upravo zbog toga, zahtjevi potrošača se mijenjaju, a posljedično dolazi i do promjena na tržištu kako bi se isti ti potrošači uspjeli pridobiti.

Tehnološka rješenja za razvoj novih proizvoda, pogotovo funkcionalnih, mogu biti vrlo zahtjevna i komplicirana, ali i skupa. Kako bi se izbjegla nepotrebna ulaganja, bitno je pratiti kako potrošači prihvaćaju novi proizvod na tržištu i kakav je njihov stav prema funkcionalnoj hrani. Razlozi koji utječu na sve veći razvoj funkcionalnih proizvoda su starenje populacije, povećani troškovi zdravstvene zaštite, svjesnost i želja za poboljšanjem zdravlja, te znanstveni dokazi da prehrana može promijeniti učestalost pojave, ali i napredovanja bolesti. Znanstvenici su počeli prihvaćati činjenicu uske povezanosti između zdravlja i načina prehrane, a potrošači se sve više informiraju o pravilnoj prehrani i spremnije prihvaćaju promjene u prehrambenim navikama.

Tako se ističe da su ključni čimbenici pri kupnji funkcionalne hrane okus, cijena i kvaliteta, odnosno praktičnost i zdravstveni učinak (Bhaskaran i Hardley, 2002). Također, potrošači prilikom kupovine neće pristati na kompromis zanemarivanja okusa hrane u zamjenu na pozitivan zdravstveni učinak (Gray i sur., 2003). Važno je od potrošača dobiti povratne informacije o njihovom poznavanju funkcionalne hrane u odnosu na ostalu hranu (Radman, 2005). Potrošači prihvaćaju inovacije na tržištu, ali ne razumiju važnost proizvoda, odnosno nemaju dobar motiv da svakodnevno kupuju takve proizvode (Kralik i sur., 2014).

Uz voće i povrće, mlijeko i mliječni proizvodi vrlo često se modificiraju kako bi im se povećala hranjiva vrijednost i pozitivan učinak koji ima na ljudsko zdravlje, odnosno kako bi postali funkcionalni. Mlijeko je samo po sebi vrlo kompleksnog sastava i velike nutritivne vrijednosti jer je samodostatna hrana za prehranu mladog sisavca u prvim danima života.

Prema Pravilniku o mlijeku i mliječnim proizvodima (2009), naziv „mlijeko“ se koristi:

- za kravlje mlijeko kojem nakon tehnološke obrade nije promijenjen sastav ili za mlijeko kojeg je udio masti standardiziran sukladno članku 7. ovoga Pravilnika;
- s jednom ili više riječi kako bi se označila vrsta (prema senzorskim svojstvima, hranjivim vrijednostima, fizikalno-kemijskim svojstvima, mogućnostima za daljnju preradu odnosno tehnološkim svojstvima), klasa, podrijetlo (prema vrsti životinje) i/ili predviđena upotreba takvog mlijeka ili opisala mehanička obrada ili promjena sastava.

Promjena sastava odnosi se samo na dodavanje i/ili oduzimanje sastojaka prirodno prisutnih u mlijeku.

Pravilnikom (2009), mliječni se proizvodi stavljaju na tržište pod sljedećim nazivima: sirutka, vrhnje, maslac, mlaćenica, tekući maslac, kazeini, bezvodna mliječna mast (maslo), sir, jogurt, kefir, kumis, fil, smetana.

Prema članku 5. Pravilnika (2009), naziv mlijeko i nazivi koji se koriste na mliječne proizvode, tamo gdje je to primjenjivo, mogu se koristiti s riječju ili riječima kako bi se označili proizvodi kojima su dodani i drugi sastojci osim sastojaka mliječnih proizvoda. Drugi sastojci ne smiju zamijeniti bilo koju mliječnu komponentu. Za mlijeko, osim kravljeg, i mliječne proizvode koji nisu proizvedeni od kravljeg mlijeka, obavezno je navođenje vrste životinje od koje potječu.

Mlijeko osim što ima tvari koje osiguravaju energiju, izgrađuju i štite ljudski organizam, ima odnos tih tvari takav da ih organizam može optimalno iskoristiti. Proteini mlijeka sadržavaju sve esencijalne aminokiseline potrebne za građu tkiva, enzima i hormona u ljudskom organizmu. Biološka vrijednost proteina mlijeka puno je veća od proteina mesa ili ribe, a imunoaktivni sustav proteina u mlijeku omogućava otpornost i zaštitu ljudskog organizma od štetnih bakterija, virusa i uzročnika zaraznih bolesti (Tratnik i Božanić, 2012).

Mineralne tvari se nalaze u povoljnom omjeru i obliku (posebice omjer kalcija i fosfora) koji omogućavaju njihovu dobru iskoristivost u ljudskom organizmu, pa tako imaju bitnu hranjivo-fiziološku važnost u prehrani. Bitna je i fiziološka uloga mineralnih tvari jer uspostavljaju aktivnost mnogih enzima, održavaju kiselo-lužnatu ravnotežu i osmolalnost, te omogućavaju prijenos esencijalnih tvari kroz staničnu membranu. Treba istaknuti kako se mlijeko ubraja u namirnice bogate kalcijem, ali je posve siromašno željezom i magnezijem. Kalcij je izrazito potreban za rast kostiju, zubi, grušanje krvi, za kontrakciju mišića, rad srca, prijenos živčanih impulsa i drugo. Redoviti unos dovoljne količine kalcija i vitamina D smanjuje rizik od osteoporoze i povećanja krvnog tlaka, ali i smanjuje rizik od pojave nekih karcinoma (Tratnik i Božanić, 2012).

Laktoza ima veliku energetska vrijednost, lako je probavljiva, potiče peristaltiku crijeva i olakšava probavu masti, proteina i ostalih hranjivih tvari. Potpomaže apsorpciju kalcija i fosfora pa ima preventivnu ulogu za nastanak osteoporoze, a osigurava i optimalnu količinu magnezija. Uspostavlja blago kiselu reakciju u crijevima te sprječava rast i razmnožavanje štetnih bakterija, a potiče rast korisnih bifidobakterija (Tratnik i Božanić, 2012).

Mliječna mast u mlijeku najveći je izvor energije i bitno utječe na ugodan okus mlijeka i mliječnih proizvoda. Iako je oskudan izvor vitamina topivih u masti (vitamin A, D, E, K) oni

pridonose vitaminskom sadržaju mlijeka. Mliječna mast sadržava više zasićenih, a manje esencijalnih masnih kiselina, ali sadržava esencijalnu arahidonsku kiselinu koje nema u biljnim mastima. Prisutna je i konjugirana linolna kiselina koja ima antikancerogena svojstva. Zbog velikog udjela masnih kiselina kratkog lanca, probavljivost mliječne masti je lakša i brža. Od fosfolipida, najznačajniji je lecitin koji ima ulogu stabilizatora, a kolin lecitina pospješuje oksidaciju masti u jetri (Tratnik i Božanić, 2012).

Mlijeko je dosta siromašan izvor vitamina, jer jedna litra svježeg pomuzenog mlijeka može zadovoljiti samo dnevnu potrebu za vitaminima B<sub>2</sub> i B<sub>12</sub>, veći dio potrebe za vitaminima A i B<sub>1</sub>, dok su količine ostalih vitamina nedovoljne (Tratnik i Božanić, 2012).

Mlijeko i mliječni proizvodi prirodni su izvor kalcija koji kao funkcionalnu ulogu ima prevenciju osteoporoze i pojave raka debelog crijeva. Na tržištu se već nalazi širok asortiman proizvoda, kao što je mlijeko obogaćeno kalcijem, vitaminom D, omega-3 masnim kiselinama, ali i različiti fermentirani proizvodi obogaćeni probiotičkim kulturama koje imaju povoljan učinak na crijevnu mikrofloru. Također, u različitim proizvodima su prisutni i prebiotici, odnosno neprobavljivi sastojci hrane koji stimuliraju rast i aktivnost korisnih bakterija i tako djeluju na zdravlje domaćina, te u tu skupinu prebiotika ulaze npr. škrob, prehrambena vlakna i oligosaharidi. Koji to sve točno proizvodi na tržištu postoje, koje se modifikacije sastava, ali i proizvodnog procesa, provode i koji se dodaci proizvodima koriste, obraditi će se dalje u ovome radu.

## 2.1. MODIFIKACIJA SASTAVA FUNKCIONALNIH MLIJEČNIH PROIZVODA

Mlijeko je namirnica kompleksnog sastava i velike hranjive vrijednosti. Upravo zbog kompleksnog sastava, moguće je provesti različite modifikacije sastava namirnice, kako bi određene tvari dobile još veći značaj i došle do još većeg izražaja, prvenstveno što se tiče pozitivnog djelovanja na ljudski organizam. Odnosno, moguće je provesti različite modifikacije sastava kako bi se proizvodi svrstali u skupinu funkcionalne hrane. Tako se može provoditi hidroliza laktoze, povećavati količina proteina, a smanjivati količina soli i masti. Nešto više o tim modifikacijama objašnjeno je u slijedećim poglavljima.

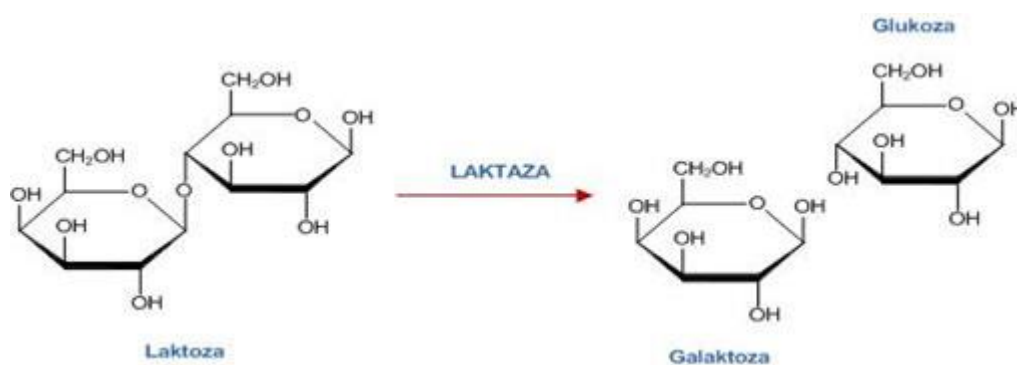
### 2.1.1. Hidroliza laktoze

Laktoza je mliječni šećer, disaharid (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>) sastavljen od molekula  $\alpha$ -D-glukoze i  $\beta$ -D-galaktoze povezanih  $\beta$ -1,4-glikozidnom vezom ( $\beta$ -galaktozil-1,4-glukoza). U mlijeku se uglavnom nalazi kao mješavina dvaju osnovnih oblika, strukturno izomernih, kao  $\alpha$ -oblik i  $\beta$ -oblik koji se razlikuju po položaju H i OH skupine na prvom C atomu glukozidnog dijela

laktoze (Tratnik i Božanić, 2012). Koncentracija laktoze različita je u različitim vrstama mlijeka, humano mlijeko sadrži najveću količinu, dok kravlje, bivolje, kozje i ovčje mlijeko sadrže manju količinu. Laktoza je najvažniji izvor energije tijekom prve godine ljudskog života jer pruža gotovo polovicu ukupne energetske potrebe dojenčadi (Vesa i sur., 2000).

Osim što ima važnu energetske ulogu, laktoza ima i važne biološke funkcije poput stimulacije rasta bifidobakterija u crijevima, te opskrbljivanje organizma galaktozom, esencijalnim hranjivim sastojkom za stvaranje cerebralnih galaktolipida. Djeluje i kao nosač minerala stvarajući ligande i tako olakšava njihovu apsorpciju (Mlichová i Rosenberg, 2006).

Da bi se laktoza mogla apsorbirati u tijelu čovjeka, mora se prethodno hidrolizirati na glukozu i galaktozu pomoću enzima laktaze ( $\beta$ -galaktozidaze) (slika 2). Enzim se nalazi u membrani sluznice tankog crijeva, maksimalnu aktivnost pokazuje u jejunumu, a najnižu u dvanaesniku i ileumu. Nakon hidrolize laktoze, monosaharidi se prevode do jetre putem portalne vene i iskorištavaju kao izvor energije ili kao građevne jedinice u tijelu (Alm, 2003). Laktoza povećava energijsku vrijednost mlijeka, lako je probavljiva, ali osobe s nedostatkom enzima laktaze teško ju podnose (Tratnik i Božanić, 2012).



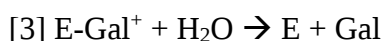
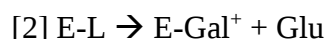
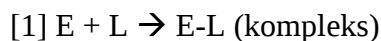
Slika 2. Hidroliza laktoze (Anonymous, 2020)

Netolerancija na laktozu problem je koji trpi velik dio svjetske populacije, stoga je bitno pronaći prihvatljivo rješenje koje će omogućiti konzumaciju mliječnih proizvoda i onima s netolerancijom, na način da se sadržaj laktoze u mlijeku smanji ili da se laktoza iz mlijeka ukloni. Upravo su mliječni proizvodi sa smanjenim sadržajem laktoze i bez laktoze primjeri proizvoda s dodanom vrijednošću, a njihova proizvodnja usmjerena je na određenu skupinu potrošača. Povećana proizvodnja vođena je sve većim znanjem o problemu netolerancije na laktozu. Postoje različite tehnološke metode za izmjenu sadržaja laktoze, poput enzimske hidrolize s topljivim ili imobiliziranim enzimima, te fizikalni procesi separacije laktoze, ultrafiltracija i kromatografija, a raspon proizvoda je širok, od mlijeka i fermentiranih mlijeka, pa sve do različitih krema i sladoleda.

Netolerancija na laktozu uzrokuje simptome kao što su proljev, bolovi u trbuhu i grčevi, nadutost, mučnina i gubitak apetita. Pojava tih simptoma varira od osobe do osobe i to ovisi o mnogim čimbenicima. Kada neprobavljena laktoza dostigne do debelog crijeva, dolazi do fermentacije uz pomoć prirodno prisutnih bakterija i stvaranja mliječne kiseline, masnih kiselina kratkih lanaca, ugljikovog dioksida, vodika i metana, a upravo ti produkti stvaraju već navedene simptome (Ingram i Swallow, 2009; de Vrese i sur., 2001; Vesa i sur., 2000). Kod čovjeka se aktivnost laktaze mijenja tijekom cijelog života. Maksimum dosiže u trudnoći i ostaje na visokoj razini tijekom dojenačke dobi i ranog djetinjstva, a zatim aktivnost postepeno počne padati. Netolerancija na laktozu može se razviti kod djece nakon dvije godine i postupno se povećavati kroz djetinjstvo. Na isti način se smanjuje sposobnost probavljanja laktoze kod odraslih, jer je sinteza laktaze smanjena. To je genetski kontrolirana osobina i varira od populacije do populacije (Ingram i Swallow, 2009; Alm, 2003; Mlichová i Rosenberg, 2006).

Ne postoji način kako povećati sposobnost organizma da proizvodi enzim laktazu, pa je, osim hidrolize, jedino rješenje netolerancije na laktozu djelomično ili u potpunosti ukloniti mlijeko i mliječne proizvode iz prehrane (Ingram i Swallow, 2009). Ali sukladno time, smanjuje se unos ostalih hranjivih tvari iz mlijeka, kao što su kalcij, fosfor i vitamini, koji su bitni za zdravlje ljudi. Mlijeko je prirodno, esencijalno i uravnoteženo, pa mu je teško pronaći zamjenu (Fox, 2011). Zato je danas sve veća konzumacija modificiranog mlijeka, a mlijeko i mliječni proizvodi bez laktoze su sve dostupniji na tržištu.

Prerada hrane pomoću bioloških agensa dobro je poznata metoda još iz davnina, a trend procesiranja hrane uz pomoć enzima kontinuirano se povećava. Enzimi se smatraju prirodnim proizvodima koji imaju sposobnost rada u blagim uvjetima pH, temperature i tlaka, dok su količina nusprodukta i energetska potreba relativno niske. U području hrane, najčešće se koriste hidrolaze, u čiju skupinu pripada i  $\beta$ -galaktozidaza (Dekker i Daamen, 2011). Njen mehanizam nije u potpunosti razjašnjen, ali hidrolizna reakcija može biti opisana na slijedeći način (Mahoney, 2003):



gdje je, E:  $\beta$ -galaktozidaza; L: laktoza; E-L: enzim-laktoza kompleks; E-Gal<sup>+</sup>: enzim-galaktoza intermedijer; Gal: galaktoza; Glu: glukoza.

Čimbenici koji upravljaju reakcijom su koncentracija laktoze u sirovini i reakcijski uvjeti, poput temperature, pH vrijednosti i vremena kontakta između enzima i supstrata.

Enzim  $\beta$ -galaktozidaza široko je rasprostranjen u prirodi, nalazi se u brojnim biljkama (breskva, marelica, badem, naranča, rajčica i dr.) i mikroorganizmima, ali onaj koji se koristi u mliječnoj industriji izoliran je iz poprilično malog broja mikroorganizama sa statusom GRAS<sup>1</sup> (Fernandes, 2010; Playne i Crittenden, 2009). Specifičnosti enzima, kao što su struktura, molekularna masa, aminokiselinski slijed, položaj aktivnog mjesta, optimalni pH i temperatura, značajno se razlikuju ovisno o mikrobnom izvoru (Mlichová i Rosenberg, 2006; Playne i Crittenden, 2009).

Jedan od postupaka za industrijsku proizvodnju mlijeka s hidroliziranom laktozom je: mlijeko se pasteurizira i hladi do temperature inkubacije, npr. 5 °C, dodaje se enzim i mlijeko se ostavlja preko noći u spremniku za hidrolizu (Mahoney, 2003). Kada je postignut željeni stupanj hidrolize, koji obično iznosi 70 % ili 100 %, mlijeko se ponovno pasteurizira kako bi se inaktivirao enzim, te se zatim pakira u maloprodajnu ambalažu. Uvjeti pasteurizacije prije i nakon hidrolize su 72-75 °C/15 s. Alternativno, može se izvršiti hidroliza nakon termalizacije na 68 °C/15 s, nakon čega slijedi pasteurizacija na 72-75 °C/15 s (Mahoney, 2003; Repelius, 2001).

Sterilizirano mlijeko s reduciranim sadržajem laktoze, može se dobiti primjenom UHT<sup>2</sup> tretmana prije ili nakon hidrolize. U prvom se slučaju mala doza steriliziranog enzima ubrizgava u UHT mlijeko, a hidroliza se provodi tijekom skladištenja proizvoda na sobnoj temperaturi, 7-10 dana do skoro potpune hidrolize (Mahoney, 2003; Saxelin i sur., 2003; Tossavainen i Kallioinen, 2007). Prednost tog postupka je što se koristi mala količina enzima (10 mg enzima / kg mlijeka) čime se smanjuju troškovi obrade, ali nedostatak je taj što enzim mora biti izrazito visoke čistoće. U drugom se slučaju mlijeko hidrolizira u spremniku s većom količinom enzima (npr. pri 5-10 °C kroz 24 h) prije UHT tretmana, a zatim se pakira (Mahoney, 2003; Tossavainen i Kallioinen, 2007). Uz intenzitet i slijed termičkih i hidroliznih tretmana koji utječu na kvalitetu dobivenog proizvoda, kvaliteta sirovog mlijeka i temperatura skladišta utječu na rok trajanja proizvoda (Tossavainen i Kallioinen, 2007).

Pojava Maillardove reakcije pojačana je u hidroliziranom mlijeku, posebice u UHT mlijeku, a njena jačina ovisi o postignutom postotku hidrolize (Saxelin i sur., 2003). Maillardova reakcija je neenzimska reakcija između reducirajućih šećera i slobodnih amino skupina proteina koja uzrokuje smeđebojenje mlijeka. Kako se u hidroliziranom mlijeku količina reducirajućih šećera, glukoze i galaktoze, udvostručuje, mogućnost Maillardove reakcije je veća. Jednom kada reakcija krene, ona se nastavlja i kroz daljnje faze skladištenja.

---

<sup>1</sup>Generally Recognized as Safe – općenito prepoznato kao sigurno

<sup>2</sup>UltraHigh Temperature – tretman izrazito visokom temperaturom

S druge strane, hidrolizirana mlijeka karakterizirana su i većom slatkoćom u odnosu na nehidrolizirana mlijeka, što nekim potrošačima ne odgovara jer to svojstvo percipiraju kao neprirodno (Saxelin i sur., 2003).

Fermentacijom mlijeka može se smanjiti količina laktoze jer se na taj način razgradi oko 30 % laktoze. Jedno od najpopularnijih fermentiranih mlijeka je jogurt. To je mliječni proizvod koji nastaje prirodnim procesom fermentacije mlijeka uz pomoć bakterija jogurtne kulture. Djelovanjem bakterija dolazi do fermentacije i prijelaza mliječnog šećera (laktoze) u mliječnu kiselinu (Tamime, 2002; Prajapati i Nair, 2008). Fermentacijom mlijeka nastaju različiti metaboliti koji utječu na okus i miris, ali i na izgled i konzistenciju proizvoda te tako određuju njihova karakteristična senzorska svojstva (Tratnik i Božanić, 2012). Zbog manjeg udjela laktoze smanjenog fermentacijom, smatra se kako će osobe netolerantne na laktozu lakše probaviti takav proizvod. Također, jogurt je izvrstan izvor vitamina, mineralnih tvari i visokokvalitetnih proteina te nekih funkcionalnih spojeva (konjugirane linolne kiseline, bioaktivnih peptida i slično).

Fermentacijom mlijeka razgradi se oko 30 % laktoze. Preostala laktoza uglavnom ne uzrokuje probavne smetnje, ako je aktivnost enzima  $\beta$ -galaktozidaze kod konzumenata samo oslabljena. Međutim, ako enzima u organizmu uopće nema, laktoza koja preostaje u fermentiranom mlijeku može i dalje uzrokovati probavne smetnje. Stoga se mlijeko prije same fermentacije može hidrolizirati. Hidroliza laktoze može se provesti prije fermentacije ili za vrijeme njenog trajanja.

Toba i sur. (1986) proučavali su učinak dvaju komercijalnih preparata  $\beta$ -galaktozidaza na hidrolizu laktoze, koji su se istovremeno dodali sa starter kulturom. Opseg hidrolize laktoze ovisio je o količini dodanog enzima, dostižući potpunu hidrolizu s većom količinom ispitivanog enzima tijekom 6 sati inkubacije.

Ismail i sur. (1983) ocjenjivali su kvalitetu jogurta koji su nastali hidrolizom laktoze tijekom fermentacije i uočili kako razlike u osjetilnim karakteristikama nema, ali je postojala razlika u teksturi, konzistenciji i okusu jogurta koji su napravljeni s manjom i srednjom razinom aktivnosti  $\beta$ -galaktozidaza. Tako su jogurti s višom razinom aktivnosti  $\beta$ -galaktozidaze imali slađi okus.

Slične rezultate dobili su Naragaj i sur. (2009) koji su proučavali različit stupanj hidrolize laktoze ovisno o aktivnosti  $\beta$ -galaktozidaze. Postoci hidrolize bili su između 50 i 90 %, ovisno o aktivnosti  $\beta$ -galaktozidaze. Jogurti koji su imali 50 i 70 % hidrolizirane laktoze, u odnosu na kontrolne uzorke, imali su bolji okus i teksturu, dok jogurti s 90 % hidrolizirane laktoze imali lošiju teksturu, veći stupanj odvajanja sirutke i lošiji okus.

Fizikalni procesi koji se koriste za separaciju laktoze iz mlijeka su ultrafiltracija i kromatografija. Ultrafiltracija je membranska tehnika koja se koristi za koncentriranje mlijeka i sirutke, ali i za modifikaciju sadržaja laktoze u mlijeku i mliječnim proizvodima. Na temelju različite molekularne veličine i interakcije između membrane i sastojaka, dolazi do razdvajanja različitih sastojaka tekuće smjese, uz primijenjeni tlak kao glavna pokretačku silu procesa. Za mlijeko, tipični radni tlakovi su od 0,3 do 0,8 MPa i radne temperature u rasponu od 25-50 °C, a postupak se provodi pod utjecajem različitih parametara kao što su brzina protoka, temperatura, pH vrijednost i slično (Limsawat i Pruksasri, 2010).

Membranski postupak se koristi za selektivno koncentriranje neke makromolekule mlijeka (npr. proteini, masti i vitamini topivi u mastima), dok voda, laktoza, mineralne tvari, aminokiseline i vitamini topivi u vodi lako prolaze kroz membranu, uz izuzetak onih komponenata koje su vezane na makromolekule. Dobiveni koncentrat ili retentat čine čestice veće od pora membrane, i pogodan je za proizvodnju sira i jogurta, a filtrat čine čestice manje od pora membrane (Tossavainen i Kallioinen, 2007).

Rinaldoni i sur. (2005) proučavali su fizikalno-kemijske, mikrobiološke i organoleptičke karakteristike jogurta proizvedenog od ultrafiltriranog mlijeka. Korištena je membrana s porama veličine 10 kDa, temperatura je iznosila 22 °C, a primijenjeni tlak 1,5 bara. Tako proizvedeni jogurt imao je sve tipične senzorske karakteristike jogurta, te je zabilježen porast udjela proteina od 30 %, dok je udjel laktoze smanjen za 50 %.

Drugi fizikalni proces koji se koristi za specifično uklanjanje laktoze iz mlijeka je kromatografija koja se temelji na apsorpciji/desorpciji komponenata prisutnih u sirovini. Patentirani postupak uklanjanja laktoze kromatografijom uključuje dva koraka. U prvom koraku, laktoza se hidrolizira tradicionalnim enzimskim postupkom, a u drugom se odvaja kromatografijom (Jelen i Tossavainen, 2003). Konačni proizvod ima sličan sastav kao mlijeko s niskim udjelom masnoće, osim udjela laktoze koji je vrlo nizak i iznosi oko 0,01 %. Osim niskog udjela laktoze, dodatna prednost je što niži sadržaj ugljikohidrata daje manju energijsku vrijednost proizvodu, ali isti okus i slatkoću. Glavni nedostatak je složenost i trajanje ovoga procesa, te se ne može izravno primijeniti u mljekarskoj industriji bez skupog ulaganja u opremu.

Bilo da je laktoza u mliječnom proizvodu hidrolizirana uz pomoć enzima ili je njen sadržaj smanjen pomoću nekog fizikalnog procesa, proizvod mora imati zadovoljavajuću kvalitetu i mikrobiološku ispravnost. Takvi proizvodi omogućavaju potrošačima koji nemaju *β-galaktozidazu* konzumaciju mlijeka, odnosno mliječnih proizvoda, u bilo kojoj količini, bez

da će osjetiti neke probavne smetnje. Upravo zbog toga takvi proizvodi pružaju veću dobrobit za zdravlje i mogu se ubrojiti u funkcionalnu hranu.

### 2.1.2. Povećanje količine proteina

Mlijeko je namirnica koja od ukupnih dušičnih tvari sadržava oko 95 % proteina i oko 5 % neproteinskih dušičnih tvari u koje se ubrajaju peptidi, slobodne aminokiseline, amonijak, aminošećeri, kreatin, kreatinin, urea i drugi. Proteini mlijeka sadržavaju brojne frakcije, podfrakcije te njihove genetske varijante, a razlikuju se po broju i redoslijedu aminokiselina. U proteinima mlijeka nalaze se dva tipa glavnih proteina, *kazein* i *proteini sirutke* (u omjeru oko 80:20 %). Bitno se razlikuju po kemijskom sastavu i strukturi, veličini i obliku, po funkcionalnim i tehnološkim svojstvima, ali po hranjivoj i zdravstvenoj vrijednosti (Tratnik i Božanić, 2012).

Micela kazeina sastoje se od kazeinskih frakcija:  $\alpha_{s1}$ -kazein,  $\alpha_{s2}$ -kazein,  $\beta$ -kazein i  $\kappa$ -kazein, koji su produkti specifičnih gena, a sintetiziraju se u mliječnoj žlijezdi. Od ukupnih proteina sirutke najviše je  $\beta$ -laktoglobulina (oko 50 %) i  $\alpha$ -laktalbumina (oko 20 %) koji su genetski proizvodi mliječne žlijezde. Manji polimeri, *proteoza-peptoni* (oko 10 %), djelomice potječu od hidrolize kazeina, a djelomice od hidrolize proteina membrane masti. Mala količina proteina potječe iz krvi, *imunoglobulini* (oko 5 %) i *albumin krvnog seruma* (oko 12 %). Preostaju još mnogi „*minorni*“ proteini i enzimi koji se nalaze u tragovima (Tratnik i Božanić, 2012).

Razni epidemiološki dokazi pokazuju da je konzumacija mliječnih proizvoda povezana sa smanjenom pojavom poremećaja metabolizma, dok eksperimentalne studije upućuju na mliječne proteine kao dijetalnu komponentu koja može pomoći prevenciji pojave dijabetesa tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti koje su sve veći globalni zdravstveni problem. Sastav i obrada proteina utječu na probavu, apsorpciju, kinetiku i funkciju aminokiselinskih ogranaka. Stoga se optimizacijom sastava mliječnih proteina može pružiti maksimalni učinak za zdravlje metabolizma, tako da se pravilno odabiru i kombiniraju određene proteinske komponente u mlijeku (McGregor i Poppitt, 2013).

Postoji sve veći trend i interes za upotrebu mliječnih proteina kao suplemenata radi poboljšanja metaboličkog zdravlja. Veća konzumacija povezana je s manjim rizikom od poremećaja metabolizma i kardiovaskularnih bolesti, jer višestruke mliječne komponente, kao što su proteini sirutke, kazein i minerali, postavljaju se kao pokretači tih blagotvornih učinaka (McGregor i Poppitt, 2013), pa je sve veći broj studija koje procjenjuju učinke proteina ili

peptida na metaboličko zdravlje. Peptidi iz mlijeka reguliraju krvni tlak, a mogu utjecati na aktiviranje urođenog imunološkog sustava i upale (McGregor i Poppitt, 2013).

Proteini mlijeka pozitivno utječu na razinu šećera u krvi, sprječavaju razgradnju čiste mišićne mase, uravnotežuju apetit, brinu da u mirovanju trošimo više kalorija te smanjuju mogućnost pojave jo-jo efekta, odnosno povratak izgubljenih kilograma (McGregor i Poppitt, 2013). Dodatak proteina sirutke ima pozitivne učinke na metabolizam glukoze, lipida i proteina nakon vježbanja. Stoga se sve više poseže za proizvodima bogatim proteinima (McGregor i Poppitt, 2013). Ali, i dalje su potrebna velika ispitivanja suplementacije mliječnih proteina u kombinaciji s promjenama načina života kako bi se stvorili čvrsti dokazi koji podupiru upotrebu mliječnim proteinskih proizvoda za poboljšanje ili upravljanje zdravljem metabolizma.

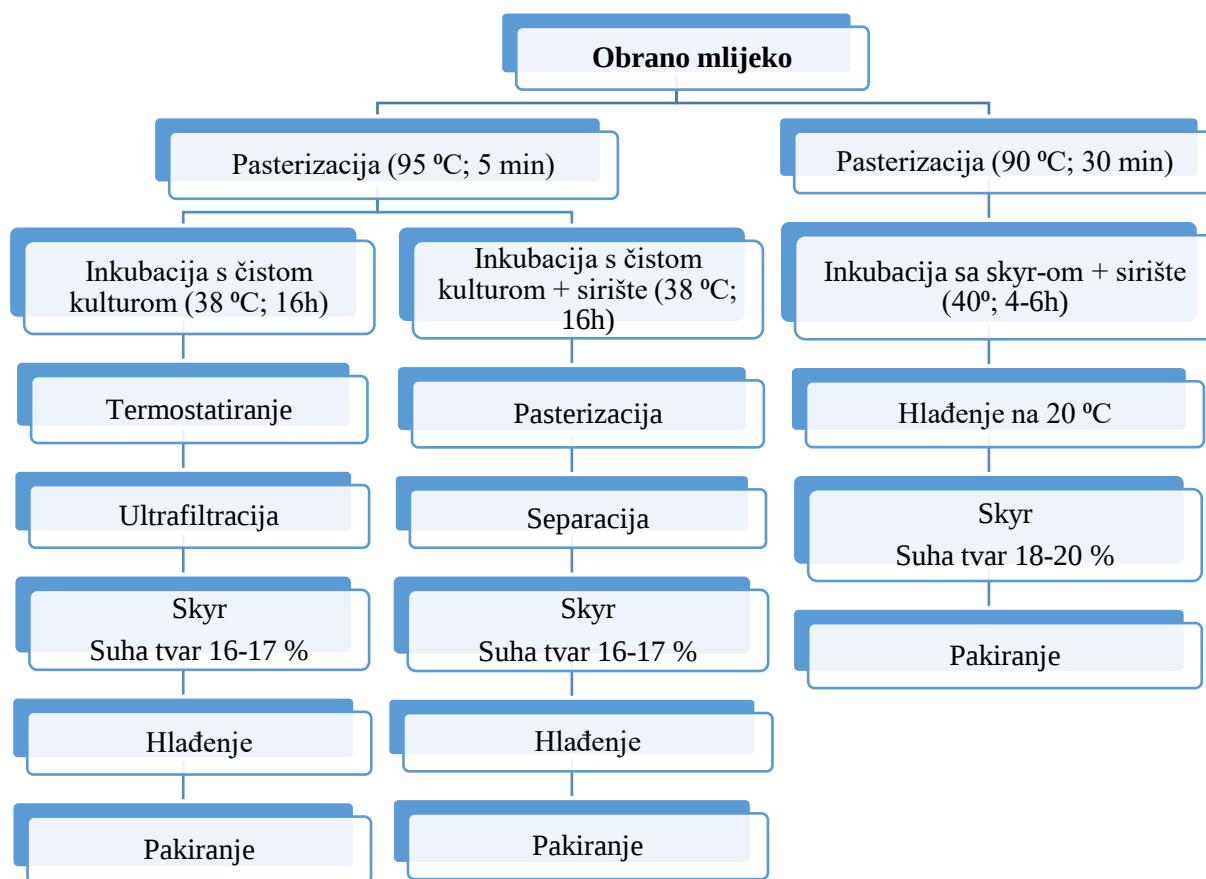
Upravo zbog svih navedenih pozitivnih svojstva proteina mlijeka, industrija se okreće proizvodima koji imaju povećan sadržaj proteina, jedan od njih je Skyr. To je tradicionalan proizvod koji je bio je osnovna hrana u starom poljoprivrednom društvu Islanda, a u današnje vrijeme postaje sve popularniji širom svijeta.

Skyr se proizvodi iz fermentiranog obranog mlijeka pomoću jogurtne kulture, a u proizvodnji se može uz fermentaciju koristiti zagrijavanje i/ili dodatak male količine sirila (Gísladóttir, 1999).

Proizvodnja tradicionalnog skyr-a može se podijeliti u četiri koraka: pasterizacija, inkubacija, hlađenje i filtracija, a različite metode proizvodnje prikazane su na slici 3. Gudmundsson (1987) je opisao tradicionalnu proizvodnju kako slijedi: obrano mlijeko zagrije se na 90-100 °C i zatim hladi na 40 °C. Mlijeko se inokulira prethodno proizvedenim skyrom razrijeđenim vodom, otprilike 15 g na litru mlijeka, zajedno s komercijalnim sirilom, otprilike 6 mL na 100 L obranog mlijeka. Zatim se pusti da se postigne pH vrijednost oko 4,7 što traje oko 4-5 h. Slijedi hlađenje na 18-20 °C i ostavi se oko 18 h ili sve do kad pH ne dosegne vrijednost od 4,2. Zatim započinje filtriranje tako da se gruša stavlja u platnene vreće, a sirutka se cijedi kroz vreću i odvodi približno 6 h na temperaturi od 19-20 °C, te zatim još 18 h na 6-8 °C. Ukupno trajanje filtriranja traje oko 24 h pri čemu se dobiva skyr pH vrijednosti oko 3,8-4,0 s udjelom suhe tvari od 17-20 %. Za proizvodnju jednog kilograma skyr-a, potrebno je 5 L obranog mlijeka.

Posljednjih godina proizvodnja se drastično promijenila. Mlijeko je standardizirano, zakiseljavanje, zagrijavanje i hlađenje točno su kontrolirani, a za inokulaciju koriste se čiste starter kulture. Glavna razlika u odnosu na tradicionalnu proizvodnju leži u separiranju, jer se

sada za odvajanje sirutke od koaguluma koristi ultrafiltracija. Na taj način je povećan prinos proteina, gubitak kazeina je minimaliziran, a sastav proteina je promijenjen jer ultrafiltrirani skyr sadrži veći omjer proteina sirutke što pridonosi poroznijoj strukturi (Gudmundsson, 2007). Suvremeni skyr razlikuje se od tradicionalnog jer ima kiseli okus, znatno mekšu teksturu zbog koje nema potrebe za miješanjem skyr-a s mlijekom ili vodom prije konzumacije.



Slika 3. Različite metode proizvodnje skyr-a (Gudmundsson, 2007)

Islandski propisi o mlijeku i mliječnim proizvodima izdaju određene kriterije za proizvodnju skyr-a, prema kojima se mora proizvoditi iz pasteriziranog obranog mlijeka i zakiseliti sa starterima, upotreba sirila je dopuštena, dok minimalni udio suhe tvari iznosi 16 %. Uobičajeno, skyr sadrži 80,1 g vode, 14,6 g proteina, 3,3 g ugljikohidrata, 0,8 g pepela i 0,2 g masti na 100 g te malu količinu vitamina i minerala kao što su tiamin, riboflavin, kalcij, fosfor, kalij i cink (Reykdal, 2003).

### 2.1.3. Smanjenje količine soli

Najstariji dodatak prehrani koji se koristi kao konzervans, tako što štiti od mikroba, produžuje rok trajanja i poboljšava okus hrane, je sol, odnosno natrijev klorid. Iako je ljudskom tijelu potrebna za održavanje normalne fiziološke aktivnosti, njen preveliki unos može dovesti do pojave srčanih bolesti i visokog krvnog tlaka, pa je poželjno ograničiti dnevni unos soli. Zato se sve više razvijaju strategije za smanjenje količine soli u prehrambenim proizvodima, uključujući i mliječne proizvode.

Natrij je sastojak soli koji potencijalno predstavlja opasnost za zdravlje jer posebno utječe na krvni tlak. Iako je natrij bitna komponenta u ljudskoj prehrani, pretjerani unos ima nepoželjne fiziološke učinke. Preporučeni dnevni unos soli iznosi 5 g NaCl (WHO, 2012), ali je unos u Zapadnim zemljama 2-3 puta veći, što je povećalo potražnju za hranom sa smanjenim udjelom natrija. Mliječni proizvodi čine značajan dio ukupnog unosa natrija u prehrani, jer različiti sirevi i maslac u svom sastavu mogu sadržavati veliku količinu soli. Smanjenjem količine natrija u proizvodima (prije svega sirevima) može doći do problema poput povećanja kiselosti, proteolize ili neželjenog rasta bakterija. Stoga se prehrambena industrija okreće inovativnim tehnološkim procesima i proizvodnji novih proizvoda kako ne bi bilo rizika za zdravlje ljudi. Koriste se sastojci poput kalijeva i kalcijeva klorida, ekstrakta kvasca i pojačivača okusa koji daju slične senzorne osobine (El-Bakry, 2012).

Sol u siru, osim što daje okus i aromu te poboljšava kvalitetu proizvoda, ima i konzervirajući učinak koji je povezan s mehanizmom aktivnosti vode ( $a_w^3$ ). Sol povećava osmotski tlak vodene faze hrane, uzrokuje dehidraciju bakterija i na taj ih način eliminira i/ili sprječava njihov razvoj te tako kontrolira mikrobiološke i enzimske aktivnosti. Također, utječe na aromu proizvoda jer održava slanost sira, stoga bi sir trebao sadržavati minimalno 0,8 % soli (Guinee i Sutherland, 2011). Osim što utječe na funkcionalna svojstva, sol utječe i na pH vrijednost, količinu kalcija, hidrataciju ili agregaciju, reološka i teksturna svojstva te svojstva kuhanja. U različitim vrstama sira, nalazi se u različitoj količini (tablica 2).

Najjednostavniji način za smanjenje unosa natrija je samo reći potrošačima kako unose prevelike količine i očekivati kako će oni sami promijeniti svoju prehranu. Ali, takav pristup baš i nije praktičan i učinkovit, pa se umjesto savjeta o prehrani u proizvodima smanjuje količina natrija i koriste razni pojačivači arome kako bi se optimizirao jednak okus i karakteristike.

---

<sup>3</sup>Količina slobodne vode – količina vode kojom mikroorganizam raspolaže u metabolizmu

Tablica 2. Približna količina NaCl u nekim vrstama sira (Schulz-Collins i Senge, 2004)

| <b>SIR</b>                                 | <b>NaCl (% w/w)</b> | <b>Vlaga (% w/w)</b> |
|--------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Quark (kvark)                              | 0,15                | 82                   |
| Emmentaler (ementaler)                     | 0,7                 | 38                   |
| Appenzeller (apencelški)                   | 1,3                 | 37                   |
| Mozzarella s malim udjelom vode (mocarela) | 1,4                 | 46,4                 |
| Cheddar (čedar)                            | 1,7                 | 37                   |
| Limburger (limburger)                      | 2,0                 | 45                   |
| Gouda (gauda)                              | 2,4                 | 39                   |
| Danablu (danski plavi)                     | 3,3                 | 43                   |
| Roquefort (rokfor)                         | 4,1                 | 41                   |
| Feta (feta)                                | 4,5                 | 63                   |

Razvijene su mnoge metode smanjenja količine soli u proizvodima. Jedna od boljih je zamjena natrija različitim spojevima koji daju slični okus i slanost kada se konzumiraju, iako oni nemaju konzervirajući učinak (Liem i sur., 2011). U različitim sirevima, najčešće je to zamjena natrijeva klorida s kalijevim kloridom (Wallis i Chapman, 2012). Takva zamjena može imati za posljedicu nepovoljan učinak na okus, mikrobiološku i reološku stabilnost te na funkcionalna svojstva proizvoda. Kada se smanjuje sadržaj soli, može doći do povećanja slobodne količine vode, te poraste broja mikroorganizama, pojačane proteolize i razvoja okusa gorčine, dok se tvrdoća sira može smanjiti. Obično se provodi supstitucija kalijevim kloridom do 30 % soli (Liem i sur., 2011; Wallis i Chapman, 2012).

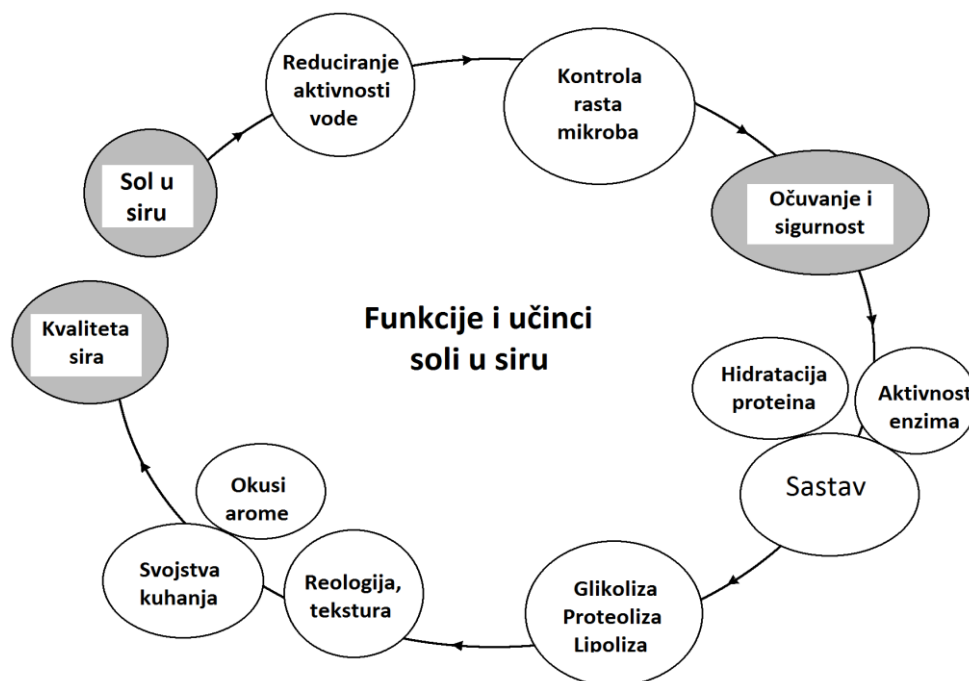
Drugi način smanjenja soli je upotreba pojačivača okusa, ali trenutno ne postoje spojevi koji u potpunosti mogu učinkovito nadomjestiti aromu natrijeva klorida u hrani (Kilcast i denRidder, 2007).

Natrijev klorid pruža okus slanosti, maskira druge okuse i kontrolira rast mikroorganizama. Litijevi spojevi su dovoljno slani, ali su otrovni u količinama koje bi bile potrebne da zamijene natrij, dok spojevi kalija i kalcija imaju slani okus, ali imaju i aromu nalik metalnom ili gorkom okusu. Takva supstitucija nije zadovoljavajuća, stoga spojevi koji se koriste su: autolizirani ekstrakt kvasca, mononatrijev glutamat, hidrolizirani biljni proteini, glicinamid hidrokoloid i drugi. Oni povećavaju slani okus, a nemaju visok udjel natrija. Ipak, iako poboljšavaju okus, neki od njih mogu uzrokovati negativne organoleptičke i zdravstvene

probleme, posebice mononatijev glutamat koji izaziva migrene i hiperaktivnost (Kilcast i denRidder, 2007).

Sol smanjuje aktivitet vode u namirnicama i tako djeluje kao konzervans. Ako se razina natrijeva klorida smanji, moguća je potreba za povećanjem koncentracije drugih konzervansa, te je potrebno pažljivije kontrolirati temperaturu hlađenja i skladištenja kako bi se osigurala hrana s dobrim rokom trajanja. Sve popularniji postaju antimikrobni lijekovi ili organske kiseline koji se koriste kao kemijski konzervansi za smanjenje pH vrijednosti i osiguranje mikrobiološke sigurnosti (Doyle i Briefing, 2008).

Sol ima složenu funkciju u procesu proizvodnje sira (slika 4), utječe na mikrobiološka, fizikalno-kemijska, biokemijska, reološka i senzorna svojstva. Igra važnu ulogu u roku trajanja, stabilnosti i okusu sira, a na kraju procesa zrenja, kvaliteta i sigurnost moraju biti zagarantirani. Stoga se ulaže puno napora, vremena i istraživanja kako bi se dobio sir s manjim udjelom soli i svim zadovoljenim zahtjevima, a postupak se mora provoditi postepeno.



Slika 4. Funkcije i učinci soli u siru (Schroeder i sur., 1988)

Jedan od najučinkovitijih načina smanjenja soli u bilo kojoj vrsti sira je održavanje sadržaja soli na minimalnoj potrebnoj razini da bi se održala optimalna kvaliteta (Guinee i Fox, 2004). Znatno smanjena razina NaCl može razviti nepoželjnu mekoću što dovodi do problema u održavanju oblika sira. Sir postaje osjetljiviji na djelovanje enzima i dolazi do enzimske hidrolize jer se pomoćne starter kulture i mliječne kulture mogu aktivirati pri nižim

razinama soli, te se pojačava pokretljivost kazeina zbog čega sir postaje manje viskozan i rastezljiviji. Kako bi se smanjile takve pojave, proizvođači prilagođavaju uvjete obrade i prilagođavaju sastav sira da bi proizvod bio prihvatljiv potrošačima, a smanjenje sadržaja soli postaje glavni zadatak svake prehrambene industrije.

#### 2.1.4. Smanjenje količine kolesterola

Po količini najpromjenjiviji sastojak mlijeka je mliječna mast (varira od 2,5 do 6 %) koja utječe na ugodan okus mlijeka, aromu, konzistenciju i teksturu mliječnih proizvoda. Ima najveću energijsku vrijednost ( $9 \text{ kcal g}^{-1}$  ili  $37 \text{ kJ g}^{-1}$ ), a u mlijeku se nalazi u obliku globula različitih veličina. Globule su vrlo složene strukture, obavijene adsorpcijskim slojem ili membranom koja ih stabilizira u okolnoj sredini mlijeka (plazma) (Tratnik i Božanić, 2012).

Mliječna mast je kompleks različitih lipidnih tvari, od kojih se neke nalaze u jezgri globule, neke u membrani globule, a neke se u neznatnom udjelu nalaze i u plazmi mlijeka. Od ukupnih sterola u mliječnoj masti glavninu čini kolesterol, dok kolesterol estera ima samo u tragovima. Drugi sastojci mliječne masti koji se nalaze u malim koncentracijama, ali daju određena senzorska svojstva i hranjivu vrijednost mlijeku, su: vitamini topljivi u mastima, sastojci arome, karotenoidni pigmenti, glikoproteini, proteini iz plazme mlijeka, endogeni enzimi, mineralne tvari i vezana voda (Tratnik i Božanić, 2012).

Dugotrajan povećan unos kolesterola smatra se jednim od uzročnika pojave bolesti srca. Kako bi se smanjio dnevni unos kolesterola, u namirnicama animalnog podrijetla, gdje spadaju i mliječni proizvodi, njegova se količina nastoji smanjiti, iako je udio kolesterola u prehrani koji dolazi iz mlijeka i mliječnih proizvoda (tablica 3) relativno mali u odnosu na drugu hranu animalnog podrijetla. Ako se iz mliječnih proizvoda ukloni mast, ujedno se uklanja i kolesterol kao njen sastavni dio. Izazov su punomasni proizvodi sa smanjenom količinom kolesterola, a zahvaljujući razvoju tehnologije, postoje sve veće mogućnosti proizvodnje, a asortiman takvih proizvoda je sve veći.

U prosjeku koncentracija kolesterola u mliječnoj masti iznosi oko  $3 \text{ mg g}^{-1}$  masti, odnosno od 0,25 do 0,40 % u ukupnim lipidima mlijeka. Kolesterol se u mlijeku nalazi u dva oblika, kao slobodan i esterificiran. Esterificirani oblik, kolesterol ester, ima vezanu jednu od masnih kiselina, u granicama od 10 – 18 C-atoma, a prosječno je to masna kiselina sa 16 C-atoma i u 50 % slučajeva nezasićena masna kiselina (De Man, 1964).

Molekula kolesterola je amfifilna, dio molekule je jako hidrofoban, a drugi je jako hidrofilan, zbog čega spontano tvori lipidne dvosloje (membrane) te ima sposobnost lociranja između faza u emulziji ulje-voda. S obzirom da je mlijeko takav tip emulzije, kolesterol se

najvećim dijelom locira u adsorpcijskom sloju, membrani masne globule. Nasuprot tome, esterificirani kolesterol je apolaran te je uglavnom lociran u jezgri masne globule, iako se smatra da ga ima i u plazmi mlijeka. Membrana masne globule sadrži oko 0,2 do 4 % kolesterola u suhoj tvari (Oakenfull i sur., 1991).

Tablica 3. Prosječna količina kolesterola u mliječnim proizvodima (Renner, 1983)

| <b>Mliječni proizvod</b> | <b>Kolesterol (mg/100 g)</b> |
|--------------------------|------------------------------|
| Kravlje mlijeko          | 13                           |
| Kozje mlijeko            | 10                           |
| Ovčje mlijeko            | 11                           |
| Mlijeko žene             | 20                           |
| Obrano mlijeko           | 2                            |
| Vrhnje                   | 90                           |
| Sir                      | 0 – 100                      |
| Maslac                   | 230                          |
| Mliječni prah: obrani    | 20                           |
| puni                     | 100                          |
| Maslo                    | 300 – 340                    |

Sve veći su trendovi za proizvodima koji imaju smanjeni udio masti, odnosno smanjeni udio kolesterola. Budući da se kolesterol uglavnom nalazi u mliječnoj masti, dobrim dijelom se može odstraniti separiranjem vrhnja, a tako se mogu dobiti obrano mlijeko i mliječni proizvodi od obranog mlijeka s malim udjelom kolesterola ili bez njega, kao što su: svježi sirevi, meki, polutvrđi i tvrdi sirevi s manje masti. Za smanjenje količine kolesterola mogu se koristiti razne fizikalne, kemijske i biološke metode. Najpoželjnije metode u takvom načinu proizvodnje su ekstrakcija pomoću  $\beta$ -ciklodekstrina i superkritičnog ugljikovog dioksida. Primjenjuju se na ekstrakciju kolesterola iz mlijeka i time proizvodnju maslaca, sira i vrhnja sa smanjenim udjelom kolesterola.

Ekstrakcija superkritičnom tekućinom pripada u fizikalne procese i već se duže vrijeme koristi u prehrambenoj industriji (npr. odmašćivanje lecitina, izolacija ulja, izolacija kofeina iz kave, arome gorkih spojeva iz hmelja, uklanjanje kolesterola). U tom se procesu proizvod najčešće tretira s plinovitim superkritičnim ugljikovim dioksidom, jer ima mnoge prednosti. Lako se uklanja, netoksičan je i nezapaljiv, to je nekoroziirajuće, neoksidirajuće i

jeftino sredstvo. Dostupan u velikim količinama visoke čistoće, ima relativno nisku cijenu te njegovim djelovanjem ne dolazi do stvaranja toksičnih nusprodukata (Sieber i sur., 2011). Proces se zasniva na izdvajanju tekuće frakcije mliječne masti sa superkritičnim ugljikovim dioksidom. Dio triglicerida mliječne masti rastvara se pod superkritičnim uvjetima, temperaturom od 31,1 °C i tlakom od 73,8 bara, te se dobije ekstrakt mliječne masti koji uglavnom sadrži trigliceride niže molekularne mase i kojemu je koncentracija kolesterola veća nego u ostatku (Sieber i sur., 2011).

U kemijske se procese ubraja ekstrakcija pomoću ciklodekstrina. Proces se zasniva na specifičnoj osobini  $\beta$ -ciklodekstrina da s kolesterolom oblikuje nerastvorivi kompleks. Molekula  $\beta$ -ciklodekstrina je netoksična, kemijski stabilna i jestiva. To je ciklični oligosaharid koji se sastoji od sedam molekula glukoze međusobno povezanih u oblik prstena, čija je šupljina hidrofobna i ima poseban afinitet prema molekuli kolesterola (Sieber i sur., 2011). Učinkovitost procesa ovisi o upotrijebljenoj koncentraciji  $\beta$ -ciklodekstrina, temperaturi i vremenu miješanja, centrifugalnoj sili i vremenu centrifugiranja, a u različitim istraživanjima na taj je način uklonjeno i više od 90 % kolesterola.

Sieber i sur. (2011) proveli su istraživanje u kojem su proizvedene različite vrste sira iz mlijeka tretiranog  $\beta$ -ciklodekstrinom. U sirevima cheddar i camembert, koncentracija kolesterola smanjena je za više od 90 % u odnosu na kontrolne sireve te se u većini parametara nisu razlikovali (slobodne kratkolančane masne kiseline, reološka i osjetilna svojstva). U siru mozzarella, kolesterol je smanjen za 64 % u odnosu na kontrolni te je imalo jednak izgled i okus, ali ne i teksturu.

Jedan od bioloških načina koji privlači sve veću pažnju u tehnologiji prerade mlijeka je korištenje mikroorganizama i enzima. Poznat je čitav niz raznih vrsta bakterija koje sadrže intra ili egzocelularne enzime za degradaciju kolesterola, kao što su neki sojevi iz roda *Nocardia*, *Rhodococcus*, i *Eubacterium*. Od otprilike 120 sojeva bakterija izoliranih iz maslaca, slanine, svinjske i pileće masti, 19 izolata ima sposobnost degradacije kolesterola (Sieber i Eyer, 1990). Najveću sposobnost imaju bakterije iz roda *Rhodococcus* koje razlažu kolesterol na 4-kolesten-3-on koji različite bakterije dalje razgrađuju u druge spojeve.

Različiti enzimi koje proizvode razne bakterije, imaju sposobnost modifikacije kolesterola, a uglavnom su to kolesterol oksidaza i reduktaza. Kolesterol oksidaza pripada u intracelularne enzime i njenu aktivnost imaju bakterije *Rhodococcus erythropolis* i *Streptomyces* spp. Zbog nastajanja toksičnih spojeva, enzimska oksidacija nije prihvatljiva. Pomoću enzima kolesterol reduktaze, kolesterol se pretvara u koprosterol koji je biološki neaktivan, nije toksičan i ne resorbira se u probavnom traktu (Schlimme, 1990).

Sieber i sur. (2011) provedenim istraživanjem dobili su slijedeće rezultate. U mliječnoj masti, inkubiranoj pri 28 °C kroz 12 h bakterijom roda *Nocardia*, količina kolesterola smanjena je za 86-89 %, dok je u vrhnju inkubiranom bakterijom *Rhodococcus equi* u vremenu od 15 h, količina kolesterola smanjena samo za 7 %.

## 2.2. OBOGAĆIVANJE PROIZVODA U VIDU RAZLIČITIH DODATAKA

Suvremeni ubrzani način života nameće potrebu kreiranja proizvoda boljih funkcionalnih osobina u odnosu na tradicionalne. Sukladno tome, mljekarska industrija sve više razvija nove, obogaćene proizvode. Tako mliječne prerađevine, koje poznajemo od davnina, poprimaju trend razvoja u novu generaciju proizvoda drugačijih svojstava i bolje nutritivne i zdravstvene vrijednosti. U tu skupinu pripadaju proizvodi obogaćeni probioticima, prebioticima i dodacima za koje je poznato da imaju pozitivan utjecaj na zdravlje, kao što su na primjer biljke i razni drugi.

### 2.2.1. Probiotici i prebiotici

Probiotik je pojam koji se koristi za mikroorganizme koji preživljavaju put kroz probavni sustav i imaju blagotvorni učinak na konzumenta. Doprinosu crijevnoj ravnoteži i igraju veliku ulogu u održavanju zdravlja jer štite organizam od štetnih mikroorganizama i jačaju imunološki sustav domaćina. Naziv probiotik dolazi od grčkog pojma „*pro bios*“ što znači „za život“.

Iako se bakterije mliječne kiseline, kvasci, plijesni ili njihove kombinacije u širokom spektru koriste u proizvodnji mliječnih proizvoda, samo neki sojevi imaju probiotička svojstva. Različiti sojevi istog roda imaju različita probiotička svojstva, različita mjesta vezanja i imunološka djelovanja. Probiotički mikroorganizmi moraju podnositi djelovanje želučane kiseline i žučnih soli u probavnom sustavu ljudi te kolonizirati debelo crijevo. Osim toga, moraju moći preživjeti u uvjetima tehnološke proizvodnje mliječnog proizvoda te se u gotovom proizvodu moraju nalaziti u dovoljnom broju, a njihovo preživljavanje mora se održati do roka trajanja.

Probiotici se mogu koristiti u proizvodnji različitih mliječnih proizvoda. Iako se mogu koristiti u proizvodnji probiotičkog mlijeka, sireva i sladoleda, najčešća je njihova primjena u fermentiranom mlijeku.

Najjednostavniji način korištenja probiotika je u proizvodnji probiotičkog mlijeka. Kod proizvodnje probiotičkog mlijeka probiotici se dodaju u hladno mlijeko nakon toplinske obrade (Vedamuthu, 2006).

Tijekom proizvodnje probiotičkog sira, iznimno važno za preživljavanje probiotika, ako se dodaju nakon fermentacije, je njihovo fiziološko stanje tijekom zrenja i/ili skladištenja. Probiotičke stanice moraju biti sposobne rasti i/ili razmnožavati se u crijevima čovjeka, stoga moraju biti u stanju preživjeti prolazak kroz gastrointestinalni trakt, koji uključuje izlaganje klorovodničnoj kiselini (Ross i sur., 2002). Konzumacijom sira, dolazi do stvaranja pufera u gastrointestinalnom traktu i na taj se način stvara povoljnije okruženje za preživljavanje probiotika. Uz to, gusta matrica i visok sadržaj masti, mogu pružiti dodatnu zaštitu probioticima u kiselom okruženju želuca (Bergamini i sur., 2005; Ross i sur., 2002). Prisutnost prebiotika inulina i oligofruktoze, osim što povećavaju proizvodnju laktata i kratkih lanaca masnih kiselina, mogu pospješiti stopu rasta bifidobakterija i laktobacila (Cardarelli i sur., 2007).

Osim proizvodnje probiotičkog mlijeka i sira, moguće je proizvesti i probiotički sladoled. Može se proizvesti inkorporacijom probiotičkih bakterija i u fermentiranu i u nefermentiranu sladolednu smjesu (Homayouni i sur., 2008). Sladoled postaje sve popularniji zbog svog neutralnog pH koji omogućuje preživljavanje probiotičkih bakterija, a najčešće korištene vrste BMK za proizvodnju probiotičkog sladoleda su *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Učinkovitost dodanih probiotičkih bakterija ovisi o razini dodane doze, vrsti soja, prisutnosti zraka i temperaturi, a njihova svojstva moraju se održavati tijekom roka trajanja proizvoda (Homayouni i sur., 2008). Nova metoda koja omogućava preživljavanje probiotika je mikrokapsulacija. Mikrokapsulacijom bakterijske stanice su izolirane iz nepovoljnog okruženja, pa se potencijalno smanjuje gubitak stanica. Također, bakterije se štite od visokih koncentracija saharoze, niskih temperatura hlađenja i zamrzavanja te kiselih i alkalnih uvjeta. Na taj se način može povećati rok trajanja probiotičkih kultura u zamrznutom mliječnom proizvodu (Homayouni i sur., 2008).

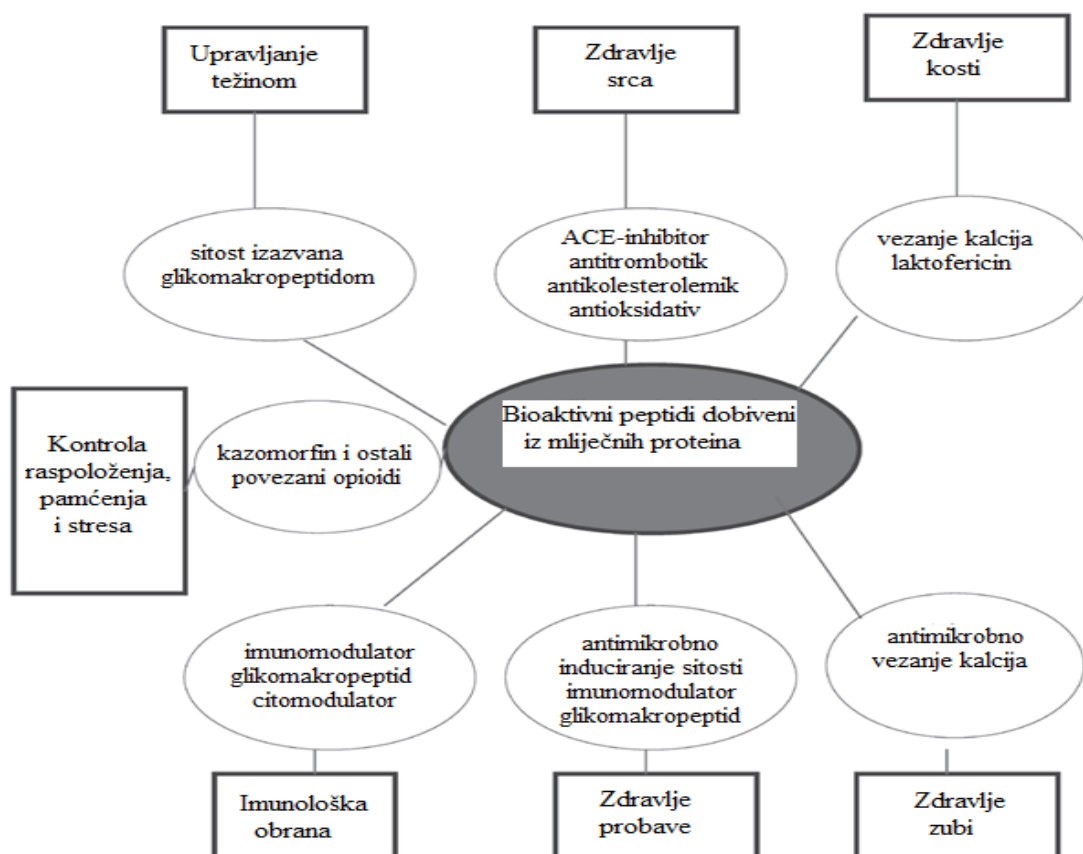
Najpopularniji mliječni proizvodi koji se koriste za unos probiotika u ljudski probavni sustav su fermentirani mliječni proizvodi. Imaju blagotvorno djelovanje u slučajevima netolerancije laktoze, infekcija probavnog sustava, dijareje i gastritisa, dok primjena probiotičkih fermentiranih mlijeka u terapiji određenih humanih bolesti uključuje: adheziju probiotičkih mikroorganizama na humane intestinalne stanice; opadanje fekalne mutagenosti; poboljšanje konstipacije; proizvodnju bakteriocina; utjecaj na površinski karcinom mjehura; utjecaj na mikrobnu populaciju sline (Ouweland i sur., 2002; Reid i sur., 2001).

Pri proizvodnji probiotičkog fermentiranog mlijeka bakterijama mlijeko često nije pogodan supstrat rasta, pa su brzina rasta i proizvodnja kiseline prespori i nastaje suokus (Saarela i sur., 2000; Mattila-Sandholm i sur., 2002). Da bi se to izbjeglo, probiotičke se

bakterije često kombiniraju s tradicionalnim kulturama kao što je jogurtna kultura ili kultura za proizvodnju sireva. Također, za poboljšanje teksture i senzorskih svojstava probiotičkih fermentiranih mlijeka često se koriste bakterije koje proizvode egzopolisaharide. One imaju važnu ulogu u mljekarskoj industriji zbog pozitivnog utjecaja na teksturu i okus u ustima te na stabilnost proizvoda. Njihova točna funkcija još uvijek nije u potpunosti poznata, ali smatra se da djeluju na adhezijska svojstva stanice i na njenu zaštitu u različitim eko sustavima. Osim tehnološke funkcionalnosti, za neke se egzopolisaharide smatra da imaju blagotvorno fiziološko djelovanje. Pretpostavlja se da povećanje viskoznosti uzrokovano egzopolisaharidima može povećati vrijeme preživljavanja mikrobne populacije fermentiranih mlijeka u probavnom sustavu i na taj način omogućiti kolonizaciju probiotičkim bakterijama. Zbog specifičnog sastava i male razgradivosti, egzopolisaharidi mogu djelovati kao prebiotici i tako blagotvorno utjecati na domaćina (Ruas-Madiedo i sur., 2002; Jolly i sur., 2002). Prebiotici su definirani kao neprobavljivi sastojci hrane koji povoljno utječu na domaćina selektivno stimulirajući rast i/ili aktivnost jedne bakterijske vrste ili ograničenog broja bakterijskih vrsta u debelom crijevu, što poboljšava zdravlje domaćina (Gibson i Roberfroid, 1995).

Tijekom fermentacije sastojci mlijeka se modificiraju i nastaju različite funkcionalne supstance kao što su mliječna kiselina, bioaktivni peptidi,  $\beta$ -galaktozidaza te egzopolisaharidi. Osim u fermentiranom mlijeku, bioaktivni peptidi su identificirani i u sirutki i zreлом siru, a neki proizvodi koji se već nalaze na tržištu i njihova primjena navedeni su u tablici 4. Imaju brojne fiziološke učinke (slika 6) koji ovise o njihovoj sposobnosti da ostanu netaknuti sve do kada ne dođu do ciljanog mjesta u organizmu. Djelovanjem enzima pepsina i enzima gušterače (tripsin, kimotripsin, karboksi- i aminopeptidaze) dolazi do cijepanja bioaktivnih peptida iz mliječnih proteina (Schlimme i Meisel, 1995).

Bioaktivni peptidi definirani su kao specifični proteinski fragmenti koji imaju pozitivan utjecaj na tjelesne funkcije i stanja te u konačnici mogu utjecati na zdravlje (Kitts i Weiler, 2003). Većina tih funkcija slijedi iz koda primarnog slijeda nativnih proteina te se peptidi mogu osloboditi na tri načina: hidrolizom probavnim enzimima, enzimskim cijepanjem proteazama dobivenim iz mikroorganizama ili biljaka te proizvodnjom ili preradom hrane (kiseline, lužine, zagrijavanje). Ponekad se ti procesi mogu preklapati budući da proteinsko djelovanje može započeti u hrani i nastaviti u organizmu (Hajirostamloo, 2010).



Slika 5. Bioaktivnost mliječnih proteina - dobivenih proteina i njihov utjecaj na zdravlje čovjeka (Korhonen, 2009)

Peptidi predstavljaju heterogenu klasu spojeva i njihove karakteristike ovise o aminokiselinskom sastavu i duljini lanaca. Aktivnost se temelji na sastavu i redoslijedu aminokiselina, dok veličina aktivne sekvence može varirati od dvije do 20 aminokiselinskih ostataka (Meisel i FitzGerald, 2003).

S prehrambenog stajališta, peptidi predstavljaju biološki dostupniji oblik esencijalnih aminokiselina u odnosu na proteine, stoga mnoge prehrambene industrije koriste starter kulture koje imaju proteolitičko djelovanje pri čemu se iz mliječnih proteina mikrobnom proteolizom oslobađaju bioaktivni peptidi. Najpoznatiji ACE-inhibitori peptidi (Val-Pro-Pro i Ile-Pro-Pro) identificirani su u mlijeku koje je fermentirano sojevima *Lactobacillus helveticus* i *Saccharomyces cerevisiae* (Gobetti i sur., 2004).

Tablica 4. Komercijalni mliječni proizvodi i sastojci sa zdravstvenim tvrdnjama na bazi bioaktivnih peptida (Korhonen i Pihlanto, 2006)

| <b>Proizvod</b>                                                           | <b>Funkcionalni bioaktivni peptidi</b>                                     | <b>Tvrdnje o zdravlju/funkcijama</b>                                                | <b>Proizvođači</b>                        |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>„Calpis“ kiselo mlijeko</b>                                            | Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Pro, izvedeni od $\beta$ -kazeina i $\kappa$ -kazeina | Smanjenje krvnog tlaka                                                              | Calpis Co., Japan                         |
| <b>„Evolus“ fermentirani mliječni napitak obogaćen kalcijem</b>           | Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Pro, izvedeni od $\beta$ -kazeina i $\kappa$ -kazeina | Smanjenje krvnog tlaka                                                              | Valio Oy, Finska                          |
| <b>„BioZate“ hidrolizirani izolati proteina sirutke</b>                   | Fragmenti $\beta$ -laktoglobulina                                          | Smanjenje krvnog tlaka                                                              | Davisco, USA                              |
| <b>„BioPure-<math>\alpha</math>-laktalbumin“ izolati proteina sirutke</b> | $\alpha$ -laktalbumin                                                      | Pomaže u snu i pamćenju                                                             | Davisco, USA                              |
| <b>„BioPure-GMP“ izolati proteina sirutke</b>                             | $\kappa$ -kazein f (106-169) (glikomakropeptid)                            | Prevenција zubnog karijesa, utjecaj na zgrušavanje krvi, zaštita od mikroorganizama | Davisco, USA                              |
| <b>„Prodilet F/200 Lactium“ aromatizirani mliječni napitak</b>            | $\alpha_{s1}$ -kazein f (91-100) (Tyr-Leu-Gly Tyr-Leu-Glu-Gln-Leu-Leu-Arg) | Smanjenje efekata stresa                                                            | Ingredia, Francuska                       |
| <b>„Cisteinpeptid“ sastojak/hidroizolat</b>                               | Peptid izveden iz mliječnih proteina                                       | Pomaže u podizanju energije i spavanju                                              | DMV internacional, Nizozemska             |
| <b>„PeptoPro“ sastojak/hidroizolat</b>                                    | Peptid izveden iz kazeina                                                  | Pomaže pri oporavku mišića                                                          | DSM prehrambeni specijaliteti, Nizozemska |

### 2.2.2. Primjena biljaka

Biljke koje se koriste u proizvodnji funkcionalnih proizvoda imaju raznovrsnu ulogu, daju okus i aromu hrani, služe kao konzervansi i kao ljekoviti sastojak, zbog antioksidativnih, antihipertenzivnih, antimikrobnih i protuupalnih svojstava. Neke od važnih biljaka koje imaju antioksidativna svojstva su bosiljak, cimet, klinčić, kopar, đumbir, metvica, origano, ružmarin, šafran, dok antihipertenzivna svojstva imaju češnjak, celer, đumbir, lavanda, bosiljak i mnogi drugi. Također, različite bilje i začini koriste se za pojačavanje organoleptičkih svojstava hrane, ali i za povećanje roka trajanja tako što smanjuju ili uklanjanju patogene. Dodavanje različitih bilja, začina ili njihovih ekstrakata u mliječne proizvode može rezultirati povećanjem prehrambenih i ljekovitih svojstava i omogućiti razvoj proizvoda s dodanom vrijednošću.

Bilje i začini koji se primjenjuju koriste se iz različitih dijelova biljke, a uobičajeni izvori prikazani su u tablici 5. Mogu se razvrstati u nekoliko skupina, na temelju okusa (ljuto, blagi okus, aromatičan), boje i ukusa (slatko, gorko, ljuto, kiselo i oštro) (Embuscado, 2015; Bhattacharyya i sur., 2017).

Tablica 5. Izvori bilja i začina koji se mogu dodavati u mliječne proizvode (Herman, 2015)

| <b>Dio biljke</b>               | <b>Bilje ili začim</b>                                 |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Lišće</b>                    | Bosiljak, origano, lovor, timijan, metvica, kadulja    |
| <b>Kora</b>                     | Cimet, kasija                                          |
| <b>Cvijet / pupoljak, tučak</b> | Klinčić, šafran                                        |
| <b>Voće / bobice</b>            | Klinčić, čili, crni papar, paprika                     |
| <b>Lukovice</b>                 | Luk, češnjak                                           |
| <b>Korijen</b>                  | Đumbir, kurkuma                                        |
| <b>Sjemenke</b>                 | Anis, ajovan, kumin, celer, korijander, kopar, komorač |

Da bi se bilje i začini mogli koristiti u mliječnim proizvodima trebaju se zadovoljiti slijedeća svojstva: pružiti prirodne antioksidanse, djelovati kao bio konzervansi, stabilnost na različitu obradu i stabilnost proizvoda nakon obrade, poboljšati senzorna svojstva, pružiti funkcionalna svojstva poput nutritivnih, antioksidativnih i antimikrobnih (Bhattacharyya i sur., 2017). Antioksidansi pomažu u odgađanju oksidacije molekula tako da inhibiraju lančane reakcije i na taj način umanjuju oksidativna oštećenja ljudskog tijela. Antioksidativna svojstva biljaka nastaju zbog prisutnosti nekih vitamina, flavonoida, terpena, karotenoida i

fitoestrogena (Srivastava i sur., 2015). Antimikrobna svojstva bilja i začina mogu se uspješno koristiti za kontrolu rasta patogenih bakterija i kvarenja mliječnih proizvoda, dok bioaktivni spojevi iz bilja i začina imaju potencijal smanjiti ili inhibirati rizik od degenerativnih bolesti poput dijabetesa, pretilosti, raka i kardiovaskularnih bolesti (Bin i sur., 2011).

Različito bilje koristi se u proizvodima kao što su jogurt, maslac, sladoled, sirevi. Amirdivani i Baba (2011) pokazali su da biljni ekstrakti poboljšavaju fermentaciju mlijeka i pojačavaju zakiseljavanje jogurta. Maksimum proteolitičke aktivnosti bakterija postignut je u prisutnosti pepermint, a zatim kopra i bosiljka. Ovi biljni jogurti karakterizirani su visokim sadržajem bioaktivnih peptida i poboljšanom antioksidacijskom aktivnosti.

Behrad i sur. (2009) zaključili su kako dodavanje cimeta u jogurt nije omelo fermentaciju, omogućen je rast *Lactobacillus* spp. i tijekom skladištenja u hladnjaku, dok je rast *Helicobacter pylori* spriječen. Helal i Tagliazucchi (2018) otkrili su da dodavanje cimeta u prahu u jogurt povećava ukupni udio fenola u odnosu na prirodni jogurt. Osim toga, probava jogurta obogaćenog cimetom rezultirala je otpuštanjem interaktivnih fenolnih spojeva s mliječnih proteina. Takvi rezultati ukazuju da matrica jogurta poboljšava biodostupnost i gastrointestinalnu stabilnost polifenola cimeta.

Jedan od najviše konzumiranih mliječnih proizvoda na svijetu je sladoled, ali on je siromašan prirodnim polifenolima, antioksidansima i bojama, stoga mu se mogu dodati različito bilje i začini. Pinto i sur. (2009) koristili su đumbir (sok i komadiće) kao komponentu arome. Optimalnim za pripremu sladoleda pokazao se dodatak 4 % soka i 4 % komadića đumbira. Slično istraživanje proveli su Gabbi i sur. (2017). Oni su tijekom zamrzavanja u sladolednu smjesu dodavali korijen đumbira u obliku kaše, soka te praha. Dodatak đumbira utjecao je na manju količinu masti i proteina, te veći udjel pepela i vlakana, dok su antioksidativna aktivnost i ukupni fenoli značajno povećani. Također, otpornost sladoleda na topljenje je povećana.

Trivedi (2014) je istraživao bosiljak kao aromatičnu komponentu u sladoledu. Utvrđeno je da dodatak soka od bosiljka reducira udjel proteina, masti, ukupne suhe tvari, pepela, ukupnih ugljikohidrata te otpornost na topljenje, dok povećava pH vrijednost u odnosu na kontrolni uzorak. Dodatak 6 % soka od bosiljka poboljšalo je okus i dalo najbolju ukupnu ocjenu u odnosu na sve eksperimentalne uzorke.

Začini koji se koriste u proizvodnji sira mogu se dodati u gruše koji se potom oblikuje, ili se oblikovan sir omata lišćem začinskog bilja, te se mogu nanositi na površinu sira. Začini i ljekovite biljne vrste i njihovi dijelovi klasificirani su kao GRAS. Ipak, neki imaju jako biološko djelovanje na organizam pa je neophodno poznavanje odgovarajuće doze, imajući na

umu njihovo ljekovito ali i moguće toksikološko djelovanje. Kemijski sastav začina je kompleksan stoga antimikrobno i antioksidativno djelovanje ovisi o koncentraciji i vrsti aktivnih komponenti (Tajkarimi i sur., 2010; Charles, 2013). Začini koji se dodaju kako bi se poboljšale senzorske karakteristike te povećala nutritivna i biološka vrijednost proizvoda, mogu djelovati i kao prirodni konzervansi jer imaju antimikrobno djelovanje (Nedorostova i sur., 2009; Tajkarimi i sur., 2010).

Sve se više preferira povratak tradicionalnim načinima pripreme prehrambenih proizvoda uz što manji dodatak aditiva, tako da se kemijski sintetizirana antimikrobna sredstva zamjenjuju prirodnim alternativama. Antimikrobno djelovanje uglavnom se pripisuje eteričnim uljima te nekim fenolnim spojevima. Najznačajniji sastojci eteričnih ulja pripadaju grupi cikličkih i ravnolančanih terpenskih ugljikovodika, monoterpenskih alkohola te monoterpenskih aldehida (Shan i sur., 2007; Witkowska i sur., 2013).

Zahvaljujući zemljopisnoj i klimatsko-vegetacijskoj raznolikosti, gotovo u svim regijama Republike Hrvatske razvijena je proizvodnja različitih autohtonih sireva. Začini koji se koriste poboljšavaju senzorska svojstva, stabilnost i rok trajanja te daju nova svojstva i tvore novu funkcionalnu namirnicu. Najčešći začini i povrće koji se dodaju (obično u koncentraciji oko 1 %) su crvena paprika, papar, hren, timijan, klinčić, kumin, kim, peršin, bosiljak, luk, češnjak i rajčica (Kirin, 2004; Han i sur., 2011; Olmedo i sur., 2013).

Sir proizveden uz dodatak začina odlikuje se povećanom biološkom i nutritivnom vrijednošću, produljenim rokom trajanja te povoljnim senzorskim karakteristikama zahvaljujući antioksidativnim i antimikrobnim komponentama prisutnim u pojedinim začinima. Republika Hrvatska je mediteranska zemlja bogata raznovrsnim ljekovitim i aromatskim biljem što joj daje veliki potencijal za proizvodnju novih, različitih autohtonih sireva sa začinskim biljem.

Prehrambeni proizvodi na bazi biljaka izvrstan su izvor funkcionalne hrane jer se biljke prirodno nalaze u okolišu. Sadržavaju hranjive tvari i koriste se u liječenju raznih vrsta bolesti te ih upravo ta osobina čini idealnim izborom za korištenje u proizvodnji funkcionalne hrane. One biljke koje sadrže proteaze mogu se koristiti za koagulaciju mlijeka te se njihova upotreba sve više istražuje zbog dvostruke sposobnosti gdje prvo koaguliraju mlijeko, a zatim ojačaju skutu s biološki korisnim spojevima.

## 2.3. NUSPOROIZVODI

U mljekarskoj industriji, proizvodnjom dobro poznatih proizvoda, kao što su sir i maslac, nastaju nusproizvodi kojima se pridodaje sve više pažnje. To su uglavnom proizvodi na bazi sirutke i mlaćenice. Sirutka se u prošlosti odbacivala kao otpad ili koristila za stočnu hranu, dok se mlaćenica vraćala u mlijeko. Danas se djelomično prerađuju u nove kvalitetnije proizvode, te je razvijena čitava paleta različitih proizvoda na bazi sirutke odnosno mlaćenice.

### 2.3.1. Proizvodi na bazi sirutke

Sirutka je sporedni proizvod koji nastaje u tehnološkom procesu proizvodnje sira, a ovisno o načinu koagulacije kazeina, može biti kisela ili slatka. Njen sastav je varijabilan, a svojstva ovise o tehnologiji proizvodnje i o kvaliteti korištenog mlijeka (Tratnik, 1998). U sirutku prelazi oko 50 % suhe tvari mlijeka (tablica 6), laktoza i proteini sirutke gotovo u cijelosti, topljive mineralne tvari i vitamini B skupine, dok se vitamin C razgradi već tijekom proizvodnje sira. Žuto-zelena boja sirutke dolazi od riboflavina (vitamin B<sub>2</sub>). Sirutka je izvrstan izvor riboflavina te se dnevna potreba organizma za riboflavinom može se zadovoljiti jednom litrom sirutke.

Tablica 6. Sastojci suhe tvari i udjel proteina u sirutki (Tratnik, 1998)

| Sastojci suhe tvari     | g/100 mL | % od ukupnih | Proteini sirutke                        | % od ukupnih |
|-------------------------|----------|--------------|-----------------------------------------|--------------|
| <b>Laktoza</b>          | 4,66     | 71,7         | <b><math>\beta</math>-laktoglobulin</b> | 50           |
| <b>Proteini sirutke</b> | 0,91     | 14,0         | <b><math>\alpha</math>-laktalbumin</b>  | 22           |
| <b>Mineralne tvari</b>  | 0,5      | 7,7          | <b>Imunoglobulini</b>                   | 12           |
| <b>Mliječna mast</b>    | 0,37     | 5,7          | <b>Proteoza-peptoni</b>                 | 10           |
| <b>Ostalo</b>           | 0,06     | 0,9          | <b>Albumin krvnog seruma</b>            | 5            |
| <b>Ukupno</b>           | 6,50     | 100,0        | <b>Ostalo</b>                           | 1            |

Proteini sirutke imaju terapijski učinak u slučaju pothranjenosti, raznih ozljeda i bolesti (Tratnik, 2003). Osim toga, proteini sirutke imaju povoljan učinak u terapiji arterioskleroze, cistične fibroze, Alzheimerove i Parkinsonove bolesti. Sirutka posjeduje i ljekovita svojstva koja se mogu pripisati prisustvu imunoglobulina i imunoaktivnom sustavu enzima koji pružaju otpornost i štite organizam od štetnih bakterija, virusa i uzročnika zaraznih bolesti, te mogu reducirati ili inhibirati alergijske reakcije (Tratnik, 2003). Sve više studija ukazuje na poseban utjecaj proteina sirutke u vidu mogućnosti smanjenja rizika

oboljenja karcinoma, poboljšanje imuniteta i funkcija jetre te smanjenje krvnog tlaka (Tratnik, 2003). Ali, na višoj toplinskoj obradi (85 °C/30' ili 95 °C/10') dolazi do denaturacije bitnog imunoaktivnog sustava i posljedično do inaktivacije proteina sirutke (Popović-Vranješ i Vujičić, 1997). Stoga, kako se ne bi narušila nutritivna vrijednost sirutke, prilikom obrade sirutke treba voditi računa o temperaturi i trajanju procesa.

Udio proteina sirutke nešto je manji u sirutki dobivenoj pri proizvodnji sira od ultrafiltriranog mlijeka ili u sirutki zaostaloj pri proizvodnji sira od mlijeka obrađenog visokom toplinskom obradom (Jelen, 2003). Međutim, u tradicionalnoj proizvodnji sira, bez obzira na način koagulacije, proteini sirutke gotovo u cijelosti prelaze u sirutku jer nisu osjetljivi na djelovanje kiseline ili enzima (Tratnik, 1998). Sukladno tome, proteini sirutke su sastojak koji sirutku stavljaju u središte pozornosti na tržištu mliječnih proizvoda.

Proteini sirutke posjeduju izvrsna funkcionalna svojstva (topljivost, viskoznost, sposobnost emulgiranja, želiranja, apsorpcije vode te inkorporacije zraka) stoga se omogućava njihovo uklapanje u brojne mliječne proizvode, prvenstveno zbog povećanja biološke vrijednosti (Tratnik, 1998). Također, stimuliraju rast nekih bakterija mliječne kiseline što je važno u primjeni probiotičkih kultura koje se teže adaptiraju i sporije rastu u mlijeku (Božanić, 2000). Puno su manji od kazeina i jednostavnije su građe, odlikuju se većim udjelom esencijalnih aminokiselina te su lakše probavljivi. Ovisno o stupnju hidrolize kazeina tijekom proizvodnje sira, udjel slobodnih aminokiselina veći je u sirutki nego u mlijeku, pa je udjel slobodnih aminokiselina u slatkoj sirutki otprilike 4 puta veći u odnosu na početno mlijeko, a u kiseloj čak za približno 10 puta (Tratnik, 1998).

Zbog vrijednih sastojaka i sve veće raspoložive količine, ulažu se golemi naponi da se sirutka što racionalnije iskoristi za prehranu ljudi, te se otvara sve više mogućnosti korištenja sirutke i njenih proizvoda. U najvećoj količini, sirutka se suši i prerađuje u sirutku u prahu, ali moguće je proizvoditi i koncentrate i izolate pojedinih sastojaka poput proteina i laktoze.

Iako je prerada sirutke najviše usmjerena na proizvodnju sirutke u prahu, najjednostavniji način prerade sirutke je proizvodnja albuminskog sira, jer se grušanje sirutkinih proteina postiže zagrijavanjem sirutke na visoke temperature (90-97 °C) uz miješanje. Albuminski sir ili skuta je svjež i meki sir slatkastog okusa, veće biološke vrijednosti u odnosu na kazeinski svjež i meki sir, zbog nutritivne vrijednosti velikog udjela proteina sirutke. Može biti različitog sastava ovisno o vrsti sirutke, načinu proizvodnje i dodacima (Tratnik i Božanić, 2012). Najveće razlike odnose se na količinu mliječne masti, te na udio vode. Najekonomičniji način proizvodnje je iz sirutke ugušćene ultrafiltracijom na 10-

14 % suhe tvari, uz dodatak octene kiseline i  $\text{CaCl}_2$  koji pridonose povećanju prinosa sira (za oko 15 %).

Osim proizvodnje albuminskog sira, zbog vrijednih nutritivnih svojstava, sirutka se sve se više prerađuje u različite napitke. Danas je razvijena čitava paleta sirutkinih napitaka, bilo da su proizvedeni od native slatke ili kisele sirutke, deproteinizirane ili fermentirane sirutke, pa sve do napitaka u prahu uz dodatak raznih aroma. Pri proizvodnji napitaka dolazi do određenih poteškoća, jer kao prvo, visok udio vode i sastav čine sirutku pogodnim medijem za rast i razmnožavanje mikroorganizama, zbog čega je nužna toplinska obrada. Drugi problem je termolabilnost proteina, počinju se denaturirati već pri temperaturi od 60 °C pa se pri uobičajenoj toplinskoj obradi dio proteina taloži, stoga se toplinska obrada nastoji zamijeniti membranskim procesima. Iako postoje određene poteškoće, sirutka se prerađuje u različite napitke kako bi se dobio proizvod prihvatljivih senzorskih svojstava.

Posljednjih godina, registrirani su brojni patenti koji sadrže recepture raznih sirutkinih napitaka uz dodatak određene količine voćnih koncentrata. Najčešće se koriste dodaci citrusa i tropskog voća, poput manga, banane ili papaje, jer je dokazano kako te arome najbolje uspijevaju prikriti nepoželjan miris sirutke po kuhanom mlijeku te kiselo-slani okus (Đurić i sur., 2004). Uspješni su se pokazali i koncentрати jagodastog i bobičastog voća koje je zbog bogatstva željezom i antioksidansima osobito važno u proizvodnji nutritivno obogaćenih sirutkinih napitaka (Miglioranza i sur., 2003).

Osim voća, razvijene su recepture za napitke s dodacima čokolade, kakao praha, vanilije, žitarica (riža, zob, ječam), meda i drugih pogodnih aromatizirajućih sastojaka. Dodatkom žitarica, odnosno njihovih mekinja, dobiva se napitak obogaćen dijetalnim vlaknima, esencijalnim masnim kiselinama te hipoalergenskim proteinima (Girsh, 2001). Kako su mekinje izvrstan izvor dijetalnih vlakana, treba voditi računa o izboru vrste dodanih mekinja, jer mnoga vlakna nisu topljiva ili imaju slabu topivost u vodi. Tako su se najboljima pokazale rižine mekinje jer sadrže povoljan omjer topljivih i netopljivih vlakana, ne dolazi do nastajanja taloga te ne posjeduju proteine koji pripadaju skupini alergena. Dodatkom meda, napitak se dodatno obogaćuje vitaminima, mineralnim tvarima i tvarima antioksidacijskom djelovanja koji nisu prirodno prisutni u sirutki (Hammond, 1992).

Osnovni problem ovakvih napitaka je pojava taloženja uslijed visokog udjela suhe tvari nastalog interakcijom proteina sirutke i sastojaka u suhoj tvari dodataka. Konačni proizvod nema dovoljno dobra senzorska svojstva (Đurić i sur., 2004) pa je izazov pronaći optimalnu mješavinu voćnog koncentrata ili drugih dodataka i sirutke. Tako su se u novije vrijeme pojavili napitci s dodatkom  $\text{CO}_2$ , u kombinaciji s voćnim dodacima, gdje se

prikriivanje okusa i mirisa po kuhanom mlijeku nastoji postići uvođenjem te osvježavajuće note (Sherwood i Jenkins., 2007).

Kao jedna od boljih opcija za dobivanje proizvoda poželjni senzorskih karakteristika pokazala se proizvodnja fermentiranih napitaka na bazi sirutke. Za fermentaciju sirutke koriste se uglavnom starter kulture bakterija mliječne kiseline i probiotički sojevi te je tako omogućena proizvodnja napitaka poželjnih nutritivnih i senzorskih svojstava, bez primjene kompliciranih i skupih tehnologija. Važan čimbenik je odabir probiotičkog soja jer on uvjetuje jedinstvenu aromu i konzistenciju konačnog proizvoda (Shah, 2007). Takvi napitci djeluju antihipertenzivno, tj. snižavaju krvni tlak (Shah, 2007). Neki od bezalkoholnih sirutkinih napitaka u Europi prikazani su u tablici 7.

Tablica 7. Pregled sirutkinih napitaka na europskom tržištu (Popović-Vranješ i Vujičić, 1997)

| Ime proizvoda           | Zemlja podrijetla | Osobine/sastav                                                                                                                                                     |
|-------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frusighurt              | Njemačka          | Sirutka uz dodatak baze jabuke/citrusa                                                                                                                             |
| Big M                   |                   | Aromatizirana sirutka obogaćena vitaminom E                                                                                                                        |
| Mango Molke-Mix         |                   | Sirutka uz dodatak mango-voćne baze i kulture bifidobakterija                                                                                                      |
| Frucht-Molke (Immensee) |                   | Sirutka uz dodatak baze crnog ribizla ili 25 % mješavine voća iz 10 vrsta voća (naranča, ananas, marelica, jabuka, banana, egzotično voće, mango, šljiva, citrusi) |
| Rivella                 | Švicarska         | Voda, sirutka, ugljična kiselina, šećer, prirodne arome, sredstvo za zakiseljavanje (L (-) mliječna kiselina)                                                      |
| Surelli                 |                   | 35 % bistre deproteinizirane CO <sub>2</sub> gazirane sirutke                                                                                                      |
| Latella                 | Austrija          | Sirutka + mango + marakuja i voćna kaša/baza citrusa                                                                                                               |
| Morea                   | Francuska         | Sirutkin koncentrat + 40 % baze pomiješane iz manga, kivija i egzotičnog voća                                                                                      |
| Fanna-fitt              | Mađarska          | 80 % UF-permeata slatke sirutke, fermentiran i nakon 2. ultrafiltracije pomiješan s voćnom bazom (mango, ananas, jagoda)                                           |
| Lambada                 | Slovenija         | Pasterizirana sirutka uz dodatak 3 % voćnog sirupa te šećera i limunske kiseline po potrebi. Dostupan u 8 različitih okusa                                         |

Široku skupinu također čine napitci u prahu. Moraju se odlikovati dobrim instant svojstvima, mogu se obogaćivati vitaminima i mineralima, moraju imati dugi rok trajanja i dobru topljivost. Prednost pred tekućim sirutkinim napitcima je lakši transport i skladištenje. U procesu proizvodnje, izrazito je važno da sirutka prije sušenja bude standardizirana te se tek tada može miješati s dodacima. Najčešći dodaci su soja, voće u prahu, koncentrirani voćni sokovi (Popović-Vranješ i Vujičić, 1997).

Osim za proizvodnju bezalkoholnih pića, sirutka je dobra sirovina za proizvodnju alkoholnih napitaka, obzirom da joj najveći dio suhe tvari čini laktoza (oko 70 %). Dije se na napitke malog sadržaja alkohola (do 1,5 %), sirutkino pivo i sirutkino vino.

Proizvodnja napitaka malog udjela alkohola obuhvaća deproteinizaciju sirutke, koncentriranje, fermentaciju laktoze (sojevima *Kluyveromyces fragilis* i *Saccharomyces lactis*) ili dodatak saharoze (*Saccharomyces cerevisiae*) do željenog udjela alkohola (0,5-1 %), te aromatiziranje, zaslađivanje i flaširanje. Jedan dio laktoze prelazi u mliječnu kiselinu, a ostatak fermentira do alkohola (Popović-Vranješ i Vujičić, 1997).

Sirutkino pivo može se proizvoditi sa ili bez dodatka slada, kao hranjivo pivo obogaćeno mineralnim tvarima ili kao napitak koji sadrži škrobne hidrolizate i vitamine. Problem koji se javlja je prisustvo masti koja može utjecati na gubitak pивske pjene, neugodan okus i miris uzrokovan lošijom topljivosti proteina te nemogućnost fermentacije laktoze (Popović-Vranješ i Vujičić, 1997).

Sirutkino vino sadrži relativno malu količinu alkohola (10-11 %) i uglavnom je aromatizirano voćnim aromama. Postupak proizvodnje obuhvaća bistrenje, deproteinizaciju, hidrolizu laktoze, dekantiranje i hlađenje, dodatak kvasca i fermentaciju, dekantiranje, odležavanje, filtriranje te na posljetku flaširanje (Popović-Vranješ i Vujičić, 1997).

Mogućnosti i pokušaji pripreme sirutkinih napitaka su brojni, no za idealnom recepturom se još uvijek traga. Napitci su namijenjeni širokim skupinama potrošača, od najmanjih pa do najstarijih. Zbog bogatstva visokovrijednim proteinima, napitci su idealan izvor energije i hranjivih tvari za sportaše. Proteini su bogati aminokiselinama razgranatih lanaca koje se izravno metaboliziraju i prenose u mišićno tkivo i prve koriste za izgradnju tkiva tijekom vježbanja i kondicijskih treninga (Sherwood i Jenkins, 2007). Napitci su važni u prehrani male djece jer sadrže laktoferin (glikoprotein koji veže željezo) i zbog toga se mogu koristiti kao funkcionalna hrana u svrhu povećanja apsorpcije željeza iz hrane, ali i za uskraćivanje željeza koje je potrebno za rast i razmnožavanje patogena u crijevima te na taj način jačati imunološki sustav. Također, mogu poboljšati apsorpciju kalcija što je važno kod starije populacije koja sve češće obolijeva od osteoporoze (Miller, 2005).

### 2.3.2. Mlaćenica

Mlaćenica je tekućina koja se oslobađa tijekom bućkanja vrhnja u proizvodnji maslaca. Sadrži malu količinu masti, budući da se mast koncentrira u maslacu, a specifična je po sadržaju komponenti koje nastaju poremećajem globula mliječne masti tijekom bućkanja, tj. po komponentama membrane globule mliječne masti. Membrana globule je bogata fosfolipidima te mlaćenica sadrži do sedam puta veću koncentraciju fosfolipida ( $0,89 \text{ mg g}^{-1}$ ) u odnosu na punomasno mlijeko ( $0,12 \text{ mg g}^{-1}$ ) (Libudzisz i Stepaniak, 2002).

Tijekom proizvodnje maslaca, globule mliječne masti se destabiliziraju i pucaju, što rezultira destabilizacijom membrane koja obavlja globulu masti i njenom ponovnom stabilizacijom u mlaćenici, gdje se nalazi zajedno s većinom proteina, laktoze i minerala koji su sadržani u vodenoj fazi. Membrana globule masti bogata je proteinima i fosfolipidima, te zbog brojnih nutritivnih i funkcionalnih svojstava ima bitnu ulogu u prevenciji razvoja kroničnih bolesti poput raka, pretilosti, dijabetesa i kardiovaskularnih bolesti (Conway i sur., 2013). Fosfolipidi pokazuju određenu bioaktivnost, imaju antikancerogeni potencijal, prvenstveno protiv raka debelog crijeva, te zaštitni učinak protiv toksina i infekcija (Libudzisz i Stepaniak, 2002). Stoga se mlaćenica može koristiti za izoliranje komponenti membrane masne globule i za pripremu vrijednih sastojaka.

Mlaćenica sadrži različitu količinu vitamina, ovisno o tipu, a u fermentiranoj mlaćenici to može biti i posljedica djelovanja mezofilnih bakterija (tablica 8) (Libudzisz i Stepaniak, 2002).

Tablica 8. Usporedba količine vitamina u različitim tipovima mlaćenice i mlijeku ( $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) (Libudzisz i Stepaniak, 2002)

| Vitamin              | Slatka mlaćenica<br>( $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) | Kisela i fermentirana<br>mlaćenica ( $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) | Mlijeko ( $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ ) |
|----------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Tiamin               | 12 – 34                                             | 23 – 40                                                            | 20 – 43                                 |
| Riboflavin           | 48 – 202                                            | 120 – 170                                                          | 106 – 200                               |
| Pantotenska kiselina | 44 – 68                                             | 280 – 300                                                          | 330 – 460                               |
| Piridoksin           | 32 – 96                                             | 27 – 35                                                            | 17 – 70                                 |
| Niacin               | 44 – 68                                             | 60 – 110                                                           | 71 – 100                                |
| Biotin               | nema podataka                                       | nema podataka                                                      | 1,5 – 4,9                               |
| Kobalamin            | nema podataka                                       | 0,0007 – 0,2                                                       | 0,3 – 0,57                              |
| Folna kiselina       | nema podataka                                       | 0,017                                                              | 0,13 – 7,5                              |

Tijekom skladištenja na 5 °C dolazi do znatnih gubitaka riboflavina, piridoksina, folne kiseline i vitamina B<sub>12</sub>, dok su biotin, tiamin i pantotenska kiselina stabilni (Libudzisz i Stepaniak, 2002).

Postoji nekoliko tipova mlaćenice koji se razlikuju ovisno o načinu proizvodnje (Libudzisz i Stepaniak, 2002). Najjednostavnije je proizvesti slatku mlaćenicu. Nakon procesa obrade mlijeka (separacija masti, standardizacija, pasterizacija) provodi se fizikalno zrenje vrhnja te bućkanje prilikom kojeg dolazi do izdvajanja slatke mlaćenice. Iz slatke mlaćenice, moguće je proizvesti fermentiranu mlaćenicu. Proizvodi se na način da se slatkoj mlaćenici uz dodatak citrata, mlijeka i sirutke u prahu, dodaje mezofilna kultura koja će provesti fermentaciju. Na sličan način kao slatka mlaćenica, proizvodi se i kisela mlaćenica. Razlika je u procesu fermentacije vrhnja u kojemu se dodaju mezofilne kulture. Zatim se provodi bućkanje i izdvaja kisela mlaćenica. Tijekom proizvodnje sira, dolazi do izdvajanja sirutke. Iz sirutke je moguće proizvesti maslac, tijekom čije će proizvodnje doći do izdvajanja sirutkine mlaćenice.

Mlaćenica je hranjivi nusprodukt koji sadrži brojne korisne učinke za zdravlje ljudi, stoga se, osim klasičnih načina proizvodnje mlaćenice, sve više pažnje pridodaje razvoju novih proizvoda. Mlaćenica se uglavnom koristi u obliku praha zbog svog emulgirajućeg kapaciteta i pozitivnog učinka na okus te je sve veći razvoj napitaka na bazi mlaćenice. Mogu se proizvesti s dodatkom voća i/ili kao gazirana pića. U mliječnoj industriji koristi se u proizvodnji sira, sladoleda jogurta, ili u proizvodnji rekombiniranog mlijeka. Danas se sve više koristi za proizvodnju napitaka na bazi mlaćenice.

Meshram (2015) je proučavao proizvodnju slatke mlaćenice s dodatkom voća. Razvio je napitke od mlaćenice na bazi manga, naranče i banane, od kojih je napitak s mangom bio najbolje ocijenjen. Recept za proizvodnju svakog napitka varira obzirom na vrstu voća, pa se tako sadržaj soka voća kretao od 10 % za mango do 35 % za naranču. Sadržaj mlaćenice iznosio je od 62 do 83 %.

Buddhadasa i sur. (2015) su istraživali proizvodnju mlaćenice s dodatkom gravirole (*Annona muricata*), koja je bogata vitaminom B i C, kalijem i fruktozom. Dokazano je da ima antikancerogeno i antimikrobno djelovanje, snižava visoki krvni tlak te se koristi kod depresije i stresa. Prema dobivenim rezultatima, najbolji napitak je onaj kojem se dodaje 13 % gravirole i 12 % šećera.

Karboniranjem, odnosno proizvodnjom gaziranih napitaka na bazi mlaćenice, rok trajanja može se produžiti i do 30 dana. Burhanuddin Shaikh i Dagdulal Rathi (2009) navode da je postupak razvijen za proizvodnju gaziranih voćnih napitaka na bazi mlaćenice vrlo

prihvatljiv jer su prema senzorskoj analizi, fizikalno-kemijski i nutritivni parametri poboljšani. Za proizvodnju napitka korišteni su svježi sokovi manga, ananasa i naranče. Voćni sokovi pomogli su u poboljšanju senzornih karakteristika, kao što su boja, okus, aroma, osjećaj u ustima, kao i u povećanju nutritivne vrijednosti. Najbolje prihvaćen proizvod napravljen je s dodatkom 12 % šećera i 24 % soka od ananasa.

## 2.4. MODIFIKACIJA TEHNOLOGIJE

Modernizacijom i urbanizacijom, dolazi do razvoja i modifikacije tehnološkog procesa proizvodnje. Nastoji se povećati nutritivna i zdravstvena vrijednost proizvoda, produžiti rok trajanja te ujednačiti sastav i kvalitetu proizvoda. Osim toga, potrošači sve više tragaju za proizvodima s manje kalorija i prihvatljivih senzorskih osobina, a proizvođač teži smanjenju troškova proizvodnje. Sve se više primjenjuju nove netoplinke tehnologije, razni membranski procesi te se radi na proizvodnji sireva s jestivim pokrivkama.

### 2.4.1. Ultrafiltracija

Ultrafiltracija (UF) je tlačni proces filtracije preko polupropusnih membrana kojom se postiže zadržavanje makromolekularnih sastojaka tretirane tekućine (koncentrat ili retentat), a odvajanje vodene otopine minornih sastojaka (filtrat ili permeat).

Proces ultrafiltracije sve se više primjenjuje u prehrambenoj industriji zbog svojih prednosti u odnosu na konvencionalne metode, kao što su blagi tretman proizvoda, visoka selektivnost i niža energetska potrošnja. U posljednjih 30-ak godina, proces je stekao veliku popularnost koja konstantno raste, a primjena bi se mogla razvrstati u tri glavna područja, mljekarska industrija, industrija pića i peradarska industrija (Chabeaud i sur., 2009; Daufin i sur., 2001). Procjenjuje se da se preko 75 % upotrijebljenog procesa odnosi na preradu sirutke, dok se 25 % odnosi na obradu mlijeka. Uglavnom se koristi za separaciju i koncentriranje te u usporedbi s konvencionalnim procesima, od velikog je interesa zbog tri glavne kategorije (Daufin i sur., 2001; Lim i Mohammad, 2011):

- Veća kvaliteta proizvoda – sačuvana nutritivna vrijednost i smanjen rizik kontaminacije;
- Ekonomičnost procesa – jednostavniji tehnološki proces (smanjeni neki koraci proizvodnje); poboljšanje procesa (uklanjanje neželjenih sastojaka koji imaju negativan utjecaj na kvalitetu čineći proizvod s boljom teksturom i dužim rokom trajanja); automatizacija procesa;

- Ekološki značaj – nema korištenja zagađujućih materijala (npr. dijatomejska zemlja) u proizvodnji vina, piva, sokova i drugih.

Mliječna industrija jedan je od pionira u razvoju opreme i tehnike procesa ultrafiltracije te je najveću primjenu u početku pronašla u proizvodnji sira. Tijekom proizvodnje sira, sirutka se ispuštala u kanalizaciju, a danas se korištenjem UF membrana prerađuje i dobiva dodatnu vrijednost zbog povećanog udjela mliječnih proteina te mogućnosti primjene i u drugim granama prehrambene industrije (Saxena i sur., 2009).

Najznačajniji proizvod su koncentrat proteina sirutke. Ultrafiltracijom se mogu proizvesti koncentrat s 35-80 % proteina u suhoj tvari koji sve više nalaze primjenu pri proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda, osobito zbog potpune probavljivosti i sposobnosti tvorbe krutog gela nakon zagrijavanja (Erdem i sur., 2006). Osim glavnog nedostatka procesa UF (smanjenje permeabilnosti membrane), velik problem je koncentriranje bakterija u koncentratu. To ovisi o temperaturi procesa (maksimalna temperatura je 55 °C zbog termolabilnih proteina sirutke), o soju prisutnih bakterija, lag fazi tijekom rasta bakterija te trajanju procesa. Zbog toga se prije, ali i poslije UF treba provesti pasterizacija.

Posljednjih se godina za uklanjanje bakterija primjenjuje i mikrofiltracija (MF) koja omogućuje redukciju bakterija do 99,9 % (Cheryan, 1998). Takva kombinacija značajna je pri obradi sirutke, jer dolazi do duže trajnosti koncentrata proteina sirutke, odvajanja kazeina i Ca-fosfata, poboljšanja funkcionalnih svojstava; ili mlijeka za proizvodnju sira zbog nepotrebnog dodatka nitrata, lakše kontrole zrenja i kraćeg trajanja zrenja te produženja roka trajanja.

Značajna prednost UF koncentrata za primjenu pri proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda je povećana toplinska stabilnost, povećana stabilnost pri niskim temperaturama i nepromijenjena sposobnost za koagulaciju.

Pri proizvodnji fermentiranih mlijeka, ultrafiltracija se primjenjuje da bi se povećala nutritivna vrijednost proizvoda i dobila bolja konzistencija proizvoda. Procesom UF povećava se količina proteina (osobito proteina sirutke) što može utjecati na poželjna senzorska svojstva fermentiranog mlijeka, a potiče se i rast mikrobne kulture (Tratnik i Božanić, 1996). Dodatkom KPS nastaje nešto nježnija konzistencija koagulumu, ali homogenija uz smanjenu sposobnost izdvajanja sirutke (sinereza). Također, KPS utječu na bolji okus i aromu te mogu stimulirati rast i aktivnost nekih bakterija mliječne kiseline, posebice *Lactobacillus acidophilus* i *Bifidobacterium* spp. (Kršev i sur., 1994).

#### 2.4.2. Jestive pokrivke kod proizvodnje sireva

Metode pakiranja mliječnih proizvoda neprekidno se razvijaju u skladu s razvojem ambalažnih materijala, te u skladu sa zahtjevima potrošača. Jestivi premazi i filmovi postaju zanimljivi, ne samo zbog korisnih učinaka na prehrambeni proizvod, već i u diferencijaciji novih proizvoda i njihovog lansiranja na tržište. Usmjereni su na slične funkcije kao i konvencionalna ambalaža te služe kao barijera od vodene pare, plinova i različitih sastojaka okoliša. Međutim, glavni nedostatak je što se ne mogu koristiti kao jedina ambalaža, nego je potrebna sekundarna ne jestiva ambalaža za pravilno i higijensko rukovanje hranom. Osim toga, često se koriste i kao nosači različitih aktivnih spojeva koji imaju antimikrobno, antioksidativno i hranjivo djelovanje (Rodriguez-Aguiler i Oliveira, 2009).

Formulacije jestivog pakiranja obično se dijele u dvije grupe, a povezane su s oblikom nanošenja i s vrstom filma ili premaza. Film je sloj koji nastaje stvrdnjavanjem rastopljenih materijala, poput lipida, parafina i voskova, ili lijevanjem gdje se razrijeđena otopina filma razmaže po površini, ostavi da se osuši i kasnije koristi za zamotavanje prehrambenih proizvoda (Dangaran i sur., 2009; Ramos i sur., 2012).

Premaz je definiran kao tanki sloj materijala koji se nanosi izravno na površinu hrane ili između sastojaka hrane. Iako je njihovo uklanjanje moguće, obično nisu dizajnirani za uklanjanje od hrane, već se smatraju konačnim proizvodom. U njima se mogu ugraditi bioaktivni spojevi te na takav način daju dodatne prednosti u pogledu prehrambenih i funkcionalnih svojstava (Ramos i sur., 2012).

Jestivi premazi i filmovi dobiveni su od polisaharida, proteina, lipida i smola, koji se mogu koristiti pojedinačno ili međusobno u kombinaciji, sa ili bez dodavanja plastifikatora i površinski aktivnih tvari (Falguera i sur., 2011).

Nisu zamjena za nejestivi ambalažni materijal i ne koriste se za dugo skladištenje, jer njihova biorazgradivost, mehanička i fizikalna svojstva ne traju vrlo dugo. Ovisno o korištenom materijalu mogu biti vrlo osjetljivi na vlagu, neporozni su, relativno nefleksibilni i nestabilni. Međutim, i dalje imaju potencijal da zamijene jedan ili više polimernih slojeva u sustavima višeslojnog pakiranja i na taj način djeluju kao dodatak poboljšanju ukupne kvalitete hrane te produljenju roka trajanja (Robertson, 2012; Tomasula, 2009).

Glavne prednosti upotrebe jestivih premaza i filmova su (Ramos i sur., 2012; Rezvani i sur, 2013):

- Ograničenje migracije vlage, aroma i lipida između komponenti i vanjskog okruženja;
- Osiguranje plinske barijere za kontrolu razmjene plinova između hrane i vanjskog okruženja;

- Ograničenje razmjene hlapivih spojeva;
- Zaštita hrane od fizičkog oštećenja uzrokovanog mehaničkim udarima, pritiscima i vibracijama, i/ili zaštita sastojaka od oksidacije – na taj se način produžuje rok trajanja tijekom skladištenja i istovremeno poboljšava kvaliteta.

U mljekarskoj industriji, jestivi premazi i filmovi koriste se kod sireva za produženje roka trajanja, iako njihova primjena nije jako komercijalizirana. Tijekom sazrijevanja sira, odvijaju se biološki procesi uzrokovani mikroorganizmima i enzimima koji utječu na teksturu, okus i miris sira. Uz to, na karakteristike sira utječu i okolišni uvjeti (svjetlost, relativna vlažnost, temperatura, propusnost za vodenu paru, kisik i ugljikov dioksid) (Johnson i sur., 2015).

Upotreba jestivog premaza smanjuje gubitak vlage te poboljšava teksturu i senzorska svojstva sireva (Altieri i sur., 2005; Cergueira i sur., 2010; Fajardo i sur., 2010). Gubitak vlage, te posljedično gubitak mase sira, povezan je s kinetikom prodiranja vode kroz upotrijebljeni premaz (Robertson, 2006). Osim što smanjuju gubitak vlage i poboljšavaju senzorska svojstva, jestivi premazi mogu imati i antimikrobno djelovanje (tablica 9). Sprječavaju rast, odnosno smanjuju količinu mezofilnih i psihotrofnih mikroorganizama, kvasaca i plijesni, te posljedično produžuju rok trajanja (Robertson, 2016). Za jestive premaze kod sireva mogu se koristiti različiti materijali (npr. hitozan, alginat,  $\kappa$ -karagenan, izolati proteina sirutke). Primjeri materijala koji se koriste u proizvodnji jestive ambalaže za primjenu kod sira prikazan je u tablici 9.

Altieri i sur. (2005) dokazali su da jestivi premazi od kitozana značajno povećavaju rok trajanja Mozzarelle, smanjujući rast koliformnih bakterija tijekom skladištenja, a značajnih razlika u senzorskim karakteristikama između sira sa i bez premaza nije bilo.

Di Pierro i sur. (2011) dokazali su da premazi od mješavine jestivih materijala (kitozan i proteini sirutke) produžuju rok trajanja sira Ricotta. Smanjuje se rast mikroorganizama, odgađa se rast nepoželjne kiselosti i nema promjena u teksturi i senzorskim karakteristikama tijekom 30 dana skladištenja na 4 °C.

Tablica 9. Primjeri antimikrobnih jestivih premaza i filmova nanesenih na sir

| Vrsta sira        | Materijal premaza/filma  | Bioaktivna komponenta                         | Učinak/rezultat                                                                                                            | Reference                |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Cheedar</b>    | Natrijev kazeinat        | Polisaharid kitozan                           | Smanjenje mezofilnih i psihotrofnih MO, kvasaca i plijesni                                                                 | Moreira i sur., 2011     |
|                   | Škrob                    | Ekstrakt biljke: linalol, karvakrol ili timol | Smanjenje <i>A. niger</i> nakon 35 dana skladištenja na 15 °C                                                              | Kuorwel i sur., 2014     |
| <b>Ricotta</b>    | Galaktomanan             | Antibiotik natamicin                          | Spriječen rast <i>L. monocytogenes</i> za 7 dana na 4 °C                                                                   | Martins i sur., 2010     |
|                   | Kitozan/proteini sirutke | Polisaharid kitozan                           | Smanjena količina mezofilnih i psihotrofnih MO                                                                             | Di Pierro i sur., 2011   |
| <b>Gorgonzola</b> | Celuloza                 | Bakteriocin + antibiotik Nizin + natamicin    | Nema značajnog rasta gljiva uz 2 i 4 % natamicina                                                                          | de Oliveira i sur., 2007 |
| <b>Mozzarella</b> | Kitozan                  | Enzin lizozim                                 | Poboljšan antimikrobni učinak kitozan-lizozimskog filma protiv <i>P. fluorescens</i> te inhibicija <i>L. monocytogenes</i> | Duan i sur., 2007        |
| <b>Kashar</b>     | Metilceluloza            | Ekstrakt masline                              | Smanjena količina <i>S.aureus</i> nakon 7 odnosno 14 dana skladištenja                                                     | Ayana i Turhan, 2009     |

Osim što pruža bolju kvalitetu i čuva svježinu, jestiva ambalaža mogla bi značajno smanjiti troškove pakiranja sira smanjujući količinu uobičajeno potrebnog materijala. Ali, bitno je napomenuti da jestivi premazi moraju biti neutralnog okusa kako ne bi utjecali na senzorska svojstva pakiranog sira (Karaman i sur., 2015). Stoga, jestivi premazi imaju sve veći potencijal koji je povezan s potražnjom potrošača za visokokvalitetnim i prirodnim prehrambenim proizvodima.

### 3. ZAKLJUČAK

1. S obzirom na sve veću svijest potrošača o ulozi hrane u zdravlju ljudi, danas se osim postizanja dobrih senzorskih karakteristika sve više napora ulaže u proizvodnju hrane koja će imati i određena funkcionalna svojstva. Više nije dovoljno da hrana ima samo dobar okus, već treba imati dobru nutritivnu vrijednost i pozitivan učinak na zdravlje.
2. Funkcionalni mliječni proizvodi mogu se dobiti na različite načine. Jedan od njih je modifikacija sastava, koji uključuje hidrolizu laktoze, povećanje količine proteina te smanjenje količine soli i kolesterola. Najviše zastupljena je hidroliza laktoze pri čemu dobiveni proizvodi ne uzrokuju probavne smetnje potrošačima netolerantnim na laktozu. Proteini mlijeka imaju izvrstan učinak na zdravlje, pa se industrija okreće proizvodima s povećanim sadržajem proteina te je sve popularnija proizvodnja Skyr jogurta. Zbog negativnih učinka soli, odnosno natrija, količina se nastoji smanjiti u proizvodima, a prvenstveno se odnosi na proizvodnju sireva. Također, zbog velike količine kolesterola koja se nalazi u mliječnoj masti i negativnog utjecaja na zdravlje, koriste se razne fizikalne, kemijske i biološke metode kako bi se u proizvodima smanjila količina mliječne masti, a posljedično i količina kolesterola.
3. Osim modifikacije sastava, za proizvodnju funkcionalnih proizvoda, moguće je koristiti dodatke, od kojih su najpopularniji probiotici i prebiotici. Doprinose crijevnoj ravnoteži i imaju sposobnost preživljavanja u uvjetima probavnog sustava. Mogu se koristiti pri proizvodnji probiotičkog mlijeka, sira i sladoleda, dok je najpopularnija proizvodnja probiotičkog jogurta. Uz korištenje probiotičkih bakterija, prilikom proizvodnje mogu se koristiti različiti dodaci koji imaju pozitivan učinak na zdravlje, kao što su biljke. Spektar korištenja biljaka je velik jer se mogu koristiti različiti dijelovi biljke koji djeluju kao konzervansi i/ili kao ljekoviti sastojci.
4. Prilikom proizvodnje sira i maslaca nastaju nusproizvodi, koji su se u prošlosti odbacivali, ali zbog nutritivnih vrijednosti, sve je veća paleta proizvoda na bazi sirutke i/ili mlaćenice. Sirutka se najviše prerađuje u sirutku u prahu, zatim albuminski sir, bezalkoholne i alkoholne napitke, dok se mlaćenica sve više prerađuje u napitke s dodatkom voća i gazirane napitke.
5. Kako je moguće modificirati sastav proizvoda, tako je moguće modificirati i tehnološki proces proizvodnje kako bi se ujednačio sastav i kvaliteta proizvoda, produžio rok trajanja te povećala nutritivna i zdravstvena vrijednost proizvoda. Tako je od membranskih procesa sve češća upotreba ultrafiltracije u proizvodnji koncentrata

proteina sirutke, dok se u proizvodnji sireva sve više koristi jestiva ambalaža koja pruža bolju kvalitetu i čuva svježinu sira.

## 6. LITERATURA

- Alm, L. (2003) Lactose Intolerance. U: Encyclopedia of Dairy Science (Roginski, H., Fuquay, J., Fox, P., ured.), Academic Press, London, str. 1533-1539.
- Altieri, C., Scrocco, C., Sinigaglia, M., Del Nobile, M.A. (2005) Use of chitosan to prolong mozzarella cheese shelf life. *J. Dairy Sci.* **88** (8), 2683-2688.
- Amirdivani, S., Baba, A.S. (2011) Changes in yoghurt fermentation characteristics, and antioxidant potential and in vitro inhibition of angiotensin-1 converting enzyme upon the inclusion of peppermint, dill and basil. *Food Sci. Technol.-LEB*, **44**, 1458-1464.
- Anonymous (2020) Intolerancija na laktozu, <<https://bonifarm.hr/laboratorij/strucni-clanci/intolerancija-na-laktozu/>> Pristupljeno: 6. svibnja 2020.
- Ayana, B., Turhan, K.N. (2009) Use of antimicrobial methylcellulose films to control *Staphylococcus aureus* during storage of Kasar cheese. *Packag. Technol. Sci.* **22** (8), 461-469.
- Behrad, S., Yusof, M.Y., Goh, K.L. (2009) Manipulation of probiotics fermentation of yoghurt by cinnamon and licorice: effects on yoghurt formation and inhibition of *Helicobacter pylori* growth in vitro. *Int. Scholarly & Sci. Res. & Innovation*, **3**, 563-567.
- Bergamini, C.V., Hynes, E.R., Quiberoni, A., Sua'ez, V.B., Zalazar, C.A. (2005) Probiotic bacteria as adjunct starters: influence of the addition methodology on their survival in a semi-hard Argentinean cheese. *Food Res. Int.* **38** (5), 597-604.
- Bhaskaran, S., Hardley, F. (2002) Buyers beliefs, attitudes and behaviour: food with therapeutic claims. *J. Consum. Mark.* **19**, 591-606.
- Bhattacharyya, S., Chakraborty, C., Moitra, S., Bandyopadhyay, K. (2017) Potential application of milk and milk products as carrier for herpes and spices. *Int. J. Eng. Res. Sci. Technol.* **6**, 113-124.
- Bin, S., Yi-Zhong, C., John, D.B., Harold, C. (2011) Potential application of spice and herb extracts as natural preservatives in cheese. *J. Med. Food* **14**, 284-290.
- Božanić, R. (2000) Utjecaj vrste i sastava mlijeka na aktivnost intestinalnih bakterija mliječne kiseline i kakvoću fermentiranih napitaka, Disertacija, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Buddhadasa, K., Abesinghe, A.M.N.L., Luxman, R.A.J.N. (2015) Development of Soursop Pulp (*Annona muricata*) Incorporated Fermented Sweet Cream Buttermilk Beverage. Proceedings of the Research Symposium of Uva Wellassa University, Sri Lanka, 29-30.
- Burhanuddin Shaikh, M.F., Dagdulal Rathi, S. (2009) Utilisation of buttermilk for the preparation of carbonated fruit-flavored beverages. *Int. J. Dairy Technol.* **62**, 564-570.

Cardarelli, H.R., Saad, S.M.I., Gibson, G.R., Vulevic, J. (2007) Functional petitsuisse cheese: Measure of the prebiotic effect. *Anaerobe*, **13**, 200-207.

Cerqueira, M.A., Sousa-Gallagher, M.J., Macedo, I., Rodriguez-Aguilera, R., Souza, B.W.S., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. (2010) Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of “Regional” cheese. *J. Food Eng.* **97** (1), 87-94.

Chabeaud, A., Vandanjon, L., Bourseau, P., Jaouen, P., Chaplain- Derouiniot, M., Guerard, F. (2009) Performances of ultrafiltration membranes for fractionating a fish protein hydrolysate: application to the refining of bioactive peptidic fractions. *Sep. Purif. Technol.* **66** (3), 463-471.

Charles, D.J. (2013) *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*, Springer, New York.

Cheryan, M. (1998) *Ultrafiltration and microfiltration handbook*, 2. izd., CRC, Boca Raton.

Conway, V., Couture, P., Richard, C., Gauthier, S.F., Pouliot, Y., Lamarche, B. (2013) Impact of buttermilk consumption on plasma lipids and surrogate markers of cholesterol homeostasis in men and women. *Nutr. Metab. Cardiovas.* **23** (12), 1255-1262.

Dangaran, K., Tomasula, P.M., Qi, P. (2009) Structure and function of protein-based edible films and coatings. U: *Edible Films and Coatings for Food Applications* (Embuscado, M.E., Huber, K.C., ured.), Springer, New York, str. 25-56.

Daufin, G., Escudier, J. P., Carrère, H., Bérot, S., Fillaudeau, L., Decloux, M. (2001) Recent and emerging applications of membrane processes in the food and dairy industry. *Food Bioprod. Process.* **79** (2), 89-102.

DeFelice, S.L. (1995) The nutraceutical revolution, its impact on food industry research and development. *Trends Food Sci. Tech.* **6**, 59-61.

Dekker, P., Daamen, C. (2011) Enzymes exogenous to milk in dairy technology.  $\beta$ -D-Galactosidase. U: *Encyclopedia of Dairy Science* (Fuquay, J., Fox, P., McSweeney, P., ured.), Academic Press, London, str. 276-83.

De Man, J.M. (1964) The free and esterified cholesterol content of milk and dairy products, *Z. Ernährungswiss.* **5**, 1.

de Oliveira, T.M., de Fatima Ferreira Soares, N., Pereira, R.M., de Freitas Fraga, K. (2007) Development and evaluation of antimicrobial natamycin-incorporated film in gorgonzola cheese conservation. *Packag. Technol. Sci.* **20** (2), 147-153.

de Vrese, M., Stegelmann, A., Richter, B., Fenselau, S., Laue, C., Schrezenmeir, J. (2001) Probiotics – compensation for lactase insufficiency. *Am. J. Clin. Nutr.* **73**, 421-9.

Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C.V.L., Porta, R. (2011) Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *Food Sci. Technol-LEB*, **44 (10)**, 2324-2327.

Dipolc, A.T., Aggett, P.J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, F.B., Roberfroid, M.B. (1999) Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. *Brit. J. Nutr.* **81**, 1-28.

Doyle, M.E., Briefing, F.R.I. (2008): Sodium reduction and its effects on food safety, food quality, and human health, Food Research Institute, University of Wisconsin-Madison.

Duan, J., Park, S.I., Daeschel, M.A., Zhao, Y. (2007) Antimicrobial chitosan-lysozyme (CL) films and coatings for enhancing microbial safety of Mozzarella cheese. *J. Food Sci.* **72 (9)**, 355-362.

Đurić, M., Carić, M., Milanović, S., Tekić, M., Panić, M. (2004) Development of whey based beverages, *Eur. Food Res. Technol.* **219**, 321-328.

El-Bakry, M. (2012) Salt in cheese. *Curr. Res. Dairy Sci.* **4**, 1-5.

Embuscado, M.E. (2015) Spices and herbs: natural sources of antioxidants. *J. Funct. Food* **18**, 811-819.

Erdem, I., Çiftçioglu, M., Harsa, S. (2006) Separation of whey components by using ceramic composite membranes. *Desalination*, **189 (1-3)**, 87-91.

Falguera, V., Quintero, J.P., Jimenez, A., Munoz, J.A., Ibarz, A. (2011) Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci. Tech.* **22**, 292-303.

Fajardo, P., Martins, J.T., Fucinos, C., Pastrana, L., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. (2010) Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *J Food Eng.* **101 (4)**, 349-356.

Fernandes, P. (2010) Enzymes in food processing: A condensed overview on strategies for better biocatalyst. *Enzyme Research*, **10**, 1-19.

Fox, P. (2011) Bovine milk. U: Encyclopedia of Dairy Science (Fuquay, J., Fox, P., McSweeney, P., ured.), Academic Press, London, str. 478-483.

Gabbi, D.K., Bajwa, A.U., Goraya, R.K. (2017) Physicochemical, melting and sensory properties of ice cream incorporating processed ginger (*Zingiber officinale*). *Int. J. Dairy Technol.* **70**, 1-8.

- Gibson, G.R., Roberfroid, M.B. (1995) Dietary modulation of the human microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* **125**, 1401-1412.
- Girsh, L.S. (2001): Us Patent US 2001/0022986 A1.
- Gísladóttir, H. (1999) Icelandic food tradition (in Icelandic), *Mal og menning*, Reykjavík.
- Gobetti, M., Minervini, F., Rizzello, C.G. (2004) Angiotensin I-converting enzyme inhibitory and antimicrobial bioactive peptides. *Int. J. Dairy Technol.* **57**, 173–188.
- Gray, J., Armstrong, G., Farley, H. (2003) Opportunities and constraints in the functional food market. *Nutrition & Food Science* **33**, 213-218.
- Gudmundsson, B. (1987) Skyr. *Scand. Dairy Ind.* **4 (87)**, 240-242.
- Gudmundsson, G. (2007) Rheology and microstructure of Skyr. Master's degree, Department of Food Science and Human Nutrition, University of Iceland.
- Guinee, T.P., Fox, P.F. (2004) Salt in cheese: Physical, chemical and biological aspects. U: Cheese Chemistry, Physics and Microbiology, General Aspect, 3. izd. (Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., ured.), Elsevier Academic Press, Amsterdam, 207-259.
- Guinee, T.P., Sutherland, B.J. (2011) Salting of Cheese. U: Encyclopedia of Dairy Science (Fuquay, J., Fox, P., McSweeney, P., ured.), Elsevier, London, str. 595-606.
- Gulati, O. P., Ottaway, P. B. (2006) Legislation relating to nutraceuticals in the European Union with a particular focus on botanical-sourced products. *Toxicology* **221**, 75-87.
- Hajirostamloo, B. (2010) Bioactive component in milk and dairy product. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, **4 (120)**, 870-874.
- Hammond (1992): US Patent 5,153,019.
- Han, J., Britten, M., St-Gelais, D., Champagne, C.P., Fustier, P., Salmieri, S., Lacroix, M. (2011) Effect of polyphenolic ingredients on physical characteristics of cheese. *Food Res. Int.* **44**, 494-497.
- Helal, A., Tagliazucchi, D. (2018) Impact of in-vitro gastro-pancreatic digestion on polyphenols and cinnamaldehyde bioaccessibility and antioxidant activity in stirred cinnamon fortified yoghurt. *Food Sci. Technol-LEB*, **89**, 164-170.
- Herman, L. (2015) Herb & Spice Companion: the Complete Guide to over 100 Herbs & Spices, Wellfleet Press, New York.
- Homayouni, A., Azizi, A., Ehsani, M.R., Razavi, S.H., Yarmand, M.S. (2008) Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of synbiotic ice cream. *Food Chem.* **111**, 50-55.

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje (2020) Mljekarstvo, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=41384>>. Pristupljeno 18. Lipnja 2020.

ILSI (1999) Scientific Concepts of Functional Foods in Europe. ILSI – International Life Science Institute.

Ingram, C, Swallow, D. (2009) Lactose malabsorption. U: *Advances dairy chemistry* 3.izd. (McSweeney, P., Fox, P., ured.), Springer, United States, str. 203-222.

Ismail, A.A., Mogensen, G., Poulsen, P. (1983) Organoleptic and physical properties of yogurt made from lactose hydrolysed milk. *J. Soc. Dairy Tech.* **36**, 52-55.

Jelen, P. (2003) Whey Processing. U: *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Roginski, H., Fuquay, J.F., Fox, P.F., ured.), Academic Press, Amsterdam, str. 2740.

Jelen, P., Tossavainen, O. (2003) Low lactose and lactose-free milk and dairy products – prospects, technologies and applications. *Aust. J. Dairy Tech.* **58**, 161-165.

Johnson, D.S., Duncan, S.E., Bianchi, L.M., Chang, H.H., Eigel, W.N., O’Keefe, S.F. (2015) Packaging modifications for protecting flavor of extended-shelf-life milk from light. *J. Dairy Sci.* **98**, 1-10.

Jolly, L., Vincent, S.J.F., Duboc, P., Neeser, J.R. (2002) Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Antonie Leeuwenhoek* **82**, 367-374.

Karaman, A.D., Özer, B., Pascall, M.A., Alvarez, V. (2015) Recent Advances in Dairy Packaging. *Food rev.Int.* **31**, 295-318.

Kilcast, D., den Ridder, C. (2007) Sensory issues in reducing salt in food products. U: *Reducing salt in foods: Practical strategies* (Kilcast, D., Angus, F., ured.), Cambridge, str. 201-220.

Kirin, S. (2004) Kvargli, *Mljekarstvo*, **54 (4)**, 315-325.

Kitts, D.D., Weiler, K. (2003) Bioactive proteins and peptides from food sources. Applications of bioprocesses used in isolation and recovery. *Curr. Pharm. Design* **9**, 1309-1323.

Korhonen, H. (2009) Milk derived bioactive peptides: From science to application. *J. funct. Food*, **1 (2)**, 177-178.

Korhonen, H., Pihlanto, A. (2006) Bioactive peptides: Production and functionality. *Int. Dairy J.* **16**, 945-960.

Kotilainen, L., Rajalahti, R., Ragasa, C., Pehu, E. (2006) Health enhancing foods: Opportunities for strengthening the sector in developing countries, *Agriculture and Rural Development Discussion Paper* **30**, 11-38.

Kralik, I., Kralik, Z., Zelić, S. (2014) Preferencije potrošača konzumnih jaja. U: Zbornik radova 49. hrvatskog i 9. međunarodnog simpozija agronoma (Marić, S., Lončarić, Z., ured.), Dubrovnik, Hrvatska, 16.-21.02.2014., str. 156-160.

Kršev, Lj., Tratnik, Lj., Borović, A. (1994) Rast i aktivnost bakterija *Lactobacillus acidophilus* i *Bacterium bifidum* u retentatu obranog mlijeka i sirutke te mješavini retentata. *Mljekarstvo*, **44** (1), 3-12.

Kuorwel, K.K., Cran, M.J., Sonneveld, K., Miltz, J., Bigger, S.W. (2014) Evaluation of antifungal activity of antimicrobial agents on Cheddar cheese. *Packag. Technol. Sci.* **27** (1), 49-58.

Libudzisz, Z., Stepaniak, L. (2002) Fermented milks / Buttermilk. U: Encyclopedia of dairy sciences (Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., ured.), Academic Press, Elsevier Ltd, San Diego, str. 489-495.

Liem, D.G., Miremadi, F., Keast, R.S.J. (2011) Reducing sodium in foods: The effect on flavor. *Nutrients*, **3**, 694-711.

Lim, Y.P., Mohammad, A.W. (2011) Physicochemical properties of mammalian gelatin in relation to membrane process requirement. *Food Bioprocess Tech.* **4** (2), 304-311.

Limsawat, P., Pruksasri, S. (2010) Separation of lactose from milk by ultrafiltration. *Asian J. Food Agr. Ind.* **3**, 236-243.

Lockwood, B. (2007) Nutraceuticals - A guide for healthcare professionals, Pharmaceutical Press, Manchester.

Mahoney, R. (2003) Enzymes exogenous to milk in dairy technology. Beta-D-Galactosidase. U: Encyclopedia of Dairy Science (Roginski, H., Fuquay, J., Fox, P., ured.), Academic Press, London, str. 907-926.

Mark-Herbert, C. (2004) Innovation of a new product category – Functional foods. *Technovation*, **24**, 713–719.

Martins, J.T., Cerqueira, M.A., Souza, B.W.S., Carmo Avides, M.D., Vicente, A.A. (2010) Shelf life extension of Ricotta cheese using coatings of galactomannans from nonconventional sources incorporating Nisin against *Listeria monocytogenes*. *J. Agr. Food Chem.* **58** (3), 1884-1891.

Mattila-Sandholm, T., Myllärinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fondén, R., Saarela, M. (2002) Technological challenges for future probiotic foods. *Int. Dairy J.* **12**, 173-182.

Meisel, H., FitzGerald, R.J., (2003) Biofunctional peptides from milk proteins: mineral binding and cytomodulatory effects. *Curr. Pharm. Design* **9**, 1289-1295.

Menrad, K. (2003) Market and marketing of functional food in Europe. *J. Food Eng.* **56**, 181-188.

Meshram, B.D. (2015) Butter-milk based fruit juice beverages. *Asian J. Dairy & Food Res.* **34** (4), 297-299.

McGregor, R.A., Poppitt, S.D. (2013) Milk protein for improved metabolic health: a review of the evidence. *Nutr. Metab.* **10**, 46.

Miglioranza, L.S.H., Matsuo, T., Caballero-Cordoba, G.M., Dichi, J.B., Cyrino, E.S., Oliveira, I.B.N., Martins, M.S., Polezer, N.M., Dichi, I. (2003) Effect of long-term fortification of whey drink with ferrous bisglycinate on anemia Prevalence in Children and Adolescents From Deprived Areas in Londrina, Parana, Brazil. *Nutrition*, **19**, 419-421.

Miller, G. (2005) Healthy growth ahead for Wellness drinks. *Food Technology*, **59**, 21-26.

Mlichová, Z., Rosenberg, M. (2006) Current trends of  $\beta$ -galactosidase application in food technology. *J. Food Nutr. Res.* **45**, 47-54.

Moreira, M.R., Pereda, M., Marcovich, N.E., Roura, S.I. (2011) Antimicrobial effectiveness of bioactive packaging materials from edible chitosan and casein polymers: Assessment on carrot, cheese, and salami. *J. Food Sci.* **76** (1), 54-63.

Nagaraj, M., Sharanagouda, B., Manjunath, H., Manafi, M. (2009) Standardization of different levels of lactose hydrolysis in the preparation of lactose hydrolysed yogurt. *Iran. J. Vet. Res.* **10**, 132-136.

Nedorostova, L., Kloucek, P., Kokoska, L., Stolcova, M., Pulkrabek, J. (2009) Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria, *Food Control*, **20**, 157-160.

Niva, M. (2007) All foods affect health: Understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. *Appetite*, **48**, 384-393.

Oakenfull, D.G., Pearce, R.J., Sidhu, G.S. (1991) Low cholesterol dairy products. *Aust. J. Dairy Technol.* **46** (2), 110-112.

Olmedo, R.H., Nepote, V., Grosso, N.R. (2013) Preservation of sensory and chemical properties in flavoured cheese prepared with cream cheese base using oregano and rosemary essential oils, *Food Sci. Technol-LEB*, **53**, 409-417.

Ouwehand, A.C., Salminen, S.J., Isolauri, E. (2002) Probiotics: an overview of beneficial effects. *Antonie van Leeuwenhoek* **82**, 279-289.

Pinto, S.V., Patel, A.M., Jana, A.H. (2009) Evaluation of different forms of ginger as flavouring in herbal ice cream. *Int. J. Food Sci. Technol. Nutr.* **3**, 73-83.

Playne, M., Crittenden, R. (2009) Galacto-oligosaccharides and other products derived. U: Lactose, water, salts and minor constituents, *Advances dairy chemistry*, 3. izd. (McSweeney, P., Fox, P., ured.), Springer, United States, str. 121-188.

Popović-Vranješ, A., Vujičić, I.F. (1997) Tehnologija sirutke, monografija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Prajapati, J., Nair, B. (2008) The history of fermented foods. U: *Handbook of fermented functional foods*, 2. izd., (Farnworth, E. ured.), CRC Press, United States, str. 1-24.

Pravilnik o mlijeku i mliječnim proizvodima (2009) *Narodne novine*, **20**, Zagreb.

Radman, M. (2005) Consumer consumption and perception of organic products in Croatia. *Brit. Food J.* **107** (4), 263-273.

Ramos, O.L., Fernandes, J.C., Silva, S.I., Pintado, M.E., Malcata, F.X. (2012) Edible films and coatings from whey proteins: A review on formulation, and on mechanical and bioactive properties. *Crit. Rev. Food Sci.* **52** (6), 533-552.

Reid, G., Bruce, A.W., Fraser, N., Heinemann, C., Owen, J., Henning, B. (2001) Oral probiotics can resolve urogenital infections. *Immunol. Med. Microbiol.* **30**, 49-52.

Renner, E. (1983) Milk and dairy products in human nutrition, Volkswirtschaftlicher Verlag, W-GmbH, München.

Repelius, C. (2001) Lactase: an optimum enzyme for low lactose dairy products. *Asia Pac Food Industry*, 24-27.

Reykdal, O. (2003) The Icelandic Food Composition Database (ISGEM). MATIS-Food Research, Innovation & Safety, Reykjavik.

Rezvani, E., Schleining, G., Sumen, G., Taherian, A.R. (2013) Assessment of physical and mechanical properties of sodium caseinate and stearic acid based film-forming emulsions and edible films. *J. Food Eng.* **116** (2), 598-605.

Rinaldoni, N., Campderrós, M., Menéndez, C., Pérez Padilla, A. (2005) Low lactose content yogurt by ultrafiltration. Proceeding of 2<sup>nd</sup> Mercosur Congress on Chemical Engineering. Río de Janeiro, Brazil.

Roberfroid, M.B. (2000) Defining functional foods. U: *Functional foods Concept to product* (Gibson G.R., Williams C.M., ured.), Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Cambridge, str. 9-25.

Robertson, G. L. (2006) Packaging of dairy products. U: *Food Packaging: Principles and Practice* (Robertson, G.L., ured.), CRC Press, Boca Raton, str. 400-415.

Robertson, G.L. (2012) Edible, biobased and biodegradable food packaging materials. U: Food Packaging: Principles and Practice, 3. izd. (Robertson, G.L., ured.), CRC Press, Boca Raton, str. 49-90.

Robertson, G.W. (2016) Packaging of Dairy Products. Food Packaging: Principles and Practice, 3. izd., CRC Press, Taylor & Francis Group, str. 509-540.

Rodriguez-Aguilera, R., Oliveira, J.C. (2009) Review of Design Engineering Methods and Applications of Active and Modified Atmosphere Packaging Systems. *Food Eng. Rev.* **1**, 66-83.

Ross, R. P., Fitzgerald, G., Collins, K., and Stanton, C. (2002) Cheese delivering biocultures: probiotic cheese. *Aust. J. Dairy Tech.* **57 (2)**, 71-78.

Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J., Zoon, P. (2002) An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *Int. Dairy J.* **12**, 163-171.

Saarela, M., Mogensen, G., Fondén, R., Mättö, J., Mattila-Sandholm, T. (2000) Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties. *J. Biotechnol.* **84**, 197-215.

Saxelin, M., Korpela, R., Mäyrä-Mäkinen, A. (2003) Functional Dairy Products. U: Dairy processing. Improving Quality (Smit, G., ured.), CRC Press, England, str. 229-244.

Saxena, A., Tripathi, B.P., Kumar, M., Shahi, V.K. (2009) Membrane-based techniques for the separation and purification of proteins: an overview. *Advances in Colloid and Interface Science*, **145 (1-2)**, 1-22.

Schlimme, E. (1990) Cholesterin-Abtrennung aus MilCHFett, *European Dairy Magazine*, **4**, 12-21.

Schlimme, E., Meisel, H. (1995) Bioactive peptides derived from milk proteins. Structural, physiological and analytical aspects. *Food/Nahrung*, **39 (1)**, 1-20.

Schroeder, C.L., Bodyfelt, F.W., Wyatt, C.J., McDaniel, M.R. (1988) Reduction of sodium chloride in Cheddar cheese: Effect on sensory, microbiological, and chemical properties. *J. Dairy Sci.* **71**, 2010-2020.

Schulz-Collins, D., Senge, B. (2004) Acid and acid/rennet-curd cheeses. Quark, Cream cheese and related varieties. U: Cheese Chemistry, Physics and Microbiology, Major Cheese Groups, 3. izd. (Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee T.P., ured.), Elsevier Academic Press, Amsterdam, str. 301-328.

Shah, N. (2007) Functional cultures and health benefits. *Int. Dairy J.* **17**, 1262-1277.

Shan, B., Cai, Y.T., Brooks, J.D., Corke H. (2007) The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts, *Int. J. Food Microbiol.* **117**, 112-119.

Sherwood, S., Jenkins, D. (2007) US Patent US 2007/0178214 A1.

Sieber, R., Eyer, H. (1990) Cholesterinentferung aus Milchfett, *Schweiz. Milchw. Forschung*, **19** (2), 31-37.

Sieber, R., Schobinger Rehberger, B., Walther, B. (2011) Milk lipids: Removal of cholesterol from dairy products. U: Encyclopedia of Dairy Sciences, 2. izd. (Fuquay, J.W., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., ured.), Academic Press, San Diego, str. 734-740.

Spence, J.T. (2006) Challenges related to the composition of functional foods. *J. Food Compos. Anal.* **19**, 4-6.

Srivastava, P., Prasad, S.G.M., Mohd, N.A., Prasad, M. (2015) Analysis of antioxidant activity of herbal yogurt prepared from different milk. *Pharma. Inno. J.* **4**, 18-20.

Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A., Cliver, D.O. (2010) Antimicrobial herb and spice compounds in food, *Food Control*, **21**, 1199-1218.

Tamime, A. (2002) Fermented milks: a historical food with modern applications. *Eur. J. Clin. Nutr.* **56**, 2-15.

Toba, T., Arihara, K., Adachi, S. (1986) Quantification changes in oligosaccharides during fermentation and storage of yogurt inoculated simultaneously with starter culture and  $\beta$ -galactosidase preparation. *J. Dairy Sci.* **69**, 1241-1245.

Tomasula, P.M. (2009) Using dairy ingredients to produce edible films and biodegradable packaging materials. U: Dairy-Derived Ingredients (Corredig, M., ured.), Woodhead Publishing, Cambridge, str. 589-624.

Tossavainen, O., Kallioinen, H. (2007) Proteolytic changes in lactose hydrolysis UHT milks during storage. *Milchwissenschaft*, **62**, 410-414.

Tratnik, Lj. (1998) Mlijeko-tehnologija, biokemija i mikrobiologija, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.

Tratnik, Lj. (2003) Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne mliječne hrane. *Mljekarstvo* **53**, 325-352.

Tratnik, Lj., Božanić, R. (1996) Utjecaj koncentrata proteina sirutke na rast i aktivnost laktobacila i streptokoka tijekom fermentacije i čuvanja jogurta i acidofila. 1. Hrvatski kongres mikrobiologa s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija.

Tratnik, Lj., Božanić, R. (2012) Mlijeko i mliječni proizvodi, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.

Trivedi, V.B. (2014) Use of Basil (Tulsi) As flavouring ingredient In the Manufacture of Ice Cream. MSc.(Dairy Technology). Thesis submitted to Anand Agricultural University, Anand, Gujarat.

Vedamuthu, E.R. (2006) Other fermented and culture-containing milks. U: Manufacturing Yogurt and Fermented Milks (Chandan, R., White, C.H., Kilara, A., Hui Y.H., ured.), Blackwell Publishing, New Jersey, str. 295-308.

Vesa, T., Marteau, P., Korpela, R. (2000) Lactose intolerance. *J. Am. Coll. Nutr.* **19**, 165-175.

Wallis, K., Chapman, S. (2012) Current innovations in reducing salt in food products. Food & Health Innovation Service, Campden BRI.

WHO (2012) Guideline: Sodium intake for adults and children. Geneva, WHO – World Health Organization.

Witkowska, A.M., Hickey, D.K., Alonso-Gomez, M., Wilkinson, M. (2013) Evaluation of antimicrobial activities of commercial herb and spice extracts against selected food-borne bacteria, *J. Food Res.* **2**, 37-54.

## 7. PRILOZI

Popis slika:

1. Povezanost nutraceutika s ostalim proizvodima (Lockwood, 2007)
2. Hidroliza laktoze (<https://bonifarm.hr/laboratorij/strucni-clanci/intolerancija-na-laktozu/>)
3. Različite metode proizvodnje Skyr-a (Gudmundsson, 2007)
4. Funkcije i učinci soli u siru (Schroeder i sur., 1988)
5. Bioaktivnost mliječnih proteina - dobivenih peptida i njihov utjecaj na zdravlje čovjeka (Korhonen, 2009)

Popis tablica:

1. Tipovi funkcionalne hrane (Spence, 2006; Kotilainen i sur., 2006)
2. Približna količina NaCl u nekim vrstama sira (Schulz-Collins i Senge, 2004)
3. Prosječna količina kolesterola u mliječnim proizvodima (Renner, 1983)
4. Komercijalni mliječni proizvodi i sastojci sa zdravstvenim tvrdnjama na bazi bioaktivnih peptida (Korhonen i Pihlanto, 2006)
5. Izvori bilja i začina koji se mogu dodavati u mliječne proizvode (Herman, 2015)
6. Sastojci suhe tvari i udjel proteina u sirutki (Tratnik, 1998)
7. Pregled sirutkinih napitaka na europskom tržištu (Popović-Vranješ i sur., 1997)
8. Usporedba količine vitamina u različitim tipovima mlaćenice i mlijeku ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ) (Libudzisz i Stepaniak, 2002)
9. Primjeri antimikrobnih jestivih premaza i filmova nanesenih na sir

Fusnote:

1. GRAS – Generally Recognized as Safe – općenito prepoznato kao sigurno
2. UHT – Ultra High Temperature – tretman izrazito visokom temperaturom
3.  $a_w$  - Količina slobodne vode – količina vode kojom mikroorganizam raspolaže u metabolizmu

## IZJAVA O IZVORNOSTI

*Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

Iva Jurc

Ime i prezime studenta

## STATEMENT OF ORIGINALITY

*This is to certify, that the intellectual content of this thesis is the product of my own independent and original work and that all the sources used in preparing this thesis have been duly acknowledged.*

Juan Jarec

Name of student

## **IZJAVA O IZVORNOSTI**

*Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mog rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

---

Ime i prezime studenta

## STATEMENT OF ORIGINALITY

*This is to certify, that the intellectual content of this thesis is the product of my own independent and original work and that all the sources used in preparing this thesis have been duly acknowledged.*

---

Name of student