

Elaborat tehničko - tehnološkog rješenja pogona mljekare

Kuljak, Natalija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:159:170143>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-06**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO – BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2021.

Natalija Kuljak

1360/PI

**ELABORAT TEHNIČKO –
TEHNOLOŠKOG RJEŠENJA
POGONA MLJEKARE**

Rad je izrađen u Kabinetu za tehnološko projektiranje na Zavodu za Prehrambeno – tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Sandre Albino, Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALA

Zahvaljujem mentorici prof. dr. sc. Sandri Balbino na suradnji, strpljenju, razumijevanju i izdvojenom vremenu tijekom izrade diplomskog rada u ovim izvanrednim i nesvakidašnjim okolnostima. Veliko hvala na predanoj pomoći i vodstvu te stručnim, ali i životnim savjetima.

Hvala prijateljicama za sva druženja, smijanja, tugovanja i međusobnu podršku. Učinile ste ovo studiranje lakšim, ljepšim i nezaboravnim. Zahvaljujem se i svom Silvestru, dečku i najboljem prijatelju, na pruženoj ljubavi i podršci, ohrabrenju i vjeri u mene.

Najveća zahvala ide mojoj cijeloj obitelji, ponajviše roditeljima, bratu i baki koji su bili uz mene od prvog do zadnjeg dana na PBF – u. Hvala im za bezuvjetnu ljubav, razumijevanje i strpljenje kao i za svaku riječ podrške u trenucima kada je bilo najteže. Hvala što ste vjerovali u moj uspjeh!

Hvala svima koji su bili dio ove priče,

Natalija

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno – biotehnološki fakultet
Zavod za prehrambeno – tehnološko inženjerstvo
Kabinet za tehnološko projektiranje

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

ELABORAT TEHNIČKO – TEHNOLOŠKOG RJEŠENJA POGONA MLJEKARE

Natalija Kuljak, 1360/PI

Sažetak: *Republika Hrvatska značajno zaostaje za članicama Europske unije u mnogim sektorima pa tako i u mljekarskom. Mljekarstvo u Hrvatskoj nalazi se u izrazito nepovoljnom položaju što rezultira povećanim uvozom mlijeka i mliječnih proizvoda iz drugih država. Budući da je potražnja za mlijekom i mliječnim proizvodima domaćih proizvođača sve izraženija, Ministarstvo poljoprivrede odlučilo je pomoći u financiranju projekata izgradnje, opremanja ili obnove mini mljekara čime će se povećati kapaciteti za proizvodnju i preradu mlijeka i pomoći razvoju lokalne sredine te povećati broj radnih mjesta. Ovim radom izrađen je Elaborat tehničko – tehnološkog rješenja pogona za preradu mlijeka i proizvodnju mliječnih proizvoda. Na temelju projektnog zadatka odabrana je adekvatna lokacija za izgradnju proizvodnog pogona, opisani su tehnološki procesi proizvodnje s blok shemama, izračunate bilance te navedeni potrebni uređaji i oprema. Osim navedenog, elaborat sadrži i tlocrtni prikaz planiranog proizvodnog pogona.*

Ključne riječi: elaborat tehničko – tehnološkog rješenja, proizvodni pogon, mlijeko, mliječni proizvodi

Rad sadrži: 71 stranicu, 13 slika, 22 tablice, 62 literaturna navoda, 2 priloga

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. Sandra Balbino

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. doc. dr. sc. Irena Barukčić
2. prof. dr. sc. Sandra Balbino
3. prof. dr. sc. Sanja Vidaček Filipić
4. prof. dr. sc. Rajka Božanić (zamjena)

Datum obrane: 23. rujna 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Engineering
Section for Food Plant Design

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

ELABORATE OF TECHNICAL-TECHNOLOGICAL SOLUTION OF DAIRY PLANT

Natalija Kuljak 1360/PI

Abstract: *The Republic of Croatia significantly lags behind the members of the European Union in many sectors, including the dairy sector. Dairy farming in Croatia is in an extremely unfavorable position which results in increased import of milk and dairy products. As the demand for domestic milk and dairy products is growing the Ministry of Agriculture has put forth motions to help finance projects for building, equipping and renovation of mini dairies. By developing these mini dairies, the government hopes to increase the capacity of milk processing and production while advancing local development and job opportunities. The study presents the technical and technological solution of the plant for milk processing and production of dairy products. Based on the project task, an adequate location for the construction of the production plant was selected, technological production processes with block diagrams were described, calculated balance sheets and the necessary devices and equipment were listed. In addition to the above, the study also contains a floor plan of the planned production plant.*

Keywords: *elaborate of technical – technological solution, production plant, milk, milk products*

Thesis contains: 71 pages, 13 figures, 22 tables, 62 references, 2 supplements

Original in: Croatian

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

Mentor: PhD. Sandra Balbino, Full professor

Reviewers:

1. PhD. Irena Barukčić, Assistant professor
2. PhD. Sandra Balbino, Full professor
3. PhD. Sanja Vidaček Filipović, Full professor
4. PhD. Rajka Božanić, Full professor (substitute)

Thesis defended: 23 September 2021

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. TEHNOLOŠKO PROJEKTIRANJE.....	3
2.2. FAZE TEHNOLOŠKOG PROJEKTIRANJA.....	5
2.2.1. Poduzetnička ideja.....	5
2.2.2. Projektni zadatak	5
2.2.3. Prethodno istraživanje	6
2.2.4. Studija izvedivosti	6
2.2.5. Glavni projekt.....	7
2.2.6. Izvedbeni projekt.....	8
2.3. PRAVNI ASPEKTI PROJEKTIRANJA POGONA	8
2.3.1. Zakon o gradnji (NN 153/13)	9
2.3.2. Zakon o hrani (NN 81/13)	10
2.3.3. Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 81/13).....	10
2.4. EKONOMSKI ASPEKTI PROJEKTIRANJA POGONA	11
2.4.1. Kapitalni trošak	11
2.4.2. Operativni troškovi.....	12
2.5. PROJEKTIRANJE U MLJEKARSKOJ INDUSTRIJI	12
2.6. OPIS SIROVINA.....	14
2.6.1. Sirovo mlijeko	14
2.6.2. Mikrobne kulture.....	16
2.6.3. Mlijeko u prahu	17
2.7. OPIS GOTOVIH PROIZVODA	18
2.7.1. Toplinski obrađeno mlijeko.....	18
2.7.2. Jogurt i kiselo vrhnje	18
2.7.3. Maslac i mliječni namaz.....	19
2.7.4. Svježi sir i sirutka	19
3. EKSPERIMENTALNI DIO	21
3.1. PROJEKTNi ZADATAK.....	21
3.2. ANALIZA MAKROLOKACIJE.....	22
3.3. ANALIZA MIKROLOKACIJE	24
3.4. ANALIZA SIROVINA.....	26
3.4.1. Sirovo mlijeko	26
3.4.2. Starter kulture	28
3.4.3. Mlijeko u prahu	29
3.5. ANALIZA GOTOVIH PROIZVODA	30
3.5.1. Toplinski obrađeno mlijeko.....	30

3.5.2. Fermentirani mliječni proizvodi	31
3.5.3. Maslac	34
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	35
4.1. BLOK SCHEME PROIZVODNJE.....	35
4.2. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA	38
4.2.1. Prijem i kontrola ulazne sirovine	38
4.2.2. Mehanička obrada mlijeka	39
4.2.3. Postupci toplinske obrade mlijeka.....	41
4.2.4. Proizvodnja konzumnog mlijeka	43
4.2.5. Proizvodnja fermentiranih mliječnih proizvoda.....	44
4.2.6. Proizvodnja maslaca	46
4.3. POSTUPANJE S AMBALAŽOM I SIRNIM KRPAMA	47
4.4. POSTUPANJE S OSTALOM SIROVINOM I DODACIMA.....	48
4.5. TEHNOLOŠKI UREĐAJI I OPREMA.....	48
4.6. MATERIJALNA BILANCA.....	54
4.6.1. Proizvodnja pasteriziranog mlijeka s 3,2 % m.m.	54
4.6.2. Proizvodnja pasteriziranog mlijeka s 2,8 % m.m.	54
4.6.3. Proizvodnja pasteriziranog mlijeka s 0,9 % m.m.	54
4.6.4. Proizvodnja čvrstog i tekućeg jogurta s 2,8 % m.m.	55
4.6.5. Proizvodnja kiselog vrhnja, maslaca i mliječnog namaza	55
4.6.6. Proizvodnja svježeg posnog sira i konzumne sirutke	56
4.6.7. Ambalaža.....	58
4.6.8. Količina ulaznih sirovina i izlaznih proizvoda	59
4.6.9. Logistički podaci i kapacitet skladišta	60
4.7. ENERGETSKA BILANCA	61
4.8. TEHNOLOŠKI PARAMETRI PROSTORIJA	62
4.9. POTREBNA RADNA SNAGA	63
4.10. TLOCRT MLJEKARE	64
4.11. SITUACIJSKI PLAN	65
5. ZAKLJUČAK.....	66
6. LITERATURA	67
7. PRILOZI	
Prilog 1. Tlocrt mljekare 1:100	
Prilog 2. Situacijski plan 1:250	

1. UVOD

Proizvodnja i prerada mlijeka na području Republike Hrvatske izrazito se mijenjala proteklih godina. U samim počecima imala je isključivo prirodni karakter jer su se mlijeko i mliječni proizvodi većinom koristili u domaćinstvima proizvođača u ljekovite svrhe. Početkom 19. stoljeća javlja se rast privatnih i zadružnih mljekara i počinju se prerađivati veće količine mlijeka (Markeš, 1980). Kao i u većini početaka, takve mljekare imale su mnogo nedostataka i bile su veoma slabo tehnički opremljene i s malim brojem radne snage. Početkom 50 – tih godina prošlog stoljeća, UNICEF je potaknuo izgradnju novih i suvremenijih pogona za obradu i preradu mlijeka što je pozitivno utjecalo na razvoj mljekarske industrije koja se s godinama sve više razvijala (Markeš, 1980). Kao rezultat toga, u Republici Hrvatskoj otvoreno je prvih pet mljekara smještenih u Zagrebu, Osijeku, Županji, Rijeci i Splitu (Lukač – Havranek, 1994).

Uzimajući u obzir trenutno stanje, prema statistikama Državnog zavoda za statistiku, Republika Hrvatska po razvijenosti gospodarstva i proizvodnje mlijeka i dalje značajno zaostaje za članicama Europske unije na što su utjecale posljedice nastale tijekom i nakon Domovinskog rata. Posljednjih desetak godina mljekarski sektor u Republici Hrvatskoj doživio je značajne promjene koje uključuju smanjenje broja proizvođača mlijeka uz istovremeno povećanje proizvodnje kao i kvalitete proizvedenog mlijeka (Vrbančić i sur., 2018). Međutim, struktura prerade i distribucije prehrambenih proizvoda u Hrvatskoj i dalje je nepovoljna u odnosu na razvijene europske države. Hrvatska mljekarska industrija podijeljena je u veće i manje industrijske pogone te u male prehrambene kapacitete.

Posljednji podaci Državnog zavoda za statistiku o proizvodnji mlijeka i mliječnih proizvoda u Republici Hrvatskoj odnose se na 2019. godinu. Ukupna količina kravljeg mlijeka prikupljenog 2019. godine smanjena je oko 4 % u odnosu na godinu prije, odnosno prikupljeno je oko 18000 tona mlijeka manje. Količine uvezenog mlijeka povećane su za 5 %, a količina uvezenog vrhnja manja je za 30 %. Uspoređujući 2018. te 2019. godinu, povećana je proizvodnja konzumnog mlijeka (1,7 %), vrhnja (10,5 %), maslaca (21,6 %) i sira (8,5 %), no smanjena je proizvodnja fermentiranih mliječnih proizvoda (1,4 %) (DZS, 2020). Podaci o godišnjoj preradi mlijeka i proizvodnji mliječnih proizvoda preuzimaju se od Hrvatske poljoprivredne agencije – Središnjeg laboratorija za kontrolu mlijeka (SLKM). U Republici Hrvatskoj djeluje oko četrdesetak mljekara za koje SLKM analizira otkupljeno mlijeko. Tu su obuhvaćene industrijske i registrirane mini mljekare, a od 2010. godine i poljoprivredna gospodarstva te mini sirane (DZS, 2020).

Na policama trgovačkih lanaca polovica mliječnih proizvoda je uvozna, što je rezultiralo snažnim padom otkupne cijene mlijeka i uzrokovalo bankrot mnogih hrvatskih farmera. Većina kupaca, odnosno potrošača ima nepovoljno mišljenje prema velikim proizvođačima i uvoznom mlijeku te je prisutna sve veća potražnja za mlijekom i mliječnim proizvodima proizvedenim od domaćih sirovina. Uzeći to u obzir, posljednjih godina javlja se trend otvaranja manjih mljekara koje otkupljuju sirovinu od hrvatskih malih farmera. Na području sjeverozapadne Hrvatske smještene su tri takve mljekare. Mini mljekara Veronika smještena je na krajnjem sjeverozapadu Hrvatskog zagorja i dnevno preradi oko 20 000 litara mlijeka (Mini mljekara Veronika, 2018). Njoj slična mljekara Euro-milk nalazi se na granici Zagorja i Prigorja s dnevnom preradom od 20 000 do 30 000 litara mlijeka (EURO – MILK, 2020). Posljednja takva mljekara jest Ludbreška mljekara „Antun Bohnec“ koja se nalazi u Varaždinskoj županiji i dnevno preradi oko 25 000 litara mlijeka (Ludbreška mljekara „ANTUN BOHNEC“, 2013).

Unatoč pogodnim uvjetima koje Republika Hrvatska posjeduje, prerada mlijeka te proizvodnja mliječnih proizvoda i dalje ne doseže poželjnu razinu. Dugoročne ciljeve u proizvodnji mlijeka potrebno je usmjeriti prema boljem iskorištenju postojećih kapaciteta kako bi se ostvarila proizvodnja dostatna domaćeg tržišta. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske odlučilo je 2019. godine pomoći razvoju lokalne sredine kroz otkup mlijeka i preradu u lokalne tradicijske proizvode čime bi se potaknulo i povećanje radnih mjesta (APPRRR, 2019). Iste godine potpisano je 10 ugovora za financiranje projekata izgradnje, opremanja ili obnove mini mljekara koji su financirani s 18,7 milijuna kuna iz Programa ruralnog razvoja. Intenzitet potpore iznosi 50 % ukupnih troškova projekta (APPRRR, 2019).

Sukladno tome da je potreba za mljekarama ovog tipa prepoznata i poželjna od strane potrošača, ali i strane Ministarstva poljoprivrede, očekuje se porast izgradnje ovakvih objekata. Cilj ovog rada je izrada tehničko – tehnološkog projekta manje mljekare koja će biti unutar zakonskih i higijenskih normi, omogućiti zapošljavanje dostatnog broja radnika te u konačnici zadovoljiti potrebe i želje potrošača.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. TEHNOLOŠKO PROJEKTIRANJE

Prehrambena industrija razvijala se tijekom godina od malih, specijaliziranih tvornica hrane do velikih prerađivača, zasnivajući se uglavnom na empirijskom iskustvu i načelima temeljnih znanosti kemije i mikrobiologije (Maroulis i Saravacos, 2003). Svaki novi projekt popraćen je početnom neizvjesnošću, a prisutno je i više vrsta rizika (vremenski, financijski, tehnički, ekološki), osobito ukoliko je riječ o složenim tehnološkim procesima (Šef i Olujić, 1988).

Projektiranje proizvodnog pogona prehrambene industrije uključuje sve korake njegovog nastanka krenuvši od početne zamisli i odabira tehnološkog procesa pa sve do realizacije projekta i puštanja u pogon (Balbino, 2015). Svaki korak mora biti opisan i elaboriran, datumski određen i odobren. Shodno tome, proces projektiranja sadrži vrlo velik broj dokumenata, formulara i nacрта (Berk, 2018). Pojam projektiranje postrojenja uključuje sve inženjerske aspekte koji se odnose na konstrukciju novog pogona za proizvodnju, odnosno procesiranje hrane ili na proširenje i poboljšanje već postojećeg proizvodnog pogona (Perić, 2014; Peters i sur., 2003). Preduvjet je za kvalitetnu ugradnju i ispravno funkcioniranje opreme, maksimalnu iskoristivost prostora te jednostavno upravljanje procesima rada. Tijekom projektiranja potrebno je uzeti u obzir aspekte dizajna prehrambenih postrojenja i ekonomije prehrambenog procesa kako bi se dobila bolja slika cijelog postrojenja za preradu hrane (Maroulis i Saravacos, 2003). Radi učinkovitije kontrole procesa poželjan je kontinuirani način rada, posebno u velikim pogonima. Prehrambeno postrojenje sastoji se od procesnog sustava za proizvodnju hrane te pomoćnog sustava. Navedeni sustavi omogućuju proizvodnu funkciju i najčešće se smještaju u odvojene zgrade ili dijelove zgrade pri čemu je potrebno osigurati adekvatne radne uvjete među kojima su najvažniji higijena, sigurnost i funkcionalnost.

Dizajn postrojenja prehrambene industrije uvelike se razlikuje od dizajna ostalih industrijskih pogona, a razlike se odnose na:

1. Sirovine i gotovi proizvodi prehrambene industrije zahtjevni su biološki materijali koji ograničavaju postupke prerade pa se sirovine u mnogim prehrambenim industrijama mogu skladištiti samo određeno vrijeme.
2. Velika količina osjetljivih sirovina mora se preraditi u najkraćem moguće razdoblje, a oprema mora biti sposobna izdržati nagle ekstreme uvjete prerade.

3. Izuzetno su važni higijenski uvjeti u samom postrojenju, ali i u komunikaciji osoblja tijekom prerade/procesiranja hrane.
4. U mnogim slučajevima prerade sirovine govorimo o sezonskoj preradi, a zaposleno osoblje čine sezonski i nekvalificirani radnici.
5. Budući da je većina sezonskih sirovina lako kvarljiva, potrebno je u kratkom vremenskom periodu osigurati dovoljno sredstava za njihovu kupovinu i preradu (Maroulis i Saravacos, 2003).

U nekim slučajevima potrebna je detaljna procjena postojeće operacije prije nego što se preuzmu bilo kakve obveze, a usvojena rješenja treba uvesti u pogon na što lakši način i bez narušavanja postojećeg rada. U svim vrstama dizajna prehrambenih postrojenja, glavni je cilj postizanje najboljeg mogućeg rezultata uzeći u obzir zahtjeve kvalitete, visoku produktivnost i nisku cijenu. Neki tipični zahtjevi za postupke i opremu za preradu hrane odnose se na:

1. Stopu proizvodnje – brzina prerade treba biti što veća kako bi se smanjila opasnost od kontaminacija i infekcija te spriječila degradacija kvalitete.
2. Temperaturu – kako bi se spriječili gubici kvalitete u većini slučajeva potrebna je najmanja moguća razina topline. Međutim, u hladnim lancima (hladnjače) potrebna je najviša moguća razina topline kako bi se snizila potrošnja energije.
3. Higijenu - higijenski (sanitarni) uvjeti moraju obuhvaćati cjelokupnu proizvodnju, od sirovine do gotovog proizvoda, uključujući procese prerade, opremu, zgrade i radno osoblje (Maroulis i Saravacos, 2003).

Procjena troškova u pogonima za preradu hrane empirijska je i manje precizna nego u kemijskoj prerađivačkoj industriji, a raspodjela troškova ovisi o veličini i kapacitetu određenog pogona. Trošak izgradnje zgrade može biti i do 50 % veći u odnosu na potreban novac za opremu za proizvodnju hrane (Lopez-Gomez i Barbosa-Canovas, 2005). Osim ekonomičnosti proizvodnje, postoje i određeni tehnološki problemi za koje je zadužen prehrambeni inženjer. Njegovi zadaci vezani su uz tehničko upravljanje proizvodnjom, projektiranje sustava proizvodnje, projektiranje prehrambenih tvornica, istraživanje i razvoj procesa i proizvoda te upravljanje distribucijom proizvoda prema potrošaču. Osim toga, njegova je zadaća pronaći objektivno i najefikasnije rješenje koje zadovoljava zahtjeve investitora, potrebe pogona, ali i zakonsku regulativu. Cilj projektnog inženjera jest razvitak, sintetiziranje te optimiziranje procesa ovisno o resursima i problemima u svakom zasebnom slučaju uzimajući u obzir alternativne tehnike i odgovarajuće metode procjenjivanja efikasnosti (Lopez-Gomez i

Barbosa-Canovas, 2005). Osim prehrambenih inženjera, potrebno je znanje, iskustvo i uspješna suradnja drugih stručnjaka iz različitih područja (Balbino, 2015).

2.2. FAZE TEHNOLOŠKOG PROJEKTIRANJA

Da bi se osigurala proizvodnja sigurnog, nutritivno vrijednog i senzorski prihvatljivog proizvoda, potrebno je proći kroz nekoliko faza tehnološkog projektiranja:

- a) poduzetnička ideja,
- b) projektni zadatak,
- c) prethodno istraživanje,
- d) izrada projekta – glavni i izvedbeni,
- e) izgradnja,
- f) puštanje u pogon (Balbino, 2015; Maroullis i Saravacos, 2003).

2.2.1. Poduzetnička ideja

Poduzetnička ideja prvi je korak u provedbi bilo kojeg poslovnog projekta i predstavlja osnovnu misao o ponudi konkretnih materijalnih proizvoda, odnosno usluga koje moraju biti u skladu s potrebama potrošača radi ostvarenja dobiti. Može se odnositi na poznatu ideju koju možemo prilagoditi određenim okolnostima s ciljem ostvarenja jeftinije i kvalitetnije proizvodnje, ali može biti i inovacija što podrazumijeva novi proizvod ili proces (Balbino, 2015; Perić, 2014).

2.2.2. Projektni zadatak

Projektni zadatak predstavlja primarni dokument projekta budućeg sustava i može sadržavati tehnološke, ekonomske, pravne i vremenske zahtjeve. Ideju i potrebe projekta definira sam investitor ili uz pomoć stručnjaka projektanta, a početni korak je opisivanje dosadašnjeg stanja te novih potreba ili mogućnosti (Balbino, 2015). Ovisno o opsegu, projektni poslovi podrazumijevaju zadatke: racionalizacije, rekonstrukcije, povećanja kapaciteta i izgradnje novog industrijskog objekta (Perić, 2014).

Racionalizacija se odnosi na zadržavanje postojećih uređaja i strojeva u tehnološkom procesu uz promjenu njihova rasporeda kako bi se poboljšao rad postrojenja. Njezina svrha jest ostvarenje većeg radnog učinka, ušteda resursa te ušteda radne snage.

Rekonstrukcija je mijenjanje namjena ili upotrebljivosti objekta radi prilagodbe modernim uvjetima proizvodnje, a uređaji se mijenjaju samo ako su dalje neupotrebljivi, odnosno istrošeni. Rekonstrukcijom se postiže bolje iskorištenje kapaciteta i sirovina te se povisuje kvaliteta proizvoda, a smanjuje se potrošnja energenata i potrebna radna snaga.

Povećanje kapaciteta moguće je uvođenjem usporednih linija proizvodnje, odnosno ugrađivanjem modernije opreme većeg obujma ukoliko za to postoji mogućnost. Strojevi se postavljaju na određena mjesta, to jest „uska grla“ postojeće linije.

Izgradnja novog industrijskog objekta uvodi neistražene metode kupovanjem licenci, usvaja ranije poznate metode ili se zasniva na uvođenju novih proizvoda ili metoda (Balbino, 2015).

2.2.3. Prethodno istraživanje

Prethodno istraživanje temelji se na proučavanju obilježja sirovina i gotovih prehrambenih proizvoda ili različitih postupaka proizvodnje prehrambenih proizvoda prikupljanjem podataka iz literature ili eksperimentalno u laboratoriju (Balbino, 2015). Na osnovu prethodnog istraživanja uspoređuju se konceptualna rješenja i odabire se optimalno tehnološko i ekonomsko rješenje (Lopez-Gomez i Barbosa-Canovas, 2005). Osim istraživanja sirovina, proizvoda i alternativa u prehrambenoj tehnologiji i inženjerstvu, analizira se tržište proizvodnje i utjecaj različitih procesa na kvalitetu proizvoda, bilancu mase i energije te vrste i količine nusproizvoda i otpada.

2.2.4. Studija izvedivosti

Studija izvedivosti predstavlja nadograđeni tehnološki projekt s ekonomskom analizom, a argumentira isplativost i izvodljivost investicijskog projekta. Za izradu studije izvedivosti zaduženi su ekonomisti koji se, ukoliko investitor nije financijski sposoban za realizaciju projekta, obraćaju financijskim institucijama kako bi uložile vlastita sredstva. Poslovni plan, koji se izrađuje za investicije do 300 000 kn, i investicijski program, koji se izrađuje za

investicije veće od 300 000 kn, osnovni su spisi za prikaz podataka o budućem poslovanju i donošenju odluke o pristupanju realizaciji ideje. Studije izvedivosti sadrže: podatke o poduzetniku i poduzetničkoj ideji, opis lokacije, sirovina, proizvoda i tehnološkog procesa, analizu tržišta nabave i prodaje, ekonomsku analizu projekta, proračun dobiti, gubitaka i razdoblja povrata investicijskog ulaganja (Balbino, 2015).

2.2.5. Glavni projekt

Glavni projekt definiran je Zakonom o gradnji (NN 153/13), a predstavlja skup međusobno kompatibilnih projekata za prikaz tehničkog rješenja građevine i dokaz o ispunjavanju osnovnih te drugih propisanih i definiranih zahtjeva i uvjeta. Glavni projekt izrađuje se u svrhu potvrđivanja glavnog projekta te dobivanja građevinske dozvole i predstavlja temelj za izradu dokumentacije za nadmetanje te izvedbenog projekta. Prema Zakonu o gradnji (NN 153/13), projekti se razvrstavaju na arhitektonski, građevinski, elektrotehnički i strojarski projekt. Osim toga, zakonom (NN 153/13) je propisano da izradi glavnog projekta prethodi izrada:

- a) krajobraznog elaborata,
- b) geomehaničkog elaborata,
- c) prometnog elaborata,
- d) elaborata tehničko – tehnološkog rješenja,
- e) elaborata zaštite od požara,
- f) elaborata zaštite na radu,
- g) elaborata zaštite od buke,
- h) konzervatorskog elaborata (Zakon o gradnji, 2013).

Tehnološki projekt prikazuje temeljni projekt bez kojeg nije moguće projektirati postrojenje niti izgraditi industrijski objekt prehrambene industrije te iz njega proizlaze svi ostali projekti. Izrađuje se sa svrhom ocjenjivanja utjecaja zahvata na okoliš, izdavanja građevinske dozvole, odnosno Elaborata tehničko – tehnološkog rješenja, te prijave za financiranje projekata. Tehnološki projekt obuhvaća projektni zadatak, opis tehnološkog procesa te nacрте koji uključuju tlocrt prostorija i glavne opreme u objektu, a izrađuju se u mjerilu 1:50, 1:100 i 1:200 (Balbino, 2015).

2.2.6. Izvedbeni projekt

Izvedbeni projekt izrađen je u skladu s glavnim projektom te se na osnovu njega gradi projektirana građevina i određuje se koncepcija postrojenja ili uređaja nakon određivanja dobavljača opreme i izvođača radova (Balbino, 2015). Ovisno o uvjetima i postupcima gradnje, izvedbeni projekt može sadržavati opširnu razradu koncepta provjere i osiguranja kvalitete (Zakon o gradnji, 2013).

2.3. PRAVNI ASPEKTI PROJEKTIRANJA POGONA

Objekti prehrambene industrije moraju zadovoljiti zakonodavstvo Republike Hrvatske, a najvažniji zakonski propisi koji definiraju gradnju prehrambenih objekata su:

- I. Zakon o gradnji (NN 153/13),
- II. Zakon o hrani (NN 81/13),
- III. Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 81/13).

Osim glavnih zakonskih propisa, izuzetno su bitni i specifični zakonski propisi koji obuhvaćaju osnovna pravila za subjekte u poslovanju s hranom te uvode procedure temeljene na principima HACCP-a, dobre higijenske prakse (GHP) i dobre proizvođačke prakse (GMP), a to su:

- I. Uredba (EZ) br. 852/2004 o higijeni hrane,
- II. Uredba (EZ) br. 853/2004 o utvrđivanju određenih higijenskih pravila za hranu životinjskog podrijetla,
- III. Pravilnik o registraciji subjekata te registraciji i odobravanju objekata u poslovanju s hranom (NN 84/2015),
- IV. Pravilnik o vođenju Upisnika registriranih i odobrenih objekata te o postupcima registriranja i odobravanja objekata u poslovanju s hranom (NN 125/2008),
- V. Pravilnik o pravilima uspostave sustava i postupaka temeljenih na načelima HACCP sustava (NN 68/2015).

Zakonskim propisima potrebno je utvrditi lokaciju prehrambenog postrojenja i pomoćnih sustava, raspored unutar postrojenja, aspekte sigurnosti rada i higijene te opće aspekte izvedbe građevine (Lopez-Gomez i Barbosa-Canovas, 2005).

2.3.1. Zakon o gradnji (NN 153/13)

Zakonom o gradnji definirano je projektiranje, izgradnja, primjena i održavanje građevina. Osim toga, odnosi se na provedbu upravnih i drugih postupaka radi osiguranja zaštite i opremanja prostora u skladu s propisima kao i osiguranje osnovnih zahtjeva i drugih uvjeta za građevinu (Zakon o gradnji, 2013). U skladu s ovim Zakonom i propisima donesenim na temelju ovoga Zakona, ali i pravilima struke koja nisu uređena ovim Zakonom, izrađuje se glavni projekt. Izradi glavnog projekta prethodi izrada više vrsta elaborata među kojima je i Elaborat tehničko – tehnološkog rješenja kojega izrađuje ovlaštenu (prehrambeni) inženjer i koji predstavlja bazu i daje kvalitativnu i kvantitativnu osnovu sa svim tehničkim podacima koji su potrebni za izradu naknadnih projekata.

Zakon o gradnji (NN 153/13) definira:

1. Opće odredbe – predmet i cilj Zakona,
2. Temeljne zahtjeve za građevinu,
3. Energetsku učinkovitost u zgradarstvu,
4. Sudionike u gradnji,
5. Projekte,
6. Tijela nadležna za izdavanje građevinske i uporabne dozvole,
7. Građenje građevine – građevinska dozvola,
8. Uporabu, evidentiranje, održavanje i uklanjanje građevina,
9. Nadzor,
10. Prekršajne odredbe,
11. Prijelazne i završne odredbe.

Odredbe ovog Zakona koje se odnose na gradnju nove građevine odnose se na rekonstrukciju, održavanje i uklanjanje građevine. Svaka građevina mora ispunjavati temeljne zahtjeve koji se odnose na mehaničku otpornost i održivost, sigurnost u slučaju požara, higijenu, zdravlje i okoliš, sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe, zaštitu od buke, gospodarenje energijom i očuvanje topline te održivost uporabe prirodnih izvora. Osnovni zahtjevi, koji se odnose na svojstva za građevne proizvode, i drugi tehnički zahtjevi vezani uz njih određuju se tehničkim propisima u skladu s pravilima europskog reguliranja tehničkog zakonodavstva.

2.3.2. Zakon o hrani (NN 81/13)

Zakonom o hrani utvrđuju se ovlaštena tijela i njihove zadaće, obveze subjekata u poslovanju s hranom i hranom za životinje te službene kontrole. Osim navedenog, propisuju se upravne mjere i prekršajne odredbe za provedbu:

- Uredbe (EZ) br. 178/2002,
- Uredbe Komisije (EZ) br. 1304/2003,
- Uredbe Komisije (EZ) br. 2230/2004,
- Uredbe Komisije (EU) br. 115/2010,
- Uredbe Komisije (EU) br. 16/2011,
- Provedene uredbe Komisije (EU) br. 931/2011,
- Provedene uredbe Komisije (EU) br. 208/2013,
- Odluke Komisije 2004/478/EZ,
- Uredbe (EZ) br. 1760/2000.

Zakon se implementira na sve korake proizvodnje, prerade i distribucije hrane te hrane za životinje, no ne primjenjuje se za primarnu proizvodnju, pripremu, rukovanje i skladištenje hrane namijenjene individualnoj uporabi u kućanstvu. Subjekti u poslovanju s hranom te hranom za životinje dužni su regulirati svoje poslovanje s uredbama i odlukama Zakona o hrani, propisima donesenim za temelju istoga, propisima Europske unije, nacionalnim zakonima i podzakonskim dokumentima koji služe za uređenje određenih područja politike sigurnosti hrane.

2.3.3. Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 81/13)

Zakonom o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu utvrđuju se mjerodavna tijela i njihove zadaće, obveze subjekata u poslovanju s hranom te službene kontrole, a propisuju se upravne mjere i restrikcije za provedbu:

- Uredbe (EZ) br. 852/2004,
- Uredbe Komisije (EZ) br. 2073/2005,
- Uredbe Komisije (EU) br. 210/2013,
- Uredbe Komisije (EZ) br. 37/2005.

Temeljem ovog Zakona te Pravilnika NN 68/15, zadaće subjekata u poslovanju s hranom su uspostava, provedba i održavanje sustava i postupaka baziranih na načelima HACCP sustava. Osim toga, dužni su provoditi provjere prema mikrobiološkim kriterijima kao i obvezno registrirati svaki objekt u kojem se obavlja djelatnost u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i distribucije hrane. Nadležna tijela za organizaciju formalnih kontrola nad provedbom ovog Zakona i njegovih uredbi te temeljnih propisa su ministarstvo nadležno za poljoprivredu i ministarstvo nadležno za zdravlje, a službene kontrole provode veterinarski, poljoprivredni i sanitarni inspektori.

2.4. EKONOMSKI ASPEKTI PROJEKTIRANJA POGONA

Načela ekonomike procesa primjenjiva su na dizajn prehrambenih procesa i pogona za preradu hrane. Ekonomska analiza temelji se na procjeni kapitalnih i operativnih troškova (Maroulis i Saravacos, 2007) i može se primijeniti na već postojećim postrojenjima ili kod izgradnje novog pogona (Saravacos i Kostaropoulos, 2016). Osim troškova, određuje se profitabilnost prehrambene tvornice koristeći suvremene ekonomske koncepte poput vremenske vrijednosti novca, novčanog toka i amortizacije (Maroulis i Saravacos, 2007).

2.4.1. Kapitalni trošak

Procjena troškova u prehrambenoj industriji razlikuje se od procjena troškova u drugim industrijama. Prehrambeni proizvodi mogu se, ovisno o potražnji, proizvoditi u velikim i malim količinama. Osnovni podaci potrebni prilikom izračuna troškova projekta prehrambenog pogona uključuju materijale, proizvodne postupke prerade, pakiranje i skladištenje. Raspodjela troškova ovisi o veličini i kapacitetu prerađivačkog pogona hrane pri čemu mjesto pogona, odnosno zgrade zauzima 25 %, procesna oprema 40 %, ugradnju opreme 15 %, inženjerstvo 10 % te ostalo 10 % (Maroulis i Saravacos, 2003). Analiza troškova prehrambene tvornice radi se na temelju podataka koje tvornica dobiva od proizvođača opreme i izvođača radova (točnost unutar 5 %) te procjene proizvodnje i proizvodne opreme, troškova prostora za izgradnju tvornice kao i procjene bazirane na prodaji proizvoda (Maroulis i Saravacos, 2003).

2.4.2. Operativni troškovi

Glavni operativni troškovi u preradi hrane su troškovi sirovina i ambalažnog materijala, koji u prosjeku iznose 60 – 70 % ukupnih troškova, a ostali značajni troškovi su rad, energija i amortizacija opreme. Ostale komponente novčanog toka su prodaja i distribucija, marketing, administracija, porezi i osiguranje (Maroulis i Saravacos, 2003). Detaljna procjena troškova postrojenja temelji se na cijeni glavne prerađivačke opreme, a konačni utvrđeni trošak prehrambene tvornice prosječno je 2 puta veći od troška opreme za procesiranje (Bartholomai, 1987).

2.5. PROJEKTIRANJE U MLJEKARSKOJ INDUSTRIJI

Projektiranje mljekarskog objekta poprilično je zahtjevan posao te je potrebna prisutnost mnogih stručnjaka različitih područja znanosti poput tehnologa, strojara, građevinara, arhitekta ili ekonomista (Patel i Bhadania, 2016). Budući da je mlijeko kvarljive prirode i kratkog roka trajanja, mljekarska industrija mora osigurati njegovu preradu u što kraćem vremenskom roku. Shodno tome, mlijeko i mliječni proizvodi nameću određene zahtjeve koji nisu karakteristični za ostale industrije.

Postrojenja za preradu mlijeka mogu se podijeliti u dvije kategorije:

- a) Postrojenja za preradu tekućeg mlijeka,
- b) Postrojenja za proizvodnju mliječnih proizvoda poput sira, maslaca, mlijeka u prahu ili smrznutih proizvoda (Patel i Bhadania, 2016).

Prije nego što se planiranje razvije do faze gradnje, potrebno je detaljno proučiti nekoliko važnih parametara kako bi se radna snaga najbolje iskoristila, a proizvodni troškovi sveli na minimum te u konačnici dobili visoko kvalitetni proizvodi. Najvažniji parametri na koje je potrebno obratiti pažnju kod projektiranja i gradnje mljekarskog objekta su:

- Lokacija mljekare – odabir lokacije važan je korak koji utječe na profitabilnost mljekare i početnu kvalitetu mlijeka. Pri odabiru mjesta za novo postrojenje, vlasnik ne mora samo ispitati osnovne karakteristike proizvoda i njegovih sirovina, već i ostale elemente njegove proizvodnje poput drugih postrojenja, distribucijskih centara, istraživačkih centara, sjedišta poduzeća i podrške dobavljačima (Clark, 2005). Također, o lokaciji pogona za preradu hrane odlučuje se na temelju dostupnosti sirovina i radne snage,

pristupu komunalnim postrojenjima (voda, energija), transportnih sustava, regulatornih zahtjeva te mjestu potrošnje hrane (Maroulis i Saravacos, 2007).

- Visoka cijena sirovine – u mljekarskoj industriji cijena sirovine čini veliki dio u odnosu na cijenu gotovog proizvoda što je najviše vidljivo kod sireva gdje cijena sirovine čini 70 – 75 % cijene gotovog proizvoda. Drugi primjer je konzumno mlijeko gdje cijena sirovine iznosi 65 – 70 % cijene gotovog proizvoda, dok je kod sladoleda i jogurta odnos znatno povoljniji (Petričić, 1966). Sukladno tome, dobit koju određena mljekara može ostvariti jest ograničena pa je izrazito bitno brinuti o troškovima koji se mogu regulirati pravilnim projektiranjem prostorija, izborom opreme i tehnološkog procesa te korištenja radne snage.
- Organizacija prikupljanja i prijema sirovog mlijeka – prikupljanje mlijeka vrši se jednom ili dvaput dnevno ovisno o količini i vremenskim prilikama. Tijekom toplijih godišnjih doba te kod pomanjkanja rashladnih uređaja neophodno je organizirati višekratno prikupljanje mlijeka, najčešće ujutro i navečer. Nakon sakupljanja, mlijeko mora u što kraćem roku biti dostavljeno u mljekaru čime se izbjegava njegovo kvarenje (Patel i Bhadania, 2016). Slijedom toga, izuzetno je važno organizirati dovoljan broj kamiona za transport i cisterna za mlijeko te osigurati dovoljno veliku prostoriju za prijem mlijeka (Petričić, 1966).
- Laka kvarljivost proizvoda – u mlijeku su prisutni brojni mikroorganizmi koji se vrlo brzo razmnožavaju i utječu na kvarenje mlijeka (Tratnik i Božanić, 2012). Čimbenici koji pridonose kvarenju su primarna mikroflora mlijeka, povoljna temperatura i ostali uvjeti pogodni za rast i razvoj mikroorganizama, ali i vrijeme držanja mlijeka prije hlađenja i obrade (Patel i Bhadania, 2016). Kod projektiranja mljekare potrebno je osigurati suvremene uređaje, higijenske prostorije s prikladnom temperaturom te brzi transport, prijem, hlađenje, obradu i preradu mlijeka u mliječne proizvode (Petričić, 1966).
- Rekontaminacija mlijeka – rekontaminacija mlijeka podrazumijeva ponovno onečišćenje pastereziranog ili steriliziranog mlijeka što čini potencijalnu opasnost za zdravlje korisnika. Neke od mjera kojima je moguće spriječiti rekontaminaciju su: adekvatan izbor te raspored i kvaliteta opreme, precizno vođenje tehnološkog procesa te učestalo i temeljito čišćenje i sterilizacija svih uređaja i prostorija (Petričić, 1966). Kod projektiranja mljekare izrazito je važan raspored prostorija, ali i finalna izrada podova, stropova i zidova. Također je potrebno voditi računa da se osigura odgovarajuća prirodna i umjetna rasvjeta. U mljekarskoj industriji izuzetno je važno odvojiti sirovinu od gotovih

proizvoda te pokušati osigurati da svaka proizvodna jedinica bude dovoljno odvojena čime se smanjuje rizik od kontaminacije i drugih nepoželjnih promjena (Petričić, 1966).

- Varijabilnost otkupa i prometa – promjenjivost otkupa mlijeka ovisi o klimatskim uvjetima, stočarstvu i slabijoj organizaciji, a potražna za mlijekom i mliječnim proizvodima sklona je sezonskim varijacijama. Sukladno tome, projektanti imaju posebne zadatke vezane uz izbor uređaja ovisno o tendencijama promjena kapaciteta, osiguranje dovoljnog prostora za vrijeme najvećeg kapaciteta i izgradnju potrebnog skladišta i hladnjača (Petričić, 1966).

Idealan raspored postrojenja osigurava povećanu produktivnost te dovodi do smanjenja troškova (Naik i Kallurkar, 2016). Međutim, vrlo je teško uspostaviti idealan raspored postrojenja te je potrebno dugotrajno razmišljanje i planiranje, najčešće više osoba, uzimajući u obzir cjelokupnu proizvodnju i komercijalne aspekte proizvoda.

2.6. OPIS SIROVINA

2.6.1. Sirovo mlijeko

Sirovo mlijeko je prirodni i nepromijenjeni sekret bijelo žućkaste boje izlučen iz mliječne žlijezde ženki sisavaca kojemu ništa nije dodano ili oduzeto i nije termički obrađeno (Tratnik i Božanić, 2012). Mlijeko je biološka tekućina velike nutritivne vrijednosti te se njegov unos smatra pokazateljem kvalitetne i pravilne prehrane (Weaver i sur., 2013). Kravlje mlijeko je najzastupljenije i nutritivno najviše istraženo pa se i najviše koristi u proizvodnji mliječnih proizvoda (Wijesinha-Bettoni i Burlingame, 2013). Sukladno tome i temeljem Pravilnika o mlijeku i mliječnim proizvodima, kravlje mlijeko stavlja u promet pod nazivom mlijeko, a za druge vrste mlijeka potrebno je naznačiti životinju od koje potječe (Tratnik i Božanić, 2012). Sastav mlijeka je izrazito promjenjiv i ovisi o mnogobrojnim čimbenicima kao što su pasmina i zdravstveno stanje muznih životinja, vrsta prehrane, stadij laktacije, broj mužnji te u konačnici najviše o samom individuumu (Tratnik i Božanić, 2012).

Svi sastojci mlijeka imaju važnu ulogu u prehrani ljudi, no posebno se ističe biološka vrijednost proteina i fiziološka uloga mineralnih tvari (Tratnik i Božanić, 2012). Mliječna mast, proteini i laktoza nastaju u mliječnoj žlijezdi složenim procesima biosinteze, dok je za

mineralne tvari, enzime, vitamine i glikoproteine karakterističan izravan prelazak iz krvi životinje u mliječnu žlijezdu (Weaver i sur., 2013; Tratnik i Božanić, 2012).

Mliječna mast je najpromjenjiviji sastojak mlijeka te uvelike utječe na boju, aromu i teksturu mlijeka i mliječnih proizvoda. U mlijeku se nalazi u obliku složenih masnih globula koje su obavijene membranom ili adsorpcijskim slojem čija je uloga stabilizacija mliječne masti u plazmi (okolna sredina mlijeka) (Antunac i Havranek, 2013; Tratnik i Božanić, 2012). Mliječna mast predstavlja kompleks različitih lipidnih tvari čiji je udio promjenjiv ovisno o stadiju laktacije i vrsti prehrane, a optimalni udio čini 70 % zasićenih i 30 % nezasićenih masnih kiselina (Tratnik i Božanić, 2012). Manje zastupljeni sastojci, no ne i manje važni za hranjivu vrijednost mlijeka, su vitamini topljivi su mastima, sastojci arome, pigmenti, glikoproteini, proteini iz plazme mlijeka, endogeni enzimi, mineralne tvari i vezana voda.

Mlijeko sadrži više od 200 različitih proteina, no dvije glavne vrste proteine čine kazein i proteini sirutke. Kazein je najzastupljeniji i najkompleksniji protein, a u mlijeku se nalazi u obliku micela koje su građene od kazeinskih (α , β , κ) frakcija (Antunac i Havranek, 2013; Tratnik i Božanić, 2012). Karakterizira ga laka koagulacija na više načina čime dolazi do jednostavnog izdvajanja iz mlijeka. Proteini sirutke hidrofilniji su i stabilniji od kazeina te najčešće zaostaju u sirutki. Najveći udio proteina sirutke čine β – laktoglobulin i α – laktalbumin, a manje zastupljeni su albumin krvnog seruma, proteoze – peptoni i imunoglobulini (Tratnik i Božanić, 2012). Proteini mlijeka zaslužni su za građu tkiva, enzima i hormona u organizmu, a ujedno i štite ljudski organizam od raznih uzročnika zaraznih bolesti.

Najveći udio šećera u mlijeku čini mliječni šećer laktoza. Laktoza je disaharid građen od molekule glukoze (α – D – glukoza) i molekule galaktoze (β – D – galaktoze) povezane β – glikozidnom vezom. Iako su glavni izvor laktoze mlijeko i mliječni proizvodi, prisutna je i u drugim prehrambenim proizvodima gdje joj je glavna uloga poboljšanje teksture i okusa (Tonković i sur., 2012). Laktoza povećava energetske vrijednosti mlijeka, lako je probavljiva i sklona je promjenama uslijed djelovanja topline ili određenih mikroorganizama (Tratnik i Božanić, 2012).

Mineralne tvari omogućuju aktivnost raznih enzima i omogućavaju prelazak esencijalnih tvari kroz staničnu membranu (Tratnik i Božanić, 2012). Shodno njihovom udjelu, mineralne tvari dijele se na makroelemente i mikroelemente, a najznačajniji mineral je kalcij koji štiti ljudski organizam od brojnih bolesti. Njegovo iskorištenje ovisi o topljivoj količini kalcija, količini vitamina D i količini fosfora (Tratnik i Božanić, 2012). Omjer kalcij/fosfor u mlijeku

istovjetan je njihovu omjeru u kostima ljudskog organizma što je izuzetno bitno za osobe oboljele od osteoporoze. Suprotno tome, mlijeko nije dobar izvor željeza i magnezija pa njih treba unositi konzumiranjem druge hrane.

U mlijeku se nalaze i vitamini koji se dijele na topljive u mastima (D, E, K, A) i topljive u vodi (B kompleks i C), no gledajući dnevnu količinu koja je nužna ljudskom organizmu može se reći da je mlijeko nije najbolji izvor vitamina topljivih u mastima, a dobar je izvor vitamina topljivih u vodi (Wijesinha-Bettoni i Burlingame, 2013; Tratnik i Božanić, 2012).

2.6.2. Mikrobne kulture

Najstarija i najpoznatija metoda za produljenje roka trajnosti prehrambenih proizvoda je fermentacija uslijed koje dolazi do biokemijskih promjena organskih sastojaka pod djelovanjem enzima mikroorganizama bez prisutnosti kisika (Tratnik i Božanić, 2012). U proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda (jogurt, kiselo vrhnje, kefir, kumis, sir...) karakteristična je mliječno – kisela fermentacija u kojoj se upotrebljavaju različite mikrobne kulture, pojedinačne ili mješovite, što rezultira proizvodnjom više različitih fermentiranih mliječnih proizvoda. Najčešće upotrebljavane mikrobne kulture u proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda su iz rodova *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* i *Streptococcus* (Gregurek i Borović, 1997).

Glavna podjela bazirana je na optimalnoj temperaturi rasta određenih mikroorganizama. Sukladno tome, potrebno je razlikovati:

1. Mezofilne BMK (*Lactococcus* spp. i *Leuconostoc* spp.)
2. Termofilne BMK (*Lactobacillus* spp. i *Streptococcus* spp) (Tratnik i Božanić, 2012).

Ovisno o tipu i soju, optimalna temperatura kod mezofilnih BMK u rasponu je od 20 do 30 °C, dok se termofilne BMK razmnožavaju pri temperaturama između 37 i 45 °C (Tratnik i Božanić, 2012).

U mljekarstvu se primjenjuje više oblika mikrobnih kultura te je potrebno razlikovati tekuće, duboko smrznute koncentrirane i liofilizirane kulture. Za izravno naciepljivanje u mlijeko najčešće se koriste koncentrirane (DVS) kulture, dok se tekuće pripremljene od matične više ne koriste (Tratnik i Božanić, 2012). Smrznute kulture imaju dulje vrijeme aktivacije, no i dalje se koriste (Borović i sur., 1993).

Komercijalne kulture mikroorganizama odabiru se ovisno o karakteristikama željenog proizvoda. Najviše istraživanja provedeno je na jogurtu te je poznato da se za fermentaciju mlijeka tijekom proizvodnje jogurta najčešće koriste bakterije koje međusobno djeluju sinergistički pri čemu jedna drugu stimulira pri rastu. *Lactobacillus delbruecki* subsp. preko određenih aminokiselina stimulira rast *Streptococcus thermophilus*, a laktobacile stimulira mravlja kiselina koju proizvode streptokoki (Tratnik i Božanić, 2012; Gregurek i Borović, 1997).

2.6.3. Mlijeko u prahu

Mlijeko u prahu je proizvod dobiven uklanjanjem vode iz djelomično ili potpuno obranog mlijeka, vrhnja ili njihove smjese. Maseni udio vode u gotovom proizvodu iznosi najviše 5 %. Mali udio vode smanjuje mogućnost kvarenja proizvoda i volumen mlijeka, a povećava ekonomičnost njegova transporta (Tratnik i Božanić, 2012). Karakterističnog je okusa i mirisa, a ovisno o sadržaju pigmenta mliječne masti boja mu varira od bijele do svjetlo žute (Antunac i Mikulec, 2018).

Mlijeko u prahu izuzetno je vrijedan proizvod, a u prehrani ljudi koristi se kao rekonstituirano mlijeko. Posebnu ulogu ima u mljekarskoj industriji gdje se koristi kao dodatak u proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda, sladoleda i topljenih sireva. Velik broj parametara u tehnološkoj proizvodnji mlijeka u prahu kao što je stupanj koncentracije prije sušenja, raspršivost, veličina i zbijenost čestica, sipkost i topljivost u vodi, toplinska osjetljivost te senzorska kvaliteta mlijeka u prahu temelje se na specifičnim propisima i zahtjevima kvalitete prehrambenih proizvoda sukladno obliku i kategoriji proizvoda na čiju se proizvodnju odnosi (Antunac i Mikulec, 2018; Sharma i sur, 2012).

2.7. OPIS GOTOVIH PROIZVODA

2.7.1. Toplinski obrađeno mlijeko

Da bi se osigurala najbolja kvaliteta, ispravnost i sigurnost proizvoda, ali i produžio rok trajanja, mlijeko se konzervira postupcima toplinske obrade čime se uništavaju patogeni i ostali vegetativni mikroorganizmi ili prisutne spore te inaktiviraju enzimi. Postoje različiti načini toplinske obrade, a prema „Milk Hygiene Directive 92/46/EEC i dokumentu VI/57/26/92 četiri su glavna tipa toplinski obrađenog mlijeka: pasterizirano mlijeko, mlijeko grijano do temperature visoke pasterizacije, UHT (ultra high temperature) mlijeko i sterilizirano mlijeko (Kršev, 1995). Prema Uredbi 1308/2013, toplinski obrađeno mlijeko porijeklom od različitih životinja (ovčje, kozje, bivolje), stavlja se na tržište s različitim udjelom mliječne masti i proteina.

Toplinski obrađena mlijeka mogu se podijeliti prema načinu toplinske obrade, udjelu masti ili mogućim dodacima (Tratnik i Božanić, 2012). Ovisno o načinu toplinske obrade razlikujemo pasterizirano mlijeko ($T < 100\text{ °C}$) i sterilizirano mlijeko ($T > 100\text{ °C}$). S obzirom na udjel mliječne masti postoji ekstra punomasno mlijeko, punomasno mlijeko, djelomice obrano mlijeko, obrano mlijeko i toplinski obrađeno mlijeko koje ne pripada navedenim skupinama, ali je namijenjeno konzumaciji ukoliko se točno i čitljivo u % označi udio masti na razini točnosti jednog decimalnog mjesta. Prema dodacima u mlijeku dijeli se na vitaminizirano mlijeko, čokoladno ili aromatizirano mlijeko, voćno mlijeko, želatinozno mlijeko i funkcionalno mlijeko (Tratnik i Božanić, 2012).

2.7.2. Jogurt i kiselo vrhnje

Jogurt je mliječni proizvod dobiven procesom fermentacije mlijeka i dodavanjem odgovarajuće čiste jogurtne kulture koju čine sojevi homofermentativnih vrsta *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* (Tratnik i Baković, 1979). Navedene vrste su termofilne bakterije čija je optimalna temperatura razmnožavanja između 37 i 45 °C i brže proizvode mliječnu kiselinu nego mezofilne bakterije (Tratnik i Božanić, 2012). Ovisno o konzistenciji, jogurte klasificiramo na tekuće, čvrste, pitke, zamrznute i koncentrirane. Osim toga, važno je spomenuti da postoje obični i aromatizirani (obogaćeni) s raznim dodacima (Bijeljac i Sarić, 2003).

Sukladno Uredbi 1308/2013, vrhnje je proizvod dobiven od mlijeka u obliku emulzije tipa ulja u vodi. Vrhnje stavljeno na tržište mora imati minimalno 10 % mliječne masti u suhoj tvari (Uredba 1308/2013).

2.7.3. Maslac i mliječni namaz

Maslac je zlatno žućkasti proizvod dobiven izdvajanjem mliječne masti iz masne faze mlijeka, odnosno vrhnja. Visokoenergetski je proizvod čiji je udio mliječne masti između 80 % i 90 %, udio vode najviše 16 % te udio bezmasne suhe tvari mlijeka maksimalno 2 % (Tratnik i Božanić, 2012). Maslac je proizvod bogat masnim kiselinama kratkog i srednje dugačkog lanca te vitaminima A i E. Oni zajedno imaju snažna antikancerogena svojstva i dobri su za održavanje imunološkog sustava. Lako se oblikuje, mazive je konzistencije i glatke teksture te ugodna okusa.

Proizvodnja maslaca obuhvaća tri faze i može se odvijati s ili bez dodatka soli te boje. Proces proizvodnje maslaca može biti kontinuirani, diskontinuirani ili NIZO proces. Diskontinuirani postupak proizvodnje karakterizira proizvodnja maslaca iz slatkog i iz kiselog vrhnja aglomeracijom masnih globula (bućkanje), dok se u kontinuiranom postupku najčešće koristi slatko vrhnje (Tratnik i Božanić, 2012). U NIZO postupku također se koristi slatko vrhnje, no karakterizira ga dodatak visoke koncentracije permeata mliječne kiseline što uzrokuje smanjenje pH vrijednosti maslaca, bolju stabilnost i trajnost, te aromatske starter kulture koje poboljšavaju senzorska svojstva maslaca (Tratnik i Božanić, 2012; Samar, 2011).

Mliječni namaz je toplinski obrađeni proizvod na bazi maslaca, proizveden od tipiziranog vrhnja uz dodatak drugih mliječnih proizvoda i sastojaka. Karakterizira ga ugodan mliječni okus, bijela do bijelo žućkasta boja te homogena struktura.

2.7.4. Svježi sir i sirutka

Svježi sir je proizvod dobiven mliječno kiselom fermentacijom pomoću bakterija mliječne kiseline uz dodatak male količine sirila radi postizanja bolje čvrstoće sira. Najčešće se proizvodi iz obranog ili djelomično obranog mlijeka, vrhnja, sirutke ili njihovom kombinacijom (Tratnik i Božanić, 2012). Specifične karakteristike svježih sireva su izostanak faze zrenja, blago kiseli okus i velika vlažnost (65 – 85 % vode) (Božanić, 2015).

Podjela svježih sireva može se vršiti prema konzistenciji ili prema udjelu masti u suhoj tvari. Konzistencija sira ovisi o omjeru mliječne kiseline i proteina, a budući da u svježem siru nastaju visoke koncentracije mliječne kiseline dolazi do slabijeg vezanja kalcija za kazein što dovodi do rastresite teksture i lomljive konzistencije (Kirin, 2016). S obzirom na udio masti, svježi sirevi dijele se na razne stupnjeve masnoće, a porastom masnoće dolazi do porasta udjela suhe tvari sira te pada udjela proteina i laktoze (Kirin, 2016).

Sirutka je nusproizvod u tehnološkom procesu proizvodnje sira ili kazeina, a ovisno o načinu koagulacije kazeina razlikuju se kisela i slatka sirutka (Tratnik i Božanić, 2012; Antunac i sur., 2011). Zeleno – žute je boje koja potječe od vitamina B2 (riboflavina) te se zbog odličnih funkcionalnih svojstava proteina koristi se u proizvodnji mliječnih proizvoda na bazi sirutke (Antunac i sur, 2011; Tratnik, 1998).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. PROJEKTNI ZADATAK

Nalaže se izrada Elaborata tehničko – tehnološkog rješenja pogona za preradu mlijeka i proizvodnju mliječnih proizvoda. Elaboratom je potrebno osigurati osnovne i tehničke podatke za izradu ostalih projekata i elaborata potrebnih za ishodaenje svih dozvola za izgradnju objekta te njegovo puštanje u rad.

Elaboratom je predviđeno postrojenje za proizvodnju toplinski obrađenog mlijeka, fermentiranih mliječnih proizvoda i maslaca s kapacitetom prerade oko 15000 L/dan smješteno u samostojećem jednoetažnom objektu. Kapacitet proizvodnje planiran je kroz 250 radnih dana u godini, odnosno 5 dana u tjednu temeljeno na 8 satnom radnom vremenu u dvije smjene, uz povremeni noćni rad u razdoblju povećane proizvodnje.

Elaboratom tehničko – tehnološkog rješenja pogona prikazana su detaljna tehnološka rješenja za svaki planirani proizvod te smještaj linija za proizvodnju, odnosno tehnološka koncepcija pogona za proizvodnju te detaljan tehnološki opis sirovina i planiranih proizvoda. Osim detaljnih opisa, u sklopu projekta potrebno je predvidjeti materijalnu i energetsku bilancu te potreban broj radnika i prikazati popis potrebnih uređaja, dodatne opreme i svih postojećih prostorija. Pored toga, elaborat sadrži blok sheme proizvodnje i tlocrtni prikaz pogona.

U proizvodnom pogonu važno je osigurati optimalan prostor za smještaj svih proizvodnih i neproizvodnih sadržaja. Osim toga, neophodno je voditi računa o rasporedu i veličini prostorija kako bi se izbjegle nepravilnosti ili moguće kontaminacije. U sklopu objekta potrebni su prostor za prihvata i obradu sirovine, prostor za preradu i proizvodnju, prostor za skladištenje sirovine, polugotovih i gotovih proizvoda, ambalaže i pomoćnih materijala te prostor za analize - laboratorij. Uz glavni proizvodni prostor, potrebno je odrediti i adekvatan neproizvodni prostor koji uključuje uredske prostorije, sobu za sastanke, sanitarne čvorove, garderobe i prostor za odmor radnika.

Proizvodni pogon mora biti projektiran sukladno zakonskoj regulativi primjenjivanoj u Republici Hrvatskoj uz poštivanje standarda EU kako bi se osigurala kvalitetna i učinkovita proizvodnja. Sukladno tome, rješenja u tehnološkom projektu trebaju omogućiti proizvodnju shodnu načelima HACCP sustava, dobre proizvođačke i higijenske prakse i ostalih dostupnih standarda.

3.2. ANALIZA MAKROLOKACIJE

Pogon mljekare bit će smješten u prostoru središnje Hrvatske, odnosno u sjeverozapadnom dijelu Republike Hrvatske. Planirana makrolokacija pogona za preradu mlijeka i proizvodnju mliječnih proizvoda jest Krapinsko – zagorska županija. Krapinsko – zagorska županija jedna je od manjih županija (1224,22 km²), no uz Međimursku i Varaždinsku čini najgušće naseljeno područje RH. Županija graniči s Varaždinskom i Zagrebačkom županijom, gradom Zagrebom te Republikom Slovenijom. Županija se sastoji od 7 manjih gradova i 25 općina koje karakteriziraju seoska obilježja.

Govedarstvo je izrazito bitan sektor poljoprivrede u Krapinsko – zagorskoj županiji, ali i okolnim županijama te su zajedno poznate po velikom broju farmi koje se bave uzgojem goveda u svrhu dobivanja mlijeka. Na tom prostoru prevladavaju prirodni uvjeti s relativno blagom klimom i bez ekstremno visokih ljetnih temperatura što uvelike pogoduje uzgoju goveda. Također, Krapinsko – zagorska županija nalazi se na povoljnom geoprometnom položaju i dobro je povezana s ostalim dijelovima Hrvatske što omogućava dostupnost energenata i vode, ali i lakše pronalaženje radne snage.

Tijekom izrade prostorno – planske dokumentacije analizirani su podaci o poljoprivrednom zemljištu te njegovoj mogućoj namjeni. Sukladno spomenutoj dokumentaciji, zemljišta u Krapinsko – zagorskoj županiji mogu se podijeliti na zemljišta pogodna za poljoprivredu, zemljišta ograničena za poljoprivredu te zemljišta s mješovitom namjenom koja se odnose na poljoprivredna i šumska zemljišta s građevinskim područjima naselja. Prostor Krapinsko – zagorske županije označava relativno nerazvijeno tržište te je potrebno potaknuti marketinški način razmišljanja i tržišnog nastupa koji bi potaknuli proizvodnju autohtonih i tradicionalnih proizvoda dobivenih preradom sirovine (mlijeka) s domaćih pašnjaka .

Budući da se na području Krapinsko – zagorske županije nalazi samo jedna mljekara sličnih kapaciteta prerade, izrada ovakvog pogona pogodovala bi domaćim proizvođačima mlijeka, pomogla bi u razvitku ekonomske situacije u županiji te pružila zapošljavanje određenog broja radnika.

Na slikama 1 i 2 prikazan je položaj Krapinsko – zagorske županije te raspored općina i gradova u istoj.



Slika 1. Geografski položaj Krapinsko – zagorske županije (Wikipedija, 2021)



Slika 2. Prostorni razmještaj općina i gradova u Krapinsko – zagorskoj županiji (HGK, 2018)

3.3. ANALIZA MIKROLOKACIJE

Planirana mikrolokacija smještena je u Općini Konjščina. Općina Konjščina nalazi se uz državnu cestu D – 24, odnosno raskrižje cestovnih pravaca Novi Marof – Zabok sa županijskom cestom prema Sv. Ivanu Zelini. Osim toga, smještena je uz željezničku prugu Zagreb – Varaždin pa možemo reći da je izrazito dobro povezana s ostalim jedinicama lokalne i regionalne samouprave.

Općina Konjščina podijeljena je na četiri poduzetničke zone, prikazane na Slici 3: Zona malog gospodarstva Konjščina 1, Poduzetnička zona Mala Lasača, Poduzetnička zona Pešćeno i Poduzetnička zona Jertovec. U svim navedenim zonama, poduzetnici su prilikom izgradnje oslobođeni plaćanja komunalnog doprinosa kao i naknada za priključenje na komunalnu infrastrukturu (vodu i kanalizaciju). Osim toga, tijekom prvih godina poslovanja poduzetnici su oslobođeni i plaćanja poreza na tvrtku i komunalne naknade, a cijene zemljišta kreću se u rasponu od 10 do 70 kn m⁻² (Općina Konjščina, 2021).

Za gradnju pogona mljekare odabrana je Zona malog gospodarstva Konjščina 1. Zona se prostire na 59 000 kvadratnih metara i smještena je u blizini županijske ceste i željezničkog kolodvora. Prostor zone ZMG Konjščina 1 predviđen je za do 15 građevinskih parcela, odnosno 15 tvrtki. U navedenoj zoni trenutno djeluju dvije prehrambene tvrtke: Čakovečki mlinovi d.d. te Z.M.H. Horvat d.o.o. Odabrana katastarska čestica, prikazana na Slici 4, površine je 3892 m² što čini dovoljno prostora za izgradnju manje mljekare uz mogućnost kasnijeg proširenja.



Slika 3. Poduzetničke zone Općine Konjščina (Općina Konjščina, 2021)



Slika 4. Odabrana katastarska čestica, kč.br. 2233 (Katastar, 2021)

3.4. ANALIZA SIROVINA

3.4.1. Sirovo mlijeko

Prema zakonskim propisima, *sirovo mlijeko je prirodni sekret mliječne žlijezde dobiven mužnjom zdravih životinja u kojega ništa nije dodano ili oduzeto i koji nije zagrijavan na temperaturu veću od 40 °C, te se na tržište smije stavljati samo na temelju odredbi posebnog propisa o higijeni hrane životinjskog podrijetla* (Tratnik i Božanić, 2012).

Sukladno Pravilniku o utvrđivanju sastava sirovog mlijeka NN 136/2020, udjeli glavnih sastojaka u sirovom mlijeku moraju biti u sljedećem rasponu:

- a) za kravlje mlijeko - najmanje 3 %, a najviše 5,5 % mliječne masti,
- najmanje 2,5 %, a najviše 4 % bjelančevina;
- b) za ovčje mlijeko - najmanje 3 %, a najviše 12 % mliječne masti,
- najmanje 3,8 %, a najviše 8 % bjelančevina;
- c) za kozje mlijeko - najmanje 2,5 %, a najviše 5 % mliječne masti,
- najmanje 2,5 %, a najviše 4,5 % bjelančevina (Pravilnik, 2020).

Prosječan udio glavnih sastojaka sirovog mlijeka prikazan je u Tablici 1.

Tablica 1. Prosječan kemijski sastav kravljeg mlijeka (Tratnik i Božanić, 2012)

Sastojci mlijeka	Udjel u mlijeku [%]	Udjel u suhoj tvari [%]
Laktoza	4,8	37,5
Mast	3,7	28,9
Proteini	3,4	26,6
Pepeo	0,7	5,5
NPN = neproteinski dušik	0,2	1,5
Suha tvar	12,8	100,0

Temeljem NN 136/2020, uvjeti kojima sirovo (kravlje) mlijeko mora udovoljiti su sljedeći:

- točka leđišta ne smije biti viša od $-0,517\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- gustoća ne smije biti niža od $1,028\text{ g cm}^{-3}$ na temperaturi od $20\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- suha tvar bez masti ne smije biti niža od $8,5\%$,
- kiselinski stupanj mora biti u rasponu od $6,0$ do $6,8\text{ }^{\circ}\text{SH}$, a pH vrijednost od $6,5$ do $6,7$,
- potrebna negativna reakcija na alkoholnu probu s 72% - tnm etilnim alkoholom
- mora potjecati od životinja u laktaciji kojima je prošlo najmanje 8 dana od poroda ili slijedi za najmanje 30 dana,
- mora imati svojstven izgled, boju i miris,
- ne smije sadržavati rezidue ili druge kontaminante u nedopuštenim količinama.

Sirovo mlijeko za daljnju preradu i toplinsku obradu mora biti standardne kvalitete prema broju mikroorganizama te broju somatskih stanica. Sukladno Prilogu II, Članku 17. Pravilnika o utvrđivanju sastava sirovog mlijeka, razvrstavanje mlijeka u razrede prikazano je u Tablici 2.

Tablica 2. Razvrstavanje mlijeka u razrede prema broju mikroorganizama i somatskih stanica (Pravilnik, 2020)

Vrsta mlijeka	Razred	Geometrijski prosjek	
		Mikroorganizmi (u 1 mL)	Somatske stanice (u 1 mL)
Mlijeko	I	$\leq 100\ 000$	$\leq 400\ 000$
	II	$> 100\ 000$	$> 400\ 000$
Ovčje i kozje mlijeko	I	$\leq 1\ 500\ 000$	
	II	$> 1\ 500\ 000$	

Da bi se ostvarila što bolja kvaliteta mlijeka i mliječnih proizvoda bitno je osigurati izuzetnu higijenu mužnje i daljnje rukovanje mlijekom te zatvoren sustav rukovanja mlijekom. Osim toga, mlijeko je potrebno u što kraćem roku iznijeti iz staje te ohladiti, osigurati što kraće hladno skladištenje mlijeka kao i potreban transport. Neophodno je održavati čistoću svih uređaja i opreme te u konačnici u najkraćem roku mlijeko toplinski obraditi i preraditi u željeni proizvod (Tratnik i Božanić, 2012).

3.4.2. Starter kulture

Za provođenje fermentacije u proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda najčešće se koriste mljekarske (starter) kulture koje čine bakterije mliječne kiseline. Mljekarske kulture koje se većinom upotrebljavaju u proizvodnji fermentiranih mlijeka su vrste iz rodova: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* i *Streptococcus* (Gregurek i Borović, 1997).

Za fermentaciju mlijeka tijekom proizvodnje jogurta koristi se tradicionalna kultura sastavljena od sojeva homofermentativnih vrsta *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* koji se koriste kao monokulture ili mješovita „jogurtna kultura“ (Tratnik i Božanić, 2012). Mješovita kultura otpornija je na djelovanje inhibitornih tvari nego monokultura te je razvoj kiseline u mlijeku brži i veći (Tratnik i Božanić, 2012). Sojevi bakterija jogurtne kulture rastu pri različitim temperaturama (Tablica 3), no u proizvodnji jogurta se najčešće koristi dodatak od 2 % mješovite kulture tih bakterija u omjeru 1:1 pri optimalnoj temperaturi od 42 °C (Tratnik i Božanić, 2012; Gregurek i Borović, 1997).

Tablica 3. Svojstva i uloga bakterija mliječne kiseline (Tratnik i Božanić, 2012)

Termofilne bakterije	Optimalni rast	Tip vrenja	Mliječna kiselina	Proteolitička aktivnost	Potiču tvorbu	Sluzave tvari
<i>Streptococcus thermophilus</i>	40 – 45 °C	homofermentativni	0,6 – 1,0 %	+/-	Laktata (L+) + tvari arome	+/-
<i>Lactobacillus delbruecki</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	40 – 50 °C	homofermentativni	1,5 – 2,0 %	+	Laktata (D-) + tvari arome	++

Za fermentaciju vrhnja najčešće se koristi starter kultura koju čine mezofilne bakterije mliječne kiseline: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*. *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* i *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* zaslužni su za proizvodnju kiseline, dok su sojevi *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* i *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* glavni izvori specifične arome i karakterističnog okusa. Količina dodane kulture kreće se u rasponu od 2 do 4 %, a inkubacija traje nekoliko sati na određenoj temperaturi ovisno o proizvođaču opreme i daljnjoj namjeni vrhnja (Šumić, 2008).

U proizvodnji sira može se koristiti monokultura ili mješovita kultura, a osim toga mogu biti potpuno definirane kulture i nedefinirane smjese (Tratnik i Božanić, 2012; Šumić, 2008). U proizvodnji većine sireva primjenjuju se mezofilne kulture u čijem se sastavu nalazi oko 90 % mikroflora odgovorne za tvorbu kiseline i 10 % za tvorbu arome i plina. Najčešće korištene mezofilne kulture pripadaju rodu *Lactococcus* i ponekad *Leuconostoc*, a u slučaju korištenja termofilnih kultura najčešće upotrebljavane su *Streptococcus thermophilus* i različite vrste iz roda *Lactobacillus* (Tratnik i Božanić, 2012; Cogan, 2011).

3.4.3. Mlijeko u prahu

Mlijeko u prahu je proizvod dobiven uklanjanjem vode iz mlijeka, a na tržište se može staviti kao ekstra – masno mlijeko u prahu (> 42 % masti), punomasno mlijeko u prahu (26 – 42 % masti), djelomično obrano mlijeko u prahu (1,5 – 26 % masti) i obrano mlijeko u prahu (< 1,5 % masti) (Tratnik i Božanić, 2012). Sastav punomasnog i obranog mlijeka u prahu te način rekonstitucije prikazan je u Tablici 4.

Određena svojstva i parametri mlijeka u prahu propisani su sljedećim uvjetima (Bijeljac i Sarić, 2003):

- Mlijeko u prahu mora biti bijele boje sa žućkastom nijansom,
- mora imati karakterističan okus i miris, praškastu ili granulastu konzistenciju,
- mora sadržavati minimalno 25 % mliječne masti u SM,
- ne smije sadržavati više od 4 % vode ukoliko je proizvedeno raspršivanjem, odnosno 6 % ukoliko je proizvedeno sušenjem na valjcima,
- kiselost mlijeka rekonstituirano od MUP – a ne smije biti veća od 8,5° SH,
- rastvorivost MUP – a poslije rekonstituiranja ne smije biti manja od 95 % kod proizvodnje raspršivanjem, odnosno 89 % za MUP proizveden na valjcima.

Tablica 4. Sastav obranog i punomasnog MUP – a te način rekonstitucije (Tratnik i Božanić, 2012)

	Punomasno mlijeko	Obrano mlijeko
Voda	3,5 %	4,3 %
Proteini	25,2 %	35,0 %
Mast	26,2 %	0,97 %
Laktoza	38,1 %	51,9 %
Mineralne tvari	7,0 %	7,8 %
rekonstitucija	12,5 g/87,5 g vode	9 g/91 g vode

3.5. ANALIZA GOTOVIH PROIZVODA

3.5.1. Toplinski obrađeno mlijeko

Sirovo mlijeko izlaže se brojnim analizama nakon čega se, ako zadovoljava uvjete propisane Pravilnikom o kakvoći svježeg sirovog mlijeka, razvrstava i kategorizira za daljnju preradu u željeni mliječni proizvod (Tratnik i Božanić, 2012).

Sirovo mlijeko s 3,7 % m.m. prolazi proces obiranja mliječne masti na 0,1 % m.m., a izdvojeno vrhnje računa se prema formuli:

$$[1] m_v = [(M_s - M_t) / (F_v - M_t)] \times M_m$$

$$M_m = \rho \times V$$

m_v – masa vrhnja [kg]

M_m – masa mlijeka [kg]

M_s – udio mliječne masti sirovog mlijeka

M_t – željeni udio mliječne masti mlijeka

F_v – željeni udio mliječne masti vrhnja

m – masa mlijeka

ρ – gustoća mlijeka = 1,028 kg L⁻¹

V – volumen mlijeka (Sabadoš, 1998)

Toplinski obrađeno mlijeko stavljeno na tržište i namijenjeno za prehranu ljudi dijeli se na pasterizirano mlijeko te mlijeko obrađeno ultravisokom temperaturom (UHT) – sterilizirano mlijeko. Glavne vrste pasterizacije uključuju: visoku temperaturu kroz kraće vrijeme (72 °C/15 sek), nisku temperaturu kroz duže vrijeme (63 °C/30 min) i kombinaciju vremena i temperature koja daje jednaki učinak. Kontinuirana sterilizacija mlijeka u protoku, tzv. UHT sterilizacija provodi se pri 135 – 140 °C/nekoliko sekundi (Tratnik i Božanić, 2012).

Ovisno o udjelu mliječne masti, toplinski obrađeno mlijeko proizvodi se i stavlja na tržište prema sljedećoj podjeli:

- punomasno mlijeko s minimalno 3,5 % mliječne masti u suhoj tvari,
- djelomično obrano mlijeko čiji se udio mliječne masti u suhoj tvari kreće od 1,5 % do 3,5 %,

- obrano mlijeko s najviše 1,5 % mliječne masti u suhoj tvari.

Tijekom provođenja toplinske obrade mlijeka moguće su mnoge reverzibilne ili ireverzibilne promjene koje se kategoriziraju ovisno o intenzitetu djelovanja topline i vrsti procesa te načinu provedbe procesa. Navedene promjene odnose se na promjene pH vrijednosti, smanjenje topljivosti mineralnih tvari, promjenu udjela laktoze, denaturaciju proteina sirutke ili interakciju s κ – kazeinom, pojavu okusa po kuhanom, Maillardove reakcije smeđenja mlijeka, modifikaciju kazeina, promjenu strukture micela, smanjenje sposobnosti koagulacije mlijeka, djelomični gubitak hranjive vrijednosti te inaktivaciju većine enzima (Tratnik i Božanić, 2012).

U Tablici 5. prikazan je najveći dopušteni broj bakterija u sirovom i toplinski obrađenom mlijeku propisan ovisno o standardima (Uredba 853/2004) koje je preporučila Europska unija.

Tablica 5. Standard EU-a za maksimalan broj bakterija u mlijeku (Tratnik i Božanić, 2012)

Vrste mlijeka	Broj bakterija (CFU mL⁻¹)
Sirovo mlijeko	100 000 mL ⁻¹
Sirovo mlijeko, čuvano u spremniku više od 36 sati pri 6 °C	300 000 mL ⁻¹
Pasterizirano mlijeko, nakon 5 dana inkubacije pri 6 °C	50 000 mL ⁻¹
Sterilizirano mlijeko (UHT), nakon 15 dana inkubacije pri 30 °C	10/0,1 mL ⁻¹

3.5.2. Fermentirani mliječni proizvodi

Proizvodi dobiveni mliječno – kiselom fermentacijom (npr. jogurt) ili njenom kombinacijom s fermentacijom koju izvode kvasci (npr. kefir) nazivaju se fermentirani mliječni proizvodi. Glavne faze tehnološkog procesa proizvodnje fermentiranih mliječnih proizvoda su jednake bez obzira na vrstu proizvoda, no razlika je vidljiva u količini suhe tvari (ili mliječne masti) korištene sirovine ili vrsti primijenjene kulture (Bijeljac i Sarić, 2003). Fermentirani mliječni proizvodi svrstavaju se u više skupina ovisno o vrsti sirovine (fermentirano mlijeko/stepka), vrsti vrenja (mliječno – kiselo vrenje/alkoholno vrenje), konzistenciji (čvrsti, tekući, pitki, zamrznuti, u prahu) ili dodacima (obični, aromatizirani, voćni, desertni) (Tratnik i Božanić, 2012).

Za proizvodnju jogurta potrebno je mlijeko najviše mikrobiološke kvalitete te jogurtna kultura sastavljena od BMK rodova *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*. Kemijski sastav jogurta većim dijelom jednaki je sastavu mlijeka, odnosno dobar je izvor proteina, vitamina B skupine, niacina, kalcija, fosfora, magnezija i cinka. Prema konzistenciji može biti tekući ili čvrsti. Sadržaj masti kreće se u rasponu od 0 do 10 %, a najčešće je od 0,5 do 3,5 % (Tablica 6). pH vrijednost gotovog jogurta iznosi od 4,2 do 4,5 (Bijeljac i Sarić, 2003).

Tablica 6. Podjela jogurta prema kodeksu FAO/WHO ovisno o sadržaju masti (Bijeljac i Sarić, 2003)

Vrsta jogurta	Sadržaj mliječne masti
Jogurt	min. 3 %
Djelomično obrani jogurt	0,5 – 3 %
Obrani jogurt	max. 0,5 %

Vrhnje se proizvodi obiranjem mlijeka pa se može reći da je ono mlijeko obogaćenom mliječnom mašću. U mljekarama se najčešće proizvode slatko i kiselo pasteurizirano vrhnje, sterilizirano vrhnje te tučeno vrhnje. Kiselo vrhnje karakterizira svijetla boja, blago kiseli okus, specifična aroma te jednolična i viskozna struktura. Tijekom njegove proizvodnje provodi se visoka pasteurizacija pri temperaturi od 75 °C u trajanju od 30 sekundi. Nakon toga dodaje se 3 % do 5 % čiste kulture bakterija mliječne kiseline za vrhnje, proizvođača kiseline i aroma-bakterija (*L. lacis* ssp. *lactis*, *cremoris*, *lactis* biovar. *diacetylactis* – D ili DL tip ili *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *dextranicum* – DL ili L tip). Konačna kiselost proizvoda nakon zrenja iznosi 26° SH ili 28° SH (Bijeljac i Sarić, 2003). Proizvodnja mliječnog namaza ne razlikuje se značajno od proizvodnje kiselog vrhnja, osim što se u proizvodnji mliječnog namaza koristi vrhnje s 35 do 40% mliječne masti. Fermentacija se odvija do postizanja pH vrijednosti od 4,6, a nakon nje dodaju se određene količine emulgatora i soli.

U proizvodnji sireva prisutna je upotreba mljekarskih kultura, sirila i/ili drugih adekvatnih koagulacijskih enzima i/ili dozvoljenih kiselina za koagulaciju (Pravilnik, 2009).

Dodatak sirila računa se prema formuli:

$$[2] C = (M_{\text{mlijeka}} \times T) / (c \times t)$$

C = količina sirila

T = vrijeme podsiravanja (prema definiciji 40 min)

c = jakost sirila (1 :10.000)

t = trajanje podsiravanja (zadano 30 min)

Proizvodnju sira karakterizira porast broj bakterija s početnih 10^5 do 10^7 cfu mL⁻¹), odnosno do 10^9 cfu mL⁻¹, ovisno o vrsti sira (Cogan, 2011). Sirevi se prema udjelu vode u bezmasnoj tvari sira dijele na ekstra tvrdi sir (67 %), svježi sir (69 – 85 %), dok se po udjelu mliječne masti u suhoj tvari dijele na ekstramasne (≥ 60 %), punomasne (≥ 45 i < 60 %), masne (≥ 25 i < 45 %), polumasne (≥ 10 i < 25 %) te posne (< 10 %) (Pravilnik, 2009). Sir je najbogatiji izvor mineralnih tvari među kojima se najviše ističu kalcij i fosfor. Tijekom proizvodnje svježeg sira, radi povećavanja kiselosti, dolazi do otapanja kalcija iz gruš sira. Osim toga, kalcij prelazi u sirutku koja zaostaje pri proizvodnji sira što posljedično dovodi da 100 g svježeg sira sadrži manju količinu kalcija (90 mg/100 g) u odnosu na 100 mL mlijeka (123 mg/100 mL) (Božanić, 2015). pH vrijednost svježeg sira manja je od 5 te je izrazito blizu izoelektrične točke kazeina što rezultira prepoznatljivim kiselo mliječnim okusom i mirisom te rastezljivom i prozračnom teksturom (Cindrić, 1997)

Nakon proizvodnje različitih vrsta sireva ostaje nusprodukt sirutka koja se može iskoristiti na razne načine. Karakteristike i kemijski sastav sirutke ponajviše ovise o vrsti sira koji se proizvodi, ali i o načinu provođenja tehnoloških procesa tijekom izrade sira pa možemo reći da je sastav sirutke izrazito varijabilan. Prosječni sastav sirutke čini 93 % vode, a u nju prelazi oko 50 % suhe tvari (Jeličić i sur., 2008). Najvažnija komponenta sirutke su proteini koji sadrže sve esencijalne aminokiseline. Osim proteina, sirutka je bogata i mineralnim tvarima te vitaminima topljivim u vodi koji se nalaze u jednakoj količini kao u mlijeku (Carić i sur., 1979). Žuto – zelena boja sirutke potječe od riboflavina (vitamin B2) koji se i do 95 % nalazi u slobodnom obliku, dok su kobalamin (vitamin B12) te folna kiselina vezani s proteinima sirutke (Tratnik, 2003). Ovisno o načinu koagulacije kazeina, razlikujemo slatku sirutku dobivenu proizvodnjom tvrdih sireva te kiselu sirutku dobivenu proizvodnjom svježeg sira. Osim prema obliku, sirutka se kategorizira i prema kiselosti pa postoje:

- Kisela sirutka – titracijska kiselost $> 0,40$ %, pH $< 5,0$
- Srednje kisela sirutka – titracijska kiselost između $0,20$ % i $0,40$ %, pH od $5,0$ do $5,8$
- Slatka sirutka – titracijska kiselost između $0,10$ % i $0,20$ %, pH od $5,8$ do $6,6$.

Konzumiranjem jedne litre sirutke dnevno zadovoljava se potreba organizma za vitaminom B2. Uspoređujući hranjivu vrijednost mlijeka i sirutke, 3 kg sirutke ekvivalentno je 1 kg mlijeka (Tratnik, 2003).

3.5.3. Maslac

Osnovna sirovina za proizvodnju maslaca je vrhnje dobre mikrobiološke kvalitete koje ne sadrži antibiotike ili druge štetne primjese. Vrhnje se najčešće tipizira na 40 % mliječne masti te se takvo vrhnje podvrgava toplinskoj obradi (pasterizacija) pri temperaturama od 85 do 95 °C u trajanju od 10 do 30 sekundi ili pri temperaturama oko 100 °C/trenutno (Tratnik i Božanić, 2012). Daljnjim postupkom obrade vrhnja nastaje konačni proizvod maslac specifične arome i izgleda.

Proizvodnja maslaca računa se prema formuli:

$$[3] m_{\text{maslac}} = f \times W_{m.m./\text{vrhnje}} \times m_{\text{vrhnje}}$$

m_{maslac} – masa maslaca [kg]

f – empirijski faktor (kiselo vrhnje = 1,17)

$W_{m.m./\text{vrhnje}}$ – maseni udio mliječne masti u vrhnju

m_{vrhnje} – masa vrhnja [kg]

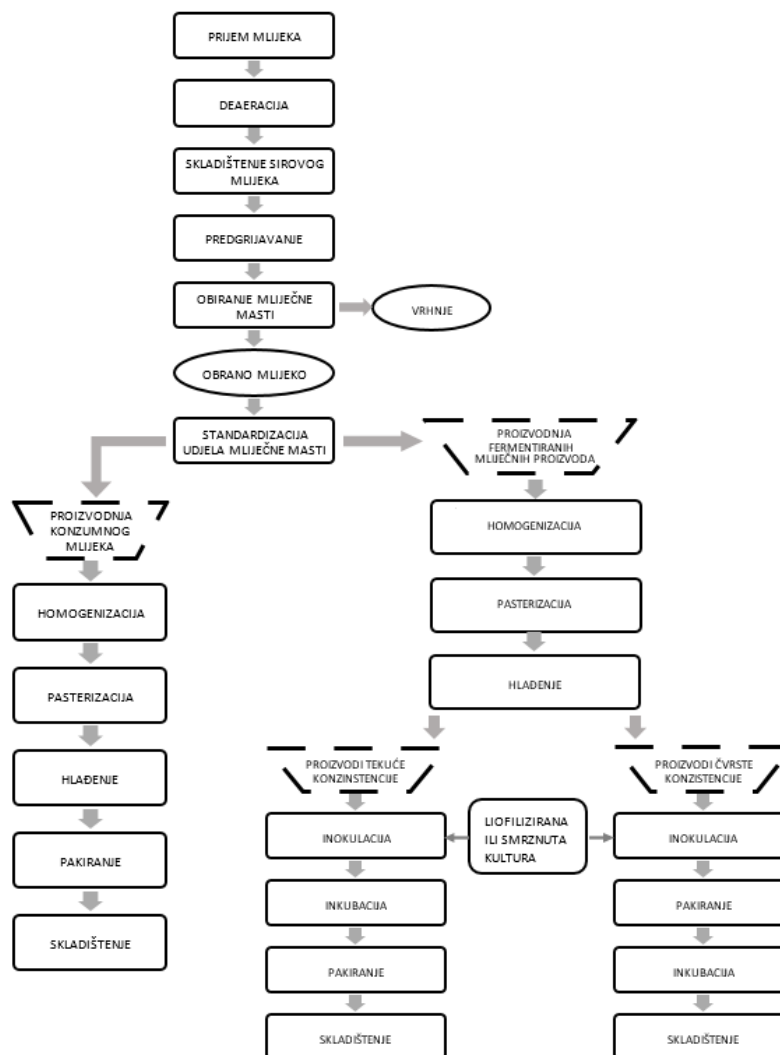
Aroma maslaca ovisi o aktivnosti određenih bakterija i vezanja proizvoda fermentacije na mliječnu mast, a glavni nositelj arome je diacetil koji bi trebao biti u rasponu od 0,5 do 1,5 mg/kg (Tratnik i Božanić, 2012; Samar, 2011). Gotov proizvod sadrži vitamine topljive u masti (A, D, E i K) te provitamin vitamina A (β karoten). Ovisno o sadržaju karotenoida mijenja se intenzitet žutog obojenja maslaca. Važno je spomenuti da 100 g maslaca sadrži 4 mg beta – sitosterola koji reducira razinu kolesterola u krvi te ima povoljan utjecaj na zdravlje. Energetska vrijednost 100 g maslaca iznosi oko 700 kcal/3000 kJ (Tratnik i Božanić, 2012).

4. REZULTATI I RASPRAVA

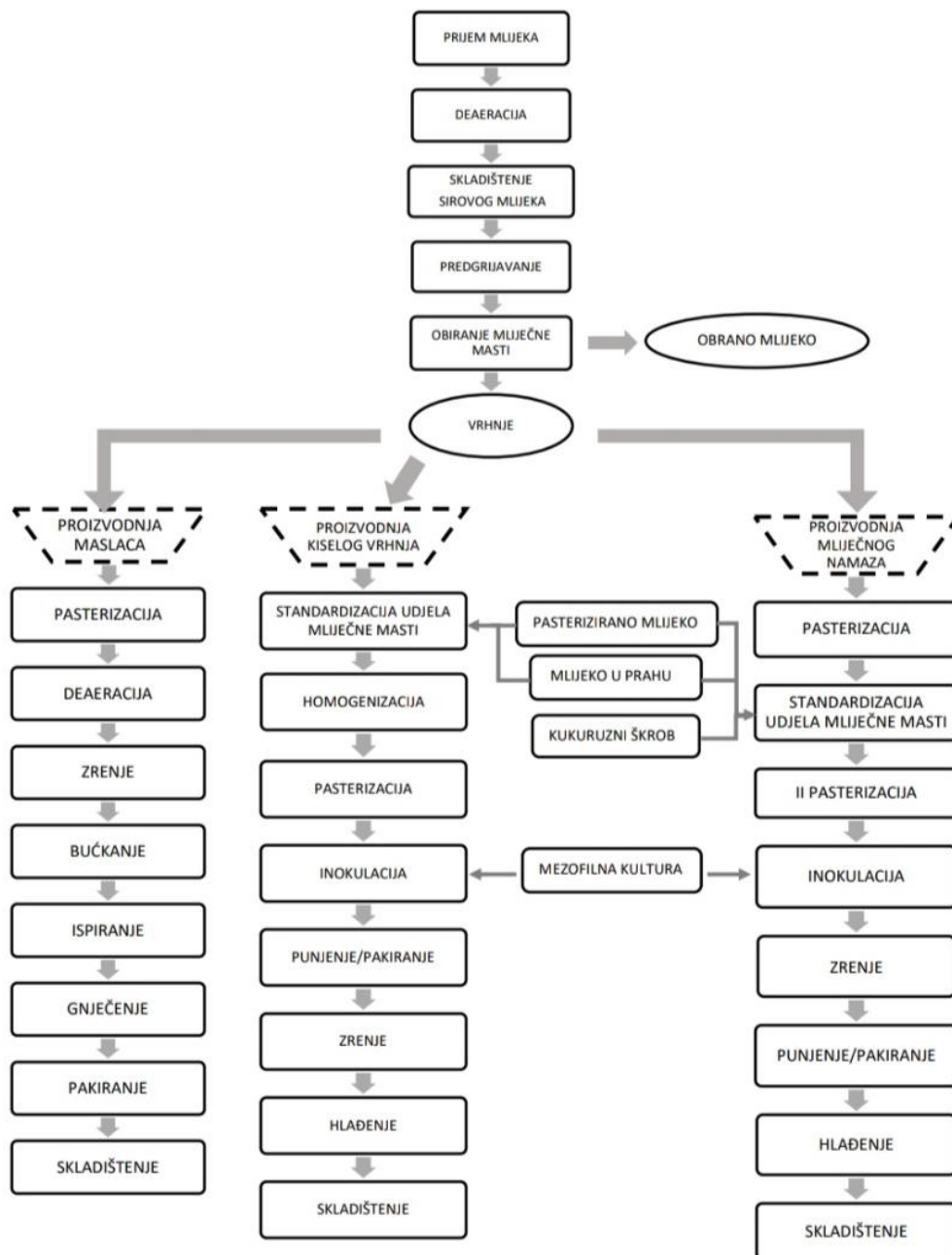
U sljedećem poglavlju prikazani su detaljni opisi tehnoloških procesa za svaki planirani proizvod uključujući blok sheme istih, definirane su materijalna i energetska bilanca, predložen je popis uređaja i opreme, popis prostorija te potrebna radna snaga. Uz to, priložen je i tlocrtni prikaz planiranog pogona te njegov položaj na odabranoj lokaciji.

4.1. BLOK SHEME PROIZVODNJE

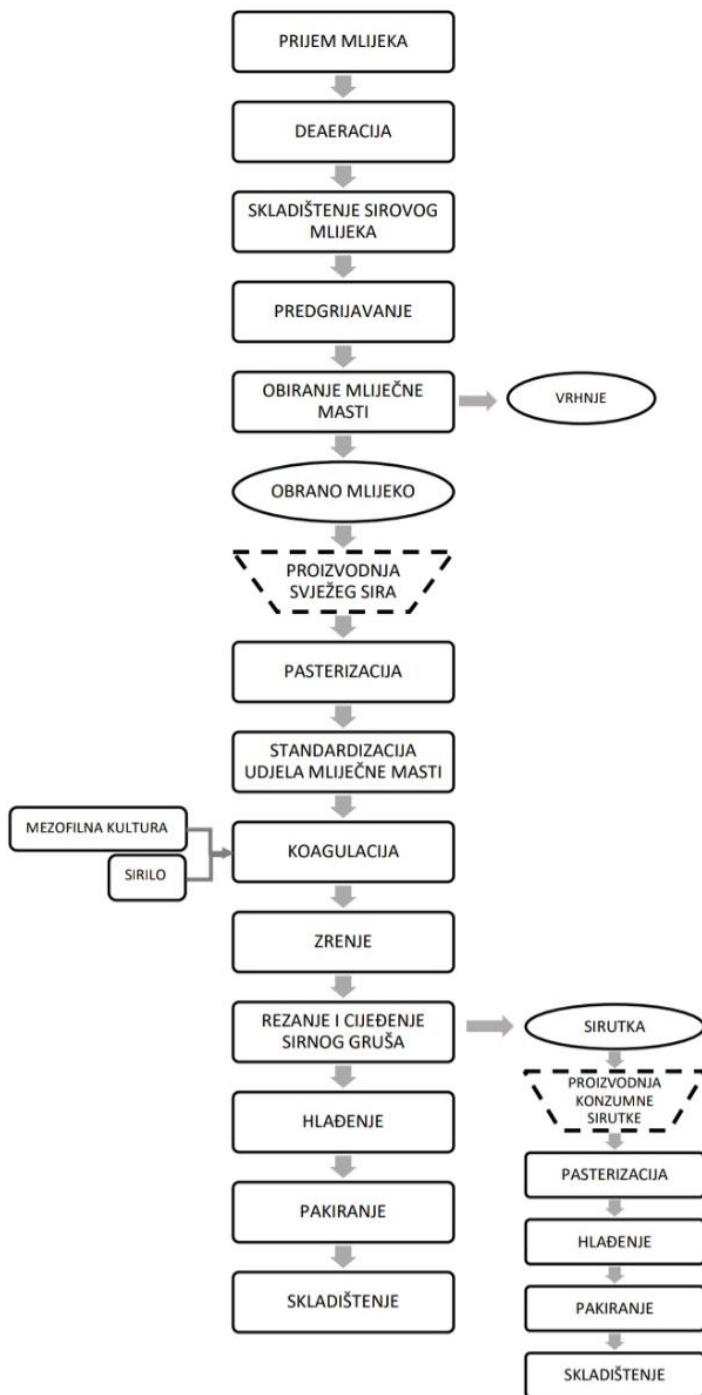
Na slikama 5, 6 i 7 prikazane su blok sheme procesa prerade mlijeka i proizvodnje mliječnih proizvoda.



Slika 5. Blok shema proizvodnje konzumnog mlijeka i fermentiranih mliječnih proizvoda – jogurt (vlastita shema)



Slika 6. Blok shema proizvodnje maslaca, kiselog vrhnja i mliječnog namaza (vlastita shema)



Slika 7. Blok shema proizvodnje svježeg posnog sira i konzumne sirutke (vlastita shema)

4.2. OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA

4.2.1. Prijem i kontrola ulazne sirovine

4.2.1.1. Prijem sirovine

Netom nakon mužnje sirovo mlijeko je toplo i potrebno ga je najkasnije dva sata nakon mužnje ohladiti na što nižu temperaturu (najčešće oko 4 °C). Mlijeko se s farmi u mljekaru transportira u kamion – cisternama od nehrđajućeg materijala sa sustavom hlađenja koje mlijeko održava na temperaturi od 4 °C. Osim sustava za hlađenje, takve cisterne opremljene su i sustavom za miješanje mlijeka (Tratnik i Božanić, 2012). U prostoru oko mljekare smješteni su spremnici (tankovi) za sirovo mlijeko te manji dio prostora za preuzimanje mlijeka. Iako su spremnici smješteni izvan proizvodnog pogona, postupak otvaranja i zatvaranja ulaznih i izlaznih ventila, mjerenje temperature te upravljanje miješalicom najčešće se obavlja iz proizvodnog pogona (Patel i Bhadania, 2016).

4.2.1.2. Kontrola ulazne sirovine

Prije daljnje obrade sirovog mlijeka, mlijeko je potrebno kontrolirati. Tijekom provedbe kontrole, određuju se fizikalno – kemijski te mikrobiološki parametri kvalitete, što uključuje:

- provjeru svježine mlijeka s 72 % etilnim alkoholom,
- određivanje točke ledišta (krioskopom),
- određivanje gustoće (laktodenzimetrom),
- test na prisutnost antibiotika ili drugih inhibitornih tvari,
- određivanje kiselosti (pH metar, titracijska kiselost po Soxhlet Henkelu),
- određivanje udjela masti (Gerberov postupak),
- određivanje ostalih sastojaka (mjerni uređaj Milko – Skan),
- određivanje broja živih mikroorganizama (mjerni uređaj Bakto – Skan – max. 10^5),
- određivanje broja somatskih stanica/mL (mjerni uređaj Fossomatik – max. 4×10^{-5} mL⁻¹) (Bijeljac i Sarić, 2003; Tratnik i Božanić, 2012).

Nakon dobivenih rezultata provedenih analiza, uspoređuju se s vrijednostima propisanim Pravilnikom o utvrđivanju sastava sirovog mlijeka (NN 27/2017). Ukoliko mlijeko zadovoljava propisane uvjete, sirovo mlijeko se razvrstava za daljnju preradu.

4.2.2. Mehanička obrada mlijeka

Tijekom prerade mlijeka u mliječne proizvode provode se razni postupci mehaničke obrade koji uključuju hlađenje, uklanjanje nečistoća (filtriranje ili klarifikacija), standardizaciju udjela mliječne masti, homogenizaciju mlijeka, uklanjanje mikroorganizama (baktofugacija ili mikrofiltracija te uklanjanje zraka i plinova (deaeracija ili deodorizacija) (Tratnik i Božanić, 2012).

4.2.2.1. Deaeracija i hlađenje mlijeka

Sirovo mlijeko pristiglo u mljekaru ponekad nije moguće odmah obraditi i preraditi u proizvod te se u takvim situacijama ono mora čuvati pri nižim temperaturama oko 4 °C. Hlađenje mlijeka provodi se cijevnim ili pločastim izmjenjivačima topline koji rade na principu neizravnog hlađenja mlijeka rashladnim sredstvom preko cijevi, odnosno ploča (Tratnik i Božanić, 2012). Prije hlađenja, odnosno pri zaprimanju mlijeka, provodi se uklanjanje zraka odjeljivačem zraka na prijemu – deaeracija. Mlijeko sadrži otopljene ili kemijski vezane plinove koji povećavaju volumen mlijeka što rezultira smanjenjem djelotvornosti pasterizacije kao i obiranja masti u separatoru. Slijedom toga, dispergirani zrak i druge plinove poželjno je odstraniti iz mlijeka. Postupkom deaeracije uklanjaju se plinovi te lako hlapljive tvari apsorbirane iz okoline koje utječu na nepovoljan okus i miris (Carlson i Jónsson, 2012; Tratnik i Božanić, 2012). Nakon toga proizvodnja može krenuti dalje te deaerirano mlijeko odlazi na separaciju mliječne masti (Tratnik i Božanić, 2012).

4.2.2.2. Separacija i standardizacija mliječne masti

Separacija mliječne masti provodi se u separatorima, odnosno centrifugama čiji se rad bazira na principu centrifugalne sile pomoću koje se vrši odvajanje tvari na osnovi različite gustoće (Tratnik i Božanić, 2012; Bijeljac i Sarić, 2003). Uspoređujući gustoće tvari, najveću gustoću imaju nečistoće ili bakterije (1,070 – 1,130 gcm⁻³), dok najmanju gustoću ima vrhnje (0,915 – 0,930 gcm⁻³). Budući da globule mliječne masti imaju nižu gustoću od ostalih tvari, mast se kreće prema osovini separatora te izlazi kao vrhnje, dok ostali sastojci teže prema vanjskom obodu bubnja gdje izlaze kao obrano mlijeko (Bijeljac i Sarić, 2012). Osim bubnja gdje se odvija razdvajanje masti i obranog mlijeka, ostali dijelovi separatora su mehanizam za pogon separatora te cjevovodi za dovod i odvod mlijeka, vrhnja, bakterija i nečistoća. Danas su u uporabi hermetički zatvoreni separatori za vrhnje koji rade na mehanički pogon i velikog su kapaciteta. Mlijeko se na početku predgrijava u izmjenjivaču topline na temperaturu pogodnu

za izdvajanje mliječne masti, odnosno na temperaturu oko 50 °C, a nakon toga zatvorenim cjevovodima odozdo ulazi u centrifugalni separator. Bubanj separatora puni se mlijekom koje se tamo zadržava 5 do 10 minuta te se raspoređuje kroz otvore tanjura stvarajući slojeve između stjenki tanjura. Brzina izdvajanja masti regulira se brzinom okretanja bubnja separatora. Osim brzine, na intenzitet obiranja utječu struktura i radijus bubnja, radijus globula masti, gustoća vrhnja i obranog mlijeka te viskoznost i temperatura proizvoda (Tratnik i Božanić, 2012).

Standardizacija mliječne masti najčešće se provodi automatski, izravno u kombinaciji sa separacijom te dolazi do miješanja obranog mlijeka s jednim dijelom vrhnja (Tratnik i Božanić, 2012; Bijeljac i Sarić, 2003). Ovisno o željenom udjelu masti u tipiziranom mlijeku za konzumaciju ili daljnju preradu, standardizirati se može pojedinačno vrhnje ili mlijeko te istodobno izlazno mlijeko i vrhnje.

4.2.2.3. Homogenizacija

Homogenizacija je postupak prolaska mlijeka pod utjecajem visokog tlaka kroz male otvore ventila čime dolazi do usitnjavanja i ujednačavanja veličine globula mliječne masti u mlijeku (ili vrhnju) (Tratnik, 1998). Ne preporučuje se u proizvodnji sira te se nikada ne provodi u proizvodnji maslaca.

U praktičnoj primjeni, najčešće se provodi pod tlakom između 15 i 30 MPa u jednostupanjskom ili češće dvostupanjskom homogenizatoru, a temperatura pri kojoj se provodi homogenizacija kreće se u rasponu od 45 do 70 °C. Pri višoj temperaturi, zbog manje viskoznosti mlijeka i lakše pokretljivosti aktivnih tvari, dolazi do povećanja disperzija masnih globula (Tratnik i Božanić, 2012; Bijeljac i Sarić, 2003).

Postupak homogenizacije rezultira nizom fizikalno – kemijskim promjena u mlijeku:

- poboljšanje stabilnosti mliječne masti u mlijeku,
- intenzivnija bijela boja,
- veća viskoznost i površinska napetost, povećana sklonost lipolize,
- smanjena sposobnost koagulacije kazeina, smanjena sklonost oksidacije masti, smanjena stabilnost proteina, smanjenje osmotskog tlaka i ledišta mlijeka,
- lakša probavljivost, puniji okus, homogena konzistencija (Tratnik i Božanić, 2012).

4.2.3. Postupci toplinske obrade mlijeka

Usljed provođenja toplinske obrade mlijeka dolazi do uništavanja patogenih i ostalih mikroorganizama, inaktiviranja enzima, poboljšanja tehnoloških svojstava i produljenja roka trajanja te u konačnici dobivanja proizvoda sigurna za potrošače (Tratnik i Božanić, 2012; Bijeljac i Sarić, 2003). Kako bi se očuvala hranjiva vrijednost mlijeka, toplinsku obradu sirovog mlijeka potrebno je provesti tijekom 24 sata od primitka u propisanim uvjetima. Odabir temperature i vremena zagrijavanja vrši se na temelju postizanja željenog učinka. Glavne vrste toplinske obrade koje su primjenjuju u mljekarskoj industriji prikazane su u Tablici 7. Toplinska otpornost mikroorganizama najviše ovisi o mikrobnj vrsti, no veliku važnost imaju i optimalna i maksimalna temperatura rasta, lipidni sadržaj stanice i njezina težnja nakupljanju, kemijski sastav okoline, pH vrijednosti okoline i medija te aktivnost vode (Tratnik i Božanić, 2012; Bijeljac i Sarić, 2003).

Vegetativne stanice većine patogenih bakterija termolabilnije su u odnosu na spore bakterija pa se one mogu uništiti pri nižim temperaturama pasterizacije (63 °C/30 min ili 72 °C/15 s), a za one termofilne provodi se „visoka pasterizacija“ pri višim temperaturama (80 – 95 °C/5-10 min). Djelotvornost pasterizacije moguće je provjeriti testom na prisutnost fosfataze ili peroksidaze, ili određivanjem broja živih stanica u 1 mL mlijeka (CFU mL⁻¹) (Tratnik i Božanić, 2012). Za inaktivaciju spora, provodi se postupak sterilizacije pri temperaturama višima od 100 °C. Postupak sterilizacije može se provoditi pri različitim kombinacijama temperature i vremena (110 °C/30 min), (130 °C/30 s) ili (140 °C/1 s). Osim klasične sterilizacije, toplinska obrada mlijeka može se provoditi kontinuiranom sterilizacijom u protoku (UHT postupak) koja se odvija pri temperaturama između 135 i 140 °C kroz nekoliko sekundi te kontinuiranom sterilizacijom u ambalaži čija temperatura ne smije biti niža od 115 do 120 °C, a vrijeme zagrijavanja od 20 do 30 minuta (Tratnik i Božanić, 2012). Djelotvornost sterilizacije provjerava se brojem decimalne redukcije bakterija i/ili spora. U slučajevima kada nije moguće toplinski obraditi i preraditi svu količine mlijeka odmah nakon prijema te je to mlijeko potrebno duže čuvati, prvotno se može provesti toplinska obrada pri nižim temperaturama, odnosno termalizacija. Termalizacija se može provoditi pri 57 – 68 °C/15 – 60 s, no time dolazi samo do privremenog inhibiranja rasta bakterija i neaktiviranja enzima fosfataze.

Toplinska obrada mlijeka može uzrokovati niz reverzibilnih ili ireverzibilnih promjena kao što su promjene pH vrijednosti, smanjenje topljivosti mineralnih tvari, promjena udjela laktoze, denaturacija proteina sirutke, Maillardove reakcije smeđenja mlijeka, modifikacija

kazeina te brojne druge. Kako bi promjene bile što manje ili bar reverzibilne, u proizvodnji toplinski obrađenog mlijeka bolje je primjenjivati više temperature i kraće vrijeme zagrijavanja (Tratnik i Božanić, 2012).

Tablica 7. Glavne vrste toplinske obrade (Tratnik i Božanić, 2012; Bijeljac i Sarić, 2003)

VRSTA PROCESA	TEMPERATURA (°C)	TRAJANJE
Termalizacija	63 – 65	15 sekundi
LTLT „niska, dugotrajna pasterizacija“ mlijeka	63 – 65	30 minuta
HTST „srednja, kratkotrajna pasterizacija“ mlijeka	72 – 75	15 – 20 sekundi
HTST „visoka, kratkotrajna pasterizacija“ (vrhnje)	> 80	1 – 5 sekundi
„visoka toplinska obrada“ (fermentirani proizvodi – jogurt, kefir)	90 – 95	5 – 10 sekundi
Ultra pasterizacija (ESL) ¹	125 – 138	2 – 4 sekunde
Sterilizacija u protoku* (UHT) ²	135 – 140	Nekoliko sekundi
Sterilizacija u ambalaži**	115 – 120	20 – 30 minuta

**izravno zagrijavanje (mlijeko u paru ili para u mlijeko) ili indirektno zagrijavanje (izmjenjivači topline - cijevni ili pločasti)*

***šaržna u autoklavu ili kontinuirana u tunelu sterilizatora*

¹*ESL (Extended Shelf Life) – produljen vijek trajanja za svježe, tekuće proizvode u Kanadi i SAD – u (pri 7°C)*

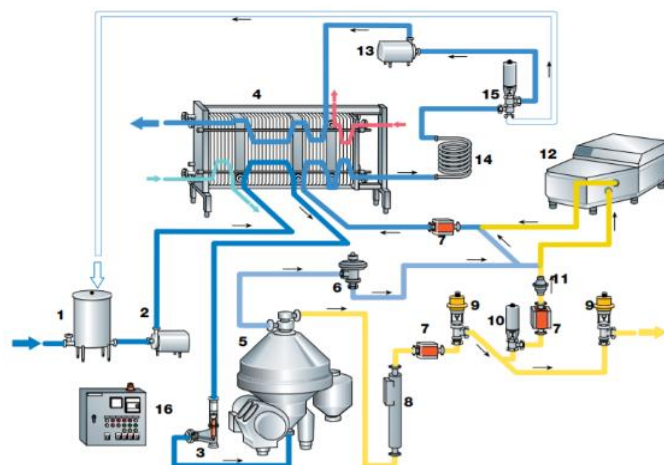
²*UHT (Ultra High Temperature) – vrlo visoka temperatura*

4.2.4. Proizvodnja konzumnog mlijeka

Osnovni mliječni proizvodi koji se svakodnevni koriste u prehrani najčešće su pasterizirano ili sterilizirano mlijeko. U proizvodnji konzumnog pasteriziranog mlijeka najčešće se primjenjuje „srednja, kratkotrajna“ pasterizacija koja je odabrana i u ovom projektu. Pasterizacija se provodi pri temperaturi oko 72 °C kroz 15 do 20 sekundi.

Linija za proizvodnju pasteriziranog mlijeka prikazana je na Slici 8. Pasterizirano mlijeko može i ne mora biti homogenizirano, ali mora biti standardizirano na određeni udjel mliječne masti. U predviđenom pogonu, nakon primarne obrade i standardizacije udjela mliječne masti provodi se djelomična homogenizacija (samo tipizirano vrhnje). Nakon homogenizacije, standardizirano vrhnje spaja se s obranim mlijekom i prolazi kroz izmjenjivač i cijevni zadržavač topline. Ukoliko režim pasterizacije nije zadovoljen, mlijeko se vraća u balansni spremnik i ulazi u ponovno proces. U slučaju da su svi uvjeti bili zadovoljeni, pasterizirano mlijeko se pomoću crpke vraća u izmjenjivač topline u sekcije za regeneraciju gdje se pothlađuje ulaznim mlijekom. Nakon toga provodi se završno hlađenje, najčešće na temperaturu oko 4 °C.

Završni koraci u proizvodnji konzumnog pasteriziranog mlijeka su punjenje u određenu, primarnu ambalažu, deklariranje, slaganje na EURO palete te skladištenje. U predvođenom pogonu, pasterizirano mlijeko pakirat će se u PET boce od 1 litre. Pakiranje se provodi u aseptičnim uvjetima, a trajnost hermetički pakiranog proizvoda najčešće je od 8 do 14 dana ukoliko se čuva pri temperaturi između 5 i 7 °C.



Slika 8. Linija za proizvodnju pasteriziranog mlijeka uz primjenu djelomične homogenizacije (Bylund, 1995)

4.2.5. Proizvodnja fermentiranih mliječnih proizvoda

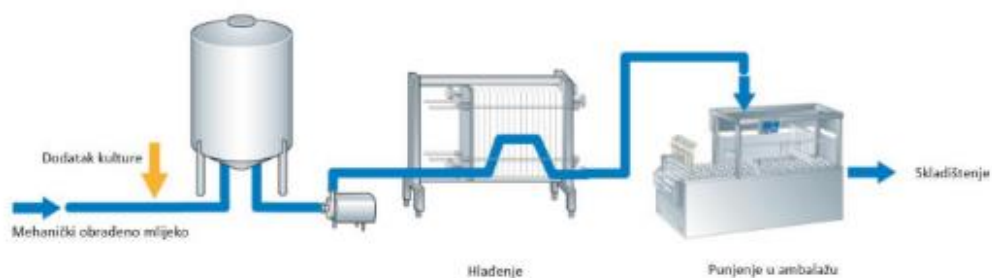
Glavne, početne faze tehnološkog procesa proizvodnje fermentiranih mliječnih proizvoda opisane su u prethodnim odjeljcima i jednake su za sve neovisno o vrsti proizvoda. Razlike su prisutne u količini suhe tvari ili mliječne masti korištene sirovine, vrsti korištene kulture i uvjetima vrenja. U proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda preporuča se pasterizacija mlijeka pri visokoj temperaturi kraće vrijeme (90 – 95 °C/5 – 10 min), odnosno pri nešto nižoj, ali dulje vrijeme (80 – 85 °C/20 – 30 min) (Tratnik i Božanić, 2012).

4.2.5.1. Jogurt

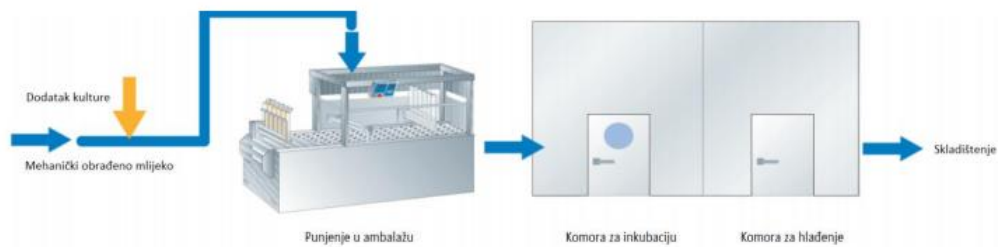
Nakon provedene pasterizacije, djelomično obrano mlijeko s 2,8 % mliječne masti hladi se na temperaturu pogodnu za inokulaciju mlijeka (oko 10 °C). U planiranom pogonu, inokulacija se obavlja liofiliziranom ili smrznutom tehničkom kulturom BMK. Inokulirana masa se miješa i ostavlja u duplikatoru da zrije.

Zrenje tekućeg jogurta odvija se na temperaturi od 35 – 45 °C kroz 4 – 5 sati, odnosno dok se ne postigne kiselost od pH 4,6. Zrenje se prekida hlađenjem preko hladionika ili pomoću tople vode u plaštu duplikatora uz miješanja na temperaturu između 10 i 20 °C te se nakon toga jogurt pomoću pumpe i cijevi doprema do punilice. Kod proizvodnje čvrstog jogurta, naciepljena masa se nakon miješanja putem cijevi ispušta do punilice. Nakon punjenja slijedi zrenje do postizanja određene pH vrijednosti, odnosno do stvaranja kompaktnog grušā.

Proizvedeni jogurt se pomoću dozirke automatski puni u čašice od 180 g te se zatvara uz istovremeno stavljanje datuma upotrebljivosti. Čašice se nakon toga pakiraju u papirnatu ambalažu po 30 komada i otpremaju u rashladnu komoru na hlađenje i skladištenje na temperaturu od + 4 do + 8 °C. Proizvodne linije prikazane su na sljedećim slikama.



Slika 9. Linija za proizvodnju tekućeg jogurta (Bylund, 1995)



Slika 10. Linija za proizvodnju čvrstog jogurta (Bylund, 1995)

4.2.5.2. Kiselo vrhnje

Za proizvodnju kiselog vrhnja koristi se višak obranog vrhnja (40 % m.m.) skupljenog u duplikatoru. Tako skupljeno vrhnje miješa se s pasteriziranim mlijekom i dodaje se mlijeko u prahu. Tipizirano vrhnje prebacuje se na pasterizaciju (90 °C/1 min) i homogenizaciju, a nakon toga se hladi i prebacuje u duplikator za inokulaciju s mezofilnim kulturama. Inokulirana masa ispušta se iz duplikatora i pumpom odvodi do punilice. Nakon punjenja slijedi zrenje na temperaturi između 25 i 30 °C dok se ne postigne kiselost od pH 4,5 – 4,6. Po završetku zrenja, vrhnje se otprema u rashladnu komoru na hlađenje i skladištenje na temperaturi od + 4 do + 8 °C.

Kiselo vrhnje se kao i jogurt puni u čašice od 180 g koje se nakon toga pakiraju u papirnatu ambalažu po 30 komada.

4.2.5.3. Mliječni namaz

U proizvodnju mliječnog namaza također se koristi vrhnje skupljeno u duplikatoru. Na početku se obavlja tipizacija pasteriziranog vrhnja s pasteriziranim mlijekom. Osim toga, dodaje se i mlijeko u prahu te kukuruzni škrob. Tipizirano vrhnje se ponovno pasterizira i nakon toga inokulira mezofilnim kulturama. Sljedeći korak je zrenje na temperaturi od 25 do 30 °C do postizanja pH 4,6 i kompaktnosti gruša. Po završetku zrenja, obavlja se punjenje i hlađenje na temperaturu od + 4 do +8 °C.

Mliječni namaz se automatski puni u posudice od 100 g koje se zatvaraju varenjem poklopaca uz istovremeno stavljanje datuma upotrebljivosti, a zatim pakiraju u kartonsku ambalažu po 30 komada.

4.2.5.4. Svježi sir

Obrano se mlijeko nakon provedene pasterizacije i tipizacije (0,1 – 0,5 % m.m. za proizvodnju posnog sira) cijevima doprema do kada koje se nalaze u prostoriji za sirenje. Tamo se obavlja inokulacija mezofilnom kulturom i mikrobiološkim sirilom. Inokulirano mlijeko ostavlja se u kadi gdje se provodi zrenje do oblikovanja željenog gruša i postizanja pH 4,5 – 4,6. Nakon provjere čvrstoće i kvalitete oblikovanog gruša slijedi odvajanje sirutke od gruša te daljnja proizvodnja željenog sira. U planiranom pogonu, cijedenje sirutke provodi se zamatanjem u sirarske krpe koje se stavljaju u cjedila ispod kojih se nalaze posude za skupljanje sirutke koja se kasnije koristi za konzumnu sirutku. Nakon cijedenja sirutke, ostaje sirni gruš koji se hladi te odvozi na pakiranje. Upakirani sirevi smještaju se u rashladne komore gdje se hlade i skladište do otpreme.

Svježi sir pakira se u posudice od 500 g te se zatvara varenjem poklopaca nakon čega se stavlja u kartonsku ambalažu po 15 komada.

Skupljenu sirutku potrebno je toplinski obraditi pri uvjetima standardne kratkotrajne pasterizacije (72 °C/15 s) ili samo termalizirati (65 °C/15 s) nakon čega se hladi i puni u PET boce od 1 L te skladišti.

4.2.6. Proizvodnja maslaca

Osim za proizvodnju kiselog vrhnja i mliječnog namaza, vrhnje dobiveno obiranjem mlijeka koristi se i u proizvodnji maslaca, a postupak proizvodnje prikazan je na Slici 11. Proizvodnja maslaca započinje obradom vrhnja koja uključuje toplinsku obradu, hlađenje i zrenje. Toplinska obrada provodi se pri temperaturama oko 90 °C, dok temperatura hlađenja ovisi o tehnici zrenja, sastavu masti vrhnja i drugim faktorima. Zrenje vrhnja vrlo je važan korak u proizvodnji maslaca, a obavlja ga mješovita starter kultura BMK. Istovremeno se odvija biokemijsko i fizikalno zrenje, a o njihovim rezultatima ovise okus i miris te tekstura maslaca. Trajanje zrenja ovisi o temperaturi, koja bi u planiranom pogonu bila između 15 i 20 °C. Zrenje se prekida pri postizanju pH vrijednosti od 4,5 do 5 ovisno o željenom stupnju aromatičnosti maslaca. Nakon zrenja slijedi bućkanje tijekom čega se emulzija mliječne masti u vodi pretvara u maslac, uz izdvajanje mlaćenice ili stepke. Trajanje bućkanja predviđeno je na 30 do 45 minuta pri brzini okretanja bućkalice 20 – 30 okretaja/min, a volumen punjenja bućkalice je oko 50 %. Bućkanje se odvija pri temperaturi 10 – 15 °C. Nakon što se izdvojena mlaćenica

ispusti iz bućkalice, zaostali maslac se ispiru vodom nakon čega slijedi postupak gnječenja pri čemu se izdvajaju zaostala mlaćenica i ispirna voda i dobiva se homogena masa (maslac) s reguliranom količinom vode.

Gotovi maslac pakira se u paketiće od laminata aluminijske folije i pergament papira težine 250 g i slaže u kartonsku ambalažu po 15 komada. Nakon pakiranja, maslac se skladišti i čuva pri temperaturi 4 – 5 °C do mjesec dana.



Slika 11. Diskontinuirana proizvodnja maslaca (Bylund, 1995)

4.3. POSTUPANJE S AMBALAŽOM I SIRNIM KRPAMA

U predmetnom objektu prisutno je više vrsta ambalaže: povratna ambalaža, ambalaža za korištenje u proizvodnim procesima i ambalaža za punjenje/pakiranje gotovih proizvoda.

U povratnu ambalažu svrstavaju se kante za mlijeko te određeni sanduci u koje se pakiraju proizvodi nakon punjenja. Takva ambalaža se svakodnevno odvozi u prostoriju za prihvata i pranje gdje se očisti i nakon toga uskladišti u prostoriju s čistom ambalažom za daljnju upotrebu.

Ambalaža koja se koristi u proizvodnim procesima koristi se isključivo unutar objekta, a toj kategoriji su kade, posude, korita ili određene police. One se također otpremaju u prostoriju za prihvata i pranje prljave ambalaže nakon čega se skladište s čistom ambalažom za dnevne potrebe.

Ambalaža koja se koristi za punjenje/pakiranje gotovih proizvoda skladišti se u skladištu za ambalažu u sklopu proizvodnog pogona iz kojeg ju djelatnici odvoze pomoću viljuškara ili kolica do mjesta za punjenje.

Sirne krpe korištene tijekom proizvodnje svježeg sira također se odnose u prostoriju za pranje ambalaže gdje se ispiru, peru i suše kako bi se ponovno mogle upotrijebiti.

4.4. POSTUPANJE S OSTALOM SIROVINOM I DODACIMA

Ostala potrebna sirovima i dodaci skladište se u posebnim skladištima na odgovarajućoj temperaturi – mlijeko u prahu i kukuruzni škrob na sobnoj temperaturi, a sirila i mljekarske kulture u hladnjaku ili zamrzivaču. Unutar skladišta posloženi su prema FE – FO principu (first expired – first out), odnosno prvo se koristi sirovina/dodatak s najkraćim rokom uporabe. Na taj način sprječava se predugo zadržavanje sirovine i dodataka kao i isticanje roka trajanja.

Sirovine i dodaci dopremaju se u skladišta u odvojenim vremenskim razmacima od proizvodnih procesa čime se izbjegava mogućnost križne kontaminacije proizvoda i ambalaže. Njihov prijem najčešće se obavlja prije početka rada, između dviju smjena ili na kraju rada.

4.5. TEHNOLOŠKI UREĐAJI I OPREMA

Popisi tehnoloških uređaja i transportne opreme za preradu mlijeka i proizvodnju mliječnih proizvoda prikazani su u sljedećim tablicama. Svi uređaji i oprema odabrani su prema zadanom kapacitetu proizvodnje i proizvedeni od nehrđajućeg čelika.

Tablica 8. Popis uređaja/opreme za primarnu obradu mlijeka

POZICIJA	UREĐAJ	KAPACITET/ VOLUMEN	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina / promjer x visina) [mm]
1.1.	Centrifugalna pumpa za mlijeko	5000 L h ⁻¹	1	Pretok mlijeka iz cisterne u prijemni tank	-

1.2.	Cijevni filtar	5000 L h ⁻¹	1	Uklanjanje mehaničkih nečistoća	-
1.3.	Deaerator	5000 L h ⁻¹	1	Uklanjanje plinova	1100 x 3000 x 1200
1.4.	Prijemni tank za nepasterizirano mlijeko	6000 L	3	Prijem i skladištenje sirovog mlijeka	1500 x 3869
1.5.	Izmjenjivač topline - pasterizator	5000 L h ⁻¹	1	Toplinska obrada mlijeka	2250 x 2000 x 2200
1.6.	Centrifugalni separator	5000 L h ⁻¹	1	Uklanjanje zaostalih nečistoća; obiranje mliječne masti	1550 x 2050
1.7.	Tank za pasterizirano mlijeko	2100 L	3	Prijem i skladištenje mehanički obrađenog mlijeka	1195 x 2825
1.8.	Tank za vrhnje - duplikator	1600 L	1	Prijem i skladištenje dobivenog vrhnja	1195 x 2175
1.9.	Homogenizator	5000 L h ⁻¹	1	Smanjenje i ujednačavanje globula mliječne masti	1250 x 1100 x 1400
1.10.	Aseptična punilica	500 kom h ⁻¹	1	Punjenje pasteriziranog mlijeka u ambalažu	1400 x 1900 x 900

Tablica 9. Popis uređaja/opreme za proizvodnju jogurta

POZICIJA	UREĐAJ	KAPACITET/ VOLUMEN	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina / promjer x visina) [mm]
2.1.	Spremnik pomoćnih sirovina	300 L	2	Skladištenje ostalih, pomoćnih sirovina	636 x 1330
2.2.	Spremnik za inokulaciju i fermentaciju	2000 L	1	Osiguravanje adekvatnih uvjeta za aktivnost inokuliranih MO	1625 x 1195
2.3.	Punilica za fermentirane proizvode	800 kom h ⁻¹	1	Aseptično punjenje gotovih proizvoda u ambalažu	1050 x 1440 x 850

Tablica 10. Popis uređaja/opreme za proizvodnju kiselog vrhnja i mliječnog namaza

POZICIJA	UREĐAJ	KAPACITET VOLUMEN	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina / promjer x visina) [mm]
3.1.	Homogenizator	1000 L h ⁻¹	1	Smanjenje i ujednačavanje globula m.m.	1250 x 850 x 1150
3.2.	Izmjenjivač topline	1000 L h ⁻¹	1	Pasterizacija vrhnja	2250 x 1300 x 2000
3.3.	Punilica za fermentirane proizvode	800 kom h ⁻¹	1	Punjenje gotovih proizvoda u ambalažu	1050 x 1440 x 850

Tablica 11. Popis uređaja/opreme za proizvodnju maslaca

POZICIJA	UREĐAJ	KAPACITET VOLUMEN	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina / promjer x visina) [mm]
4.1.	Pumpa za vrhnje	1000 L h ⁻¹	1	Prijenos vrhnja u spremnik za zrenje	-
4.2.	Duplikator za pasterizaciju vrhnja	1600 L	1	Toplinska obrada vrhnja	2175 x 1625 x 1195
4.3.	Deaerator	1000 L h ⁻¹	1	Uklanjanje lako hlapivih komponenti	2300 x 500
4.4.	Spremnik za zrenje vrhnja	500 L	1	Osiguravanje adekvatnih uvjeta za zrenje vrhnja	1100 x 1450
4.5.	Bučkalica	800 L	1	Formiranje maslenih zrna i gnječenje	1150 x 730 x 980
4.6.	Spremnik za stepku	100 L	1	Odlaganje nusproizvoda	500 x 120
4.7.	Uređaj za pakiranje maslaca	40 – 80 kom min ⁻¹	1	Pakiranje gotovog proizvoda u ambalažu	2300 x 1730 x 2030

Tablica 12. Popis uređaja/opreme za proizvodnju svježeg sira i sirutke

POZICIJA	UREĐAJ	KAPACITET VOLUMEN	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina / promjer x visina) [mm]
5.1.	Spremnik za sirutku	6000 L	1	Skupljanje sirutke	1500 x 3869

5.2.	Sirne kade	2000 L	2	Osiguravanje adekvatnih uvjeta za aktivnost inokuliranih MO	2150 x 1370 x 1560
5.3.	Aseptična punilica	800 posudica h ⁻¹	1	Aseptično punjenje gotovih proizvoda u ambalažu	1050 x 1440 x 850

Tablica 13. Popis ostalih potrebnih uređaja

POZICIJA	UREĐAJ	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina) [mm]
6.1.	CIP stanica (tank za lužinu, tank za kiselinu, pumpa)	1	Čišćenje i dezinfekcija proizvodnih linija, spremnika i cjevovoda	2500 x 2300 x 1000
6.2.	Kompresorski uređaj	1	Proizvodnja rashladne vode	2600 x 850 x 1700
6.3.	Kompresor	1	Proizvodnja stlačenog zraka	1600 x 1000 x 600

Tablica 14. Popis ostale potrebne opreme

OPREMA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina) [mm]
Police u komorama za inkubaciju i hlađenje	Prihvat proizvoda čija se fermentacija provodi nakon punjenja u ambalažu	1600 x 2000 x 400
Sirarske krpe	Cijedenje sirutke u proizvodnji sira	-
Europaleta	Slaganje gotovih proizvoda	1200 x 144 x 800
Paletni regali	Skladištenje robe na paletama	3600 x 6000 x 1100

Uređaji i oprema za transport dijele se u dvije skupine: uređaji i oprema za vanjski i za unutarnji transport. U unutarnji transport ubrajamo svako kretanje materijala unutar tvorničkog kruga (između pogona i skladišta), a potrebne uređaje i opremu čine cijevi i pumpe. Vanjski transport podrazumijeva kretanje materijala od dobavljača do tvorničkog kruga ili od tvorničkog kruga do naručioca. Popis transportne opreme prikazan je u tablici 15.

Tablica 15. Popis transportne opreme

OPREMA	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina) [mm]
Kolica za maslac	1	Prenošenje maslaca u uređaj za pakiranje	500 x 800 x 500
Ručni viličar	2	Transport paleta	550 x 1150 x 800
Električni viličar	1	Transport paleta u skladištu	Kapacitet: 1200 – 2000 kg Visina dizanja do 6 m Brzina kretanja do 10 km/h

Tablica 16. Popis laboratorijskih uređaja i opreme

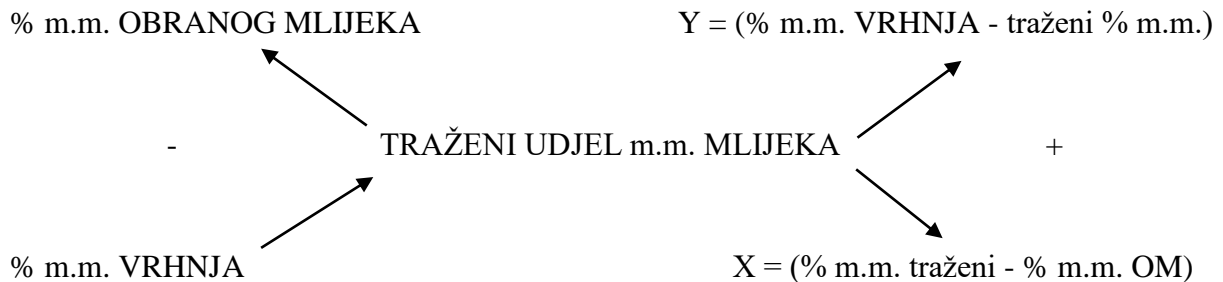
UREĐAJI I OPREMA	KOLIČINA	NAMJENA	DIMENZIJE (duljina x visina x širina) [mm]
Centrifuga	1	Razdvajanje tvari različitih gustoća	320 x 350 x 250
Vaga	2	Točno i precizno vaganje i doziranje	165 x 165
Milkoscope uređaj	1	Provođenje kemijskih analiza	345 x 280 x 285
Termoblok BETA STAR	1	Analiza antibiotika i rezidua	380 x 200 x 238
pH metar	2	Određivanje kiselosti uzoraka	86 x 40
Hladnjak + zamrzivač	1	Pohrana uzoraka	600 x 838 x 540
Skladišna polica nosivosti do 50 kg	2	Odlaganje laboratorijskog posuđa i pribora	1500 x 750 x 300

4.6. MATERIJALNA BILANCA

Prikaz izračuna materijalne bilance za neto utrošak sirovina (15000 L) i ostalog materijala.

$$\begin{aligned} \blacktriangleright m_v &= [(M_s - M_t) / (F_v - M_t)] \times M_m \\ m_v &= [(3,7 - 0,1) / (40 - 0,1)] \times 15000 \text{ L} \times 1,028 \text{ kg L}^{-1} \\ \mathbf{m_v} &= \mathbf{1391,28 \text{ kg vrhnja s } 40 \% \text{ m.m.}} \\ \mathbf{m_m} &= \mathbf{13608,72 \text{ kg mlijeka s } 0,1 \% \text{ m.m.}} \quad [1] \end{aligned}$$

Željeni udjel mliječne masti u mlijeku postiže se miješanjem obranog mlijeka i vrhnja (Tratnik i Božanić, 2012).



4.6.1. Proizvodnja pasteriziranog mlijeka s 3,2 % m.m.

- 2000 kg standardiziranog mlijeka s 3,2 % m.m.
- ▶ $G_{OM} = (40 - 3,2) / (40 - 0,1) \times 2000 = \mathbf{1844,6 \text{ kg obranog mlijeka s } 0,1 \% \text{ m.m.}}$
- ▶ $G_{VRH} = 2000 - 1844,6 = \mathbf{155,4 \text{ kg vrhnja s } 40 \% \text{ m.m.}}$

4.6.2. Proizvodnja pasteriziranog mlijeka s 2,8 % m.m.

- 2000 kg standardiziranog mlijeka s 2,8 % m.m.
- ▶ $G_{OM} = (40 - 2,8) / (40 - 0,1) \times 2000 = \mathbf{1864,7 \text{ kg obranog mlijeka s } 0,1 \% \text{ m.m.}}$
- ▶ $G_{VRH} = 2000 - 1864,7 = \mathbf{135,3 \text{ kg vrhnja s } 40 \% \text{ m.m.}}$

4.6.3. Proizvodnja pasteriziranog mlijeka s 0,9 % m.m.

- 2000 kg standardiziranog mlijeka s 0,9 % m.m.

- ▶ $G_{OM} = (40 - 0,9)/(40 - 0,1) \cdot 2000 = 1959,9$ kg obranog mlijeka s 0,1 % m.m.
- ▶ $G_{VRH} = 2000 - 1959,9 = 40,1$ kg vrhnja s 40 % m.m.

→ Preostalo je 7939,5 kg obranog mlijeka s 0,1 % m.m. i 1060,5 kg vrhnja s 40 % m.m.

4.6.4. Proizvodnja čvrstog i tekućeg jogurta s 2,8 % m.m.

- 1000 kg standardiziranog mlijeka s 2,8 % m.m. koristi se za proizvodnju čvrstog jogurta
- 1000 kg standardiziranog mlijeka s 2,8 % m.m. koristi se za proizvodnju tekućeg jogurta

- 2000 kg standardiziranog mlijeka s 2,8 % m.m.

- ▶ $G_{OM} = (40 - 2,8)/(40 - 0,1) \cdot 2000 = 1864,7$ kg obranog mlijeka s 0,1 % m.m.
- ▶ $G_{VRH} = 2000 - 1864,7 = 135,3$ kg vrhnja s 40 % m.m.

- U proizvodnji jogurta najčešće se koristi mlijeko s 15,5 % suhe tvari, a to se postiže dodatkom 3 % obranog mliječnog praha s 96 % suhe tvari. Jogurtna kultura dodaje se u količini od 3 %.

- ▶ $1000 \text{ kg} \times 0,03 = 30$ kg obranog mliječnog praha

- ▶ $(1000 + 30) \times 0,03 = 30,9$ kg jogurtne kulture

$$\sum 1000 + 30 + 30,9 = 1060,9 \text{ kg}$$

1060,9 kg čvrstog jogurta s 2,8 % m.m.

1060,9 kg tekućeg jogurta s 2,8 % m.m.

4.6.5. Proizvodnja kiselog vrhnja, maslaca i mliječnog namaza

- 400 kg kiselog vrhnja s 12 %

- ▶ $G_{OM} = (40 - 12)/(40 - 0,1) \cdot 400 = 280,7$ kg obranog mlijeka s 0,1 % m.m.

- ▶ $G_{VRH} = 400 - 280,7 = 119,3$ kg vrhnja s 40 % m.m.

- ▶ $m_v = 400$ kg vrhnja s 12 % m.m

- ▶ $400 \text{ kg} \times 0,03 = 12$ kg obranog mliječnog praha

▶ $(400 + 12) \times 0,03 = 12,36$ kg mezofilne kulture

$\Sigma 400 + 12 + 12,36 = \mathbf{424,4}$ kg kiselog vrhnja

➔ Preostalo vrhnje (941,2 kg) dijeli se na 2 dijela i koristi se u proizvodnji maslaca i mliječnog namaza.

- U proizvodnji maslaca dodaje se kultura mikroorganizama u količini od 3 %.

▶ $m_{\text{vrhnje}} = 470,6 \text{ kg} + (470,6 \times 0,03)$

$m_{\text{vrhnje}} = 484,7$ kg

$m_{\text{maslac}} = 1,17 \times 0,4 \times 484,7$

$m_{\text{maslac}} = \mathbf{226,8}$ kg maslaca [3]

- 470,6 kg vrhnja koristi se za proizvodnju mliječnog namaza

▶ $470,6 \text{ kg} \times 0,03 = 14,12$ kg obranog mliječnog praha

▶ $470,6 \text{ kg} \times 0,005 = 2,35$ kg kukuruznog škroba

▶ $(470,6 + 14,12 + 2,35) \times 0,03 = 14,61$ kg mezofilne kulture

$\Sigma 470,6 + 14,12 + 2,35 + 14,61 = \mathbf{501,7}$ kg mliječnog namaza

4.6.6. Proizvodnja svježeg posnog sira i konzumne sirutke

- Ostatak obranog mlijeka (7658,8 kg) koristi se u proizvodnji svježeg posnog sira
- Svježi posni sir: udjel masti u suhoj tvari = 10 %; prinos = 10,0 – 12,0 %
- U proizvodnji svježeg sira izdvoji se 80 – 90 % kisele sirutke (Tratnik i Božanić, 2012).

100 kg mlijeka \longrightarrow 9 kg sira

7658,8 kg mlijeka \longrightarrow X kg

$X = 689,29$ kg sira

Pri proizvodnji sira nastaju gubici od 1 %.

$m_{\text{sir}} = 682,4 \text{ kg svježeg posnog sira}$

Sir sadrži 2 % NaCl = **13,65 kg soli**

- Mlijeku se dodaje: 0,25 % kulture = **19,15 kg mezofilne kulture**

0,2 % CaCl₂ = **15,32 kg CaCl₂**

$$m_{\text{sirila}} = (7658,8 \times 40) / (10.000 \times 30) = \mathbf{1,02 \text{ kg sirila}} \quad [2]$$

→ Preradom 100 kg mlijeka dobije se 78 kg sirutke.

▶ $m_{\text{sirutka}} = (7658,8 * 78) / 100 = 5973,86 \text{ kg}$

▶ $V = \frac{m}{\rho} = \frac{5973,86}{1,023} = \mathbf{5839,6 \text{ L konzumne sirutke}}$

4.6.7. Ambalaža

- Mlijeko se pakira u boce od 1 litre.

$$V = 6000 / 1,028 = \mathbf{5836,6 \text{ L mlijeka}}$$

- a) Primarna ambalaža: $5836,6 \text{ L} \approx \mathbf{5836 \text{ punih boca}}$
- b) Sekundarna 6/1 ambalaža: $5836 / 6 \approx \mathbf{973 \text{ paketa}}$

- Čvrsti i tekući jogurt te kiselo vrhnje pakira se u čašice od 180 grama.

$$\Sigma = 2121,8 \text{ kg proizvedenog jogurta} + 424,4 \text{ kg vrhnja} = 2546,2 \text{ kg}$$

- a) Primarna ambalaža: $2546,2 / 0,180 = 14145,6 \approx \mathbf{14145 \text{ punih čašica i poklopaca}}$
- b) Sekundarna 30/1 ambalaža: $14145 / 30 \approx \mathbf{472 \text{ paketa}}$

- Maslac se pakira u ambalažu težine 0,250 kg, odnosno 250 grama.

- a) Primarna ambalaža: $226,8 \text{ kg} / 0,250 = 907,2 \approx \mathbf{907 \text{ komada}}$
- b) Sekundarna 15/1 ambalaža: $907 / 15 \approx \mathbf{60 \text{ paketa}}$

- Mliječni namaz pakira se u posudice od 0,100 kg, odnosno 100 grama.

- a) Primarna ambalaža: $501,7 \text{ kg} / 0,100 = 5017 \approx \mathbf{5017 \text{ punih posudica i poklopaca}}$
- b) Sekundarna 30/1 ambalaža: $5017 / 30 \approx \mathbf{167 \text{ paketa}}$

- Svježi posni sir pakira se u posudice od 0,5 kg, odnosno 500 grama.

- a) Primarna ambalaža: $682,4 \text{ kg} / 0,5 = 1364,8 \approx \mathbf{1364 \text{ punih posudica i poklopaca}}$
- b) Sekundarna 15/1 ambalaža: $1364 / 15 \approx \mathbf{91 \text{ paket}}$

- Sirutka se pakira u boce od 1 litre.

- a) Primarna ambalaža: $5839,6 \text{ L} \approx \mathbf{5839 \text{ punih boca}}$
- b) Sekundarna 6/1 ambalaža: $5839 / 6 \approx \mathbf{973 \text{ paketa}}$

4.6.8. Količina ulaznih sirovina i izlaznih proizvoda

Tablica 17. Dnevne/tjedne količine ulaznih sirovina i izlaznih gotovih proizvoda

DNEVNI ULAZ	DNEVNA PROIZVODNJA	AMBALAŽA	TJEDNA PROIZVODNJA	AMBALAŽA
▶ 15 000 L sirovog mlijeka s 3,7 % m.m.	2000 kg mlijeka s 3,2 % m.m. = 1945,5 L	5836 boca	9727,5 L pasteriziranog mlijeka s 3,2 % m.m.	29180 boca
▶ Mlijeko u prahu	2000 kg mlijeka s 2,8 % m.m. = 1945,5 L		9727,5 L pasteriziranog mlijeka s 2,8 % m.m.	
▶ Mezofilne kulture	2000 kg mlijeka s 0,9 % m.m. = 1945,5 L		9727,5 L pasteriziranog mlijeka s 0,9 % m.m.	
	1060,9 kg čvrstog jogurta s 2,8 % m.m.	14145 čašica i poklopaca	5304,5 kg čvrstog jogurta s 2,8 % m.m.	70725 čašica i poklopaca
	1060,9 kg tekućeg jogurta s 2,8 % m.m.		5304,5 kg tekućeg jogurta s 2,8 % m.m.	
	424,4 kg kiselog vrhnja		2122 kg kiselog vrhnja	
	226,8 kg maslaca 501,7 kg mliječnog namaza	907 paketića 5017 posudica i poklopaca	1134 kg maslaca 2508,5 kg mliječnog namaza	4535 paketića 25085 posudica i poklopaca
	682,4 kg svježeg posnog sira 5839,6 L	1364 posudica i poklopaca 5839 boca	3412 kg svježeg posnog sira 29198 L	6820 posudica i poklopaca 29198 boca
	konzumne sirutke		konzumne sirutke	

4.6.9. Logistički podaci i kapacitet skladišta

Tablica 18. Logistički podaci

Proizvod	<i>Mlijeko</i>	<i>Jogurt</i>	<i>Kiselo vrhnje</i>	<i>Mliječni namaz</i>	<i>Maslac</i>	<i>Svježi sir</i>	<i>Sirutka</i>
Količina	29182,5 L	10609 kg	2122 kg	2508,5 kg	1134 kg	3412 kg	29198 L
Jedinično pakovanje	1 L	180 g		100 g	250 g	500 g	1 L
Broj jediničnog pakovanja	29180 L	70 725		25085	4535	6820	29198
Transportno pakovanje	6 kom	30 kom		30 kom	15 kom	15 kom	6 kom
Paletno pakovanje	Euro paleta 1200 * 800 mm						
Broj transportnog pakovanja u jednom redu	18	15		15	15	8	18
Broj redova na paleti	5	8		16	6	5	5
Broj jediničnih pakovanja na paleti	540 kom	3600 kom		7200 kom	2250 kom	600 Kom	540 kom
Broj potrebnih paleta	55	20		4	3	12	55
UKUPNO				149			

KAPACITET SKLADIŠTA:

- 7 regala po 24 palete – ukupno 168 paleta
- Veličina regala: 6000 * 3600 * 1200 mm
- Dimenzije skladišta: visina: 7,5 m; širina: 10,95 m; duljina: 8 m
- Ukupno površina skladišta gotovih proizvoda: 87,6 m²
- Ekspedit gotovih proizvoda: 29,56 m²

4.7. ENERGETSKA BILANCA

U sljedećim tablicama prikazana je približna potrošnja energije u različitim postupcima prerade mlijeka.

Tablica 19. Potrošnja energenata ovisno o procesu prerade (Patel i Bhadania, 2016)

PROCES	Potrošnja energije				
	Toplina (para)			Električna energija	Ukupno
	kg cm ⁻²	kg pare/litra mlijeka	kcal/100 lit. mlijeka	kcal/100 lit. mlijeka	
Pasterizacija (90 % učinkovitosti)	3,0	0,012	750	103	853
Separacija	-	-	-	120	120
Homogenizacija	-	-	-	600	600
Bučkanje	3,25	0,021	1082	-	1082
Punjenje u boce/čашice	-	-	-	52 kcal/100 boca	52 kcal/100 boca
UKUPNO	6,25	0,033	1832	875	2707

Tablica 20. Potrošnja energenata rashladne stanice (Patel i Bhadania, 2016)

	Proces			Ukupno	3 % gubitka	Ukupno
	Prerada mlijeka	Pranje i hlađenje	Ostalo			
Para (kg h⁻¹)	273,703	215	5	493,703	14,81	508,51
Električna energija (kW h⁻¹)	52	80	50	182	5,46	187,46
Voda (L/L mlijeka)	0,5	1,0	0,25	1,75	0,0525	1,8025
Rashladni sustav (TR)	49,26	191,95	5	246,21	7,3863	253,5963
1 TR = 3023,95 kcal h⁻¹						

4.8. TEHNOLOŠKI PARAMETRI PROSTORIJA

U Tablici 21. prikazan je popis prostorija planiranog pogona, čija se površina prostire na 1229,68 m², uz navedenu adekvatnu temperaturu i vrstu poda te pripadajuću površinu svake prostorije. Prostor je planiran ovisno o rasporedu i dimenzijama uređaja te opreme, a osiguran je i manipulativni prostor koji omogućava nesmetano kretanje djelatnika i materijala.

Tablica 21. Tehnički parametri prostorija mljekare

POZICIJA	PROSTORIJA	TEMPERATURA (°C)	VRSTA PODA	POVRŠINA (m ²)
1.	Nadstrešnica – prijem i skladište sirovine	Nema režima	Beton	63
2.	Proizvodni pogon 1 - FMP	Nema režima	Industrijski pod	212,5
3.	Komore za inkubaciju i hlađenje	30 – 35 / 4 – 8	Industrijski pod	24
4.	Proizvodni pogon 2 – Sirana	Nema režima	Industrijski pod	80
5.	Proizvodni pogon 3 – Maslarna	Nema režima	Industrijski pod	80
6.	Skladište i ekspedit gotovih proizvoda	4 – 8	Industrijski pod	117,16
7.	CIP	Nema režima	Industrijski pod	10
8.	Spremište sanitacija	Nema režima	Industrijski pod	8
9.	Prostor za pranje	Nema režima	Industrijski pod	12
10.	Prostor s čistom ambalažom	Nema režima	Industrijski pod	12
11.	Skladište ostalih sirovina	Nema režima	Industrijski pod	12
12.	Prostor za punjenje viličara	Nema režima	Industrijski pod	14
13.	Prostor za kompresore	Nema režima	Industrijski pod	12
14.	Laboratorij	Nema režima	Keramičke pločice	18
15.	Blagovaona + kuhinja	Nema režima	Keramičke pločice	27
16.	Ženski garderobno – sanitarni blok	Nema režima	Keramičke pločice	24
17.	Muški garderobno – sanitarni blok	Nema režima	Keramičke pločice	24
18.	Skladište primarne ambalaže	Nema režima	Industrijski pod	36
19.	Skladište sekundarne i tercijarne ambalaže	Nema režima	Industrijski pod	28
20.	Ured direktora	Nema režima	Drveni pod	13,5
21.	Ured tehnologa	Nema režima	Drveni pod	13,5
22.	Ured računovođe i komercijalista	Nema režima	Drveni pod	13,5
23.	Soba za sastanke	Nema režima	Drveni pod	24
24.	WC za neproizvodne djelatnike	Nema režima	Keramičke pločice	12
25.	Kotlovnica	Nema režima	Industrijski pod	21,2
26.	Rashladna stanica	Nema režima	Industrijski pod	13,6
27.	Hodnik 1 + 2	Nema režima	Keramičke pločice	75,8
28.	Hodnik 3 + 4 + 5	Nema režima	Industrijski pod	160,44
29.	Mini dućan	Nema režima	Keramičke pločice	12

4.9. POTREBNA RADNA SNAGA

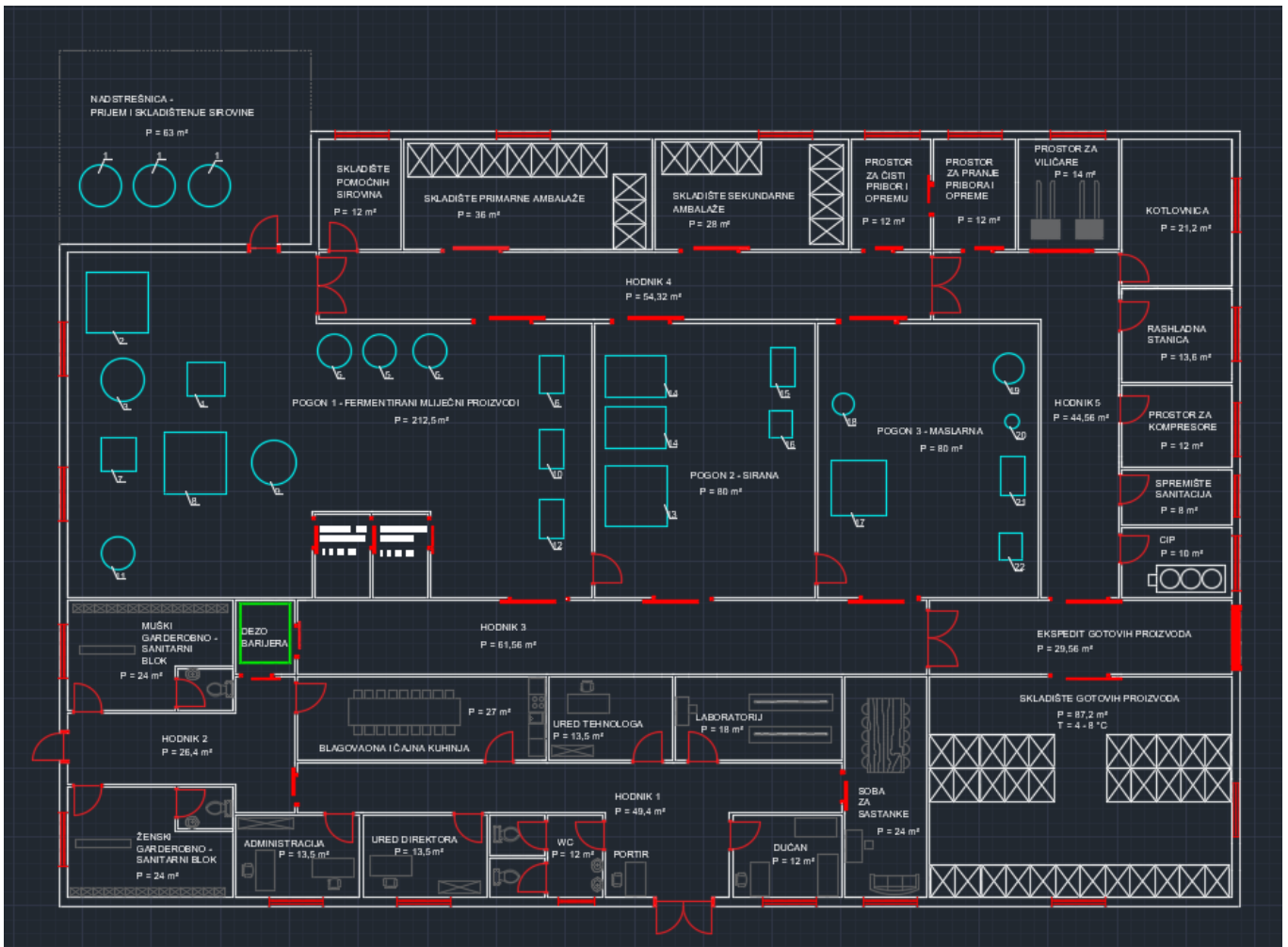
Budući da je u predviđenoj mljekari planiran rad u dvije smjene, potrebno je zaposliti 43 djelatnika. Petero visokoobrazovanih ljudi zapošljava se na pozicijama prehrambenih tehnologa, direktora, računovođe i poslovođe. Na mjestu tajnice i komercijalista moguće je zaposliti 2 osobe sa srednjom stručnom spremom, dok se na mjestu djelatnika u laboratoriju zapošljavaju 2 osobe s višom stručnom spremom. Zapošljavanje 22 osobe predviđeno je u proizvodnim dijelovima pogona – fermentirani mliječni proizvodi, sirana i maslarna. Na mjestu portira, djelatnika za održavanje te djelatnika u dućanu planirano je zapošljavanje petero ljudi srednje stručne spreme, a na mjestu skladištara i čistačica sedmero niže obrazovanih. Budući da je sirovina dostupna tijekom čitave godine, broj djelatnika bit će stalan, no moguće je mijenjanje njihovih radnih pozicija ovisno o potražnji i potrebama na proizvodnim linijama. Detaljniji prikaz vidljiv je u tablici.

Tablica 22. Prikaz broja zaposlenika prema radnim mjestima

ZAPOSLENICI	RADNO MJESTO	DJELATNICI		
		NKV	SSS	VSS
Tehnolog				2
Direktor				1
Tajnica			1	
Komercijalist (nabava, prodaja)			1	
Računovođa				1
Poslovođa				1
Djelatnici na proizvodnim linijama	Prihvat sirovina		2	
	Proizvodni pogon 1 – Fermentirani mliječni proizvodi		10	
	Proizvodni pogon 2 - Sirana		6	
	Proizvodni pogon 3 - Maslarna		4	
Djelatnici u laboratoriju				2
Skladištar		4		
Održavanje (električar, vodoinstalater)			2	
Djelatnica u dućanu	Prodavačica		1	
Čistačica		3		
Portir			2	
	UKUPNO		43	

4.10. TLOCRT MLJEKARE

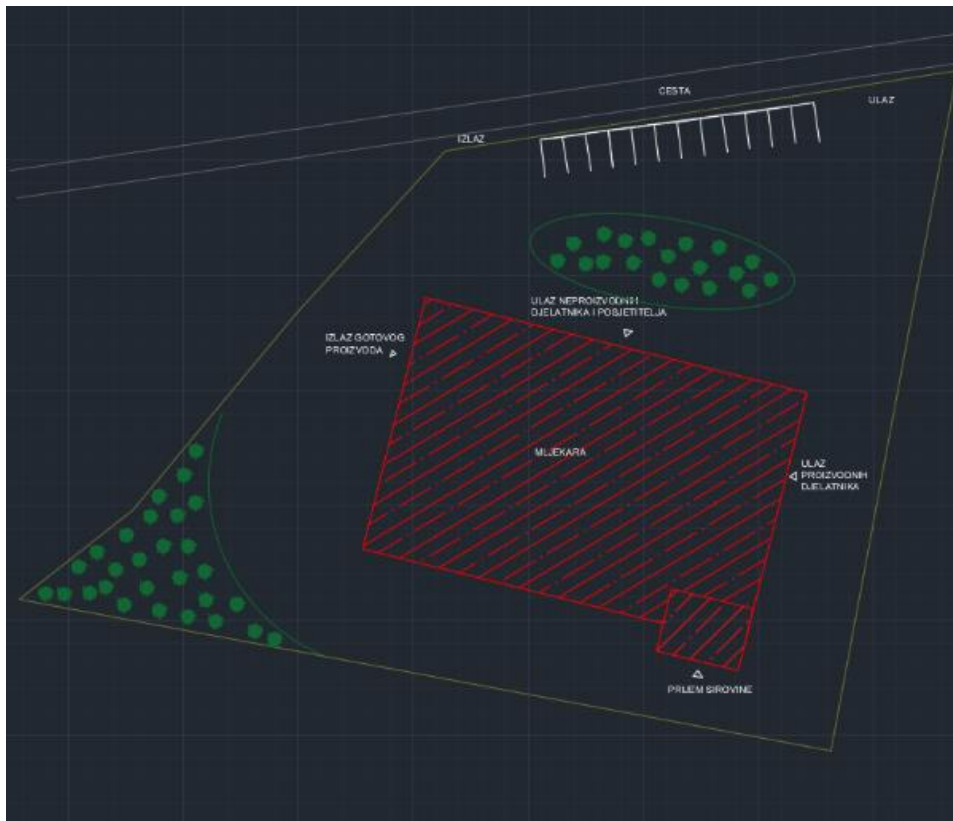
Na Slici 12. prikazan je tlocrt predviđenog pogona mljekare s odgovarajućim rasporedom prostorija, uređaja i opreme. Tlocrt je rađen u programu za tehničko crtanje AutoCAD.



Slika 12. Tlocrt pogona mljekare (vlastiti crtež)

4.11. SITUACIJSKI PLAN

Slika 13. prikazuje položaj planiranog objekta s obzirom na odabranu katastarsku česticu u poslovnoj zoni ZMG Konjščina 1 u Krapinsko – zagorskoj županiji. Prikaz je rađen u programu za tehničko crtanje AutoCAD.



Slika 13. Situacijski plan planiranog objekta (vlastiti crtež)

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad prijedlog je tehničko – tehnološkog rješenja pogona za preradu mlijeka i proizvodnju mliječnih proizvoda. Sukladno provedenoj raspravi i dobivenim rezultatima zaključeno je sljedeće:

1. Prerada mlijeka i proizvodnja mliječnih proizvoda ovisna je o mnogobrojnim čimbenicima kao što su stanje u primarnoj proizvodnji mlijeka, gospodarske prilike određene zemlje te kupovna moć potrošača. Osim toga, izrazito je bitna organiziranost mljekarske industrije, ponuda i kvaliteta dobivenih proizvoda te njihova tržišna cijena.

2. Na odabranoj katastarskoj čestici površine 3892 m², koja je smještena u Zoni malog gospodarstva Konjščina 1 (Općina Konjščina), projektiran je objekt mljekare kao samostojeća jednoetažna građevina površine 1229,68 m² što otvara mogućnost naknadnog proširenja planiranog objekta.

3. Proizvodni pogon projektiran je sukladno pravilima struke i odgovarajućeg zakonodavstva Republike Hrvatske te je podijeljen u tri izdvojene cjeline čime je izbjegnuto križanje čistih i nečistih puteva. Kapaciteti uređaja i opreme odabrani su na temelju dnevnih kapaciteta proizvodnje.

4. Preporučeni tehnološki proces uključuje standardizaciju mlijeka do 0,1 % mliječne masti nakon čega se ono miješa s vrhnjem radi dobivanja željenog udjela mliječne masti u gotovom proizvodu. Predviđena dnevna prerada je 15 000 litara mlijeka što rezultira tjednom proizvodnjom 29182,5 litara pasteriziranog mlijeka s različitim postocima mliječne masti, 10609 kg jogurta, 2122 kg kiselog vrhnja, 2508,5 kg mliječnog namaza, 1134 kg maslaca, 3412 kg svježeg sira te 29198 litara konzumne sirutke.

5. Ovisno o procesu prerade, elaboratom je predložena i potrošnja energenata. Približna potrošnja topline iznosi 6,25 kgcm⁻², odnosno 0,033 kg pare/litra mlijeka i 1832 kcal/100 litara mlijeka, dok je potrošnja električne energije 875 kcal/100 litara mlijeka.

6. Potrebna radna snaga te njihov stupanj obrazovanja biran je ovisno o potrebama određenih radnih mjesta te je sukladno tome u planiranom pogonu predviđeno zapošljavanje 43 djelatnika.

6. LITERATURA

Antunac, N., Havranek, J. (2013) Mlijeko – kemija, fizika i mikrobiologija (sveučilišni udžbenik u e-izdanju), Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Antunac, N., Hudik, S., Mikulec, N., Maletić, M., Horvat, I., Radeljević, B., Havranek, J. (2011) Proizvodnja i kemijski sastav Istarske i Paške skute, *Mljekarstvo* **61** (4), 326 – 335.

Antunac, N., Mikulec, N. (2018) Senzorska svojstva mlijeka i mliječnih proizvoda (priručnik), Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

APPRRR (2019), Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju, <<https://www.apprrr.hr/dodijeljeno-187-milijuna-kuna-za-izgradnju-i-opremanje-10-mini-mljekara/>>. Pristupljeno 12. travnja 2021.

Babić, J. (2007) Utjecaj acetiliranja i dodataka na reološka i termofizikalna svojstva škroba kukuruza i tapioke (doktorska disertacija), Prehrambeno-tehnološki fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.

Balbino, S. (2015) Tehnološko projektiranje (interna skripta), Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Bartholomai, A. (1987) Food Factories - Processes, Equipment, Costs. Weinheim

Berk, Z. (2018) Food process engineering and technology, 3. izd., Elsevier, Inc., London.

Bijeljac S., Sarić Z. (2003) Tehnologija mlijeka, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.

Borović, A., Vučemilović, R., Kršev, Lj., Tratnik, Lj. (1993) Kvaliteta i trajnost fermentiranog mliječnog proizvoda: uloga mljekarske kulture mikroorganizama. *Mljekarstvo* **43**, 267 – 276.

Božanić, R. (2015) Vrste sireva i značaj u prehrani ljudi. U: Sirarstvo u teoriji i praksi (Matijević, B., ured.), Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, str. 54.

Bylund, G. (1995) Dairy processing handbook, Tetra Pak, Processing Systems AB, Lund.

Carić, M., Milanović, S., Gavarić, D. (1979) Neki aspekti industrijske prerade sirutke. *Mljekarstvo* **29** (10), 232 – 236.

- Carlson, H., Jönsson, C. (2012) Separation of air bubbles milk in a deaeration process. Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden, str. 1 – 6.
- Cindrić, M. (1997) Proizvodnja svježeg sira Schulenburgovim postupkom. *Mljekarstvo* **47**, 195 – 199.
- Clark, J. P. (2005) Food Plant Design. *Food Eng.* **4**. U: Encyclopedia od Life Support Systems, (G. V. Barbosa – Canovas, G. V., ured.), EOLSS Publisher/UNESCO, Paris, str. 683 – 696.
- Cogan, T. M. (2011) Microbiology of Cheese. Elsevier.
- DZS (2020), Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, <https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2020/01-01-25_01_2020.htm?fbclid=IwAR2T3DWxVUmOxjKRO2HtoGm9TiRzNDRHoNnyth0_uZ1HoJF7YHQ2KjIP4JA>. Pristupljeno 12. travnja 2021.
- EURO – MILK (2020), <<http://www.euomilk.hr/>>. Pristupljeno 12. travnja 2021.
- Gregurek, Lj., Borović, A. (1997) Mljekarske kulture mikroorganizama u proizvodnji fermentiranih mlijeka. *Mljekarstvo* **47** (2), 103 – 113.
- HGK (2021), Hrvatska gospodarska komora, <<https://www.hgk.hr/zupanijska-komora-krapina/gospodarstvo-krapinsko-zagorske-zupanije>>. Pristupljeno 25. svibnja 2021.
- Jeličić I., Božanić R., Tratnik Lj. (2008) Napitci na bazi sirutke – nova generacija mliječnih proizvoda. *Mljekarstvo* **58** (3), 257 – 274.
- Katastar hr. (2021) <<https://www.katastar.hr/#/>>. Pristupljeno 31. svibnja 2021.
- Kirin, S. (2016) Sirarski priručnik, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
- Kršev Lj. (1995) Definicija i razlikovanje metoda toplinske obrade mlijeka. *Mljekarstvo* **45** (1), 39 – 45.
- Lopez-Gomez, A., Barbosa-Canovas, G.V. (2005) Food Plant Design, CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton/London/New York/Singapore.
- Ludbreška mljekara „ANTUN BOHNEC“ (2013) <<https://bohnec.hr/o-nama.html>>. Pristupljeno 12. travnja 2021.
- Lukač – Havranek J. (1994) Povijest mljekarstva u Hrvatskoj. *Mljekarstvo* **44** (4), 231 – 239.

- Markeš, M. (1980) Proizvodnja i prerada mlijeka u SR Hrvatskoj. *Mljekarstvo* **30** (10), 298 – 306.
- Maroulis, Z. B., Saravacos, G. D. (2007) *Food Plant Economics*, 1. izd., Pub. Locatio, Boca.
- Maroulis, Z. B., Saravacos, G. D. (2003) *Food process design*, Marcel Dekker, New York.
- Mini mljekara Veronika (2018) <<https://www.veronika.hr/o-nama/>>. Pristupljeno 12. travnja 2021.
- Naik, S. B., Kallurkar, S. (2016) A literature review on efficient plant layout design. *Int. J. of Ind. Eng.* **7** (2), 43 – 51.
- Općina Konjščina (2021), <http://konjscina.hr/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=70> Pristupljeno 25. svibnja 2021.
- Patel, S. M., Bhadania, A. G. (2016) *Dairy Plant Design & Layout*, Department of dairy engineering AAU, Anand.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., West, R. E. (2003) *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5. izd., Mc Graw-Hill, New York.
- Perić, J. (2014) Projektiranje procesa (skripta predavanja), Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, Split.
- Petričić, A. (1966) Projektiranje konzumnih mljekara, *Mljekarstvo* **16** (7), 131 – 139.
- Pravilnik o utvrđivanju sastava sirovog mlijeka (2020) *Narodne novine* **136**, Zagreb.
- Pravilnik o sirevima i proizvodima od sireva (2009) *Narodne novine* **20**, Zagreb.
- pSabadoš, D. (1998) Kontrola i ocjenjivanje kvalitete mlijeka i mliječnih proizvoda, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
- Samar, D. (2011) Fermentirana mlijeka, vrhnje i maslac, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Saravacos, G. D., Kostaropoulos, A. E. (2016) *Handbook of food processing equipment*, 2. izd., Springer Science+Business Media, LLC, New York.
- Sharma, A., Jana, A. H., Chavan, R. S. (2012) Functionality of milk powders and milkbased powders for end use applications – a review. *Food Sci. and Food Saf.* **11**, 518 – 528.

- Šef, F., Olujić, Ž. (1988) Projektiranje procesnih postrojenja, SKTH, KUI, Zagreb.
- Šumić, Z. (2008) Starter kulture u tehnologiji mlijeka, Enciklopedija/Tehnologija mleka. <<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/starter-kulture-u-tehnologiji-mlijeka>>. Pristupljeno 14. svibnja 2021.
- Šubarić, D., Babić, J., Ačkar, Đ. (2011) Tehnologija škroba, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- Tonković, K., Gregurek, Lj., Kršev Šurić, Ž. (2012) Laktoza intolerancija – mliječni proizvodi sa smanjenim sadržajem laktoze. 5. Stručni skup Funkcionalna hrana u Hrvatskoj, Zagreb, str. 18 – 21.
- Tratnik, Lj. (2003) Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne hrane, *Mljekarstvo* **53** (4), 325 – 352.
- Tratnik, Lj. (1998) Mlijeko - Tehnologija, biokemija i mikrobiologija. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
- Tratnik, Lj., Baković, D. (1979) Jogurt iz UF ugušćenog mlijeka. *Mljekarstvo* **29** (7), 151 – 155.
- Tratnik, Lj., Božanić, R. (2012) Mlijeko i mliječni proizvodi, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
- UREDBA (EU) br. 1308/2013 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 17. prosinca 2013. o uspostavljanju zajedničke organizacije tržišta poljoprivrednih proizvoda i stavljanju izvan snage uredbi Vijeća (EEZ) br. 922/72, (EEZ) br. 234/79, (EZ) br. 1037/2001 i (EZ) br. 1234/2007
- Vrbančić, M., Kalember, Đ., Nervo, V., Majhen, L., Čuklić, D., Tušek, T., Stručić, D. (2018) Prikaz broja isporučitelja i kvalitete mlijeka u Republici Hrvatskoj od uspostave Središnjeg laboratorija za kontrolu kvalitete mlijeka, Osijek.
- Weaver, C., Wijesinha-Bettoni, R., McMahon, D., Spence, L. (2013) Milk and dairy products as part of the diet. U: Milk and dairy products in human nutrition, 1. izd., (Bennett A., McMahon D., Muehlhoff E., ured.), Food and Agriculture Organization of the United Nations. str. 103 – 163.

Wijesinha-Bettoni, R., Burlingame, B. (2013) Milk and dairy product composition. U: Milk and dairy products in human nutrition, 1. izd., (Bennett A., McMahon D., Muehlhoff E., ured.), Food and Agriculture Organization of the United Nations, str. 41 – 64.

Wikipedija (2021) Krapinsko – zagorska županija, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Krapinsko-zagorska_%C5%BEupanija>. Pristupljeno 25. svibnja 2021.

Zakon o gradnji (2013) *Narodne novine* **153**, Zagreb.

Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (2013) *Narodne novine* **81**, Zagreb.

Zakon o hrani (2013) *Narodne novine* **81**, Zagreb.

7. PRILOZI

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.

Natalija Kuljak

Natalija Kuljak