Toplinska obrada mlijeka

Ban, Dolores

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:254675

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Dolores Ban

TOPLINSKA OBRADA MLIJEKA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij - Proizvodnja i prerada mlijeka

Dolores Ban

TOPLINSKA OBRADA MLIJEKA

DIPLOMSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Neven Antunac

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____

s ocjenom _____ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Neven Antunac _____
2. Prof. dr. sc. Samir Kalit _____
3. Izv. prof. dr. sc. Alen Džidić _____

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Nevenu Antuncu na stručnoj pomoći, iznimnoj susretljivosti i svim korisnim savjetima tijekom pisanja diplomskog rada.

Također, zahvalu upućujem i članovima Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada prof. dr. sc. Samiru Kalitu i izv. prof. dr. sc. Alenu Džidiću.

Hvala mojoj obitelji koja mi je bila velika podrška tijekom školovanja.

SAŽETAK

Toplinska obrada mlijeka

Sirovo mlijeko nakon mužnje sadrži veći ili manji broj mikroorganizama. Međutim, ako tijekom ili nakon mužnje u mlijeko dospiju mikroorganizmi iz neposredne okoline, njihov broj u sirovom mlijeku može narasti do nekoliko stotina tisuća/mL. Prema *Pravilniku o kakvoći svježeg sirovog mlijeka* (2000), mlijeko mora sadržavati manje od 100.000 mikroorganizama/mL. Mlijeko i mliječni proizvodi nezamjenjiva su komponenta u proizvodnom lancu hrane. Potrošači mlijeko i mliječne proizvode konzumiraju kao gotove proizvode ili ih koriste za pripremu različitih vrsta jela. Zbog sigurnosti potrošača obavezna je toplinska obrada mlijeka kada se ono prerađuje iz otkupa, jer sirovo mlijeko može sadržavati patogene mikroorganizme, koji su veoma opasni za ljudsko zdravlje. Stoga se u pogonu svake mljekare, koja otkupljuje mlijeko, provodi obavezna toplinska obrada sirovog mlijeka u svrhu uništenja patogenih i što većeg broja ostalih vegetativnih mikroorganizama ili prisutnih spora te radi inaktivacije enzima. Cilj toplinske obrade je produljenje trajnosti mlijeka te dobivanje zdravstveno sigurnih proizvoda, a da se pritom očuva njegova hranjiva vrijednost. Sterilizacija mlijeka se provodi za inaktivaciju spora i pri tome se primjenjuju temperature više od 100ºC.

Cilj rada je opisati vrste toplinske obrade mlijeka i uvjete pod kojima se ona provodi. U radu su prikazane faze kroz koje prolazi mlijeko u mljekari, od hlađenja pa sve do završne toplinske obrade. Detaljno su opisane pasterizacija i sterilizacija. Navedeni su utjecaji toplinske obrade na promjene kemijskog sastava i svojstva mlijeka, enzimatsku aktivnost te na količinu i kvalitetu proizvedenog sira. Također je opisan rad izmjenjivača topline, kao i postupak pranja i dezinfekcije linije za pasterizaciju.

Ključne riječi: *izmjenjivač topline, pasterizacija, sterilizacija, toplinska obrada*

SUMMARY

Heat treatment of milk

After milking raw milk contains microorganisms. During the milking or in the period after milking microorganisms could reach milk and their number in raw milk can raise to sevral hundred thousand/mL. According to the Regulations on quality of the fresh raw milk (2000), the milk must contain up to 100 000 microorganisms/mL. Milk and dairy products are indispensable componentin the food chain. Consumers consume milk and dairy products as final products or use them for the preparation of various food. For the safety of the consumers, heat treatment of milk is required when milk is collected from the far, since raw milk can contain pathogenic microorganisms, which are harmfull for human health. Therefore, the operations of each dairy implement require heat treatment of raw milk to destroy the pathogens and of a large number of the other microorganisms or the present dispute and to inactivate the enzyme. The aim of heat treatment is to prolong shelf life of milk to obtain a safe product, and that it preserves nutritional value. Sterilization of milk is conducted to inactivation of the dispute and thereby the applied temperature of more than 100˚C.

Aim of this thesis is to described the type of heat treatment of milk and the conditions under which it is conducted as well as to show the technological steps, from cooling to the final heat treatment. Pasteurization and sterilization are described in detail. Treatment influences on chemical composition and other properties of milk, enzymatic activity and the quantity and quality of the produced cheese, that were described to. Also the work of heat exchangers, as well as the washing and disinfection lines for pasteurization of milk were described.

Keywords: *heat exchange, heat treatment, pasteurization, sterilization*

SADRŽAJ

1. UVOD.....1
2. PREGLED LITERATURE.....2
2.1. Prijem mlijeka u mljekari.....2
2.2. Postupci mehaničke obrade mlijeka.....3
2.2.1. Separacija mliječne masti.....3
2.2.1.1. Standardizacija mliječne masti.....4
2.2.2. Klarifikacija (filtracija) mlijeka.....4
2.2.3. Baktofugacija mlijeka.....5
2.2.4. Homogenizacija mlijeka.....6
2.2.5. Deaeracija ili deodorizacija i hlađenje mlijeka.....8
2.3. Postupci toplinske obrade mlijeka.....8
2.3.1. Termalizacija.....9
2.3.2. Pasterizacija.....10
2.3.2.1. Proizvodnja pasteriziranog mlijeka.....11
2.3.3. Proizvodnja steriliziranog mlijeka.....12
2.3.3.1. Izravni (direktni) postupak sterilizacije mlijeka.....13
2.3.3.2. Neizravni (indirektni) postupak sterilizacije mlijeka.....15
3. IZMJENA TOPLINE I VRSTE UREĐAJA.....16
3.1. Duplikator.....16
3.2. Izmjenjivač topline.....17
3.3. Autoklav.....23
3.4. Hidrostatičk tunel.....24
3.5. Izmjena topline.....25
4. DJELOTVORNOST TOPLINSKE OBRADE.....27
5. POSTUPAK PRANJA I DEZINFEKCIJE LINIJE ZA PASTERIZACIJU.....36
6. ZAKLJUČAK.....39
7. LITERATURA.....40
8. ŽIVOTOPIS.....42

1. UVOD

Mlijeko je najpotpunija prirodna tekućina, jer sadrži sve tvari neophodne za normalno funkcioniranje ljudskog organizma i za očuvanje zdravlja. Za održavanje zdravlja ljudi potrebni su mnogi sastojci koji hranom moraju biti uneseni u organizam, a nalaze se u manjem ili većem udjelu u mlijeku, ali nažalost nijedna se druga namirnica ne kvari kao mlijeko. Ako želimo ostvariti što je moguće bolju kvalitetu mlijeka i mliječnih proizvoda, trebaju se poduzeti sve moguće mjere opreza na putu od sirovog mlijeka (muzne životinje) do mljekare (prerade). Toplinskom obradom mlijeka produljuje se trajnost proizvodu i uništavaju patogeni mikroorganizmi opasni po ljudsko zdravlje. Toplinski obrađeno mlijeko vrlo je hranjiva namirnica koju treba koristiti uz obroke, jer pruža energiju i olakšava probavu konzumirane hrane.

Toplinska obrada mlijeka pri temperaturama do 100ºC naziva se pasterizacija, a pri temperaturama višim od 100ºC sterilizacija. Naziv pasterizacija uveden je u spomen francuskom kemičaru Louis Pasteur-u, koji je 1864./1865. godine otkrio da se zagrijavanjem vina na temperaturama od 50 do 60ºC uništavaju mikroorganizmi odgovorni za nepravilnu fermentaciju. Kasnije je isti pokus napravio s pivom i s mlijekom, točnije 1882. godine. Interes javnog zdravstva za smanjenje opasnosti vezanih uz potrošnju mlijeka povećavao se tijekom ranih 1900.-ih. Pasterizacija je prihvaćena u razvijenim zemljama nakon završetka II. svjetskog rata. Zanimljivo je da se u Japanu pasterizacija počela primjenjivati tek 1998. godine. Danas se u svijetu čak 1/3 proizvoda proizvodi isključivo od sirovog mlijeka. Takav način proizvodnje vezan je isključivo za mala obiteljska gospodarstva (Ryser, 2002.).

Mikrobiološki visoki standard mliječnih proizvoda može se očekivati samo ako je sirovo mlijeko proizvedeno pod određenim higijenskim uvjetima i strogu kontrolu i pozornost u svim fazama proizvodnog lanca, od mužnje do finalnog proizvoda. Veliku pozornost treba obratiti na kontroliranje higijene svih uređaja i linija s kojima mlijeko dolazi u kontakt.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Prijem mlijeka u mljekari

Neposredno nakon mužnje sirovo mlijeko je toplo i treba ga što prije ohladiti do temperature od 4ºC (najkasnije dva sata nakon mužnje). Transport mlijeka do mljekare treba se provoditi u kamion-cisternama, od nehrđajućeg materijala, opremljenim uređajem za hlađenje i miješanje mlijeka. Odjeljenje za prijem mlijeka može biti otvoreno ili zatvoreno, ali dovoljno veliko da u njega stanu bazeni ili spremnici za sirovo mlijeko. U uvjetima tople i vrlo hladne klime prostor za prijem mlijeka valja zaštititi od utjecaja vjetra, oborina, sunca i prašine. Mlijeko koje mora čekati na preuzimanje ne smije se izlagati izravnom utjecaju sunca ili zamrzavanju. Silosi za sirovo mlijeko i manji dio prostora za preuzimanje mlijeka mogu se nalaziti u prostoru oko mljekare. Odjeljenje za prijem valja orijentirati prema zapadu kako bi se izbjegao utjecaj sjevernih vjetrova i jutarnjeg sunca (Miletić, 1994.). Prije obrade sirovo mlijeko treba podvrgnuti određivanju fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara kvalitete:

- provjeri svježine mlijeka (proba sa 72% etilnim alkoholom),
- određivanju točke ledišta (krioskopom),
- određivanju gustoće (laktodenzimetrom ili piknometrom),
- testu na prisutnost antibiotika,
- određivanju kiselosti (ionometrijska ili titarcijska kiselost u ºSH),
- određivanju udjela masti (Gerberovom metodom),
- određivanju ostalih sastojaka (standardni postupci ili mjerenje uređajem Milkoscan),
- određivanju broja živih mikroorganizama (broj izraslih kolonija na hranjivom agaru-CFU/mL ili mjerenjem broja živih stanica uređajem Bactoscan),
- određivanju broja somatskih stanica/mL (mjerenje uređajem Fossomatic).

Nakon provedenih analiza i dobivenih rezultata, sirovo mlijeko se razvrstava za preradu u željeni mliječni proizvod, ako zadovoljava uvjetima propisanim *Pravilnikom o kakvoći svježeg sirovog mlijeka* (2000.):

- da sadrži najmanje 3,2% mliječne masti,
- da sadrži najmanje 3,0% bjelančevina,
- da sadrži najmanje 8,5% suhe tvari bez masti,
- da mu je gustoća od 1,028 do 1,034 g/cm^{3}pri temperaturi od 20ºC,

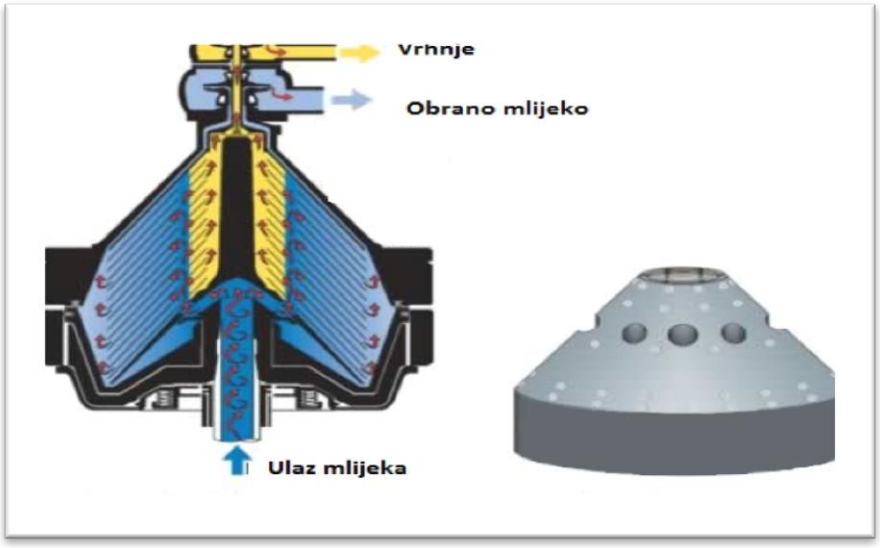
- da mu je kiselinski stupanj od 6,6 do 6,8ºSH i pH-vrijednost od 6,5 do 6,7,
- da mu točka ledišta nije viša od -0,517ºC,
- da mu je rezultat probe sa 72% etilnim alkoholom negativan.

2.2. Postupci mehaničke obrade mlijeka

Odvajanje mehaničkih nečistoća, bakterija i mliječne masti iz mlijeka može se provoditi u centrifugalnom separatoru. Separatori za odvajanje mehaničke nečistoće nazivaju se klarifikatori, za bakterije baktofuge, a za odvajanje mliječne masti koriste se separatori za vrhnje. Djelotvornije uklanjanje bakterija postiže se membranskim postupkom – mikrofiltracijom mlijeka.

2.2.1. Separacija mliječne masti

Separacija se provodi u separatorima, koji rade na principu centrifugalne sile. Odvajaju tvari na osnovu različite gustoće. Bakterije i mehaničke nečistoće imaju veću gustoću od mlijeka, a mliječna mast manju. Dijelovi separatora su: bubanj, mehanizam koji pokreće separator, cjevovod za dovod mlijeka i cjevovodi za odvod obranog mlijeka, vrhnja, bakterija. Separatori se razlikuju prema glavnim dijelovima, konstrukciji i uvjetima rada. Od 1935. godine u upotrebi su hermetički zatvoreni separatori za vrhnje. Princip rada separatora je sljedeći: mlijeko iz cjevovoda ulazi u separator pa tijekom obiranja ne dolazi do ulaska zraka u mlijeko i ne stvara se pjena. Mlijeko se u separatoru zadržava 5-10 minuta. Bubanj separatora (slika 1.), puni se mlijekom. Okretanjem bubnja separatora mlijeko se raspoređuje, kroz otvore na plaštu tanjurića, između stijenki tanjurića. Mliječna mast manje gustoće kreće se prema osi rotacije, a obrano mlijeko veće gustoće prema obodu bubnja. Ubrzanjem okretanja bubnja povećava se centrifugalna sila i izdvajanje masti iz mlijeka. Mliječna mast se iz mlijeka odvaja kao vrhnje, kroz odvod za vrhnje, a obrano mlijeko kroz drugi odvod. Zajedno s bakterijama i somatskim stanicama, mehaničke nečistoće u mlijeku su teže i formiraju tzv. taložni mulj, koji se uklanja svakih 30-60 minuta (Tratnik,1998.).



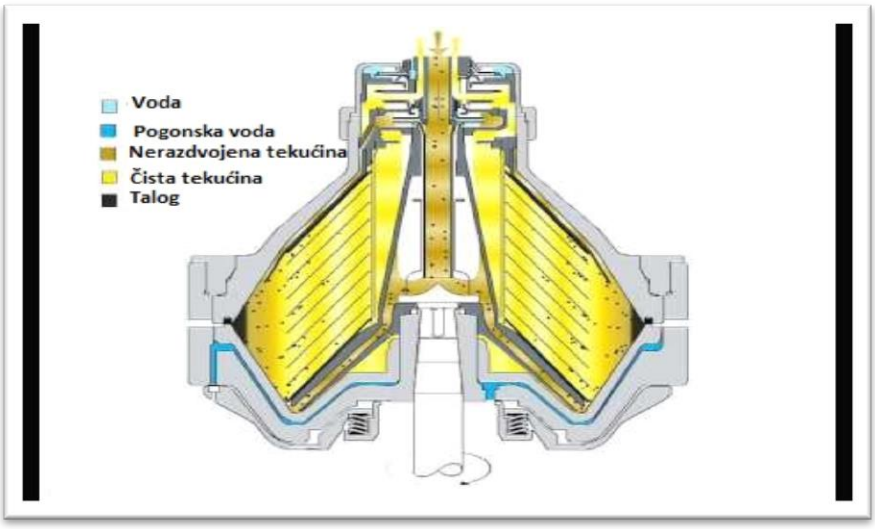
Slika 1. Bubanj hermetičkog separatora za vrhnje i sekcija za odjeljivanje globula mliječne masti (Izvor: http://www.azaquar.com/en/comment/reply/133)

2.2.1.1. Standardizacija udjela mliječne masti

Standardizacija mlijeka ili vrhnja provodi se automatski, izravno u liniji, u kombinaciji sa separacijom. Ako se želi standardizirati samo vrhnje, pomiješati će se s odvojenim obranim mlijekom u određenom omjeru. Kod standardizacije, mlijeko se miješa s određenom količinom vrhnja, a može se istodobno standardizirati izlazno mlijeko i vrhnje. Želi li se smanjiti udio mliječne masti, pomiješati će se punomasno mlijeko s obranim mlijekom, a ako se želi povećati udio mliječne masti, pomiješati će se punomasno mlijeko i vrhnje. Za željeni udio mliječne masti, miješa se obrano mlijeko i vrhnje (Sarić, 2007.).

2.2.2. Klarifikacija (filtracija) mlijeka

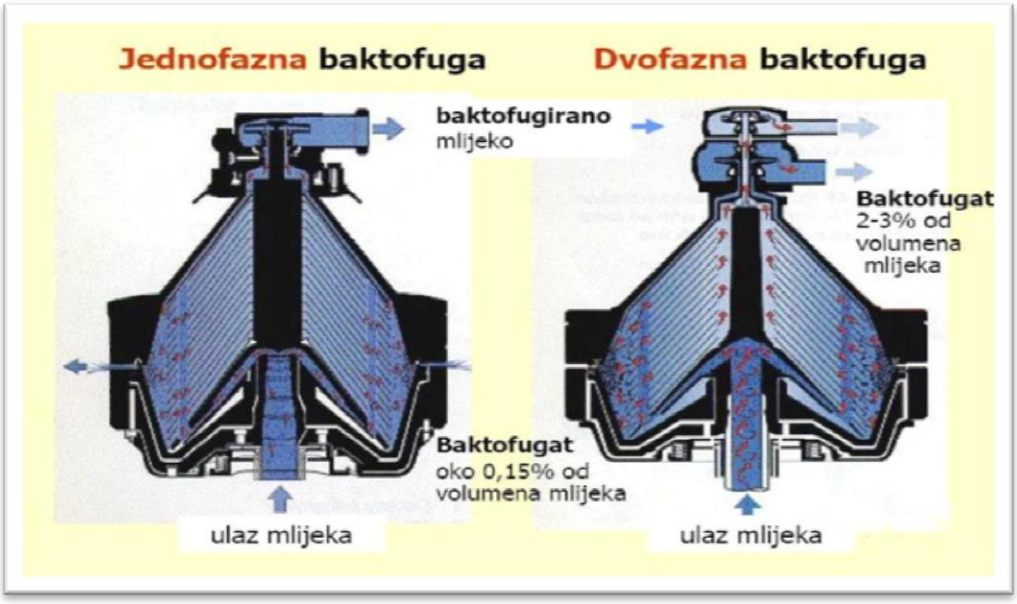
Provodi se pomoću različitih filtera koji se nalaze u liniji prerade mlijeka. Klarifikatori su slični separatorima, ali nemaju otvore na plaštu tanjura kao separatori. Ako ih imaju nalaze se na rubu tanjura i mali su. Klarifikatori (slika 2.) imaju samo jedan odvod za pročišćeno mlijeko, ali im je kapacitet dvostruko veći, a broj okretaja bubnja za 2/3 manji u odnosu na separatore. Također rade na principu centrifugalne sile. Stanice mikroorganizama, leukociti i mehaničke nečistoće mlijeka odbacuju se prema obodu bubnja, a mlijeko prema osi rotiranja u središte bubnja, prema odvodu za izlaz pročišćenog mlijeka. U praksi se rijetko koriste, jer su separatori samopročistaći (Jacobsen i Olson, 1931.).



Slika 2. Klarifikator (Izvor: https://www.youtube.com/watch?v=MqsngHOmS10)

2.2.3. Baktofugacija mlijeka

Baktofuge služe za odvajanje bakterija veće gustoće od mlijeka. Sporogene bakterije su najteže pa se najlakše odstranjuju, radi toga se baktofuge koriste za poboljšanje bakteriološke kvalitete mlijeka. Otvori baktofuga nalaze se pri kraju tanjura, gdje se mlijeko odvaja od taloga bakterija. Broj okretaja baktofuga je 2-3 puta veći od okretaja separatora za vrhnje. Baktofugacija se provodi pri 55-60ºC. Razlikujemo jednofazne i dvofazne baktofuge, koje su vidljive na slici 3. Jednofazne imaju jedan odvod za baktofugirano mlijeko na vrhu, a baktofugat (talog bakterija) se skuplja sa strane pri dnu bubnja. Dvofazne baktofuge imaju dva otvora pri vrhu bubnja. Jedan za odvod baktofugiranog mlijeka i jedan za odvod baktofugata. Baktofugacijom se može izdvojiti 80-90% bakterija te 90-95% spora. Ako se primjenjuju dvije baktofuge u seriji, moguće je izdvojiti više od 99% termorezistentih spora. Pri višoj temperaturi baktofugacije, osim baktofugata dolazi i do odvajanja micela kazeina. Da se izbjegnu gubitci kazeina i mlijeka, baktofugat se sterilizira i vraća u baktofugirano mlijeko. Baktofugacija sirutke se provodi nakon uklanjanja zaostalih čestica kazeina i separacije masti. Baktofugacija se najčešće koristi u proizvodnji sireva, ali se sve više koristi u proizvodnji konzumnog pasteriziranog mlijeka u svrhu produljenja trajnosti, ako se primjenjuje niži režim pasterizacije ili je mlijeko lošije mikrobiološke kvalitete (Kaštelan, 1963.).



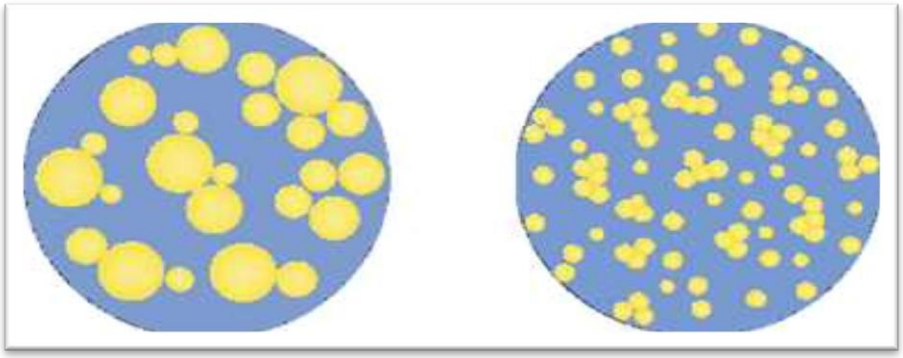
Slika 3. Jednofazna i dvofazna baktofuga (Izvor: Tratnik i Božanić, 2012.)

2.2.4. Homogenizacija mlijeka

Homogenizacija je postupak usitnjavanja i izjednačavanja veličine globula mliječne masti u mlijeku, pod utjecajem visokog tlaka radi veće stabilnosti emulzije masti u mlijeku (Tratnik, 1998.).

Uređaj u kojem se provodi homogenizacija naziva se homogenizator. Sastoji se od postolja, poklopca i visokotlačnih crpki s elektromotorom za pogon. Glavni dio uređaja je homogenizacijska glava s ventilima. Masne globule se usitnjavaju, jer mlijeko prolazi kroz otvore ventila pod visokim tlakom. Nagle promjene tlaka i brzine su intenzivna mehanička obrada mlijeka, pri čemu dolazi do rastezanja globula masti pri ulasku u otvor ventila, a pri izlasku dolazi do turbulencije mlijeka i do razdvajanja globula u sitnije. Za oblikovanje membrana novonastalih globula utroši se dio proteina iz plazme mlijeka. To potvrđuje različit sastav membrana masti u mlijeku prije i nakon homogenizacije. Manje globule masti sadrže više proteina, posebice kazeina pa je homogenizirano mlijeko izrazito bijele boje. Homogenizacija se provodi pod tlakom od 15 do 30 Mp u jednofaznom ili višefaznom homogenizatoru, a najčešće u dvofaznom. Kod dvofazne homogenizacije mlijeko prolazi kroz prvi ventil pod većim tlakom, a zatim kroz drugi ventil pod manjim tlakom. Povišenjem tlaka povećava se usitnjenost masnih globula. U prvom stupnju nastaju manje masne globule u nakupinama, a u drugom se globule masti dispergiraju kroz mlijeko, što je vidljivo na slici 4.

Velika prednost dvofazne homogenizacije je sprječavanje mogućnosti ponovnog spajanja masnih globula, što u konačnici rezultira stabilnijim proizvodom. (Wilbey, 2002.).



Slika 4. Sirovo nehomogenizirano mlijeko i homogenizirano mlijeko u prvom stupnju homogenizacije

(Izvor: http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnoloski-proces-proizvodnje-jogurta)

Homogenizacija uzrokuje niz fizikalno-kemijskih promjena u mlijeku:

- intenzivniju bijelu boju (globule masti s više kazeina i veći broj globula koje reflektiraju i prelamaju svjetlost),
- veću viskoznost (adsorpcija proteina iz plazme mlijeka na novonastalu veću ukupnu površinu globula masti),
- veću površinsku napetost (uklanjanje aktivnih tvar iz vodene faze mlijeka),
- smanjenu sposobnost koagulacije kazeina (smanjene micele i gubitak dijela slobodnog kazeina iz mlijeka, jer se utroši za regeneraciju membrana novonastalih globula masti),
- smanjeni osmotski tlak i točku ledišta mlijeka,
- smanjenu sklonost oksidacije masti (prooksidansi – ksantinoksidaza i metali oslobađaju se iz membrane masti i rasprostiru kroz plazmu mlijeka),
- povećanu sklonost lipolize (veća ukupna površina masti olakšava dodir s lipazma),
- smanjenu stabilnost proteina (promjene slične denaturaciji i poremećaj ravnoteže soli).

Homogenizirano mlijeko je lakše probavljivo zbog smanjenih globula masti pa i micela kazeina. Punijeg je okusa i homogene konzistencije, ali zbog poremećaja nekih tehnoloških svojstava mlijeka, ne preporuča se u proizvodnji sira, a nikada se ne provodi u proizvodnji maslaca (Tratnik i Božanić, 2012.).

2.2.5. Deaeracija ili deodorizacija i hlađenje mlijeka

Mlijeko sadrži i plinove koji su kemijski vezani ili otopljeni u mlijeku. Najviše sadrži CO_2, a najmanje O_2. Dispergirani zrak uzrokuje najviše problema, jer povećava volumen mlijeka te smanjuje djelotvornost pasterizacije ili obiranja masti u separatoru. Pri zaprimanju mlijeka zrak se uklanja odjeljivačem zraka, a u procesu proizvodnje deaeratorom ili deodorizatorom. Deaerator se u proizvodnoj liniji nalazi iza pasterizatora. Nakon predgrijavanja mlijeko iz pasterizatora ulazi u deaerator s ugrađenim kondenzatorom. Temperatura mlijeka se snižava te dolazi do isparavanja otopljenog zraka. Mlijeko kroz otvor ulazi u deaerator pa nastaje talog sloja mlijeka na stjenki deaeratora. Para iz mlijeka pri ulasku u deaerator ubrzava protok mlijeka prema dnu deaeratora. Prilikom izlaska mlijeka, njegova brzina se smanjuje. Para koja je nastala prolaskom kroz deaerator ukapljuje se i opada u mlijeko, a zrak zajedno s plinovima izlazi iz deaeratora. Tim postupkom se uklanjaju plinovi i lako hlapljive tvari koje mlijeko apsorbira iz okoline, a utječu na strani okus i miris (Carlson i Jőnsson, 2012.). Hlađenje se provodi u cijevnim ili pločastim izmjenjivačima topline, neizravnim hlađenjem rashladnog sredstva preko cijevi ili ploča (Tratnik i Božanić, 2012.).

2.3. Postupci toplinske obrade mlijeka

Toplinska obrada mlijeka provodi se u svrhu uništenja svih patogenih i većine ostalih vegetativnih mikroorganizama ili spora i radi inaktivacije prisutnih enzima. Vegetativne stanice većine patogenih bakterija vrlo su osjetljive na toplinu i mogu se uništiti pri niskim temperaturama pasterizacije (63ºC/30 min. ili 72ºC/15 s), dok je za neke termofilne potrebno zagrijavanje i nekoliko minuta pri temperaturama višim od 80ºC. Određene kombinacije temperature i vremena (110ºC/30 min.), (130ºC/30 s) ili (140ºC/1 s) osnovni su uvjeti postupka sterilizacije mlijeka i obično su dovoljni za uništenje svih mikroorganizama, uključujući i prisutne spore. U usporedbi s bakterijama, stanice i spore nekih kvasaca i plijesni manje su otporne na djelovanje topline. Vegetativne stanice kvasaca mogu biti uništene i pri temperaturi od 55ºC, ali tek za 10-12 minuta. Vegetativne stanice i spore kvasaca uništavaju se pasterizacijom pri temperaturi od 71,7ºC za približno 15 sekundi. Za uništenje većine stanica plijesni i njihovih spora također je dovoljno zagrijavanje pri temperaturi od 60 do 65ºC tijekom 5-10 min (Tratnik i Božanić, 2012.). Vrste toplinske obrade prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Vrste toplinske obrade (Izvor: Sarić, 2007.)

Vrsta procesa	Temperatura (ºC)	Trajanje
Termalizacija	63-65	15 s
LTLT, niska, pasterizacija mlijeka	63-65	30 min.
HTST, srednja kratkotra-jna pasterizacija mlijeka	72-75	15-20 s
HTST, visoka, kratkotra-jna pasterizacija vrhnja	>80	1-5 s
Ultra pasterizacija (ESL)*	125-138	2-4 s
Sterilizacija u protoku[1] (UHT)**	135-140	nekoliko s
Serilizacija u ambalaži[2]	115-120	20-30 min.

**ESL (Extended Shelf Life) – produljen vijek trajanja pri ≤7ºC za tekuće proizvode u Kandi, SAD-u i nekim zemljama EU-a*

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

[1]izravno zagrijavanje (mlijeko u paru ili para u mlijeko) ili neizravno zagrijavanje

[2] šaržna u autoklavu, a kontinuirana u okomitom ili vodoravnom tunelu sterilizatora

Termalizacija je proces koji se odvija pri temperaturama od 63 do 65ºC u trajanju od 15 sekundi. Niska pasterizacija se odvija pri istoj ili sličnoj temperaturi kao i termalizacija, ali vremenski je puno duža (30 min.). Srednja, kratkotrajna pasterizacija traje samo od 15 do 20 sekundi, a odvija se u temperaturama od 72 do 75ºC. Kod visoke kratkotrajne pasterizacije, koja traje do 5 sekundi, temperatura mora biti veća od 80ºC. Ultra pasterizacija mora se provoditi pri visokim temperaturama, od 125 do 138ºC i to u trajanju svega od 2 do 4 sekunde. Sterilizacija u protoku je vrlo kratkotrajan proces koji se odvija u samo par sekundi, pri temperaturama od 135 do 140ºC. Pri sterilizaciji u ambalaži, temperature su također velike (od 115 do 120ºC), ali je vrijeme trajanja dugo (od 20 do 30 minuta). Svaka vrsta toplinske obrade navedena u tablici 1., detaljnije je opisana u nastavku rada.

2.3.1. Termalizacija

Termalizacija je zagrijavanje mlijeka do temperatura uključenih u definiciju niske pasterizacije mlijeka (Miletić, 1994.). Provodi se pri temperaturi od 57 do 68ºC tijekom 15 do 60 sekundi, ali se češće primjenjuje od 62 do 68ºC u trajanju od 15 sekundi. Privremeno

inhibira rast bakterija, a enzime fosfataze ne inaktivira. Ona ne može biti zamjena za pasterizaciju. U nekim je zemljama dvostruka pasterizacija zabranjena pa se prije duljeg čuvanja mlijeka (2-3 dana) primjenjuje samo termalizacija koja ne uzrokuje ireverzibilne promjene sastojaka (Stepaniak i Rukke, 2002.).

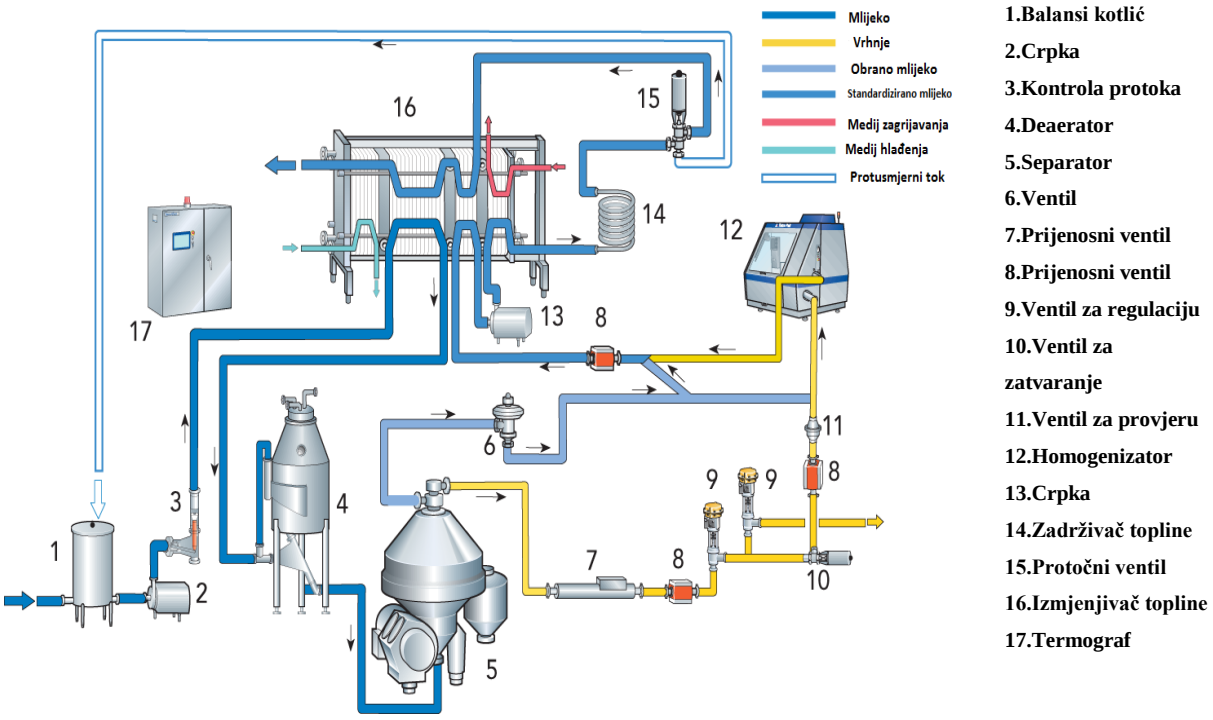
2.3.2. Pasterizacija

Pasterizacija je proces primijenjen na proizvod s ciljem minimaliziranja mogućih zdravstvenih rizika od strane patogenih mikroorganizama, povezanih s mlijekom pomoću toplinske obrade koja pogoduje minimalnim kemijskim, fizikalnim i organoleptičkim promjenama proizvoda (Meunier-Goddik i Sandra, 2002.).

Postupkom pasterizacije određuje se temperatura i minimalno trajanje toplinske obrade mlijeka potrebno da se unište sve patogene bakterije i većina ostalih vegetativnih mikroorganizama te da se inaktiviraju enzimi, a da hranjiva vrijednost mlijeka ostane očuvana. Postoje 4 vrste pasterizacije. Niska dugotrajna pasterizacija (63-65ºC/30 min.) rijetko se primjenjuje u industriji, jer dugo traje, pogonski troškovi su veliki, a učinak relativno mali. Srednja kratkotrajna pasterizacija (72-75ºC/15-20 s) preporuča se u proizvodnji pasteriziranog kozumnog mlijeka. Ako se primjenjuje temperatura zagrijavanja mlijeka iznad 80ºC, tada se radi o visokoj pasterizaciji koja se provodi za pasterizaciju vrhnja. Visoka pasterizacija mlijeka za fermentirana mlijeka (85-95ºC/5-10 min. ili dulje) provodi se da se postigne kontrolirana fermentacija te interakcija proteina sirutke s kazeinom. Ultra pasterizacija se provodi kad je potreban poseban rok trajnosti. Nekim proizvođačima su dva dodatna dana dovoljna, dok drugi teže daljnjem produljenju od 30 do 40 dana. Glavni cilj je smanjenje glavnog uzroka reinfekcije proizvoda tijekom obrade i pakiranja kako bi se produžio rok valjanosti proizvoda. To zahtijeva iznimno visoku higijenu proizvodnje i temperaturu ne višu od 7ºC – što je temperatura niža, dulji je rok trajnosti. Zagrijavanje mlijeka na 125-138ºC/2-4 sekunde i hlađenje pri temperaturi nižoj od 7ºC, osnova je produžene trajnosti. ESL (Extended Shelf Life) je termin za toplinski obrađene proizvode koji dovode do duže trajnosti. Bez obzira na to, ESL proizvodi uvijek moraju biti u hladnjaku tijekom distribucije i maloprodaje (Ryser, 2002.).

2.3.2.1. Proizvodnja pasteriziranog mlijeka

Pasterizirano mlijeko može ili ne mora biti homogenizirano, ali mora biti standardizirano na određeni udio mliječne masti. Deaeracija nije uvijek obavezna u liniji proizvodnje. Primjenjuje se ako mlijeko sadrži veću količinu zraka ili lako hlapljivih sastojaka. Deaerator se smješta nakon predgrijavanja mlijeka, a prije separacije mliječne masti. U proizvodnji konzumnog pasteriziranog mlijeka uglavnom se primjenjuje srednja kratkotrajna pasterizacija (72ºC/15-20 s), uz homogenizaciju koja osigurava puniji okus proizvoda. Prije ulaska mlijeka u liniju, treba procilkulirati vruća voda (15-20 min.), zbog dezinfekcije linije. Nakon toga se propušta sirovo mlijeko sve dok ne istisne vodu iz pasterizatora. Na slici 5. prikazan je proces proizvodnje pasteriziranog mlijeka u pločastom izmjenjivaču topline (Tratnik i Božanić, 2012.).



Slika 5. Linija za proizvodnju pasteriziranog mlijeka

(Izvor: http://www.dairyprocessinghandbook.com/chapter/pasteurized-milk-products)

Mlijeko se crpkom preko balansnog kotlića prebacuje u pločasti izmjenjivač topline, gdje se predgrijava. Mlijeko se dogrijava na temperaturu separacije mliječne masti pomoću povratnog toplog mlijeka. Zagrijano mlijeko se uz kontrolu protoka odvodi u separator vrhnja, dok se

obrano mlijeko iz separatora provodi preko ventila s konstantnim tlakom radi reguliranja količine masti. Vrhnje odvojeno iz separatora prevodi se preko složenog sustava za standardizaciju mliječne masti. Standardizirano vrhnje se nakon homogenizacije miješa s obranim mlijekom. Miješanjem vrhnja i obranog mlijeka dobiva se standardizirano mlijeko koje se odvodi u izmjenjivač topline na drugo dogrijavanje. U idućoj sekciji mlijeko se zagrijava do određene temperature pasterizacije s odgovarajućim medijem. To je najčešće vruća voda zagrijana parom. Vrijeme potrebno za održavanje temperature pasterizacije postiže se protokom mlijeka kroz cijevni zadrživač topline. Ako termograf prikaže da su uvjeti temperature ili trajanja pasterizacije u redu, mlijeko se crpkom vraća u izmjenjivač topline, gdje se postupno hladi s zagrijanim mlijekom. Zatim se u sekcijama s rashladnim medijem odvija završno hlađenje, običnom ledenom vodom (+4ºC). Ako zadovoljava svojom kvalitetom, mlijeko se nakon hlađenja odvodi crpkom u uređaj za punjenje mlijeka u ambalažu. Za dokazivanje ispravnosti niske pasterizacije provodi se fosfatazni test koji mora biti negativan, dok se za visoku pasterizaciju provodi peroksidazni test koji također mora biti negativan. Pokaže li termograf da uvjeti temperature ili trajanja pasterizacije nisu zadovoljeni, mlijeko se vraća u balansi kotlić i ulazi u ponovni proces (Meunier-Goddik i Sandra, 2002.).

Proizvodnja konzumnog pasteriziranog mlijeka najčešće se provodi u liniji uz primjenu deodorizacije i dvofazne homogenizacije mlijeka, standardiziranog/tipiziranog na željeni udio mliječne masti. Dvofazna homogenizacija mlijeka osigurava nastanak puno manjih masnih globula koje su bolje dispergirane u mlijeku te se preporuča u proizvodnji pasteriziranog mlijeka, koje je tada stabilnije i probavljivije (Tratnik i Božanić, 2012.).

2.3.3. Proizvodnja steriliziranog mlijeka

U proizvodnji konzumnog mlijeka dulje trajnosti mora se provesti sterilizacija uz obveznu homogenizaciju. Postupak se može različito provoditi, a najčešće se primjenjuje kontinuirani postupak kratkotrajne sterilizacije (135-140ºC/par sekundi), tj. UHT – postupak koji se može provesti na 2 načina:

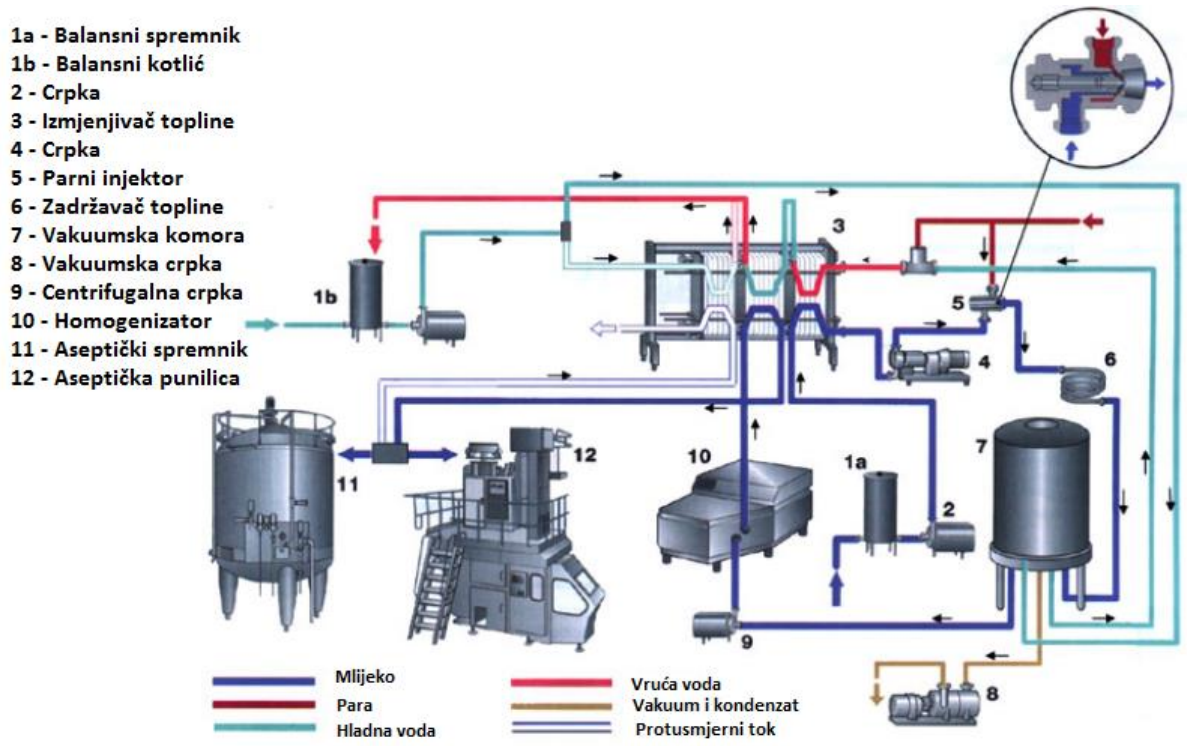
- izravnim zagrijavanjem mlijeka (para u mlijeko ili mlijeko u paru) ili
- neizravnim zagrijavanjem mlijeka (preko pločastih ili cijevnih izmjenjivača topline). (Hinrichs i Rademacher, 2002.).

2.3.3.1. Izravni (direktni) postupak sterilizacije mlijeka

Sterilizacija se provodi parom koja dolazi u izravni dodir s mlijekom na dva načina: ubrizgavanjem pare u mlijeko u protoku (injektorom pare) ili raspršivanjem mlijeka u komoru s parom (sustav infuzije). Koji od ova dva načina će se koristiti ovisi o opremi, a redoslijed u proizvodnji je isti:

- predgrijavanje mlijeka (cijevnim ili pločastim izmjenjivačima topline),
- sterilizacija mlijeka parom,
- zadržavanje temperature sterilizacije (pomoću zadrživača topline),
- brzo hlađenje mlijeka u ekspanzijskoj komori s kondenzatorom gdje dolazi do kondenzacije i odvajanja pare koja je dospjela u mlijeko,
- homogenizacija mlijeka (pomoću aseptičkog homogenizatora),
- hlađenje mlijeka (cijevnim ili pločastim izmjenjivačima topline),
- aseptičko punjenje mlijeka (pomoću punilice u nepropusnu ambalažu).

U praksi se najčešće provodi sterilizacija mlijeka ubrizgivanjem pare u mlijeko pomoću injektora pare, a za predgrijavanje i hlađenje mlijeka koriste se pločasti ili cjevni izmjenjivači topline (Deeth i Datta, 2002.). Proces izravnog postupka sterilizacije mlijeka prikazan je na slici 6.



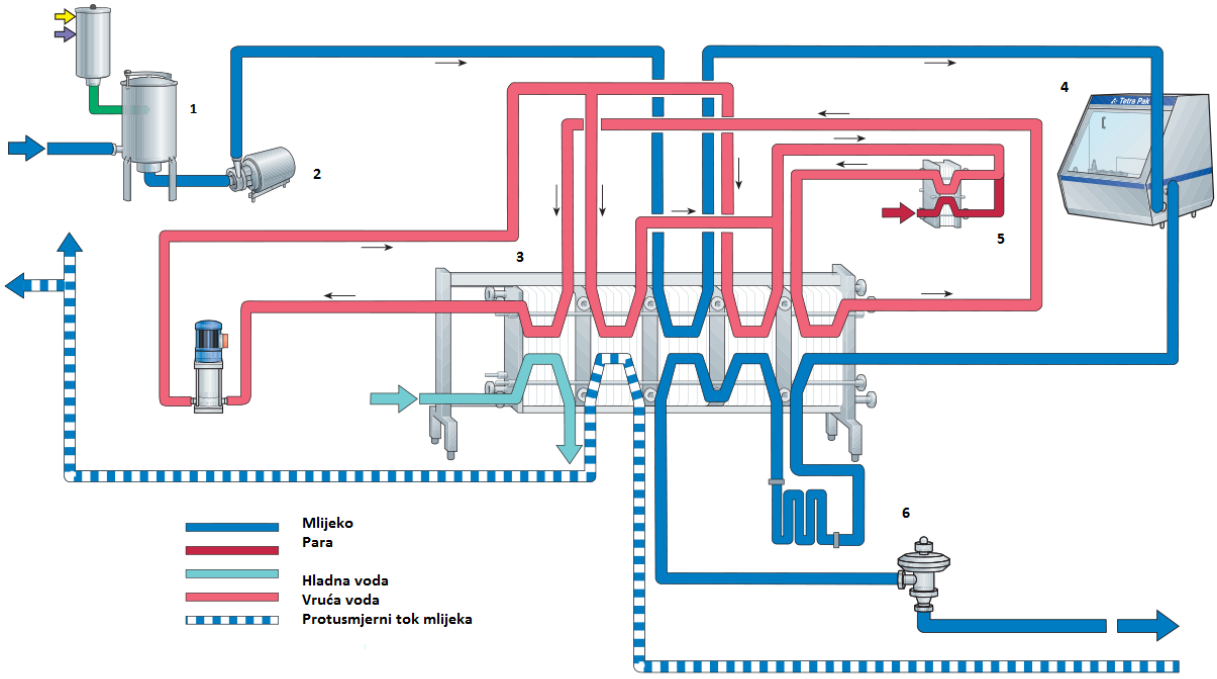
Slika 6. Linija izravne sterilizacije mlijeka pomoću parnog injektora u kombinaciji s pločastim izmjenjivačem topline

(Izvor: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3231/steam-injection)

Mlijeko ohlađeno na +4ºC, se iz balansnog spremnika prevodi u pločasti izmjenjivač topline, gdje se vrućom vodom predgrijavalo do približno 80ºC. Crpkom se tlak mlijeka povećava na 0,4 Mp i tada se para ubrizgava u mlijeko preko parnog injektora. Mlijeko se zagrijava do 140ºC kroz par sekundi, dok mlijeko prolazi cijevnim zadrživačem topline. Mlijeko zatim ulazi u ekspanzijsku komoru s kondenzatorom pa se oslobađa pare i hladi do 80ºC te odvodi u homogenizator pomoću centrifugalne crpke. Pri završetku homogenizacije mlijeko se u izmjenjivaču topline ohladi do 20ºC i odvodi u aseptički spremnik ili izravno u aseptičku punilicu. Ako se tijekom sterilizacije temperatura snizila, mlijeko se nakon hlađenja u izmjenjivaču topline, vraća u početni proces, a postrojenje se istovremeno ispire vodom, čisti i sterilizira prije početka ponovnog procesa. Rashladni medij za povratno homogenizirano i sterilizirano mlijeko u izmjenjivaču topline je voda, koja ga hladi na 20ºC, jer se ono može čuvati pri sobnoj temperaturi dok se ambalaža ne otvori. Procesna linija je optimizirana da se dobije proizvod visoke kvalitete i postigne maksimalna ušteda utroška energije (Sarić, 2007.).

2.3.3.2. Neizravni (indirektni) postupak sterilizacije mlijeka

Neizravni postupak sterilizacije mlijeka postiže se također parom (vrućom vodom zagrijanom parnim injektorom), ali neizravno preko cijevnog ili pločastog izmjenjivača topline pa je proces sličan provedbi pasterizacije mlijeka. Proces neizravne sterilizacije mlijeka prikazan je na slici 7.



1.Balansni kotlić; 2. Crpka; 3. Izmjenjivač topline; 4. Homogenizator; 5. Parni injektor; 6. Zadržavač topline

Slika 7. Linija neizravne sterilizacije mlijeka u pločastom izmjenjivaču topline (Izvor:http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0944/scraped-surface-heat-exchanger)

Postupak započinje prolaskom hladnog mlijeka preko balansnog kotlića. Mlijeko prelazi u izmjenjivač topline i zagrijava se do 75ºC u sekciji predgrijavanja. Tako zagrijano mlijeko se homogenizira i vraća u izmjenjivač topline u sekciju sterilizacije i zagrijava do 140ºC. Temperatura od 140ºC se zadržava par sekundi s prolaskom mlijeka kroz cijevni zadržavač topline. Mlijeko se zatim hladi u izmjenjivaču topline sustavom regeneracije. Na taj se način mlijeko ohladi do 20ºC, jer se sterilizirano mlijeko može čuvati na sobnoj temperaturi. Sterilizirano mlijeko se iz izmjenjivača topline odvodi izravno u aseptički spremnik ili na punjenje u ambalažu. Ako se tijekom procesa sterilizacije temperatura mlijeka snizila, ono se preko povratnog ventila ponovno vraća u proces, ali se prije toga mora ohladiti u izmjenjivaču

topline, a postrojenje mora biti oprano i sterilizirano prije ponovljenog procesa (Strahm i Eberhard, 2009.).

3. IZMJENA TOPLINE I VRSTE UREĐAJA

U procesima toplinske obrade mlijeka, izmjena topline odvija se tijekom:

- zagrijavanja mlijeka (topla voda ili para),
- hlađenja mlijeka (hladna voda, ledana voda),
- regeneracije mlijeka (prethodno zagrijavanje ulaznog mlijeka s toplim obrađenim mlijekom ili hlađenjem obrađenog mlijeka s ulaznim hladnim mlijekom).

U mljekarstvu se primjenjuju dva načina izmjene topline:

a) izravno zagrijavanje
    - parom niskog tlaka (pri sterilizaciji mlijeka):
        - injektiranje pare u mlijeko u protoku
        - infuzija mlijeka u komoru s parom

b) neizravno zagrijavanje ili hlađenje
    - pomoću bazena ili ciklona s dvostrukim plaštem (kod pasterizacije i hlađenja mlijeka),
    - pomoću cijevnog ili pločastog izmjenjivača topline (kod pasterizacije, neizravne sterilizacije ili hlađenja mlijeka),
    - pomoću autoklava (kod diskontinuirane sterilizacije mlijeka u ambalaži),
    - pomoću hidrostatičkih tunela, kod kontinuirane sterilizacije mlijeka u ambalaži (Juriša, 2010.).

3.1. Duplikator

Manji pogoni za grijanje i hlađenje mlijeka mogu koristiti bazene ili ciklone s dvostrukim plaštem, tj. duplikatore u kojima se provodi niska pasterizacija (63-65ºC/30 min.) ili hlađenje mlijeka. Opremljeni su miješalicom za postizanje vrtložnog kretanja mlijeka, a u dvostrukom plaštu struji ogrjevni ili rashladni medij (Juriša, 2010.). Na slici 8. prikazan je duplikator.



Slika 8. Duplikator za mlijeko

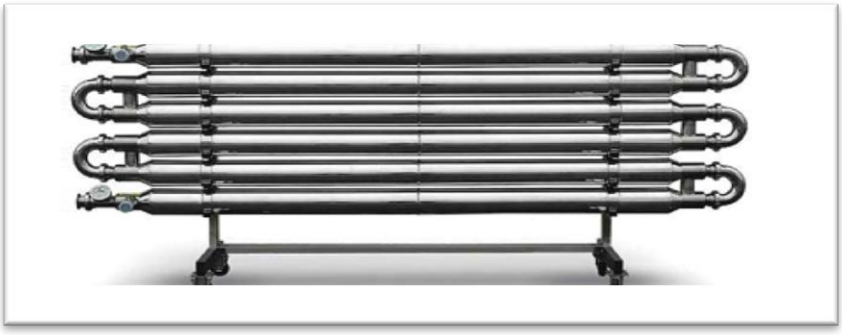
(Izvor: http://www.inosdoo.rs/Oprema_za_preradu_mleka.html)

3.2. Izmjenjivači topline

Zagrijavanje ili hlađenje mlijeka tijekom pasterizacije ili sterilizacije mlijeka provodi se u izmjenjivačima topline, koji mogu biti različite konstrukcije.

a) Cijevni izmjenjivači topline

Cijevni izmjenjivači topline mogu biti različitog tipa, a mogu imati različite cijevi (paralelni sustav, spiralne cijevi, koncentrične cijevi, U-cijevi) te različit protok mlijeka (u cijevima ili izvan njih) i medija za grijanje ili hlađenje (obrnuto od mlijeka), kao i različit smjer kretanja mlijeka i medija za grijanje ili hlađenje (istosmjerno ili protusmjerno) (Juriša, 2010.). Na slici 9. prikazan je cijevni izmjenjivač topline.



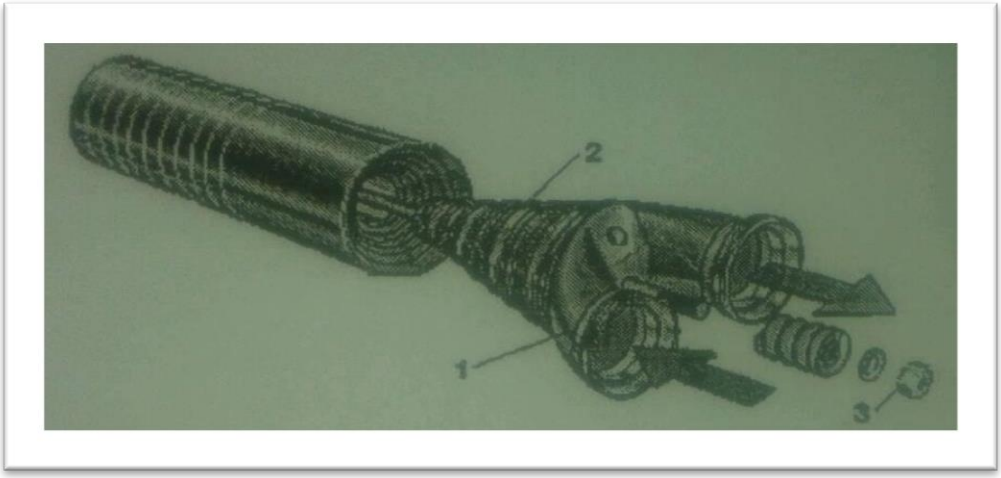
Slika 9. Cijevni izmjenjivač topline

(Izvor: http://www.mit.com.hr/cjevni_izmjenjivac_topline.html)

Cijevni izmjenjivač topline se ponekad koristi i za pasterizaciju odnosno UHT tretman. Za razliku od pločastog, cijevni nema dodirnih točaka u kanalima. Maksimalna veličina čestica ovisi o promjeru cijevi. Ima manju učinkovitost što se tiče prijenosa topline. Dostupni su u dva različita tipa: multi/mono kanal i multi/mono cijev (Juriša, 2010.).

Multi/mono kanal

Multikanalski cijevni izmjenjivač topline prikazan na slici 10., sastoji se od ravnih cijevi različitog promjera, lociranih koncentrično na zajedničkoj osi pomoću glavina (1) na oba kraja. Cijevi su zabrtvljene na glavinama pomoću dvostrukih O - prstenova (2) i cijeli sklop se drži zajedno pomoću aksijalnog kompresijskog vijka (3) (Juriša, 2010.).

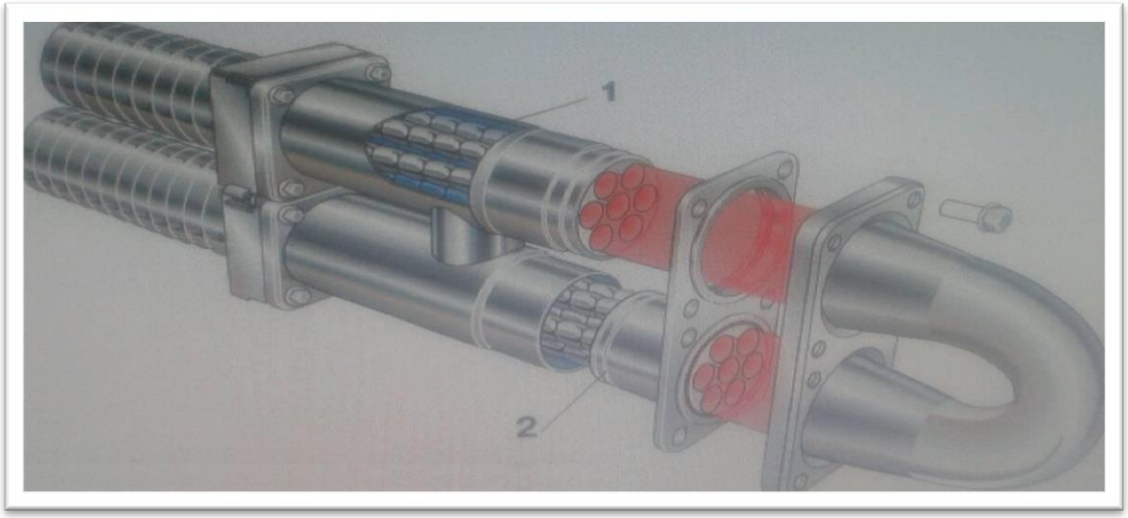


Slika 10. Završetak multikanalnog cijevnog izmjenjivača topline (Izvor: Juriša, 2010.)

Medij struji protusmjerno u izmjeničnim kružnim kanalima između stjenki koncentričnih cijevi. Servisni medij se uvijek pripaja vanjskom kanalu. Glavina na oba kraja djeluje kao distributor i kolektor, pripaja jedan medij na jedan kanal i odvaja medij iz drugog seta. Korugirana konfiguracija cijevi drži medij u stanju turbulentnog strujanja za maksimalni učinak prijenosa topline. Monokanal je verzija sa samo jednim kružnim kanalom između dva koncentrična kanala za servisni medij (Juriša, 2010.).

Multi/mono cijev

Multicijevni izmjenjivač topline prikazan na slici 11., radi na principu cijevi i oklopa s proizvodom koji struji kroz grupu paralelnih ravnih cijevi i servisnim medijem između i okolo tih cijevi. Turbulencija za učinkovit prijenos topline se postiže kosim/spiralnim korugacijama cijevi i oklopa. Površina prijenosa topline se sastoji od snopa ravno korugiranih ili glatkih cijevi (1) zavarenih u jednu zajedničku cijev/glavinu na svakom kraju. Glavina je zabrtvljena prema vanjskoj cijevi/oklopu pomoću konstrukcije sa dvostrukim O – prstenovima (2). Monocijev je verzija samo s jednom unutarnjom cijevi. To omogućava prolaz česticama od 50 mm. Multi/mono cijevi su prikladne za procese na velikim tlakovima i temperaturama (Juriša, 2010.).

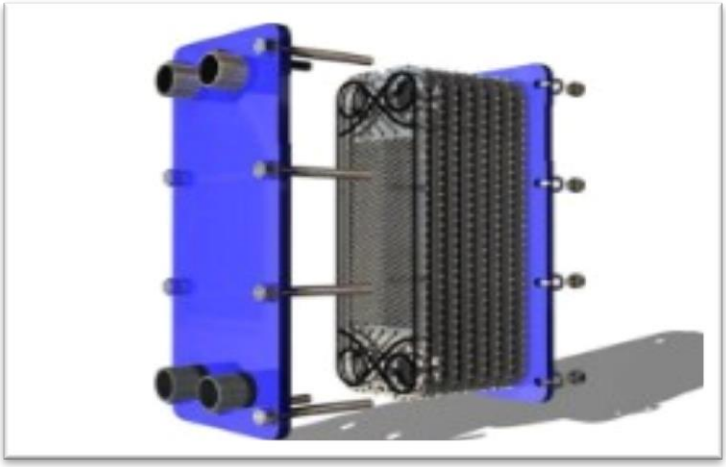


Slika 11. Završetak multicijevnog izmjenjivača (Izvor: Bylund, 1995.)

b) Pločasti izmjenjivač topline

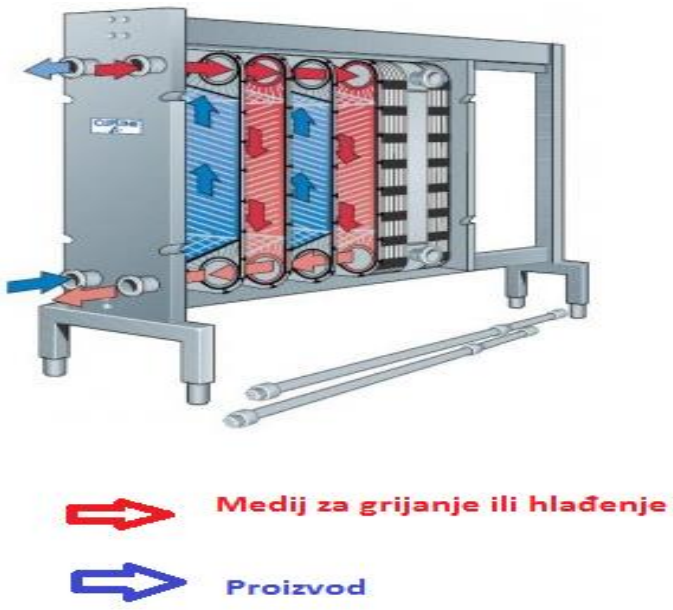
Pločasti izmjenjivač topline sastoji se od niza paralelnih ploča, neravne površine s otvorima za prolaz tekućine, koje su spojene zajedno jednim okvirom. Okvir može sadržavati nekoliko odvojenih ploča – sekcija u kojima se odvijaju različiti postupci toplinske obrade (predgrijavanje, završno grijanje i hlađenje). Medij za grijanje i hlađenje su vruća, tj. hladna voda. Ploče su korugirane i složene u konfiguraciju za optimalni prijenos topline te predstavljaju sekciju. Točke dodira na naborima ploča su uporišta koja drže ploče na razmaku čime se između njih formiraju uski kanali/prolazi. Pločasti izmjenjivač topline prikazan je na

slici 12. Mlijeko cirkulira u jednom smjeru između dviju ploča, a između drugih dviju ogrjevni ili rashladni medij u suprotnom smjeru, što prikazuje slika 13. Mlijeko ulazi i izlazi iz kanala kroz otvore u kutovima ploča. Različite konfiguracije otvorenih i zatvorenih otvora usmjeravaju mlijeko iz jednog kanala u sljedeći. Brtve smještene na rubovima ploča i oko otvora formiraju granice kanala i sprječavaju vanjsko istjecanje i unutarnje miješanje (Juriša, 2010.).



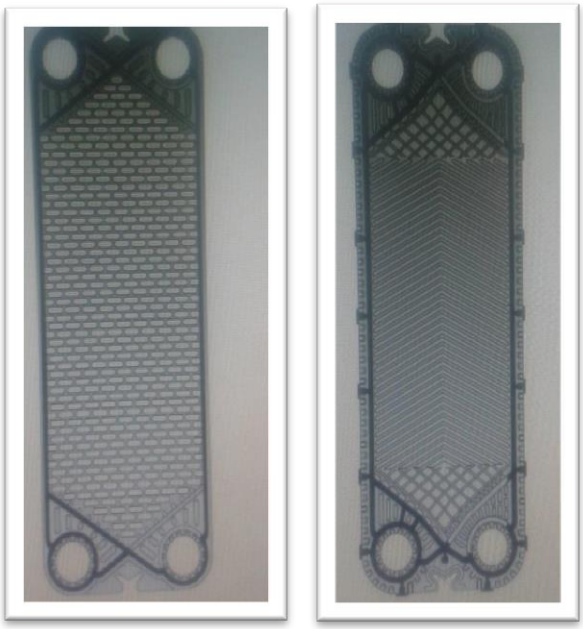
Slika 12. Pločasti izmjenjivač topline

(Izvor: http://www.jadran-oie.com/offd/83/Plocasti-rashladnik-VMG-510-PP-11HH---Izolacija-za-izmjenjivac-tip-VMG---Izmjenjivaci-topline---Jadran-OIE-obnovljivi-izvori-energije-i-solarna-rjesenja.wshtml)



Slika 13. Pločasti izmjenjivač topline (Izvor: Bylund, 1995.)

Pločasti izmjenjivači topline u mljekarskoj industriji imaju prednost pred cijevnim izmjenjivačima, zbog naboranih ploča i turbulentnog protoka mlijeka te uštede energije tijekom regeneracije mlijeka. Naborane ploče pločastog izmjenjivača prikazane su na slici 14.



Slika 14. Naborane ploče pločastih izmjenjivača topline (Izvor: Bylund, 1995.)

Pločasti izmjenjivači topline mogu se koristiti za:

- hlađenje mlijeka (izmjenjivači topline s jednom sekcijom pakiranih ploča),
- pasterizaciju ili sterilizaciju mlijeka (izmjenjivač topline s više sekcija pakiranih ploča).

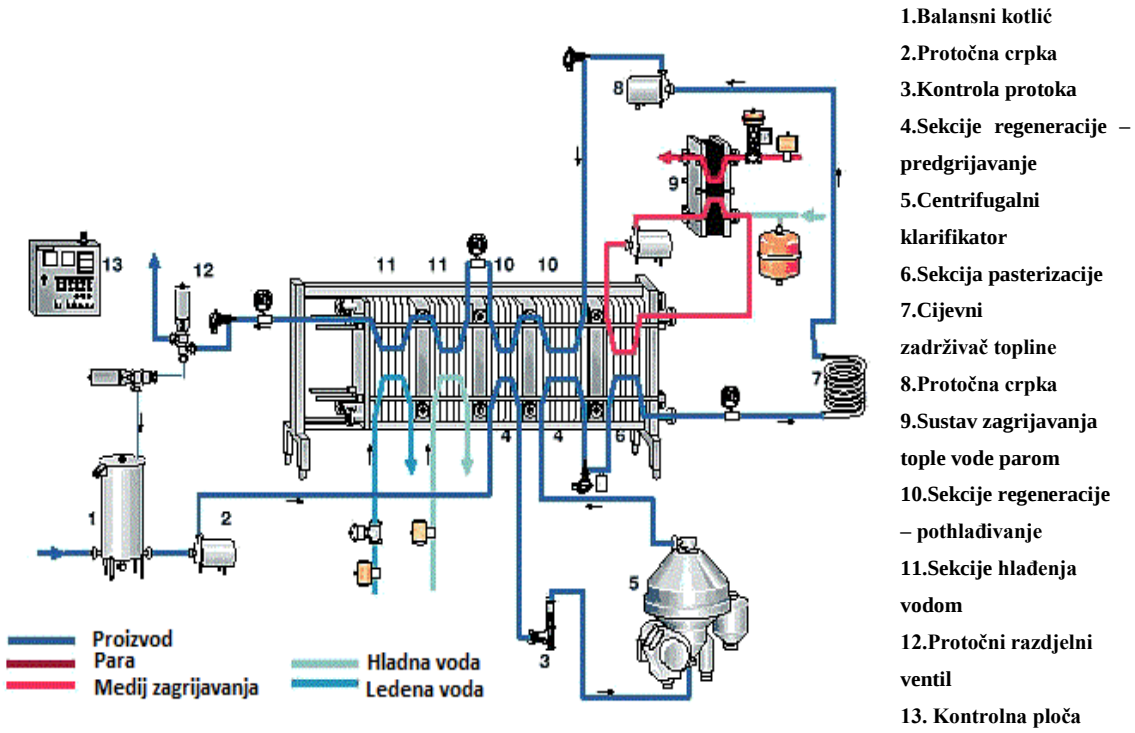
Sekcija pločastog izmjenjivača topline za regeneraciju topline (izmjena topline između hladnog i toplog mlijeka) koristi se za:

- predgrijavanje ulaznog mlijeka (koristi se povratno toplo mlijeko),
- pothlađivanje izlaznog mlijeka (koristi se ulazno hladno mlijeko).

Sekcija pločastog izmjenjivača topline za hlađenje koristi se za:

- hlađenje običnom hladnom vodom,
- hlađenje ledenom vodom ili drugim rashladnim medijem.

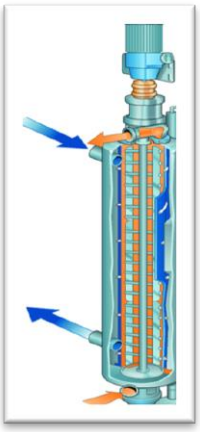
Pločasti izmjenjivač topline posjeduje i sekciju za pasterizaciju (vruća voda ili para) ili sterilizaciju mlijeka (para). Tijek protoka kroz sekcije pločastog izmjenjivača topline i kompletno postrojenje u liniji za pasterizaciju mlijeka prikazan je na slici 15 (Juriša, 2010.).



Slika 15. Kompletno postrojenje za pasterizaciju mlijeka (Izvor: Tratnik i Božanić, 2012.)

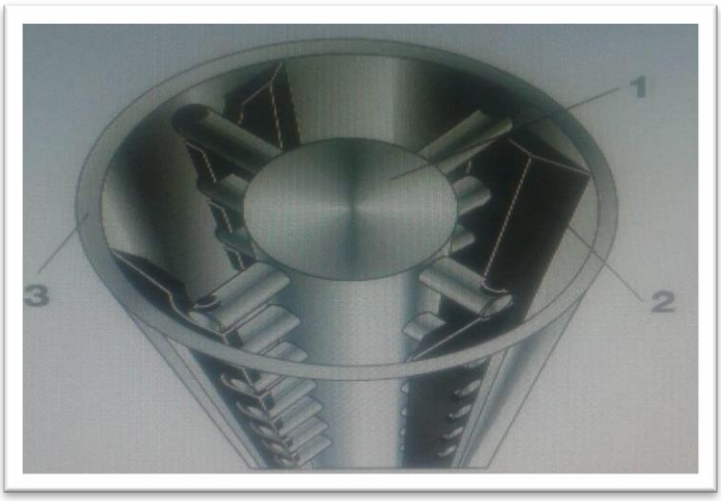
c) Izmjenjivač topline za viskozni proizvod

To je okomiti tip izmjenjivača topline s brišućom površinom (slika 16.), koji se koristi za jako viskozne tekuće proizvode. Sastoji se od cilindra (3) uz rotor (1) s lopaticama (2), koje se okreću i na taj način se viskozni proizvod odjeljuje od površine i postiže podjednaka izmjena topline ukupnog sadržaja. Njegovi dijelovi prikazani su na slici 17. Taj se izmjenjivač topline može koristiti za grijanje ili hlađenje te za kristalizaciju proizvoda (Bylund, 1995.).



Slika 16. Izmjenjivač topline sa brišućom površinom

(Izvor: http://www.rheoheat.se/b17_heat.html)



Slika 17. Dijelovi izmjenjivača topline s brišućom površinom (Izvor: Bylund, 1995.)

3.3. Autoklav

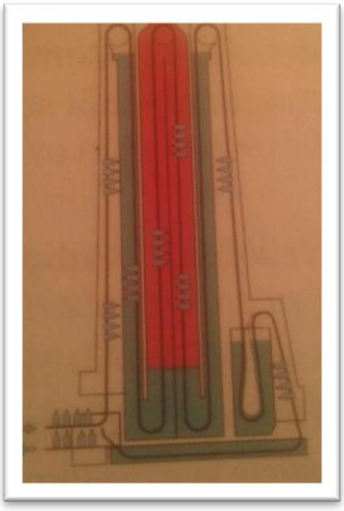
Pri diskontinuiranoj sterilizaciji mlijeka u ambalaži koriste se stacionarni (slika 18.) ili rotirajući autoklav. Rotirajući autoklav obično se koristi za gušće, viskoznije proizvode. Sterilizacija u autoklavu provodi se parom pri temperaturama od 110 do 120ºC, od 15 do 40 minuta, uz tlak oko 1,2 bara (Juriša, 2010.).



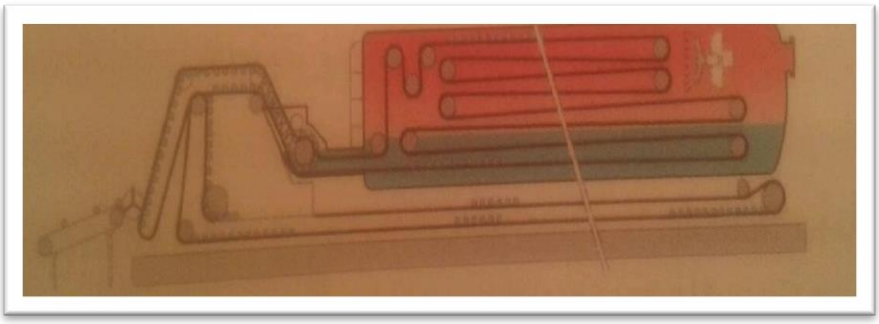
Slika 18. Stacionarni autoklav (Izvor: Bylund, 1995.)

3.4. Hidrostatički tunel

Pri kontinuiranoj sterilizaciji mlijeka u ambalaži koriste se hidrostatički okomiti (slika 19.) ili vodoravni tunel sterilizatora (slika 20.). Mlijeko u ambalaži kroz njih kontinuirano prolazi transporterima kroz sekciju sterilizacije (zagrijavanje parom). Prije toga mlijeko prolazi kroz sekciju za postupno predgrijavanje ili naknadno za pothlađivanje vodom. Početno grijanje ili završno hlađenje u hidrostatičkim tunelima provodi se i zrakom (Juriša, 2010.).



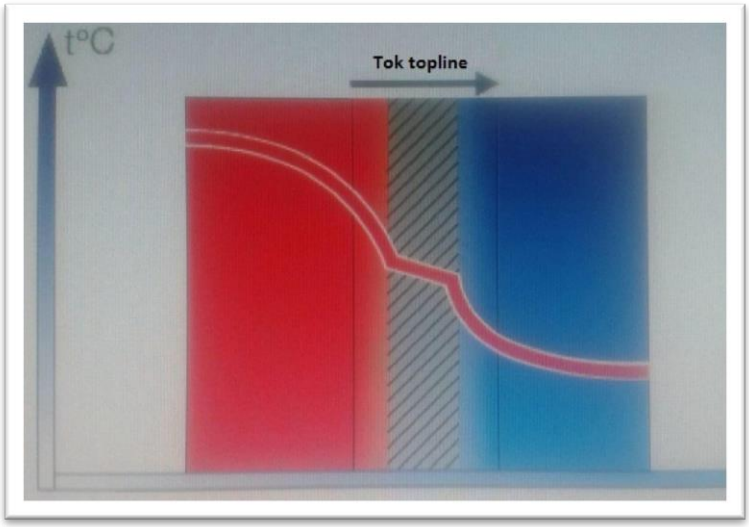
Slika 19. Okomiti hidrostatički tunel sterilizatora (Izvor: Bylund, 1995.)



Slika 20. Vodoravni hidrostatički tunel sterilizatora (Izvor: Bylund, 1995.)

3.5. Izmjena topline

Izmjena topline odvija se preko stjenki uređaja (cijevi ili ploča), ovisno o vrsti izmjenjivača i medija koji se zagrijava ili hladi. Na slici 21. prikazana je izmjena topline.



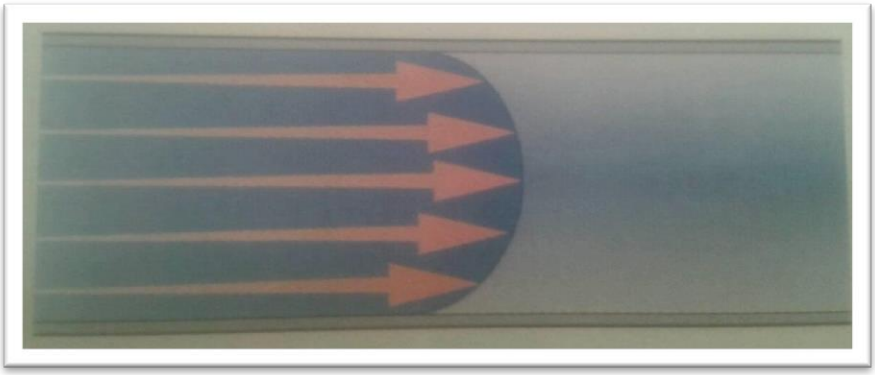
Slika 21. Prijelaz topline od toplog prema hladnom mediju kroz razdjelnu stjenku uređaja (Izvor: Bylund, 1995.)

Djelotvornost izmjene topline ovisi o:

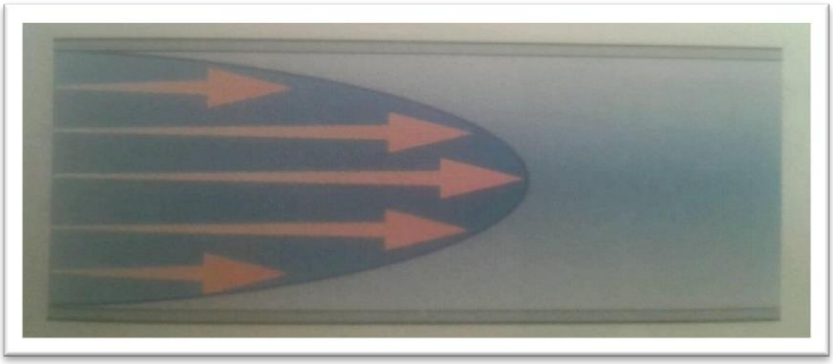
- debljini stjenke uređaja,
- razlici temperature između toplog i hladnog medija,
- gustoći i viskoznosti medija koji se zagrijava ili hladi,

- brzini kretanja medija (laminarno ili turbulentno).

Uz veće vrtloženje (turbulentno kretanje - slika 22.) tekućine postiže se bolja izmjena topline. Zbog toga su ploče izmjenjivača topline neravne površine koje omogućuju turbulentno kretanje i tanji stacionirani sloj oko stjenke uređaja kroz koji se odvija izmjena topline (Juriša, 2010.). Slika 23. prikazuje laminarno kretanje medija.



Slika 22. Turbulentni protok medija (Izvor: Tratnik i Božanić, 2012.)



Slika 23. Laminarni protok medija (Izvor: Tratnik i Božanić, 2012.)

Izmjena topline ovisi i o smjeru kretanja medija koji predaje i medija koji prima toplinu, tj. o vrsti uređaja (prednost imaju pločasti izmjenjivači, a kod cijevnih oni sa protusmjernim kretanjem medija) (Juriša, 2010.).

4. DJELOTVORNOST TOPLINSKE OBRADE

Toplinska obrada mlijeka može uzrokovati puno reverzibilnih ili ireverzibilnih promjena, ovisno o intenzitetu djelovanja topline i vrsti procesa te načinu provedbe procesa:

- neznatne promjene pH-vrijednosti (ili titracijske kiselosti),
- smanjenje topljivosti mineralnih tvari (najčešće Ca-fosfata),
- promjenu udjela laktoze (nastanak laktuloze ili nastajanje hidroksimetilfurfurala u početnim fazama Maillard-ovih reakcija koji može uzrokovati trpki okus mlijeka),
- denaturaciju proteina sirutke ili interakciju s κ-kazeinom (uglavnom β-laktoglobulin),
- pojavu okusa po kuhanom (slobodne –SH skupine denaturiranih proteina sirutke),
- Maillard-ove reakcije posmeđivanja mlijeka (nastanak melanoidina, nakon serije reakcija uzrokovanih interakcijom laktoze s lizinom proteina, osobito lizinom kazeina),
- modifikaciju kazeina (defosforilacija, hidroliza κ-kazeina),
- promjenu strukture micela (hidratacije, elektronskog naboja, asocijacija ili disocijacija),
- smanjenje sposobnosti zgrušavanja mlijeka (djelomična hidroliza proteina i promjena ravnoteže soli u mlijeku što je nepovoljno u proizvodnji sira),
- djelomični gubitak hranjive vrijednosti (denaturacija proteina sirutke, smanjenje topljivosti mineralnih tvari, gubitak dostupnog lizina te nekih vitamina, osobito onih topljivih u vodi),
- inaktivaciju većine enzima (osim vrlo termostabilnog plazmina).

Intezitet svih promjena u mlijeku (fizikalno-kemijske, enzimatske, mikrobiološke, senzorske), ovisi o kombinaciji temperature i trajanja zagrijavanja te o sastavu i kvaliteti sirovog mlijeka, pH-vrijednosti, udjelu kisika i o mikrobiološkoj kvaliteti sirovog mlijeka (Tratnik i Božanić, 2012.). Određene kemijske promjene u mlijeku uzrokovane djelovanjem topline prikazane su u tablici 2. Preostalu aktivnost enzima (%) prikazuje tablica 3.

Tablica 2. Neke kemijske promjene u toplinski obrađenom mlijeku

(Izvor: cit. Tratnik i Božanić, 2012.)

Mlijeko	**Dušik proteina sirutke** (mg/100g)	**Laktuloza** (mg/mL)	**Gubitak lizina** (%)
Sirovo	95,5	0	0
Pasterizirano	80,8	0,1	0,7-2,0
UHT sterilizirano - izravno	38,8	0,3	0-4,3
UHT sterilizirano - neizravno	27,6	-	1,7-6,5
Sterlizirano (u boci)	21,9	2,9	3,3-13

Određenim postupcima toplinske obrade mlijeka dolazi do promjene pojedinih sastojaka mlijeka. Nakon pasterizacije mlijeka, udio laktuloze se smanjio za samo 0,1 mg/mL, a gubitak lizina iznosi od 0,7-2,0%, dok se dušik proteina sirutke u odnosu na sirovo mlijeko smanjio za 14,7 mg/100g.

Izravnom sterilizacijom mlijeka dolazi do velikog gubitka dušika iz proteina sirutke i to za 56,7 mg/100g, dok su gubici laktuloze i lizina skoro pa zanemarivi (0,3 mg/mL i 0-4,3%). Slično je i s postupkom neizravne sterilizacije mlijeka. Gubitak dušika iz proteina sirutke je velik (67,9 mg/100g). Gubitka laktuloze nema, a gubitak lizina iznosi 1,7-6,5%.

Pri postupku sterilizacije mlijeka u boci dolazi do najvećih gubitaka sva tri sastojka. Laktuloza se smanjuje za 2,9 mg/mL, lizin za 3,3,-13%, dok je gubitak dušika iz proteina sirutke 73,6 mg/100g.

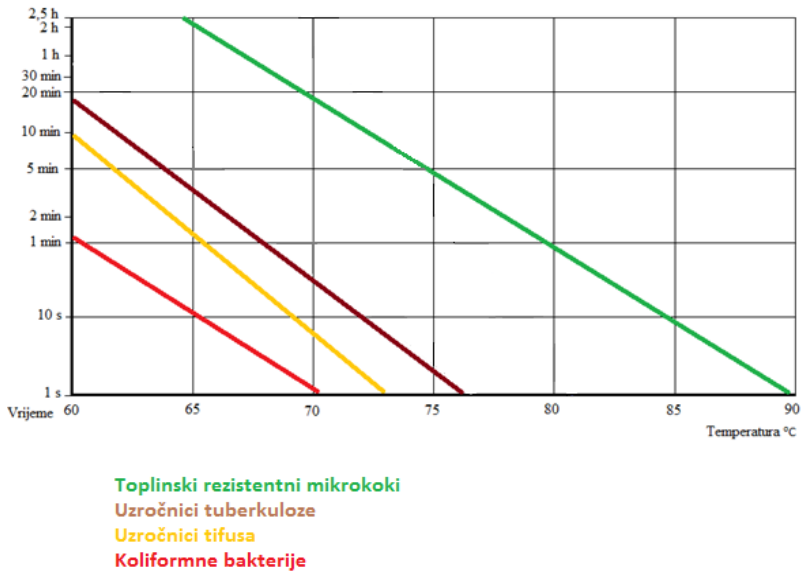
Tablica 3. Aktivnost enzima (%) nakon toplinske obrade mlijeka

(Izvor: Tratnik i Božanić, 2012.)

Preostala aktivnost enzima	**Lipaze** (lipoliza)	**Proteinaze** (proteoliza)	**Fosfolipaze** (hidroliza fosfolipida)
Nakon standardne pasterizacije	59	66	30
Nakon sterilizacije (140ºC/5 s)	31	41	21

Aktivnost lipaze, nakon standardne pasterizacije iznosi 59%, a nakon sterilizacije 31%. Aktivnost proteinaze također je veća nakon standardne pasterizacije (66%), nego nakon sterilizacije (41%). Aktivnost fosfolipaze nakon standardne pasterizacije je 30%, dok je nakon sterilizacije 21%.

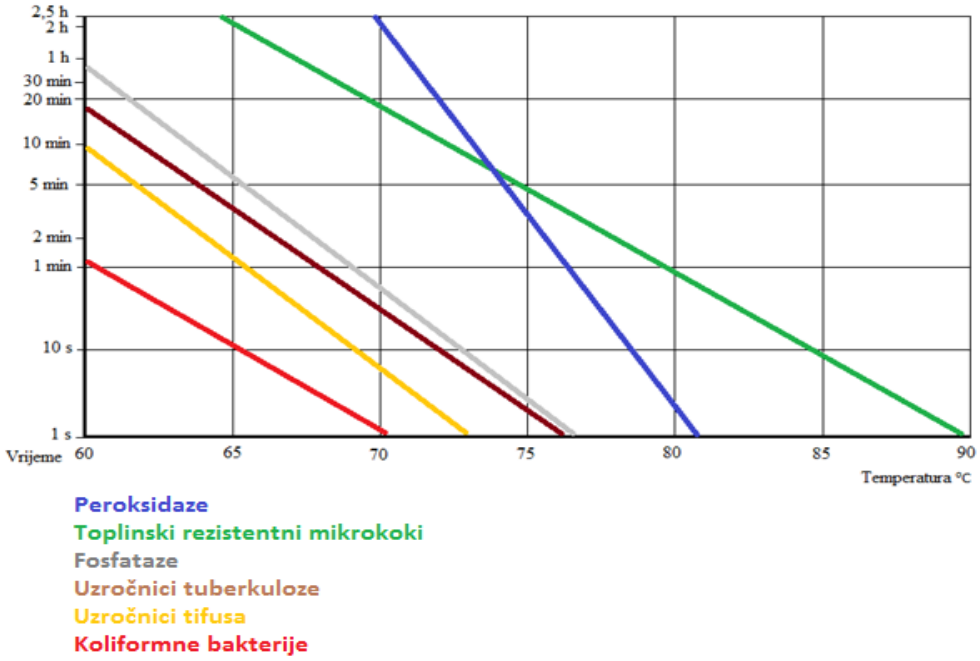
Kombinacija temperature i vremena zadržavanja je vrlo značajna. Slika 24. prikazuje letalni efekt za koliformne bakterije, uzročnike tifusa i tuberkuloze te toplinski rezistentne mikrokoke. Prema krivulji, koliformne bakterije su uništene ako se mlijeko zagrijava na 70ºC i održava na toj temperaturi oko 1 sekunde. Pri temperaturi od 65ºC potrebno je 10 sekundi da se unište koliformne bakterije. Te dvije kombinacije (70ºC/1 s i 65ºC/10 s) imaju isti letalni učinak. Uzročnici tuberkuloze su više rezistentni na toplinsku obradu nego koliformne bakterije. Vrijeme održavanja od 20 sekundi na 70ºC ili oko 2 minute na 65ºC je potrebno da se svi uzročnici unište. Rezistentni mikrokoki su otporni na tu temperaturu, ali su u pravilu bezopasni (Bylund, 1995.).



Slika 24. Letalni efekt pojedinih bakterija (Izvor: Bylund, 1995.)

HTST proces uključuje zagrijavanje do 72-75ºC uz trajanje 15-20 sekundi prije nego se mlijeko ohladi. Enzim fosfatazu uništava ova kombinacija vremena/temperature, što potvrđuje slika 25. Zbog toga se fosfataza test koristi za provjeru da li je mlijeko ispravno pasterizirano. Rezultat testa mora biti negativan. Fosfataza test se ne smije koristiti za proizvode koji sadrže više od 8% masti, jer mast slabo provodi toplinu. Peroksidaza se također koristi za provjeru pasterizacije. Ona se inaktivira na temperaturi iznad 80ºC uz vrijeme zadržavanja od oko 5

sekundi. Peroksidaza test također mora biti negativan – u proizvodu se ne smije aktivirati peroksidaza (Bylund, 1995.).



Slika 25. Utjecaj temperature i trajanja toplinske obrade mlijeka na inaktivaciju nekih enzima i uništenje mikroorganizama (Izvor: Bylund, 1995.)

Kemijsko-fizikalne, nutritivne i organoleptičke promjene u mlijeku tijekom toplinske obrade su karakterizirane slijedećim parametrima:

- temperatura i vrijeme,
- vrsta mikroorganizama i početna razina kontaminacije,
- kiselost mlijeka,
- protočnost i prijenos topline u instalacijama.

Između temperature i vremena postoji logaritamska veza. Ako se temperatura poveća za 10ºC, početna razina kontaminacije bakterija se smanjuje za 1/10. Ako pretpostavimo da se inaktivacija mikroorganizama u mlijeku odvija pri 100ºC u vremenu od 30 minuta, dobivaju se slijedeća vremena zadržavanja, kada se temperatura poveća za 10ºC:

- 100ºC = 30 min.
- 110ºC = 3 min.
- 120ºC = 0,3 min.

Inaktivacija spora ovisi o vrsti mikroorganizama koja se nalazi u mlijeku. Većina vegetativnih oblika, posebno bakterija mliječne kiseline i patogenih bakterija se inaktivira pri temperaturi od 70 do 90ºC i u vremenu od par sekundi ili minuta. Izuzetak su termofilne bakterije mliječne kiseline koje preživljavaju visoke temperature i spore bacila kojima su temperature više od 100ºC potrebne (Spreer i Dekker, 1995.).

Pasterizacija uzrokuje minimalne nutritivne gubitke sastojaka mlijeka. Gubici vitamina prikazani su u tablici 4. Također dolazi do denaturacije proteina (3-5%). Najveća promjena koju uzrokuje pasterizacija je Maillard-ova reakcija. Denaturaciju lipaza i proteaza ograničava nuzokus u pasteriziranom mlijeku, što povećava rok trajnosti proizvoda. Lipaze i proteaze su toplinski rezinstentne pa ih pasterizacija ne može uništiti. Plazmin je također toplinski rezistentan i pasterizacija povećava njegovu aktivnost (Meunier i Goddik, 2002.).

Tablica 4. Gubitak vitamina u mlijeku tijekom pasterizacije (Izvor: Meunier i Goddik, 2002.)

Vitamin	**A**	**B_1**	**B_6**	**B_9**	**B_{12}**	**C**	**D**
Gubitak (%)	neznatno	10	1-5	3-5	1-10	5-20	neznatno

Tijekom pasterizacije gubitak vitamina A i D je neznatan. Gubitak vitamina B_6 iznosi 1-5%, B_9 3-5%. Gubitak vitamina B_{12} je veći, od 1-10%. Najveći gubitak je vitamina B_1 10% i vitamina C 5-20%.

Sterilizacija uzrokuje denaturaciju β-laktoglubulina za 50-85%, formiranje kompleksa s κ-kazeinom na površini micele kazeina. Povećava veličinu micele kazina. Dolazi do smanjenja ionskog Ca i Mg zbog precipitacije fosfata tijekom procesa. Laktoza tijekom sterilizacije reagira na toplinu te zbog toga dolazi do fizikalno-kemijskih i senzornih promjena u proizvodu. Reagira s amino ostacima proteina, posebice s lizinom tijekom Maillard-ove reakcije. Maillard-ova reakcija je reakcija između amino skupine lizina i aldehidne skupine laktoze, uz nastajanje aminošećera, pri kojoj može nastati smećkasta boja mlijeka, okus po kuhanome. Također dolazi do izomerizacije laktoze (prijelaz stereoizomernih oblika α u β i β u α oblik) (Rosenberg, 2002.).

Toplinskom obradom mlijeka dolazi do nastajanja mliječnog taloga na ogrjevnoj površini izmjenjivača topline. Ova pojava uzrokuje smanjenje koeficijenta prijenosa topline i pad

tlaka, blokira put mlijeku, stvara dodatne troškove u proizvodnji i povećava proizvodne gubitke. Nastajanje mliječnog taloga uzrokuje: pH-vrijednost, količina proteina i mineralnih tvari mlijeka, plinovi otopljeni u mlijeku, karakteristika ogrjevne površine, razlika temperature mlijeka. UHT obradom mlijeka nastaje tvrđi i kompaktniji mliječni talog koji se teže uklanja s površine izmjenjivača topline, a ukoliko nije u potpunosti uklonjen može biti stanište mikroorganizmima i uzrok kontaminacije. Kemijski sastav mliječnog taloga koji nastaje pri pasterizaciji i sterilizaciji prikazan je u tablici 5 (Matijević i Čulig, 2006.).

Tablica 5. Sastojci mliječnog taloga pasterizatora i sterilizatora

(Izvor: Matijević i Čulig, 2006.)

Sastojak	**Pasterizator** (72ºC)	**Sterilizator Sekcija predgrijavanja** (90ºC)	**Sterilizator Sekcija zagrijavanja** (138ºC)
Protein (%)	50	50	12
Mineralni elementi (%)	15	40	75
Mliječna mast (%)	25	1	3
Ostali sastojci (%)	10	9	10

U mliječnom talogu na pasterizatoru, nakon pasterizacije pri 72ºC nalazi se 50% proteina, 15% minerala, 25% masti i 10% ostalih sastojaka. Na sterilizatoru tijekom predgrijavanja na 90ºC, u talogu se nalazi 50% proteina, 40% minerala, 1% masti i 9% ostalih sastojaka. Kod zagrijavanja na 138ºC, na sterlizatoru se nalazi talog koji u sebi sadrži 12% proteina, 75% minerala, 3% masti i 10% ostalih sastojaka.

Svi postupci povezani s toplinskom obradom mlijeka dovode do djelomične denaturacije proteina sirutke (posebno β-laktoglobulina) i povećanje udjela laktuloze (tablica 6.). Pretvorba laktoze u laktulozu poželjno je svojstvo, jer laktuloza potpomaže rastu bifidobakterija u probavnom sustavu. Toplinska obrada koja ne uzrokuje agregaciju, nego samo djelomičnu denaturaciju proteina sirutke, može povećati njihovu hranjivu vrijednost, jer postaju lakše

dostupni djelovanju probavnih enzima. Toplinska obrada također smanjuje alergena svojstva β-laktoglobulina kod osoba koje ga ne podnose (Tratnik i Božanić, 2012.).

Tablica 6. Utjecaj tehnoloških procesa uz primjenu toplinske obrade mlijeka na denaturaciju proteina sirutke (β-laktoglubulina) i udjel laktuloze

(Izvor: Strahm i Eberhard, 2009.)

Proces	**Tehnologija**	**Temperatura i vrijeme**	**β-latoglobulin** (mg/L)	**Laktuloza** (mg/mL)
Sirovo mlijeko	Bez obrade	-	~3600	<10
Termalizacija	Pločasti izmjenjivač topline	oko 65ºC/ oko 20 s	~3400	<10
Pasterizacija	Pločasti izmjenjivač topline	oko 74ºC/ oko 20 s	~3100	~10
Visoka pasterizacija ESL	Izravno injektivno zagrijavanje	oko 127ºC/ oko 3 s	>1600	~25
Visoka pasterizacija ESL	Izravno infuzijsko zagrijavanje	oko 127ºC/ oko 3 s	>1700	~20
Visoka pasterizacija ESL	Neizravno zagrijavanje izmjenjivačem topline	oko 125ºC/ oko 2 s	~1000	~30
Mikrofiltracija i pasterizacija	Obrano mlijeko; mikrofiltrirano, vrhnje: pasterizirano, mješavina:pasterizirana	Vrhnje: oko 125ºC/oko 2 s, Mješavina: oko 74ºC/oko 20 s	~2500	~17
Baktofugacija i pasterizacija	Sirovo mlijeko:baktofugirano 2 puta te pasterizirano	oko 74ºC/ ~ 20 s	~3000	~10
UHT-sterilizacija	Izravno zagrijavanje injektivno ili infuzijsko	oko 150ºC/ oko 2 s	~800	~100
UHT-sterilizacija	Neizravno zagrijavanje izmjenjivačem topline	oko 138 ºC/ oko 3 s	~200	~300

Sirovo mlijeko sadrži oko 3600 mg/L β-laktoglobulina i manje od 10 mg/mL laktuloze. Termalizacijom preko pločastih izmjenjivača topline sadržaj β-latoglobulina se smanjuje za ~200 mg/L u odnosu na sirovo mlijeko, dok sadržaj laktuloze ostaje isti. Pasterizacijom, također preko pločastih izmjenjivača topline, sadržaj laktuloze je približno isti kao u sirovom mlijeku, ali se sadržaj β-laktoglobulina smanjuje za ~500 mg/L. Visokom pasterizacijom, izravnim injektivnim zagrijavanjem, sadržaj β-laktoglobulina smanjuje se na ~1600 mg/L, a sadržaj laktuloze se povećava za ~15 mg/mL, dok se izravnim infuzijskim zagrijavanjem

sadržaj laktuloze povećava za ~10 mg/mL, a sadržaj β-laktoglobulina smanjuje se na ~1700 mg/L. Visokom pasterizacijom, neizravnim zagrijavanjem preko izmjenjivača topline, sadržaj β-laktoglobulina se smanjuje za ~2600 mg/L, a sadržaj laktuloze se povećava za ~20 mg/mL. Mikrofiltracijom obranog mlijeka i pasterizacijom vrhnja sadržaj β-laktoglobulina iznosi oko 2500 mg/L, a laktuloze oko 17 mg/mL. Sirovo mlijeko baktofugirano dva puta, potom pasterizirano sadrži oko 3000 mg/L β-laktoglobulina i oko 10 mg/mL laktuloze. Postupkom sterilizacije, izravnim zagrijavanjem, sadržaj β-laktoglobulina značajno se smanjuje na oko 800 mg/L, a sadržaj laktuloze izrazito se povećava na oko 100 mg/mL, dok neizravnim zagrijavanjem preko izmjenjivača topline sadržaj β-laktoglobulina drastično se smanjuje, na samo 200 mg/L, a sadržaj laktuloze se povećava na čak 300 mg/mL.

Prema Zaheru i Cariću u tablici 7. prikazan je utjecaj pasterizacije na sastav proteina.

Tablica 7. Utjecaj pasterizacije na sastav proteina mlijeka (Izvor: Zaher i Carić, 1988.)

Sastojak	**Sirovo mlijeko**	**Pasterizirano mlijeko**
Ukupni protein	3,15%	2,96%
Nekazeinski dušik	0,103%	0,084%
Neproteinski dušik	0,023%	0,022%
Proteaze i peptoni	0,023%	0,022%
Kazein	2,47%	2,40%
α_s-kazein	63,02%	60,35%
β-kazein	30,45%	37,61%
κ-kazein	6,53%	2,04%
Serum proteini	0,37%	0,25%
β-laktoglobulin	72,16%	58,10%
α-laktalbumin	27,84%	41,90%
Laktoza	4,7%	4,7%
Mineralne tvari	0,69%	0,67%
Mliječna mast	3,80%	1,70%
pH	6,6	6,4

Temperatura pasterizacije mlijeka izaziva minimalan pad pH vrijednosti, minimalno smanjenje ukupnog proteina, nekazeinskog i neproteinskog dušika i mineralnih tvari te djelomičnu denaturaciju proteina. Ukupni kazein se smanjio za ~ 0,07%, α_s-kazein za ~ 3%, β-kazein se povećao za ~ 7%, a κ-kazein smanjio za ~ 4%. β-laktoglobulin se smanjio za 14,06%, a α-laktalbumin se povećao za istu vrijednost. Sadržaj laktoze je ostao nakon pasterizacije nepromijenjen, dok se mliječna mast smanjila za ~ 3%.

U proizvodnji sira nije poželjna visoka toplinska obrada, jer smanjuje koagulaciona svojstva sirenja, uzrokuje otpuštanje sirutke, a sir ima mekaniju konzistenciju. Najbolje bi bilo koristiti sirovo mlijeko odmah nakon mužnje, ali ono se danas koristi samo u proizvodnji izvornih tvrdih sireva. Ako se u proizvodnji tvrdih sireva upotrebljava svježe sirovo mlijeko primjenjuje se samo termalizacija mlijeka. Provodi se ukoliko se mlijeko mora dulje čuvati (2-3 dana), zbog inaktivacije psihrotrofnih bakterija. Termalizacija ne inaktivira prisutne enzime u mlijeku pa ona nije zamjena za pasterizaciju. Pasterizacija se primjenjuje kako bi se izbjegle štete u proizvodnji, kao što je nadimanje sira, radi sanitarnih razloga te da se spriječe zaraze konzumenata s patogenim bakterijama. U proizvodnji sira pasterizacija se može provoditi pri niskim temperaturama (63-65ºC/30 minuta), što se ponekad primjenjuje u duplikatoru, ali se u industrijskim uvjetima uglavnom provodi u izmjenjivačima topline pri 72-73ºC/15-20 sekundi. Ta temperatura ne uništava spore sporogenih bakterija, pa se mlijeko prethodno može obraditi baktofugacijom ili mikrofiltracijom, kako bi se poboljšala njegova bakteriološka kvaliteta i osigurale poželjne osobine sira. Mlijeko u proizvodnji svježeg sira se može toplinski obraditi pri višim temperaturama i kroz dulje vrijeme (85-95ºC/5-10 minuta), uslijed čega dolazi do interakcije kazeina i proteina sirutke. Radi toga se povećava prinos i nutritivna vrijednost svježeg sira, ali značajno i udio vode u siru (Tratnik i Božanić, 2012.).

5. POSTUPAK PRANJA I DEZINFEKCIJE LINIJE ZA PASTERIZACIJU

Načini i uređaji za pranje opreme koja dolazi u neposredni kontakt s proizvodom su važan dio prehrambenog procesnog postrojenja. Mlijeko i mliječni proizvodi su po svojoj prirodi idealni medij za rast mikroorganizama i kao rezultat toga postoje brojni propisi (*Zakon o hrani*) koji se odnose na proizvodnju, rukovanje, preradu, pakovanje, skladištenje i distribuciju mlijeka.

Za kontrolu efikasnosti pranja koriste se:

- fizička čistoća,
- kemijska čistoća,
- bakteriološka čistoća,
- sterilna čistoća.

U procesu prerade mlijeka, kemijska i bakteriološka čistoća opreme su gotovo uvijek cilj koji se mora postići, stoga se površine mljekarske opreme u neposrednom doticaju s proizvodom prvo moraju temeljito oprati s kemijskim deterdžentima i iza toga dezinficirati. Režim čišćenja se temelji na uklanjanju vidljive prljavštine i ostataka mlijeka, zatim sterilizaciji površina korištenjem topline ili kemijskim sredstvima kao npr. natrijev hipoklorit (Harding, 1999.).

Prljavštinu koja se nalazi na površinama za pranje, čine u principu naslage zalijepljene za površine, a sastoje se od mliječnih komponenata prožetih bakterijama. Na zagrijanim površinama, kad se mlijeko zagrijava (>60ºC), počinje se formirati mliječni kamenac (naslage kalcijevih i magnezijevih fosfata, proteina, masti). Primjer za to je sekcija zagrijavanja na izmjenjivaču topline tijekom pasterizacije, uslijed čega se mogu primijetiti naslage smeđe boje, nastale stvaranjem mliječnog kamenca i uslijed denaturacije proteina. Kod hladnih površina, tanki sloj mlijeka prianja uz stjenke cjevovoda, pumpi, spremnika te nakon pražnjenja sistema pranje treba uslijediti prije nego se taj sloj osuši. Ciklus pranja uključuje slijedeće operacije:

- skupljanje ostataka proizvoda – struganjem, drenažiranjem i ispiranje s vodom ili komprimiranim zrakom,
- predispiranje vodom zbog otklanjanja nevezanih nečistoća,
- pranje deterdžentom (natrijevom lužinom – NaOH i dušićnom kiselinom - HNO_3),
- ispiranje čistom vodom – da se ispere deterdžent,

- dezinfekcija – termička (grijanjem) ili kemikalijama (ako je kemikalijama ciklus završava dodatnim ispiranjem).

Pranje uređaja u mljekarskoj industriji se provodi CIP postupkom („Cleaning In Place“) prikazanim na slici 26. CIP je cirkuliranje tekućine za pranje kroz strojeve i ostalu opremu u krugu pranja, kod čega prolazak brzo cirkulirajuće tekućine preko površina opreme stvara učinak mehaničkog struganja, koje skida naslage prljavštine. Mljekarski CIP programi razlikuju se po tome da li se pere krug koji sadrži zagrijavane površine ili ne. Stoga se razlikuju CIP programi za krugove sa termizatorima, pasterizatorima, sterlizatorima i ostalom opremom sa zagrijavanim površinama i CIP programi za krugove sa cjevovodima, spremnicima i ostalom procesnom opremom bez zagrijavanih površina. Glavna razlika između ova dva tipa programa je u tome da cirkuliranje kiseline mora biti sadržano u prvom tipu programa kako bi se otklonile naslage proteina i mineralnih tvari, a sa grijanih površina. CIP program za krugove sa grijanim površinama uključuje:

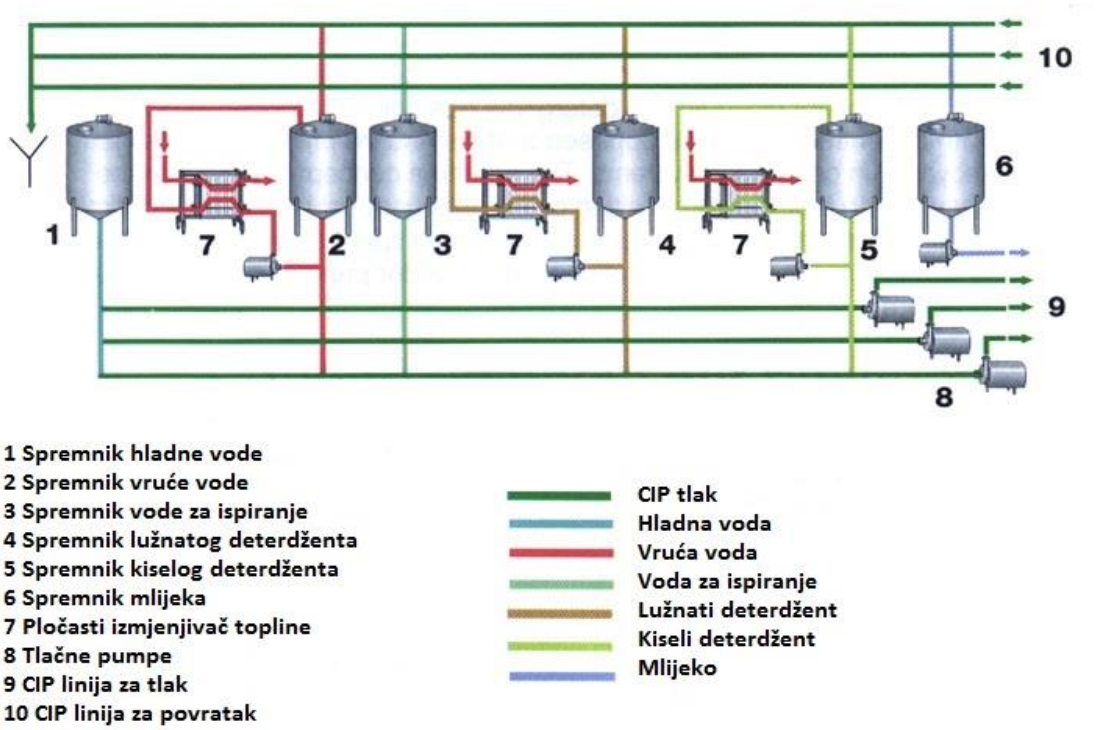
- ispiranje toplom vodom oko 10 minuta,
- cirkuliranje lužnate otopine (0,5-1,5%) oko 30 minuta/80ºC,
- ispiranje lužnate otopine toplom vodom oko 5 minuta,
- cirkuliranje kisele otopine (0,5-1,0%) oko 20 minuta/70ºC,
- ispiranje kiseline hladnom vodom,
- postepeno hlađenje hladnom vodom oko 8 minuta.

Takvi krugovi se obično dezinficiraju prije početka proizvodnje (ujutro) i to najčešće vrućom vodom oko 90-95ºC oko 10 minuta, sa minimalnom temperaturom na povratu od 85ºC. CIP program za krugove bez grijanih površina uključuje:

- ispiranje toplom vodom oko 3 minute,
- cirkuliranje lužnate otopine (0,5-1,5%) oko 10 minuta/80ºC,
- ispiranje lužnate otopine toplom vodom oko 5 minuta,
- postepeno hlađenje hladom vodom oko 8 minuta.

Postoje dva koncepta CIP sustava, centralizirani i decentralizirani. Centralizirani CIP sustavi koriste se uglavnom u malim mljekarama, sa relativno kratkim distribucijskim linijama. Voda i otopine deterdženta distribuiraju se od spremnika u centralnoj stanici prema različitim CIP krugovima u cijeloj mljekari. Decentralizirani CIP sustavi predstavljaju vrlo prihvatljiv koncept za velike mljekare, gdje je udaljenost između krugova i centralnog CIP sustava

velika. Tako se u tom sustavu velike CIP stanice zamjenjuju s brojnim manjim jedinicama, dislociranim po mljekari u blizini raznih sekcija procesne opreme, tj. po odjeljenjima ili pogonima (Juriša, 2010.).



Slika 26. Dizajn CIP sustava

(Izvor: http://www.engisoul.com/design/cip-system.html)

6. ZAKLJUČAK

Mlijeko je prirodna hrana bogata kalcijem, proteinima, vitaminima i mineralima, prijeko potrebnim za rast i pravilno funkcioniranje ljudskog organizma. Iz sigurnosni i zdravstvenih razloga, sirovo mlijeko se u preradi, u pravilu, toplinski obrađuje različitim postupcima, ovisno o namjeni mlijeka i raspoloživoj opremi. Cilj toplinske obrade je uništenje svih patogenih mikroorganizama. Ovisno o temperaturi i trajanju razlikuju se termalizacija, pasterizacija i sterilizacija. Pasterizacija se u mljekarstvu primjenjuje od 1882. godine te se nastoje što manje promijeniti organoleptička, kemijska i fizikalna svojstva mlijeka uz očuvanje prehrambene vrijednosti mlijeka. Budući da pasterizaciju mlijeka preživljavaju termorezistentne i sporogene bakterije, primjenjuje se i sterilizacija koja uništava sve mikroorganizme prisutne u mlijeku. Toplinska obrada mlijeka u određenoj mjeri uzrokuje smanjivanje koncentracije pojedinih sastojaka mlijeka (prije svega vitamina).

7. LITERATURA

1. Bylund, G. (1995): Dairy Processing Handbook. Tetra Pak, Processing Systems AB, Lund, Sweden, 76-77, 88.
2. Carlson, H., Jőnsson, C. (2012): Separation of air bubbles milk in a deaeration process. Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden, TetraPak Processing Systems AB, Lund, Sweden, 1-6, <http://www.chemeng.lth.se/exjobb/E634.pdf>Pristupljeno 11.prosinca 2015.
3. Deeth, H.C., Datta, N. (2002): Ultra-high temperature treatment (UHT)/Heating Systems. U: Encyclopedia of Dairy Science (Ed. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F.), Academic Press, 2642-2652.
4. Harding, F. (1999). Milk quality. Aspen Publishers INC, Gaithersburg, Maryland, 43
5. Hinrichs, J.H., Rademancher, B. (2002): Sterilization of milk and other products. U: Encyclopedia of Dairy Science (Ed. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F.), Academic Press, 2659-2570.
6. Jacobsen, D.H., Olson, T.M. (1931): Clarification vs. Filtration of Milk. Dairy Department, Agricultural Experiment Station, South Dakota State College of Agriculture and Mechanic Arts, 1-12. <http://pubstorage.sdstate.edu/AgBio_Publications/articles/B257.pdf>. Pristupljeno 11. prosinca 2015.
7. Juriša, D. (2010): CIP i princip i projektiranja. U:Komponente i tehnološki procesi prerade mlijeka. Predavanja, Veleučilište u Karlovcu, 1/47-8/47.
8. Juriša, D. (2010): Izmjenjivači topline. U: Komponente i tehnološki procesi prerade mlijeka. Predavanja, Veleučilište u Karlovcu, 15/17-25/17.
9. Kaštelan, D. (1963): Baktofugacija mlijeka. Mljekarstvo, Vol. (8), 182-185.
10. Matijević, B., Čulig, J. (2006): Uzorci nastajanja mliječnog taloga na stijenkama izmjenjivača topline pri toplinskoj obradi mlijeka. Mljekarstvo, 56(1), 21-34.
11. Meunier-Goddik, L., Sandra, S. (2002): Liquid milk products/Pasteurized Milk. U: Encyclopedia of Dairy Science (Ed. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F.), Academic Press, 1627-1632.
12. Miletić, S. (1994): Mlijeko i mliječni proizvodi. Hrvatsko mljekarsko društvo, Zagreb, 104-114.
13. Pravilnik o kakvoći svježeg sirovog mlijeka(2000): Narodne novine, Broj 102.

14. Rosenberg, M. (2002): Liquid milk products/Sterilized Milk. U: Encyclopedia of Dairy Science (Ed. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F.), Academic Press, 1637-1643.
15. Ryser, E.T. (2002): Pasteurization of liquid milk products/Principles. Public Health Aspects. U: Encyclopedia of Dairy Science (Ed. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F.), Academic Press, 2232-2244.
16. Sarić, Z. (2007): Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda II dio.Predavanja. Sarajevo, 7-15. <http://www.sraspopovic.com/Baza%20znanja%20dokumenti/Polj.i%20prehr/IV%20razred/tehn.mlijeka.PDF >Pristupljeno 16.listopada 2015.
17. Spreer, D., Dekker, M. (1995): Milk and Dairy Product Technology. INC, 110-112.
18. Stepaniak, L., Rukke, E.O. (2002): Thermization of milk. U: Encyclopedia of Dairy Science (Ed. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F.), Academic Press, 2619-2623.
19. Strahm, W., Eberhard, P. (2009): Trink milch technologien. ALP forum 2009, Nr. 72 d, 1-36, <http://www.grosecope.admin.ch>Pristupljeno 5. siječnja 2016.
20. Tratnik, Lj.,Božanić, R. (2012): Mlijeko i mliječni proizvodi. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 97-123, 259-260.
21. Tratnik, Lj. (1998): Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 82-83, 85, 95.
22. Wilbey, R.A. (2002): Thermization of milk. U: Encyclopedia of Dairy Science (Ed. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F.), Academic Press, 1346-1349.
23. Zaher, M., Carić, M. (1988): Utjecaj pasterizacije na sastav protein mlijeka. Mljekarstvo, 38 No (5), 129-133.
24. Zakon o hrani (2007): Narodne novine, Broj 46.

8. ŽIVOTOPIS

Dolores Ban, rođena je 17. kolovoza 1990. godine u Karlovcu, gdje je pohađala i završila osnovnu školu Braća Seljan. Godine 2005. upisuje opću gimnaziju, koju završava 2009. godine. Akademske godine 2009./2010. upisuje preddiplomski studij Prehrambene tehnologije, na Veleučilištu u Karlovcu. Godine 2012. završava preddiplomski studij obranom završnog rada "Mikrobiološka ispravnost ćevapčića" pod mentorstvom dr. sc. Marijane Blažić. Akademske godine 2012./2013. upisuje diplomski studij Proizvodnje i prerade mlijeka na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Godine 2014. bila je polaznik radionice "Upravljanje poslovnim ciklusom" u Ogulinu.