

UNIVERZITET DONJA GORICA

Prehrambena tehnologija, bezbjednost hrane i ekologija

B.Sc., III godina

**TEHNOLOGIJA PROIZVODA
ANIMALNOG PORIJEKLA**

Dio: Tehnologija mlijeka

Predavanja

Prof. dr Zlatan Sarić
**POLJOPRIVREDNO-PREHRAMBENI FAKULTET
UNIVERZITET U SARAJEVU**

Sarajevo, april 2018.

Primarna obrada mlijeka

Hlađenje mlijeka

Mlijeko se iza muže hladi obično na 4-6°C iako se u novije vrijeme susrećemo sa praksom da se hladi na 1-3°C.

Mikroorganizmi koji su dospjeli u toplo mlijeko u njemu se brzo razmnožavaju i zato ga treba brzo ohladiti.

U toku baktericidne faze, mikroorganizmi miruju u mlijeku, čekajući bolje uslove za razvoj. Ovo zavisi od broja i vrste mikroorganizama u mlijeku ali i od načina čuvanja mlijeka. Baktericidna faza se produžava sa 2-3 sata na 30°C do 36 sati ako mlijeko ohladimo na 5°C. Važno je istaći da je bitnije održavati nisku temperaturu u toku cijelog držanja mlijeka nego početna brzina hlađenja. Hlađenje je neobično važno naročito u toku ljetnih mjeseci. Kod proizvođača mlijeka u toku jeseni, zime i ranog proljeća se često ono ne hladi, a ljeti nedovoljno što je pogrešno. Ohlađeno mlijeko ne treba nipošto miješati sa toplim od nove muže, jer se omogućava razvoj mikroorganizama. U rashladnim tankovima gdje se mlijeko odvozi u toku 48 sati ono mora biti ohlađeno na 3-5°C. Hlađenje mlijeka ne može očistiti mlijeko ili spriječiti razvoj kiselosti. Samo dobre higijenske mjere daju kvalitetno mlijeko.

Hlađenje mlijeka na mjestu proizvodnje i tehnika hlađenja

Odmah iza muže i cijeđenja mlijeko se iznosi iz štale ili se vakuum sistemom odvodi u male štalske mljekare gdje se vrši hlađenje i čuvanje mlijeka. Hlađenje treba primjeniti u svim uslovima. Najjednostavniji način hlađenja mlijeka je sa bunarskom ili tekućom vodom (temperature oko 10°C, naročito planinski predjeli). Kante sa mlijekom se potapaju u bazen sa vodom, a poklopci treba da su poluotvoreni radi zračenja mlijeka. Nedostatak ovog načina hlađenja je što teče sporo. Za bolje hlađenje može se upotrijebiti rashlađena voda upotrebom leda ili uređaja za hlađenje vode.

Mlijeko se može hladiti preko hladionika koji radi na principu slijevanja mlijeka sa spoljne strane hladionika, a hladna voda teče u unutrašnjosti. Hlađenje je momentalno, a glavna mana ovog tipa je što omogućava zagađivanje mlijeka iz vazduha zbog otvorenih i velikih površina. Ovakvi hladionici samo manjeg tipa mogu biti postavljeni u mljekare pri štalama za brzo hlađenje mlijeka.

Hlađenje mlijeka u kantama sa specijalnim ugrađenim aparatima, zasniva se na principu proticanja vode preko kanti, a kod nekih uređaja voda teče preko kante i kroz cijevi koje se postavljaju u samu kantu. Za hlađenje mlijeka ovim uređajima može se upotrijebiti prirodno hladna voda, voda koja teče preko leda ili dobijena iz uređaja koji hlade vodu. Pri sistemu hlađenja mlijeka u kanti poklopac kante je spojen sa dovodom vode koja prvo ulazi u cijevi koje su potopljene u mlijeko i pod uticajem pritiska vode se okreću i služe kao mješalica i hladionik za mlijeko. Iz cijevi voda odlazi u poklopac i preko kanti pada na podlogu na kojoj se

smještaju kante, na taj način se hladi i spoljni dio kante. Mlijeko u kanti od 20 litara se ohladi sa temperature 35- 37°C na +3°C kroz 15-20 minuta. Proizvođači koji imaju veću količinu mlijeka ili sabirna mjesta za više malih proizvođača, hlade i čuvaju mlijeko u bazenima sa ugrađenim uređajima za hlađenje bazena (laktofrizi).

Čuvanje ohlađenog mlijeka

Ohlađeno mlijeko iza muže, naročito večernje, treba držati na odgovarajućoj niskoj temperaturi do isporuke. Mlijeko se može staviti u hladan podrum temperature 10-12°C i niska temperatura će se sačuvati. Ohlađeno mlijeko se može pokriti raznim materijalima ili staviti u izolovane ormare. Bolji i sigurniji način je stavljanje mlijeka u frižidere. Stavljanje toplog mlijeka nije dobro, jer hlađenje teče sporo. Savremeni način čuvanja mlijeka su bazeni ili laktofrizi sa ugrađenim uređajima za rashlađivanje vode koja cirkuliše između duplih zidova bazena (negdje ih zovu i rashladni tankovi ili duplikatori). Ovaj način čuvanja se obično koristi na većim farmama ili sabirnim mjestima. Ovi bazeni se grade sa duplim zidovima kroz koje struji ohlađena - ledena ili kompresorski ohlađena voda, otopina soli ili alkoholna otopina ili hladni gas. Upotrebljava se najviše kompresioni rashladni uređaj. Za hlađenje u kompresionom rashladnom postrojenju upotrebljavaju se amonijak, freon 12, metil hlorid, SO₂, CO₂ itd. Hlađenje kompresionim sistemom se sprovodi direktno (neposredno) ili indirektno (posredno) putem vode ili otopina kako je ranije navedeno. U bazenu je miješalica koja miješa mlijeko da bi se izjednačila temperatura. Njihov kapacitet je takav da mlijeko ohladi na +4°C za oko 1 sat. Oni omogućavaju čuvanje mlijeka duže od 48 sati i to skupljeno od jednog ili više proizvođača. Sabiranje mlijeka raznih proizvođača u veće bazene ima prednost što se brzo postižu niske temperature ali mlijeko različitih proizvođača može biti lošeg kvaliteta i uticati na ostalu količinu. Ovi bazeni se moraju dobro čistiti i treba da su smješteni ili u štalskoj mljekari ili u posebnim objektima za sabiranje mlijeka. Veće farme su uglavnom opremljene cijevnim ili pločastim izmjenjivačima toplote. Cijevni hladionici se sastoje od sistema paralelnih cijevi koje su uložene u zatvoreni cilindar. Mlijeko prolazi kroz cijevi, a sredstvo za hlađenje u slobodnom prostoru izvana.

Transport mlijeka

On se treba obavezno obavljati u kamionima-cisternama od nerđajućeg materijala, koji su opremljeni uređajem za hlađenje i miješanje mlijeka. Miješanje i cjelokupno rukovanje sa mlijekom treba biti što nježnije i po mogućnosti u zatvorenom sistemu da bi se spriječio dodir mlijeka sa zrakom i kontaminacija mikroorganizmima.

Prijem i obrada mlijeka

Nakon prijema mlijeka u mljekaru, mlijeko se mora kontrolisati prije dalje obrade. Pri izvođenju fizičko-hemijske i bakteriološke kontrole mlijeka u principu se primjenjuju:

1. **ocjena senzorskih svojstava**
2. **kontrola higijenske ispravnosti** (reduktazna proba ili brojanje kolonija odnosno CFU izraslih na hranjivom agaru ili pomoću bactoscan-a)
3. **određivanje broja somatskih ćelija** (mikroskop ili Fossomatic)
4. **određivanje dodane vode u mlijeko** (krioskop ili refraktometar)
5. **određivanje specifične težine** (laktodenzimetar)
6. **test na antibiotike** (klasični test sa met. plavim, delvotest ili brzi snap test)
7. **određivanje kiselosti** (pH ili titraciona kiselost)
8. **određivanje sadržaja masti** (gerber, Milco-tester ili Milco-scan)
9. **određivanje sadržaja SM, proteina, SMBM i laktoze** (standardne metode ili Milco-scan)

Postupci mehaničke obrade mlijeka

Po prijemu, mlijeko treba da se prvo **prečisti**. Mlijeko se čisti radi uklanjanja leukocita, bakterija, ćelija vimena, prašine, slame, stelje i dr. Ovo se obavlja preko **filtera** ili **klarifikatora**. Mlijeko ide preko pumpe na **filter** gdje se obavlja filtriranje odnosno prečišćavanje mlijeka. Oni mogu biti različite izvedbe i različito locirani u liniji prijema zavisno od linije i organizacije proizvodnje. Mogu se ugraditi u cjevovod prije punjenja mlijeka, prije hlađenja ili toplotne obrade. Kod novog tipa zatvorenog tlačnog filtera mlijeko prolazi kroz njega pod pritiskom pumpe. On se obično postavlja iza prijemnog bazena, a prije hladionika odnosno cisterne za spremanje mlijeka.

Potom mlijeko u principu ide na **dearerator** da bi se uklonio zrak, a zatim na **protočni mjerac** mlijeka. Moguća je i obrnuta kombinacija ali se u tom slučaju mjeri i količina zraka koja je stigla sa mlijekom jer on prikazuje volumnu količinu mlijeka. Protočni mjerac je ugrađen u mljekovod i djeluje pod pritiskom i koristi se za mjerenje mlijeka koje se doprema cisternama. Razlikujemo mjerac sa plovkom, prstenasti, elektromagnetski, ultrazvučni i turbinski mjerac. Ukoliko se mlijeko doprema u kantama mogu se koristiti **vage** ili **mljekomjeri**. Mljekomjeri su cilindrične posude sa plovkom i vertikalnom skalom koja označava količinu mlijeka u litrima.

Ako mlijeko koje je stiglo u mljekaru nije moguće odmah toplotno obraditi ili preraditi u odgovarajući proizvod, mora se **ohladiti** na temperaturu od 4°C ili nižu. Potom se smješta u **duplikatore** koji imaju duple zidove i nemaju funkciju

da hlade mlijeko ali dugo zadržavaju postignutu nisku temperaturu, do momenta toplotne obrade ili prerade.

Odvajanje nečistoća može se provesti i putem centrifugalnih separatora koji se nazivaju **klarifikatori**. Pošto se lako uklapaju u liniju tehnološkog procesa, postoje mogućnosti za njihov smještaj na raznim mjestima konzumne mljekare. Čišćenje mlijeka pomoću klarifikatora zasniva se na djelovanju centrifugalne sile, slično separatoru za pavlaku. Nečistoće mlijeka (mehaničke nečistoće, leukociti i ćelije mikroorganizama) se, kao teži sastojci, odbacuju prema obodu bubnja, gdje se nalazi veći prostor za talog, koji se periodično uklanja kroz otvore sa strane. Mlijeko kao lakše ide ka osovini prema odvodu za izlaz mlijeka. Klarifikacija se može provoditi sa mlijekom različite temperature. Pri višim temperaturama učinak klarifikacije je bolji ali postoji opasnost razbijanja nečistoća i masnih kuglica. Tokom klarifikacije se, osim nečistoća, ukloni veliki broj mikroorganizama, a preostali mikroorganizmi su bolje raspoređeni pa je toplotna obrada efikasnija. Danas se izrađuju samočistivi klarifikatori. Kada se, nakon nekog vremena rada, nakupi određena količina taloga, stvara se pritisak koji aktivira otvaranje ispusta i automatsko uklanjanje taloga iz klarifikatora.

Baktofuge su separatori za odvajanje bakterija koje su puno veće gustoće od mlijeka. Sporogene su bakterije obično i najteže pa se i najlakše odstranjuju. Stoga se baktofuge koriste za poboljšanje bakteriološkog kvaliteta mlijeka, posebno u proizvodnji sira i mliječnog praha, te pri obradi surutke, zbog poželjne niže toplotne obrade. Baktofuge imaju otvore pri kraju tanjura gdje se razdvaja mlijeko od taloga bakterija tzv. baktofugata koji se odvodi iz baktofuge pa se može sterilizirati i vratiti u mlijeko. One rade sa 2-3 puta većim brojem obrtaja (16-20.000 o/min.) od separatora a optimalna temperatura za rad je 60°C. Mogu biti jednofazne i dvofazne. Primjenom dvaju baktofuga može se ukloniti više od 99% vrlo termorezistentnih spora (***Clostridium*** ssp).

Djelotvorno uklanjanje mikroorganizama se može sprovesti takođe **mikrofiltracijom**.

Separatori su centrifuge kojima se na principu centrifugalne sile izvodi odvajanje materija na bazi različite gustine. Separatori se sastoje od glavnih dijelova: bubanj sa ugrađenim tanjurima na središnjoj osnovi, mehanizam za pogon separatora, postolje separatora, cjevovodi za dovod i odvod mlijeka, te odvod obranog mlijeka, pavlake, bakterija ili nečistoća. Kako mast ima nižu gustoću od ostalih sastojaka ona se približava osovini separatora gdje se odvodi i izlazi kao pavlaka, a ostali sastojci mlijeka se bacaju na vanjski obod kao teži i izlaze kao obrano mlijeko. Glavni dio je bubanj gdje se u međutanjiričnom prostoru obavlja razdvajanje masti i obranog mlijeka. Ubrzanjem okretanja bubnja separatora povećava se centrifugalna sila, a time i izdvajanje masti iz mlijeka. Gustoća pavlake se reguliše okretanjem regulatora gustoće. Ovisno o namjeni, separatori se razlikuju po konstrukciji, dijelovima i uslovima rada. Prvi su bili otvoreni, a kasnije su usavršeni sve do konstrukcije savremenih hermetičkih separatora

(početak proizvodnje 1935.g.) s velikim kapacitetima (do 25.000 l/sat) i većom oštrinom obiranja mliječne masti od mlijeka (sve do 0,05% masti). Kod njih se mlijeko kratko zadržava u separatoru (5-10 min.).

Savremeni separatori moraju zadovoljavati slijedeće uslove:

- da kontinuirano, brzo i što potpunije odvajaju mast iz mlijeka,
- da se lako rastavljaju,
- da im konstrukcija omogućava lako i temeljito čišćenje i bez rastavljanja (CIP)
- da imaju mehanički pogon i veliku trajnost,
- da postoji mogućnost regulisanja sadržaja masti u pavlaci,
- da ne stvaraju pjenu u toku rada.

Separatori se dijele prema konstrukciji na:

1. **otvoreni separatori**, s otvorenim dovodom mlijeka i otvorenim odvodom pavlake i obranog mlijeka, (60-5.000 l/sat)
2. **poluzatvoreni separatori**, sa otvorenim dovodom mlijeka te zatvorenim odvodom pavlake i obranog mlijeka,(1.000-5.000 l/sat)
3. **hermetički zatvoreni separatori** sa dovodom mlijeka, te odvodom pavlake i obranog mlijeka bez pristupa zraka (5.000-20.000 l/sat). Oni imaju prednost jer zrak ne ulazi u mlijeko i ne stvara se pjena

Prema načinu dovoda i odvoda sirovine mogu biti:

1. **separatori koji djeluju bez pritiska**; dovod mlijeka je slobodnim padom, a odvod pavlake i obranog mlijeka je bez pritiska
2. **separatori s jednostrukim pritiskom** imaju slobodan dovod mlijeka, odvod pavlake bez pritiska a obranog mlijeka pod pritiskom
3. **separatori s dvostrukim pritiskom**, mogu imati dovod mlijeka bez pritiska, odvod pavlake i obranog mlijeka pod pritiskom, ili dovod mlijeka te odvod pavlake i obranog mlijeka pod pritiskom.

Prema vrsti pogona mogu biti ručni, mehanički ili kombinovani. Učinak separatora zavisi od konstrukcije bubnja separatora, prečnika bubnja, veličine masnih kuglica, razlike između gustoće pavlake i obranog mlijeka, viskoznosti proizvoda, brzine okretanja bubnja separatora, temperature proizvoda i dr. i veći je uz veći prečnik bubnja, veće masne kuglice i manji viskozitet mlijeka (viša temperatura).

Standardizacija masti u mlijeku

Standardizovano (tipizirano) mlijeko za konzum ili preradu mora imati ujednačeni sadržaj masti. To se može postići tipizacijom pomoću separatora ili miješanjem obranog sa punomasnim mlijekom ili pavlakom. Punomasno mlijeko se može miješati s djelimično obranim ili obranim mlijekom ili se mlijeko ili obrano mlijeko može miješati sa pavlakom.

Standardizacija mlijeka ili pavlake se može postići u proizvodnji **automatski**, direktno u liniji sa separacijom na taj način da se miješa obrano mlijeko s jednim dijelom pavlake i odvodi kroz zajednički cjevovod. Sadržaj mješavine reguliše se pomoću slavina za obrano mlijeko i pavlaku. Takođe se može standardizovati samo pavlaka na izlazu iz separatora tako da se miješa sa odvojenim obranim mlijekom. **Može se istodobno standardizirati izlazno mlijeko i izlazna pavlaka.**

Homogenizacija

Masne kuglice u mlijeku mogu biti pojedinačne ili u nakupinama ili čak kao grudvice maslaca gdje su se masne kuglice izgubile.

Pošto je gustoća mliječne masti manja od one kod obranog mlijeka, stajanjem mlijeka će doći do kretanja masnih kuglica prema površini. Dok je kod dobivanja pavlake brzo izdvajanje poželjno, kod tehnologije mnogih drugih proizvoda nije. Izdvajanje masnih kuglica može se usporiti ili potpuno zaustaviti homogenizacijom mlijeka.

Homogenizacija je postupak usitnjavanja i izjednačavanja veličine masnih kuglica u mlijeku (ili kod pavlake) pod uticajem visokog pritiska radi veće stabilnosti emulzije. Homogenizator je patentiran godine 1899. godine u Francuskoj. Mljekare u Francuskoj i SAD prve su počele homogenizirati konzumno mlijeko.

Homogenizator je složeni uređaj koji se sastoji od postolja i pokrovlja, te više visokotlačnih pumpi sa elektromotorom. Glavni dio uređaja je homogenizacijska glava s ventilima koji mogu biti različite konstrukcije. Prolaskom mlijeka pod pritiskom kroz male otvore ventila dolazi do usitnjavanja masnih kuglica, a postoji više teorija (kavitacija, udar, trenje).

Drži se da su nagle promjene pritiska i brzine zapravo vrlo intenzivna mehanička obrada mlijeka, koja dovodi prvo do rastezanja masne kuglice pri ulazu u uski otvor ventila, a pri izlasku do turbulencije mlijeka i do konačnog razdvajanja deformisanih globula u sitnije, više izjednačenog promjera. Pri tome se za oblikovanje membrana novonastalih globula utroši dio proteina iz mlijeka kao dodatni gradivni materijal potreban za povećanu površinu kuglica (zbog većeg broja). Pod uobičajenim uslovima pritiska (180-200 bara) nastaju uglavnom masne kuglice prečnika ispod 2 mikrona. Ustanovljeno je da se broj kuglica nakon homogenizacije poveća za oko 1.000, a površina oko 6-10 puta. Homogenizacija se u praksi provodi pod pritiskom od 150-300 bara u jednofaznom ili višefaznom homogenizatoru. Proces se može provoditi pri temperaturi od 45 do 70°C ali se pri višoj temperaturi povećava disperzija masnih kuglica.

Postupak homogenizacije dovodi do fizičko-hemijskih promjena mlijeka:

- intenzivnija bijela boja (veći broj kuglica odbija svjetlost),
- veći viskozitet (veća adsorpcija proteina na povećanu površinu masnih kuglica)

- veći površinski napon (uklanjanje površinski aktivnih materija iz vodene faze mlijeka)
- smanjena sposobnost koagulacije kazeina (smanjene micide i gubitak dijela slobodnog kazeina iz mlijeka jer se utroši za regeneraciju membrane novih masnih kuglica)
- smanjuje se osmotski pritisak i tačka mržnjenja (što ne utiče na njegove tehnološke osobine)
- povećana sklonost lipolize (veća površina masti, olakšava dodir s lipazama)
- smanjena stabilnost proteina (zbog promjena sličnih denaturaciji i poremećaja ravnoteže soli)

Sem toga, homogenizovano mlijeko je lakše probavljivo zbog smanjenih masnih kuglica pa i globula proteina. Međutim, zbog poremećaja nekih tehnoloških osobina, homogenizacija se ne preporučuje u proizvodnji sira, a nikada u proizvodnji maslaca.

Mlijeko uvijek sadržava i nešto zraka te gasova (i do 7%), najviše CO₂, manje azota, a najmanje kisika, zavisno od prethodnog tretmana. Najviše problema čini dispergirani zrak koji povećava volumen mlijeka, smanjuje djelotvornost pasterizacije ili obiranja masti u separatoru, te se gubi preciznost automatske standardizacije masti u mlijeku na liniji procesa proizvodnje.

Zrak se iz mlijeka uklanja **deaeratorom** već pri prijemu, a u liniji proizvodnje nakon predgrijavanja (iz pasterizatora) a prije separiranja. Nakon predgrijavanja, mlijeko iz pasterizatora, zagrijano na otprilike 68°C ulazi u deaerator, a deaerirano mlijeko odlazi dalje na separator. Tim se postupkom uklanjaju gasovi, a i lako isparljive materije koje mlijeko lako apsorbira iz okoline, a utiču na strani okus i miris “po korovu”, “po krmi” ili “po kravi”. Princip rada je uvijek – grijanje proizvoda, raspršivanje proizvoda, odvajanje isparljivih materija pod vakuumom i uklanjanje isparljivih materija.

Toplotna obrada mlijeka

Uticaj temperature na mlijeko

Visoke temperature se koriste radi uništavanja mikroorganizama, inaktiviranja enzima, poboljšanja tehnoloških svojstava i koncentrisanja suhe materije mlijeka.

Srednje temperature se nazivaju temperaturama dogrijavanja kako bi se lakše izvodile neke tehnološke operacije (obiranje, standardizacija masti, homogenizacija, podsiravanje, fermentacija i sl.).

Uticaj visokih temperatura

Visoke temperature su veoma važne i imaju najznačajniju ulogu u obradi mlijeka. Primjenjuju se u procesu pasterizacije, kojoj se podvrgava gotovo sva količina mlijeka koja se dopremi u mljekaru, bez obzira za šta će se koristiti. Pasterizacija se može izvoditi na temperaturama od 62,5 do 100°C.

Za razliku od pasterizacije, sterilizacija se vrši na višim temperaturama od 110-150°C. U novije vrijeme se koriste više temperature uz kraće trajanje njihovog djelovanja, tako da se postiže bolji ili isti efekat uništenja mikroorganizama i inaktiviranja fermenta uz što manje organoleptičke promjene mlijeka.

Visoke temperature se koriste i za povećanje termičke stabilnosti mlijeka, što se postiže djelovanjem na stabilnost proteina. One se primjenjuju da bi se spriječila koagulacija mlijeka pod uticajem najstrožijih režima termičke obrade, radi korekcije viskoziteta kod zgusnutog zaslađenog i nezaslađenog mlijeka.

U grijanom mlijeku se smanjuje količina slobodnog kalcija pa kazein prelazi u monomere i to zajedno sa kompleksom kazeina otežava usiravanje. Proteini surutke koaguliraju na višim temperaturama. Denaturacija počinje na 65°C ali je slabo izražena na temperaturama do 80°C. U većoj mjeri se odvija tek na 80°C pri grijanju u vremenu 5-10 minuta. To znači da u pasterizovanom mlijeku proteini surutke skoro da i nisu denaturisani. Veća denaturacija odvija se prilikom kuhanja, grijanja na 92-95°C u toku 10-20 minuta ili prilikom grijanja mlijeka radi povećanja termičke stabilnosti mlijeka.

Iz svakodnevnog života nam je poznato da se na dnu posude u kojoj se kuha mlijeko obrazuje sloj bijele boje. On se uglavnom sastoji od proteina surutke jer se prilikom koagulacije talože i sljepljuju u kontaktu sa zagrijanim dnom. To pokazuje da se uticaj visokih temperatura najviše reflektuje na ove proteine.

Već je spomenuto da albumini i globulini, zahvaljujući većoj hidratisanosti ne koaguliraju pri izoelektričnoj tački, ali pri povećanoj kiselosti je olakšano djelovanje drugih faktora, npr. termička denaturacija je mnogo brža.

Mlijeko izloženo djelovanju viših temperatura daje, pod uticajem himozina, mnogo mekši gruš. Ovo se objašnjava činjenicom da su albumini i globulini denaturisani pa njihove čestice popunjavaju prostore između kazeinskih čestica, sprečavajući da se kazein međusobno vezuje, pa je povezanost gruša slaba. Dejstvom povišenih temperatura dolazi do izdvajanja CO₂ iz mlijeka. To smanjuje kiselost mlijeka, što se posebno odražava i na stanje nekih soli u mlijeku. Ako se grijanje mlijeka vrši u zatvorenim sistemima onda su te promjene minimalne.

Postupci toplotne obrade mlijeka

Toplotna obrada provodi se u svrhu uništenja patogenih i što većeg broja ostalih mikroorganizama i enzima prisutnih u mlijeku radi produženja trajnosti mlijeka, a prije svega da se osigura proizvod sa visokim mikrobiološkim kvalitetom. Pristiglo mlijeko treba što prije toplotno obraditi, barem u toku 24 sata nakon prijema.

Toplotna obrada pri temperaturama do 100°C, određeno vrijeme, naziva se pasterizacija, a pri temperaturama višim od 100°C, određeno vrijeme, naziva se sterilizacija.

Toplotna otpornost mikroorganizama zavisi od brojnih pokazatelja, ali su puno više temperature potrebne za uništenje spora bakterija, plijesni ili kvasaca nego njihovih vegetativnih ćelija.

Toplotna stabilnost vegetativnih bakterijskih ćelija zavisi od više faktora:

- mikrobna vrsta
- optimalna i maksimalna temperatura rasta (više temperature rasta često znače i veću toplotnu stabilnost)
- lipidni sadržaj ćelije (lipidi povećavaju toplotnu otpornost)
- težnja ćelija ka nakupljanju (nakupine su otpornije na toplotu)
- faza u krivulji rasta (ćelije u log-fazi rasta su otpornije na toplotu od onih u opadajućoj fazi)
- hemijski sastav okoline
- pH vrijednost okoline (toplotna otpornost ćelija raste pri pH medija koja je udaljenija od optimalne)
- aktivnost vode (toplotna otpornost ćelije se smanjuje ako opada aktivnost vode, a_w).

Vegetativne ćelije nekih patogenih bakterija su vrlo osjetljive na toplotu i mogu se uništiti pri relativno niskim temperaturama, dok je za neke termofilne potrebno zagrijavanje i nekoliko minuta pri temperaturama od preko 80°C. Spore su puno otpornije i mogu izdržati nekoliko minuta pri temperaturi iznad 100°C prije potpunog uništenja.

U poređenju sa bakterijama, ćelije i spore kod nekih kvasaca i plijesni su znatno manje otporne na djelovanje toplote. Vegetativne ćelije i spore kvasaca uništavaju se pasterizacijom već pri 71,7°C za približno 15 sekundi. Za uništenje većine ćelija plijesni i njihovih spora takođe je dovoljno zagrijavanje pri 60-65°C oko 5-10 minuta dok neke zahtijevaju oštrije uslove.

Naziv “**pasterizacija**” uveden je po francuskom hemičaru Louisu Pasteru (1822.-1895.) koji je provodio fundamentalna istraživanja letalnog uticaja toplote na mikroorganizme, a toplotnu obradu koristio kao zaštitu proizvoda od kvarenja.

Pasterizacija je na mlijeko primjenjena godine 1982. Od strane IDF (International Dairy Federation) pasterizacija je definisana kao: “Pasterizacija je proces koji se primjenjuje na proizvod u svrhu da se unište patogeni mikroorganizmi i što je moguće više smanji opasnost proizvoda za zdravlje, a da toplotna obrada izazove minimalne hemijske, fizikalne ili organoleptičke promjene proizvoda.”

Zakonski je propisan postupak pasterizacije mlijeka koji će uz određenu temperaturu i trajanje zagrijavanja inaktivirati na toplotu najotporniju patogenu bakteriju ***Mycobacterium tuberculosis***.

U novije vrijeme za test-mikroorganizam se koristi i bakterija ***Listeria monocytogenes***, vrlo patogena bakterija koja se može naći u mlijeku i mliječnim proizvodima.

Prema dijagramu, koliforme se ubijaju ako se mlijeko grije na 70°C i držanjem na toj temperaturi oko 1 sekunde. Na 65°C, potrebno je 10 sekundi da se ubiju koliformne bakterije. Dakle, ove dvije kombinacije (70°C/ 1sec. i 65°C/ 10 sec.) imaju isti letalni efekat. Bacili tuberkuloze su otporniji na toplotu od koliformnih. Vrijeme držanja 20 sekundi na 70°C ili 2 minute na 65°C je potrebno da one sigurno unište. Slično bi moglo važiti i za termorezistentne mikrokoke koje su bezopasne.

Uslovi pasterizacije se donekle razlikuju u pojedinim zemljama, a u industriji se često prilagođavaju mikrobiološkom kvalitetu mlijeka. Uglavnom se preporučuje kombinacija: što viša temperatura, uz što kraće trajanje zagrijavanja.

Stoga se “**niska, dugotrajna**” pasterizacija (**63-64°C/30 minuta**), tzv. **LTLT** postupak danas u industriji uglavnom više ne primjenjuje (osim u nekim mini mlijekarama) jer je postupak dugotrajan, pogonski su troškovi relativno veliki, a učinak je relativno mali. On je vezan za pasterizaciju u kazanima odnosno duplikatorima.

Osnovna je kombinacija **HTST-postupka pasterizacija** mlijeka pri temperaturi **od 71,7 do 74°C 20-40 sekundi** ali ne manje od 15 sekundi. Kod nas se ovo naziva “srednja kratkotrajna pasterizacija”. Ako se primjenjuje temperatura zagrijavanja mlijeka **viša od 80°C**, tada se postupak definiše kao “**visoka**”

pasterizacija". Kod nas se za "**visoku kratkotrajnu pasterizaciju**" preporučuje zagrijavanje mlijeka pri temperaturi od **82°C najmanje 20 sekundi**.

Za proizvode sa više masti (pavlaka) toplotni tretman mora biti jači pošto je mast slab provodnik. Fosfatazni test se ne može koristiti za proizvode sa preko 8% masti pošto se reaktivacija enzima dešava relativno kratko vrijeme nakon pasterizacije. Zbog toga se za pavlaku koristi peroksidazni test. Proizvod se drži na temperaturi od iznad 80°C, oko 5 sekundi. Ovaj intenzivniji tretman je potreban za inaktivaciju peroksidaze. Mlijeko namijenjeno proizvodnji fermentisanih proizvoda se uobičajeno podvrgava intenzivnijem tretmanu da bi koagulirali proteini surutke i poveća njihovo svojstvo vezivanja vode.

Postoji i ultrapasterizacija (ESL proizvodi), proizvedeni pod visokim higijenskim uslovima da bi se produžio vijek trajanja, ali ovi proizvodi se moraju držati na hladnom.

U svakom slučaju pasterizacijom se trebaju uništiti patogene bakterije i oko 99,5-99,9% saprofitne mikroflore mlijeka, te inaktivacija fosfataza ("niska i srednja pasterizacija") ili peroksidaza ("visoka, kratkotrajna pasterizacija").

Međutim, uslovi pasterizacije i temperature do 100°C nisu dovoljni da se inaktiviraju termorezistentne spore bakterija u mlijeku (sporigene bakterije roda **Bacillus** i **Clostridium**).

Za inaktivaciju spora potrebno je mlijeko obraditi pri temperaturama višim od 100°C, tj. mora se primjeniti "**sterilizacija**", ali treba istaći da je to zapravo samo "**komercijalno sterilno**" mlijeko koje ne mora biti isključivo bez mikroorganizama. Ako neka spora nije uništena, može tokom skladištenja mlijeka klijati, što uzrokuje razmnožavanje te bakterije i kvarenje proizvoda.

Međutim, "sterilizirano mlijeko" mora biti filtrirano ili klarificirano, homogenizirano, zagrijano na temperaturi iznad 100°C, dovoljno vrijeme da bi se osigurala trajnost mlijeka duže vrijeme čuvanja pa i pri sobnoj temperaturi. Može biti pakovano prije ili nakon sterilizacije, ali pakovanje nakon sterilizacije mora biti "**aseptičko**" u steriliziranoj i nepropusnoj ambalaži.

U praksi se pri kontinuiranoj sterilizaciji mlijeka u protoku (UHT, "ultra high temperature", vrlo visoka pasterizacija – postupka) ne primjenjuje temperatura niža od 135°C, a trajanje zagrijavanja ne smije biti manje od 1 sekunde. Pri sterilizaciji mlijeka u ambalaži temperatura zagrijavanja ne smije biti niža od 115 do 120°C, a trajanje zagrijavanja 20-30 minuta.

U mnogim velikim mljekarama nije moguće svu količinu mlijeka toplotno obraditi i preraditi odmah nakon prijema. Ako se mlijeko mora duže čuvati, može se prethodno provesti i toplotna obrada pri nižim temperaturama, tzv. "**termalizacija**".

Termalizacija je toplotna obrada mlijeka pri **57-68°C, oko 15 sekundi** koja će samo privremeno inhibirati rast bakterija i neće inaktivirati enzime fosfataze. Stoga termalizacija ne može biti zamjena za pasterizaciju.

Glavne vrste toplotne obrade su prikazane tabelarno:

Proces	Temperatura (°C)	Trajanje
Termalizacija	63-65	15 sekundi
“niska, dugotrajna pasterizacija” mlijeka	63-65	30 minuta
“srednja, kratkotrajna pasterizacija” mlijeka	72-75	15-20 sekundi
“visoka, kratkotrajna pasterizacija” (pavlaka takode)	> 80	1-5 sekundi
“visoka toplotna obrada” (fermentirani proizvodi kao jogurt, kefir i sl.)	90-95	5-10 minuta
Ultratoplotna obrada (ESL)¹	125-138	2-4 sekunde
Sterilizacija u protoku* (UHT)²	135-140	Nekoliko sekundi
Sterilizacija u ambalaži**	115-120	20-30 minuta

* direktno zagrijavanje (mlijeko u paru ili para u mlijeko) ili indirektno zagrijavanje (izmjenjivači toplote, cijevni ili pločasti)

** u autoklavu ili u tunelu tokom kontinuirane proizvodnje

¹ ESL (“extended shelf life”) – produžen vijek trajanja – za svježe tekuće proizvode u Kanadi i SAD (pri 7°C)

² (UHT) (“ultra high temperature”) – vrlo visoka temperatura

U mliječarskoj praksi se primjenjuju dva osnovna načina izmjene toplote:

1. direktno zagrijavanje

- parom niskog pritiska (pri sterilizaciji mlijeka):
 - injektiranje pare u mlijeko u protoku;
 - infuzija mlijeka u komoru s parom
- toplom vodom (pri dogrijavanju sirnoga grušā)

Ono omogućava brzo hlađenje ali uslovaljava miješanje grijnog medija sa proizvodom. Ovo zahtijeva visoki kvalitet grijnog medija i u nekim zemljama ono je zabranjeno sa izgovorom da se unose strane materije u proizvod.

2. indirektno zagrijavanje ili hlađenje

- pomoću bazena ili ciklona s duplim plastom (kroz koji može strujati ogrijevni ili rashladni medij) koji se koriste pri pasterizaciji i hlađenju mlijeka;

- pomoću cijevnog ili pločastog izmjenjivača toplote (kroz koji struji ogrijevni ili rashladni medij) koji se koriste pri pasterizaciji, sterilizaciji, te pri hlađenju mlijeka;
- pomoću autoklava (ogrijevni je medij para uz pritisak oko 1,2 bara) koji se koriste pri diskontinuiranoj sterilizaciji mlijeka u ambalaži ili u tunelu pri kontinuiranoj sterilizaciji mlijeka u ambalaži.

Ovo je najčešće korišteni metod u mljekarskoj industriji. Kod ovog metoda postoji pregrada između medija i proizvoda, a toplota se transferira sa medijuma kroz pregradu (zid)- pločasti izmjenjivač.

Kod ovog tipa, toplota se prenosi kodukcijom i konvekcijom. Transfer toplote sa graničnog sloja gijaćeg medija se prenosi na granični sloj proizvoda sa druge strane se gotovo u potpunosti prenosi kodukcijom, dok se dalji transfer na mlijeko u centralnoj zoni završava i kodukcijom i konvekcijom.

Uređaji za pasterizaciju

Postoje uređaji koji rade diskontinuirano i kontinuirano:

a) jednostavni bazeni

Koriste se za grijanje mlijeka u manjim mljekarama. Grijanje se izvodi postavljanjem kanti sa mlijekom u bazen sa vrućom vodom.

b) dvostruki bazeni ili duplikatori

To je kotao s dvostrukim zidovima između kojih cirkuliše sredstvo za grijanje, voda ili para. Radi efikasnosti pasterizacije i jednoličnog grijanja cijele mase potrebno je brzo strujanje mlijeka preko ogrevne površine što se postiže mješalicom, a takođe i strujanje ogrevnog sredstva. Prikladan je za male pogone i obradu malih količina mlijeka, a omogućava obradu proizvoda sa različitim fizikalnim svojstvima npr. za tečne fermentirane proizvode (jogurt, kisela pavlaka, acidofilno mlijeko) i tečne nefermentirane proizvode (tečni puding, aromatizirana mlijeka) itd.

c) kotlasti paster

Za razliku od prethodnih omogućava kontinuirani rad, u protoku.

d) zatvoreni izmjenjivač toplote

Grijanje ili hlađenje mlijeka tokom pasterizacije ili sterilizacije mlijeka provodi se najčešće izmjenjivačem toplote koji mogu biti različite konstrukcije.

U mljekarskoj industriji se mogu primijeniti:

1. cijevni izmjenjivači toplote:

- različite konstrukcije cijevi (sistem paralelnih cijevi, spiralne, koncentrične, U-cijevi i slično);
- različit protok mlijeka (u cijevima ili izvan njih) i medija za grijanje ili hlađenje (obrnuto od mlijeka);
- različit smjer kretanja mlijeka i medija za grijanje ili hlađenje (istosmjerno ili naizmjenično);

Mnogo se upotrebljavao 30-tih godina ovog vijeka. Danas je njegova upotreba smanjena. Dobra im je strana što su jednostavni, a dijelovi kompaktni. Loša strana je što ne koriste regeneraciju toplote i teško se čiste.

2. pločasti izmjenjivači toplote (sistem paralelnih ploča od nerđajućeg čelika, neravne površine s otvorima za prolaz tečnosti, a koje su spojene zajedno okvirom). Mlijeko se kreće u jednom smjeru između dvije ploče, a između druge dvije ogrijevni ili rashladni medij u suprotnom smjeru. Pločasti izmjenjivači toplote u mljekarskoj industriji imaju prednost pred cijevnim izmjenjivačima. Najpoznatiji proizvođači su APV (Engleska), Pasilac (Danska), Alfa Laval (Švedska). Njihova upotreba počinje u Engleskoj 1923.g. Ubrzo su stekli prednost i danas se nalaze gotovo u svim mljekarama. Njihove prednosti su što se koristi princip regeneracije, zagrijavanje je brzo zbog tankog sloja mlijeka, a za grijanje se može koristiti voda.

Prednosti upotrebe vode su:

- potrebna temperatura tople vode je samo za nekoliko stepeni (cca 4°C) viša od temperature mlijeka, pa nema opasnosti od prigorjevanja mlijeka
- ne dolazi do naglih i velikih promjena temperature kao kod grijanja parom, pa se pojedini sastojci mlijeka bolje čuvaju od uticaja visokih temperatura.

Pločasti izmjenjivači toplote mogu se koristiti:

- za hlađenje mlijeka (izmjenjivači toplote s jednom sekcijom pakiranih ploča)
- za pasterizaciju ili sterilizaciju mlijeka (izmjenjivači toplote s više sekcija pakiranih ploča koje su odvojene posebnom pločom). Oni se sastoje od:
 - a) sekcije za regeneraciju toplote (izmjena toplote između hladnog i toplog mlijeka)
 - za predgrijavanje mlijeka
 - za predhlađenje mlijeka
 - b) sekcija za pasterizaciju (ogrijevni je medij topla voda ili para) ili sterilizaciju (ogrijevni je medij para)
 - c) sekcija za hlađenje uz ponekad dvije podsekcije:
 - hlađenje običnom hladnom vodom
 - hlađenje ledenom vodom ili drugim rashladnim medijem

3. Za neke vrlo viskozne proizvode koristi se **izmjenjivač toplote s brišućom površinom** ("scraped-surface"). To je vertikalni tip izmjenjivača toplote s brišućom površinom, a sastoji se od cilindra (1) uz rotor (2) s lopaticama (3) koje se okreću i tako se viskozni proizvod uklanja od zida i postiže podjednaka izmjena toplote ukupnog sadržaja. Taj se uređaj može koristiti za grijanje ili hlađenje te kristalizaciju proizvoda.

Linija proizvodnje pasterizovanog mlijeka (pločasti izmjenjivač)

Prije početka pasterizacije, treba pustiti da vruća voda cirkuliše kroz paster 15-20 minuta. Istovremeno treba spojiti separator i homogenizator da se i oni steriliziraju vrućom vodom. Prije nego što se pusti mlijeko, u paster treba u sekciju za hlađenje ledenom vodom pustiti sredstvo za hlađenje tako da na izlaznom cjevovodu pastera bude temperatura vode 2-4°C što odgovara temperaturi ohlađenog pasteriziranog mlijeka. Preko balansnog tanka se pušta mlijeko u paster koga pumpa tjera u sekciju za regeneraciju (predgrijavanje). Mlijeko koje ulazi tjera vodu iz pastera u odvodni kanal i počinje pasterizacija.

Ponekad se sa pasterizacijom istovremeno vrši i homogenizacija, te obiranje (standardizacija) mlijeka. Naime, pošto se mlijeko mora zagrijati prije ulaska u homogenizator, postoji povoljna mogućnost uključivanja u liniju pasterizacije. Homogenizator se može uključiti ili između sekcije za regeneraciju i sekcije za pasterizaciju ili između sekcije za pasterizaciju i držača toplog mlijeka. Povoljno je ako je kapacitet homogenizatora u liniji za 3-8% veći od maksimalnog kapaciteta pastera. Takođe, u liniju je uključen i separator odn. obiranje i standardizacija mlijeka gdje se mlijeko obično obire zagrijano na 40-45°C u regenerativnoj sekciji izmjenjivača toplote.

U sekciji za regeneraciju, hladno mlijeko se grije izmjenom toplote vrućim pasteriziranim mlijekom koje odlazi na hlađenje, zatim ide u sekciju za pasterizaciju, gdje se grije vrućom vodom ili parom, a zatim u držač toplote (željene temperature, željeno vrijeme). Odavde odlazi na povratni ventil koji automatski kontroliše temperaturu i prolaz mlijeka. Nedovoljno zagrijano mlijeko vraća se u balansni tank, a dovoljno zagrijano ide u sekciju za regeneraciju, gdje se djelimično hladi ulaznim mlijekom. Iz ove sekcije prelazi u sekciju za hlađenje hladnom vodom, a zatim u sekciju za hlađenje ledenom vodom. Pasterizirano mlijeko ohlađeno na 2-4°C ide u cisterne za skladištenje pasterizovanog mlijeka. Kada je oticanje mlijeka pri kraju pušta se unutra topla voda (35-45°C) koja će potisnuti mlijeko iz sistema. Voda ide u kanal. Kada je voda za ispiranje čista, vrši se pranje sa vrućom vodom (70°C) i rastvorom NaOH ili drugog deterdženta. Ostavi se da rastvor deterdženta na datoj temperaturi cirkuliše 20-30 minuta. Paster se ispira cirkulacijom tople vode 30-40°C u toku 10 minuta. Zatim se vrši pranje kiselim rastvorom (npr. 65% HNO₃) temperature 65-70°C koja cirkuliše 20-30 minuta. Paster se ispira cirkulacijom tople vode temperature 30-40°C. Alkalne i kisele rastvore treba koristiti svakodnevno za čišćenje pastera.

Linija sterilizacije mlijeka

U mljekarskoj industriji primjenjuju se dvije osnovne metode sterilizacije:

1. sterilizacija mlijeka **u ambalaži** (boce i konzerve), diskontinuirana i kontinuirana
2. sterilizacija mlijeka **u protoku** (bez ambalaže), UHT postupak, direktnim ili indirektnim grijanjem

1. Pri diskontinuiranoj sterilizaciji mlijeka u ambalaži može se koristiti **stacionarni ili rotirajući autoklav**. Rotirajući autoklavi se obično koriste za gušće, vrlo viskozne proizvode. Sterilizacija se u autoklavu provodi parom **pri 110-120°C, 15-40 minuta uz pritisak oko 1,2 bara**. Upotrebljena ambalaža mora biti otporna na djelovanje toplote.

Tehnološki proces se sastoji od slijedećih faza: priprema mlijeka, predgrijavanje i čišćenje mlijeka, predgrijavanje na temperaturu homogenizacije i dezodorizacije, predsterilizacija, hlađenje predsteriliziranog mlijeka i punjenje u ambalažu, sterilizacija i hlađenje mlijeka. Pri kontinuiranoj sterilizaciji mlijeka u ambalaži (staklene ili plastične boce te konzerve) mogu se koristiti hidrostatički vertikalni ili horizontalni tuneli sterilizatora, kroz koje mlijeko pakovano u ambalaži kontinuirano prolazi transporterima kroz sekciju sterilizacije (zagrijavanje parom), te kroz sekciju za hlađenje vodom. U horizontalnom se tunelu na kraju hlađenje provodi još i zrakom.

Mlijeko se takođe može prethodno sterilizirati u izmjenjivaču toplote pri **135°C**, nekoliko sekundi, ohladiti na 30-70°C (zavisno od ambalaže) i pakovati u određenu ambalažu te sterilizirati u tunelima pri sličnim uslovima kao i autoklavu. U **vertikalnom sterilizatoru** mlijeko se u ambalaži sterilizira pri **115°C/30 minuta**, a u **horizontalnom sterilizatoru**, pri **132-140°C/10-20 minuta**.

2. UHT je kontinuirani proces koji se događa u zatvorenom sistemu čime se sprečava kontaminacija. Mlijeko se grije na temperature 130-150°C i puni u aseptičnu ambalažu.

- **Indirektni postupak**, mlijeko se grije posredno preko površine za izmjenu toplote (pločasti ili cijevni), temperatura sterilizacije je obično oko 135°C.

- **Direktni postupak**, korištenje direktne pare za sterilizaciju mlijeka.

Mlijeko se predgrijava na 75-80°C u prvom predgrijaču, zatim na 90°C u drugom. Poslije toga ide u komoru za sterilizaciju gdje se sterilizira ili ubrizgavanjem pare u mlijeko ili ubrizgavanjem mlijeka u komoru sa parom. Mlijeko se u komoru za sterilizaciju uvodi pod visokim pritiskom i raspršuje u fine kapljice i trenutačno se zagrije na 135 do 150°C. Ovoj temperaturi je izloženo 2-4 sekunde, nakon čega ide u vakuum otparivač gdje se hladi na 78-80°C. Potom ide u aseptični homogenizator, pa na cijevni ili pločasti hladionik, gdje se hladi na 10-20°C. Sterilizirano mlijeko se sakuplja u cisterni i iz nje vodi do uređaja za aseptično punjenje u nepovratnu ambalažu.

KONCENTROVANI I SUŠENI MLIJEČNI PROIZVODI

Značaj, prednosti i mane

Koncentrovani i sušeni proizvodi od mlijeka nazivaju se trajnim mliječnim proizvodima. To su proizvodi od mlijeka dobijeni djelimičnim uklanjanjem vode. Suhi mliječni proizvodi su proizvodi od mlijeka kod kojih je u najvećem stepenu uklonjena voda (sadrže <4% vode). Odstranjivanjem vode postiže se smanjenje zapremine i težine, čime se omogućava lakši i ekonomičniji transport, a mali sadržaj vode kod sušenih mliječnih proizvoda onemogućava razvoj mikroorganizama što dozvoljava dugo skladištenje ovih proizvoda. Trajnost koncentrovanih mliječnih proizvoda se postiže i na drugi način, kao povećanjem osmotskog pritiska, sterilizacijom, toplotom. Prednost suhih i koncentrovanih proizvoda u odnosu na tečno mlijeko je i u slabije izraženim promjenama prilikom skladištenja, a manji skladišni prostor ima i određeni ekonomski efekat, dok je nedostatak skupa energija i ambalaža. Teoretski posmatrano svi mliječni proizvodi mogu da budu u suhom stanju. Među proizvode od mlijeka koji se danas najčešće proizvode u suhom stanju spadaju: suho punomasno i obrano mlijeko, suha surutka, suha mlaćenica, suha pavlaka (kisela i slatka), suho zaslađeno čokoladno mlijeko, sirevi u prahu (*cheddar, blue, cottage* i dr.), kazeinati (natrijum i kalcijum) i dr. U tehnološkom procesu proizvodnje suhih proizvoda je pored dobre sposobnosti čuvanja i niskih proizvodnih troškova, osnovni cilj da se prilikom rekonstituisanja (ponovnog dodavanja vode) proizvod ne razlikuje, ili što je moguće manje razlikuje od polaznog proizvoda. Proizvodnja koncentrisanih i posebno suhih mlijeka ima i tu prednost da može da preradi, uskladišti i tako sačuva, sve tržne viškove mlijeka, naročito konzumnog, kao i sve nusproizvode koji nastaju pri preradi mlijeka. Sušeni proizvodi su od naročitog značaja u neuobičajenim uslovima ishrane, rat, zemljotres, epidemija i sl. Zbog svega navedenog, svjetska proizvodnja i asortiman sušenih mlijeka i proizvoda od mlijeka i koncentriranih mlijeka stalno raste i očekuje se dalji rast.

Hranjiva vrijednost

Hranjiva vrijednost svih mliječnih proizvoda zasniva se na hranjivoj vrijednosti mlijeka i uslovljena je tehnološkim procesom proizvodnje određenog proizvoda. Zahvaljujući metodama savremene tehnologije proizvodnje koncentrovanih i sušenih mliječnih proizvoda (evaporacija u vakuumu, sušenje raspršivanjem i dr.), nema neželjenih promjena komponenata mlijeka tokom procesa ili su one minimalne. Praktično, svi sastojci koji se nalaze u mlijeku, poslije evaporacije i sušenja pomenutim metodama, samo bivaju koncentrirani, bez negativnih posljedica.

Kondenzovano nezaslađeno (evaporisano) mlijeko

Teorija proizvodnje kondenzovanog (zgusnutog) nezaslađenog mlijeka podrazumijeva evaporaciju (uklanjanje dijela vode iz mlijeka) i sterilizaciju dobijenog ugušćenog mlijeka radi obezbjeđenja trajnosti proizvoda.

Tehnološki proces

Tehnološki proces proizvodnje kondenzovanog nezaslađenog (evaporisanog) mlijeka sastoji se iz slijedećih operacija: prijem i izbor mlijeka, prečišćavanje, hlađenje, skladištenje, standardizacija (I), termička obrada, uparavanje, homogenizacija, hlađenje, standardizacija (II), pakovanje, sterilizacija, skladištenje.

- Prijem i izbor mlijeka

Kvalitet mlijeka za proizvodnju kondenzovanog nezaslađenog mlijeka mora da ispunjava odgovarajuće strožije kriterije nego mlijeko za mnoge druge namjene.

- Prečišćavanje, hlađenje i skladištenje

Ovo se izvodi na uobičajeni način: prečišćavanje centrifugalnim separatorima (klarifikatori) ili filtriranjem, hlađenje na pločastim kontinuiranim izmjenjivačima toplote (hladionicima) na 4°C i skladištenje u tankovima na toj temperaturi.

- Standardizacija (I)

Pravilnicima o kvalitetu mlijeka i mliječnih proizvoda najčešće je regulisan odnos masti prema suhoj materiji bez masti u kondenzovanom nezaslađenom mlijeku. Naš Pravilnik propisuje minimalan sadržaj masti (7,5%) i minimalan sadržaj SMBM (17,5%). Na osnovu količine ovih sastojaka u sirovom mlijeku standardizacijom se podešava njihov odnos u mlijeku za proizvodnju. Ovo se vrši na separatorima.

- Termička obrada

Cilj ove operacije nije samo da se unište patogeni i termolabilni mikroorganizmi i inaktiviraju enzimi, jer se kasnije u procesu vrši sterilizacija, već i povećanje stabilnosti koncentrisanog mlijeka tokom sterilizacije.

- Uparavanje

Primjenjuje se da bi se suha materija dotjerala do željenog nivoa (najmanje 25% po našim propisima). Osnova je koncentrisanje isparavanjem određene količine vode iz mlijeka.

- Homogenizacija

Homogenizacija se vrši u cilju poboljšanja stabilnosti emulzije masti u mlijeku smanjenjem prosječnog prečnika kuglica mliječne masti.

- Standardizacija (II)

U ovoj fazi se vrši standardizacija odnosa masti i SMBM ili ukupne suhe materije. Ona se vrši ili dodavanjem vode, obranog mlijeka, uparenog obranog mlijeka ili homogenizovane pavlake. Ona se obavlja u tankovima za standardizaciju na temperaturi od 5°C. Ovom prilikom se, radi primjene sterilizacije nakon toga, dodaju soli – stabilizatori, kako bi se povećala stabilnost na koagulaciju (Ca, K, Na - karbonati i bikarbonati, limunska kiselina, te K i Na citrati, fosfati i dr.

- Pakovanje

Ono se vrši obično u limenke od 0,4 kg do nekoliko kg, koje se zatim sterilizuju ili se prvo obavi kontinuirana sterilizacija, a zatim aseptično punjenje u ambalažu.

- Sterilizacija

Sterilizacija napunjenih i zatvorenih limenki vrši se u kontinuiranom sterilizatoru, na temperaturi od 100 do 120°C u toku 15-20 min. Poslije sterilizacije limenke se hlade na 25-30°C obično na istom uređaju. Sterilizacija ugušćenog mlijeka u protoku, prije pakovanja, podrazumijeva kratkotrajnu sterilizaciju, indirektno, na temperaturi od 130-140°C. Poslije sterilizacije ide razlijevanje u ambalažu i zatvaranje u aseptičnim uslovima i etiketiranje.

- Skladištenje

Ustanovljeno je da se evaporisano mlijeko sa većim sadržajem suhe materije može uspješno skladištiti do godinu dana, bez promjene kvaliteta na nižim temperaturama od 6-8°C i uslovima relativne vlage do 50%.

Kvalitet kondenzovanog nezaslađenog mlijeka

Prema **Pravilniku o kvalitetu mlijeka, proizvoda od mlijeka, sirila i čistih kultura** kondenzovano nezaslađeno (evaporisano) mlijeko treba da ispunjava slijedeće uslove: «da je ujednačene bijele do bijelo-žute boje; da ima prijatan i svojstven miris; da je homogena konzistencije; da sadrži najmanje 7,5% mliječne masti i 17,5% SMBM». Pri proizvodnji kondenzovanog nezaslađenog mlijeka može se, po istom Pravilniku, dodati mlijeku 0,08% Na_2HPO_4 ili $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ili njihove smjese, kao gotovog industrijskog preparata.

Primjena kondenzovanog nezaslađenog mlijeka

Upotrebljava se u domaćinstvu kao komponenta u pripremi raznih proizvoda, kao dodatak kafi. Koristi ga i prehrambena industrija: industrija dječije hrane, kanditorska industrija (tvrde mliječne bombone i dr.), industrija prerade mlijeka (fermentisani proizvodi, sladoled i dr.).

Kondenzovano zaslađeno mlijeko

Torija proizvodnje kondenzovanog (zgusnutog) zaslađenog mlijeka se odnosi na evaporaciju (uklanjanje dijela vode iz mlijeka) i dodavanje šećera ugušćenom odn. djelimično ugušćenom mlijeku, u cilju dobivanja trajnog proizvoda. Dodavanje šećera u cilju produženja trajnosti koristi metodu **osmoanabioze**: visoke koncentracije dodate saharoze ili drugog šećera izazivaju povećanje osmotskog pritiska što dovodi do plazmolize ćelija prisutnih mikroorganizama.

Tehnološki proces

Tehnološki proces proizvodnje kondenzovanog zaslađenog mlijeka sastoji se iz slijedećih operacija: prijem i izbor mlijeka, prečišćavanje, hlađenje, skladištenje, standardizacija (I), termička obrada, uparavanje, dodavanje šećera, standardizacija (II), hlađenje sa kristalizacijom, pakovanje, skladištenje. Za razliku od evaporisanog mlijeka, kondenzovano mlijeko je učinjeno trajnim dodatkom šećera. U vezi sa tim kao i sa sastavom gotovog proizvoda u procesu proizvodnje kondenzovanog zaslađenog mlijeka postoje operacije dodavanja šećera i hlađenje sa kristalizacijom, ali nema sterilizacija, a najčešće niti homogenizacije.

- Prijem i izbor mlijeka

Kao i mlijeko za proizvodnju kondenzovanog nezaslađenog mlijeka mora da ispunjava odgovarajuće strožije kriterije nego mlijeko za mnoge druge namjene.

- Standardizacija (I)

Pravilnicima o kvalitetu mlijeka i mliječnih proizvoda najčešće je regulisan odnos masti prema suhoj materiji bez masti u kondenzovanom zaslađenom mlijeku. Prema Pravilniku, predviđeni sastav gotovog proizvoda je: 8% mliječne masti, 20% SMBM i 40% saharoze (dodatog šećera). Vršiti se na isti način kao i kod kondenzovanog nezaslađenog mlijeka.

- Termička obrada

Ovo ima poseban značaj kod proizvodnje kondenzovanog zaslađenog mlijeka, pošto je to najintenzivniji termički tretman, jer nema sterilizacije, a temperature uparavanja su niske (ispod 80°C).

- Uparavanje

Uparavanje je operacija koja se izvodi na isti način i na istim mašinama kao i kod kondenzovanog nezaslađenog mlijeka, pri istim parametrima. Step koncentrisanja mlijeka zavisi od propisa o sastavu gotovog proizvoda i najčešće je nešto veći od 2:1.

- Dodavanje šećera

Šećer koji se najčešće koristi je saharoza, mada se mogu upotrebljavati i glukoza, dekstroza itd., uglavnom kada proizvod ima posebnu namjenu. Količina

dodatog šećera mora biti takva, da se njegova koncentracija u vodenoj fazi gotovog proizvoda kreće u granicama 62,5 do 64,5%.

- Standardizacija (II)

Definitivna standardizacija se vrši poslije uparavanja i dodavanja šećera. Tokom standardizacije (II) vrši se kontrola ukupne suhe materije, šećera i masti, i na osnovu toga se utvrđuje željeni odnos prema ukupnoj suhoj materiji mlijeka i podešava koncentracija ukupne suhe materije kondenzovanog zaslađenog mlijeka.

- Hlađenje sa kristalizacijom

U toku hlađenja proizvoda koje slijedi poslije uparavanja i dodavanja šećera dolazi do kristalizacije laktoze zbog sniženja temperature, visoke koncentracije laktoze ($C_1 > 10\%$), prisustva visoke koncentracije dodatog šećera (oko 40%) i relativno malog sadržaja vode.

- Pakovanje

Za pakovanje kondenzovanog zaslađenog mlijeka namjenjenog širokoj potrošnji koriste se najviše konzerve, kao i kod kondenzovanog nezaslađenog mlijeka, zatim tube, razne plastične forme i dr. Za veće potrošače, ili za korištenje u drugim industrijama, pakuje se u metalne doboše cilindričnog oblika i druge kontejnere.

- Skladištenje

Skladištenje kondenzovanog zaslađenog mlijeka vrši se u uslovima kao i za kondenzovano nezaslađeno mlijeko (10°C).

Kvalitet kondenzovanog zaslađenog mlijeka

Kondenzovano zaslađeno mlijeko je proizvod od mlijeka sa dodatkom šećera, dobijen uklanjanjem određene količine iz mlijeka. Po **Pravilniku o kvalitetu mlijeka, proizvoda od mlijeka, sirila i čistih kultura** ovaj proizvod mora da ispunjava uslove: "da je ujednačene žute do svijetlo žute boje; da ima prijatan miris i vrlo sladak ukus; da je homogene konzistencije; da sadrži najmanje 8% mliječne masti; da sadrži najmanje 20% SMBM mlijeka i najmanje 40% dodatog šećera (saharoza ili drugi)".

Primjena kondenzovanog zaslađenog mlijeka

Ono se, s obzirom na visoku koncentraciju SM i šećera ne koristi direktno u ishrani. Upotrebljava se u domaćinstvu u pripremi raznih proizvoda (kafa, sladoled, puding, kreme, napici), a takođe i u kanditorskoj industriji, gdje se ovaj proizvod smatra najboljim oblikom dodavanja komponenata mlijeka u procesu proizvodnje karamela.

Mlijeko u prahu

Proizvodnja mlijeka u prahu sastoji se iz osnovnih operacija uparavanja i sušenja. Mliječni prah se danas proizvodi u velikim modernim postrojenjima. Obrani mliječni prah ima maksimalan rok trajanja od 3 godine. Cijeli mliječni prah ima maksimalan vijek od 6 mjeseci. Ovo je zbog toga što mast u mliječnom prahu oksidira tokom skladištenja, uz posljedične mane ukusa.

Tehnološki proces

Tehnološki proces se sastoji iz slijedećih operacija: prijem mlijeka, prečišćavanje, hlađenje i skladištenje, standardizacija, termička obrada, homogenizacija, uparavanje, sušenje i pakovanje.

- Prijem mlijeka

Pri prijemu mlijeka potrebno je voditi računa o hemijskom, organoleptičkom i bakteriološkom kvalitetu mlijeka.

- Prečišćavanje, hlađenje i skladištenje

Uobičajeni tretman je prečišćavanje filtriranjem i centrifugalnim separatorima (klarifikator), hlađenje pločastim kontinuiranim toplotnim izmjenjivačima do 4°C i skladištenje u tankovima na istoj temperaturi.

- Standardizacija

Standardizacijom sirovine se podešava da odnos masti prema SMBM bude isti kao odnos koji se želi u gotovom proizvodu (1:2,7 kod punomasnog MP). Da bi se postigao sadržaj masti mlijeka u prahu od najmanje 26% u suhoj materiji podešava se količina masti u sirovini na 3,2% pod uslovom da SMBM iznosi 9,1%.

- Termička obrada

Obično se izvodi na temperaturi visoke pasterizacije, u toku dužeg trajanja od pasterizacije, s ciljem da se, pored svih patogenih uništi i što više saprofitnih mikroorganizama, inaktiviraju enzimi, posebno lipaza. Iz navedenih razloga, danas se primjenjuje režim 88-90°C u toku 3-5 min.

- Uparavanje

Ova operacija je obavezna zbog bolje održivosti praha usljed manjeg sadržaja inkorporiranog vazduha i većih čestica, kao i ekonomskih razloga, zbog dugog vremena sušenja, srazmjerno manjeg iskorištenja uređaja i ogromnog utroška energije kod sušenja. Kod sušenja na valjcima koncentrisanje uparavanjem se vrši do 30-35% SM, a kod sušenja raspršivanjem u struji toplog vazduha do 40-50% suhe materije mlijeka. Veći stepen koncentrisanja bi na valjcima prouzrokovao stvaranje debelog sloja što bi otežalo sušenje.

- Homogenizacija

Ona nije obavezna kod proizvodnje mlijeka u prahu ali se sve više primjenjuje u cilju smanjenja količine slobodne masti, koja poslije sušenja impregnira prah.

- Sušenje

Sušenje mlijeka se vrši u industrijskim uslovima uglavnom u sušnicama sa valjcima u atmosferskom pritisku ili komorama za sušenje raspršivanjem u struji toplog vazduha.

1. Sušenje na valjcima

Ovaj način je primjenjuje najčešće samo za proizvodnju obranog mlijeka u prahu ili mlijeka u prahu namijenjenog drugim industrijama (kanditorski proizvodi itd.), zbog slabe rastvorljivosti proizvoda. Ovdje se dešava direktan kontakt nanijetog filma mlijeka sa toplom površinom rotirajućih valjaka (temperatura pare za zagrijavanje je 130-200°C). Kvalitet gotovog proizvoda zavisi, pored temperature i vremena trajanja sušenja, od temperature ulaznog mlijeka i stepena koncentrisanja, debljine nanijetog sloja i ravnomjernosti nanošenja mlijeka na valjke. Pošto je osušeno, mlijeko se u obliku tankog filma kontinuirano skida noževima strugačima. Suhi film pada na spužvasti transporter (uz svaki valjak nalazi se po jedan), gdje se usitnjava i transportuje elevatorom do mlina čekićara na mljevenje. Prah se zatim obično prosijava kroz sistem sita u cilju klasiranja po veličini čestica.

2. Sušenje raspršivanjem u komori sa toplim vazduhom

Moderniji i danas češći način sušenja je u komorama sa toplim vazduhom. Upareno mlijeko se disperguje ("atomizira") unutar komore za sušenje koja može da bude vertikalnog i horizontalnog tipa. Osušeni proizvod pada na dno komore, odakle se neprekidno odnosi, hladi se dalje strujom hladnog vazduha i odvaja od medija za sušenje. Za odvajanje se najčešće koriste centrifugalni odvajači praha, tzv. cikloni.

- Pakovanje

Prah se pakuje u pogodnu ambalažu koja je nepropusna za vlagu, gasove svjetlost itd., a to su: papirne, višeslojne kutije ili džakovi sa polietilenskom vrećom sa unutrašnje strane, metalna burad sa polietilenskim vrećama i konzerve prevučene staniolom sa unutrašnje strane. Kada je proizvod namijenjen za dugo skladištenje, pakovanje se vrši u atmosferi inertnog gasa ili parcijalnom vakuumu. Iz mlijeka sušenog raspršivanjem takođe je potrebno ukloniti i vazduh što se vrši deaeracijom.

- Sladištenje

Propisno proizvedeno i pakovano mlijeko u prahu, sa niskim sadržajem kiseonika, skladišti se na sobnoj temperaturi.

Kvalitet mlijeka u prahu

Mlijeko u prahu je proizvod dobijen uklanjanjem vode iz mlijeka koji prema **Pravilniku o kvalitetu mlijeka, proizvoda od mlijeka, sirila i čistih kultura** treba da ispunjava slijedeće uslove: “da je bijele boje sa žućkastom nijansom; da ima svojstven miris i ukus; da ima konzistenciju sitnog praha, granula ili ljuspica, da sadrži najmanje 25% mliječne masti u SM; da ne sadrži više od 4% vode ako je proizvedeno raspršivanjem, odn. ne više od 6% vode ako je proizvedeno sušenjem na valjcima; da kiselost mlijeka rekonstituisanog od mlijeka u prahu nije veća od 8,5°SH; da rastvorljivost mlijeka u prahu poslije rekonstituisanja nije manja od 95%, za mlijeko u prahu proizvedeno raspršivanjem, odn. da nije manja od 89% za mlijeko u prahu proizvedeno na valjcima; da je proba na fosfatazu mlijeka rekonstituisanog od mlijeka u prahu negativna”. Pored ovoga u promet se može staviti i poluobrano mlijeko u prahu koje treba da sadrži najmanje 12,5% mliječne masti u SM i da rastvorljivost poslije rekonstituisanja nije manja od 94% (raspršivanje) odn. 80% (valjci).

Primjena mlijeka u prahu

Koristi se direktno u ishrani kao rekonstituisano ali ga troši industrija slatkiša, gdje je obavezni sastojak čokolade, zatim druge industrije: karamele, mekane bombone, premazi, keks, kolači idr. U mljekarskoj industriji može se koristiti kao dodatak u proizvodnji sladoleda, topljenih sireva, suhih sladolednih smješa. Koristi se kao dodatak drugim specifičnim prehrambenim proizvodima kao što su sosovi, prelive, gotova jela, povrće, dječija hrana idr.

SLADOLED

Prema **Pravilniku o kavlitetu mlijeka, proizvoda od mlijeka, sirila i čistih kultura** sladoled i zamrznuti deserti dobijaju se iz emulzije masti i proteina, uz dodatak šećera i drugih dodatnih sastojaka i supstancija za postizanje boje, arome i za emulgovanje sastojaka, odnosno stabilizaciju sistema ili iz smješe vode i šećera sa drugim dodatnim sastojcima i supstancijama. Poslije unoenja svih osnovnih, dodatnih sastojaka i supstancija, smješa se podvrgava uduvavanju vazduha i zamrzavanju. Sladoled i zamrznuti deserti stavljaju se u promet u zamrznutom stanju. Sladoled, zamrznuti deserti i smješa za sladoled proizvode se i stavljaju u promet kao:

1. mliječni sladoled
2. krem-sladoled
3. sladoled za dijabetičare
4. smješa za sladoled
5. zamrznuti deserti

- **Mliječni sladoled** i **Krem-sladoled** su proizvodi dobiveni od pasteriziranog mlijeka, sterilizovanog mlijeka, kuhanog mlijeka, zgusnutog mlijeka, mlijeka u prahu, maslaca, pavlake uz dodatak šećera i supstanci za postizanje odgovarajuće boje, arome i ukusa, kao i supstanci koje vrše emulgovanje, odnosno stabilizovanje sistema. Mliječni sladoled mora da sadrži najmanje 2,5% mliječne masti od ukupne mase, najmanje 14% dodatog šećera od ukupne mase, najmanje 24% ukupne suhe materije i da ne sadrži više od 0,5% emulgatora i sredstava za vezivanje i zgušnjavanje dok krem-sladoled mora da sadrži najmanje 8% mliječne masti, najmanje 14% dodatog šećera, najmanje 30% ukupne suhe materije i ne više od 0,5% emulgatora i sredstava za vezivanje i zgušnjavanje.
- **Sladoled** za dijabetičare mora da ispunjava sve navedene uslove, a iz naziva proizvoda mora da proizilazi da je to sladoled za dijabetičare (mliječni sladoled za dijabetičare, krem-sladoled sa čokoladom za dijabetičare i sl.).
- **Smješa za sladoled** je poluproizvod koji se koristi za proizvodnju sladoleda, a sadrži osnovne i dodatne sastojke koji su propisani i za ostale sladolede.
- **Zamrznuti deserti** su proizvodi u kojima su sastojci mlijeka djelimično ili potpuno zamjenjeni drugim sastojcima. Ova smješa se zatim podvrgava uduvavanju vazduha i zatim zamrzavanju. Zavisno od sadržaja osnovnih sastojaka zamrznuti deserti proizvode se i stavljaju u promet kao: mliječni desert, voćni desert, aromatizovani desert i vodeni desert.

Proces se sastoji iz slijedećih koraka:

- **Prijem i skladištenje sirovina**

Sirovine se skladište u tankove, silose, kutije, vreće, zavisno od njihove fizičke forme. Planiranje i sklapanje recepture zavisi od kapaciteta postrojenja.

- **Sastojci**

- **Mast** (mliječna – mlijeko, pavlaka, anhidrovana mliječna mast; biljne masti ili kao suncokretovo ulje, ulje kokosovog oraha, sojino ili ulje uljane repice)
- **Suha materija bez masti (SMBM) porijeklom od mlijeka ili mliječnih proizvoda** (obrano mlijeko u prahu i kondenzovano mlijeko)
- **Šećer/ne-šećerni zaslađivači** (saharoza, glukoza, laktoza, invertni šećer)
- **Emulgatori/stabilizatori (E/S):**
 1. **Emulgatori** -žumance, esteri glicerina, sorbitola, šećera i drugi
 2. **Stabilizatori**- proteinski i ugljiko-hidratni stabilizatori
- **Obogaćivači ukusa i mirisa** (čokolada, kafa, vanilija, voćni dodaci)
- **Boje** (u fromi koncentrata zakonom dozvoljene boje)

određena prije miješanja. Da bi se dobila dobro izbalansirana smjesa neophodno je izračunati procenat SMBM koja se koristi. Ona se dobije oduzimanjem procenta masti, šećera, emulgatora i stabilizatora (E/S) koji se žele koristiti od 100 i množenjem ostatka sa 0,15. Npr. za proizvodnju sladoleda sa 10% tež.% masti, 15% tež.% šećera i 0,5 tež. % E/S, slijedeći obračun će dati željeni sadržaj SMBM u procentima:

$$(100 - 10 - 15 - 0,5) \times 0,15 = 11,5\% \text{ tež. \% SMBM}$$

Kada je poznata količina SMBM, ukupna suha materija smjese (SM) može biti fiksirana i količina svakog sastojka koji se koristi može biti izračunata. Pored toga, konačni obim tipičnog sladoleda treba biti oko 2,5-2,7 puta od ukupne suhe materije smjese. U gornjem primjeru, obim treba biti

$$2,7 \times (10 + 15 + 0,5 + 11,5) = 100\%$$

Nakon zamrzavanja, tokom kojeg se kontrolirana količina vazduha takođe uduvava, volumen originalne smjese se gotovo udvostručuje, što takođe znači da se udio sastojaka smanjuje gotovo za pola.

- **Vaganje, mjerenje i miješanje**

Općenito govoreći, svi suhi sastojci se važu, dok tečni mogu biti odvagani ili odmjereni voluminozno.

- **Homogenizacija i pasterizacija**

U velikim pogonima, sladoledna smjesa se nakon homogenizacije na 14-20 Mpa (140-200 bara) pasterizuje na 83-85°C u trajanju od nekih 15 sekundi. Pasterizovana smjesa se zatim hladi na 5°C i prebacuje u tank za zrenje. Kod šaržne proizvodnje, smjesa se prvo pasterizuje u kombinovanom tanku za pravljenje smjese i preradu, obično na 70°C, sa vremenom zadržavanja od 30 minuta. Smjesa se tada propušta kroz homogenizator, hladi na 5°C na pločastom izmjenjivaču toplote (hladioniku) i prebacuje u tank za zrenje.

- **Zrenje (bubrenje)**

Smjesa mora biti na zrenju najmanje 4 sata na temperaturi između 2 i 5°C sa kontinuiranim blagim miješanjem. Zrenje ostavlja vrijeme stabilizatorima da učine svoje i masti da kristalizira.

- **Kontinuirano zamrzavanje (friziranje)**

Kontinuirani frizer ima dvije funkcije:

- Da ubaci kontroliranu količinu vazduha u smjesu
- Da zamrzne vodu prisutnu u smjesi u veliki broj malih kristala

Povećanje volumena koje nastaje inkorporiranjem vazduha u smjesu za sladoled se naziva povećanje obima (originalno "overrun") i iznosi normalno 80-100%, tj. 0,8 do 1,0 litara vazduha na 1 litar smjese. Ako je obim dobar i rentabilnost je dobra, a ubacivanjem vazduha se postiže kvalitet, mekoća i konzistencija sladoledne mase. Voćne kaše i drugi suhi dodaci, kao komadi voća, lješnika ili čokolade mogu biti dodani sladoledu odmah nakon kontinuiranog frizera.

- **Pakovanje, istiskivanje i obmatanje**

Sladoled se pakuje u **čашice, kornete i veća pakovanja** (1 do 6 litara) na rotacionoj ili in-line punjačici. One mogu biti napunjene sa različitim aromatičnim dodacima i proizvod može biti dekoriran sa lješnicima, voćem i čokoladom. **Ekstrudirani sladoledni** proizvodi se normalno proizvode na trakastom tunel ekstruderu (istiskivaču). Dekoracija može biti nanešena i nakon toga proizvod je nošen trakom kroz tunel za skrućivanje gdje se oni zamrzavaju na -20°C. **Sladoledni ili smrznuti vodeni štapići** se prave na specijalnim mašinama, takođe nazvanim frizeri štapićastog tipa (okrugli tip-RIJE), sa džepovima u koje se sladoled ili vodeni sladoled nasipa odn. ukalupljuje. Sladoled se dozira direktno sa kontinuiranog frizera na temperaturi od oko -3°C. Napunjeni kalupi se nose postepeno kroz rastvor koji ima temperaturu -40°C koji

zamrzava sladoled ili rastvor ledene vode. Štapići se zatim ubacuju u masu prije nego se kalupi potpuno smrznju. Smrznuti proizvod se vadi iz kalupa na taj način što oni prolaze kroz topli rastvor koji topi površinu proizvoda i tako mu omogućava da ispadne automatski pomoću jedinice za vađenje. Nakon vađenja, štapići mogu biti uronjeni u čokoladu, prethodno otopljenu na 40°C kako se sladoled ne bi počeo topiti prilikom uranjanja u masu, prije nego što se upute na mašinu za pakovanje.

- **Skrucivanje i hladno skladištenje**

Proizvodnja sladoleda nije gotova sve dok on ne prođe skrucivanje na temperaturi od oko -20°C. Za proizvode proizvedene na ekstruzionj liniji ili frizeru štapićastog tipa, operacija skrucivanja je već uključena u sam proces. Proizvodi upakovani odmah nakon zamrzavanja moraju međutim biti prebačeni u tunel za skrucivanje. Nakon toga, proizvod se prebacuje u hladnjaču gdje se pohranjuje na police ili palete na temperaturu od -25°C. Vrijeme skladištenja sladoleda zavisi od tipa proizvoda, pakovanja i održavanja konstantno niske temperature. Dužina skladištenja ide od 0 do 9 mjeseci.

FERMENTIRANI MLIJEČNI NAPICI

Mlijeko je izrazito dobra podloga za razvoj mikroorganizama. U povoljnim uslovima, mikroorganizmi, koji su uvijek prisutni u mlijeku, će kompleksne sastojke mlijeka razgrađivati u prostije.

Proces mliječno-kisele fermentacije laktoze mlijeka u mliječnu kiselinu djelovanjem enzima bakterija mliječne kiseline, vrlo je složen i odvija se postupnom razgradnjom laktoze pri čemu nastaju brojni međuproizvodi i energija. Glavni proizvod, mliječna kiselina, (ili druge kiseline) nastala fermentacijom utiče na svjež-kiseli ukus fermentiranih napitaka te uslovljava kiselu reakciju sredine i djeluje kao inhibitor, sprečavajući razvoj mikroorganizama, prvenstveno acidofobnih. Međutim, djelovanjem kiseline pod uticajem bakterija mliječne kiseline nastaju takođe i fizičko-hemijske promjene micela kazeina koje dovode do koagulacije kazeina, te stvaranja koaguluma mlijeka (pri izoelektričnoj tački kazeina odn. pH oko 4,6). Tako, fermentacijom nastaje i karakteristična konzistencija fermentiranih mliječnih napitaka, na koju djelujemo tehnološkim postupkom (toplotna obrada, homogenizacija i slično).

Proizvodnja fermentiranih mliječnih napitaka

Mliječni proizvodi koji se dobijaju mliječno-kiselom fermentacijom (npr. jogurt) ili njenom kombinacijom sa fermentacijom koju izvode kvasci (npr. kefir) nazivaju se fermentirani mliječni napici. To je široka grupa proizvoda u koju spadaju jogurt, ymer (ajran), kefir, fermentisana mlaćenica, skandinavsko kiselo mlijeko (fimjöik), fermentisana pavlaka i kumis (kobilje mlijeko). Generičko ime fermentisanih napitaka zasniva se na činjenici da se mlijeko za proizvodnju inokulira sa starter kulturom koja previre dio laktoze u mliječnu kiselinu. Tu se formiraju CO₂, diacetil, sirćetna kiselina koji daju aromu proizvodu, a kod kefira i kumisa i etanol.

Fermentirano mlijeko je odavno poznato među uzgajivačima stoke, nomadima, koji su slučajno otkrili spontanu fermentaciju. Mlijeko se spontano ukiseljavalo i koaguliralo pod uticajem određenih mikroorganizama. Na njihovu sreću, bakterije su bile iz grupe neškodljivih proizvođača kiseline i nisu proizvodile toksine.

Legenda kaže da su jogurt i kefir rođeni na obroncima planine **Elbrus** u području **Kavkaza** čudom prirode. Na južnim obroncima planine **Elbrus**, mikroorganizmi koji su više voljeli visoke temperature, 40-45°C došli su zajedno u vrč sa mlijekom koji je vjerovatno pripadao **turčinu** nomadu, a rezultat je bio ono što su Turci nazvali "Yogurut". **Kefir**, legenda počiva na predanjima da se stvorio na sjevernim obroncima planine **Elbrus**, aktivnošću mikroorganizama koji nisu tako voljeli toplotu. Oni su najbolje egzistirali na 25-28°C. Ime kefir bi moglo poticati iz turskog jezika. Prvi slog riječi, "kef" je turski i znači ugodan, što je vjerovatno bio prvi komentar čobana na miris i ukus. Kefir sadrži nekoliko različitih tipova mikroorganizama, među kojima su najpoznatiji kvasci

Međutim, industrijska proizvodnja je počela tek početkom 20. stoljeća, a bazira se na proučavanju autohtonih proizvoda. Širenju autohtonog fermentiranog mlijeka – jogurta je doprinijelo objavljivanje radova ruskog naučnika, profesora Pasteur-ovog institute u Parizu, **Ilje Mečnikova** (1906., 1907.) o uticaju jogurta na zdravlje potrošača. Mečnikov je pretpostavio da su Bugari dugovječni zbog dugotrajne potrošnje jogurta, a njegova knjiga “**Produženje života**” povećala je popularnost jogurta po Evropi. Njegova pretpostavka o terapijskim svojstvima bakterije ***Lactobacillus bulgaricus***, izolirane iz jogurta, vjerovatno je dovela do proizvodnje fermentirane mlaćenice u Bugarskoj samo tom bakterijom. Bakteriju izlučenu iz bugarskog jogurta Mečnikov je tada nazvao ***Bacterium bulgaricus***, što znači bugarski štapić. Uvođenjem proizvodnje voćno/aromatiziranog jogurta, kasnih 1950., potrošnja jogurta u svijetu se povećala i do danas nije smanjena.

Francuski doctor, H. Tissier, još je 1900. godine otkrio bakteriju probavnog trakta koju je nazvao ***Bacillus bifidus*** (danas ***Bifidobacterium bifidum***) i ubrzo uočio da ona mijenja mikrofloru crijeva. Smatrao je (1906.g.) da ona može izliječiti crijevne infekcije.

Gotovo su iste glavne faze tehnološkog procesa proizvodnje fermentiranih mliječnih napitaka, bez obzira na vrstu proizvoda, a različita je uglavnom količina suhe materije (ili mliječne masti) upotrebljene sirovine ili tip primjenjene kulture. Pošto se na tržištu, kod nas i u svijetu, najviše pojavljuju različiti tipovi jogurta, jer je najpopularniji fermentirani mliječni napitak, prikaz tehnološkog procesa odnosit će se uglavnom na njega.

Jogurt

Jogurt se uobičajeno klasificira u nekoliko tipova:

- ◆ **čvrsti jogurt**, inkubacija i hlađenje je u pakovanju
- ◆ **tekući jogurt**, inkubacija u tanku i hlađenje prije pakovanja
- ◆ **pitki jogurt**, sličan tekućem ali se koagulum razbija u tečnost prije nego što se pakuje
- ◆ **zamrznuti jogurt**, inkubacija u tanku i zamrzavanje poput sladoleda
- ◆ **koncentrirani jogurt**, inkubacija u tanku, koncentriranje i hlađenje prije pakovanja. Ovaj tip se negdje zove stegnuti jogurt, labneh, labaneh itd.
- ◆ **Aromatizirani (obogaćeni) jogurt**, sa različitim dodacima mirisa, ukusa i arome

Tehnološki proces proizvodnje jogurta

- Odabir mlijeka

Za proizvodnju jogurta mlijeko treba biti najvišeg mikrobiološkog kvaliteta. Jogurt može imati sadržaj masti od 0 do 10%, uobičajeno od 0,5 do 3,5%. Prema kodeksu FAO/WHO jogurt može biti podijeljen prema sadržaju masti u 3 tipa:

- **Jogurt**, sadržaj mliječne masti min. 3%
 - **Djelimično obrani jogurt**, sadržaj mliječne masti 0,5-3%
 - **Obrani jogurt**, sadržaj mliječne masti max. 0,5%
-
- Predtretman mlijeka

Predtretman mlijeka je uvijek isti, bez obzira da li se radi o čvrstom ili tekućem jogurtu. Uključuje standardizaciju sadržaja masti i suhe materije, toplotni tretman i homogenizaciju (podrazumijeva se da je mlijeko standardizovano na sadržaj masti prije ulaska na liniju).

◆ standardizacija sadržaja mliječne masti

Podešavanje sadržaja mliječne masti može se izvesti miješanjem obranog i punomasnog mlijeka ili obranog mlijeka sa pavlakom u liniji nakon obiranja mlijeka (separator) kao i kod bilo kojeg drugog proizvoda (npr. UHT mlijeko).

◆ standardizacija sadržaja suhe materije

Kako je zakonski propisano da mlijeko za jogurt mora imati najmanje 8,5% SMBM, sadržaj ukupne suhe materije može biti puno veći (u zavisnosti od količine mliječne masti u proizvodu), te se može povećati na više načina:

- Evaporacijom (10-20% od količine mlijeka se normalno uparava)
- Ugušćivanjem mlijeka reverznom osmozom ili ultrafiltracijom
- Dodatkom ultrafiltriranog obranog mlijeka (ili u prahu)
- Dodatkom ultrafiltrirane surutke (ili u prahu)
- Dodatkom obranog mlijeka u prahu (najviše do 3%)

Standardizacija suhe materije se najčešće dešava u evaporatoru (uparivaču) ili dodatkom mliječnog praha (po našim propisima je dozvoljeno do 3% dodatka). Bitno je pronaći optimalnu količinu suhe materije (najčešće oko 15%) ili proteina da bi se postigla povoljna ili željena konzistencija proizvoda. Povećanje suhe materije, naročito udjela kazeina i proteina surutke daje čvršći koagulum tako smanjujući tendenciju surutke da se izdvaja.

Pored navedenih dodataka u svrhu poboljšanja konzistencije jogurta, mogu se u mlijeko takođe dodati sredstva za ugušćivanje ili stabilizaciju proizvoda – stabilizatori (prirodna jedinjenja sposobna da vežu slobodnu vodu) i to najviše do 0,5% na količinu proizvoda. Uglavnom se dodaju u toplo mlijeko prije ili nakon pasterizacije, ali obično prije homogenizacije, i to najčešće u proizvodnji tekućeg ili voćnog jogurta. Disaharid saharoza ili monosaharidi kao glukoza mogu se dodati sami ili u kombinaciji sa voćem. Ne preporučuje se dodati više od 10% šećera, jer on sprečava razvoj mikroorganizama i usporava fermentaciju, mijenjajući osmotski pritisak mlijeka.

- Deaeracija

Količina vazduha u mlijeku za proizvodnju jogurta treba da je što je moguće manja. Međutim, određeno uduvavanje vazduha je neizbježno ako se suha materija povećava dodatkom mliječnog praha i zato se deaeracija mlijeka naročito u tom slučaju preporučuje u ranoj fazi procesa.

- Homogenizacija mlijeka

Homogenizacija je obavezna operacija u proizvodnji jogurta i njome se, osim usitnjavanja masnih kuglica te ravnomjernog rasporeda masti u mlijeku (i/ili dodataka) koji se tako neće izdvojiti na površini, postiže još i povećanje viskoziteta i poboljšanje konzistencije i probavljivosti jogurta. Homogenizacija se izvodi na 15-18 (ili 20-25) MPa i pri temperaturi od oko 65°C.

- Toplotna obrada mlijeka

Osnovni cilj toplotne obrade je uništenje patogenih mikroorganizama i što većeg broja saprofitnih mikroorganizama, te njihovih enzima, i poboljšanje viskoziteta i strukture proizvoda. Optimalni rezultati se postižu zagrijavanjem mlijeka na 90-95°C u trajanju od 5 minuta. Ova kombinacija temperature i vremena denaturira 70-80% proteina surutke.

- Izbor kulture

Specijalizovane laboratorije nude širok izbor kultura za postizanje željenih svojstava proizvoda. Starter kultura za proizvodnju jogurta sastoji se od ***S. thermophilus*** i ***L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus***.

- Hlađenje mlijeka

Nakon pasterizacije, mlijeko se hladi na željenu temperaturu inokulacije, obično 40-45°C ili, ako se proizvodi čvrsti jogurt, a kapacitet odjeljenja za pred-tretman se ne poklapa sa odjeljenjem za pakovanje, na temperaturu ispod 10°C, najbolje 5°C. Kada je mlijeko ohlađeno na temperaturu inokulacije **dalji se postupak razlikuje** u zavisnosti da li proizvodimo čvrsti, tekući, pitki, koncentrirani ili smrznuti jogurt.

Tekući jogurt

Mlijeko iz predtretmana, ohlađeno na temperaturu inkubacije ide, pomoću pumpe u tankove za inkubaciju koji su u nastavku linije. Dodaje se određena količina proizvodnog startera u protok mlijeka. Nakon što se tankovi napune, inokulirano mlijeko se promiješa dovoljno da osigura jednoličnu raspodjelu kulture. Inkubacioni tankovi su izolovani tako da se osigura održavanje konstantne temperature tokom perioda inkubacije. Tankovi mogu biti snabdjeveni pH-metrom

da bi se mogla pratiti kiselost. Pri normalnoj proizvodnji tekućeg jogurta inkubacioni period je 2,5-3 sata na 42-43°C kada se obični proizvodni starter koristi (količina inokuluma 2,5-3%). Da bi se postigao optimalan kvalitet, mora se izvesti hlađenje na 15-22°C (sa 42-43°C) u toku 30 minuta nakon što se dostigne željeni pH da bi se zaustavio dalji razvoj bakterija. Kada se koriste koncentrirane, zamrznute ili liofilizirane kulture, koje se dodaju direktno u inkubacioni tank, neophodno je duže vrijeme inkubacije, 4-6 sati na 43°C i to zbog produžene **lag** faze.

- Hlađenje koaguluma

U zadnjoj fazi inkubacije kada se dostigne željeni pH (normalno oko 4,2-4,5), jogurt se mora hladiti na 15-22°C. Ovo privremeno zaustavlja povećanje kiselosti. Istovremeno, koagulum se podvrgava nježnom mehaničkom tretmanu tako da konačni proizvod ima ispravnu konzistenciju. Hlađenje se izvodi na izmjenjivaču toplote sa specijalnim pločama. Ovo osigurava nježan mehanički tretman proizvoda. Kapaciteti pumpe i hladionika su dimenzionirani da se tank isprazni u toku 20-30 minuta u nastojanju da se održi jednoličan kvalitet proizvoda. Ohlađeni jogurt se pumpom prebacuje u tank za jogurt prije nego se prebaci na punjačice. Ukoliko se proizvodi aromatizirani jogurt voće i drugi dodaci se dodaju u jogurt kada se on prebacuje iz tanka na punjačice.

- Pakovanje

Koriste se razne mašine za pakovanje. Veličina pakovanja varira ali kapacitet pakerice mora odgovarati kapacitetu pastera.

Čvrsti jogurt

U nastojanju da se smanje troškovi opreme moguće je koristiti isto postrojenje i za proizvodnju tekućeg i čvrstog jogurta. Pred-tretman mlijeka je isti, sve do hlađenja na temperaturu inkubacije. Starter se dodaje u protok mlijeka koje se pumpom tjera od tankova za skladištenje mlijeka za jogurt na punjačicu. Ukoliko se radi aromatizirani jogurt dodaci mogu biti kontinuirano dozirani u tok mlijeka prije punjačice. Međutim, važno je upamtiti da dodaci sa niskim pH imaju negativan učinak na fermentaciju.

- ◆ Inkubacija i hlađenje

Nakon pakovanja u ambalažu zatvaranja i paletiziranja, palete se prebacuju u jedan od dva moguća sistema za inkubaciju i hlađenje:

- **Kombinovana inkubaciono/rashladna komora** gdje palete nepomične i tokom inkubacije i tokom hlađenja bivaju prebačene u hladnjaču

- **Inkubaciona komora** sposobna da primi veliki broj napunjenih paleta. Nakon ispravne inkubacije, palete se prebacuju na konvejer koji prolazi kroz rashladnu sekciju koja se nalazi u tunelu. Ovaj sistem nudi kontinuirano hlađenje.

Kada se dostigne optimalan pH (4,5), počinje hlađenje. Uobičajena ciljna temperatura je 18-20°C; važno je zaustaviti rast brzo, što znači da temperatura od oko 35°C treba biti dostignuta u roku od 30 minuta, a 18-20°C nakon narednih 30-40 minuta. Konačno hlađenje, obično na 5°C dešava se u hladnjači gdje se proizvod drži do distribucije.

Pitki jogurt

Pitki jogurt niskog viskoziteta, obično sa niskim sadržajem masti je popularan u mnogim zemljama. Jogurt namjenjen proizvodnji pitkog jogurta se proizvodi na običan način. Nakon miješanja i hlađenja na oko 18-20°C jogurt se prebacuje u tank prije nego se primjeni jedna od alternativa. Stabilizatori i arome (voćni sok i šećeri) se miješaju sa jogurtom u tanku. Miješani jogurt može zatim biti tretiran na različite načine u zavisnosti koji rok trajanja se traži.:

- a) **homogenizacija, pakovanje i hlađenje** daje trajnost od 2-3 sedmice u rashladnim uređajima
- b) **homogenizacija, niska pasterizacija, hlađenje i aseptično pakovanje** daje trajnost od nekoliko sedmica u rashladnim uređajima
- c) **homogenizacija, UHT tretman, hlađenje i aseptično pakovanje** daju trajnost od nekoliko mjeseci na sobnoj temperaturi.

Kefir

Kefir je jedan od najstarijih fermentisanih proizvoda. Ukus treba biti svjež i kiseo sa neznatnom aromom na kvasce. pH proizvoda je obično 4,3-4,4. Za proizvodnju se koriste kefirna zrnca. Razmnožavanje startera se bazira na istim principima kao i kod jogurta ali postoje razlike. Mlijeko (obrano ili rekonstituirano obrano) za proizvodnju kulture se visoko toplotno tretira, kao i za jogurt. Inokulira se sa kefirnim zrcima. Inkubacija se provodi na 23°C i udjelom zrna oko 5% (1 dio zrna na 20 dijelova supstrata) ili 3,5%. Inkubacija je 20 sati. Kad se dostigne željeni pH (4,5) zrnca se procijede i odvoje od matične kulture. Zatim se peru u vodi (obrano mlijeko). Mogu se koristiti za novu kulturu. Matična kultura (filtrat) se hladi na 10°C ako se moraju čuvati. U suprotnom može se ići na proizvodnju, filtrat se koristi za spravljanje tehničke kulture, ako se proizvodi velika količina kefira. Dodaje se 3-5% kulture. Nakon inkubacije na 23°C, od 20 sati, proizvodni starter je spreman.

Glavni koraci su isti kao i za ostale fermentirane napitke. Tradicionalan postupak je:

- ◆ Standardizacija masti
- ◆ Homogenizacija
- ◆ Pasterizacija i hlađenje na temperaturu inkubacije
- ◆ Inokulacija sa starter kulturom (filtrat)
- ◆ Inkubacija u dvije faze (ovo je karakteristično za kefir)
- ◆ Hlađenje
- ◆ Pakovanje

Standardizacija masti – sadržaj masti u kefiru varira od 0,5 do 6%. Često se koristi nestandardizovano mlijeko ili sadržaj masti od 2,5 do 3,5%.

Homogenizacija – ako se radi, homogenizuje se na 65-70°C i 17,5-20 MPa

Toplotni tretman – kao i za jogurt, 90-95°C, 5 minuta

Inokulacija – mlijeko se hladi na temperaturu inokulacije, obično 23°C, nakon čega se dodaje 2-3% startera.

Inkubacija – ovaj period se normalno dijeli u dvije faze, zakiseljavanje i fermentacija.

Faza zakiseljavanja

Traje sve dok se ne dostigne pH 4,5 ili 85-100°Th (35-40°SH). Ovo traje oko 12 sati. Koagulum se zatim miješa i pred-hladi dok je još uvijek u tanku. Na temperaturi 14-16°C hlađenje se zaustavlja i miješanje prekida.

Faza fermentacije

Proizvod se normalno hladi na 5-8°C na toplotnom izmjenjivaču. Ovo zaustavlja bilo kakvo sniženje pH. Važan je nježan tretman proizvoda tokom hlađenja i pakovanja iza toga. Mehaničko miješanje pumpama, cijevima i punjačicama mora biti svedeno na minimum.

- Alternativna proizvodnja kefira

Kao što se vidi, tradicionalni metod pripreme starter kulture zahtijeva puno rada. Tako, u kombinaciji sa kompleksnošću mikroflore zrnaca ponekada dovodi do nestalnog kvaliteta proizvoda. Da bi se prevazišli ovi problemi, tim istraživačke laboratorije SMR, Lund (Malme), Švedska, razvio je liofilizirane koncentrirane kulture čija je upotreba kao i ostalih kultura. Ovaj tip kulture je u praktičnoj upotrebi od 80-tih i proizvod ima mnogo ujednačeniji kvalitet nego onaj dobiven konvencionalnim metodom. Mikroflora zrnaca je izolovana, a za liofiliziranu kulturu su odabrani mikroorganizmi koji su dali karakteristike najbliže tradicionalnom proizvodu. Ove kulture su namijenjene za direktnu upotrebu i komercijalno su dostupne.

KONZUMNA PAVLAKA

Pavlaka se proizvodi obiranjem mlijeka i može se smatrati mlijekom obogaćenom mliječnom mašću. Takođe se obiru i surutka i mlaćenica. SMBM pavlake obrane sa mlijeka znatno se razlikuje od SMBM pavlake obrane sa surutke ili mlaćenice. U mljekarama se za tržište obično proizvodi slatka i kisela pasterizovana pavlaka, sterilizovana pavlaka, te tučeno vrhnje.

Obiranje mlijeka se vrši u **separatorima**. **Tradicionalni** način proizvodnje pavlake se vršio izdvajanjem masti u posebnim sudovima, gdje je mlijeko stajalo određen period, a masne kuglice se podižu kao lakše na površinu posude i nakon toga se skida masni sloj sa površine. Na sličan način se danas proizvodi kajmak u drvenim ili emajliranim posudama.

Sam proces proizvodnje se sastoji od prethodnih operacija, uključenih u proces primarnog tretmana i standardizacije masti u mlijeku: **prijem, prečišćavanje, deaeracija, mjerenje i hlađenje mlijeka, te predgrijavanje i obiranje mlijeka**. Najčešće, obiranje mlijeka uključuje i prečišćavanje.

- **Pasterizovana kisela pavlaka**

Služi kao podloga za mnoga jela na isti način kao i jogurt. Kisela pavlaka je svijetla, ima jednoličnu strukturu i relativno je viskozna. Ukus treba da bude blag i lagano kiseo. Kisela pavlaka kao i drugi fermentisani proizvodi ima ograničen rok trajanja.

Linija proizvodnje kisele pavlake uključuje opremu za standardizaciju mliječne masti, homogenizaciju i toplotni tretman, inokulaciju i pakovanje. Kisela se pavlaka proizvodi od slatke koja sadrži oko 18% masti. Ta se pavlaka pasterizuje (75°C/30 sekundi), homogenizuje (pritisak 120 bara) i naglo ohladi do 18°C ili 20°C. Toplotni tretman može ići poslije homogenizacije, obično 5 minuta na 90°C.

Ohlađenoj se pavlaci doda 3% do 5% čiste kulture bakterija mliječne kiseline za pavlaku, proizvođača kiseline i aroma-bakterija (*L. lactic* ssp. *lactis*, *cremoris*, *lactis* biovar. *diacetylactis* – D ili DL tip ili *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *dextranicum* – DL ili L tip) pa se smjesa temeljito izmješa, a pavlaka ostavi u zrijaču ili razlije u čašice u kojima se doprema na tržište. Zrenje pavlake u zrijaču ili komori (temperatura 20°C do 22°C) traje 12 do 14 sati. Zrenje se prekida kada kiselost dostigne 26°SH ili 28°SH, pavlaka se ohladi (4°C) i ostavi u hladnjači 16 do 20 sati.

MASLAC

Njegova proizvodnja se spominje u starim zapisima, ali se on do kraja 19. vijeka proizvodio isključivo u poljoprivrednim gazdinstvima. Industrijska proizvodnja je počela oko 1880. godine poslije otkrića separatora i poslije objavljivanja mikrobioloških radova Pasteura i njegove škole. Nagli razvoj industrijske proizvodnje u zemljama Evrope vezan je za razvoj zadrugarstva.

Proizvodnja maslaca bitno uključuje dvije faze:

- a) **proizvodnja pavlake, obiranjem ili separiranjem mliječne masti mlijeka, surutke ili mlaćenice i**
- b) **preradu pavlake u maslac.**

Kroz vijekove, maslac se proizvodio postupkom koji danas nazivamo **klasičnim**, a temelji se na energičnom mućkanju ohlađene, kisele pavlake. Taj diskontinuirani postupak još uvijek dominira u klasičnoj zemlji proizvodnje maslaca Novom Zelandu, a ni u Evropi nije još potpuno potisnut. Ovaj postupak uključuje slijedeće zahvate: obiranje mlijeka, izbor i eventualno deacidifikaciju pavlake, pasterizaciju i zrenje pavlake, bućkanje (metenje) pavlake, pranje i gnječenje zrna maslaca, ponekad soljenje te oblikovanje maslaca, pakovanje maslaca za skladištenje ili za tržište. Najbitnije faze u proizvodnji su biološko i fizičko zrenje pavlake, te skladištenje maslaca. Od zrenja pavlake najviše zavise ukus i aroma, te konzistencija maslaca. Fizičko se zrenje kontroliše podešavanjem temperatura zrenja, a biološko zrenje uključuje primjenu čistih kultura bakterija mliječne kiseline. Klasičnim se postupkom maslac obično proizvodi od kisele pavlake. Pavlaka se zakiseljava ili spontano ili ako je pasterizovana, dodavanjem čistih kultura.

- Pasterizacija

Termorezistentni mikroorganizmi i lipaze mikrobiološkog porijekla se uništavaju grijanjem do oko 85°C. Stoga se primjenjuje pasterizacija (92-95 ili 97-98°C/30 sekundi).

- Hlađenje i deodorizacija pasterizovane pavlake

Pavlaka se odmah nakon pasterizacije hladi, a temperatura hlađenja zavisi od tehnike zrenja, sastava masti pavlake, godišnjeg doba i drugih faktora. Najčešće se vrši u zatvorenim hladionicima gdje nema dodira sa vazduhom. Isparljivi sastojci neugodnog mirisa koji se pojavljuju u mlijeku poslije ishrana muzara keljom, repom, lukom, kašama i sličnom hranom, uklanjaju se iz pasterizovane pavlake uređajima za deodorizaciju koji se nadovezuju na pastere.

- Zrenje pavlake

Zrenje pavlake obavlja mješovita starter kultura bakterija mliječne kiseline. Sastav startera može varirati ali obično se sastoji od *L. lactis* ssp. *lactis*, *L. lactis* ssp. *cremoris*, zaduženih uglavnom za proizvodnju mliječne kiseline, te *L. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* i *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*, tzv. proizvođača arome. U praksi se, kao i za druge mliječne proizvode koriste tečne kulture, koje se razmnožavaju precjepljivanjem i suhe, u obliku praha, koje se direktno dodaju u mlijeko za proizvodnju maslaca ili se koriste za pripremu proizvodnog startera.

Istovremeno se odvija biološko (biohemijsko) i fizičko zrenje pavlake. Biološkim se zrenjem označava proces kojim se pavlaci, djelovanjem odabranih sojeva bakterija mliječne kiseline, stvori potrebna količina mliječne kiseline i dovoljno aromatičnih materija (naročito diacetil), a fizičko zrenje je proces u kojem se hlađenjem postiže kristalizacija mliječne masti, dok se naizmjeničnim hlađenjem i zagrijavanjem oštećuju membrane masnih kuglica. Zrenjem pavlake nastoji se postići najpovoljniji uslovi za proizvodnju maslaca zadovoljavajućeg kvaliteta, uz što manje gubitke mliječne masti u mlaćenici. Prije zrenja, pavlaci se dodaje 3-5% tehničke maslačne kulture. Trajanje zrenja zavisi od temperature. Aromatizaciji pavlake pogoduje raspon temperatura od 14°C do 16°C. Trajanje zrenja ograničava se na oko 15 sati. Ovo može varirati uzavisnosti od godišnjeg doba i kvaliteta pavlake. Zrenje pavlake se obavlja u **zrijačima** za pavlaku ili zatvorenim spremnicima, povezanim sa cjevastim ili pločastim izmjenjivačima toplote, kojima se lako reguliše toplota.

- Bučkanje pavlake

Bučkanjem se emulzija mliječne masti u vodenom rastvoru pretvara u maslac, emulziju vodenog rastvora u mliječnoj masti, uz izdvajanje mlaćenice.

Trajanje bučkanja (30 do 45 minuta) je funkcija brzine okretanja bučkalice (20 do 30 okretaja u minuti), a zavisi od volumena bučkalice i stepena punjenja. Bučkalica se nikada ne puni pavlakom više od 50% volumena.

Temperatura bučkanja je zimi 12-13°C, a ljeti 8-10°C. Visoka temperatura bučkanja ubrzava postupak, ali povećava gubitke mliječne masti koja ostaje u mlaćenici. U savremenoj proizvodnji maslac se bučka i gnječi u bučkalici, a iz mljekara su gotovo potpuno nestali uređaji za gnječenje na stolu ili u posebnim kolicima. Sve se bučkalice opremljene sa vratima koja se hermetički zatvaraju, a kroz njih se pune pavlakom ili vodom te iz njih vadi maslac. Sve imaju stakleni prozor za vizuelnu kontrolu procesa i ventil kojim se ispušta mlaćenica.

- Pranje zrna maslaca

Pranjem se iz zrna maslaca izdvajaju kapljice mlaćenice, bogate azotnim materijama i laktozom, koje zamjenjuju kapljice bistre vode bez materija potrebnih za aktivnost mikroorganizama. Zrno maslaca se pere poslije ispuštanja mlaćenice iz bučkalice i to čistom i sterilnom vodom koja se poslije svakog pranja ispusti iz bučkalice. Pranje se praktički ponavlja najviše tri puta.

- Gnječenje maslaca

Gnječenjem se sljepljuje zrno maslaca u cjelinu u koju se uključuju kapljice vode, odnosno razrijeđene mlaćenice. Svrha gnječenja je postizanje što jednoličnijeg rasporeda što sitnijih kapljica vodene faze.

- Dodavanje boje maslacu

Intenzitet žute boje maslaca se mijenja u zavisnosti od godišnjeg doba. Boja je najintenzivnija za vrijeme ishrane zelenom krmom, a gotovo bijela kada se krave hrane industrijskim otpacima. Jednolična obojenost maslaca postiže se dodavanjem boje. Dopušteno je pavlaci dodavati samo prirodne boje, obično otopine ekstrakta kaše plodova tropske biljke ***Bixa orellana*** u ulju. Otopina boje dodaje se neposredno prije bučkanja kako bi se postigao homogen raspored boje i jednolična obojenost maslaca.

- Pakovanje i skladištenje maslaca

Uređajima za oblikovanje maslaca formira se maslac različitih geometrijskih oblika i mase, za maloprodaju mase 125 ili 250 grama, a za ugostiteljstvo i društvenu prehranu 20 grama ili manje. maslac se uvija u pergament papir, pergament papir presvučen Al-folijom, te Al-foliju ili celofan listiće. Maslac koji mora u skladištu provesti duža ili kraća razdoblja oblikuje se u blokove po 25 kilograma, umota u pergament papir ili Al-foliju, te stavlja u drvene škrinje ili bačve.

- Konzerviranje maslaca

Soljenje je najstariji postupak konzerviranja maslaca. So je većinom jedini antiseptik kojeg propisi pojedinih zemalja dopuštaju za konzerviranje hrane. Međutim, u nekim zemljama tolerišu dodavanje borne kiseline maslacu (5g/kg). Dodavanjem maslacu do 5% soli proizvodi se polusoljen maslac, a dodavanjem od 5% do 10% soli slani maslac. Najracionalniji i najbolji način konzerviranja maslaca je čuvanje u hladnjači. U uslovima temperatura od -10 do -14°C , maslac se izvrsno čuva nekoliko mjeseci. Tako se čuva maslac za razdoblja veće potražnje ili razdoblja čekanja bolje ekonomske situacije na tržištu.

OPĆE SIRARSTVO

Prema opštoj definiciji, sir je svježi ili zreli proizvod dobiven grušanjem mlijeka uz izdvajanje surutke (tekućine nastale tokom obrade gruša, sporedni proizvod).

Proizvodnja sira obuhvata glavne postupke: grušanje (sirenje) mlijeka, sitnjenje gruša i oblikovanje sirnog zrna, koji se primjenjuju u proizvodnji svih tipova sira, te specifične postupke koji se primjenjuju pri daljoj obradi gruša u proizvodnji određene vrste sira. Tako se dobiva svježi ili oblikovani, ali nezreli sir koji se podvrgava zrenju u zrioni (ili u salamuri) da bi nastao zreli sir željenih osobina.

Različiti načini proizvodnje sira, razvijeni u pojedinim zemljama i u pojedinim područjima tih zemalja, različite klimatske zone i pasmina mliječne stoke, utiču na postojanje raznih vrsta sira. Relativno male promjene u postupcima tokom procesa proizvodnje rezultiraju razlikama u proizvedenim sirevima. Prema navodima Scott-a u svijetu ima oko 2.000 vrsta sira, a sada i puno više. Prema nekim podacima proizvodi se oko 400 (1977) do 1.000 (1981) vrsta sira, a prema Robinson-u (1990) zapravo postoji samo 18 sasvim različitih vrsta sira.

Klasifikacija sireva može biti na bazi različitih osobina npr.:

- **prema vrsti proteina**
- **prema vrsti mlijeka**
- **prema načinu grušanja mlijeka**
- **prema količini vode u siru**
- **prema zrenju sira**
- **sirevi prema sličnom procesu proizvodnje.**

Ipak, prva i najznačajnija je podjela prema načinu koagulacije (grušanja) mlijeka:

1. **.Sirišni ili slatki sirevi:** nastaju dejstvom proteolitičkih enzima, životinjskog, biljnog ili mikrobiološkog porijekla, najčešće sirila i uz pomoć Ca-iona, nastaje tzv. slatki gruš; čine najznačajniju i najveću grupu na koju otpada preko 80% sireva u svijetu.
2. **Kiselinski sirevi:** nastaju djelovanjem kiseline gdje se dešava kiseljenje mlijeka pod uticajem starter kulture bakterija mliječne kiseline ili uz pomoć dodatka kiseline do izoelektrične tačke kazeina pri pH 4,6 pri kojoj se dešava koagulacija mlijeka; gotovo svi svježi sirevi nastaju ovako.
3. **Kombinacija kiseline i toplote:** djelovanjem toplote pri optimalnoj temperaturi od 90 do 95°C, 10-20 min. po potrebi uz dodatak neke od kiselina (mliječna, sirćetna, limunska) nastaje gruš; npr. dejstvo toplote primjenjuje se u proizvodnji surutkinog sira.

Osnove proizvodnje sira

Razlike u proizvodnji se uglavnom odnose na proizvodnju osnovnih tipova: svježi sirevi; zreli polutvrđi i tvrdi sirevi; sirevi sa zrenjem uz plemenite plijesni (unutar ili na površini sira); sirevi sa zrenjem uz bakterije na površini sira (maz sira ili maža) ili sa zrenjem u salamuri.

Odabir i čuvanje mlijeka

Za proizvodnju sira može se upotrijebiti bilo koja vrsta mlijeka. Najviše se proizvodi od kravljeg mlijeka; oko 80% od ukupne svjetske proizvodnje čine kravli sirevi ali se koristi mlijeko drugih životinja (ovca, koza, bivolica, deva itd.).

Standardizacija mlijeka

Proizvedeni sir se mora odlikovati standardnom količinom masti odn. masti u SM, koja redovno stoji na deklaraciji. Zbog toga se sadržaj masti u sirarskom mlijeku prilagođava prema vrsti sira. U savremenom sirarstvu se nastoji standardizovati omjer količine kazeina i masti u mlijeku, da bi se osigurala tipična struktura i konzistencija i maksimalan randman.

Homogenizacija mlijeka

U sirarstvu se gotovo nikako ne primjenjuje jer uzrokuje stvaranje mekšeg gruša uz smanjenu sposobnost kontrakcije i odvajanja surutke. Ona se može primijeniti samo u proizvodnji mekih sireva, uz niži pritisak nego obično, jer tada gruš zadržavajući vodu povećava randman.

Toplotna obrada mlijeka

U sirarstvu se ne primjenjuje visoka toplotna obrada jer bi ona oštetila sposobnost zasiravanja, izdvajanje surutke i uticala na okus i miris. Kod tvrdih visokokvalitetnih sireva kao **Emmental**, **Parmesan**, **Grana** i sl. može se upotrijebiti sirovo mlijeko (kao npr. u Švajcarskoj) ali mlijeko mora biti pod strogom mikrobiološkom kontrolom i prozvedeno pod visoko-kvalitetnim higijenskim uslovima. Često se kod ovih sireva primjenjuje tzv. termizacija mlijeka, pri 63-69°C/10-60 sekundi. Ona nije zamjena za pasterizaciju.

Pasterizacija se obavezno primjenjuje za većinu sireva. Koristi se niska toplotna obrada (63-65°C, 30 minuta), a u novije vrijeme HTST postupak (71-75°C, 15 sekundi) koji uništava neželjene mikroorganizme. Međutim, ona ne uklanja spore proteolitičkih mikroorganizama, pa se često mlijeko za proizvodnju sira obradi mehanički – baktofugacijom ili mikrofiltracijom. Pri tome je početni mikrobiološki kvalitet mlijeka vrlo bitan. Samo za proizvodnju svježeg mekog sira mlijeko se može podvrgnuti višim temperaturama i duže vrijeme (85-95°C/5-10 minuta), jer je tu poželjna nježna konzistencija i povećava se randman.

Dodaci mlijeku i njihova uloga

Mlijeku se u proizvodnji sira uobičajeno koriste slijedeći dodaci:

- ❖ **Kalcijev hlorid** - Dodaje se radi postizanja čvrstoće gruša, u količini od oko 0,02%.
- ❖ **Sirilo i drugi enzimatski preparati** - Sirilo je ekstrakt enzima izolovan iz želuca mladih sisara (HIMOZIN+ MALI UDIO PEPSINA) i pojavljuje se u tečnom (jačine 1:10.000 ili 15.000) i obliku praha ili tableta (1:100.000 ili 150.000).
- ❖ **Natrijev ili kalijev nitrat** - U nekim je zemljama u proizvodnji polutvrdih i tvrdih sireva (Holandija) dopušteno dodavanje inhibitornih soli u mlijeko – NaNO_3 ili KNO_3 , koje mogu spriječiti rast koliformnih bakterija ili bakterija vrste **Clostridium**, uzročnika kasnog nadimanja sireva tokom zrenja. Kod nas je dozvoljen i to u količini do 0,02% u odnosu na masu mlijeka za proizvodnju sira.
- ❖ **Boje** - Da bi se poboljšala boja nekih sireva (**Cheddar, Emmental, Gouda, Edam**) u mlijeko za proizvodnju sira može se dodati ekstrakt nekih boja. Osnovno je da se ove boje dobro rasporede u mlijeku, radi jednoličnosti boje.
- ❖ **Starter kulture** - One u proizvodnji sira imaju višestruku ulogu, koja, ovisno o sastavu, može biti: proizvodnja kiseline, aromatskih materija, gasa (CO_2), proteoliza, lipoliza, te inhibicija nepoželjnih mikroorganizama.

Aktivnost kulture zavisi od njenog sastava ali i od favorizirajućih uslova u procesu proizvodnje, toka zrenja itd. **U proizvodnji svih vrsta sira uvijek se primjenjuju starter kulture bakterija mliječne kiseline.** Zavisno od tipa sira koriste se **mezofilne** ili **termofilne** starter kulture bakterija mliječne kiseline, a kombinuju se i međusobno ili sa kulturama drugih vrsta bakterija (bakterije propionske kiseline ili sojevi **B. linens**) te sa plemenitim plijesnima.

Nekoliko je grupa starter kultura čija upotreba zavisi od vrste sira:

- **bakterije mliječne kiseline**, odgovorne na prvom mjestu za proizvodnju mliječne kiseline, aroma-materija, a neke vrste proizvode i CO_2 (“sirne rupice”),
- **bakterije propionske kiseline**, odgovorne za stvaranje specifične arome i veće količine CO_2 (veće “sirne rupice” kod **Emmental** sira),
- **sojevi bakterije Brevibacterium linens**, odgovorne za stvaranje karakteristične sluzavosti (“maža”) na površini sira, a utiču na boju i tipičnu aromu,
- **plemenite plijesni**, odgovorne za rast plemenite plijesni na površini ili rast plavo-zelene plijesni unutar sira, a utiču na stvaranje intenzivnog okusa i mirisa tih sireva.

Predzrenje mlijeka

Potrebna kiselost mlijeka se može postići prirodnim zrenjem mlijeka, dodatkom sredstava za zakiseljavanje, te dodatkom starter kultura. Danas je skoro univerzalna praksa dodavanje starter kulture odabranih bakterija – proizvođača kiseline u pasterezovano mlijeko da se postigne ujednačen i predvidiv stepen proizvodnje kiseline. Starter kultura se naciepljuje u mlijeko već tokom punjenja sirarskog kazana sa mlijekom nakon čega se bakterije prilagođavaju na novu podlogu što obično traje 30-60 minuta.

Zasiravanje – grušanje

Ono se provodi nakon prethodne obrade i miješanja mlijeka sa određenim dodacima. Predviđeni dodaci u obliku praha moraju se prethodno otopiti ili pomiješati sa potrebnom količinom vode, a tada ravnomjerno umiješati u mlijeko, što se odnosi i na starter kulturu ukoliko je u obliku praha (DVS).

Zasiravanje se izvodi pri temperaturi od oko 30°C u tradicionalnim otvorenim sirarskim kazanima (kadama) ili savremenim zatvorenim posudama vertikalnog ili horizontalnog tipa – kontinuirane linije. Nakon dodavanja sirila mlijeko se kratko izmiješa i ostavi da se što prije smiri zbog stvaranja kvalitetnog gruša.

Obrada gruša

Sinerezis ili sinereza je proces kojim se, nakon formiranja gruša, komponente surutke istiskuju iz mlijeka. Operacije obrade gruša u sirarskom kazanu idu za ciljem da se istisne surutka kroz proces sinereze odnosno dehidracije nastavljajući konverziju gruša u sir.

Kada je postignut gruš dovoljnog kvaliteta odn. čvrstoće pristupa se obradi gruša, koja je različita zavisno od tipa sira, a takođe zavisi i od opreme koja se ima na raspolaganju. Prva operacija koja se primjenjuje je rezanje gruša.

➤ *Rezanje gruša*

U proizvodnji **mekih, polutvrdih i tvrdih tipova sireva**, gdje se grušanje mlijeka izvodi enzimatski (**sirišni sirevi**) stvoreni gruš se reže na čestice razne veličine, zavisno od željene konzistencije i strukture sira odnosno tipa koji želimo postići. Veličina čestica se kreće od 3 do 15 mm, a ponekad i veće do 30 mm:

- 3 cm za sireve sa bijelim plijesnima
- 1-1,5 cm za sireve sa plavim plijesnima
- 2-3 cm za sireve tipa **Feta**
- 1-1,2 cm za sireve tipa **Edam** i **Gouda** (zrno kukuruza)
- 1 cm za **Emmental**, **Gruyère**
- 6-8 mm za **Cheddar**

- 3-4 mm za **Parmesan** (zrno graška)
- 3 mm za **Grana**

Osnovni princip je, da što se tvrdi sir želi proizvesti, veličina čestica je manja, jer se tada izdvaja veća količina surutke. Rezanje odnosno sitnjenje gruša je prva od operacija koje se primjenjuju da bi proces sinerezisa bio što uspješniji, a surutka se izdvojila u mjeri u kojoj to želimo. Za rezanje gruša služe noževi kojima su opremljeni sirarski kazani, a koji mogu biti različiti.

➤ *Miješanje gruša*

Nakon rezanja gruša, kada se vidljivo izdvoji surutka na površini, primjenjuje se **miješanje** gruša da se ne bi ponovo slijepile nastale kocke gruša. Dobiveni komadi gruša su vrlo osjetljivi na mehaničke pokrete, pa se primjenjuje nježno miješanje gruša da se on ne bi razmrvio. Ono mora biti dovoljno brzo da bi se održala suspenzija gruša u surutki odnosno da ne dođe do sljepljivanja čestica gruša slijeganjem na dno kazana. Sljepljeni komadi gruša utiču na teksturu sira i uzrokuju gubitak kazeina sa surutkom. Za miješanje gruša mogu poslužiti i rezači tako da se pri miješanju okrene tupa strana noža. Mehanički tretman u kombinaciji sa zakiseljavanjem koje provode bakterije mliječne kiseline iz starter kulture uzrokuju istiskivanje surutke iz gruša.

➤ *Pred-cijeđenje gruša*

Za neke tipove sira kod kojih se primjenjuje tzv. pranje ili kupanje gruša (**Edam, Gouda**) dio surutke se odvaja nakon dogrijavanja. U ovom slučaju, dogrijavanje se postže dodavanjem tople vode nakon odvajanja surutke. Ovim postupkom se postiže smanjenje laktoze za rad starter bakterija pa se stepen zakiseljavanja znatno smanjuje što će dati nježniji, elastičniji sir, sa višom pH vrijednosšću. Drugi efekat koji se postiže je ušteda energije jer se gruš dogrijava dodatkom tople vode.

➤ *Dogrijavanje gruša*

Za očvršćivanje nastalih čestica gruša primjenjuje se **dogrijavanje zrna** (gruša) koje pospješuje dalje odvajanje surutke (toplinska sinereza). Njime se takođe i reguliše proces kiseljenja pošto rast bakterija mliječne kiseline može biti limitiran višom temperaturom. Dogrijavanje gruša zajedno sa surutkom izvodi se uz miješanje, obično pri višoj temperaturi od temperature zasiravanja.

Dogirjavanje se vrši na 35-40°C za većinu sireva (polutvrđi), a za tvrde sireve pri 40-56°C, zavisno od tipa sira. Zbog toga se u proizvodnji jako tvrdih sireva, kod kojih se primjenjuje viša temperatura dogrijavanja, od 44 do 50-56°C (**Emmental, Gruyère, Parmesan, Grana**), u sastavu starter kulture nalaze i termofilne bakterije mliječne kiseline. Samo najrezistentnije bakterije mliječne kiseline preživljavaju ovako visoke temperature, kao **Propionibacterium freudenreichii**

ssp. *shermanii* (zaslužna za stvaranje sirnih rupica kod **Emmental** sira). Dugrižavanje gruša pri višoj temperaturi određeno vrijeme obično se naziva sušenje zrna, a zavisi od postizanja željene tvrdoće zrna. U kombinaciji sa dugrižavanjem vrši se miješanje (tzv. završno miješanje) gruša.

➤ *Oblikovanje sira*

Odvajanje gruša od surutke se izvodi na **dva načina**. **Prvi** način je da se surutka izvuče direktno iz sirarskog kazana preko cjedila i ovo je najčešći način kod sira koji se proizvodi na manuelni način. Nakon odvajanja surutke, gruša se stavlja u kalupe. **Drugi** način je da se cijela masa gruša skupi u krpu dok je još potopljen u surutku, kao kod **Emmental** sira, a zatim se prebacuje u velike kalupe na kombinovanim stolovima za cijeđenje i presovanje. Ovo izbjegava dodir zrna gruša sa vazduhom što je važno za postizanje **povezane i elastične** strukture ovih sireva. Na ovaj način se formira tijesto sira sa okruglim pravilnim rupicama.

Presovanje sira

Završno presovanje oblikovanog sira izvodi se da bi se postigao željeni udio vode u siru, zavisno od tipa. Presovanje se provodi iz više razloga:

- Da se postigne konačno odvajanje surutke
- Da se osigura odgovarajuća tekstura sira (bolje spajanje zrna)
- Da se postigne konačni oblik sira
- Da se tokom zrenja osigura nastanak kore sira

Stepen presovanja i primjenjeni pritisak su prilagođeni za svaki pojedini tip sira. Presovanje mora biti postepeno, pošto bi početni visok pritisak sabio površinski sloj i onemogućio izlaz vlage zatvorivši je u džepove i tijesto sira.

Soljenje sira

Nakon presovanja sir se mora soliti jer je neslan, osim kod sira tipa **Domiat** koji se proizvodi od slanog mlijeka ili sira tipa **Cheddar** kod kojega se suho soli izrezana zrela sirna masa (rezanci) prije oblikovanja. Ponekad se provodi i suho soljenje zrna tokom oblikovanja sira. Za soljenje sira se koristi kuhinjska so (**NaCl**) koja mora biti pročišćena i ne smije sadržavati teške metale.

Za soljenje polutvrdih i tvrdih sireva se koristi salamura (rastvor soli u vodi ili surutki), različite koncentracije, zavisno od vrste sira ili kvaliteta sirne mase nakon presovanja. Bitna je takođe temperatura i određena kiselost salamure. Trajanje salamurenja sira svakako zavisi od koncentracije soli u salamuri, od veličine i površine sira (mase) te od željene količine soli u siru, tipične za određenu vrstu sira. Salamurenje se izvodi u velikim bazenima (plastičnim, metalnim ili betonskim) napunjenim salamuricom u koju se sirevi uranjaju na različite načine (ručno, pomoću tekuće trake ili složene u posebne okvire).

Plivajući se sirevi moraju dnevno okretati da bi se jednakomjerno posolili. Intenzitet i način soljenja zavisi prvenstveno od tipa sira koji se proizvodi. Većina sireva sadržava 0,5-2% soli, dok meki sirevi sa plavim plijesnima i sirevi koji imaju zrenje u salamuri (**Feta**, **Travnički**), imaju veći sadržaj soli.

Zrenje sira

Zrenje proizvedenog mladog sira dešava se u posebnim prostorijama koje moraju imati povoljnu klimu (temperaturu, relativnu vlagu i protok zraka) što će osigurati optimalni razvoj procesa koji se zbivaju u siru tokom trajanja zrenja u zrioni. Općenito, mekši sirevi zriju pri nižim temperaturama i kraće vrijeme, a tvrdi sirevi pri višim temperaturama i znatno duže. Zrenje može trajati od 2 sedmice pa do 2 godine. Trajanje zrenja zavisi od vrste sira, njegovog sastava i svojstava sirne mase prije zrenja (osobito od količine vode, masti, soli, pH-vrijednosti i prisutne mikroflore). Bitna je i veličina sira, tj. masa koja treba sazreti pa i vrsta pakovanja. Međutim, zrenje sira takođe može varirati u zavisnosti od osobina sira koje se žele postići.

Osim optimalnih klimatskih uslova koji se moraju osigurati za određeni tip sira, tokom zrenja sireve treba kontrolisati i njegovati. Plijesan koja se stvara na površini sireva tokom zrenja uklanja se čišćenjem sira pomoću slanog rastvora. Sirevi se u zrioni slažu na posebne police u odeđenom razmaku (iznad i sa strane sira). Savremene zrione uglavnom su potpuno mehanizovane tako da je svaki sir dostupan za potrebnu njegu tokom zrenja, zavisno od tipa sira. Sirevi se mogu zaštititi na više načina, ovisno o vrsti sira: premazivanje parafinom ili sintetičkim premazima ili zamotavanjem u polivinil (PVC, PVDC) ili polistiren folije (PS); zamatanjem sireva u obojene ili neobojene plastične folije, a ako se porcioniraju u manje komade, pakovanjem u tvrde neobojene folije ili aluminijske folije; pakovanjem u plastične, metalne ili drvene posude (sirevi u salamuri).

SPECIJALNO SIRARSTVO

Proizvodnja sireva određenog tipa se zasniva na njihovoj tradicionalnoj tehnologiji, postupcima koji su vremenom usavršavani i mehanizovani. Male varijacije u postupcima pri proizvodnji sira dovode do promjena pa zbog toga imamo ogroman broj tipova sira.

Tvrđi sirevi (talijanski i švajcarski varijeteti)

Parmesan

Parmesan je vrlo tvrdi sir koji se proizvodi od sirovog kravljeg mlijeka. Naziv potiče od mjesta Parma. Izvorno ime «Parmigiano Reggiano» je zaštićeno 1954.g. za talijanski sir sa područja Parme, Reggio Emilie, Modene, Montave i Bologne. **Parmesan** (ili sir **Grana Padano** sa područja Padove) je cilindričnog oblika, izbočen sa strane, promjera 35-45 cm, visine 18-24 cm, a mase od najmanje 24 pa do 40 kg. On ima čvrstu i glatku koru, slamnato-rumene boje. Sirno je tijesto svijetlo do tamnije žute boje, zrnaste strukture i lomljivo. Od 100 kg mlijeka proizvede se oko 5-7 kg sira. Naziv «grana» dolazi od granuliranog izgleda odlomljenog tijesta.

Parmesan se tradicionalno proizvodi od sirovog mlijeka večernje muže, koje preko noći sazrije u plitkim kadama. Tada se obere spontano odvojena pavlaka i dodaje punomasno mlijeko jutarnje muže da bi u mlijeku udio mliječne masti bio 2-2,8% (koagulacija traje 20-25 minuta). Uz dodatak sirila mlijeko se gruša u kazanu (oko 1.000 litara) pri 32-35°C. Umjesto kulture prije se dodavala surutka toga sira od prethodnog dana, a kasnije se prema potrebi koristila posebno sastavljena kultura u kojoj su zastupljeni *L. Helveticus* ili 1-3% jogurtne kulture što se dodaje u zavisnosti od kiselosti mlijeka i trajanja toplotne obrade gruša. Nastali se čvrsti gruš reže na kockice od 3 mm. Gruš se tada stalno miješa tokom dogrijavanja, najprije do temperature od oko 44°C (10-15 minuta), a kasnije do 56°C, nakon čega sadržaj kazana miruje (oko 20 minuta). Kada se zrno veličine pšenice slegne na dno kotla, sirnom se krpom zagradi i ocijedi oko 15 minuta pod vlastitom masom. Tada se gruda sira stavlja u velike kalupe preko krpe i optereti silom od 250 N/m² tokom 20 sati. Svaki se sat sir okreće, a nakon 5-6 sati, sirna se krpa odstrani iz kalupa. Nakon 2-3 dana od početka proizvodnje sir se stavlja u salamuru (25°Bé), a soljenje može trajati 15-24 dana, ovisno o veličini sira. Nekoliko se dana (obično 8-10 dana) sir prosušuje pri temperaturi od oko 15-20 °C. Tada slijedi zrenje (prva faza) pri temperaturi od 10 °C, 6-12 mjeseci (relativne vlažnosti od oko 85%). Tokom zrenja sir se okreće, pere, struže prema potrebi, a na kraju premazuje uljem. Tako se može čuvati 2-4 godine, pri 5-10 °C, uz povremeno premazivanje uljem (često uz dodatak tamne boje – umbre). Tipični **Parmesan** sadržava oko 30% vode i 32-38% masti u SM, te 1,5-2,5% soli. Kaliranje tokom zrenja je 14-16%.

Švajcarski tvrdi sirevi

Alpski je masiv klasično područje mljekarskog zadrugarstva i proizvodnje tvrdog sira okruglog oblika i mase od 50 do 120 kg, koji se na tržištu pojavljuje pod različitim imenima, često zaštićenim, a obično su to imena pokrajine ili područja u kojem se sir počeo proizvoditi.

Emmentaler

Dobio je naziv po dolini rijeke Eme, koja se nalazi u švajcarskom kantonu Emmental. On je izvozni proizvod poznat širom svijeta.

Pri proizvodnji Emmental sira nastoji se stvoriti povoljne uslove za razvoj termofilnih bakterija mliječne kiseline. Temperatura podsiravanja je 31-33°C, a trajanje oko 30 minuta.

- Tradicionalna proizvodnja

Kako se *Emmentaler* proizvodi u velikim kolutovima, kazani su kapaciteta od oko 1.000 litara mlijeka. Obrada podsirevine počinje okretanjem i premještanjem njenog gornjeg sloja u pravcu od sredine kazana prema zidovima čime se postiže izjednačenje temperature i kvaliteta gruša. Nakon toga, podsirevina se reže u krst «sabljom» i usitnjava «harfom» do veličine zrna graška, pa i pšeničnog zrna. Usitnjavanje podsirevine, koje se provodi uz neprestano miješanje traje oko 30 minuta. Zatim slijedi dogrijavanje gruša na 55-58°C koje traje takođe oko 30 minuta uz miješanje i postepeno povećanje temperature («sušenje»). Visoka temperatura dogrijavanja gruša pomaže razvoj termofilnih bakterija mliječne kiseline i pospješuje se sinerezis. Sušenje se zaustavlja onda kada se zrna kod stiskanja ne sljepljuju već zadržavaju svoj oblik. Kalupljenje se vrši pomoću drvenih «lubova» koji imaju promjer 70-80 cm, a visoki su 13-16 cm. Gruda se vadi iz kazana najednom pomoću sirne krpe i odmah se prenosi na sirni sto i smješta u «lub» (drveni kalup sa podešavanjem). Presanje sira se u početku vrši lagano, a kasnije se pritisak povećava do 20 kg na 1 kg sira.

Za vrijeme presovanja *Emmentaler* se okreće u toku prvog sata 3-4 puta, a kasnije rjeđe. Prilikom okretanja mijenjaju se sirne krpe kojima se sir omata, a promjer «luba» se smanjuje prema smanjenju opsega sira. Pri tom se pazi, da rubovi sira ne prelaze vrh «luba». Presovanje traje 15-20 sati, a iza toga slijedi soljenje. Prvih 3-4 dana sir se soli u suho, pri čemu se nalazi još u «lubu». Zatim se vadi i smješta u salamuru (22-24%) gdje se zadržava 6-8 dana.

Početno zrenje teče kod temperature od 18-22°C uz relativnu vlagu od oko 90%. U prostoriji za početno zrenje sir se nalazi 1-2 mjeseca i to prvo na gornjim policama, gdje je toplije, a zatim se premješta na niže police, gdje je nešto niža temperatura. Iz prostorije za početno zrenje sir se premješta u prostoriju za

naknadno zrenje gdje je temperatura 12-14°C. Za vrijeme zrenja posebna pažnja se poklanja njezi kore, jer kora treba da bude besprijekornog kvaliteta, čista od plijesni i sačuvana od štetočina. Zrenje traje oko 8 mjeseci. Težina zrelog sira je oko 80 kg pa i više. Strane su neznatno izbočene, a kora ravna i malo hrapava, sivkaste boje. Prečnik koluta je 70-80 cm, visina 10-15 cm. Na presjeku su okrugle sirne rupice, koje su prema sredini veće, a prema kori manje (uticaj soli). Njihov broj ne smije biti prevelik. Budući da je kod **Emmentaler**-a zrenje sporije, stvaranje rupica ide manjom brzinom, a one su krupnije i pravilne (oko 1-3 cm). Veliki broj sitnih rupica se smatra greškom. Specifičan slatkast okus dolazi od propionske kiseline, aminokiselina i drugih aromatskih materija. Tijesto je elastično, povezano, kora čvrsta i tanka, bez ogrebotina i pukotina.

Iz 100 kg mlijeka dobije se prosječno 8-9 kg **Emmentaler**-a. On sadrži 45-50% masti u SM, 42-44% vlage i do 2,5% soli. Sir u tipu **Emmentaler**-a se proizvodi u Austriji, Njemačkoj, Sloveniji itd. Originalni švajcarski **Emmentaler** se proizvodi od sirovog mlijeka, pri čemu se večernje mlijeko miješa sa jutarnjim.

- Kontinuirana linija za proizvodnju **Emmentaler**-a

Proizvodi se od sirovog mlijeka, a u novije vrijeme se mlijeko baktofugira ili mikrofiltrira, te termalizira. U novije vrijeme se proizvodi Emmentaler u bloku, bez kore, te nakon zrenja porcionira u manje komade za prodaju.

Mlijeko se u kontinuiranoj liniji, nakon prethodne obrade i sa dodacima, zasirava u mehaniziranom kazanu (1). Kada zrno postigne dovoljnu kiselost i čvrstoću, prebacuje se u stroj za presovanje (2). Nakon što se odvoji dio surutke, mješavina zrna i surutke se raspoređuje (tri distributera) preko perforirane ploče i pritiska spuštanjem poklopca prese, uz istovremeno cijeđenje surutke. Programirano presovanje (uključujući i predpresovanje) trake kontinuirano 10-20 sati, zavisno od stvaranja mliječne kiseline. Presovana sirna masa se tada reže u blokove, određene veličine (30-50 kg), pomoću stroja (3) opremljene vertikalnim i horizontalnim noževima. Blokovi sira se prebacuju pokretnom trakom (4) na salamurenje (5) koje, ovisno o veličini bloka, može trajati i do 7 dana. Sirevi se tada umataju u plastičnu foliju i pakuju u kartonsku ambalažu (6) ili paletiziraju u velike kontejnere, prije transporta u prostorije za prethodno zrenje (7). Mehanizirano okretanje sira (8) tokom zrenja potrebno je zbog oblikovanja sira i zbog jednoličnog stvaranja sirnih rupica tokom propionsko-kisele fermentacije (9), nakon čega se svi sirevi prebacuju na završno zrenje (10).

Mozzarella

Mozzarella je tip polumekog ili polutvrdog sira, plastičnog, rastezljivog tijesta. Izvorna **Mozzarella** proizvedena je od bivoljeg mlijeka (središnji dio Italije), a u novije vrijeme se proizvodi i od kravljeg.

Tipični postupci za proizvodnju **Mozzarelle**:

- proizvodnja gruša na uobičajeni način;
- "čedarizacija" gruša uključujući rezanje na rezance (mlin), ali bez soljenja;
- kuhanje i rastezanje tijesta da bi se postigla elastično-vlaknasta svojstva;
- oblikovanje, očvršćivanje i salamurenje;
- pakovanje u plastične vrećice s nešto salamure te,
- kratko skladištenje prije distribucije na tržište.

Mehanizirana proizvodnja **Mozzarelle** ide na slijedeći način. Standardizirano (mast) i pasterizirano mlijeko prebacuje se u kadu za sirenje. Nastali se gruši i surutka pumpom prebacuju na "čedarizaciju", gdje gruši sazrije, a zrela se sirna masa reže na rezance (ukupno 2-2,5 sata) i transportuje preko pokretne tekuće trake s okretom u spravu za kuhanje-rastezanje. Plastični se gruši tada kontinuirano izbacuje u spravu za oblikovanje u kalupe, a prethodno se može soliti da bi se skratilo salamurenje (od 8 sati na 2 sata). Oblikovani sir tada ide kroz tunel za očvršćivanje gdje se hladi od 65 do 70°C na 40-50°C hladnom vodom, koja se raspršuje iznad kalupa sa sirom. Na kraju toga tunela sir se oslobodi kalupa i uranja u bazen sa hladnom salamurom (8-10°C). Sirevi se tada mogu umatati u plastične vrećice i pakovati u kartonsku ambalažu, a tada se paletiziraju i odvoze na skladištenje.

Cheddar

- tradicionalna proizvodnja

To je sir čija je tehnologija slična **kačkavalju** ali za razliku od njega, koristi se kravlje mlijeko. Kod cheddar sira se ne radi obrađivanje grude u vrućoj vodi. Siri se u obliku cilindra visokog 28-30 cm, čiji je promjer oko 37 cm, a težina 30-32 kg. Kao i kod kačkavalja podsirena gruda se podvrgava zrenju (čedarizaciji) u toku 3-6 sati kada se u grudi razvija mliječnokisela fermentacija. Gruda postaje meka i rastezljiva. Zrelost čedarizirane grude se određuje dodiranjem grude usijanom tankom šipkom. Zrela gruda se lijepi našipku i vuče u konce 4-5 cm duge. Nakon čedarizacije gruda se usitnjuje, soli i natrpava u tzv. "bandaže" (vrećice) od rijetkog platna u kojima se smješta u kalupe, a kalupi se stavljaju pod presu. Nakon presovanja sir se podvrgava zrenju u trajanju od 3 mjeseca.

Cheddar sadrži oko 50% masti u SM. Ima specifičan ukus sa kiselkastim priokusom. Kao i **kačkavalj**, nema rupica, jer u vezi sa povećanom kiselošću, tijesto se čvrsto formira.

- Kontinuirana proizvodnja

Cheddar u principu ima vlagu u SMBM oko 55% što znači da se može svrstati u tvrde sireve iako pripada polutvrđim sirevima.

Gruš se normalno proizvodi od standardiziranog i pasterizovanog mlijeka. Pri kiselosti od oko 0,2% mliječne kiseline nakon nekih 2 do 2,5 sata nakon početka procesa, mješavina gruša i surutke se pumpa iz sirarskog kazana u kontinuiranu mašinu za čedarizaciju. Pred-cijeđenje surutke se ne prakticira.

Da se održi kontinuirano napajanje, proračuna se broj kazana koji se prazni u pravilnim vremenskim intervalima, recimo svakih 20 minuta. Nakon perioda čedarizacije od oko 2,5 sati, što uključuje mljevenje i suho soljenje rezanaca pri kiselosti od oko 0,6% mliječne kiseline, rezanci se spajaju na blok-former mašini. Na raspolaganju mora biti odgovarajući broj blok-formera da bi se održao kontinuiran proces. Izlaz na svakom blok-formeru je manuelno snabdjeven sa plastičnom vrećicom u koju se gura odsječeni blok sira. Upakovani blok se zatim konvejski vodi na vakuum zatvarač. Nakon zatvaranja sir se važe šalje na mašinu za pakovanje gdje se pokriva kartonom i šalje na paletizer. Napunjeni paketi se konačno transportuju u zionu gdje se sir drži 4-12 mjeseci na temperaturi od 4-8°C.

Polutvrđi sirevi

Gouda

Gouda je najpoznatiji tip polutvrđog sira koji potiče iz Holandije. Ima oblik spljoštenog cilindra, zaobljenih rubova, mase od 8 do 12 kg. Kora **gouda** sira je čvrsta, suha, svijetlo ili tamnije žute do rumene boje. Sirno je tijesto slamnatožute do rumene boje, rijetko prošarano manjim rupicama, veličine graška. Mladi je sir malo kiselkast do slatkast, a zreli ima izraženiji okus (na orah) i blago pikantan.

Ovaj sir se proizvodi od kravljeg mlijeka, uz upotrebu starter kulture DL tip. U mlijeko se pored starter kulture, dodaje CaCl_2 i KNO_3 kao zaštita od pojave bakterija roda *Clostridium*. Zasiravanje obično traje oko 40 minuta, gruš se reže na kocke i sitni do veličine kukuruza. Temperatura dogrijavanja je oko 36°C. Prije dogrijavanja se odstranjuje dio surutke i dodaje se topla voda čime se smanjuje razvoj kiselosti podiže temperatura. Soljenje je u 25% salamuri, a zrenje najmanje 42 dana. On se vrlo često proizvodi sa raznim dodacima (povrće, začini).

Mehanizirana proizvodnja sira ovog tipa ide na slijedeći način. Standardizovano (mast) i pasterizovano mlijeko se podsirava i obrađuje na uobičajeni način u kazanu što traje oko 2 sata. Gruš se zagrijava nakon odvajanja 20-30% surutke, dodatkom tople vode (50-60°C) u količini od 10-20% od volumena upotrijebljenog mlijeka. Mješavina zrno/surutka (1:3,5-4,0) se pumpom prebacuje u puferski spremnik gdje se miješa da bi se gruš ravnomjerno rasporedio u surutku. Spremnik je obavijen duplim plaštom koji omogućava hlađenje gruša (1-2°C),

prvo hladnom, a zatim ledenom vodom, što je neophodno tokom perioda dok se ne smanji aktivnost kulture. Gruš se tada pumpa u kolone (jednu ili više) za predpresovanje uz mogućnost odvoda surutke.

Punjenje i pražnjenje kolone kontinuirano se zbiva od 20 do 30 minuta. Slijedi predpresovanje i rezanje sira na blokove određene veličine koji tada upadaju u kalupe koji se automatski poklapaju te prebacuju na presovanje uz programirani pritisak i trajanje presovanja. Presovani se sir oslobađa poklopca, okreće, da bi se oslobodio kalupa, te važe i prebacuje na salamurenje. Zatim odlazi u zriionu oko 10 dana pri 10-12°C, a tada pri 12-15°C, najmanje 2 mjeseca, pa i do godine dana (zavisno od željenog stepena zrelosti).

Sirevi sa plemenitim plijesnima

Sirevi sa površinskim (bijelim) plijesnima

Camembert

Ovaj tip sira se prije radio od punomasnog mlijeka, a danas se pravi od mlijeka sa sniženim procentom masti, da bi se smanjio oštar ipikantan a ponekad i užegnut okus.

Mlijeko se pasterizuje na 60-63°C u toku 15-20 minuta veoma oprezno. Zatim se hladi na 26-28°C i podsirava na toj temperaturi. Sirna masa se prenosi u kalupe i ostavi da se cijedi 6-7 sati nakon čega se kalupi okreću prvi put, a zatim se sir ostavi još 10-15 sati pa se okrenu drugi put. Zatim se vrši uklanjanje kalupa. Nakon par sati sir se prenosi u prostoriju za soljenje i ostavlja da stoji 6 sati, a zatim se još jednom soli. Soljenje treba obaviti ravnomjerno jer u slučaju nejednakog i neravnomjernog soljenja plijesni se razvijaju neravnomjerno, što negativno utiče na zrenje sira. Vrši se prskanje sira sa rastvorom čiste kulture. Sir se prenosi u prostoriju za zrenje (16°C i relativna vlažnost 90%) i stavlja na prostirku od drvenih štapića ili metalnu mrežu kako bi zrak mogao kružiti oko čitavog sira.

Nakon 8-10 dana zrenja površina sira se pokrije navlakom bjeličaste boje i gubi se dio vlage. Isprva se razvija plijesan *Oidium camemberti*, a kasnije *Penicilium camemberti* ili *Penicilium glaucum* koje siru daju blag i karakterističan miris i okus na gljive. U završnom stadiju zrenja plijesni iščezavaju, a razvijaju se proteolitički mikroorganizmi, stvarajući na površinama bojene materije, uz stvaranje žućkaste navlake. Sir se često mora okretati da bi se obezbijedilo ravnomjerno zrenje koje traje 4-6 sedmica. Sir se umotava u pergament papir ili Al-foliju i dostavlja na tržište.

Sirevi sa unutrašnjim (plavim) plijesnima

Roquefort

Porijeklo ovog sira je selo Roquefort u južnoj Francuskoj. Prije se za njegovu proizvodnju koristilo samo ovčije mlijeko, a danas ovčije i kravlje. Podgrijavanje mlijeka se vrši na temperaturu 22-23°C prije podsiravanja. Podsiravanje traje dugo, nakon čega se vrši drobljenje gruša. Izdrobljeni gruš se posebnim sirarskim kašikama vadi iz kazana i stavlja na cijedenje. Punjenje kalupa se vrši velikom brzinom da se zrna gruša ne bi ohladila, u kom slučaju bi se dobio sir lošijeg kvaliteta. Zatim se vrši posipanje sa izmljevenim hljebom u kome se nalaze konidije plijesni *Penicilium roqueforti*. Bitno je dobro rasporediti prah jer od toga zavisi tok zrenja odnosno ravnomjernost zrenja i kvalitet tijesta. Napunjeni kalupi se cijede i u njima sir ostaje 4-5 dana za koje vrijeme se on najmanje jedanput dnevno okrene da bi se postiglo ravnomjerno sušenje i obrazovanje kore sira. Sir se nosi u prostorije za soljenje gdje se soli 2-3 dana u slanom rastvoru jačine 20-22%. Prije nego što se sir stavi u podrum na zrenje sa njegove površine se mora ukloniti bijela sluzasta masa, stvorena za vrijeme soljenja. Sir se takođe izbuši na 50-60 mjesta da bi se obezbijedio vazduh plijesnima. On se nosi u podrum na zrenje gdje se prekrije bjeličastom navlakom sa zelenkastim mrljama koje predstavljaju *Penicilium roqueforti*. Skidanje površinskog sloja svakih 10-14 dana se naziva reviraža. Na površini se smanjuje kiselost, a umjesto plijesni se razvijaju aerobne bakterije i stvara se ljepljiva crvenkasta masa. Sir ostaje 1-4 mjeseca na zrenju. Maksimalna dozvoljena temperatura u podrumima je 10-12°C, a prosječna vlaga zraka iznosi 95%. Niža temperatura usporava zrenje sira, a viša ubrzava ali se mogu razviti škodljivi mikroorganizmi. Zreli sir se zavija u pergament papir i čuva u prostorijama temperature 0-5°C do potrošnje. Mora se brzo potrošiti jer se brzo kvari.

Bijeli salamurni sirevi

Feta

Ovaj tip sira se tradicionalno proizvodi u Grčkoj od ovčijeg mlijeka, tada je i najbolji, a proizveden od kozijeg mlijeka, tvrdi je i jačeg okusa i mirisa. Sir se tradicionalno stavlja u male kace, a oblik je, nakon rezanja, sličio kriškama lubenice. Stoga naziv "*Feta*" grčki znači "*kriška*". Dolazi od izvornog oblika sira koji se ne raspada nakon rezanja u kriške.

U tradicionalnoj proizvodnji sira tipa *feta* provodi se sirenje svježeg mlijeka uz dodatak sirila u ljetnom periodu (ili pri 30°C). Gruš oblikovan od svježeg mlijeka (za otprilike 50 minuta) obično se ne reže, a gruš od nakiselog mlijeka reže se u kockice od 2,5 cm, te miruje 5-10 minuta. Tada se prenosi u kalupe ili sirne marame. Kalupi se povremeno okreću, a mogu se opteretiti kamenom. Sirne se krpe povremeno stežu i objese da bi se ubrzalo cijedenje gruša. Nakon što je

oblikovani sir postao dovoljno čvrst (za 2-4 sata), reže se na kriške i suho soli da upije oko 3-4% soli. Tako usoljeni sir stoji nekoliko dana na daski dok se ne pojavi sluz, koja je vrlo bitna za razvoj karakterističnog okusa tokom zrenja. Nakon toga, sir se stavlja u drvene kace (i do 50 kg) prelije slanom surutkom ili salamutom (6-8% soli). Trajanje zrenja sira u salamuri zavisi od sezone. Zimsko zrenje traje oko 25 dana, proljetno 15-20 dana, a ljetno 10-15 dana. Nakon toga se sir može trošiti, a može se čuvati u salamuri pri 2-5°C, uz povremenu zamjenu sa svježom salamutom. Prinos je sira tipa **feta** od ovčijeg mlijeka nakon 15-20 dana zrenja oko 30%. Ako se čuva u hladnom, neće doći do gubitaka sira, a čuvanjem pri dnevnoj temperaturi gubici sira mogu biti značajni zbog činjenice da na toplom voda difundira iz sira, a na hladnom obratno.

Tipičan okus **feta** sira je blago kiseli sa suokusom užeglosti što se može okarakterizirati kao puni okus sira. Tijesto sira je čvrsto, bijele boje, glatke teksture i kremasto. U sirnom se tijestu mogu pojaviti male pukotine koje potiču od mehaničke obrade gruša. Standardan sastav je 54,34% vode; 49,76% masti u SM; 17,59 ukupnih proteina; 0,53% laktoze; 4,12% pepela i 4,39% soli u vodi. Sir **feta** je poznat u svijetu i proizvodi se već uz brojne modifikacije ali na temelju tradicionalne proizvodnje. U novije vrijeme se **feta** uspješno proizvodi od ultrafiltriranog mlijeka (**T 2**) i kao takva zauzima oko 56% od ukupne proizvodnje sira u svijetu.

Svježi sirevi

Karakteristika ovih sireva je spontana koagulacija. Fermenti bakterija mliječne kiseline pretvaraju laktozu u mliječnu kiselinu čije prisustvo u mlijeku utiče na koagulaciju kazeina. Koagulacija svježih sireva traje dugo.

Tehnologija se sastoji od nekoliko faza. Mlijeko se pasterizuje i hladi na temperaturu podsiravanja, 28-32°C. Mlijeku se dodaje 5% mase, čistih kultura bakterija mliječne kiseline i gruša 10-20 sati. Radi boljeg grušanja mlijeku se dodaje 10 kapi sirila razrijeđenog u 5 puta većoj količini vode. Gruš treba da postigne kiselost do 30°SH. Gruševina se prenosi u kese i cijedi surutka. Iza cijedenja gruda se presa oko 2 sata. Gruda se zatim propušta kroz specijalne mlinove dok se ne dobije sir konzistencije paste. Prije mljevenja se pasti dodaje maslac ili pavlaka ako želimo proizvesti sireve sa većim procentom masti ili razni začini koji se često dodaju ovoj vrsti sira. Sir se formira u komadiće i pakuje u pergament ili u plastične kutije.