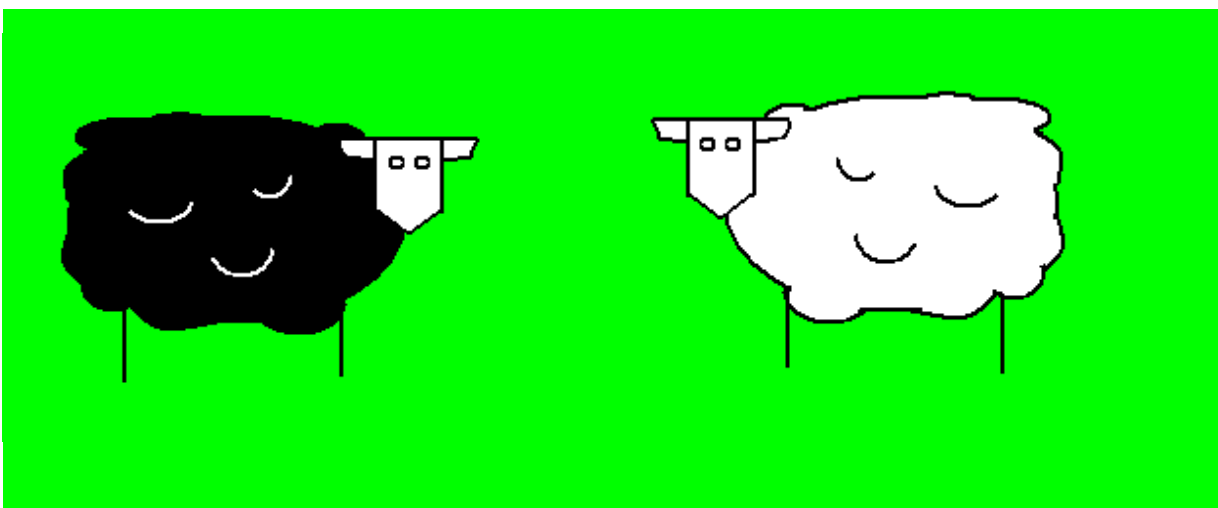




Priručnici/nastavni tekst Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Fermentirana mlijeka, vrhnje i maslac



Prof.dr.sc. Dubravka Samaržija

Agronomski fakultet

2011. godina

Impressum

Priručnici/nastavni tekst Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Recenzenti:

Prof.dr.sc. Jasmina Havranek, redovita profesorica u trajnom zvanju, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Prof. dr. sc. Ljubica Tratnik, redovita profesorica u trajnom zvanju, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Izdavač: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Odluka: Klasa: 602-09/11-02/8; Ur.br.: 251-71-02-11-3, Fakultetsko vijeće 5. studenog, 2011.

Naklada: web stranica Agronomskog fakulteta, 3.primjerka Centralna agronomska knjižnica Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

ISBN 978-953-6135-96-7

Sadržaj

| | | |
|----------|--|----|
| 1. | Fermentirana mlijeka | 1 |
| 1.1. | Povijesni razvitak | 1 |
| 1.2 | Vrste fermentiranih mlijeka | 4 |
| 1.2.1. | Fermentacija | 4 |
| 1.2.2. | Fermentirana hrana | 5 |
| 1.2.3. | Opis fermentiranih mlijeka | 5 |
| 1.2.4. | Potrošnja | 10 |
| 1.2.5. | Osnove tehnologije | 11 |
| 1.2.5.1. | Mikrobne kulture | 20 |
| 1.2.6. | Značenje fermentiranih mlijeka u ljudskoj prehrani | 21 |
| 2. | Vrhnje | 23 |
| 2.1. | Opis vrhnja | 23 |
| 2.2. | Osnove tehnologije | 24 |
| 2.2.1. | Sakupljanje i pohrana sirovog mlijeka | 25 |
| 2.2.2. | Obiranje i standardizacija | 27 |
| 2.2.3. | Homogenizacija | 29 |
| 2.2.4. | Toplinska obrada | 30 |
| 2.2.4.1. | Pasterizacija | 30 |
| 2.2.4.2. | Produženo zagrijavanje | 30 |
| 2.2.4.3. | Sterilizacija | 31 |
| 2.2.4.4. | Hlađenje | 32 |
| 2.2.5. | Kiselo vrhnje | 32 |
| 2.2.5.1. | Osnove tehnologije | 32 |
| 2.2.5.2. | Mikrobne kulture | 33 |

| | | |
|--------|------------------------------------|----|
| 3. | Maslac | 34 |
| 3.1. | Opis maslaca | 34 |
| 3.1.1. | Nestandardni maslac i mazive masti | 35 |
| 3.2. | Osnove tehnologije | 35 |
| 3.2.1. | Fizikalno zrenje vrhnja | 38 |
| 3.2.2. | Biokemijsko zrenje vrhnja | 39 |
| 3.2.3. | Butrifikacija | 41 |
| | Literatura | 45 |

1. Fermentirana mlijeka

1.1. Povijesni razvitak

Općenito, prema Pedersonu (1979.; preuzeto od Tamime, 2006.) početak proizvodnje fermentirane hrane započeo je prije 10.000 - 15.000 godina, a fermentiranih mlijeka prije 7000 - 9000 godina. Naime, to se razdoblje smatra početkom pripitomljavanja životinja i promjene čovjekova načina života iz sakupljačkog u proizvođački. Uzročno-posljedično, velika je vjerojatnost da je u tom razdoblju započeo koristiti i fermentaciju kao učinkovit način konzerviranja hrane. Arheološki nalazi u obliku crteža i reljefa potvrđuju da su drevne civilizacije na području Mezopotamije ali i Indije i Kine poznavali i proizvodili fermentiranu hranu. Primjerice, prikaz proizvodnje mlijeka zabilježen je na reljefu Sumerana iz 2900. – 2460. g. pr. Kr., a za pronađenu amforu koja datira iz 4. st. pr. Kr. utvrđeno je da je služila za pohranu kumisa. U zapisima iz razdoblja Rimskog carstva (2. st. pr. Kr.) za proizvodnju kiselog mlijeka, *Opus lactarum* i *Oxygala* navedena su i dva recepta. *Opus lactarum* se pripremao iz kiselog mlijeka, meda, brašna i voća, a *Oxygala* je uz kiselo mlijeko sadržavala povrće i začine. Proizvodnja kiselog vrhnja u Mezopotamiji spominje se oko 1300 g. pr. Kr., mlaćenice i dahija u Indiji između 800 i 300 g. pr. Kr., a kumisa u Rusiji oko 400 g. pr. Kr. ali je velika vjerojatnost da je kumis tadašnjem stanovništvu bio poznat već oko 2000. g. pr. Kr. Proizvodnju fermentiranog mlijeka labena spominju Arapske medicinske knjige oko 633 g. pr. Kr. Jogurt se u Turskoj počeo proizvoditi u osmom stoljeću, a tarhò u Mađarskoj u 14. stoljeću. U pronađenim zapisima, od ostale se fermentirane hrane, kruh spominje u Egiptu 2500 g. pr. Kr., fermentacija zrna soje u Kini 1000 g. pr. Kr., a fermentaciju mesa, vjeruje se, poznavali su stanovnici iz Rimskog razdoblja. Drugim riječima, s velikom se vjerojatnošću može tvrditi da je konzerviranje hrane fermentacijom, koja se lako kvarila, započelo slučajnom mikrobnom kontaminacijom. Odnosno, mikrobnim vrstama koje iz ugljikohidrata imaju sposobnost stvaranja mliječne i/ili drugih organskih kiselina kao prirodnih konzervansa. U tom smislu, čovjek je vrlo brzo uočio da dodatkom udjela prethodno fermentiranoga mlijeka svježem mlijeku ponovo nastaje fermentirano mlijeko.

Mliječna kiselina ali i druge organske kiseline dale su tim proizvodima drugačije karakteristike i produžila im trajnost ali se do danas egzaktno nije utvrdilo gdje i kada se to dogodilo.

Fermentirana mlijeka su u Europi postala poznata dolaskom starih nomadskih naroda istočnoeuropskih stepa na područje Sredozemlja. Odakle se iz današnje Grčke i Turske proizvodnja širila prema Egiptu, a Grci i Rimljani zaslužni su za širenje proizvodnje fermentiranih mlijeka na područje zapadne Europe. Poslije, kada su nomadska plemena Srednjeg Istoka već uzgajala krave, koze, ovce i deve započela je proizvodnja fermentiranih mlijeka od različitih vrsta mlijeka. Svojstva tih prvih fermentiranih mlijeka odredili su područje i klimatski uvjeti, u suptropskim predjelima Srednjeg Istoka odredila ih je termofilna mikrobna populacija, a u području sjeverne Europe mezofilna mikrobna populacija. U mikrobiološkom smislu, organoleptička svojstva tih proizvoda bila su određena istovremenim djelovanjem i bakterija mliječne kiseline ali i ostalih mikrobnih vrsta koje imaju sposobnost fermentacije laktoze. Zbog toga, pretpostavlja se, konzistencija, okus i miris proizvoda primarno su bili određeni dominantnom mikrobnom vrstom u mješovitoj populaciji koja je uvjetovala fermentaciju. Postupno su na temelju iskustva stvarani i kontrolirani uvjeti koji su uključivali sljedeće proizvodne postupke:

- korištenje uvijek istog posuđa ili dodatka svježeg mlijeka fermentiranom mlijeku; postupak koji je osigurao postojanost prirodne autohtone mikrobne populacije koja je pouzdano kiselila mlijeko
- zagrijavanje mlijeka iznad otvorene vatre; postupak koji je povećao gustoću mlijeka i uzrokovao modifikaciju kazeina; postupak koji je osigurao bolji i stabilniji viskozitet (izgled) gotovog proizvoda
- miješanje toplog i/ili hladnog mlijeka s fermentiranim mlijekom od prethodnog dana i pohranom na sobnoj temperaturi; postupak koji je omogućio razvitak termofilnih bakterija mliječne kiseline kao dominantne populacije
- postepenom selekcijom bakterijskih sojeva koji su dobro podnosili kiselu sredinu; postupak koji je omogućio proizvodnju fermentiranih mlijeka različitih okusa i viskoziteta

- postupnom empirijskom eliminacijom patogenih mikroorganizama prisutnih u mlijeku; postupak koji je osigurao siguran proizvod za konzumaciju.

Premda se opisana proizvodnja temeljila isključivo na iskustvu i intuiciji, proizvodnju fermentiranog mlijeka prema tom jednostavnom receptu preuzele su i ostale zajednice. U to doba, od fermentiranih mlijeka koja se i danas proizvode, mogu se spomenuti kefir, kumis, kiselo mlijeko, tarhò, labneh, ymer ili tettemjølk. Jedan od tih proizvoda bio je i jogurt koji je ime dobio prema turskoj riječi za kiselo mlijeko - *jogurt*. Tradicionalna fermentirana mlijeka postupno su se standardizirala i neznatno modificirala za industrijsku proizvodnju. Standardizacija mikrobnih kultura započela je nakon izolacije bakterije *Bacterium lactis* (poslije *Lactococcus lactis*), koju je prvi u čistoj kulturi 1873. godine izolirao engleski liječnik i znanstvenik Joseph Lister. Poslije tog otkrića izolirani su i identificirani i drugi mikroorganizmi koji imaju sposobnost fermentacije laktoze sadržane u mlijeku. Znanstvenici Sigurd Orla-Jensen (1919.) i James M. Sherman (1937.) zaslužni su za prvu sistematsku klasifikaciju bakterija mliječne kiseline (BMK). Slijedili su opisi fermentacijskih karakteristika pojedinačnih izoliranih bakterijskih sojeva, a specijalizirane kompanije započinju s proizvodnjom standardiziranih mikrobnih kultura. Nedugo nakon toga, početkom 1900. godine u proizvodnji sira, maslaca i kiselog mlijeka BMK u formi kultura počele su se gotovo istovremeno koristiti u Danskoj i Njemačkoj. Korištenjem standardizirane mikrobne kulture stvoreni su preduvjeti za kontroliranu proizvodnju fermentiranih mlijeka i stalnost kvalitete. Odnosno, korištenje standardiziranih mikrobnih kultura čini osnovu za sofisticiranu proizvodnju svih fermentiranih mlijeka koje možemo naći na tržištu.

Početkom 20. stoljeća ruski znanstvenik Ilja Iljič Mečnikov (1845.-1916.) u svojoj je teoriji o dugovječnosti tvrdio da jogurt uz pomoć mliječne kiseline i ostalih sastojaka usporava rast anaerobnih sporoformiranih bakterija (truležne bakterije) u debelom crijevu.

Istraživanja koja su uslijedila nakon toga nedvojbeno su potvrdila da bakterije *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*, koje čine sastav jogurtne kulture, ne preživljavaju pasažu kroz želudac pa se posljedično ni ne mogu prihvatiti za sluznicu crijeva. Ipak, Mečnikova je teorija znatno pridonijela širenju proizvodnje jogurta u mnogim zemljama svijeta i imala znatan utjecaj na znanstvena istraživanja o učinkovitosti fermentiranih mlijeka u očuvanju zdravlja.

Danas je proizvodnja fermentiranih mlijeka druga industrijska grana odmah iza proizvodnje alkoholnih pića od čije prodaje mljekarska industrija ostvaruje 60 % ukupnog prihoda.

1.2. Vrste fermentiranih mlijeka

1.2.1. Fermentacija

U širem smislu, fermentacija je proces kojim uz djelovanje jednog ili više mikroorganizama nastaje proizvod koristan za čovjeka. Biokemijski, termin fermentacija koristi se za opis metaboličkih procesa u kojima se organski spojevi (najčešće ugljikohidrati) razgrađuju uz oslobađanje energije bez sudjelovanja terminalnih akceptora elektrona (kisik). Mikrobiološki, riječ je o procesu u kojem mikroorganizmi osiguravaju potrebnu energiju za rast i razmnožavanje nepotpunom oksidacijom organskog supstrata. Djelomičnom oksidacijom supstrata oslobađa se relativno mala količina ATP (adenozintrifosfat) energije u usporedbi sa stvorenom energijom potpunom oksidacijom. Mikroorganizmi koji mogu koristiti organske akceptore za stvaranja energije različitim metaboličkim putovima posljedično i krajnji produkti su različiti organski spojevi. Metabolički se produkti nastali kao posljedica fermentacije razlikuju i ovisno je li organizam aeroban i/ili fakultativno aeroban, kisik neovisan ili striktno anaeroban.

Termin fermentacija koristi se i za bilo koji industrijski proces temeljen na aktivnosti jedne ili više vrsta mikroorganizama. Zajedničkim imenom ti se procesi nazivaju **biotehnologija**.

Odnosno, biotehnologija je tehnologija koja koristi žive organizme i njihove produkte u proizvodnji različitih proizvoda. Primjer su stanice kvasaca koje se koriste u pekarskoj industriji, zatim različiti mikrobnii enzimi, bakteriocini, a gljivica *Fusarium graminearum* proizvodi mikoprotein koji se koristi kao dodatak mnogim namirnicama namijenjenim vegetarijancima. Jednako tako bez živih mikroorganizama nezamisliva je proizvodnja mliječnih proizvoda i alkoholnih pića.

1.2.2. Fermentirana hrana

Fermentirana hrana je hrana koja se proizvodi modifikacijom osnovnog sirovog materijala bilo animalnog ili biljnog podrijetla djelovanjem mikroorganizama. Za tu svrhu koriste se bakterije, kvasci i plijesni. Fermentirana hrana u odnosu na originalni sirovinu razlikuje se okusom, teksturom i postojanošću kao posljedica niza biokemijskih reakcija tijekom fermentacije djelovanjem pojedinačnih mikrobnii skupina ili istovremeno različitih mikrobnii skupina. Primjerice, bakterije mliječne kiseline fermentiraju ugljikohidrate uz stvaranje mliječne kiseline, kvasci uz stvaranje etanola i drugih organskih komponenti. Plijesni ne fermentiraju ugljikohidrate ali imaju nezamjenjivu lipolitičku funkciju u proizvodnji primjerice, sireva s plavom i bijelom plijesni.

1.2.3. Opis fermentiranih mlijeka

Fermentirana mlijeka su mliječni proizvodi tekuće i polutekuće konzistencije koji su proizvedeni modifikacijom kravljega, ovčjeg i kozjeg mlijeka te mlijeka bivolice, kobile ili devina mlijeka ili istovremeno više vrsta mlijeka aktivnošću mikroorganizama. Od mikroorganizama, za proizvodnju se fermentiranih mlijeka koriste bakterije mliječne kiseline, bifidobakterije i rjeđe kvasci. Zbog toga, osnovna i specifična obilježja svakog fermentiranog mlijeka rezultat su zajedničkog djelovanja specifičnih mikroorganizama i uvjeta proizvodnje koji osiguravaju optimalne uvjete za njihov rast i razmnožavanje.

Prema općeprihvaćenoj definiciji fermentirana mlijeka su proizvodi pripremljeni od punomasnog, djelomično ili potpuno obranog mlijeka, koncentriranog mlijeka ili mlijeka supstituiranog iz djelomično ili potpuno obranog mlijeka u prahu ne homogeniziranoga ili homogeniziranog pasteriziranog ili steriliziranog mlijeka, djelovanjem specifičnih mikroorganizama. U odnosu na sirovo mlijeko, fermentirana se mlijeka razlikuju okusom, teksturom i postojanošću. Mikrobne vrste koje se u mlijeko dodaju u formi kulture moraju biti žive do trajnosti proizvoda, a metaboličke supstance sadržane u proizvodu. Proizvod ne smije sadržavati patogene mikroorganizme. Definiciju fermentiranih mlijeka 1969. godine prihvatila je Međunarodna mljekarska federacija (engl. *International Dairy Federation*, kratica **IDF**), a na prijedlog znanstvenika Franka V. Kosikowskog 1984. godine dopunjena zahtjevom da mikrobe vrste moraju ostati žive do vremena održivosti proizvoda. Od tada, ta je definicija prihvaćena u cijelom svijetu i primjenjuje se isključivo na fermentirana mlijeka.

Proizvodnja fermentiranih mlijeka temelji se na sposobnosti bakterija mliječne kiseline (BMK) metabolizmu laktoze do mliječne kiseline koja je osnovno obilježje za sva fermentirana mlijeka. Mezofilne bakterije mliječne kiseline *Lactococcus* spp. i *Leuconostoc* spp. koriste se za fermentaciju mlijeka na temperaturama između 20 i 30 °C. Ako su za fermentaciju mlijeka potrebne više temperature (40 do 45 °C) kao primjerice u proizvodnji jogurta koriste se termofilne bakterije mliječne kiseline *Lactobacillus* spp. i *Streptococcus* spp. te *Bifidobacterium* spp. koje ne pripadaju bakterijama mliječne kiseline. Osnovnim metabolizam te bakterijske vrste u optimalnim uvjetima proizvodnje složenim biokemijskim reakcijama stvaraju metabolite koji osiguravaju senzornu kvalitetu proizvoda. Pažljivom selekcijom bakterijskih sojeva unutar i između vrsta BMK osigurava se identitet svakog pojedinog fermentiranog mlijeka. Za proizvodnju fermentiranih mlijeka kao što su kefir i kumis uz BMK koriste se i kvasci, primarno *Saccharomyces* spp., *Torula* spp. i *Candida* spp., a za proizvodnju skandinavskog fermentiranog mlijeka viilija kvasac *Geotrichum candidum*.

Od fermentiranih mlijeka, osim jogurta kao najznačajnijeg, danas se u svijetu na tradicionalan i/ili industrijski način proizvodi oko 400 vrsta.

Unatoč toj činjenici, bliža je tvrdnja da je različitih fermentiranih mlijeka svega nekoliko i da je zapravo riječ o vrlo sličnim proizvodima koji nose različita lokalna imena. Prema Robinsonu i Tamimu (1990.) moguće ih je prema metaboličkim produktima fermentacije podijeliti u tri skupine:

- **fermentirana mlijeka za koja je dominantna mliječna fermentacija**

primjerice, kiselo mlijeko, filmjök, tätmjök, långofil (mezofilne BMK), jogurt, bugarsko kiselo mlijeko, zabadi, dahi (termofilne BMK), acidofilno mlijeko, Yakult, ABT, AB kultura (termofilne BMK, bifidobakterije i njihovi probiotički sojevi)

- **fermentirana mlijeka za koja je dominantna mliječna fermentacija i fermentacija kvascima**

primjerice, kefir, kumis, acidofilno-kvašćevo mlijeko

- **fermentirana mlijeka za koja je dominantna mliječna fermentacija i fermentacija djelovanjem kvasca *Geotrichum candidum***

primjerice, viili.

Skupine tih fermentiranih mlijeka neznatno se razlikuju prema osnovnim tehnološkim procesima ali se razlikuju prema specifičnostima mikrobnih vrsta u sastavu kultura. Neka od probiotičkih fermentiranih mlijeka za koje je karakteristična mliječna fermentacija prikazuje slika 1.1. Za ilustraciju, imena jogurta i jogurtu srodnih proizvoda koji se danas proizvode u svijetu prikazana su u tablici 1.1



Slika 1.1. Probiotička fermentirana mlijeka pakirana u različitu ambalažu.

(Izvor: reklamni materijal Dukat, d.d.)

Tablica 1.1. Imena jogurta i jogurtu srodnih vrsta u različitim zemljama

| Tradicionalno ime | Zemlja |
|--|--|
| Jogurt | Turska |
| Kisel mleka/naja/yaourt | Balkan |
| Leban/labani/labani rayeb | Libanon i neke Arapske zemlje |
| Mast/dough/doogh | Iran i Afganistan |
| Zabady/zabade | Egipat i Sudan |
| Roba/rob | Irak |
| Dahi/dadhi/dahee | Indija |
| Mazun/matzoon/matsun | Armenija |
| Yiaourti | Grčka |
| Cieddu | Italija |
| Mezzoradu | Sicilija |
| Gioddu | Sardinija |
| Tarho/taho | Mađarska |
| Viili | Finska |
| Filmjolk/tettemelk | Skandinavija |
| Skyr | Irska |
| Donskaya/varenetes | Rusija |
| Tarag | Mongolija |
| Shosim/sho/thara | Nepal |
| Yoghurt/yogurt/yaourt/yaourti/yogur/yaghourt | Sve zemlje/ "y" je u nekima zamijenjen s "j" |

(Modificirano prema Tamimu i Robinson,1999.)

Fermentirana mlijeka, neovisno o vrsti, mogu se klasificirati i prema fizikalnim svojstvima teksture u četiri osnovne skupine. Na primjeru jogurta u tablici 1.2. prikazana je podjela fermentiranih mlijeka prema fizikalnim svojstvima teksture. Fermentirana mlijeka u različite se skupine svrstavaju i na osnovu udjela mliječne masti u punomasna, djelomično obrana i obrana, na osnovu okusa u prirodna, s dodatkom voća, povrća, žitarica i slično, a prema tehnološkim specifičnostima u aromatizirana, zaslađena i slično.

Tablica 1.2. Klasifikacija jogurta na osnovu fizikalnog svojstava teksture

| Kategorija | Tekstura | Jogurt |
|-------------------|-----------------|------------------------|
| I | Tekuća/viskozna | čvrsti, tekući i pitki |
| II | Polučvrsta | Koncentrirani |
| III | Čvrsta | Smrznuti |
| IV | U prahu | Osušeni |

(Modificirano prema Tamimu, 2006.)

1.2.4. Potrošnja

Potrošnja fermentiranih mlijeka u Europi i SAD-u iz godine u godinu bilježi stalni porast. Smatra se da je popularnosti fermentiranih mlijeka posljedica uvođenja voćnih varijanti koje su se počele proizvoditi oko 1950. godine. U isto vrijeme, tehnologija fermentiranih mlijeka razvila se u modernu kontroliranu proizvodnju u mljekarama velikog kapaciteta prerade. Za dostupnost tih proizvoda na širem tržištu zaslužan je i uspostavljen učinkovit lanac distribucije i sustava za hlađenja (~ 5 °C) tijekom pohrane, transporta kao i u trgovačkim lancima.

Od tada popularnost i potrošnja fermentiranih mlijeka bilježi konstantan porast, a voćne varijante glavni su izvor zarade u mljekarskoj industriji. Nažalost usprkos naporima IDF-a, zbog različitih sustava praćenja potrošnje mliječnih proizvoda u pojedinim zemljama, vrlo je teško odrediti kolika je stvarna potrošnja fermentiranih mlijeka po stanovniku. Ipak, prema dostupnim podacima potrošnja se fermentiranih mlijeka procjenjuje na 12 do 30 kg/osoba/godina. Osim toga, važno je istaknuti i to da fermentirana mlijeka zadnjih desetak godina postaju i popularni proizvodi u zemljama poput Kine i Tajlanda.

1.2.5. Osnove tehnologije

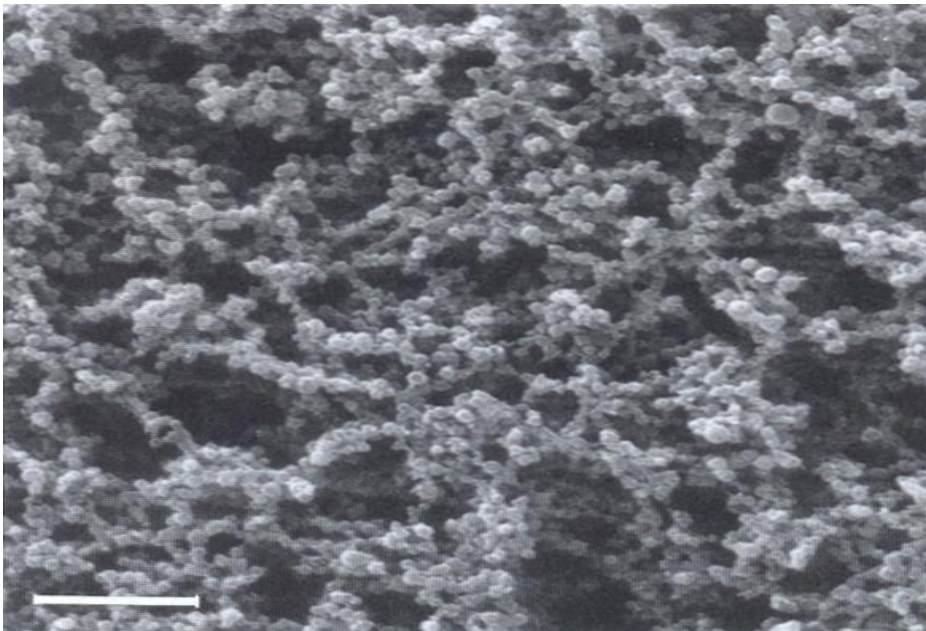
Premda se u cijelom svijetu danas proizvode brojne vrste fermentiranih mlijeka, tehnologija proizvodnje u osnovi je vrlo slična, a osobito ako je proces vezan isključivo na mliječnu fermentaciju. Također, i izgled je fermentiranih mlijeka gotovo isti. Posljedično, sva se fermentirana mlijeka razlikuju jedino prema finim detaljima ovisno o proizvođaču, a manje prema korištenoj tehnologiji čak i ako je riječ o istoj vrsti proizvoda.

Za istu vrstu proizvoda razlikuje se fermentirana mlijeka koja imaju čvrstu teksturu (sličnu gelu), polutekuću, tekuću ili koncentriranu teksturu pa se u tehnološkom smislu primjerice čvrsti, tekući i pitki jogurt kao i koncentrirani jogurt smatraju različitim proizvodima. Za koncentrirano fermentirano mlijeko dobar primjer je labneh (Libanon, Arapske zemlje) ili grčki jogurt.

Proizvodnja fermentiranih mlijeka započinje standardizacijom mliječne masti i obogaćivanjem suhe tvari bez masti (Sbm) radi postizanja poželjnog omjera između udjela mliječne masti i proteina u mlijeku. Mlijeko se potom najčešće homogenizira uz tlak između 10 i 25 MPa na temperaturi od 65 do 70 °C, a jačina tlaka ovisna je o vrsti fermentiranog mlijeka. Primjerice, u proizvodnji kefira mlijeko se homogenizira uz tlak od 10 - 20 MPa, a za jogurt uz tlak od 15 - 25 MPa. Slijedi toplinska obrada mlijeka, a temperatura i njezino trajanje ovise o vrsti fermentiranog mlijeka budući da legislativom nisu propisani. Međutim, radi organoleptičkih svojstava gotovog proizvoda najčešći temperaturno-vremenski uvjeti toplinske obrade sirovoga mlijeka su između 80 i 85 °C/20-30 min i između 90 i 95 °C/5 min. Drugim riječima, osim mikrobiološke, ti temperaturno-vremenski uvjeti toplinske obrade imaju i tehnološku svrhu.

U mikrobiološkom smislu, uništavaju gotovo sve patogene i većinu svih ostalih mikroorganizama prisutnih u mlijeku, a u tehnološkom smislu, uzrokuju poželjne fizikalno-kemijske promjene pojedinačnih sastojaka i svojstava mlijeka važnih za ispravan tijek fermentacije. Primjerice, proteini sirutke se denaturiraju što je važno za formiranje teksture/viskoziteta fermentiranih mlijeka, a nastali stimulacijski i/ili inhibitorni spojevi nužni su za djelovanje mikroorganizama sadržanih u mikrobnim kulturama.

Pripremljeno mlijeko potom se ohladi na temperaturu 30 – 45 °C (ovisno o vrsti fermentiranog mlijeka) i inokulira mikrobnom kulturom. Nakon inokulacije započinje acidifikacija mlijeka i formira se gel-struktura, odnosno mlijeko se zgruša. Acidifikacija mlijeka biokemijski je proces i zato se mora odvijati u kontroliranim uvjetima u specijalnim inkubatorima i/ili fermentacijskim tankovima. Karakteristični izgled gel-strukture klasičnog jogurta formiranog tijekom fermentacije ispod elektronskog mikroskopa prikazan je na slici 1.2.

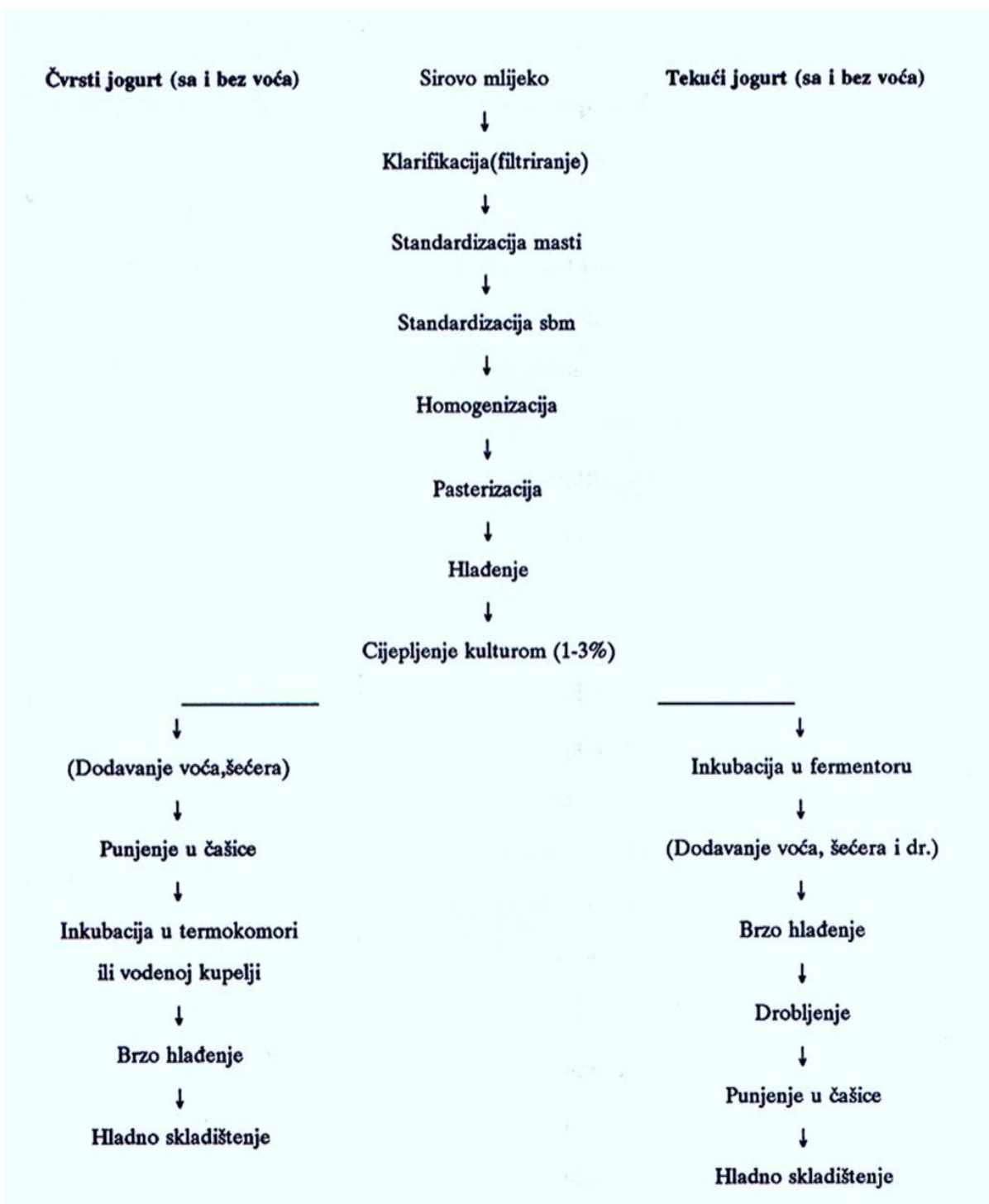


Slika 1.2. Karakterističan izgled gel-strukture klasičnog jogurta ispod elektronskog mikroskopa.

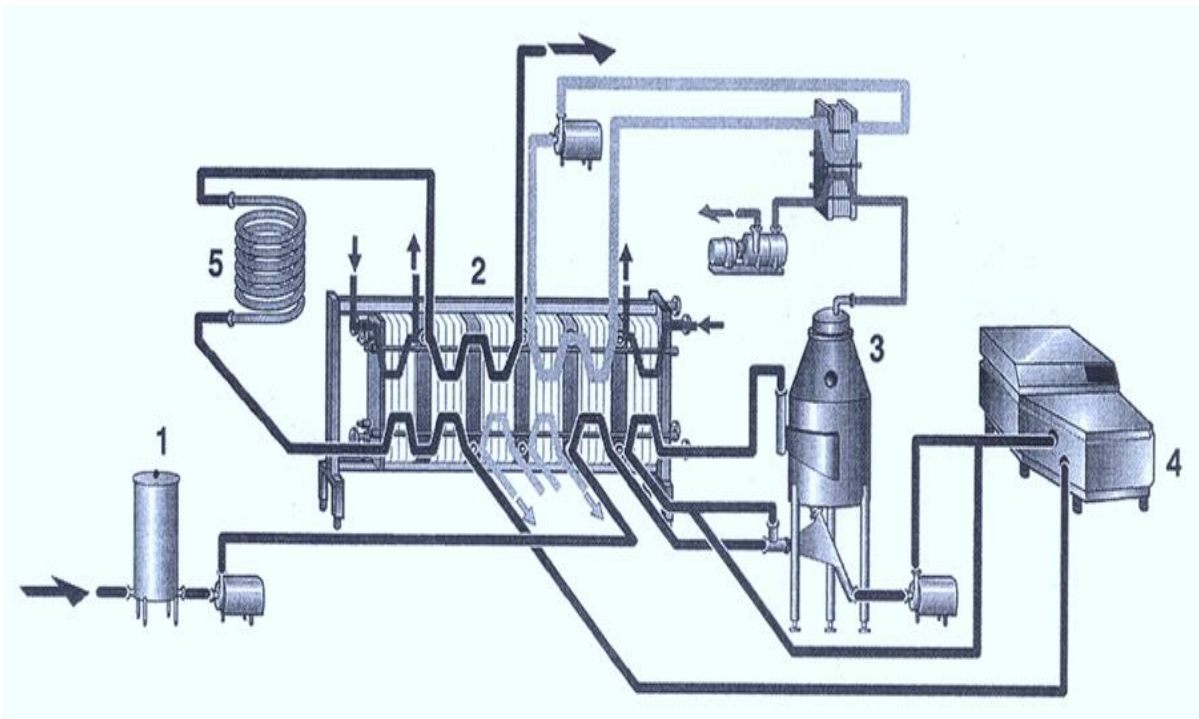
(Izvor: Tamime, 2006.)

U gel-strukturi su proteinske čestice približne dužine 2 μ m povezane vodikovim i drugim kemijskim vezama. Međutim, te su veze samo prividno čvrste pa se vrlo lagano prekidaju mehaničkom agitacijom. Upravo se to svojstvo koristi u proizvodnji fermentiranih mlijeka tekuće i pitke konzistencije gdje se formirana gel-struktura razbija mehaničkom agitacijom. Suprotno, zadržavanje je te prividno čvrste strukture poželjno u proizvodnji fermentiranih mlijeka koja imaju čvrstu konzistenciju. Trajanje fermentacije ili inkubacije ovisno je o vrsti proizvoda i korištenoj mikrobnjoj kulturi, a može biti od 2,5 do 20 sati na temperaturama između 30 i 45 °C. Inkubacija se prekida hlađenjem u trenutku kad fermentirano mlijeko postigne poželjnu pH-vrijednost. Međutim, treba istaknuti da pH-vrijednost određenog fermentiranog mlijeka nije fiksna. Drugim riječima, proizvođači isporučuju proizvod na tržište različite pH-vrijednosti primarno na osnovi njihove prihvatljivosti kod potrošača ali i na osnovu pH-vrijednosti kod koje je sinereza (izdvajanje sirutke) najmanja. Ipak, u prosjeku je pH-vrijednost fermentiranih mlijeka između 4,2 i 4,6. Svrha je hlađenja nakon završen fermentacije kontrola razine stvorene koncentracije mliječne kiseline i očuvanje formirane gel-strukture. Fermentirano se mlijeko najprije ohladi na višu temperaturu (15 – 20 °C) kako bi se izbjegnulo izdvajanje sirutke (sinereza), a potom slijedi završno hlađenje na temperaturi od 4 \pm 2 °C. Na istoj se temperaturi fermentirana mlijeka pohranjuju do potrošnje, a njihova je trajnost u tim uvjetima pohrane najmanje 20 dana.

Osnovne tehnološke operacije u proizvodnji fermentiranih mlijeka shematski su na primjeru jogurta prikazane na slici 1.3. Proizvodna linija obveznih tehnoloških operacija, koje se nazivaju predtretiranje ili priprema sirovog mlijeka, prikazana je na slici 1.4. Proizvodna linija za proizvodnju čvrstog jogurta prikazana je na slici 1.5., inkubacija i komora za hlađenje na slici 1.6., proizvodna linija za proizvodnju tekućeg jogurta na slici 1.7., a proizvodna linija za proizvodnju pitkog jogurta na slici 1.8. Najvažniji tehnološki postupci u proizvodnji fermentiranih mlijeka i važne bilješke koje se preporučuje voditi na primjeru su proizvodnje čvrstog i tekućeg jogurta prikazani u tablici 1.3.

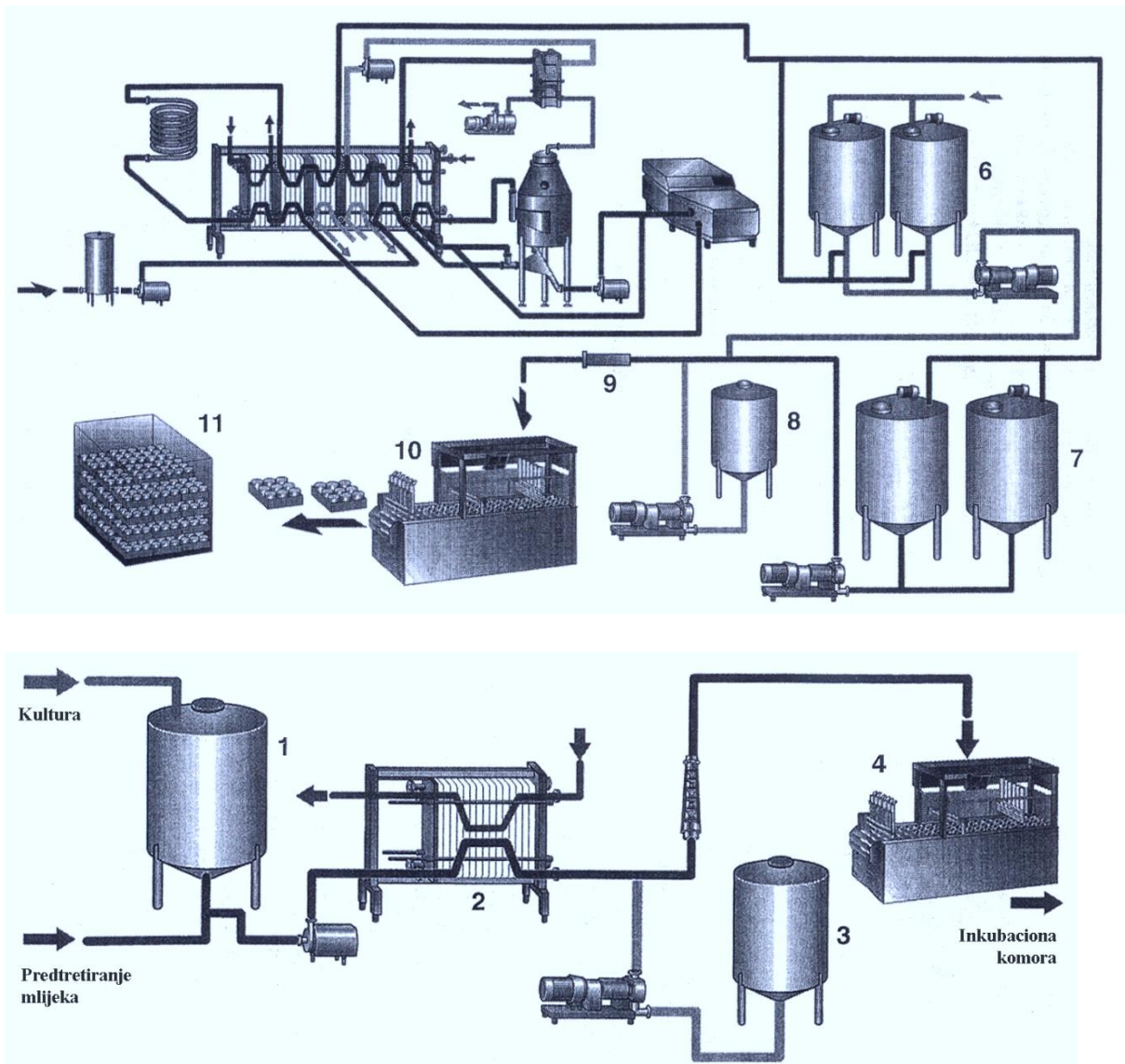


Slika 1.3. Shematski prikaz tehnoloških procesa u proizvodnji čvrstoga i tekućeg jogurta sa ili bez dodatka voća.



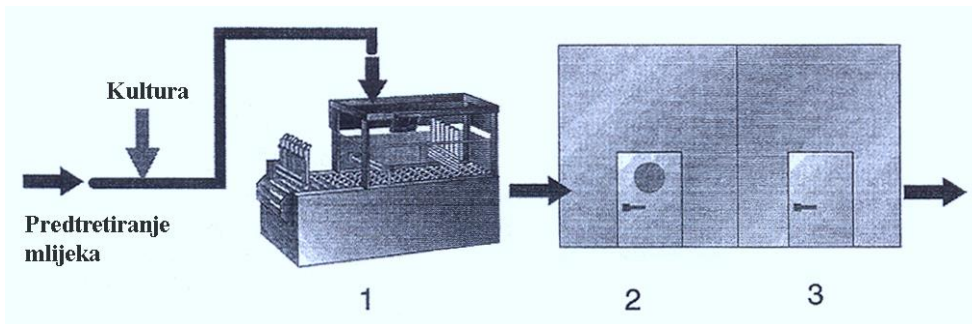
Slika 1.4. Predtretiranje sirovog mlijeka u proizvodnji fermentiranih mlijeka.

Detalji: 1 balansni tank, 2 pasterizator, 3 evaporator, 4 homogenizator, 5 zadrživač topline
(Izvor: Tamime i Robinson, 2007.)



Slika 1.5. Proizvodna linija za proizvodnju čvrstog jogurta.

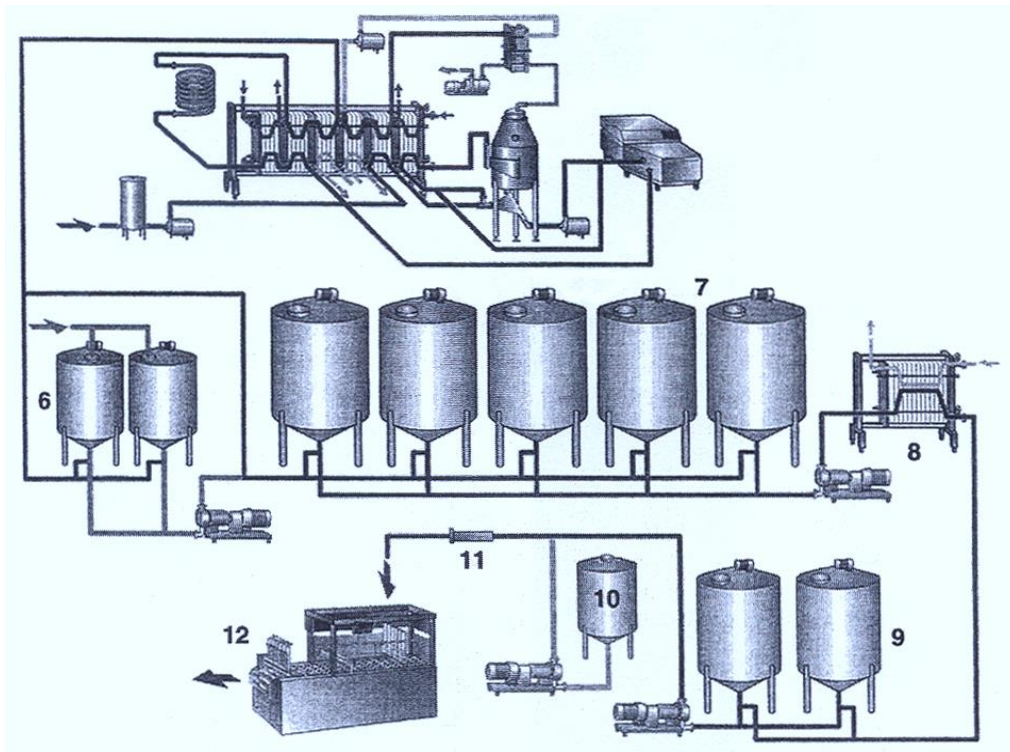
Detalji: (gornji dio slike) standardna linija za predtretiranje mlijeka, 6 tankovi za kulturu; (srednji dio slike) 7 pufer tankovi, 8 tank za arome, voće, 9 mikser, 10 pakiranje, 11 inkubator; (donji dio slike) 1 pufer tank, 2 pasterizator, 3 tank za arome, voće, 4 pakiranje. (Izvor: Tamime i Robinson, 2007.)



Slika 1.6. Inkubacija i hlađenje čvrstog jogurta.

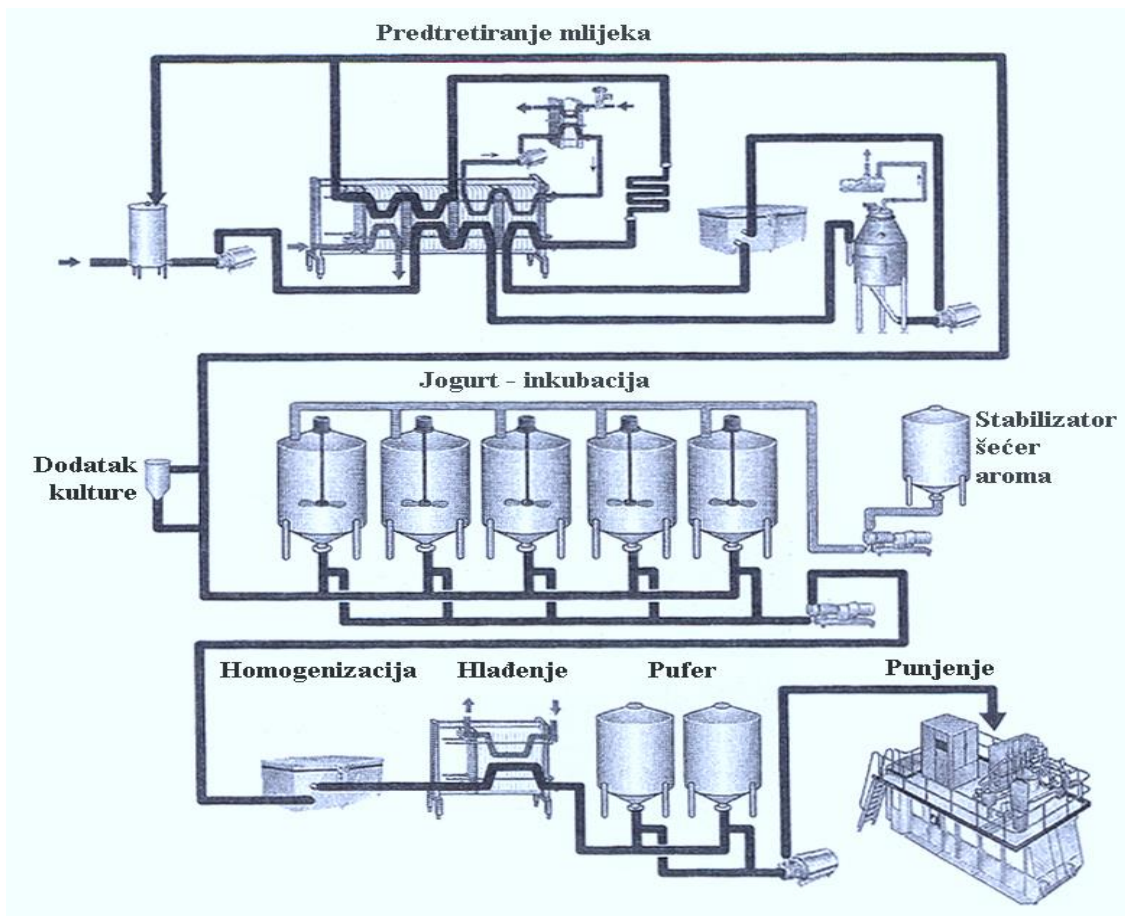
Detalji: 1 stroj za punjenje, 2 inkubacijska komora, 3 komora za brzo hlađenje.

(Izvor: Tamime i Robinson, 2007.)



Slika 1.7. Proizvodna linija za proizvodnju tekućeg jogurta.

Detalji: (gornji dio slike) standardna linija za predtretiranje mlijeka; 6 tankovi za kulturu, 7 tankovi za fermentaciju, 8 hlađenje, 9 pufer tankovi, 10 tankovi za arome, voće, 11 mikser, 12 pakiranje. (Izvor: Tamime i Robinson, 2007.)



Slika 1.8. Proizvodna linija za proizvodnju pitkog jogurta.

(Izvor: Tamime i Robinson, 2007.)

Tablica 1.3. Najvažniji tehnološki postupci i važne tehnološke bilješke u proizvodnji čvrstoga i tekućeg jogurta

| Proces | Sirovina/postupak | Bilješka |
|--|---|--|
| Standardizacija mliječne masti i SBM* | Punomasno ili obrano mlijeko (0,1 - 4,5 g 100 g ⁻¹ mliječne masti; 14 - 16 g 100 g ⁻¹ suhe tvari) | Ako se proizvodi tekući ili voćni jogurt mogu se dodati stabilizatori u mlijeko kao i sladila u količini od 7 - 10 g 100 g ⁻¹ |
| Homogenizacija ~ 17 MPa /60 - 70 °C | U industrijskoj proizvodnji obvezni je tehnološki postupak obrade mlijeka | Smanjenje i ujednačavanje globula mliječne masti (<2µm); svrha: poboljšanje teksture gotovog proizvoda |
| Toplinska obrada 80 – 85 °C/30 min ili 90 – 95 °C/5 - 10 min | Dugotrajna pasterizacija | Uništenje bakterija i denaturacija proteina sirutke; svrha: siguran proizvod, poboljšanje teksture gotovog proizvoda |
| Hlađenje na 30 °C ili 42 °C i inokulacija | Inokulacija mljekarske mikrobnog kulture | Pakiranje čvrstog jogurta, optimalno vrijeme za dodatak voća |
| Inkubacija 27 -30 °C/16 - 18 h ili 42 °C/3,5 - 4,5 h | Fermentacija (mliječna kiselina, aroma) | Inkubacijske komore (čvrsti jogurt), fermentacijski tankovi (tekući jogurt) |
| Hlađenje < 5 °C - čvrsti jogurt, 20 °C - tekući jogurt | Dodatak voća (10-15 g 100 g ⁻¹) ili voća i/ili aroma za tekući jogurt | Miješanje mora biti lagano da se izbjegne oštećenje koaguluma (gel struktura) |
| Pakiranje tekućeg jogurta i hlađenje na < 5 °C | Trgovačka mreža | Najčešće u pakiranja od 150 mL, 200 mL, 500 mL, 1000 mL |

SBM*- suha tvar bez masti

(Izvor: Tamime, 2007.)

1.2.5.1. Mikrobne kulture

Mikrobne kulture ili mljekarske mikrobne kulture su medij koji sadržava specifične mikroorganizme koji se inokuliraju u mlijeko.

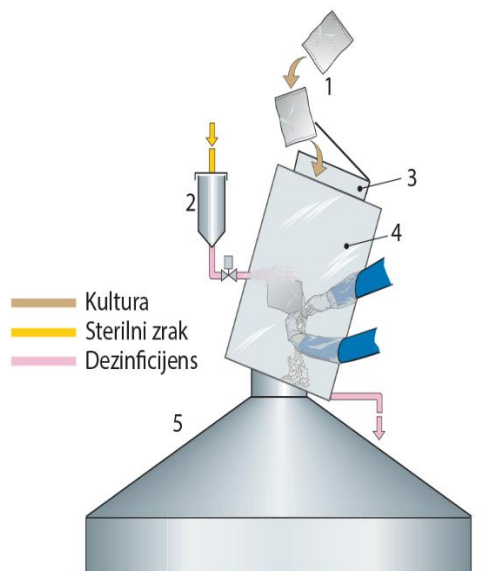
Prema definiciji, mljekarske se mikrobne kulture sastoje od neškodljivih aktivnih organizama koji svojim rastom i razmnožavanjem u mlijeku osiguravaju poželjni okus i teksturu fermentiranom mlijeku na učinkovit i ponovljivi način. Način aseptičke inokulacije mikrobne kulture u proizvodnji fermentiranih mlijeka pomoću potpuno zatvorenog sustava prikazan je na slici 1.9.

Mljekarska mikrobna kultura može sadržavati samo jednu vrstu ili sadrži više vrsta različitih mikroorganizama. Mikrobne vrste koje se koriste u proizvodnji fermentiranih mlijeka su:

- bakterije mliječne kiseline (BMK), *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp.

- bifidobakterije, *Bifidobacterium* spp.

- kvasci, *Candida* spp., *Saccharomyces* spp., *Kluyveromyces* spp., *Geotrichum* spp.



Slika 1.9. Aseptički sustav za inokulaciju mikrobne kulture uključen u proizvodnu liniju.

Detalji: 1 kultura, 2 kontejner za dezinfekciju, 3 sigurnosno staklo, 4 inokulacijski kontejner, 5 kontejner za miješanje. (Izvor: Tetra Pak, 1995.)

1.2.6. Značenje fermentiranih mlijeka u ljudskoj prehrani

Fermentirana mlijeka bez svake su sumnje povećala raznolikost hrane, a u prehrambenom smislu osigurala visoko vrijedni obrok za podmirenje nutrijenata važnih za normalno funkcioniranje organizama. U odnosu na mlijeko, fermentirana mlijeka imaju bolju probavljivost, veći udio vitamina i esencijalnih aminokiselina kao i masnih kiselina. Za dodatno poboljšanje prehrambene vrijednosti proizvode se i fermentirana mlijeka koja se obogaćuju neprobavljivim vlaknima (prebioticima), kalcijem i željezom.

Mnoga fermentirana mlijeka bez specifične modifikacije imaju niski udio mliječne masti (0,1 – 1 %) pa pripadaju i u skupinu niskokalorične zdrave hrane. Neka od fermentiranih mlijeka, uz niski udjel mliječne masti, sadrže i probiotičke bakterije (primjerice, *Lactobacillus acidophilus* i/ili *Bifidobacterium* spp.) koje pomažu u očuvanju zdravlja.

U odnosu na mlijeko, fermentirana mlijeka sadrže i niži udjel laktoze pa su pogodna za konzumaciju osobama koji ne mogu u potpunosti probaviti laktozu. Uzrok netolerancije ljudi na laktozu je nedostatak enzima β -galaktozidaze u probavnom sokovima za njezinu razgrađuju u glukozu i galaktozu. Mikrobnom aktivnošću (sintetiziraju enzim β -galaktozidazu) tijekom fermentacije mlijeka laktoza se razgrađuje u probavljiviji laktat, te je fermentirano mlijeko za tu skupinu ljudi potpuno neškodljivo. Povoljan utjecaj fermentiranih mlijeka na ljudsko zdravlje pripisuje se i mikrobnj sposobnosti smanjenja razine kolesterola, ponovnog uspostavljanja ravnoteže crijevne populacije nakon uzimanja antibiotika kao i u preventivnom djelovanju sprečavanja nastanka karcinoma debelog crijeva kao i drugih bolesti gastrointestinalnog trakta. Mliječna kiselina koju sadržavaju u koncentraciji između 0,7 - 1,2 g 100 mL⁻¹ dovoljna je za inhibiciju rasta gotovo svih patogenih mikroorganizama. Zbog toga se u usporedbi s ostalim mliječnim proizvodima, fermentirana mlijeka smatraju mikrobiološki najsigurnijim proizvodima za konzumaciju.

2. Vrhnje

2.1. Opis vrhnja

Vrhnje je mliječni proizvod koji se sastoji od koncentrirane mliječne masti u kojoj su masne globule ili globule mliječne masti zaštićene membranom. Na tržištu postoje različite vrste vrhnja i koriste se za različite namjene. Karakterizira ih vrlo fini okus pa vrhnje mnogi svrstavaju i u posebne delicije. Međutim, zbog visokog postotka mliječne masti koje sadrži (10 do 48 %), bilo koja strana komponenta lošeg okusa sadržana u mliječnoj masti, postaje u vrhnju višestruko izražena. Primjerice, ako mlijeko sadrži slobodne masne kiseline u koncentraciji od 1 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ mliječne masti većina osoba neće osjetiti užegnuti okus mlijeka. Suprotno, tučeno vrhnje proizvedeno od takva mlijeka imat će izraženi užegnuti okus.

Vrsta vrhnja primarno je određena udjelom (%) mliječne masti (tablica 2.1.). Vrhnje se osim prema udjelu mliječne masti definira i prema načinu toplinske obrade ili prema namjeni. Prema toplinskoj obradi razlikuje se pasterizirano i sterilizirano vrhnje, a prema namjeni vrhnje za kuhanje, vrhnje za tučenje, vrhnje za kavu, kiselo vrhnje i slično. Vrhnje se koristi i kao desert poput, vrhnja s dodatkom voća koje se od ostalih vrsta razlikuje prema intenzivnije bijeloj boji i konzistenciji.

Tablica 2.1. Vrste vrhnja prema udjelu mliječne masti

| Vrsta vrhnja | Minimalni udio (%) mliječne masti |
|-------------------|-----------------------------------|
| Vrhnje | 18 |
| Polumasno vrhnje | 10 - 18 |
| Prekomasno vrhnje | 45 |
| Vrhnje za tučenje | 28 - 45 |

(Modificirano prema Robinsonu, 2002.)

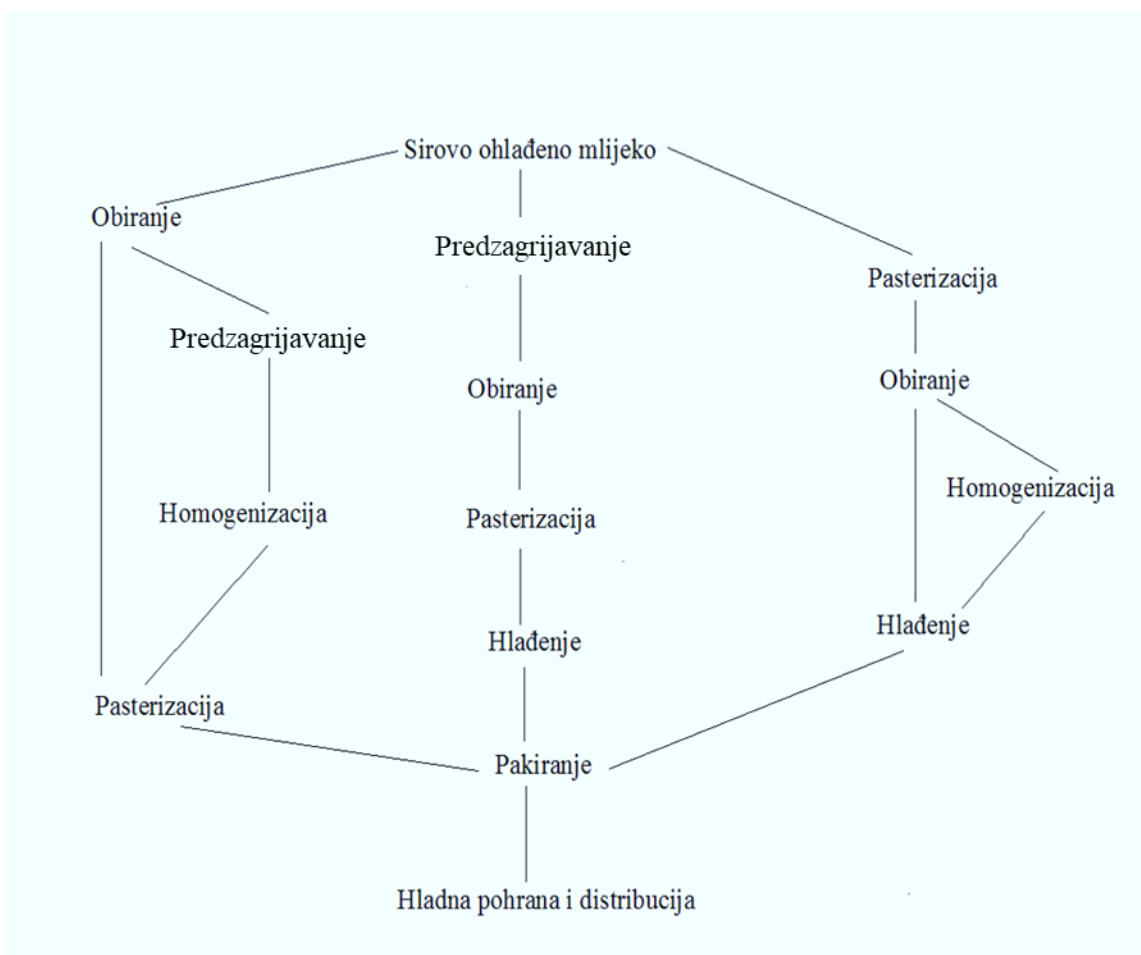
Neovisno o postotku mliječne masti, vrhnja se razlikuju i prema viskoznosti. Tehnološki, poželjnu viskoznost vrhnja nije jednostavno postići, budući da je viskozitet određen:

- sastavom triacilglicerola globula mliječne masti
- udjelom masti u vrhnju
- tlakom homogenizacije
- temperaturom toplinske obrade
- temperaturom i vremenom pohrane vrhnja.

Ako su svi uvjeti proizvodnje standardizirani, modifikacija se viskoziteta vrhnja postiže kombiniranjem uvjeta homogenizacije i temperaturama hlađenja nakon toplinske obrade.

2.2. Osnove tehnologije

Proizvodnja vrhnja tehnološki uključuje nekoliko odvojenih operacija koje uvijek ne moraju imati isti redoslijed. Najčešće korištene tehnološke operacije u proizvodnji vrhnja prikazane su na slici 2.1. U usporedbi s proizvodnjom pasteriziranoga i/ili steriliziranog mlijeka, tehnologija je proizvodnje vrhnja višestruko kompleksnija. Primarno se to odnosi na odvojene tehnološke operacije pa je mogućnost za mikrobiološku kontaminaciju proizvoda znatno veća. Najkritičnije točke u proizvodnji vrhnja smatraju se vrijeme nakon toplinske obrade i promjene temperatura tijekom pohrane i distribucije.



Slika 2.1. Neke od mogućih tehnoloških operacija u proizvodnji vrhnja.

(Izvor: Robinson, 2002.)

2.2.1. Sakupljanje i pohrana sirovog mlijeka

Osnovni preduvjet proizvodnje vrhnja visoke kvalitete je bakteriološka kvaliteta sirovog mlijeka i što je moguće kraće vrijeme njegove pohrane na niskim temperaturama (2- 6 °C). U praksi, mlijeko se na tim temperaturama prije prerade u vrhnje pohranjuje najčešće 48 sati. Ako je sirovo mlijeko dobre bakteriološke kvalitete (ukupan broj bakterija < 20.000/mL), mikrobne pogreške vrhnja bit će zanemarive. Suprotno, mlijeko loše bakteriološke kvalitete (ukupan broj bakterija > 100.000/mL) uza hladnu pohranu kroz dulje vrijeme, imat će negativan utjecaj na kvalitetu vrhnja. Naime, temperature hlađenja sirovog mlijeka pogoduju rastu psihrotrofnih bakterija.

Te bakterije imaju sposobnost stvaranja termostabilnih enzima, proteinaza i lipaza koji svoju proteolitičku i lipolitičku aktivnost zadržavaju i nakon pasterizacije i/ili sterilizacije vrhnja. Zato kvaliteta sirovog mlijeka za proizvodnju vrhnja mora biti jednaka kvaliteti sirovog mlijeka namijenjenog za direktnu potrošnju. Također, u proizvodnji je vrhnja osobito važno da mlijeko ne sadržava sastojke hrane koji se vežu na masnu fazu mlijeka pa uzročno-posljedično imaju negativan utjecaj na okus vrhnja. Pogrešku okusa vrhnja može uzrokovati i visoki postotak mliječne masti u vrhnju. Naime, vrhnje s većim udjelom mliječne masti, u odnosu na vrhnje s manjim udjelom mliječne masti, često sadržava i više koncentracije termostabilnih lipolitičkih enzima.

Promjene sastava mliječne masti koje se prirodno događaju tijekom laktacije i promjenom godišnjih doba imaju znatan utjecaj na viskozitet vrhnja kao posljedica promjena sastava triacilglicerola u sastavu masnih globula. Povrh toga, u proljetnim mjesecima ako su krave na paši, mliječna mast je mekša pa je i viskozitet vrhnja slabiji. Broj masnih globula manji od 0,8 μm povećava se prema kraju laktacije pa je i obiranje mliječne masti otežano. Manje globule mliječne masti od 1 μm povećavaju i gubitke masti kroz obrano mlijeko. Inače, veličina globula mliječne masti tijekom laktacije je od 1 – 10 μm ili prosječno 3 – 4 μm .

Općenito, postupak sa sirovim mlijekom do obiranja mora biti bez uporabe sila koje izazivaju trešnju kako bi se izbjegnulo svako oštećenje masnih globula. Trešnja pospješuje i aktivnost prirodnih lipaza i posljedično veći gubitak mliječne masti kroz obrano mlijeko. Negativni učinci mehaničkih sila na mliječnu mast tijekom pohrane izbjegava se korištenjem pumpi i cjevovoda koji ne izazivaju prejaku turbulenciju mlijeka.

Sposobnost se obiranja mliječne masti smanjuje produljenjem vremena hladne pohrane mlijeka na niskim temperaturama (4 – 8 °C) ali i ulaskom zraka tijekom prelijevanja mlijeka. Zbog toga, sirovo mlijeko za proizvodnju vrhnja zahtjeva posebnu pažnju. U tehnološkom smislu, obiranje mliječne masti idealno bi bilo provesti neposredno nakon mužnje, a poželjno najkasnije unutar 24 sata od mužnje.

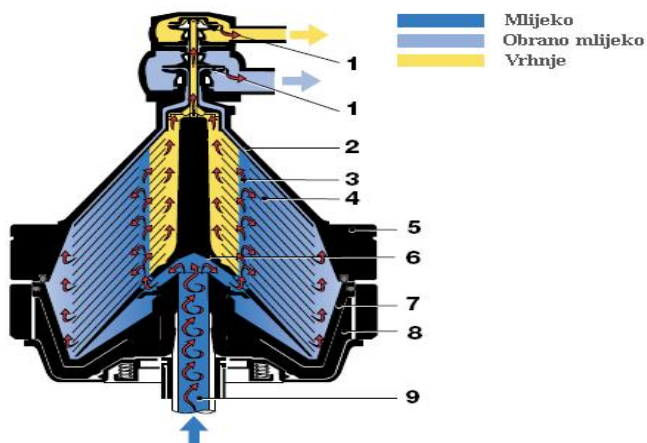
2.2.2. Obiranje i standardizacija

Obiranje i standardizacija vrhnja ključne su tehnološke operacije u proizvodnji vrhnja. Homogenizacija i drugi postseparacijski postupci provode se u cilju dobivanja vrhnja različitih svojstava. Proces obiranja izražava se Stoksovim (*Stokes Law*) zakonom koji se može jednostavno izraziti formulom:

$$R = r^2 \times F,$$

gdje je; R= omjer obiranja, r =radijus masne globule, F= upotrijebljena sila.

Tehnološkom operacijom obiranja (separacije) mliječna mast se iz mlijeka izdvaja mehaničkim centrifugalnim separatorom (slika.2.2.) na temperaturama između 38 i 65 °C.



Slika 2.2. Obiranje vrhnja.

Detalji: 1 izlazna pumpa, 2 pokrov bubnja, 3 otvori za razdvajanje, 4 diskovi, 5 prsten za zatvaranje, 6 razvodnik, 7 sporedni donji otvori, 8 tijelo bubnja, 9 vretenasti otvor.

(Izvor: Tetra Pak, 1995.)

Na temperaturama obiranja između 38 i 45 °C minimalna su oštećenja masnih globula, a viskoznost obranog vrhnja je najbolja. Ipak, temperature obiranja vrhnja niže od 45 °C aktiviraju prirodne lipoproteinske lipaze koje mogu inicirati razvitak užegnutog okusa u vrhnju u intervalu između obiranja i pasterizacije.

Kako bi se izbjegnula aktivnost prirodnih lipoproteinskih lipaza preporučuje se da temperatura obiranja treba biti viša od 45 °C.

Obiranje mlijeka na višim temperaturama (60 – 65 °C) uzrok je slabije viskoznosti vrhnja ali ima opravdanja zbog mikrobioloških razloga kao i zbog inaktivacije nativnih enzima. Naime, temperature obiranja od 45 – 55 °C idealne su za rast termofilnih bakterija, a temperature više od 60 °C ih uništavaju. Na tim temperaturama denaturiraju se i prirodne lipoproteinske lipaze mlijeka koje imaju negativno lipolitičko djelovanje na mliječnu mast vrhnja. Uzročno-posljedično, u praksi je najčešće korištena temperatura obiranja ~ 55 °C. Ako se želi proizvesti vrhnje s više od 40 % mliječne masti za obiranje se koriste separatori dizajnirani tako da se može obirati i hladno mlijeko (~5°C).

Separacija kao tehnološki postupak ima i svrhu odvajanja nečistoća, somatskih stanica, bakterija i drugih stranih tvari prisutnih u mlijeku. Primjerice, separacijom se neke bakterije a osobito njihove nakupine uključujući i bakterijske spore u velikom postotku odstranjuju iz mlijeka.

Nakon obiranja, slijedi standardizacije udjela (%) mliječne masti u vrhnju. Svrha standardizacije je prirediti vrhnje s točno određenim postotkom mliječne masti ovisno o vrsti vrhnja koja se želi proizvesti. U modernoj proizvodnji, sustav za standardizaciju mliječne masti uključen je u proizvodnu liniju pa je rizik od bakteriološke kontaminacije vrhnja sveden na minimum. Sustav za standardizaciju omogućuje poželjni udjel masti u vrhnju preko posebnih ventila na separatoru koji mogu kontrolirati protok vrhnja i obranog mlijeka. Ovakvi su sustavi vrlo efikasni ali zahtijevaju visoku točnost kalibracije mjerača protoka i standardizirane uvjete same operacije. Alternativno, ako se standardizacija vrhnja provodi u manje opremljenim mljekarskim pogonima zadani se udjel mliječne masti postiže tako da je nakon obiranja za 0,5 – 1 % veći od potrebnog. Potom se brzom analitičkom metodom odredi postotak masti u vrhnju i prema potrebi doda neobrano ili obrano mlijeko. Za tu svrhu najčešće se koristi metoda poznata kao Pearsonov kvadrat.

Nakon obiranja i standardizacije, treba izbjegavati svaku operaciju koja bi mogla izazvati bilo kakvo fizičko oštećenje masnih globula koje istovremeno može biti uzrok pogreške viskoznosti i okusa vrhnja (okus po maslacu). Drugim riječima, postrojenje za proizvodnju vrhnja mora biti dizajnirano tako da je osigurana stalna protočnost uz konstantan tlak, da nema zraka u sustavu i da je pumpanje svedeno na minimum.

2.2.3. Homogenizacija

Homogenizacija u proizvodnji vrhnja tehnološki je postupak koji se provodi prije ili nakon pasterizacije vrhnja. Njezina je svrha smanjenje veličine globula mliječne masti radi sprečavanja njihova izdvajanja na površinu kao i povećanje viskoznosti vrhnja. Razlog zbog kojeg se homogenizacija provodi prije pasterizacije je smanjenje mikrobiološke kontaminacije koja je potencijalno veća ako se vrhnje homogenizira nakon pasterizacije. Međutim, problemi su užeglog okusa radi prisutnih prirodnih lipoproteinskih lipaza manji ako se vrhnje homogenizira nakon pasterizacije.

U proizvodnji vrhnja i polumasnog vrhnja homogenizacija je obavezana operacija radi sprečavanja izdvajanja seruma na površinu i osiguranja poželjne viskoznosti. Provodi se na temperaturi od ~ 55 °C uz tlak od 10 - 30 MPa. Primjerice, za vrhnje se koristi tlak homogenizacije do 25 MPa, a za polumasno vrhnje tlak do 30 MPa. Zbog veće viskoznosti koje prekomasnog vrhnja ima samo po sebi, homogenizacija nije nužna. Ako se homogenizacija ipak provodi, koristiti se jednofazna homogenizacija uz tlak od 3,5 MPa na temperaturi od ~ 55 °C. Suprotno, homogenizacija prekomasnog vrhnja obavezna je ako je riječ o steriliziranom vrhnju. Vrhnje za kavu (10 % mliječne masti), kako bi se izbjegnula koagulacija i izdvajanje masnih globula u vrućoj kavi, homogenizira se u dvije faze uz tlak od 17 MPa (I faza) i 3,5 MPa (II faza). Ako je pasterizirano vrhnje s 35 – 40 % mliječne masti namijenjeno proizvodnji šlaga, ono se **ne** homogenizira budući da je za svojstvo tučenja i stabilnost šlaga nužno da su globule mliječne masti što veće (15 - 20 µm). Također, vrhnje koje se koristi za izradu maslaca se **ne** homogenizira.

2.2.4. Toplinska obrada

2.2.4.1. Pasterizacija

Kratkotrajna pasterizacija ili HTST proces (engl. *High-Temperature-Short-Time*) univerzalno je prihvaćena za toplinsku obradu vrhnja. Temperaturno–vremenski uvjeti pasterizacije ovisni su o raspoloživoj opremi te vrsti i mikrobiološkoj kvaliteti vrhnja. Minimalni temperaturno-vremenski uvjeti pasterizacije vrhnja različitog udjela mliječne masti su primjerice, 75 °C/15 s za vrhnje s 18 % mliječne masti i 80 °C/15 s za vrhnje s 35 i više % mliječne masti. Općenito, potreban odnos između temperature i vremena zadržavanja vrhnja na tim temperaturama utvrđuje se dijeljenjem volumena tehničke jedinice za pasterizaciju i protočnosti ali je istovremeno određen i nepoželjnim kemijskih reakcija koje mogu biti inducirane temperaturom. U praksi, najčešći temperaturno-vremenski uvjeti koji se koriste za pasterizaciju vrhnja su temperature od 75 do 85 °C uz trajanje pasterizacije između 15 i 20 s. Okus po kuhanom, koji nastaje zbog oslobađanja hlapljivih spojeva sa sumporom (inducirane reakcije izazvane temperaturama višim od 80 °C), obično nestaje nakon 1 -2 dana. Pasterizacija vrhnja osigurava:

- uništenje svih patogenih mikroorganizama koji ne stvaraju spore
- produženje trajnosti zbog uništenja gotovo svih prisutnih mikroorganizama uzročnika kvarenja
- inaktivaciju prirodnih enzima mlijeka.

2.2.4.2. Produženo zagrijavanje

Produženo zagrijavanje vrhnja označava toplinsku obradu vrhnja na temperaturama višim od 85 °C ali nižim od temperatura koje se koriste za sterilizaciju vrhnja. Svrha produženog zagrijavanja je proizvesti vrhnje dulje održivosti sa zanemarivo malim brojem bakterija.

Postupak je sljedeći:

- vrhnje se toplinski najprije obrađuje na temperaturama od 110 °C/30 - 60 s ili na temperaturi od 95 – 102 °C/15-30 s
- potom se pohranjuje 24 sata na temperaturi od 8 °C
- nakon hladne pohrane ponovno se toplinski obrađuje na temperaturi između 120 i 127 °C/3 s i aseptički pakira.

Svrha dvostruke toplinske obrade je uništenje eventualno prisutnih bakterijskih spora koje se preživjele prvu toplinsku obradu vrhnja. Tijekom 24 sata pohrane vrhnja na temperaturi od 8 °C te bakterije izrasti će kao vegetativne stanice koje se onda lako uništavaju drugim zagrijavanjem. Vrijeme održivosti takva vrhnja na temperaturi od 10 °C je do četiri tjedna.

2.2.4.3. Sterilizacija

Sterilizacija vrhnja ili UHT proces (engl. *Ultra-High-Temperature*) je toplinska obrada vrhnja na temperaturi od najmanje 140 °C/2 s u cilju proizvodnje vrhnja bez vegetativnih i sporetvornih oblika mikrobnih stanica. Tri su osnovne prednosti steriliziranog vrhnja u odnosu na pasterizirano vrhnje:

- ne sadrži žive bakterijske stanice
- ima znatno dulju održivost
- proizvodi se bržim postupkom.

Sterilizacijom vrhnja postiže se njegova trajnost od tri do šest mjeseci. Održivost vrhnja dulja od šest mjeseci limitirana je fizikalnim, kemijskim i biokemijskim reakcijama induciranim visokom temperaturom koje se događaju tijekom pohrane. Interakcije između Ca i kazeina destabiliziraju emulziju, a termostabilni mikrobnii enzimi peptidaze uzrokuju njegovo zgrušavanje (geliranje).

Kemijskim reakcijama oslobođeni novi spojevi uzrok su pogreške okusa vrhnja koja se opisuje kao kartonski okus i/ili oksidirani okus.

2.2.4.4. Hlađenje

S mikrobiološkog stanovišta toplinski obrađeno vrhnje najbolje je u što kraćem vremenu ohladiti u zatvorenom sustavu na temperaturu nižu od 5 °C. No, naglo hlađenje pogoduju riziku oštećenja globula mliječne masti i može biti uzrok slabije viskoznosti vrhnja. Kako bi se izbjegnule te negativne posljedice brzog hlađenja na viskoznost, vrhnje treba najprije brzo ohladiti na ~ 30 °C, a potom ga postupno ohladiti na temperaturu od 5 °C. Manje viskozno vrhnje može se pakirati toplo i postupno hladiti u ambalaži. Međutim, zbog očuvanja kvalitete vrhnja i efikasnosti hlađenja, pakiranje vrhnja se ne preporučuje u ambalaži volumena većeg od 0,5 L.

2.2.5. Kiselo vrhnje

Od ostalih vrsta vrhnja, kiselo vrhnje se razlikuje prema pripadnosti skupini fermentiranih mliječnih proizvoda. Ono se najčešće koristi kao dodatak ili osnova različitim vrstama jela, a sadrži između 10 i 12 % ili između 20 i 30 % mliječne masti. Kiselo vrhnje karakterizira glatka i sjajna viskozna tekstura i blagi do umjereno kiseli okus.

2.2.5.1. Osnove tehnologije

Procesna linija za proizvodnja kiselog vrhnja sastoji se od: (i) sustava za standardizaciju mliječne masti, (ii) homogenizatora, (iii) pasterizatora, (iv) inokulatora, (v) inkubacijske jedinice i (vi) sustava za hlađenje i pakiranje.

Vrhnje koje sadrži 10 – 12 % mliječne masti homogenizira se na temperaturi od 60 - 70 °C uz tlak od 15 - 20 MPa. Temperature homogenizacije bliže i jednake 70 °C poboljšavaju konzistenciju vrhnju. Vrhnje koje sadrži 20 – 30 % mliječne masti homogenizira se na istim temperaturama, ali uz niži tlak od 10 - 12 MPa.

Naime, to vrhnje nema dovoljno proteina (kazeina) za formiranje membrana novo nastalih globula mliječne masti.

Homogenizirano vrhnje najčešće se pasteurizira na temperaturi od 90 °C/5 min. Druge temperaturno-vremenske kombinacije toplinske obrade vrhnja mogu se koristiti ako je homogenizacija dizajnirana tako da u potpunosti podržava toplinsku obradu vrhnja. Pasterizirano vrhnje potom se ohladi na temperaturu inokulacije od 18 – 20 °C ili 28 - 30°C (ovisno o izabranoj mikrobnjoj kulturi) i inokulira s 1-3 % mikrobnje kulture.

Fermentacija vrhnja traje između 12 i 20 sati, a može biti organizirana u fermentacijskim tankovima ili u prodajnom pakiranju (čaićama). Nakon završene fermentacije, vrhnje se mora brzo ohladiti na temperaturu od 4 – 5 °C kako bi se izbjegnula daljnja acidifikacija i omogućila kristalizacije mliječne masti. Zbog viskoznost koje vrhnje ima, inokulacija vrhnja i odmah punjenje u prodajno pakiranje u kojem vrhnje fermentira, smatra se boljim postupkom u odnosu na fermentaciju vrhnja u tankovima. Naime, izostaju oštećenja globula mliječne masti koja mogu nastati mehaničkim prebacivanjem već fermentiranog vrhnja iz fermentacijskih tankova. Prije distribucije vrhnje se na temperaturi od 6 °C pohranjuje još najmanje 24 sata.

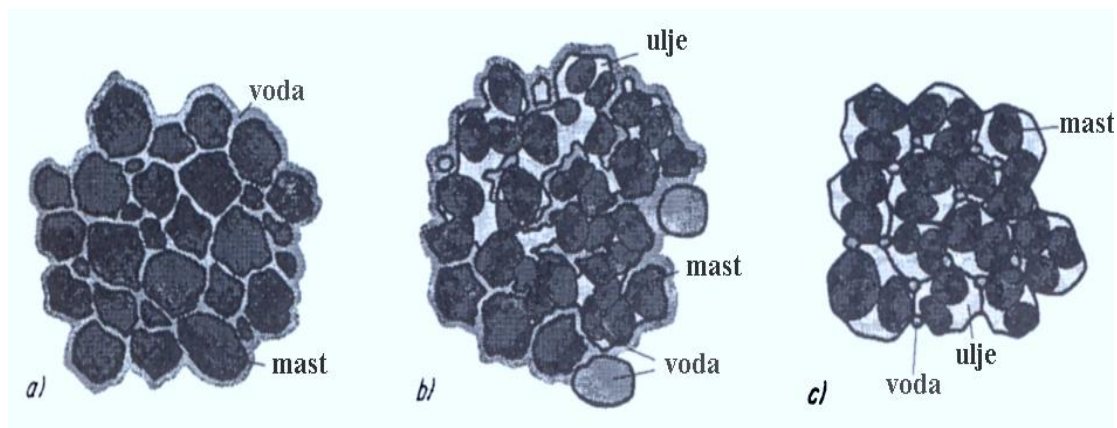
2.2.5.2. Mikrobne kulture

Mljekarska mikrobna kultura koja se koristi u proizvodnji kiselog vrhnja sastoji se od različitih sojeva bakterija *Lactococcus lactis* subsp *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* i rjeđe *Leuconostoc cremoris*. Kombinacijom tih sojeva u sastavu mikrobnje kulture, postiže se poželjan okus kiselog vrhnja. U početku fermentacije, prvo se stvara mliječna kiselina, a potom aromatske komponente okusa (prvenstveno diacetil) koje se mogu sintetizirati tek kada pH-vrhnja dosegne vrijednost nižu od 5,2.

3. Maslac

3.1. Opis maslaca

Prema definiciji maslac je visoko energetski koncentrirani prirodni mliječni proizvod koji se sastoji od mliječne masti (80 %), manjim dijelom od vode (16 %) i suhe tvari bez masti (4 %). Suhu tvar bez masti maslaca čine protein 0,6-0,8 %; laktoza 0,7 - 0,8 %; minerali ~ 0,2 % te ostali sastojci u tragovima. Prema fizikalnim svojstvima struktura maslaca je emulzija vode u ulju. Maslac se proizvodi postupkom butrifikacije koja uključuje bućkanje vrhnja i izradu (gnjetenje) maslenih zrna. U gotovom proizvodu, tekuće i kristalizirane masti povezane su u mrežastu složenu strukturu ili matriks (slika 3.1.). Posljedično, maslac i na sobnim temperaturama zadržava kruti oblik bez izdvajanja ulja neovisno o tome što sadržava tek 10 – 20 % masti u čvrstom stanju. Za usporedbu, ohlađeni maslac (~ 4 °C) ih sadrži od 50 do 65 %. Maslac se može proizvoditi od kiselog i slatkog vrhnja s ili bez dodatka soli. Mliječnu mast maslaca čine triacilgliceroli (98 %), diacilgliceroli (~ 0,3 %), fosfolipidi (~ 0,3 %), steroli (~ 0,3 %), slobodne masne kiseline (~ 0,1 %) i monoacilgliceroli, skvaleni i karotenoidi koji se nalaze u tragovima.



Slika 3.1. Konverzija vrhnja u maslac.

Detalji: a) vrhnje (emulzija ulja u vodi), b) promjena fizikalne strukture vrhnja tijekom bućkanja, c) maslac (emulzija vode u ulju). (Izvor: Spreer, 1998.)

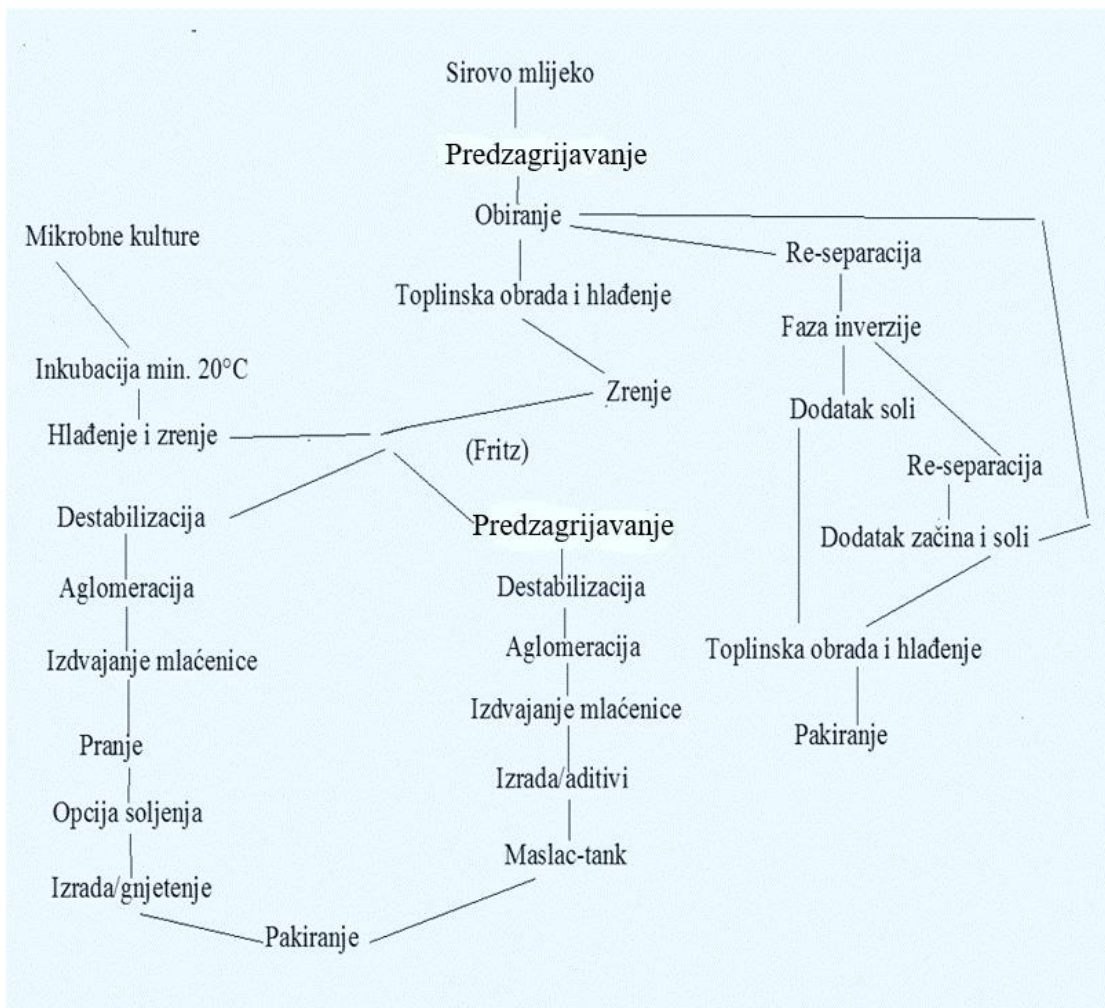
3.1.1. Nestandardni maslac i mazive masti

Osim maslaca standardnog sastava, danas se proizvode i stavljaju na tržište i varijante maslaca s nižim udjelom mliječne masti (39 - 62 %), a mogu sadržavati i različite dodatke poput začinskog bilja ili orašastog voća koji im daju karakterističan okus. Za te je varijante maslaca dozvoljeno i korištenje aditiva. U skupinu maslaca pripadaju i mazive masti (engl. *spreadable fats*) budući da se proizvode prema tehnologiji maslaca, a i sastav je korištenih mikrobnih kultura isti kao i za maslac. Prema definiciji mazive masti su čvrsti mliječni proizvod koji su poput maslaca prema fizikalnoj strukturi emulzija vode u ulju. Međutim za razliku od maslaca, masnu fazu uz mliječnu mast čine i masti biljnog podrijetla. Često se obogaćuju vitaminima, proteinima uključujući i želatinu, mliječnim komponentama, škrobom i dr. Neovisno je li je riječ o maslacu s nižim udjelom mliječne masti ili je riječ o mazivim mastima, na tržištu se ti proizvodi ne smiju označavati imenom maslac, već drugim nazivom poput primjerice, lagani maslac.

3.2. Osnove tehnologije

Vrhnje je osnovna sirovina u proizvodnji maslaca, a njegovu kvalitetu primarno određuje mikrobna populacija sadržana u sirovom vrhnju. Kako je maslac emulzija vode u ulju s najmanje 80 % masti, mikrobna populacija primarno je koncentrirana unutar dispergirane vodene faze pa posljedično ima izravan utjecaj na kvalitetu i izbor tehnoloških postupaka u izradi maslaca.

U osnovi, tehnologija proizvodnje maslaca temelji se na destabilizaciji emulzije ulja u vodi (vrhnje) selektivnom koncentracijom masnih komponenti izdvajanjem vodene frakcije ili mlaćenice uz istovremeno postupno formiranje stabilne emulzije vode u ulju (maslac). Mogući slijed tehnoloških operacija u proizvodnji maslaca prikazan je na slici 3.2 Maslac se proizvede od slatkoga i kiselog vrhnja, a tehnološki postupak može biti: a) tradicionalan ili diskontinuiran, b) kontinuiran koji se vrlo često naziva i Fritzovim postupkom ili c) NIZO postupak u kojem se mikrobna kultura i aromatski spojevi dodaju nakon bućkanja i pranja maslaca.



Slika 3.2. Shematski prikaz mogućeg slijeda tehnoloških operacija u proizvodnji maslaca. (Izvor: Robinson, 2002.)

Vrhnje za proizvodnju maslaca dobiva se izdvajanjem mliječne masti iz mlijeka tehnološkim postupkom separacije na temperaturi između 50 i 60 °C. Postotak mliječne masti u vrhnju određuje se na osnovi tehnologije koje će se koristiti u izradi maslaca. Primjerice, uobičajen postotak mliječne masti u vrhnju za klasičan ili diskontinuiran postupak izrade maslaca je 38 – 40 %. Vrhnje koje se koristi za izradu maslaca se ne homogenizira.

Standardizirano vrhnje (željeni % mliječne masti) potom se pasteurizira na temperaturama > 85 °C ali najčešće na temperaturama između 90 i 110 °C. Svrha pasteurizacije vrhnja je:

- uništenje svih patogenih nesporeotvornih bakterija i uništenje većine mikrobnih uzročnika kvarenja koji imaju negativan utjecaj na zrenje vrhnja i kvalitetu maslaca
- inaktivacija prirodnih enzima, a osobito lipaza koje imaju negativan utjecaj na okus i prinos maslaca
- smanjenje viskoznosti radi poboljšana preradbenih svojstava vrhnja u maslac.

Nakon pasteurizacije, a prije hlađenja, može se primijeniti i deaerizacija radi uklanjanja nepoželjnih spojeva i kisika iz vrhnja koji imaju negativan utjecaj na okus maslaca. Naime, vrhnje je izvor svih komponenti okusa i mirisa ali jednako tako i svih nepoželjnih spojeva koji se preko vrhnja prenose na maslac. Nepoželjni spojevi u vrhnju potječu uglavnom od loše hranidbe i/ili nehigijenske pohrane sirovog mlijeka. Postupak deaerizacije nije potrebno koristiti za vrhnje dobiveno od kvalitetnog sirovog mlijeka budući da se uz te spojeve istovremeno odstranjuju i poželjni spojevi nužni za razvitak karakterističnog okusa i mirisa maslaca. Ako je zbog loše kvalitete vrhnja postupak deaerizacije neizbježan, zrenje vrhnja jedina je tehnološka faza koja pridonosi okusu i aromi maslaca. Slijedi hlađenje vrhnja na temperaturama < 22 °C najmanje četiri sata, a točna se temperatura hlađenja određuje prema temperaturno-vremenskom režimu zrenja vrhnja. Prema konačnim učincima razlikuje se fizikalno i biokemijsko zrenje vrhnja. Izravan učinak zrenja vrhnja na kvalitetu maslaca manifestira se na:

- konzistenciju, čvrstoću i mazivost
- udio vezane vode (voda koja se ne može odstraniti nikakvim mehaničkim postupcima izrade maslaca)
- udio gubitaka mliječne masti mlaćenicom
- količinu aromatskih komponenti koje nastaju tijekom biokemijskog zrenja vrhnja.

3.2.1. Fizikalno zrenje vrhnja

Fizikalno zrenje vrhnja provodi se radi kristalizacije mliječne masti važne za fizikalna svojstva maslaca određena udjelom čvrstih i tekućih masti kao i oblikom i veličinom kristala. Riječ je o složenom i vrlo kompleksnom fizikalnom proces koji uključuje do sada 450 opisanih masnih kiselina koje su povezane u nekoliko tisuća različitih molekula triacilglicerola. Unutar tih molekula masne kiseline razlikuje se i prema točki taljenja koja može biti između - 40 do + 40 °C. Mliječna mast pokazuje i određen stupanj polimorfizma koji se očituje kroz nekoliko oblika kristala različite gustoće i strukture. Zbog toga, optimalni se temperaturno-vremenski uvjeti fizikalnog zrenja vrhnja određuje na osnovu kemijskih analiza poput utvrđivanja jodnog broja, udjela zasićenih i nezasićenih masnih kiselina ili sposobnosti topljivosti i solidifikacije (očvršćivanja) masnih kiselina. Fizikalnim zrenjem vrhnja, odnosno kristalizacijom mliječne masti smanjuje se volumen masnih globula kao posljedica smanjenja sile vezanja između membrane globule i vodene faze pa dolazi do njihova oštećenja. Uzročno-posljedično, masne globule postaju nestabilne, a tekuće masti mogu migrirati kroz membranu tijekom mehaničke obrade vrhnja u maslac. Fizikalno zrenje na temperaturama < 22 °C mora trajati najmanje četiri sata ali se radi potpune kristalizacije mliječne masti koja započinje odmah na početku hlađenja pasteuriziranog vrhnja, preporučuje od 12. do 18. sati. Glavnina kristalizacije mliječne masti događa se unutar prva dva sata hlađenja i praćena je oslobađanjem energije koja podiže temperaturu zrenja obično za 2 °C. Problem povećanja temperature rješava se početno nižom temperaturom ili hlađenjem vrhnja u tankovima gdje je konstantno miješanje osigurano. Tankovi za vrhnje obično su kapaciteta 5000 do 10.000 litara opremljeni sporim miješalicama i sustavom za konstantno hlađenje. Fizikalno je zrenje obavezan tehnološki postupak pripreme vrhnja neovisno da li se maslac proizvodi od slatkoga ili od kiselog vrhnja. Primjeri za moguću temperaturno-vremensku kombinaciju fizikalnog zrenja vrhnja u izradi maslaca od slatkog vrhnja su:

- toplo zrenje na temperaturi od 19 °C /8 sati
- hladno zrenje na temperaturi od 8 - 10 °C /8 sati
- hladno zrenje na temperaturi od 3 - 8 °C /18 sati
- hladno zrenje na temperaturi od 2 - 3 °C /18 sati.

3.2.2. Biokemijsko zrenje vrhnja

Biokemijsko zrenje tehnološki je postupak pripreme vrhnja koji se koristi jedino u proizvodnji maslaca od kiselog vrhnja, a provodi se istovremeno s fizikalnim zrenjem. Definiranjem temperaturno-vremenskih uvjeta fizikalnog zrenja vrhnja istovremeno se definiraju i uvjeti za njegovo biokemijsko zrenja važno za stvaranje poželjne koncentracije mliječne kiseline i aromatskih spojeva (prvenstveno diacetila i acetoina). Te su komponente u vrhnju posljedica aktivnosti bakterija mliječne kiseline sadržanih u mezofilnim mikrobnim kulturama. Najčešće, kulture sadrže različite sojeve *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* koji fermentiraju laktozu u mliječnu kiselinu te sojeve *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* koji fermentiraju citrata u acetoin i diacetil. U sastavu mikrobnih mezofilnih kultura mogu biti sadržani i različiti sojevi *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* koji se koriste zbog sposobnosti fermentacije citrata i redukcije acetaldehida u etanol čime se smanjuje pogreška okusa po jogurtu. Zrenja vrhnja na 20 °C traje između 12. i 20. sati ovisno o aktivnosti kulture i poželjnoj razini kiselosti. Konačni pH-kiselog vrhnja za proizvodnju maslaca varira između pH 5,0 - 5,3 za blago aromatičan maslac do pH 4,5 za aromatičan maslac. Niže vrijednosti pH-kiselog vrhnja preduvjet su i za bakterijsko stvaranje viših koncentracija aromatskih spojeva a primarno diacetila. Koncentracija diacetila u maslacu proizvedenom od kiselog vrhnja je od 0,5 do 2,0 mg/kg maslaca. Nakon završene kristalizacije mliječne masti i postignute poželjne pH-vrijednost, zrenje vrhnja prekida se hlađenjem na temperaturu ≤ 10° C.

Problem određivanja optimalnih temperaturno-vremenskih uvjeta zrenja je različit sastav *ljetnog* i *zimskog* vrhnja.

Ljetno vrhnje sadrži veći udjel nezasićenih masnih kiselina i veći udjel masnih kiselina duljeg ugljikova lanca što je posljedica uglavnom pašne životinje ili *zelene* hranidbe. Za čvršću konzistenciju maslaca, treba organizirati toplo-hladno-hladno zrenje *ljetnog* vrhnja. Moguća temperaturno-vremenska kombinacija zrenja *ljetnog* vrhnja može biti:

- toplo zrenje na temperaturi od 21 - 23 °C/2 -3 h; istovremena acidifikacija (pH-vrhnja 5,7 - 5,9) i indukcija kristalizacije triacilglicerola visoke točke taljenja
- hladno zrenje na temperaturi od 6 °C/3 h
- hladno zrenje na temperaturi od 13 - 14 °C/14 -18 sati (pH-vrhnja 4,8 - 5,3).

Suprotno, *zimsko* vrhnje sadrži veći udjel zasićenih masnih kiselina i veći udjel masnih kiselina kratkog ugljikova lanca kao posljedica u ishrani životinje korištenja pretežno suhe hrane (sijeno, koncentрати). Za mekšu konzistenciju maslaca *zimsko vrhnje* treba režim hladno-toplo-hladnog zrenja. Moguća temperaturno-vremenska kombinaciju zrenja *zimskog* vrhnja:

- hladno zrenje na temperaturi od 5 °C/3 h; u ovoj fazi treba očekivati povišenje temperature za 1,5 – 2 °C zbog oslobađanja energije kao posljedice kristalizacije triacilglicerola
- toplo zrenje na temperaturi od 18 - 25,5 °C/2 - 3 h; istovremena acidifikacija (pH-vrhnja 5,6- 5,2) i kristalizacija triacilglicerola koji sadrže masne kiseline kratkog ugljikova lanca i imaju nisku točku taljenja
- hladno zrenje na temperaturi od 8 – 12 °C/12 - 15 h; završna acidifikacija (pH-vrhnja 4,8 - 5,2) kristalizacija triacilglicerola se stabilizira i završava formiranje aromatskih spojeva.

Primjeri za moguću temperaturno-vremensku kombinaciju fizikalno-biokemijskog zrenja vrhnja neovisno da li je osnovna sirovina *ljetno* ili *zimsko* vrhnje:

- zrenje na temperaturi 8 °C/2 h, a nakon toga na temperaturi od 14 °C/16 h
- zrenje na temperaturi od 19 - 8 °C/4 h, a nakon toga na temperaturi od 8 °C/12 h
- zrenje na temperaturi od 19 – 15 - 8 °C/12 h pa na temperaturi od 15 °C/4 h i na kraju na temperaturi od 8 °C/10 h
- zrenje na temperaturi od 18 °C/18 h.

3.2.3. Butrifikacija

Tehnološka operacija butrifikacije uključuje dvije faze, bućkanje i izradu (gnjetenje) maslenih zrna. Ako je riječ o diskontinuiranom postupku, neposredno prije bućkanja pripremljenom i standardiziranom vrhnju (38 – 42 % mliječne masti) temperatura se podesi na 11 - 15 °C i pumpama se prebaci u bućkalicu (~ 1000 okretaja/min) koja se puni do ~ 45 % volumena. Postupak, ovisno o udjelu mliječne masti, traje između 35 i 45 minuta. U kontinuiranom postupku temperatura bućkanja vrhnja je približno 9 °C a brzina okretanja bućkalice je 2000 okretaja/min pa maslena zrna nastaju trenutno. Tijekom bućkanja zrelo vrhnje prelazi u maslac:

- aglomeracijom globula mliječne masti u veće nakupine
- izdvajanjem mlaćenice
- inverzijom faza gdje emulzija ulja u vodi (vrhnje) prelazi u emulziju vode u ulju (maslac).

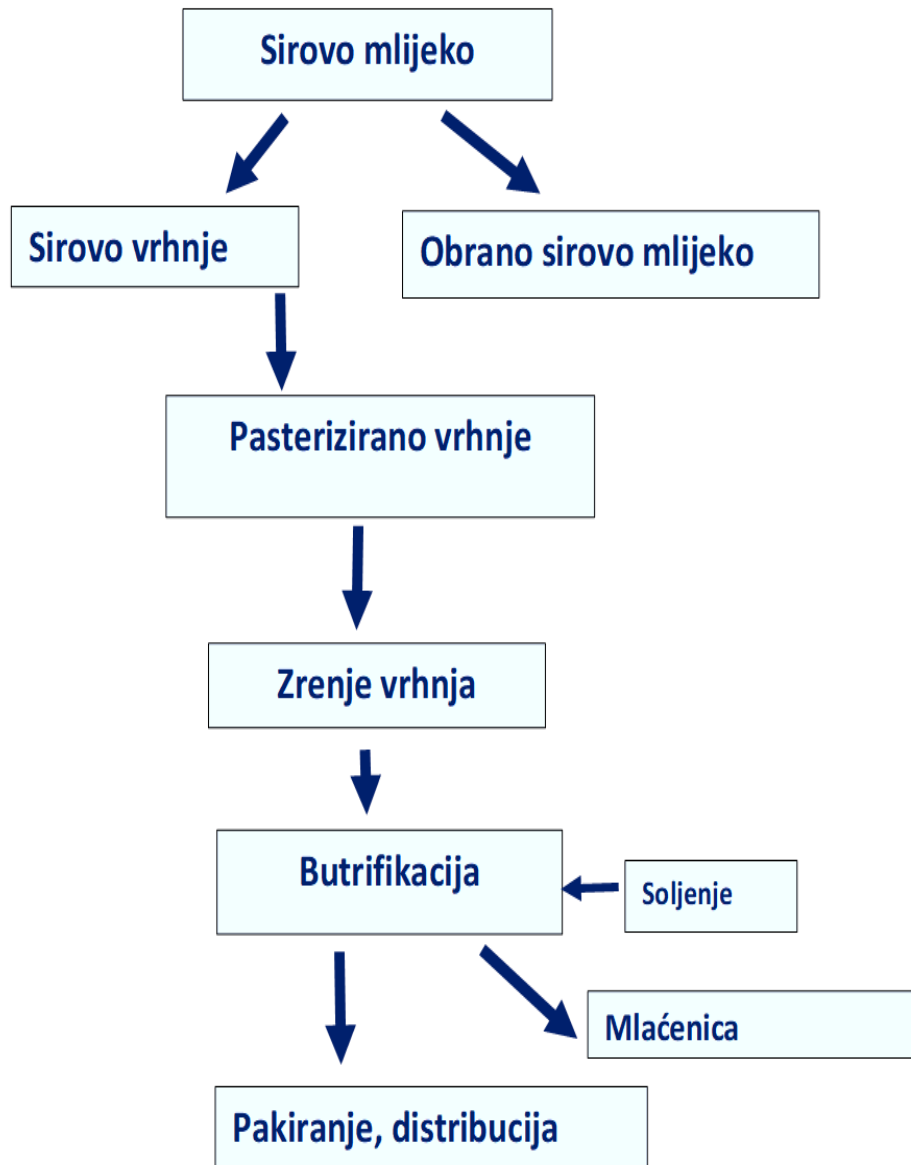
Snažnim mehaničkim miješanjem tijekom bućkanja mjehurići zraka se utiskuju u vrhnje i uzrokuju početnu destabilizaciju masnih globula. Istovremeno, proteini seruma stvore film oko mjehurića zraka pa se stvara nestabilna pjena koja se bućkanjem udvostručuje. Povećani volumen pjene mehanički oštećuje membrane masnih globula čija je posljedica smanjuje površinske napetosti pa proteini mogu prijeći u unutrašnjost mjehurića zraka.

Istovremeno penetriraju i kristali masti koji potpuno razore njihovu membranu. Posljedično, oslobađa se tekuća mast pa se globule mliječne masti sljepljuju, odnosno dolazi do faze aglomeracije. Aglomerirane čestice s mjehurićima zraka (protein u unutrašnjosti) čine relativno stabilnu mrežu (matriks) koja se daljnjim mehaničkim djelovanjem ponovo razara. Mjehurići zraka izlaze iz matriksa pa se formiraju zrnca (granule) maslaca veličine zrna kukuruza, a mlaćenica (serum) se mehanički izdvaja. U tom trenutku dolazi do inverzije faza gdje emulzija ulja u vodi (vrhnje) prelazi u emulziju vode u ulju (maslac). Slijedi faza pranja maslenih zrna hladnom vodom i laganim okretanjem bučkalice. Pranjem se odstranjuju ostaci mlaćenice koje se još uvijek drže za maslena zrna. Svrha je pranja maslenih zrna i smanjenje količine suhe tvari kao i smanjenje rizika od mikrobne kontaminacije uzročnicima kvarenja. Ipak, treba naglasiti da se pranjem odstranjuje i dio aromatskih sastojaka a to može imati negativan utjecaj na kvalitetu maslaca. Nakon bućkanja i pranja slijedi faza izrade ili gnjetenja čija je svrha:

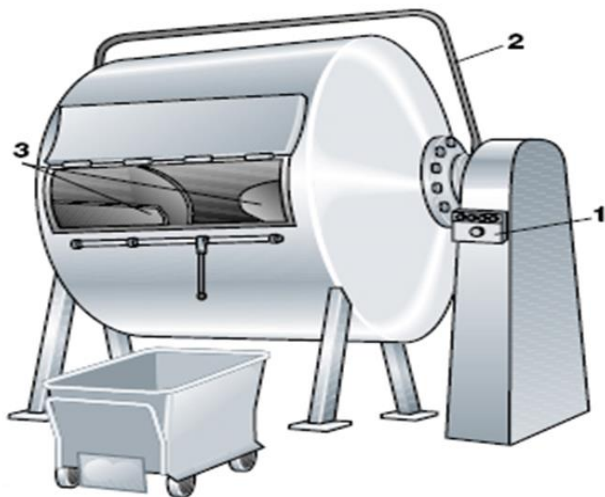
- povezivanje slabo povezanih maslenih zrna u homogenu masu
- disperzija seruma ili vode u masu maslaca u obliku finih kapljica promjera od 7 - 11 μm čime se smanjuje i mikrobiološki rizik za kvarenje maslaca
- standardizacija udjela masti i vode u maslacu
- eventualnog dodatka aromatskih komponenti, vode, soli, biljaka ili drugih dodataka.

Brzina gnjetenja maslenih zrna provodi se dvostrukom spiralnom miješalicom brzinom od 35 - 40 okretaja/min, a postupak traje toliko dugo koliko je potrebno da se postigne poželjan postotak vode u maslacu. Odnosno, preostala se voda u obliku finih kapljica (7 - 11 μm) izradom dispergira u masu maslaca tako da finalni proizvod sadrži propisanih 16 % vode. Pripremljena masa maslaca potom prolazi kroz vakuum sustav u kojem se odvaja zrak radi sprečavanja kemijske oksidacije maslaca. Slijedi pakiranje i hladna pohrana maslaca (4 – 6 °C) do potrošnje.

Uz pretpostavku da je mlijeko (vrhnje) visoke mikrobiološke kvalitete i slobodno od bakterijskih termorezistentnih lipaza, a tehnoloških postupak proizvodnje ispravan, maslac se na dulje vrijeme (do 2 godine) može pohraniti i na temperaturu od ~ 20 °C. Temeljni postupci u proizvodnji maslaca prikazani su na slici 3.3 Bučkalica za maslac koja se koristi u mljekarama manjeg kapaciteta prerade prikazana je na slici 3.4., a zatvorena linija za kontinuiranu proizvodnju maslaca na slici 3.5.

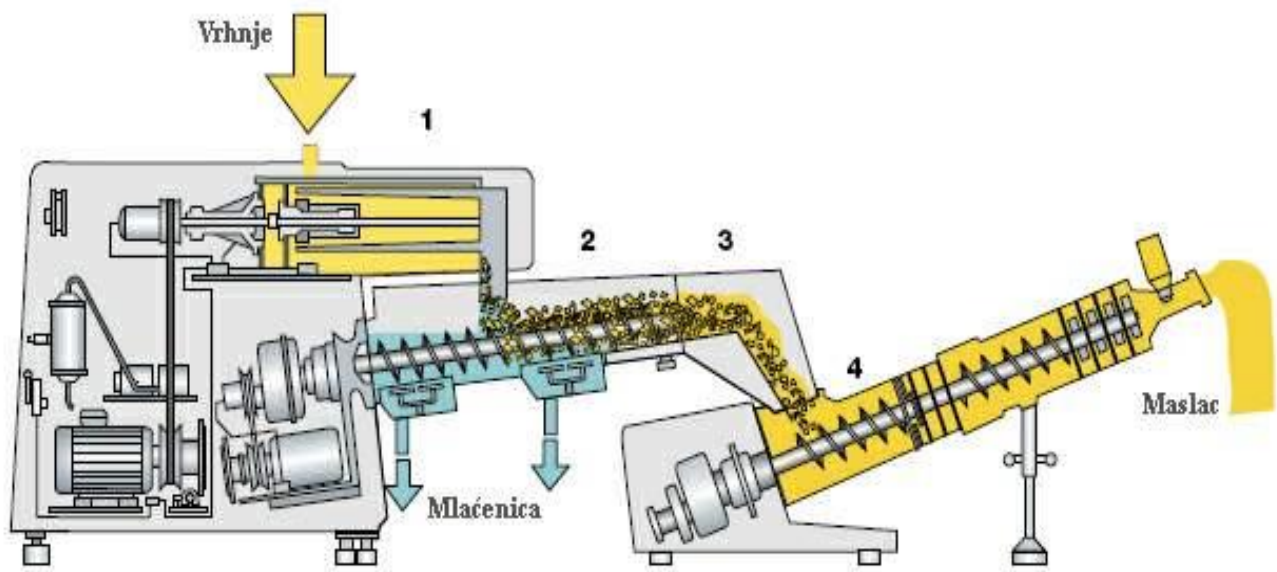


Slika 3.3. Shematski prikaz tehnologije proizvodnje maslaca.



Slika 3.4. Bučkalica u diskontinuiranom postupku proizvodnje maslaca.

Detalji: 1 kontrolna ploča, 2 sigurnosni zatvarač, 3 miješalice. (Izvor: Tetra Pak, 1995.)



Slika 3.5. Zatvorena linija za kontinuiranu proizvodnju maslaca.

Detalji: 1 cilindar bučkalice, 2 sekcija separacije, 3 sekcija za gnjetenje i sušenje, 4. sekcija završne izrade. (Izvor: Tetra Pak, 1995.)

Literatura:

Bylund, G. (1995.): Dairy processing Handbook. Tetra Pak Dairy Processing Systems AB S-221 86 Lund, Sweden

Robinson, R.K. (2002.): Microbiology of cream and butter. U knjizi Dairy Microbiology Handbook, Wiley Interscience, New York, 123 – 170.

Spreer, E. (1998): Market Milk, Milk Drinks and Cream Products. U knjizi Milk and Dairy Products Technology, Marcel Dekker, Inc., New York, 155 - 198.

Spreer, E. (1998): Butter Manufacture. U knjizi Milk and Dairy Products Technology, Marcel Dekker, Inc., New York, 203 – 241.

Tamime, A.Y. (2006.): Types of Fermented Milks. U knjizi Fermented milks, Blackwell Science Ltd. Oxford, 1 - 8.

Tamime, A.Y. (2006.): Manufacture of Yogurt. U knjizi Fermented milks, Blackwell Science Ltd. Oxford, 53 – 71.

Tamime, A.Y., Robinson R.K. (2007): Background to manufacturing practice. U knjizi Yogurt Science and Technology, ur. Tamime, A.Y. i Robinson, R.K., CRC Press, Cambridge England, 13 – 123.

Tratnik, Lj. (1998.): Fermentirani mliječni napici. U knjizi Mlijeko-tehnologija biokemija i mikrobiologija, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 129 – 181.

Varnam, A.H., Sutherland, J.P. (1996.): Cream and cream-based products. U knjizi Milk and milk Products Technology, Chemistry and Microbiology, Chapman and Hall, London, Marcel Dekker, Inc., New York, 183 - 216.

Varnam, A.H., Sutherland, J.P. (1996.): Butter, margarine and spreads. U knjizi Milk and milk Products Technology, Chemistry and Microbiology, Chapman and Hall, London, Marcel Dekker, Inc., New York, 224 - 268.