

UNIVERZITET DONJA GORICA

Prehrambena tehnologija, bezbjednost hrane i ekologija

B.Sc., II godina

**POZNAVANJE I KONTROLA SIROVINA
ANIMALNOG PORIJEKLA**

Dio: Mlijeko

Predavanja

Prof. dr Zlatan Sarić

**POLJOPRIVREDNO-PREHRAMBENI FAKULTET
UNIVERZITET U SARAJEVU**

Sarajevo, april 2018.

Istorijat razvoja mljekarstva

Ovce i koze su domesticirane rano, tokom "Poljoprivredne revolucije", prije 8.000-10.000 godina. Goveče je pripitomljeno tek kasnije, ali je postalo glavna mliječna vrsta u područjima najintenzivnije proizvodnje mlijeka iako su ovce i koze ostale značajna vrsta u suvim područjima, posebno oko Mediterana. Bivo, kao proizvođač mlijeka, je značajan u nekim regionima, posebno u Indiji i Egiptu. Kobilje mlijeko se intenzivno koristi u centralnoj Aziji i postaje značajnije u Evropi zbog nekih hranjivih svojstava, pošto je sastav sličan humanom mlijeku.

Mlijeko i neki mliječni proizvodi se konzumiraju u vjerovatno svim regionima svijeta ali su oni osnovna hrana u zemljama Evrope, Sjeverne i Južne Amerike, Australije, Novog Zelanda i u nekim zemljama srednjeg Istoka. Ukupna proizvodnja mlijeka u 1996. godini se procjenjuje na 527×10^6 tona (527.000.000 tona) od čega na zapadnu Evropu otpada 130.000.000, na istočnu Evropu 103.000.000, Sjevernu Ameriku 78.000.000 i region Pacifika 26.000.000.

Pošto je mlijeko pokvarljiva roba, a njegova proizvodnja je tradicionalno sezonska, višak mlijeka je zahtijevao da se ono preradi u stabilnije proizvode npr. maslac, fermentirana mlijeka i sir, a manje količine mlijeka su se sušile na suncu. Ovi tradicionalni proizvodi su još uvijek važni, a uvedene su mnoge nove varijante. Pored toga, u posljednjih 130 godina, razvijeno je nekoliko novih proizvoda – zaslađeno kondenzovano mlijeko, sterilisano kondenzovano mlijeko, niz vrsta mlijeka u prahu, UHT sterilisano mlijeko, sladoledi, dječija hrana i proizvodi na bazi proteina mlijeka.

Jedno od važnih dostignuća posljednjih godina u mljekarstvu je frakcionisanje mlijeka u glavne sastojke. Tu spadaju laktoza, frakcije mliječne masti i proizvodi na bazi proteina mlijeka (kazeini, kazeinati, koncentracije proteina surutke, izolati proteina surutke, uglavnom za upotrebu kao funkcionalni proteini, a odnedavno kao proteini sa posebnom fiziološkom/ nutritivnom funkcijom, npr. laktotransferin, imunoglobulini).

Kao sirovi materijal, mlijeko ima niz posebnih odlika:

1. Mlijeko je idealna hrana i zato sadrži sve neophodne sastojke, ispravno balansirane i bez toksina, u formi povoljnoj za probavu. Nijedna druga hrana nema ta svojstva.
2. Glavni sastoci mlijeka se mogu lako razdvojiti i prečistiti jednostavnim metodama.
3. Mlijeko se lako prerađuje u visoko-kvalitetne proizvode.

4. Savremene rase krava su efikasni prerađivači biljnog materijala. U pogledu broja kg proteina koji mogu biti proizvedeni po Ha, proizvodnja mlijeka, posebno kod savremenih rasa krava, je efektivnija nego proizvodnja mesa, ali manje od nekih biljaka (žitarice, soja).
5. Ozbiljno ograničenje u proizvodnji mlijeka je njegova pokvarljivost, međutim ovo se lako prevazilazi danas dobro organizovanom i efikasnom mljekarskom industrijom.

Pojam i definicija mlijeka

Pod mlijekom u širem smislu riječi podrazumijeva se tečnost bijele boje, specifičnog ukusa i mirisa koju izlučuje mliječna žlijezda izvjesno vrijeme poslije telenja ženki sisara i koja služi za ishranu mladunaca. Mlijeko je biološka tečnost složenog sastava i sačinjavaju ga: voda, masti, proteini, ugljeni hidrati, mineralne materije, vitamini i fermenti. Mlijeko ima specifičan sastav i razlikuje se od svih drugih tečnosti životinjskog ili biljnog porijekla. Mlijeko različitih vrsta sadrži iste komponente ali međusobni odnosi sastojaka mogu biti jako različiti.

Pod mlijekom u užem smislu riječi podrazumijeva se nepromijenjen sekret mliječne žlijezde, dobiven neprekidnom i potpunom mužom zdravih, normalno hranjenih i redovno muženih krava najmanje 15 dana prije i 8 dana poslije teljenja, kome nije ništa dodato i ništa oduzeto.

Kao što se iz prethodne definicije vidi, pod mlijekom u užem smislu riječi u našim uslovima podrazumijeva se kravlje mlijeko. Ovo dolazi otuda što se ono proizvodi u najvećim količinama i što ima najveći značaj za mljekarsku industriju. Ovo gledište je prihvaćeno i kod nas, što se odrazilo i na "Pravilnik o kvalitetu mlijeka, mliječnih proizvoda, sirila i čistih kultura" po kome se samo kravlje mlijeko može stavljati u promet pod nazivom mlijeko. Za mlijeko drugih vrsta, koje se koristi u ishrani ljudi, mora se naznačiti vrsta od koje potiče, npr. ovčije, kozije, bivoličino mlijeko itd.

Nepromijenjen sekret podrazumijeva da mlijeko mora biti stavljeno u promet onakvo kakvo je dobiveno za vrijeme muže tj. da ne smije biti promijenjeno poslije dobivanja pod uticajem mikroorganizama ili pod uticajem faktora vanjske sredine, što može da ima za posljedicu povećanu kiselost, djelimičnu razgradnju proteina (slatko grušanje), promjenu okusa, mirisa, boje itd.

Da je mlijeko sekret mliječne žlijezde, podrazumijeva se samo po sebi, ali je to neophodno naglasiti, jer se na tržištu nalazi niz proizvoda u čijim se nazivima koristi riječ mlijeko, a koji nisu proizvod mliječne žlijezde. To mogu biti mlijeka biljnog porijekla npr. sojino mlijeko, a neka čak nisu prehrambeni proizvodi npr. razna kozmetička mlijeka.

Pod neprekidnom mužom podrazumijeva se da se mlijeko od početka do kraja muže miješa i takvo stavlja u promet. Ovaj termin se nalazi u definiciji zbog toga što, pored potpune muže, može da se izvodi i prekinuta muža, čiji je cilj falsifikovanje mlijeka. Naime, mlijeko ima različit sastav u toku muže. Prvi mlazevi mlijeka su najsiromašniji u masti dok nje ima najviše u mlijeku pri kraju muže. Razlike su velike, jer prvi mlazevi mlijeka često sadrže i manje od 1% masti, dok zadnji mlazevi mogu sadržavati i preko 10%. Zato proizvođači mogu vršiti prekinutu mužu pri čemu prvi dio pomuženog mlijeka stavljaju u promet, dok

drugi dio, koji je mnogo bogatiji u masti zadržavaju za potrebe u domaćinstvu. Ovaj oblik falsifikovanja mlijeka je veoma uspješan, jer je prirodan, u slučajevima kada se mlijeko otkupljuje samo na osnovu količine.

Pod potpunom mužom podrazumijevamo izmuzanje mlijeka iz vimena u najvećoj mogućoj mjeri tj. do posljednje kapi. Ima više razloga za to. Jedan od njih je da potpunom mužom možemo popraviti i povećati sadržaj masti u mlijeku, jer zadnji mlazevi mlijeka imaju najveći procenat masti. Pri tome se mora znati da ni potpunom mužom ne možemo potpuno odstraniti mlijeko iz vimena. Uvijek ostane određena količina, koju nazivamo rezidualno mlijeko, a koja se kreće od 10 do 30% od ukupne količine namuženog mlijeka.

Pod redovnom mužom podrazumijeva se da se muža obavlja uvijek u isto vrijeme i po određenom redu. Životinje se ponašaju po nekom svom satu i pripreme se za mužu, što omogućava bolju stimulaciju i potpuniju mužu. Ako se muže preskaču to može dovesti do znatnog i trajnog oštećenja mliječne žlijezde, do oboljenja što je praćeno znatnim smanjenjem izlučenog mlijeka izmijenjenog sastava i nenormalnih tehnoloških svojstava.

U definiciji je predviđeno da mlijeko mora poticati od zdravih krava. Razne bolesti, a posebno mastitis dovode do smanjenja količine mlijeka, a isto tako i do promjena u sastavu i tehnološkim svojstvima, što ga čini nepodesnim za obradu i preradu. Pored toga, mlijekom se mogu prenijeti na potrošače i neke bolesti, ako se troši u svježem stanju.

Količina i kvalitet hrane utiču na količinu, sastav i osobine mlijeka, te je definicijom predviđeno da mlijeko mora poticati od pravilno hranjenih krava. Najzad, to je važno i s aspekta proizvodne sposobnosti i zdravlja životinje.

Mlijeko se ne smije stavljati u promet ako je dobiveno u periodu 15 dana prije i 8 dana nakon teljenja. Naime, sekret koji mliječna žlijezda luči u tom periodu ne smatra se mlijekom u užem smislu, jer su jako izmijenjeni i sastav i tehnološka svojstva mlijeka, što dovodi do teškoća u toku obrade i prerade i ima za posljedicu mliječne proizvode lošeg kvaliteta. Naročito je za preradu nepodesan kolostrum, a velika je šteta ako ga mladunče ne dobije u prvim danima života.

U definiciji je predviđeno da se mlijeku ne smije ništa dodati niti oduzeti. Ovo je naglašeno iz tog razloga da bi se spriječilo falsifikovanje mlijeka. Pod dodavanjem se podrazumijeva uglavnom dodavanje vode kako bi se povećala ukupna količina predatog mlijeka ili pak dodavanje nekih materija koje sprečavaju rast kiselosti. Pod oduzimanjem, najčešće se misli na oduzimanje mliječne masti. Mora se naglasiti da ovo važi za proizvođače mlijeka, a ne za mljekare koje shodno "Pravilniku o kvalitetu mlijeka, proizvoda od mlijeka, sirila i čistih kultura", moraju mlijeko standardizovati, što je obično vezano za uklanjanje dijela masti sa mlijeka.

Hemija mlijeka

Glavni sastojci mlijeka su voda, mast, proteini, laktoza (mliječni šećer) i minerali (soli). Mlijeko takođe u malim količinama sadrži i ostale materije kao pigmente, enzime, vitamine i gasove.

Svi sastojci, osim vode i gasova se nazivaju suha materija (SM) mlijeka.

Fizičko-hemijsko stanje mlijeka

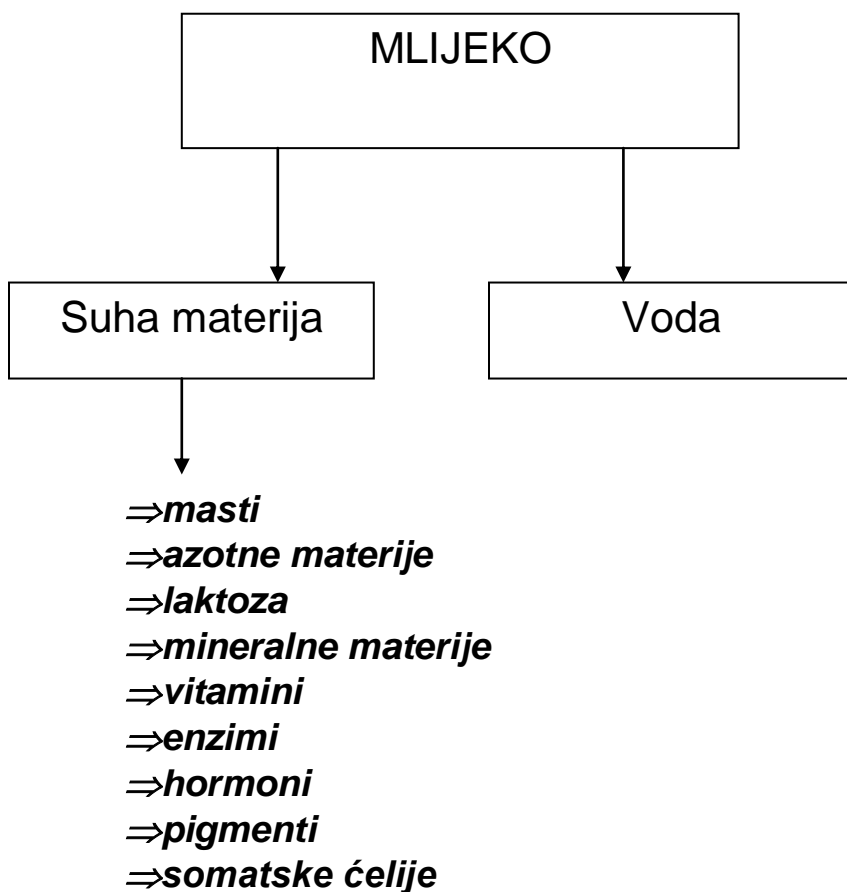
| Prosječan sastav (%) | | Emulzija Tip ulje/voda | Koloidalni rastvor/suspenzija | Pravi rastvor |
|----------------------|------|---------------------------|----------------------------------|---------------|
| Voda | 87,0 | | | |
| Mast | 4,0 | x | | |
| Proteini | 3,5 | | x | |
| Laktoza | 4,8 | | | x |
| Pepeo | 0,8 | | | x |

Relativna veličina sastojaka mlijeka

| Veličina (mm) | tip čestice |
|------------------------|---|
| 10^{-2} do 10^{-3} | masne kuglice |
| 10^{-4} do 10^{-5} | Ca-kazein fosfat |
| 10^{-5} do 10^{-6} | proteini surutke |
| 10^{-6} do 10^{-7} | laktoza, soli i druge susptance u pravom rastvoru |

Hemijski sastav kravljeg mlijeka

Pojednostavljeno, mlijeko se može smatrati emulzijom masti u vodi, koloidnim i pravim rastvorom. Do 1850. godine se smatralo da se mlijeko sastoji od masti, šećera, proteina, mineralnih materija i vode. Do danas se pronašlo još novih komponenata, postoji i tendencija otkrivanja novih, još neutvrđenih komponenti. Osnovni sastav mlijeka prikazan je u slijedećoj shemi:



U mlijeku se mogu naći i materije koje nisu prirodni sastojci i u mlijeko dospjevaju ili iz tijela životinje u toku stvaranja mlijeka ili iz vanjske sredine u toku muže i kasnije. To mogu biti:

- ♣ Gruba nečistoća : prašina, insekti, komadići stočne hrane i prostirke
- ♣ Lijekovi : antibiotici i drugi lijekovi
- ♣ Pesticidi
- ♣ Teški metali

Količina sastojaka mlijeka varira ovisno od djelovanja čitavog niza faktora o kojima će biti riječi kasnije. Zbog toga je prikazivanje sastava mlijeka mnogo ispravnije na slijedeći način:

| SASTOJAK | KOLIČINA (%) |
|-----------------|---------------------|
| Suha materija | 11-14 |
| Mast | 3,2-5,5 |
| Proteini | 2,6-4,2 |
| Mliječni šećer | 4,6-4,9 |
| Pepeo | 0,6-0,8 |

Voda

Najveći dio mlijeka sačinjava voda čija se količina kreće najčešće u granicama od 86-89%. Ovako velika količina vode je sasvim razumljiva ako se ima na umu osnovna namjena mlijeka. Prije svega, organizam mladunčeta sadrži oko $\frac{3}{4}$ vode, pa stoga i hrana mora imati veliki procenat vode. Voda učestvuje u biohemijskim procesima počevši od varenja, preko prometa materija u organizmu, lučenja, disanja, transpiracije itd. Treba imati u vidu da su biohemijski procesi u organizmu veoma intenzivni, što zahtijeva i veću količinu vode.

Voda je osnovni dispergent za ostale sastojke mlijeka. Iz ovoga ne bi trebalo shvatiti da su svi sastojci mlijeka rastvorljivi u vodi. Neki sastojci nisu uopšte rastvorljivi npr. masti, dok su drugi rastvorljivi samo u rastvoru soli. Voda ima veliki značaj za stabilnost sistema mlijeka, ali se mora istaći da sa aspekta industrije velika količina vode predstavlja balast (transport, proizvodnja zgusnutog mlijeka, mlijeka u prahu, sireva i sl.). Vezano za preradu mlijeka, javljaju se i problemi sa velikom količinom otpadnih voda koje se u cilju očuvanja okoline moraju prečišćavati.

Vezana voda – Kada se govori o vodi u mlijeku, njenoj ulozi, djelovanju i ponašanju u pojedinim tehnologijama misli se uglavnom na slobodnu vodu. Procenat vode koji se obično navodi u tabelama predstavlja sadržaj ukupne vode, a ona se sastoji od:

- **slobodne vode i**
- **vezane vode.**

Najveći dio vode u mlijeku predstavlja slobodna voda i ona čini 96-98% od ukupne vode. Na vezanu vodu otpada samo 2-4% od ukupne vode, a prema najnovijim istraživanjima količina ove vode je znatno veća. Materije u mlijeku koje vezuju vodu su proteini i fosfolipidi. Sposobnost ovih supstanci da vezuju vodu objašnjava se prisustvom hidrofилnih grupa kao što su amino, amidne, karboksilne, hidroksilne i guanidilne grupe. To znači da se vezana voda obrazuje kao sloj na površini električno nabijenih čestica što je posljedica polarnosti molekula vode.

Vezana voda je u mlijeku raspoređena na slijedeći način:

| | % |
|---------------------------------|---------------|
| Kazein | <i>Oko 50</i> |
| Albumin i globulin | 30 |
| Adsorpcioni sloj masnih kuglica | 15 |
| Ostali sastojci suhe materije | 4 |

Kao što se vidi, na kazein otpada približno polovina vezane vode u mlijeku. Najviše otpada na kazein, ne zato što je najviše hidratisan, nego zato što ga ima znatno više od ostalih proteina mlijeka. Oko 30% hidratacione vode vezano je za albumin i globulin. Na ove proteine otpada samo 15-20% ukupnih proteina, što znači da su one mnogo jače hidratizirane od kazeina.

Laktoza

Laktoza je šećer koji je pronađen samo u mlijeku; pripada grupi organskih jedinjenja ugljeni hidrati. Ugljeni hidrati su najvažniji izvor energije u našoj ishrani.

Kravlje mlijeko sadrži oko 4,8% laktoze u prosjeku, sa najčešćim varijacijama od 4,4 – 4,9%. Laktoza predstavlja oko 36,9% suhe materije mlijeka. Od svih sastojaka mlijeka laktoza podliježe relativno najmanjem kolebanju u toku laktacionog perioda. Kod upalnih procesa na vimenu (mastitis), količina laktoze se znatno smanjuje i može biti manja od 2%.

Značaj laktoze

- Utiče na fizičke osobine mlijeka
- Proizvodnja fermentisanih mliječnih proizvoda
- Utiče u znatnijoj mjeri na boju, okus, rastvorljivost i teksturu nekih mliječnih konzervi.

Historijat

Smatra se da je laktoza prisutna u mlijeku većine sisara. Godine 1633. prvi ju je izdvojio F. Bartelletus iz surutke misleći da je to najznačajnija so mlijeka. Međutim, godine 1780. Schele utvrđuje da je to, po hemijskom sastavu ugljeni hidrat kojeg naziva "laktoza".

Osobine laktoze

Laktoza je disaharid ($C_{12}H_{22}O_{11}$) sastavljen od jednog molekula $\alpha(\beta)$ -D-glukoze i jednog molekula β -D-galaktoze.

Laktoza se u mlijeku nalazi u dva strukturno izomerna oblika koji se nazivaju α i β laktoza, koji se razlikuju po položaju H i OH skupine na prvom C atomu glukozidnog dijela laktoze.

Hemijske reakcije laktoze

Prilikom kuhanja i sterilizacije mlijeka

- reakcija neenzimatskog posmeđivanja, tip Maillard-ove reakcije, javlja se žućkasta ili slabo mrka boja.
- međutim, izvjestan dio mrke boje u mlijeku može doći od jedinjenja koja nastaju uticajem visokih temperatura zagrijavanja. Jedno od njih je "melanoidni pigment" odgovoran za smeđenje mlijeka, a hidrosimetilfurfural (HMF) je odgovoran za opor okus.
- pretvaranje laktoze u laktulozu.
- laktoza počinje karamelizirati zagrijavanjem na 150-165°C.

Druge hemijske reakcije

- Hidrolizom laktoze pod uticajem enzima β -galaktozidaze nastaju glukoza i galaktoza
- U prisutnosti oksidoredukujućih agenasa laktoza može oksidirati uz nastajanje laktobionske kiseline.

Značaj laktoze u ishrani

Kao i drugi ugljeni hidrati i laktoza služi kao izvor energije u organizmu. Kroz želudac, laktoza prolazi skoro nepromijenjena. U njemu laktoza i produkti razlaganja – glukoza i galaktoza idu dalje od drugih šećera, zbog toga što se laktoza sporije resorbuje i zbog toga što teže podliježe hidrolizi pod dejstvom mikroorganizama nego drugi šećeri. Zbog toga, jedan dio laktoze, glukoze i galaktoze dopijeva u ileum (tanko crijevo), gdje ih koriste mikroorganizmi koji stvaraju mliječnu i neke druge kiseline, koje snižavaju pH u crijevima čime smanjuju aktivnost štetne mikroflore i time suzbijaju gastrointestinalne poremećaje. Čak šta više, laktoza stimulise razvoj bakterija koje stvaraju kiselinu. Utvrđeno je da laktoza poboljšava iskorištavanje kalcija iz hrane ali mehanizam tog djelovanja još nije objašnjen. Zbog svoje probavljivosti (99,7%), pogodna je za dijabetičare, povećava energetska vrijednost hrane ali osobe sa nedostatkom enzima laktaze (β -galaktozidaze) teško je podnose pa potrošnja mlijeka kod njih izaziva diareju.

Sinteza laktoze

Dugo vremena se nije znalo na koji način dolazi do sinteze laktoze u ćelijama mliječne žlijezde. Kao sirovina se koristi D-glukoza iz krvi. Iz D-glukoze nastaje i D-galaktoza koja zatim u mliječnoj žlijezdi prelazi u laktozu.

Fermentacija laktoze

Zavisno od mikroorganizma i uslova pod kojima se mlijeko nalazi (naročito temperature i vremena djelovanja) nekoliko je tipova fermentacija:

- mliječno-kisela fermentacija (bakterije mliječne kiseline)
- propionsko-kisela fermentacija (bakterije propionske kiseline)
- maslačno-kisela fermentacija (bakterije maslačne kiseline)
- alkoholna fermentacija (kvasci)
- koliformno-plinovita fermentacija / koliforme – netipične bakterije (*E. coli* i *Enterobacter aerogenes*)

Tako se laktoza u mlijeku aktivnošću mikroorganizama koji je previru, dobivajući energetski i hranjivi materijal za svoj metabolizam, može razgraditi, preko brojnih međuproizvoda, do mliječne i drugih kiseline, te alkohola i gasova (CO₂ i H₂). Fermentativna osobina laktoze je iskorištena u proizvodnji fermentiranih mliječnih napitaka i mnogih sireva upotrebom odabranih starter kultura mikroorganizama.

Metode za određivanje sadržaja laktoze

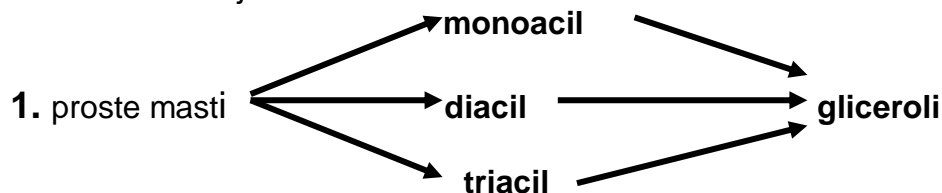
- polarimetrijski (zahvaljujući optičkim osobinama)
- oksido-redukcionom titracijom (metoda sa hloramin-T)
- kolorimetrijski (pri kuhanju laktoza reaguje sa fenolom dajući bojeno jedinjenje)
- hromatografski (HPLC)
- enzimatski (hidroliza+spektrofotometrijski)

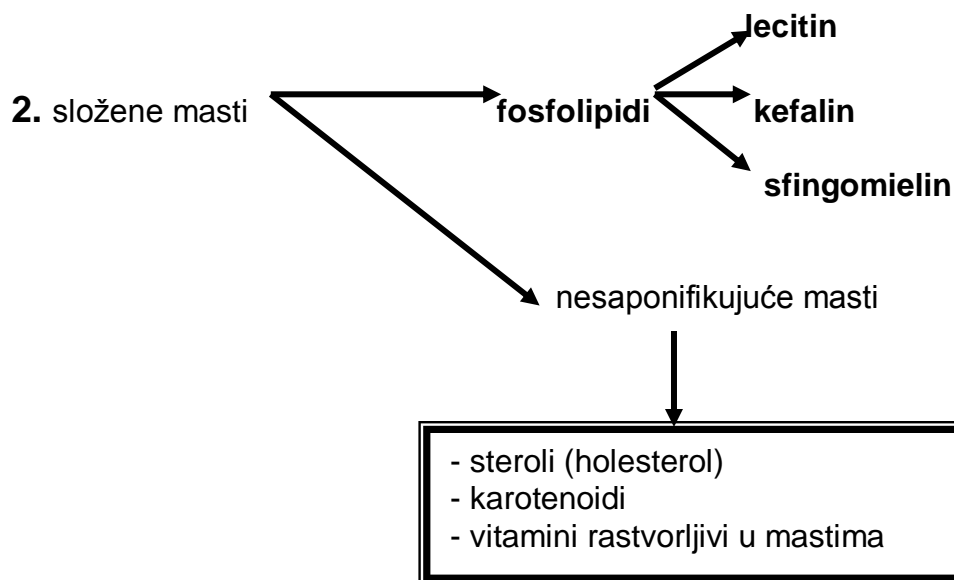
Mliječna mast

Mliječna mast je vrijedan sastojak mlijeka. Polovina energetske vrijednosti otpada na mast. Biološka vrijednost mliječne masti je veća nego kod drugih masti. Kod nekih mliječnih proizvoda (pavlaka, maslac, kajmak) mast je najvažniji sastojak, dok kod drugih proizvoda bitno utiče na njihov kvalitet, jer poboljšava okus i konzistenciju. Sadržaj masti u mlijeku varira u zavisnosti od rase, u okviru rase čak kod iste životinje u toku dana (jutarnja i večernja muža), u toku laktacije pod uticajem faktora koji utiču na sastav i osobine mlijeka.

Hemijski sastav mliječne masti

Mliječna mast se sastoji od:





Proste masti, zajedno sa fosfolipidima, spadaju u saponifikujuće lipide, jer pri grijanju sa bazama dolazi do njihove hidrolize pri čemu se stvaraju sapuni. Ostali lipidi spadaju u nesaponifikujuće lipide. Proste masti su esteri trihidroksilnog alkohola glicerina sa masnim kiselinama. Najveći dio ovih lipida je u obliku triglicerida (acilglicerola). Monoacil- i diacilgliceroli (mono- i digliceridi) se nalaze u manjoj količini. Pored toga, tu se nalaze i vitamini topljivi u mastima, uglavnom A, D i E, tragovi vitamina K, kao i sastojci arome (aldehidi, ketoni, laktoni), te karotenoidni pigmenti (utiču na zlatnožutu boju mliječne masti).

Prosječan sastav lipida mlijeka

| Lipidi | Ukupna masa (%) |
|-------------------------|------------------|
| Triacilgliceroli | 97-98 |
| Diacilgliceroli | 0,3-0,6 |
| Monoacilgliceroli | 0,02-0,04 |
| Slobodne masne kiseline | 0,1-0,4 |
| Slobodni steroli | 0,2-0,4 |
| Esteri sterola | Tragovi |
| Fosfolipidi | 0,2-1,0 |
| Ugljikovodici | tragovi |

U sastav mliječne masti ulazi veliki broj masnih kiselina. Mliječna mast, posebno kod preživara sadrži širok raspon masnih kiselina: preko 400 je otkriveno u kravljem mlijeku (u humanom 184). Međutim, ogromna većina njih se nalazi samo u tragovima. Glavninu predstavlja 12 masnih kiselina:

| Masna kiselina | % od ukupne količine | Tačka topljenja (°C) | Broj atoma | | | Sobna temperatura |
|-------------------|----------------------|----------------------|------------|----|---|-------------------|
| | | | H | C | O | |
| Zasićene | | | | | | |
| Maslačna | 3,0-4,5 | - 7,9 | 8 | 4 | 2 | Tekuće |
| Kapronska | 1,3-2,2 | - 1,5 | 12 | 6 | 2 | |
| Kaprilna | 0,8-2,5 | +16,5 | 16 | 8 | 2 | |
| Kaprilna | 1,8-3,8 | +31,4 | 20 | 10 | 2 | Krute |
| Laurinska | 2,0-5,0 | +43,6 | 24 | 12 | 2 | |
| Miristinska | 7,0-11,0 | +53,8 | 28 | 14 | 2 | |
| Palmitinska | 25,0-29,0 | +62,6 | 32 | 16 | 2 | |
| Stearinska | 3,0-7,0 | +69,3 | 36 | 18 | 2 | |
| Nezasićene | | | | | | |
| Oleinska | 30,0-40,0 | +14,0 | 34 | 18 | 2 | Tekuće |
| Linolna | 2,0-3,0 | -5,0 | 32 | 18 | 2 | |
| Linoleinska | Do 1,0 | -5,0 | 30 | 18 | 2 | |
| Arahidonska | Do 1,0 | -49,5 | 32 | 20 | 2 | |

Niže masne kiseline – Mliječnu mast karakteriše visok sadržaj nižih masnih kiselina. Količina se kreće od 6-10% od ukupnih masnih kiselina. Niti jedna druga mast ne sadrži ovako veliku količinu. Kod ostalih je, sa izuzetkom kokosove masti, ispod 1%.

Više masne kiseline – Kao i niže, i više masne kiseline se mogu podijeliti na zasićene i nezasićene. Više masne kiseline sa parnim brojem C atoma predstavljaju većinu od 99%, međutim prisutne su i one sa neparnim brojem C atoma.

Ostale masti mlijeka

Fosfolipidi – u mlijeku je određeno prisustvo tri fosfolipida i to: lecitin, kefalin i sfingomielin. Ukupna količina fosfolipida u mlijeku iznosi 0,0337% ili oko 0,87% od ukupnih masti. Procentualno učešće lecitina, kefalina i sfingomielina je, prema nekim autorima 40 : 36 : 24 u ukupnim fosfolipidima, dok je prema drugim autorima učešće lecitina znatno veće (oko 65%).

Lecitin – Lecitin se sastoji iz glicerina, dvije masne kiseline, fosforne kiseline i holina. Lecitin je površinski aktivna supstanca i zato ima sposobnost da se koncentriše na graničnoj površini između dvije faze. Zbog tog svojstva nalazi se na površini masne kuglice i time doprinosi obrazovanju relativno stabilne emulzije mliječne masti.

Kefalin – Sastoji se od istih komponenti, kao i lecitin, samo umjesto holina ima vezan holamin. To je mrvičasta supstanca koja se lako rastire u prah. Ima osobine slične lecitinu. Lako se oksidiše, sposoban je da veže ione metala,

površinski je aktivan, pa se nalazi kao i lecitin, u površinskom sloju masne kuglice.

Sfingomielin – Ne sadrži glicerin ali usprkos tome spada u masti. Zbog sadržaja fosforne kiseline i holina, sličan je lecitinu.

Nesaponifikujuće masti

U ovu grupu spadaju holesterol i slični steroli, vitamini rastvorljivi u mastima, provitamin (karotin) i neke druge materije. Njihova ukupna količina je relativno mala i iznosi 0,3 – 0,45% od ukupne količine mliječne masti.

Holesterol – Po količini je naznačajniji u svojoj grupi, jer ga ima oko 0,3% od ukupne količine mliječne masti. Nerastvorljiv je u vodi ali je rastvorljiv u većini organskih rastvarača. U mlijeku se holesterol nalazi dijelom rastvoren u mastima, dijelom u površinskom sloju masnih kuglica, a najmanji dio se nalazi u mliječnoj plazmi vezan za proteine. Neki autori smatraju da je pojava arterioskleroze tijesno vezana za povećani sadržaj holesterola u krvi. Obzirom da mlijeko sadrži malu količinu holesterola, neki ljekari zabranjuju svojim pacijentima konzumiranje mlijeka, a posebno maslaca. Količina holesterola u mlijeku je tako mala da ne bi mogla povećati nivo holesterola u krvi pri konzumiranju normalnih količina mlijeka. Što se maslaca tiče, on ga isto sadrži u jako malim količinama, jer najveći dio holesterola koji se nalazi u površinskom sloju masne kuglice odlazi u mlaćenicu. Trebalo bi pojesti enormno veliku količinu maslaca pa da se poveća nivo holesterola u krvi. Treba imati u vidu i to da je povećana količina holesterola u krvi više posljedica poremećaja u nekim fiziološkim funkcijama organizma. Često se zaboravljaju i pozitivna svojstva holesterola, a to su: zaštita nervnog tkiva, regulisanje propustljivosti ćelijske membrane, učešće u obrazovanju žučnih kiselina i nekih hormona.

Fizičke osobine mliječne masti

Većina ovih svojstava je karakteristična za mliječnu mast pa ih nazivamo fizičkim konstantama. Vrijednosti su prikazane u narednoj tabeli:

| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Temperatura topljenja (°C) | 30 - 41 |
| Temperatura očvršćavanja (°C) | 17 – 26 |
| Indeks refrakcije na 40°C | 1,4538 – 1,4578 |
| Krizmerov broj (°C) | 53 – 59 |
| Gustoća na 15°C (kg/dm ³) | 0,930 |
| Relativni viskozitet | Okolo 50 |
| Energetska vrijednost kJ/g | 38,4 |

Tačka topljenja – u velikoj mjeri zavisi od sadržaja masnih kiselina. Veća količina nižih i nezasićenih masnih kiselina snižava tačku topljenja. Ako ima veći sadržaj viših masnih kiselina, tačka topljenja je viša. Temperatura topljenja varira

od 31-36°C. To je završna temperatura topljenja pri kojoj su svi gliceridi prešli u tečno stanje. Topljenje počinje na 25-27°C.

Temperatura ili tačka očvršćavanja – predstavlja temperaturu pri kojoj mast prelazi iz tečnog u čvrsto stanje. Očvršćavanje masti teče takođe frakciono i završna temperatura očvršćavanja iznosi 17-26°C. Očvršćavanje mliječne masti teče sa temperaturnim i vremenskim zakašnjenjem.

Indeks refrakcije – je manji kod mliječne masti nego kod drugih masti i ulja zbog većeg sadržaja nižih i nezasićenih masnih kiselina.

Gustoća – mliječna mast ima najmanju gustoću od svih sastojaka mlijeka. Zbog manje gustoće i zbog toga što je u mlijeku grubo dispergovana, mliječna mast pokazuje tendenciju da se izdvaja na površini. Istovremeno, manja gustoća omogućava da se djelovanjem centrifugalne sile mast može djelimično ili skoro potpuno izdvojiti iz mlijeka, što je od velikog značaja za tehnologiju mlijeka.

Promjene mliječne masti

Promjene mliječne masti mogu se svrstati u tri grupe:

1. hidrolitičke
2. oksidativne
3. polimerizacione

Hidrolitičke promjene – odigravaju se pod uticajem lipolitičkih fermenata (lipaza) što dovodi do oslobađanja masnih kiselina iz glicerida. Kao rezultat tih promjena dolazi do promjena okusa i mirisa koje se nazivaju oksidativna užeglost masti ili samo užeglost. **Lipaze** su lipolitički fermenti koji se dijelom luče sa mlijekom, a dijelom potiču od mikroorganizama. Pošto izazivaju hidrolizu masti, dolazi do oslobađanja masnih kiselina među kojima se nalaze niže masne kiseline sa izraženim neprijatnim okusom i mirisom. Ovo čini mlijeko i mliječne proizvode lošim, a nekada i neupotrebljivim.

Oksidativne promjene – oksidativnim promjenama podliježu uglavnom nezasićene masne kiseline koje čine 30-40% masnih kiselina u mliječnoj masti. Zato su ove promjene česte i mogu se organoleptički utvrditi kao promjene okusa i mirisa. Pri tome se javljaju okus i miris na loj, ribu, karton, metal i sl. Prvi uslov za odvijanje oksidacije je prisustvo kisika. Oksidativna užeglost je katalizirana djelovanjem svjetlosti i nekih metala. Jako djelovanje imaju ultraljubičasti zraci. Zbog toga ambalaža treba da bude neprozirna. Za sprečavanje oksidativne užeglosti maslaca i mlijeka u prahu u nekim zemljama je dozvoljeno korištenje antioksidanata.

Polimerizacione promjene – javljaju se rijetko i to uglavnom u slučajevima dugog skladištenja u prisustvu zraka. Polimerizacija se ogleda u tome da reaguju

dvije nezasićene masne kiseline preko C atoma koji su spojeni dvostrukim vezama. Ova se reakcija javlja na površini maslaca što znači u kontaktu sa kisikom iz vazduha. Kao posljedica ove promjene, na površini maslaca se obrazuje jedan sloj sa neznatno promjenjenim mirisom i okusom. Ove promjene su slične oksidativnim promjenama, dok se promjena boje ogleda u pojavi narandžaste boje ili bijele boje koja nekad prelazi u sivu.

Masne kuglice

Oblik, broj i veličina masnih kuglica – mast se u mlijeku nalazi dispergovana u obliku sitnih čestica sfernog oblika koje se zbog toga nazivaju masne kuglice ili masne kapljice. Veličina masnih kuglica izražava se u mikrometrima ili mikronima (10^{-6} m). Prema podacima iz literature ona varira od 0,1 – 22 mikrona. To su ipak ekstremne vrijednosti koje se rijetko sreću, jer najveći broj kuglica ima prečnik 1-6 mikrona sa prosjekom od 3 mikrona. Veličina masnih kuglica zavisi od niza faktora od kojih su najvažniji vrsta životinje, rasa i stadij laktacije. Broj masnih kuglica u mlijeku varira prema literaturnim podacima od 2 do 4 milijarde ($2-4 \times 10^9$) u 1ml (1 cm^3) mlijeka. Postoji izvjesna korelacija između broja i veličine masnih kuglica tako da većem prosječnom prečniku odgovara njihov manji broj.

Značaj veličine masnih kuglica – Veličina masnih kuglica ima u tehnologiji veliki značaj. Ako mlijeko stoji na hladnom 24 sata onda će se na njegovoj površini izdvojiti sloj pavlake čija debljina iznosi 10-15% od visine mlijeka u sudu. U tom sloju se nalazi oko 90% od ukupne masti mlijeka. Dolazi do raslojavanja masti jer je ona lakša od ostalih sastojaka mlijeka. Intenzitet raslojavanja zavisi od veličine masnih kuglica tj. ukoliko su kuglice veće, izdvajanje je brže i potpunije. Kod proizvodnje maslaca na klasičan način u bučkalici, veličina masnih kuglica utiče na vrijeme bučkanja tj. na brzinu obrazovanja maslaca. Ukoliko su masne kuglice veće, vrijeme bučkanja će biti kraće.

Sinteza mliječne masti

Kao što je istaknuto, mliječna mast se po svom sastavu razlikuje od lipida biljnog i životinjskog porijekla. Isto tako, količina masti koja se izlučuje sa mlijekom je skoro dvostruko veća od količine koju krave konzumiraju sa hranom. Navedene činjenice jasno navode na zaključak da za sintezu mliječne masti moraju postojati i drugi izvori masnih kiselina osim onih koje se unose hranom. Za sintezu mliječne masti postoje četiri izvora masnih kiselina, a to su:

1. masne kiseline iz hrane
2. masne kiseline iz depoa masti u organizmu
3. masne kiseline koje se obrazuju u želucu preživara
4. masne kiseline koje sintetiše mliječna žlijezda

Zbog toga što se znatna količina masnih kiselina, kao i mliječna mast sintetiziraju u mliječnoj žlijezdi kažemo da je ona specifičan proizvod mliječne žlijezde.

Proteini

Proteini su najsloženija jedinjenja koja hemija poznaje. Predstavljaju polimere aminokiselina. Broj aminokiselina koje mogu sintetizirati živi organizmi ne prelazi 20, dok se u laboratorijskim uslovima može sintetizirati veliki broj aminokiselina.

Sve aminokiseline se dijele na alifatske i ciklične (aromatske i heterociklične). Mogu imati jednu ili dvije karboksilne grupe, kao i jednu ili dvije amino grupe pa se dijele na mono-amino-karbonske, mono-amino-dikarbonske i diamino-monokarbonske. Aminokiseline su međusobno vezane peptidnom vezom koja nastaje reakcijom aminogrupe jedne sa karboksilnom grupom druge kiseline. Nastali dipeptid ima slobodnu po jednu amino i karboksilnu grupu pomoću kojih se veže sa drugim aminokiselinama pa se stvaraju peptidni lanci različite dužine. Broj i redosljed aminokiselina, kao i broj i raspored peptidnih lanaca određuje karakter proteina. U organizmu se proteini razgrađuju u digestivnom sistemu i jetri u jednostavnije sastojke. Oni se zatim transportuju u ćelije u tijelu gdje služe kao gradivni materijal za izgradnju tjelesnih proteina. Proteini su ogromne molekule sastavljene od sitnih jedinica, aminokiselina. Proteini se sastoje od jednog ili više povezanih lanaca aminokiselina gdje su one raspoređene po specifičnom redosljedu. Proteinska molekula obično sadrži 100-200 vezanih aminokiselina, međutim one mogu biti puno veće ili puno manje. Ljudski organizam je sposoban da neke aminokiseline sintetizira, dok druge ne može pa se moraju unositi u organizam sa hranom. Te kiseline se nazivaju esencijalnim ili neophodnim aminokiselinama. Ima ih osam i to su:

| | |
|--------------|----------------|
| 1. valin | 5. metionin |
| 2. leucin | 6. lizin |
| 3. izoleucin | 7. triptofan |
| 4. treonin | 8. fenilalanin |

Proteini koji se sastoje samo od aminokiselina nazivaju se prostim, a ako imaju vezana neka druga jedinjenja (lipoprotein, glikoprotein) ili ione npr. Cu i Fe, zovu se složenim proteinima.

Značaj proteina mlijeka

Kravlje mlijeko sadrži prosječno 3,55% proteina, što na prvi pogled ne predstavlja neku značajnu količinu. Ali, ako se preračuna na suhu materiju mlijeka dobije se vrijednost od 28% što predstavlja skoro trećinu suhe materije, pa je prema tome mlijeko ipak namirnica bogata proteinima. Kada se govori o proteinima mora se istovremeno uzeti u obzir i njihova količina i njihov kvalitet, jer se proteini međusobno razlikuju i po broju i po vrstama i po zastupljenosti aminokiselina. Prema tome, namirnica može da ima visok sadržaj proteina, ali njihova vrijednost za ljudsku ishranu može biti niska. To znači da proteini iz različite hrane imaju različitu biološku vrijednost. Pod tim pojmom podrazumijeva se broj grama

proteina ljudskog ili životinjskog organizma koji se može sintetizirati iz 100 g proteina hrane. Mlijeko sadrži proteine visoke biološke vrijednosti i po tom svojstvu nalaze se odmah iza proteina jaja. To dolazi otuda što proteini mlijeka sadrže sve esencijalne aminokiseline i to u odnosu koji je vrlo sličan građi proteina u ljudskom organizmu. Zato su proteini mlijeka značajni u ishrani kako po količini tako i zbog kvaliteta. Kvalitet proteina utiče na tjelesni i umni razvoj naročito mladih osoba. Pored biološke, proteini imaju i energetska vrijednost koja je ista kao i kod ugljenih hidrata.

Klasifikacija proteina mlijeka

Od ukupnih azotnih materija u mlijeku se nalazi oko 95% proteina i 5% neproteinskih azotnih materija (NPN). Proteini mlijeka se dijele u dvije osnovne grupe : kazein i proteini surutke (u omjeru 80:20).

| PROTEINI (glavne frakcije) | Količina u mlijeku (g/kg) | Udio u ukupnoj količini (%) |
|---|------------------------------|--------------------------------|
| KAZEIN (ukupno) | 26,0 | 79,5 |
| α_{S1} - kazein | 10,0 | 30,6 |
| α_{S2} - kazein | 2,6 | 6,0 |
| β - kazein (uključivši γ -kazeine) | 10,1 | 30,8 |
| κ - kazein | 3,3 | 10,1 |
| PROTEINI SURUTKE (ukupno) | 6,3 | 19,3 |
| α - laktalbumin | 1,2 | 3,7 |
| β - laktoglobulin | 3,2 | 9,8 |
| Albumin krvnog seruma (serum albumin) | 0,4 | 1,2 |
| Imunoglobulini (IgG, IgM, IgA, a u kolostrumu i IgD i IgE) | 0,7 | 2,1 |
| Proteaze – peptoni (i drugi) | 0,8 | 2,4 |
| Proteini membrane masne kuglice | 0,4 | 1,2 |
| UKUPNI PROTEINI | 32,7 | 100,0 |

U NPN materije mlijeka ubrajaju se uglavnom: mali peptidi, slobodne aminokiseline, aminošećeri, kreatin, kreatinin, ureinska kiselina i amonijak.

Zbog svog značaja, proteini mlijeka su među prvima istraženi, i do sada najbolje proučeni iako ima još dosta nejasnoća, jer su vrlo kompleksni. Proteini mlijeka sadržavaju brojne frakcije, podfrakcije i njihove genetičke varijante (A,B,C,D,E,A₁,A₂ i druge). Razlikuju se uglavnom po udjelu aminokiselina.

Kazein

Naziv kazein izveden je iz latinske riječi **caseus** – što znači sir, jer predstavlja osnovni protein. Kazein je najvažniji protein mlijeka ne samo zato što ga ima najviše, nego i zbog njegovih osobina. Od ukupnih azotnih materija, na kazein u mlijeku otpada 78-85%.

Mnoge tehnologije mliječnih proizvoda zasnovane su na osobinama kazeina npr. tehnologija sireva, mliječnokiselih proizvoda, kiselog i “slatkog” kazeina, kazeinata, plastičnih “kazeinskih masa”, hladnih lijepkova i sl. Međutim, može se reći da nema tehnologije u mljekarskoj industriji u kojoj se ne vodi računa o osobinama i ponašanju kazeina.

Kazein je složeni protein, jer sadrži i fosfor, pa po tome spada u fosfoproteine, a pošto sadrži i galaktozu, kazein možemo svrstati u fosfoglikoproteine. Zbog prisustva fosfata i Ca u sastavu njegovih čestica mnogi ga označavaju kao kalcijumkazeinat ili kalcijum-kazeinatno-fosfatni kompleks. Prisustvo fosfora znatno razlikuje kazein od proteina surutke.

Opšte osobine kazeina – Kazein koaguliše u mlijeku pri pH 4,6. Tako izdvojen predstavlja bijelu amorfnu masu koja je nerastvorljiva u vodi i organskim rastvaračima. Kazein se može izdvojiti iz mlijeka isoljavanjem sa NaCl, CaCl₂, CuSO₄ i FeSO₄ i različitim stipsama. U prisustvu veće koncentracije alkohola nastupa koagulacija, jer alkohol izaziva dehidrataciju kazeina što dovodi do njegove koagulacije. Koncentracija alkohola pri kojoj dolazi do koagulacije kazeina zavisi od niza faktora. Najznačajniji su kiselost sredine i koncentracija Ca²⁺ iona. Ukoliko je kiselost veća utoliko je potrebna manja koncentracija alkohola, što znači da ova dva faktora zajednički djeluju na dehidrataciju kazeina, pa prema tome i na destabilizaciju kazeinske micelle. Povećana količina Ca iona dovodi do ukupnjavanja kazeinskih čestica zbog čega su one manje stabilne, pa dodavanje već male količine alkohola izaziva grušanje.

Kazein se sastoji od slijedećih glavnih frakcija: α_{S1} , α_{S2} , β - i κ -kazeina, koji su svi genski proizvodi mliječne žlijezde, a takođe i γ -kazeina koji su rezultat proteolitičke transformacije β -kazeina (dejavom “plazmina”, najvažnije proteinaze mlijeka ili proteolitičkom aktivnošću bakterija). Pojedine frakcije kazeina sadržavaju određeni broj ostataka fosfoserina koji su nastali fosforilacijom hidroksilnih skupina serina (SerP), a imaju odlučujuću važnost kako za oblikovanje micela tako i za njihovo ponašanje. Oznaka S pokazuje da su ove komponente osjetljive (senzitivne) na prisustvo Ca iona i da koagulišu pri njihovoj manjoj koncentraciji. Ovo dolazi zbog prisustva većeg broja fosfoserinskih ostataka. Tako su α_S frakcije kazeina bogate skupinama fosfoserina koje su koncentrisane u nakupinama i odgovorne za hidrofilno područje proteinske molekule jako negativnog naboja, odakle dolazi i njihova “osjetljivost”.

Nasuprot tome, κ -kazein ne koagulira u prisustvu iste koncentracije Ca iona. Ako se α_S - i κ -kazein pomiješaju u određenom odnosu i doda im se ista koncentracija Ca iona, koja kod α_S -frakcije izaziva grušanje, do grušanja neće doći. Na osnovu ovoga je utvrđeno da κ -kazein ima zaštitnu ulogu i da njegovo prisustvo u mlijeku sprečava koagulaciju ukupnog kazeina u slučaju prezasićenosti Ca ionima. κ -kazein spada u grupu fosfo-glikoproteina jer pored fosfora sadrži još i galaktozu i neke derivate šećera.

Oblik, veličina i struktura kazeinskih čestica – U mlijeku se kazein nalazi u obliku kompleksnih micela ili čestica. Ta kompleksnost proističe iz toga što je kazein sastavljen iz raznih elektroforetskih frakcija. Pored toga, sadrži i kalcij i magnezij u obliku fosfata i citrata. Kalcij se nalazi djelimično vezan direktno na proteine, dok se drugi dio nalazi u obliku soli fosforne kiseline. Kazeinske micelle pored toga imaju sposobnost da agregiraju i dezagregiraju u zavisnosti od uslova sredine. Prema tome mogu da se smanjuju i povećavaju.

U mlijeku se kazein nalazi u obliku monomera i polimera. Stepent polimerizacije svake pojedine frakcije je dokazan eksperimentalno u čistim rastvorima pojedinih frakcija. Monomeri (osnovne čestice kazeina) predstavljaju mali dio kazeina. Ima ih 3-10%. Na količinu monomera utiče koncentracija Ca iona. Prisustvo Ca iona utiče na stvaranje čestica veće mase – polimera. Ovo govori o tome da količina monomera i polimera zavisi od uslova sredine u kojoj se protein nalazi. Njihovo udruživanje vodi formiranju micela kazeina. 95% kazeina u mlijeku se nalazi u velikim česticama – micelama.

Micela kazeina je zapravo nakupina (asocijacija) određenog broja manjih globularnih jedinica submicela koje nastaju povezivanjem kazeinskih frakcija.

Do agregacije submicela dolazi zbog prisutnosti koloidalnog Ca-fosfata koji gradi mostove između fosfoserinskih ostataka α_{S1} , α_{S2} , i β -kazeina. Priroda te veze je elektrostatička, tj. koloidni Ca-fosfat je pozitivan, a kazeinska micela je elektronegativna (zbog većeg broja ostataka $-\text{COO}^-$ grupa u odnosu na $-\text{NH}^{3+}$). Završetak oblikovanja micelle nastaje onog trenutka kada se frakcija κ -kazeina pojavi u svim dijelovima na površini micelle. Hidrofobni dio molekule κ -kazeina vezan je za unutrašnjost micelle, dok je vrlo hidrofilni dio (C-terminalni makropeptidni dio koji sadrži ugljikohidrate, 106-169 rezidue) izložen prema okolnoj vodenoj fazi mlijeka. Ti izdanci, "kosa" κ -kazeina su odgovorni za stabilizaciju nastale kazeinske micelle jer oblikuju hidratacijski sloj oko globularne micelle.

Kazein se u mlijeku nalazi u polidisperznom sistemu, što znači da njegove čestice imaju različitu veličinu. Prečnik micela varira od 30 do 300 nm, što znači da najveće među njima daleko premašuju dogovorene granice za stepent disperzije koloidnih rastvora. Broj micela kreće se $5-15 \times 10^{12}/\text{ml}$. Ispitivanja su

pokazala da kalcij u ionskom obliku utiče na veličinu i oblik kazeinskih čestica i da ima određeno agregaciono dejstvo na kazein.

Iako je prosječan omjer pojedinih frakcija kazeina u submicelama ($\alpha_{S1} : \alpha_{S2} : \beta : \kappa = 3 : 0,8 : 3 : 1$) relativno stabilan, između pojedinih micela njihov omjer može biti promjenjiv zbog različitog broja povezanih submicela. Stoga, manje micelle imaju veći udio κ -kazeina, nego veće, što je jedan od pokazatelja da se on nalazi na površini micelle, a samo mali dio unutar. Frakcije α_{S1} , α_{S2} , i β -kazeina se nalaze pretežno u unutrašnjosti.

Ove činjenice su omogućile objašnjenje različite osjetljivosti mlijeka prema djelovanju visokih temperatura, alkohola, himozina i dr. Ukoliko su čestice veće, stabilnost koloidnog rastvora je manja pa svi faktori koji doprinose destabilizaciji kazeina lakše izazivaju njegovu koagulaciju. Brže djelovanje sirišnog fermenta na mlijeko koje sadrži više kalcija objašnjava se time što je pod uticajem kalcija došlo do obrazovanja manjeg broja većih čestica te je dodati ferment raspoređen na manji broj čestica i njegovo djelovanje je brže. Nasuprot tome, mlijeko koje sporo koagulira pod uticajem himozina ima manje čestice. Treba napomenuti da ove pojave ne treba pripisivati samo djelovanju kalcijevih iona s obzirom da u mlijeku postoji veći broj supstanci koje potpomažu ili otežavaju njihovo djelovanje.

Agregacionim djelovanjem kalcijevih iona na kazein objašnjavaju se neke pojave koje se dešavaju u toku sterilizacije zgusnutog nezaslađenog mlijeka ili u toku njegovog skladištenja. Naime, u toku sterilizacije ugušćenog mlijeka nekada dolazi do pojave gelifikacije. Ovo se dešava i u toku skladištenja. Pojava gelifikacije objašnjava se povećanjem koncentracije Ca^{2+} zbog čega dolazi do povećanja kazeinskih čestica. Zbog isparavanja vode iz mlijeka dolazi i do koncentracije kazeina i do približavanja njegovih čestica tako da njihov električni naboj nije dovoljan da izazove njihovo odbijanje. Istovremeno, veća koncentracija Ca^{2+} neutrališe djelimično negativni naboj kazeina, te usljed toga dolazi do međusobnog spajanja i na kraju do obrazovanja gela. Kod proizvodnje zgusnutog nezaslađenog mlijeka vrši se sterilizacija koja ima destabilizirajuće dejstvo na krupne čestice kazeina i povećava agregaciono dejstvo Ca^{2+} tako da svi ovi faktori zajedno dovode do gelifikacije. Zbog toga se kod proizvodnje ugušćenog mlijeka često dodaju soli koje inhibiraju djelovanje kalcija tako što vezuju Ca ione i obrazuju slabo disocirane soli.

Ponašanje kazeina prema kiselinama i bazama – Kazein je amfoterni elektrolit ili amfolit jer ima slobodne kiselinske i bazne grupe. Nosioci kiselinskih svojstava su karboksilne grupe, a baznih amino grupe. Ipak, kazein ima slabo kisela svojstva zbog toga što je nešto više karboksilnih grupa, a cijela micela ima negativan naboj. Micelle su kazeina u svježem mlijeku koloidno dispergovane i vrlo stabilne zahvaljujući neto-negativnom naboju i obavijenošću hidratnim slojem. Naboj se mijenja u zavisnosti od pH mlijeka.

Ako razvodnjenom mlijeku dodajemo slabi rastvor neke kiseline vidjećemo da u jednom momentu nastaje koagulacija kazeina, a tečnost oko njega je bjeličasta i mutna. Ovo nastaje pri pH 5,2 pri čemu nije sav kazein koagulirao. Ako i dalje dodajemo kiselinu tečnost će se izbistriti, a pahuljice zgrušanog kazeina postaju kompaktnije i manje. Ako se u tom momentu izmjeri pH vidjećemo da iznosi 4,6. To je izoelektrična tačka kazeina, pri kojoj on ima jednak broj karboksilnih i amino grupa. U tom momentu električni naboj mu je jednak nuli. Takav kazein je najmanje hidratisan, najnerastvorljiviji i najmanje je nabubrio. Čestice kazeina ne odbijaju jedna drugu ali pozitivne grupe na jednoj molekuli privlače negativne na drugoj i formira se nakupina odnosno gel. Dešava se izoelektrična precipitacija kazeina.

Ovakvo ponašanje kazeina ima višestruki značaj u mljekarstvu. Na tome počiva proizvodnja kiselog kazeina, kiselih sireva, fermentisanih napitaka i kisele pavlake. Zbog ovakvog ponašanja kazeina mogu nastati i velike štete u mljekarstvu. Mlijeko predstavlja pogodnu sredinu za razvoj mliječnokiselih bakterija, koje kao rezultat svoje aktivnosti daju mliječnu kiselinu. Ona izaziva povećanje kiselosti mlijeka, destabilizaciju kazeina. Ako se ovakvo mlijeko grije dolazi do koagulacije. Do koagulacije dolazi i u slučaju ako se mlijeko duže vremena drži na sobnoj temperaturi (spontana koagulacija).

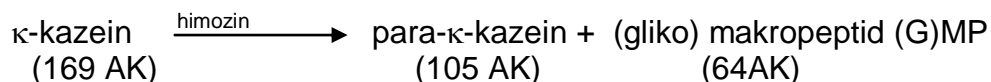
Kako je navedeno, kazein može reagovati i sa kiselinama i sa bazama, jer ima i kiselinske i bazne grupe. Pri tome, nastaju soli koje se nazivaju kazeinati. Najveći značaj imaju soli alkalnih i zemnoalkalnih metala: natrijev, kalijev, kalcijev i magnezijev kazeinat. Najviše se koristi natrijev kazeinat u prehrambenoj, posebno u mesnoj industriji. Koristi se zbog velike sposobnosti vezivanja vode i bubrenja čime se poboljšava konzistencija proizvoda i sprečava dislokacija masti. Prema tome imaju ulogu emulgatora i zgušnjavanja.

Djelovanje himozina na kazein – Himozin je ferment koji se nalazi u četvrtom dijelu želuca preživara (sirište) dok se mladi hrane mlijekom. Sa prelaskom na drugu hranu, himozin biva zamijenjen pepsinom. To znači da se preparati himozina mogu dobiti samo od mladih preživara. Ekstrakcijom se iz sirišta dobiva preparat u kome se, pored himozina nalaze i drugi proteolitički fermenti. Ovaj donekle prečišćen preparat naziva se sirilom i koristi se za podsiravanje mlijeka prilikom proizvodnje sireva. Pored tečnog, proizvodi se i sirilo u čvrstom stanju čija je jačina oko 10 puta veća od tečnog. Proučavanje načina djelovanja himozina na kazein i mlijeko počelo je još u prošlom vijeku. Poslije postavljanja različitih teorija, a uvođenjem novih savršenijih analitičkih metoda došlo se do zaključka da himozin djeluje na kazein na slijedeći način:



Prema tome, kazein se pod uticajem himozina razlaže na dvije komponente.

Upoznavanje elektroforetskih komponenti omogućilo je određivanje ove komponente na kojoj dolazi do promjene pod uticajem himozina. Ta promjena se dešava na κ -kazeinu. Pod uticajem himozina dolazi do pucanja peptidnog lanca između 105. i 106. aminokiseline tj. između fenilalanina i metionina. U ovoj primarnoj fazi razgradnje kazeina pod uticajem himozina hidrolizuje se κ -kazein pri čemu se stvara para- κ -kazein i drugi dio koji se naziva gliko-makro-peptid. Zbog sadržaja šećera i njihovih derivata gliko-makro-peptid ima izražena hidrofilna svojstva.



Često se pogrešno misli da himozin dovodi do koagulacije kazeina. Promjene koje izaziva himozin ne dovode obavezno do koagulacije kazeina. Da li će doći do koagulacije nakon djelovanja himozina zavisi od uslova sredine u kojoj se nalazi izmijenjen kazein.

Koagulacija mlijeka dejstvom sirišnog fermenta – Koagulacija mlijeka dejstvom himozina može se podijeliti u dvije faze:

1. **biohemijska**
2. **fizičkohemijska**

Biohemijska faza se naziva još i **enzimatskom**. U toku te faze kazein biva promijenjen dejstvom himozina kako je već objašnjeno. Međutim, promijenjeni kazein još ne koaguliše. Koagulacija nastaje tek onda ako su u sredini prisutni kalcijevi ioni. Ako kalcijevih iona nema neće doći do koagulacije. Postavlja se pitanje na koji način himozin čini kazeinske čestice osjetljivim prema Ca ionima. Prije je naglašeno da κ -kazein predstavlja zaštitni koloid i štiti micelu kazeina od djelovanja Ca^{2+} iona, jer su ostale frakcije kazeina osjetljive bilo pojedinačno bilo zajedno. Kada se κ -kazein hidrolizira na para- κ -kazein i gliko-makro-peptid gubi svoju zaštitnu ulogu i cijela kazeinska micela postaje osjetljiva. Ukoliko u sredini postoje Ca^{2+} ioni može doći do koagulacije.

Dakle, u toku druge (**neenzimatske** faze) ili **fizičkohemijske** faze, dolazi do međusobnog spajanja čestica para- κ -kazeina preko Ca-mostova, što ima za posljedicu obrazovanje trodimenzionalne proteinske mrežaste strukture koja obrazuje gel. Da bi se ovo jasnije shvatilo, možemo uporediti gel sa spužvom. Zidovi šupljina u spužvi predstavljaju kalcijem povezani para- κ -kazein. Ovim zidovima bivaju obuhvaćeni ostali sastojci mlijeka.

Proteini surutke

Ovi proteini nazivaju se i proteini mliječnog seruma, a obuhvataju sve proteine mlijeka osim kazeina. Obuhvataju albuminsku i globulinsku frakciju, kao i druge proteine koji se nalaze u malim količinama.

- a) **Mliječni albumini – laktoalbumini.** To su prosti proteini, rastvorljivi u vodi. Njihova količina u mlijeku iznosi oko 0,5%, što predstavlja 12-15% od ukupne količine proteina. Po hemijskom sastavu razlikuju se od kazeina po tome što sadrže nešto više azota i sumpora, a ne sadrže fosfor. Sami albumini po biološkoj vrijednosti premašuju proteine jajeta.

Albumini se ne grušaju pod uticajem himozina i drugih proteolitičkih enzima i zato pri proizvodnji sira odlaze sa surutkom. Izoelektrična tačka albumina je vrlo bliska izoelektričnoj tački kazeina i iznosi oko pH 4,55. Pri ovoj tački albumini ne koagulišu. Albumin se sintetizira u ćelijama mliječne žlijezde, a jedan mali dio potiče od albumina krvnog seruma, - serum albumin. Elektroforetski je ustanovljeno da postoje tri frakcije albumina: α -laktalbumin, β -laktoglobulin i serum albumin.

α -laktalbumin je jedina frakcija albumina koja ima sve odlike ovog proteina. Odlikuje se znatnim sadržajem cistina i triptofana. Značaj ovog albumina je i u tome što ulazi u sastav nekih enzima npr. peroksidaze, laktoza sintetaze i nekih drugih dvokomponentnih enzima. Ima ga oko 20% u proteinima surutke. Ima homolognu primarnu strukturu s lizozimom. Molekula ne sadržava slobodne SH-skupine ali ima 4 disulfidne veze (S-S).

β -laktoglobulin – pokazuje neke karakteristike i albumina i globulina. Najznačajnija je frakcija albumina i ima ga oko 72% od ukupnih albumina. Ima slobodne sulfhidrilne grupe (-SH) koje potiču od cisteina i zahvaljujući tome može reagovati sa kazeinom.

Serum albumin – nazvan je tako, jer je identičan sa albuminom iz krvnog seruma goveda. Sadrži dosta cistina ali nema slobodnih sulfhidrilnih grupa (-SH). One se javljaju tek pri termičkoj obradi mlijeka.

- b) **Globulini mlijeka – laktoglobulini** – Karakteristično za njih je da su, za razliku od albumina, nerastvorljivi u vodi. Rastvaraju se u slabim rastvorima soli. U mlijeku ih ima jako malo izuzev u kolostrumu i u slučajevima oboljenja mliječnih životinja. Detaljnija istraživanja su pokazala da se globulin mlijeka sastoji od imunoglobulina, koji se sintetiziraju u organizmu životinje radi zaštite od neželjenih faktora. Oni u mlijeko dopijevaju iz krvi što objašnjava njihovu malu količinu u kolostrumu i kod bolesnih životinja. Imunoglobulini predstavljaju heterogenu grupu sastavljenu od tri klase IgG, iGM i IgA. Pored toga, u kolostrumu su konstatovani i drugi imunoglobulini označeni sa IgD i IgE.

Imunoglobulinima se pripisuje dio baktericidnih svojstava mlijeka. Pod baktericidnim svojstvima se podrazumijeva sposobnost svježeg mlijeka da izvjesno vrijeme poslije muže inhibira razmnožavanje bakterija ili dovodi do smanjenja njihovog broja. Mlijeko koza i kolostrum imaju jako izraženu

baktericidnost. Ona zavisi od niza faktora. Međutim, u praksi se ne uzima u obzir baktericidnost, nego se mlijeko odmah iza muže hladi da bi se inhibirala aktivnost mikroorganizama.

Proteini surutke ne koaguliraju u mlijeku dejstvom himozina i najvećim dijelom prelaze u surutku. Ne koagulišu pri izoelektričnoj tački i smatra se da je razlog tome veća hidratisanost. Iako ne koaguliraju pri izoelektričnoj tački postaju znatno osjetljiviji na djelovanje drugih faktora koji izazivaju njihovu koagulaciju. Ova osobina je iskorištena kod proizvodnje albuminskih sireva. Surutka se zakiseli, a zatim grije. Pri tome, dolazi do denaturacije albumina i globulina koji se u vidu finih pahuljica izdvajaju. Naime, i albumini i globulini su termolabilni proteini. Početak koagulacije je na temperaturi od 70°C, ali je za to potrebno duže vrijeme. Sa povećanjem temperature, povećava se i količina i intenzitet izdvajanja. Najintenzivnije je na temperaturama iznad 80°C. Termička koagulacija albumina i globulina je ireverzibilna jer dolazi do denaturacije. Ovo se ogleda u tome da se više ne mogu rastvoriti u rastvorima soli. Kuhanjem mlijeka dolazi do denaturacije ovih proteina. Talože se na dnu posude i stvaraju uslove da mlijeko zagori. Tada dolazi do oslobađanja H₂S koji doprinosi ukusu i mirisu na kuhano mlijeko.

Ostale azotne materije mlijeka

Poslije izdvajanja kazeina, albumina i globulina u mlijeku ostaje jedan dio azotnih materija. Tu spada proteozo-peptonska frakcija. Ona se definiše kao azotna frakcija mlijeka koja ne koagulira sa himozinom ni pri povišenim temperaturama. To su frakcije heterogenog sastava koje se djelimično nalaze vezane za micele (β -kazein), a dijelom u serumu mlijeka. Stabilne su na djelovanje kiseline, enzima ili toplote. Ima ih u svježem pomuženom mlijeku i ne zna se da li su proizvod nesavršenosti sistema sinteze proteina ili su proizvod djelimične razgradnje pod uticajem proteolitičkih enzima mlijeka. Raniji naziv je bio albumoze i peptoni. Te su frakcije proteina u tragovima, a u njih se ubrajaju i enzimi kao laktoferin, transferin, laktolin, laktoperoksidaza, lizozim te drugi. Važni su jer kataliziraju neke biološke reakcije, utiču na vezivanje minerala i vitamina, te na stabilnost okusa mlijeka i mliječnih proizvoda.

Frakcija proteozo-peptona se taloži tek djelovanjem sa 12%-trihlorsirćetnom kiselinom pa se to koristi da se ona razdvoji od neproteinskih azotnih materija (NPN) koje ostaju u rastvoru nakon ove reakcije.

U sastavu membrane masne kuglice nalazi se takođe vezana mala količina proteina. Oni imaju manje azota i fosfora, te promjenjiv udio sumpora u poređenju sa ostalim proteinima mlijeka, a po osobinama su slični globulinima.

Mineralne materije

U odnosu na sadržaj masti, proteina i laktoze, mineralne materije se nalaze u znatno manjoj količini. Međutim, njihova važnost u ishrani, njihov značaj za fizičko-hemijsku ravnotežu koloidnog sistema i tehnološka svojstva mlijeka je veoma velik.

Do danas je u mlijeku ustanovljeno oko 40 raznih mineralnih sastojaka, koji se prema količini dijele na mikro- i makroelemente. Ova podjela je napravljena na osnovu njihovog sadržaja u mlijeku. U makroelemente spadaju: natrij, kalij, kalcij, magnezij, hlor i fosfor. Mikroelementa ima u mlijeku jako malo. Neki su prisutni samo u tragovima. Tu spadaju: aluminij, arsen, barijum, bor, brom, hrom, kobalt, bakar, fluor, jod, željezo, olovo, litij, mangan, molibden, nikl, rubidij, selen, silicij, srebro, stroncij, kalaj, titan, vanadij i cink.

Sa aspekta ishrane, mineralne materije karakterišu slijedeće osobine:

1. mlijeko je sa aspekta obezbjeđenja potreba organizma bogato mineralnim materijama, naročito ima dovoljno kalcija i fosfora
2. mineralne materije nalaze se u takvom međusobnom odnosu koji najbolje odgovara potrebama organizma
3. veliki broj elemenata omogućava organizmu da odabere one koji su mu potrebni

Kao što vidimo, mineralne materije mlijeka imaju visoku biološku vrijednost. Mlijeko treba konzumirati zbog biološke vrijednosti proteina i mineralnih materija.

Količina mineralnih materija potiče iz hrane koju životinja konzumira. Zbog toga, količina pojedinih minerala može jako da varira u mlijeku sa različitih područja ili kod životinja hranjenih različitom hranom.

Mineralne materije se u mlijeku nalaze u različitom obliku i različitom stepenu disperznosti. Najveći dio se nalazi u obliku rastvorenih disociranih i nedisociranih soli, dok je manji dio absorbovan od strane proteina ili se nalazi u sastavu određenih fermenata. Zahvaljujući njima, moguće je postojanje soli kazeina, a od njih zavisi i stabilnost kazeina u koloidnom sistemu mlijeka. Poremećaj u mineralnom sastavu mlijeka dovodi i do poremećaja stabilnosti koloidnog sistema pa prema tome i do poremećaja nekih tehnoloških svojstava mlijeka.

Raznolikost pojavnih oblika mineralnih materija (ioni, rastvorljive nedisocirane soli, organske i neorganske soli, dijelovi prostetičkih grupa fermenata, absorbovani ioni ili elementi i sl.) predstavlja problem u njihovom proučavanju. Teškoće su u tome što je nemoguće izdvojiti mineralne materije u nativnom obliku – u onakvom u kakvom su u mlijeku. Oblik u kojem se nalaze je često važniji od njihove ukupne količine za tehnološka svojstva mlijeka. Kada govorimo o mineralnim materijama, susrećemo se sa nazivima pepeo i soli mlijeka. Ovi

nazivi se često koriste kao sinonimi mada između njih postoji i kvalitativna i kvantitativna razlika.

Prosječan sastav mineralnih materija u mlijeku

| Soli | Količina u mlijeku (mg/100ml) | Količina u topivom stanju (%) |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Kalcija | 123 | 39 |
| Fosfora | 95 | 38 |
| Magnezija | 12 | 73 |
| Natrija | 58 | 100 |
| Kalija | 141 | 100 |
| Hlora | 119 | 100 |
| Sumpora | 30 | 100 |
| Limunske kiseline | 160 | 90 |

Pepeo mlijeka

Količina mineralnih materija u mlijeku najčešće se prikazuje sadržajem pepela. Mlijeko sadrži oko 0,65% pepela, sa variranjima 0,6-0,8%. Prema ovim podacima mogao bi se steći utisak da je mlijeko siromašno mineralnim materijama. Međutim, ako se količina preračuna na suhu materiju dobije se vrijednost od 5%, što govori da je u stvari mlijeko bogato ovom supstancom.

Pepeo ima izrazito alkalnu reakciju pošto količina baznih sastojaka znatno premašuje kisele. To dolazi usljed toga što dio kiselih sastojaka sagorijeva prilikom žarenja (određivanja sadržaja pepela).

Od alkalnih elemenata u mlijeku ima najviše kalija i to tri puta više nego natrija, koga ima više u krvi. To govori o selektivnoj aktivnosti mliječnih ćelija, čak i kada se radi o ionima. Hrana kojom se životinje hrane obiluje kalijem i organizam je njime preplavljen. Otuda se javlja potreba da se višak ukloni iz organizma kako se ne bi poremetio odnos mineralnih materija u krvi. Jedan od puteva kojim se višak kalija eliminiše iz organizma je i mlijekom.

O selektivnoj aktivnosti mliječnih ćelija, kada se radi o kaliju i natriju, govori i činjenica da se količina natrija u mlijeku povećava u slučajevima poremećaja funkcije mliječne žlijezde. Ovo je naročito izraženo kod mastitisa. Zbog toga odnos K/Na ukazuje na zdravstveno stanje mliječne žlijezde ili na fiziološko stanje organizma muzne životinje. U slučaju povećanja količine natrija u mlijeku dolazi do poremećaja količine hlora što ima za posljedicu povećanje saliniteta mlijeka. To se naziva slanim mlijekom koje nije prijatno za konzumiranje, a ima i izmijenjena tehnološka svojstva.

Količina **kalcija** varira obično od 110-140 mg%. Mlijeko je bogato kalcijem i dovoljno je da čovjek konzumira nešto više od 0,5 l pa da zadovolji dnevne potrebe organizma. Kalcij pored toga utiče na niz tehnoloških svojstava mlijeka kao što su: veličina kazeinskih čestica, a od njih zavisi termička stabilnost, brzina koagulacije pod uticajem proteolitičkih fermenata, čvrstina obrazovanog grušča, sposobnost aglomeracije masnih kuglica i sl. Pri tome, treba naglasiti da ova svojstva ne zavise samo od ukupne količine kalcija nego i od oblika u kome se nalazi u mlijeku. Kalcij je u mlijeku prisutan u obliku neorganskih soli, od čega 33% u topivom, a do 66% u koloidnom, a od toga samo 10% u ionskom obliku. Iskorištenje kalcija u organizmu zavisi, osim od topive količine kalcija, i od količine fosfora i vitamina D u mlijeku. Prevelika količina fosfora u mlijeku može dovesti do nastanka netopivog Ca-fosfata i prouzrokovati hipokalcemiju organizma.

Mlijeko je bogato i **fosforom**. Najveći dio fosfora u pepelu potiče od neorganskih soli, a oko 35% od ukupne količine otpada na organski fosfor kao sastavni dio kazeina i fosfolipida. Utvrđeno je da postoji izvjesna korelacija između sadržaja kalcija i fosfora u mlijeku. Pored toga, ova dva elementa se u mlijeku nalaze u takvom odnosu da ih organizam može lako iskorištavati.

Soli mlijeka

Analizama je dokazano prisustvo raznih kationa i aniona u mlijeku. To su: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , PO_4^{3-} , $(C_6H_5O_7)^{3-}$ - citratni ion. Prisustvo ovih iona omogućava postojanje hlorida, fosfata, citrata i drugih soli u mlijeku.

Između soli u mlijeku postoji određena ravnoteža i svaki poremećaj uslova sredine dovodi do promjene među njima. Tako na odnos rastvorljivih i nerastvorljivih soli utiče pH sredine. Ravnoteža između Ca^{2+} i Mg^{2+} iona, s jedne strane i fosfatnih i citratnih iona, s druge strane utiče na veličinu kazeinskih čestica i na stabilnost mlijeka (termičku). Poremećaj termičke stabilnosti mlijeka najčešće je posljedica veće koncentracije Ca^{2+} iona. Povećanje stabilnosti se u tom slučaju može postići dodavanjem fosfata, polifosfata ili citrata alkalnih metala ili uklanjanjem kalcija ionskim izmjenjivačima.

Soli i ioni neposredno utiču na neka fizička svojstva mlijeka, kao što je osmotski pritisak, a preko njega i na tačku mržnjenja i ključanja, električnu provodljivost, titraciju kiselost, pH i puferni kapacitet mlijeka. S obzirom da utiču na disperznost kazeina i na količinu vezane vode posredno utiču i na gustoću i viskozitet. Prosječnu kiselost u mlijeku povećava količina topivih soli, naročito količina topivog kalcija. U mlijeku je takođe važno prisustvo soli limunske kiseline (citrate). Iako je količina citrata u mlijeku veoma mala (svega 0,2%) bitna je za stvaranje aromatičnih materija (posebno diacetila i acetoina) u proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda i sireva (aroma-bakterije mliječne kiseline previru citrate).

Enzimi

U mlijeku je utvrđeno prisustvo oko 60 enzima. Neke luči mliječna žlijezda zajedno sa mlijekom, dok drugi potiču od mikroorganizama. Zato se često i dijele na enzime mlijeka (endogeni) i enzime mikroorganizama (egzogeni). Neki od njih su mješovitog porijekla što znači da potiču i od mikroorganizama i iz mliječne ćelije.

Enzimi su po sastavu proteini, vrlo složene strukture na koje se vezuje neproteinski dio koji može biti čvrsto povezan ("prostetska skupina") ili lagano disociran od proteina ("koenzim"). Prema funkciji enzimi su biohemijski katalizatori koji utiču na brzinu reakcije. Njihovo je djelovanje vrlo specifično, jer jedan tip enzima katalizira samo jedan tip reakcije.

Enzimi su termolabilni, što znači da se inaktiviraju pri višim temperaturama (pasterizacija, sterilizacija, kuhanje). Temperaturni režimi inaktivacije su različiti kod raznih enzima. Enzimi ne izazivaju promjene, osim lipolitičkih i proteolitičkih enzima, kod organoleptičkih i tehnoloških svojstava mlijeka. Za djelovanje enzima bitna je temperatura i pH sredine, kao i prisutnost nekih vitamina i mineralnih materija. Mnogi enzimi podnose niske temperature, pa su aktivni i pri 0°C, ali se optimalna aktivnost očekuje pri temperaturi između 30 i 50°C.

Peroksidaza – enzim je jako rasprostranjen u prirodi. Peroksidaza mlijeka sadrži dva atoma željeza i po tome se razlikuje od drugih peroksidaza, a naziva se još i laktoperoksidaza. Otporna je na djelovanje povišene temperature. Inaktivacija na 70°C traje 2,5 sata, na 75°C 2,5 minuta, a tek se na 80°C inaktivira jako brzo. Dokazivanje peroksidaze u pasterizovanom mlijeku koristi se kao kontrola pasterizacije. To je endogeni enzim koji katalizira hidrolizu H₂O₂ na H₂O i kisik. Može katalizirati oksidaciju nezasićenih masnih kiselina uz stvaranje oksidativne užeglosti mlijeka.

Katalaza – To je enzim mješovitog porijekla. Povećana količina katalaze u mlijeku najčešće je rezultat oboljenja vimena i to može poslužiti kao indikator mastičnih oboljenja. Optimalna temperatura djelovanja je 37°C, ali je aktivna i na 0°C. Na višim temperaturama se inaktivira. Prečišćavanjem mlijeka u klarifikatorima i klarifikatorima smanjuje se količina katalaze, jer su njeni nosioci leukociti koji se centrifugiranjem izdvajaju. Katalaze takođe hidroliziraju H₂O₂ na vodu i molekularni kisik, koji se može mjeriti.

Dehidrogenaze

Reduktaza – ime je dobila po tome što katališe redukciju metilenskog plavog. Porijeklom je iz mikroorganizama. Ispitivanja su pokazala zavisnost između broja mikroorganizama i vremena redukcije metilenskog plavog, pa je na osnovu toga nastala metoda kojom se može odrediti približan broj mikroorganizama u mlijeku.

Aldehidoksidaza – Ovaj enzim je mikrobnog porijekla, a poznat je još pod nazivom Schardingerov enzim.

Fosfataza

Fosfataze su vrlo rasprostranjeni enzimi i prisutne su u svim organizmima i biološkim ćelijama. Zato je normalno da je ima i u mlijeku. Mješovitog je porijekla. U mlijeku ima više fosfataza koje se razlikuju po supstratima na koje djeluju i po uslovima za optimalno djelovanje.

Za mlijeko je najznačajnija **alkalna** fosfataza. Koristi se za dokazivanje pasterizacije mlijeka na nižim temperaturama. Međutim, fosfataza pokazuje sposobnost reaktivacije kod pasterizovanog, pa i kod sterilizovanog mlijeka. Ovo nastupa u periodu od 2-5 dana poslije termičke obrade. Pored alkalne postoji i **kisela** fosfataza koja je otpornija na djelovanje povišenih temperatura. Obje fosfataze mogu da hidrolizuju hemijski vezane fosfate. Djelovanje fosfataze može dovesti do promjena u ponašanju kazeina (izoelektrična tačka i stabilnost mlijeka). Oko 30-40% fosfataze prisutno je u membrani masnih kuglica.

Lipaza

Lipaze su esteraze koje kataliziraju hidrolizu masti. U mlijeku su mješovitog porijekla pa razlikujemo nativnu i bakterijsku lipazu. Razlikuju se prema uslovima za optimalno djelovanje.

U mlijeku se lipaza nalazi u dva oblika i to kao lipaza plazme i lipaza adsorpcionog sloja masnih kuglica. Oko 90% lipaze se nalazi u mliječnoj plazmi, a vezana je sa kazeinom. Ostala lipaza se nalazi u adsorpcionom sloju masne kuglice i naziva se još membranskom lipazom. Odnos lipaza se može mijenjati na što utiče niz faktora. Najznačajniji su temperatura i homogenizacija. Hlađenjem mlijeka na 4-10°C dolazi do pojačane lipolize, a homogenizovano mlijeko je podložnije lipolizi nego nehomogenizovano. Lipaza se inaktivira pri povišenim temperaturama, ali je dosta otporna, jer prodire u masnu kuglicu i tako biva zaštićena od temperature.

Količina lipaze u mlijeku je mala i pri normalnim uslovima ne izaziva promjene koje bi se odrazile na organoleptička svojstva mlijeka. Lipoliza negativno utiče na organoleptička svojstva, ali i na tehnološka, naročito mlijeka i pavlake. Ona je, međutim, poželjna u manjoj mjeri kod sireva sa plijesnima (rokfor, gorgonzola i sl.), jer im daje karakterističan okus i miris.

Proteinaze

Proteinaze su enzimi koji hidrolizuju peptidne veze u proteinima. Mješovitog su porijekla, a ima ih više. Optimalna temperatura je 37-42°C. Proteinaze mliječne

žlijezde ima malo, vezana je za kazein i otporna je na djelovanje visokih temperatura. Aktivira se na temperaturi preko 75°C.

Proteaze mikrobnog porijekla se takođe nalaze u mlijeku. Količina zavisi od broja i vrste mikroorganizama. Ako su u mlijeku prisutni mikroorganizmi iz roda *Bacillus* u većem broju, kao i neke mikrokoke, dolazi do koagulacije, slično kao pod uticajem male količine himozina. Ovi mikroorganizmi mogu dospjeti u mlijeko iz vanjske sredine (sijeno, prostirka, prljavo posuđe itd.) naročito u kišnim godinama kada ih ima mnogo.

Kada ih u mlijeku ima mnogo izazivaju grušanje mlijeka poznato pod nazivom "slatko grušanje". Ovaj naziv se koristi zato da bi razlikovali proteolitičko grušanje od grušanja izazvanog povećanjem kiselosti mlijeka. Ovo se smatra vrlo ozbiljnom manom mlijeka i takvo mlijeko kod koga je počela proteoliza ne smije se primati u mljekaru. Brza metoda za otkrivanje ovakvog mlijeka je alkoholna proba ili proba na kuhanje.

Glavna prisutna proteinaza u mlijeku je **plazmin**, uglavnom identičan proteinima krvnog seruma s istim nazivom (plazma). To je alkalna proteinaza sa optimumom djelovanja pri pH 7,5 i 35°C. HTST pasterizacija izgleda da pojačava njegovu aktivnost. Ima značajnu ulogu u proteolizi tokom zrenja sireva. Mlijeko takođe sadrži i endogenu kiselu proteinazu mlijeka, sa optimumom oko pH 4,0, pod nazivom **katepsin D**. Njegova uloga i značaj nisu detaljnije proučeni ali se zna da mu je proteolitičko djelovanje u sirom grušu na mjestima identičnim himozinu te nema velikog uticaja i ima slabu koagulirajuću aktivnost.

Proteoliza je nepoželjna kod mlijeka i mliječnih proizvoda. Poželjna je kod sireva i zato se pri proizvodnji sireva dodaju određene kulture mikroorganizama koje proteolizom dovode do stvaranja karakterističnog okusa i mirisa.

Vitamini

Vitamini predstavljaju grupu organskih jedinjenja neophodnih za normalno odvijanje biohemijskih procesa. Iako su nazvani zajedničkim imenom – vitamini – oni predstavljaju različite supstance, kako po svom hemijskom sastavu i strukturi, tako i po načinu djelovanja u organizmu. Do sada je utvrđeno postojanje oko 30 različitih supstanci sa karakteristikama vitamina. Naziv vitamin potiče otuda što je poljski naučnik Funk iz mekinja pirinča uspio da izdvoji materiju koja je uklanjala simptome bolesti beri-beri. Ova materija je sadržavala azot, pa je ovaj naučnik smatrao da se radi o aminu neophodnom za život (vita=život + amin). Ovaj naziv je prihvaćen kao zajednički za cijelu grupu iako većina vitamina ne sadrži azot.

Vitamini se mogu označiti na tri načina:

1. slovima (A,B,C,D i dr.)
2. prema djelovanju (antiskorbutni, antipelargični i dr.)

3. prema hemijskom sastavu (askorbinska kiselina, pantotenska kiselina, nikotinamid i dr.).

Vitamini se dijele na:

1. Rastvorljive u mastima (liposolubilne)
2. Rastvorljive u vodi (hidrosolubilne)

U mastima su rastvorljivi A,D,E i K vitamin, dok su u vodi rastvorljivi vitamini B kompleksa, C vitamin i neke druge supstance sa funkcijom vitamina.

Mlijeko je relativno bogato vitaminima i u njemu je utvrđeno prisustvo svih do danas poznatih vitamina. Apsolutna količina nekog vitamina nije mjerilo bogatstva u nekoj namirnici, nego je mjerilo odnos količine u namirnici u odnosu na potrebe organizma. Očigledan primjer za to su C i B₁₂ vitamini. Vitamina C u mlijeku ima oko 20 mg/kg, a vitamina B₁₂ oko 5.000 puta manje. Ipak, količina B₁₂ vitamina iz 1 kg mlijeka zadovoljava i čak prevazilazi dnevne potrebe. Za zadovoljenje potreba u C vitaminu trebalo bi konzumirati oko 8 litara mlijeka dnevno.

Vitamini u mlijeku su porijeklom iz biljaka i mikroorganizama. Ipak, količina u mlijeku u najvećoj mjeri zavisi od sadržaja u hrani koju pojede životinja. Na njihovu količinu u mlijeku utiče i tretman mlijeka (termička obrada, izloženost svjetlu i vazduhu). Količina vitamina u mliječnim proizvodima zavisi od njihovog sastava. Proizvodi sa visokim procentom masti imaće visok sadržaj liposolubilnih vitamina i obratno, proizvodi sa niskim sadržajem masti sadržavaće uglavnom hidrosolubilne vitamine.

Vitamini u mlijeku i dnevne potrebe

| Vitamin | Količina u 1 l mlijeka (mg) | Dnevne potrebe odraslih (mg) |
|---------|-----------------------------|------------------------------|
| A | 0,2 – 2 | 1 – 2 |
| B1 | 0,4 | 1 – 2 |
| B2 | 1,7 | 2 – 4 |
| C | 5 – 20 | 30 –100 |
| D | 0,002 | 0,01 |

Vitamin A – nedostatak vitamina A izaziva poremećaje vida poznate pod nazivom noćno ili kokošije sljepilo. Hronični nedostatak izaziva degenerativne promjene ćelija u nekim organima ljudskog i životinjskog organizma. Poznata su tri A vitamina označena kao A₁, A₂ i A₃. U mlijeku je prisutno najviše A₁ vitamina, koji se naziva još i retinol, a on je i najznačajniji za ljudsku ishranu.

Vitamin A se nalazi u biljkama. U njima su prisutni i karotini koji predstavljaju provitamine. Razgradnjom provitamina dobiju se dvije molekule vitamina A. Od svih karotina, najznačajniji je β-karotin. Količina vitamina A u mlijeku zavisi od

ishrane životinja. Kod ishrane zelenom hranom količina vitamina A u mlijeku je mnogo veća nego pri ishrani suhim kabaštanim krmivima, repnim rezancima, pivskim tropom itd. To znači da sadržaj u mlijeku zavisi i od godišnjeg doba. 1 litar mlijeka može da podmiri ljeti 50%, a zimi 25% dnevne potrebe ovog vitamina. Odnos vitamina A i β -karotina u mlijeku je 3:1. Međutim, taj odnos se može mijenjati. Zimi u mlijeku ima više vitamina A, pa je mlijeko bijele boje (kao i maslac proizveden od takvog mlijeka), a ljeti ima više karotina pa je mlijeko žućkasto. Količina vitamina A i β -karotina je u kolostrumu 4-25 puta veća nego u mlijeku i to prvih 10-12 sati, kada je kolostrum žute boje.

Vitamin A i β -karotin su otporni na djelovanje visokih temperatura, kao i na prisustvo kisika, ali su zato osjetljivi na ultraviolettne zrake i svjetlost pri čemu dolazi do oksidacije. Uglavnom je u adsorpcionom sloju masnih kuglica.

Vitamin D – sastoji se iz grupe vitamina označenih kao D₂, D₃, D₄ i D₅. Za čovjeka su najznačajniji D₂ i D₃. D₂ se naziva još ergokalciferol, a D₃ holekalciferol. U biljkama se D vitamin nalazi u obliku provitamina pa se tako i u mlijeku nalazi većim dijelom u obliku provitamina. Prelazak iz provitamina u vitamin odvija se u prisustvu ultraljubičastih zraka. Mlijeko je veoma siromašno ovim vitaminom i 1 kg mlijeka može da podmiri 3-5% dnevnih potreba čovjeka.

Vitamin E – utvrđeno je postojanje 8 različitih supstanci označenih kao vitamin E ili tokoferol. Najznačajnije su α , β , γ i δ tokoferol. Ovaj vitamin nazivaju još i antisterilitetni. U mlijeku je nađen samo α -tokoferol. Pošto je topiv u mastima, najviše ga ima u adsorpcionom sloju masnih kuglica. Zato su, kao i kod vitamina A, proizvodi sa visokim sadržajem masti bogati E vitaminom, osim maslaca, jer prelazi u mlaćenicu. Količina α -tokoferola u mlijeku zavisi od ishrane krava, a time i od godišnjeg doba. Otporan je na djelovanje visokih temperatura, ali je osjetljiv na prisustvo svjetlosti i zraka.

Vitamin K – ovaj vitamin je neophodan za normalno zgrušavanje krvi, ali se naziva još i antihemoragični. Poznate su tri supstance označene kao K₁, K₂ i K₃. Za čovjeka je najvažniji K₃, jer je neophodan za obrazovanje protrombina. U mlijeko dopijeva preko hrane. Ima ga malo ali su i dnevne potrebe ljudskog organizma veoma male. Vrlo je otporan na grijanje, svjetlost i zrak.

Esencijalne masne kiseline – tu spadaju linolna, linoleinska i arahidonska. Nedostatak izaziva usporavanje rasta i razne promjene na koži. Ranije su se nazivale vitamin F. Danas se više ne smatraju vitaminom, nego materijama koje potpomažu funkciju nekih vitamina. Mlijeko je bogato ovim kiselinama, jer 1 kg mlijeka može da podmiri oko 50% dnevne potrebe.

Vitamin B – predstavlja skup materija koje se razlikuju po hemijskom sastavu, po biohemijskom dejstvu i po poremećajima koje izaziva njihov nedostatak. Naziva se još B kompleksom.

B₁ – tiamin ili aneurin - neophodan za rast i metabolizam svih životinja, mnogih biljaka i mikroorganizama. Nedostatak štetno djeluje na nervni sistem, izazivajući upalu nerava. Učestvuje i u sintezi masti. Količina u mlijeku je relativno konstantna, jer mikroorganizmi u buragu preživara sintetišu ovaj vitamin. Kasnije se mikrobi svare i iz krvi krave prelaze u mlijeko.

Tiamin je veoma otporan na oksidaciju. Grijanjem se razara ali nisu toliko štetne visoke temperature koliko dužina grijanja. U maslacu ga ima veoma malo. Više ga ima u sirevima (sintetišu ga mikroorganizmi dodate starter kulture). Mlijeko je srednje bogato tiaminom i zadovoljava oko 40% dnevne potrebe (1 kg mlijeka).

B₂ – riboflavin ili laktoflavin - neophodan je, jer učestvuje kao sastavni dio fermentata u oksidaciji glukoze, masnih kiselina i aminokiselina. Nedostatak izaziva dermatitise, konjuktivitis, keratitis, a duža avitaminoza može dovesti do prestanka rasta i smrti. Mlijeko se smatra bogatim izvorom ovog vitamina.

Količina laktoflavina u mlijeku ne zavisi od količine u stočnoj hrani, jer ga sintetiše mikroflora buraga. Otporan je na djelovanje visokih temperatura, ali se brzo razgrađuje pod uticajem svjetlosti.

B₆ – predstavlja tri supstance: piridoksin, piridoksal i piridoksamin. Mlijeko je siromašan izvor ovog vitamina, pa zadovoljava ispod 30% dnevnih potreba. Otporan je na grijanje, a osjetljiv na djelovanje svjetlosti.

PP – ovaj vitamin predstavljaju dvije supstance: nikotinska kiselina i nikotin amid. Ovaj vitamin je poznat pod nazivom niacin. Nedostatak izaziva bolest pelagru. U mlijeku ga ima jako malo, ali je inače jako rasprostranjen. U životinjskim organizmima je u obliku nikotin amida, a u biljkama u obliku nikotinske kiseline. Otporan je prema grijanju, svjetlosti i oksidaciji.

Pantotenska kiselina – važna je za metabolizam ugljenih hidrata, masnih kiselina i aminokiselina. Rasprostranjena je u prirodi i nisu zabilježeni slučajevi avitaminoze. Vrlo je otporna na grijanje, svjetlost i zrak.

H – naziva se još biotin ili bios II. Avitaminoza izaziva bolove u mišićima, dermatitis, opštu slabost i nervnu depresiju. 1 kg mlijeka zadovoljava samo 15% dnevnih potreba. Osjetljiv je na grijanje, a otporan na svjetlost i zrak.

Folacin – predstavlja grupu materija i to folnu kiselinu i njena jedinjenja. Avitaminoza izaziva usporen rast, anemiju i sl. Kod mnogih organizama ovaj vitamin je neophodan za razvoj i razmnožavanje. 1 kg mlijeka zadovoljava oko 14% dnevnih potreba.

B₁₂ – predstavlja grupu jedinjenja koju nazivamo kobalaminima. Najvažniji je cianokobalamin. Mikroflora u buragu preživara sintetiše ovaj vitamin i on prelazi u mlijeko. Avitaminoza izaziva vrlo tešku anemiju (perniciozna). Mlijeko se smatra

bogatim izvorom ovog vitamina. Naročito ga dosta ima u surutki. Dužina grijanja i zrak dovode do razgradnje.

Vitamin C – sastoji se od dvije supstance od kojih je važnija askorbinska kiselina. Avitaminoza izaziva pojavu skorbuta. Za organizam je važan, jer učestvuje u oksidoredukcionim procesima. Od svih vitamina, apsolutno je najviše vitamina C u mlijeku, ali je mlijeko siromašno ovim vitaminom, jer su i dnevne potrebe veće. Veoma je osjetljiv na grijanje, svjetlost i zrak.

Promjene u količini vitamina u tehnološkim procesima

Očito je da su vitamini manje ili više otporni na djelovanje visokih temperatura, svjetlosti i zraka. Količina vitamina u mlijeku i mliječnim proizvodima se neće mijenjati ako u toku tehnoloških procesa vodimo računa o tome da mlijeko što kraće grijemo i to u zatvorenom sistemu bez prisustva zraka i pod što manjim uticajem svjetlosti. Ovo važi i za izbor ambalaže i skladištenje.

Biološka i energetska vrijednost mlijeka

Mlijeko spada u grupu rijetko vrijedne hrane za čovjeka. Ono sadrži brojne i veoma važne materije neophodne za normalan razvoj i održanje organizma. Shodno svojoj namjeni, mlijeko predstavlja jedinstvenu hranu, koja može podmiriti sve potrebe organizma mladunčeta sisara. Pored visoke hranjive vrijednosti pojedinih sastojaka, prednost mlijeka je u tome, što se ti sastojci nalaze u najpovoljnijem međusobnom odnosu, koji omogućava visok stepen iskorištenosti od strane organizma. Zato se mlijeko sa stanovišta ishrane smatra namirnicom koja je po svom sastavu i osobinama najbliža savršenoj hrani.

Po značaju u ishrani, proteini su najvažniji sastojak mlijeka. Spadaju u grupu punovrijednih proteina tj. onih koji sadrže sve aminokiseline, neophodne za izgradnju proteina organizma. Posebna vrijednost proteina mlijeka je u tome što sadrže u velikoj količini esencijalne aminokiseline. Preko 40% svih aminokiselina, koje se nalaze u kazeinu otpada na esencijalne. Proteini surutke (albuminska i globulinska frakcija) su još vrijedniji u ovom pogledu.

Stepen svarljivosti proteina mlijeka iznosi u prosjeku 96%, pri čemu je taj stepen za kazein 95, a za laktoalbumin 97%.

Mliječna mast se znatno razlikuje od ostalih jestivih masti. Ona sadrži veći broj masnih kiselina, što joj daje posebnu biološku vrijednost. Mliječna mast ima oko 10% niskomolekularnih isparljivih masnih kiselina i oko 6% nezasićenih sa brojem ugljikovih atoma ispod C 16. Mliječna mast ima nižu tačku topljenja od tjelesne temperature te se lako emulgira i resorbuje u organizmu za varenje. Posebna vrijednost mliječne masti je u tome što je dispergovana u sitne kuglice,

što opet omogućava lakšu i bržu resorpciju. Ako je mliječna mast dispergovana u kuglice ispod 0,5 mikrona, resorpcija se može vršiti i bez saponifikacije.

Laktoza u ishrani služi uglavnom kao izvor energije, a svarljivost joj iznosi oko 98%. Mlijeko je savršen izvor kalcija, fosfora i laktoferina. Ono sadrži značajne količine vitamina A, B₁ i B₂. Mlijeko služi kao osrednji izvor željeza i bakra, a siromašan je izvor vitamina C, nikotinske kiseline i vitamina D.

Energetska odnosno kalorična vrijednost mlijeka varira u zavisnosti od količine masti, proteina i laktoze i kreće se od 650 – 690 Kcal/kg. Obično se izražava u Kcal u 100 grama po Rubner-u. Obračun se vrši na slijedeći način:

$$\begin{array}{ll} \% \text{ mliječne masti} & \times 9,3 \text{ Kcal/g} = A \\ \% \text{ laktoze} & \times 4,1 \text{ Kcal/g} = B \\ \% \text{ proteina} & \times 4,1 \text{ Kcal/g} = C \end{array}$$

$$A + B + C = \text{Kcal u 100 g} \times 4,184 = \text{KJ u 100g}$$

Ovaj obračun važi i za ostale mliječne proizvode. Uobičajeno, energetska vrijednost se izražava u KJ (kilodžulima) što predstavlja kaloričnu vrijednost pomnoženu sa koeficijentom 4,184.

Fizička svojstva mlijeka

Kiselost

Kada se u mlijeko umoči crveni lakmus papir on poplavi, a kada se umoči plavi, on pocrveni. Ovako se mlijeko ponaša (kao amfoterno) samo prema lakmusu dok u prisustvu drugih indikatora (fenolftalein) koji su osjetljivi na prisustvo vodonikovih iona pokazuje kiselost svojstva. Mlijeko ima kiselost svojstva što se može utvrditi titracijom sa bazama i određivanjem pH vrijednosti. Prema tome, kod mlijeka razlikujemo:

1. titracionu kiselost
2. pH vrijednost

Titraciona kiselost je rezultat kiselih svojstava komponenti mlijeka. Na kiselost utiču proteini, najviše kroz kisele soli, CO₂ i askorbinsku kiselinu. Titraciona kiselost se najčešće izražava brojem mililitara baze određenog molariteta potrebnih za neutralizaciju 100 ml mlijeka, uz dodatak indikatora fenolftaleina. Kao baza najčešće se koristi NaOH. Postoji više metoda za određivanje kiselosti npr. metoda po Dorniku (Dornic), po Terneru (Thörner) i po Sokslet-Henkelu (Soxhlet-Hönkel). Kod nas se koristi metoda po Soxhlet-Hönkel-u, a izražava se u stepenima npr. kiselost u stepenima SH predstavlja broj mililitara 0,25 M NaOH (ili 0,1M) utrošenih za neutralizaciju 100 ml mlijeka. Kiselost nije stalna veličina.

Kod svježeg mlijeka se kreće od 6,5 do 7°SH. Kiselost se može izraziti i u procentima mliječne kiseline.

Može se desiti da mlijeko ima višu ili nižu kiselost. To može biti individualno svojstvo, rezultat produžene laktacije, ishrane, bolesti itd.

Ova kiselost koju ima tek pomuženo mlijeko naziva se prirodna kiselost. Međutim, ako mlijeko stoji na sobnoj temperaturi, kiselost će se povećati zbog fermentacije laktoze od strane mikroorganizama i stvaranja mliječne kiseline. Ova kiselost se naziva naknadna ili nastala kiselost. Zbir prirodne i nastale kiselosti naziva se ukupnom koja se određuje titracijom. Svrha određivanja kiselosti je da se dobije uvid u porast pod uticajem mikroorganizama, jer značajnije povećanje kiselosti dovodi do slabljenja tehnoloških svojstava mlijeka.

U takvom mlijeku je broj bakterija povećan, stabilnost koloidnog rastvora je poremećena tako da pod dejstvom povišenih temperatura pasterizacije ili sterilizacije može nastupiti parcijalna ili potpuna koagulacija kazeina, što uzrokuje niz problema u tehnološkom procesu proizvodnje. To znači da je takvo mlijeko nepodesno za preradu i sa higijenskog i sa tehnološkog aspekta, pa se zato velika pažnja posvećuje kiselosti mlijeka prilikom prijema i pri otkupu na sabirnom području. Zbirno mlijeko koje ima više od 7,5°SH se po pravilu ne prima u mljekaru ili se otkupljuje po znatno nižoj cijeni i koristi za prinudnu preradu.

Određivanje titracione kiselosti prilikom prijema u mljekaru je prilično sporo. Zbog toga se koriste druge brze metode za određivanje kiselosti. To su najčešće alkoholna i alizarolna proba, proba sa crvenom lužinom i proba na kuhanje. Kod većine ovih metoda je postavljena granica. Mlijeko koje izdrži probu ima normalnu kiselost.

pH mlijeka – predstavlja aktivnu kiselost i izražava se koncentracijom H⁺ iona. Prosječna pH vrijednost mlijeka je 6,6 sa varijacijama od 6,5 do 6,7 sa ekstremnim vrijednostima za individualna grla od 6,3 do 6,85. pH vrijednost viša od 6,8 pokazuje da mlijeko potiče od krava oboljelih od mastitisa ili nekih drugih poremećaja sekrecije ili da je mlijeku dodana soda bikarbona u cilju maskiranja povećane kiselosti.

Titraciona kiselost i pH vrijednost ne stoje u korelaciji. To znači da povećanu kiselost ne prati adekvatno smanjenje pH vrijednosti. Ovo se dešava zbog toga što mlijeko sadrži puferne supstance koje se protive promjeni pH vrijednosti.

Gustoća

To je fizičko svojstvo koje se koristi za upoređivanje masa različitih supstanci. Prema tome, gustoća je masa po jedinici zapremine i zrazava se u kg/m³ ili kg/dm³.

Gustoća je rezultanta količine i gustoće pojedinih sastojaka mlijeka. Mliječna mast ima najmanju gustoću ($0,93 \text{ kg/dm}^3$) pa bi po nekoj logici mlijeko sa više masti moralo imati i manju gustoću. Ovo bi bilo tačno pod uslovom da se količina ostalih sastojaka mlijeka ne mijenja. Povećanje količine masti u mlijeku ima za posljedicu povećanje količine proteina, naročito kazeina. Kazein više utiče na povećanje gustoće, nego mast na smanjenje, pa zato masnije mlijeko ima istu ili veću gustoću.

Gustoća mlijeka zavisi od niza faktora: rasa, period laktacije i dr. Zato je tesko dati neku prosječnu vrijednost. Gustoća na 15°C se obično kreće od $1,032$ do $1,033 \text{ kg/dm}^3$ sa variranjem od $1,028$ do $1,035 \text{ kg/dm}^3$. Ovakva variranja su izražena kod mlijeka individualnih grla dok se kod zbirnog mlijeka ova vrijednost kreće oko $1,032 \text{ kg/dm}^3$.

Usljed dodavanja vode, gustoća se smanjuje i približava jedinici. 10% dodane vode smanjuje gustoću za $0,003 \text{ kg/dm}^3$. Oduzimanjem masti (obiranjem) gustoća se povećava, pa obrano mlijeko ima gustoću oko $1,034$ - $1,036 \text{ kg/dm}^3$.

Ovo pokazuje da se normalna gustoća može postići oduzimanjem masti i dodavanjem vode u mlijeko. To znači da određivanje samo gustoće nije dovoljan pokazatelj kvaliteta mlijeka, pa se moraju izvršiti i druge analize, prvenstveno mast. U mljekarskoj praksi se koristi termin specifična težina. To je relativan broj i nema jedinica. Specifična težina predstavlja težinski odnos jednakih zapremina mlijeka i vode na temperaturi od 15°C .

Tačka mržnjenja

Prosječna tačka mržnjenja mlijeka iznosi $-0,545^\circ\text{C}$, sa varijacijama od $-0,530$ do $-0,555^\circ\text{C}$. Zbirno mlijeko pokazuje mala kolebanja što je logično, jer je tačka mržnjenja direktno zavisna od osmotskog pritiska.

Razvodnjavanjem se povećava tačka mržnjenja tj. približava se 0°C . To je zbog smanjenja koncentracije materija koje izazivaju sniženje tačke mržnjenja mlijeka. Ova osobina je iskorištena za dokazivanje procenta dodate vode (1,7% dodate vode povećava tačku mržnjenja za $0,01^\circ\text{C}$).

Povećana kiselost mlijeka utiče na sniženje tačke mržnjenja na taj način što bakterije mliječne kiseline previru jednu molekulu laktoze u 4 molekule mliječne kiseline. Pošto osmotski pritisak, a i tačka mržnjenja, zavise od broja čestica, razumljivo je da dolazi do sniženja tačke mržnjenja u slučaju povećanja kiselosti.

Temperatura ključanja

Temperatura ključanja je kod mlijeka $100,2^\circ\text{C}$. Mlijeko ključa na temperaturi višoj od 100 stepeni zbog materija rastvorenih u vodi.

Obrazovanje pjene

Ako ubrizgavamo vazduh u mlijeko kao što se dešava prilikom ručne muže, kod presipanja mlijeka, pumpanja i sl., obrazovaće se pjena. Kada zrak dospije u mlijeko imaće loptast oblik zbog ravnomjernog djelovanja okolnih molekula. U odnosu na mlijeko, mjehurić zraka predstavlja novu fazu i površinski aktivne materije se koncentrišu na njegovoj površini, obrazujući sloj koji predstavlja neku vrstu opne. Pošto je lakši od mlijeka, mjehurić zraka nastoji da ispliva i izlazeći na površinu iznosi sa sobom tanak sloj mlijeka koji u odnosu na vazduh predstavlja novu fazu. I ovdje dolazi do koncentrisanja površinski aktivnih materija na graničnoj površini, što dovodi do djelimičnog obrazovanja i druge opne mjehurića. Ova druga opna se obrazuje samo kod mjehurića koji su u kontaktu sa zrakom. Kada više mjehurića dođe u dodir, mijenjaju svoj sferični oblik u poliedrični. Između mjehurića se nalaze sastojci mlijeka. Kada pjena miruje, mlijeko između mjehurića otiče, pa se oni približavaju. Ostaju samo masne kuglice koje vrše pritisak na mjehuriće pa oni pucaju. Pucali bi i bez prisustva masnih kuglica ali sporije. Ovako se može objasniti zašto je pjena stabilnija kod obranog mlijeka.

Kada mjehurići počnu da pucaju, oni izazivaju pucanje onih u svojoj okolini pa pjena nestaje. Pjena je od velikog značaja u tehnologiji mlijeka. Pri proizvodnji maslaca na klasičan način pjena predstavlja uslov za efikasno bučkanje pavlake. Površinski aktivne materije prelaze na graničnu površinu zrak-pavlaka, a to dovodi do destabilizacije adsorpcionog sloja masne kuglice što opet dovodi do lakšeg spajanja masti. Međutim, pjena može pričinjavati velike poteškoće u tehnologiji. Kod obranog mlijeka, sloj pjene u posudama može biti jako visok. Obrazovanje pjene je nepoželjno i pri proizvodnji kondenzovanog mlijeka i u vakuum uparivačima, što dovodi do privremenog prestanka proizvodnje.

Obrazovanje adsorpcionog sloja masnih kuglica

Prilikom homogenizacije, dolazi do usitnjavanja masnih kuglica, pa se time znatno povećava površina novoobrazovanih čestica masti. Na slobodnoj površini masnih kuglica koncentrišu se proteini mlijeka što omogućava veću stabilnost emulzije masti. Ova preraspodjela proteina između plazme i masti odražava se na niz tehnoloških i drugih osobina mlijeka.

Obrazovanje pokožice (skrame)

Prilikom zagrijavanja mlijeka u otvorenim sudovima na temperature preko 50°C, dolazi do obrazovanja skrame na površini. Ova pojava nastaje zbog ubrzane denaturacije proteina u površinskom sloju koje su tu koncentrisane u većoj količini zbog djelovanja temperature. Ova pojava je nepoželjna kod pasterizovanog mlijeka pa se zato pasterizacija vrši u zatvorenim posudama uz miješanje ili u protoku.

U zatvorenoj posudi se skrama ne stvara zato što stvorena para smanjuje površinsku energiju i nema koncentrisanja proteina u graničnom sloju. Ako mlijeko miruje izvjesno vrijeme na površini će se izdvojiti mast. Ovo predstavlja osnovu proizvodnje kajmaka.

Mikrobiologija mlijeka

Mikroorganizmi ne spadaju niti u životinjski niti u biljni svijet, jer su neki bliži biljkama a neki životinjama, dok neke vrste nemaju određeni oblik.

Veći dio tijela mikroorganizama sastoji se od vode (oko 90%) tako da im je ona neophodna za život i razmnožavanje. Važna im je i voda u supstratu i voda (vlaga) u vazduhu. Međutim, mnogi organizmi mogu preživjeti nedostatak vode s tim što obustavlja životne procese. Bakterije i kvasci rastu tek kod vlage iznad 35%, a plijesni već kod 14%.

Za razvoj mikroorganizama važna je i reakcija sredine. Mnoge plijesni i kvasci vole kiselu sredinu (pH 4,5-5,5), dok većina bakterija traži slabo kiselu sredinu, neutralnu ili alkalnu (pH 6,5-7,5).

Mikroorganizmi se mogu razvijati i rasti u dosta širokim temperaturnim granicama. Međutim, postoje maksimalne, optimalne i minimalne temperature za razvoj mikroorganizama. U principu, one se razvijaju na temperaturama u rasponu između tačke smrzavanja vode i temperatura na kojima proteini protoplazme koaguliraju. Hladnoća ne uništava mikroorganizme ali im zaustavlja rast. Bakterije mogu izdržati 10 sati izlaganja na -250°C . One mogu biti, međutim, oštećene postupcima smrzavanja i odmrzavanja. Životne funkcije ćelije bakterija gotovo potpuno prestaju na temperaturama blizu tačke smrzavanja vode zbog toga što ćelije imaju visok sadržaj vode koja tada smrzava. Kada se ovo dogodi, ćelija ne može više da apsorbuje hranu kroz zid membrane. Ako se temperature podignu iznad maksimuma toplota ubija mikroorganizem. Većina ćelija umire pri izlaganju nekoliko sekundi na 70°C , ali neke bakterije mogu preživjeti grijanje do 80°C u toku 5 minuta čak iako ne formiraju spore. Treba mnogo viša temperatura da se ubiju spore i suhi tretman je manje efektivan od vlažnog. Tretman sa parom na 120°C , 30 minuta, osigurava uništavanje svih spora ali kod suhog tretmana bakterije moraju biti držane na 160°C 2 sata da bi se garantovalo 100% uništenje spora (postupak suhe sterilizacije u laboratoriju).

U odnosu na temperaturu, sve mikroorganizme možemo podijeliti na:

1. psihofilne (razvoj na niskim temperaturama), psihotrofni ili mezofilni sojevi koji se mogu razmnožavati na 7°C ili niže bez obzira na optimum
2. mezofilne (razvoj na srednjim temperaturama),
3. termofilne (razvoj na višim temperaturama),
4. psihotrofne (razvoj na izrazito nižim temperaturama).

Postoje i termootporne koje prežive temperaturu iznad 70°C .

Mikroorganizmi za život trebaju kisik, koji se nalazi u zraku (oko 21%). Međutim, odnos pojedinih vrsta mikroorganizama prema zraku je različit i na osnovu toga ih dijelimo na:

1. obavezno (obligatno) aerobe za čiji je razvoj nužan zrak,
2. izborno (fakultativno) aerobne, koji se mogu razvijati uz ili bez prisustva zraka, ili ga ne traže za razvoj,
3. obavezno (obligatno) anaerobne, koji se ne razvijaju u prisustvu zraka, ili ga ne traže za razvoj.

Anaerobni mikroorganizmi trebaju kisik za disanje i rast, ali ga ne koriste iz zraka nego koriste vezani kisik (intramolekularno disanje).

Mikroorganizmi koriste svu hranu kao i ostala živa bića:

1. Ugljene hidrate pribavljaju iz šećera, skroba i celuloze
2. Azotne materije dobivaju iz mesa, bjelanceta, kazeina i drugih azotnih spojeva kao što su urea, amidi, aminokiseline ili neposredno iz zraka
3. Vodik i kisik dobivaju iz vode, iz ugljenih hidrata, nitrata, sulfata, a kisik i direktno iz zraka
4. Anorganske materije uzimaju iz soli koje sadrže potrebne elemente (S, P, Cl, K, Na, Ca, Mg, Fe i dr.)
5. Vitamine pribavljaju iz različitih organskih materija.

Ako u nekoj sredini ima hranjivih materija u suvišku npr. soli, šećera, one mogu sprečavati razvoj mikroorganizama.

Mlijeko sadržava vodu i sve hranjive sastojke potrebne za metabolizam većine mikroorganizama (laktoza, proteini, lipidi i drugo). Svježe pomuženo mlijeko je toplo (od tijela krave, oko 37°C), a ima pH vrijednost (6,5-6,7) povoljnu za rast većine bakterija.

Od časa proizvodnje pa sve do potrošnje mlijeka i mliječnih proizvoda, mikroorganizmi aktivno djeluju na promjene njihovog sastava i svojstava. Ove promjene mogu biti korisne (fermentacija mlijeka u proizvodnji fermentisanih napitaka, stvaranje arome kod maslaca, stvaranje arome i strukture kod sireva i sl.), ili štetne (kvarenje mlijeka, užeglost maslaca, nadimanje i nepoželjan okus i miris kod sireva i sl.). Tehnološki procesi koje primjenjujemo u preradi pojedinih proizvoda imaju, pored ostalog, zadatak da podstiču korisno djelovanje mikroorganizama, odnosno da sprečavaju njihovo štetno djelovanje.

Porijeklo mikroorganizama u mlijeku

Od časa muže, u toku primarne obrade, čuvanja i transporta, mlijeko dolazi u dodir sa okolinom koja je izvor mikroorganizama. U te izvore ubrajamo: muznu stoku, osoblje koje muže i radi sa mlijekom, insekte, mljekarski pribor, prostirka, stočna hrana, zrak, voda, štala, strojevi za mužu, prašina i dr. Uz dobre

higijenske uslove, mlijeko zdrave životinje sadrži jako malo mikroorganizama. I pored održavanja najbolje moguće higijene nije moguće proizvesti mlijeko bez mikroorganizama. Broj zavisi i od čistoće uređaja za mužu, posuđa, krpa za cijedenje i sl.

Mikroorganizmi iz vanjske sredine kroz sisne otvore dopijevaju u vime, tu se razmnožavaju i prilikom muže dopijevaju u mlijeko. To nisu neki posebni mikroorganizmi, nego oni iz vanjske sredine. Među njima su najzastupljenije mikrokoke, koje čine oko 60% mikroflora vime, pa ih neki autori nazivaju mamokoke. Pored ovih, u mlijeku se nalaze još korinebakterije i neke štapičaste kojima pogoduje temperatura, vlaga i hrana u vimenu. Broj živih mikroorganizama od 100.000 u 1 ml svježe pomuženog mlijeka upućuje na prisutnost mikroflora iz okoline. Količina bakterija u svježe pomuženom mlijeku može biti uvećana za uzročnike mastitisa.

| | |
|--|-------------------------|
| <i>E. coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Str. Agalacticeae</i> | patogeni za ljude |
| <i>Str. dysgalacticeae</i> i <i>uberis</i> | |
| <i>Str. Pyogenes</i> | Šarlah i katar ždrijela |
| <i>Mucobacterium bovis</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Nocardia</i> spp., <i>Actinomyces</i> spp., <i>Cryptococcus neoformans</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Clostridium perfringens</i> | |

Svježe mlijeko koje stiže u mljekaru ima mnogo veći broj mikroorganizama nego neposredno iza muže. Veliki broj dolazi od nečiste stoke, prljavih ruku muzača, od muha i drugih insekata.

Sa poboljšanjem uslova proizvodnje i hlađenjem mlijeka, povećava se učešće psihofilnih bakterija. Za kvalitet mlijeka važan je ne samo broj, nego i vrsta

prisutnih mikroorganizama. Samo nekoliko hiljada uzročnika slinavke ili šapa, tuberkuloze ili tifusa mnogo je opasnije nego par miliona bakterija mliječnokisele fermentacije.

Svi mikroorganizmi dospjeli u mlijeko odmah iza muže i iz vimena čine primarnu mikrofloru mlijeka. U mlijeku se kasnije razvija sekundarna mikroflora porijeklom iz okoline sa kojom mlijeko dolazi u dodir nakon muže.

Iz vanjske okoline, u mlijeko dopijevaju još razne tipične i atipične bakterije mliječno-kisele fermentacije, zatim predstavnici rodova *Proteus* i *Pseudomonas*, te ponekad *Bacillus* i *Clostridium*.

| IZVOR | VRSTA |
|----------------|---|
| HRANA I STELJA | <i>Bacillus</i> i <i>Clostridium</i> |
| FECES | <i>Salmonella</i> i <i>Campylobacter</i> |
| OPREMA | Gram-negativne psihrotrofne |
| ČOVJEK | <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Protozoa</i> , <i>Cryptosporium</i> |
| VODA | <i>Aeromonas</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Salmonella</i> |
| STOČNA HRANA | <i>Listeria monocytogenes</i> |

Baktericidna faza mlijeka

Ako se mlijeko iza muže ostavi da stoji na sobnoj temperaturi došlo bi do razvoja mikroorganizama s jedne strane pod uticajem faktora koji taj rast i razmnožavanje potpomažu (temperatura, hrana, vlaga) i, s druge strane, pod uticajem faktora koji koče i usporavaju razvoj mikroorganizama (mikrobicidne i mikrostatičke materije).

U prvoj fazi stajanja mlijeka zapaža se stagniranje u razvoju mikroorganizama. Njihov broj se čak može smanjiti. Ova faza se naziva baktericidna faza. Traje od 2 do 5 sati, pa i više, zavisno od temperature. U mlijeku su pronađene materije slične proteinima, koje su nazvane laktenin 1 i laktenin 2, a djelovanje im je mikrostatičko. Pored toga se u mlijeku, a naročito kolostrumu nalaze i druge inhibitorne materije. Ova faza se zove i lag-faza, vrijeme potrebno da se bakterije prilagode na sredinu.

U drugoj fazi dolazi do naglog razmnožavanja mikroorganizama i njihov broj naglo raste. Ona se zove log-faza jer se bakterije množe logaritmički

U trećoj fazi dolazi do zaustavljanja rasta mikroorganizama zbog inhibitornog djelovanja produkata metabolizma koji se nakupljaju u okolnoj sredini i zbog povećane kiselosti. U ovoj fazi zbog povećane kiselosti pri pH 4,6 (izoelektrična tačka kazeina) dolazi do grušanja mlijeka.

U četvrtoj fazi ćelije izumiru ubrzano, a stvaranje novih ćelija potpuno prestaje. Ove faze možemo prikazati na slijedeći način:

1. Lag faza (broj mikroorganizama nepromijenjen ili se smanjuje)
2. Log faza (broj mikroorganizama se povećava logaritamskom progresijom)
3. Stacionarna faza (rast i odumiranje podjednako)
4. Faza odumiranja (iscrpljen supstrat, toksične materije-produkti metabolizma, broj mikroorganizama se smanjuje)

Ako bi bilo moguće da se u toku baktericidne faze mlijeka poduzmu sve mjere opreza, pa da se kontaminacija svede na najmanju mjeru imali bi dobro mlijeko. Trajanje *lag-faze* zavisi prvenstveno od temperature pa je mlijeko potrebno što prije ohladiti na +4°C, da bi se broj mikroorganizama držao na što nižem nivou iako niže temperature mogu pogodovati razvoju nekih psihrotrofa zbog čega treba izbjegavati duže skladištenje i mlijeko treba što prije toplotno obrađivati ili prerađivati u mliječne proizvode.

Bakterije mlijeka

U mljekarstvu su najvažnije bakterije mliječnokisele fermentacije. One čine normalnu mikrofloru mlijeka i gotovo su uvijek prisutne u mlijeku i mliječnim proizvodima. Na osnovu fizioloških osobina mogu se podijeliti na atipične i tipične bakterije mliječnokisele fermentacije. Tipične su one koje pri fermentaciji mliječnog šećera proizvode prvenstveno mliječnu kiselinu. Fakultativno su anaerobne, ne reduciraju nitrate i sadrže katalazu. Netipične su one koje proizvedu malo mliječne kiseline, a više drugih proizvoda fermentacije. Aerobne su, sadrže katalazu i reduciraju nitrate.

Tipične bakterije mliječnokisele fermentacije su laktokoke i laktobacili.

Laktokoke su okrugle ili jajolike, nalaze se u parovima i lancima, gram pozitivne su, fakultativno anaerobne. Laktobacili su štapići, bilo dugi ili tanki, bilo kraći ili okruglasti. Nalaze se u lancima i pojedinačno, gram pozitivni su, fakultativno anaerobni, a neke vrste su striktno anaerobne. Neke vrste ovih mikroorganizama stvaraju pretežno mliječnu kiselinu, dok druge uz mliječnu kiselinu stvaraju još i sirćetnu, ugljičnu i alkohol.

OKRUGLASTE BAKTERIJE

Rod *Lactococcus* (laktokokus)

***Lactococcus lactis* ssp. *lactis* (laktis)** – stari naziv *Streptococcus lactis* (*Str. lactis* ssp. *lactis*). Optimalna temperatura je oko 30°C.

***Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* (kremoris)** - stari naziv *Streptococcus cremoris* (*Str. lactis* ssp. *cremoris*). stvara znatnu količinu mliječne kiseline. Optimalna temperatura mu je oko 30°C, ali raste na 10-40°C.

***Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* (diacetilaktis)** - stari naziv *Streptococcus diacetylactis* (*Str. lactis* ssp. *diacetylactis*). Ima ista svojstva kao *L. lactis* ali može fermentisati citrate u acetoin i diacetil.

Rod *Streptococcus* (streptokokus)

***Streptococcus thermophilus* (termofilus)** - stari naziv *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*. Optimalno se razvija na 40-45°C, ali raste i kod 50°C. Koristi se kao kultura kod fermentisanih napitaka i kod nekih sireva.

Rod *Pediococcus* (pediokokus)

Rod *Leuconostoc* (leukonostok)

***Leuconostoc mesenteroides* ssp. *dextranicum* (dekstranikum)** – stari naziv *Leuconostoc dextranicum* (dekstranikum). Optimalna temperatura mu je 20-30°C.

***Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* (kremoris)** – stari naziv *Leuconostoc cremoris* ili *L. citrovorus*. Optimalna temperatura je 18-25°C.

***Leuconostoc mesenteroides* ssp. *mesenteroides* (mesenteroides)** – stari naziv *Leuconostoc mesenteroides*. Optimalna temperatura 20-30°C.

Leuconostoc lactis*, *Leuconostoc paramesenteroides – optimum oko 30°C.

Rod *Micrococcus* (mikrokokus)

Rod *Staphylococcus* (stafilokoke)

Rod *Enterococcus*

Enterococcus faecalis – stari naziv *Streptococcus faecalis*. Prisustvo u vodi i hrani se povezuje sa fekalnom kontaminacijom. Optimum 37°C.

ŠTAPIĆASTE BAKTERIJE – LAKTOBACILI I MIKROBAKTERIJE

Rod *Lactobacillus* (laktobacilus)

Tu spadaju mnoge vrste važne za mljekarstvo. Štapićastog su oblika, homofermentativni. Proizvode uglavnom mliječnu kiselinu, a ostale proizvode u tragovima. Optimalna temperatura im je 30-40°C, a rastu od 5 do 53°C. Aerobni su ili fakultativno aerobni. U mlijeko dopijevaju iz vanjske sredine.

Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis – stari naziv *Lactobacillus lactis* (laktis) koristi se u kulturi za proizvodnju polutvrdih i tvrdih sireva. Optimalna temperatura je 40-43°C.

***Lactobacillus helveticus* (helvetikus)**. Sudjeluje u zrenju ementalskog i drugih tipova švajcarskih sireva. Optimum je oko 45°C.

***Lactobacillus acidophilus* (acidofilus)**. Optimum je oko 45°C. Fermentira acidofilno mlijeko, a koristi se i u proizvodnji kefira. Povoljno djeluje na mikrofloru probavnog trakta.

Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus – stari naziv *Lactobacillus bulgaricus* (bulgarikus). Optimum je 40-45°C. Koristi se u proizvodnji jogurta, kiselog mlijeka i tvrdih sireva.

Lactobacillus casei ssp. rhamnosus. Nalazi se u mlijeku i mliječnim proizvodima. Optimum je 40-45°C. Značajan u proizvodnji fermentiranih napitaka.

Rod *Microbacterium* (mikrobakterijum)

Netipične bakterije mliječnokiselog vrenja

Koliformni organizmi koji fermentiraju laktozu - Rod *Escherichia* (ešerihija)

Potiče iz crijeva životinja i čovjeka, sa biljaka i iz vode. Neke vrste ovih bakterija uzrokuju crijevne bolesti kod ljudi zbog proizvodnje enterotoksina. Ove su bakterije često prisutne u mlijeku. Čine velike štete u mlijeku i mliječnim proizvodima (sluzavost mlijeka, nadimanje i rupičasto tijesto kod sireva, neugodan miris i okus). Njihovo prisustvo govori o lošoj higijeni pri muži i daljem postupku sa mlijekom. U ovu grupu spadaju *Escherichia coli* (koli) i *blattae*.

Rod *Propionibacterium* (propionske bakterije)

Fermentiraju mliječnu kiselinu i iz nje nastaje propionska kiselina, manja količina mravlje, sirćetne i jantarne kiseline, te CO₂. Ove bakterije su značajne za proizvodnju tvrdih sireva. Stvaranjem CO₂ i nešto H nastaju u siru karakteristične šupljine ementalskog sira.

Bakterije sirćetnog vrenja

Rod *Acetobacter* (sirćetne bakterije). Predstavnik: ***Acetobacter aceti***.

PROTEOLITIČKE BAKTERIJE

Proteoliza pod uticajem bakterija može teći do različitog stepena, uključujući peptide, aminokiseline, amonijak, sve do slobodnog azota. Neke od njih izazivaju slatko grušanje.

1. PROTEOLITIČKE BAKTERIJE KOJE NE STVARAJU SPORE

Rod *Proteus*

Rod *Pseudomonas*

Rod *Serratia* (seracija)

Rod *Alcaligenes* (alkaligenes)

Rod *Brevibacterium*

Brevibacterium linens, izaziva proteolizu i daje crveno do narandžasto obojenje. Učestvuje u zrenju limburškog sira (stvara crvenu mažu).

2. PROTEOLITIČKE BAKTERIJE KOJE STVARAJU SPORE

U ovu grupu spadaju bakterije koje stvaraju spore otporne na djelovanje visokih temperatura, te mogu preživjeti pasterizaciju. Zato se mogu naći u pasterizovanom mlijeku i proizvodima napravljenim od njega. Mogu biti aerobne i anaerobne. Tu spadaju mnoge vrste iz rodova ***Bacillus*** i ***Clostridium***.

a) Rod *Bacillus* (aerobne sporogene proteolitičke bakterije)

To su kratki štapići, pokretni, pojedinačni ili u lancima. Intenzivno razlažu proteine i stvaraju amonijak. Značajnije vrste su:

Bacillus cereus

Bacillus anthracis (antracis). Izaziva oboljenje antraks.

Bacillus subtilis

b) Rod *Clostridium* (anaerobne sporogene proteolitičke bakterije)

Proizvode spore – klostridije – karakterističnog kruškastog oblika. Fermentišu laktozu i proteine. Prouzrokuju štetu mljekarstvu, jer uzrokuju kasno nadimanje sireva. Pasterizacija nije djelotvorna zaštita protiv njih, jer se spore množe. Najznačajnije vrste iz ovog roda su:

Clostridium butyricum

Clostridium tyrobutyricum

Clostridium botulinum, uzrokuje bolest botulizam

KVASCI

Za mljekarstvo su od značaja askosporogeni kvasci iz roda ***Saccharomyces***, te asporogeni kvasci iz rodova ***Torulopsis***, ***Mycoderma*** i ***Candida***. Kvasci se u prirodi nalaze u velikom broju, ali za mljekarstvo nisu toliko značajni kao bakterije. Optimalna temperatura je 20-30°C. Pasterizacijom se uništavaju. Neki kvasci su sposobni da žive u simbiozi upravo u kefiru. Ako se pojave u velikom

broju u mlijeku i mliječnim proizvodima, stvaraju okus po kvascu i gorčinu. Ovo se može spriječiti jačim soljenjem.

PLIJESNI

Plijesni su aerobne i razvijaju se u širokom dijapazonu pH i temperature. Optimalne temperature su od 20-30°C. Vegetativni oblici su neotporni prema toplini. Plijesni aktivno razgrađuju ugljene hidrate, mast i proteine. Većina plijesni su saprofiti, a ima i patogenih vrsta. U konzumnom mlijeku, fermentisanim proizvodima, na uređajima i u prostorijama mljekare su štetni. Kod nekih sireva (sa unutrašnjim i vanjskim plijesnima) su korisne i neophodne da bi se dobio proizvod određenog kvaliteta. Ovdje spadaju plijesni iz rodova ***Penicillium***, ***Aspergillus***, ***Cladosporium***, ***Mucor***, ***Geotrichum*** i ***Oidium***.

Rod *Penicillium*

Penicillium commune (komune) – podrumaska plijesan, koju karakteriše zelena boja i jak miris na plijesan. Štetna je na maslacu, jer izaziva lipolizu, a na siru stvara zelenu prevlaku.

Penicillium camemberti (kamemberti) plava plijesan sireva camembert i brie. Koristi se kao kultura u proizvodnji kamembera.

Penicillium candidum (kandidum) je bijela plijesan kamembera. Trajno zadržava bijelu boju.

Penicillium roqueforti (rokforti) je plavo zelena plijesan, koja se koristi pri proizvodnji rokfora, gorgonzole, stiltona i drugih sireva sa unutrašnjim plijesnima.

Zarazne bolesti koje se prenose mlijekom

Sa bolesnog čovjeka ili životinje bolest se može prenositi na zdrave na razne načine: neposrednim dodiranjem, ugrizom ili posredno putem vode, hrane ili insekata. Ako u mlijeko i mliječne proizvode dospiju uzročnici bolesti onda se posrednim putem mogu prenijeti na zdrave. Nekada se mogu pojaviti čitave epidemije ako proizvodi nisu prethodno termički obrađeni. U grupu bolesti koje prenose ljudi spadaju: difterija, šarlah, angina, tifus, paratifus, dizenterija i tuberkuloza.

Salmonella typhi (tifi) i ***Salmonella paratyphi***, uzročnici tifusa i paratifusa dospijevaju u mlijeko vodom ili od oboljelih osoba i kliconoša. ***Shigella dysenteriae*** (šigela dizenterije) dospijeva u mlijeko iz fekalija vode ili nečistoća.

Među bolestima koje najčešće prenose životinje spadaju tuberkuloza, mastitis, bruceloza, slinavka i šap.

Mycobacterium tuberculosis (mikobakterium tuberkulozis) – Kao izvor zaraze naročito je opasna tuberkuloza vimena krava, jer bakterije prelaze direktno iz vimena u mlijeko. Zaraza se može brzo i lako prenijeti konzumiranjem mlijeka i mliječnih proizvoda koji nisu termički obrađeni.

Brucella abortus je uzročnik zaraznog pobačaja – bruceloze, a ***Brucella melitensis*** je uzročnik tzv. malteške groznice. Oba uzročnika mogu izazvati tešku groznicu koja se dugo i teško liječi.

Slinavka i šap – Uzročnik je virus koji se širi u vidu epidemije. Od nje oboljevaju krave, ovce, koze, svinje, a prenosi se i na ljude. Za vrijeme pojave ovih bolesti, zabranjena je prodaja mlijeka i mliječnih proizvoda iz ovog područja.

Prema našim i stranim zakonima, zabranjeno je stavljanje u promet mlijeka od oboljelih životinja (tuberkuloza, goveđa kuga, šap, slinavka i mastitis). Mlijeko životinja oboljelih od kravljih boginja, Q groznice, bruceloze i još nekih može se stavljati u promet samo kao pasterizovano ili kuhano.

Uticaj raznih faktora na sastav i svojstva mlijeka

Ovdje spadaju uticaj vrste, rase, period laktacije, ishrana, zdravstveno stanje životinje, klimatski uslovi itd.

Uticaj rase

Postoji veliki broj rasa u okviru pojedinih vrsta domaćih životinja. To su uglavnom selekcionisane rase, zavisno od namjene. U okviru proizvodnje mlijeka, rase su selekcionisane na količinu mlijeka i na količinu masti.

Uticaj laktacije

Pod laktacijom se podrazumijeva period lučenja mlijeka od partusa do zasušenja. Kod divljih životinja laktacija traje sve dok mladunčad sisaju. Kod domaćih muznih životinja, laktacija je produžena svjesnim djelovanjem čovjeka na mliječnu žlijezdu i organizam životinje.

Laktacija kod krava traje prosječno 10 mjeseci, kod ovaca 5-8 mjeseci, a kod koza 7-9 mjeseci. Trajanje laktacije kod individualnih životinja može da varira. Tako, kod primitivnih rasa traje 7-8 mjeseci, a kod životinja koje obavljaju teške radove ili se slabo hrane traje još kraće. Kod visokoproduktivnih selekcionisanih rasa može trajati do 18 mjeseci.

Vrijeme od završetka laktacije do slijedećeg partusa naziva se periodom zasušenja. Ovaj period je sa aspekta proizvodnje mlijeka značajan, jer predstavlja period odmora mliječne žlijezde u toku koga se priprema za lučenje većih količina mlijeka u narednoj laktaciji. Ovaj period traje oko 2 mjeseca i primjenjuje se kod životinja koje i poslije 305 dana laktacije daju znatne količine mlijeka. Suhostajni period se pokazao dobar kako sa stanovišta proizvodnje mlijeka tako i u pogledu intrauterinog razvoja teleta. Kod životinja sa velikom

količinom mlijeka na kraju laktacije, zasušenje se može postići smanjenjem količine i kvaliteta hrane, što dovodi do smanjene proizvodnje mlijeka.

Količina mlijeka u raznim periodima laktacije se razlikuje. Najveće količine se izlučuju početkom laktacije, a zatim količina opada polako i na kraju brže. Kod nekih rasa maksimum se postiže već u prvom mjesecu laktacije, a kod većine u drugom. Zatim količina mlijeka lagano opada do 8. mjeseca. Zadnja dva mjeseca laktacije količina mlijeka opada naglo sve do zasušenja. Na laktacionu krivu imaju uticaj i drugi faktori, sezonska kolebanja itd.

Period lučenja mlijeka se dijeli na kolostralni i postkolostralni period. Ova podjela je napravljena zbog toga što se kolostrum po svom sastavu i osobinama znatno razlikuje od normalnog mlijeka. Neki autori razlikuju kolostrum koji se luči post partum od kolostruma koji se luči nekoliko dana prije telenja (ante partum). Kolostrum je mlijeko u fiziološkom pogledu ali u užem smislu to nije mlijeko i zbog loših tehnoloških svojstava se ne smije stavljati u promet.

Period lučenja kolostruma traje 5-12 dana. Kod visokoproduktivnih rasa ovaj period je kraći. Sastav kolostruma se mijenja iz dana u dan i približava se sastavu normalnog mlijeka.

Sastav mlijeka u postkolostralnom periodu varira u zavisnosti od perioda laktacije. Sadržaj masti iza telenja opada do drugog mjeseca, zatim polako raste do sedmog ili osmog mjeseca. Zadnja dva ili tri mjeseca, sadržaj masti u mlijeku se naglo povećava. Laktaciona kriva i kriva masti pokazuju da su njihove količine (mlijeka i masti) obrnuto proporcionalne.

Kretanje sadržaja proteina je slično kao kod masti. To je zbog toga što je odnos masti i kazeina u mlijeku relativno stabilan (1:0,76 do 1:0,79). Suha materija pokazuje istu tendenciju kao mast i proteini ali je relativan porast manje izražen, jer se sadržaj laktoze malo mijenja.

Uticaj muža u toku dana

Sastav mlijeka se razlikuje u toku iste muže. Tako je procenat masti u prvim mlazevima oko 1%, a pri kraju muže može biti i do 10%.

Uticaj bolesti i poremećaj sekrecije

Razne bolesti, a posebno bolesti vimena – mastitis mogu dovesti do poremećaja sekrecije mlijeka. Ti poremećaji ogledaju se kako u količini tako i u sastavu mlijeka. Količina suhe materije, masti i laktoze se smanjuje, a povećava se sadržaj soli i proteina. Takvo mlijeko ima slabu termičku stabilnost i loša tehnološka svojstva, pa se ne može koristiti u preradi. Inače, mlijeko bolesnih krava mora biti posebno izdvojeno. Bolesne životinje se drže u stacionaru i muzu se posebno. Osim bolesti vimena, svaka druga bolest i stres mogu dovesti do

proizvodnje manjih količina mlijeka izmijenjenog sastava, što predstavlja reakciju organizma. Pored navedenih promjena na mlijeku, ono sadrži i veću količinu leukocita, a kod mastitisa može biti prisutan gnoj, dok je kiselost obično jako niska.

Utjecaj ishrane

Ishrana je značajan činitelj u proizvodnji mlijeka, jer utiče i na količinu i na sastav. Zato je razumljivo da se ishrani poklanja velika pažnja. Muzne životinje moraju dobiti dovoljno hrane da obezbijede potrebe bazalnog metabolizma, proizvodnje mlijeka i razvoja ploda, a kod mladih krava i za sopstveni razvoj i rast. Pri tome, obrok treba da zadovolji ove potrebe, kako u energetske tako i u fiziološkom pogledu tj. u pogledu raznovrsnosti sastojaka i njihove biološke vrijednosti.

Zelena hrana i silaža povoljno utiču na količinu mlijeka. Međutim, sa povećanjem količine u izvjesnoj mjeri se smanjuje količina masti i proteina. Koncentrovana hranjiva imaju pozitivan utjecaj na količinu mlijeka ali mogu izazvati smanjenje procenta masti ako čine pretežni dio obroka. Pri tome se povećava suha materija bez masti što je rezultat povećanja proteina, naročito kazeina.

Ako se kravama daje hrana u većim količinama nego što im je to potrebno doći će do povećanja tjelesne težine. To znači da ishrana mliječnih krava mora biti tako izbalansirana da se, uz održavanje zdravlja životinje, postigne što veća količina mlijeka dobrog kvaliteta uz što manje troškove. To znači da visokoproduktivne životinje moraju dobivati veće obroke sa većim učešćem koncentrata nego niže produktivne.

Nastajanje, lučenje i dobivanje mlijeka

Vime je organ za lučenje mlijeka. Ono je kod muznih životinja, usljed stalne selekcije, postalo veoma razvijeno. Spolja je obavijeno kožom, koja je kod visoko mliječnih krava tanka, i poslije muže, kada je vime ispražnjeno, naborana. Ispod kože se nalazi opna koja štiti tkivo od povreda i doprinosi njegovoj čvrstini. Od ove opne pružaju se prema unutrašnjosti vezivne niti koje su isprepletene tako da čine neku vrstu mreže u kojoj je smješteno žlijezdano tkivo. Vime je uzdužnom pregradom od vezivnog tkiva podijeljeno na desnu i lijevu polovinu. Pomoću ove pregrade vime je obješeno o trbuh. To se vidi izvana po uzdužnoj brazdi između desne i lijeve polovine. Vime je podijeljeno i poprečno na prednju i zadnju polovinu, tako da se sastoji od 4 četvrtine (prednja desna i lijeva i zadnja desna i lijeva) koje funkcionišu prilično nezavisno jedna od druge. Svaka četvrtina se sastoji od žlijezdanog, vezivnog i masnog tkiva. Mlijeko se stvara u mliječnim ćelijama koje se nalaze u mliječnim alveolama. Ove alveole imaju oblik malih mjehurića čija je unutrašnjost obložena mliječnim ćelijama.

Mlijeko se iz vimena dobiva mužom koja se može obaviti ručno ili mašinski. Bez obzira na način muže, ona se mora obaviti pravilno da bi se mliječna žlijezda

održala u stalnoj aktivnosti kako bi se iz vimena izmuzla najveća moguća količina mlijeka. U širem smislu muža obuhvata:

1. pripremne radove
2. mužu u užem smislu
3. završne radove

Ove radnje se izvode i pri ručnoj i pri mašinskoj muži iako se one, po načinu izvođenja, razlikuju. Mašinska muža je savremeni način dobivanja mlijeka. Primjenjuje se na gazdinstvima sa većim brojem krava. Uređaji za mužu mogu biti pokretni i nepokretni. Pokretni se obično primjenjuju kod vezanog načina držanja krava u štalama. Takođe postoje manji pokretni prenosivi uređaji, obično na kolicima sa malim brojem muznih jedinica (1-2) ili je instaliran sistem mljekovoda, gdje su ugrađene vakuum cijevi koje odvođe mlijeko u posebno odjeljenje, gdje mlijeko prelazi preko hladionika i ulijeva se u bazene za mlijeko.

Drugi tip uređaja koristi se u posebnim prostorima u kojima se vrši samo muža – izmuzišta. U izmuzištima krave provedu samo onoliko vremena koliko treba da se obavi muža. Ona mogu biti raznih tipova ali imaju isti princip rada. Krave ulaze u ograđeni dio za mužu, radnik pere vime, izmuza prve kapi mlijeka i stavlja čaše na sise. Uz izmuzište se nalazi i prihvatna ili prištalska mljekara. Ovdje se čuva mlijeko do otpreme u mljekaru.

Vrste mlijeka

Mlijeko različitih vrsta može se podijeliti u dvije osnovne grupe:

1. kazeinska mlijeka
2. albuminska mlijeka

Ova podjela je izvršena na osnovu učešća kazeina u ukupnim proteinima. Kazeinska mlijeka su ona, kod kojih je učešće kazeina u ukupnim proteinima 75% i više, a albuminska mlijeka su ona, kod kojih je učešće kazeina u ukupnim proteinima ispod 65%.

Primjeri kazeinskog mlijeka su kravlje, ovčije, kozije i bivoličino mlijeko. U ovu grupu spadaju uglavnom mlijeka tipičnih biljojeda preživara. Kao primjer albuminskog mlijeka može se navesti mlijeko kobile i magarice. Tu spada i mlijeko žene. Ne bi trebalo shvatiti da albuminske vrste mlijeka sadrže više proteina mliječnog seruma (albuminska i globulinska frakcija) od kazeina, nego je njihovo učešće u ukupnim proteinima nešto više nego kod kazeinskih mlijeka. U nekim slučajevima (kolostrum, teški oblici bolesti i dr.) kazeinska mlijeka mogu dobiti karakteristike albuminskih vrsta.

Albuminska mlijeka

Mlijeko kobile

Kobilje mlijeko je uzeto kao primjer albuminskog mlijeka, jer se u nekim dijelovima bivšeg SSSR-a, Mongoliji i nekim planinskim krajevima srednje Azije konzumira u svježem stanju ili u obliku fermentisanih proizvoda. Vršena je i selekcija na mliječnost, jer je ustanovljeno da postoje vrlo mliječne rase konja i da pojedinačna grla mogu da daju od 2.500 – 3.500 kg mlijeka u laktaciji. Tendencija da se proširi proizvodnja ove vrste mlijeka potiče od mišljenja da fermentisani proizvodi od kobiljeg mlijeka imaju i «ljekovita» svojstva. Sastav i svojstva kobiljeg mlijeka prikazana su u slijedećoj tabeli:

| SASTOJAK | KOLIČINA U % |
|-------------------------------|---------------------|
| Voda | 88,9 |
| Suha materija | 11,1 |
| Mast | 1,65 |
| Ukupni proteini | 2,20 |
| Kazein | 1,15 |
| Proteini surutke | 1,05 |
| Laktoza | 6,91 |
| Pepeo | 0,32 |
| Kiselost (°SH) | 2,72 |
| Gustoća (kg/dm ³) | 1,034 |

Mlijeko kobile se po sastavu dosta razlikuje od kravljeg. Razlike se ogledaju u manjem sadržaju masti, proteina i pepela i većoj količini laktoze. Zbog toga je međusobni odnos sastojaka drugačiji nego kod kazeinskih mlijeka. Po sastavu je kobilje mlijeko vrlo slično ženinom mlijeku. Jedina razlika je u tome što mlijeko žene ima dva puta više masti.

Bitna karakteristika kobiljeg mlijeka je odnos kazeina prema albuminima i globulinima. Kazein učestvuje u ukupnim proteinima sa oko 53%. Iz ovoga proističu vrlo bitne karakteristike kobiljeg mlijeka što se odnosi i na ostala albuminska mlijeka. Prije svega, ovo mlijeko sporo koaguliše pod uticajem himozina. Zbog niskog sadržaja kazeina, zbog zaštitne uloge proteina surutke, kao i zbog niskog sadržaja kalcija, ovo mlijeko ne stvara kompaktan gel, već je gruš pahuljičast i mekan. Ovo svojstvo snižava mogućnost korištenja kobiljeg mlijeka u izradi nekih mliječnih proizvoda. Međutim, tako rastresit gruš omogućava da enzimi u probavnom traktu lakše dopiju do svake pahuljice gruša, pa je i varenje lakše. Time se mogu objasniti i probavne smetnje koje se javljaju kod dojenčadi prilikom prelaska sa ishrane majčinim mlijekom na ishranu kravljim mlijekom koje daje kompaktan gruš. Zato se, pri ovom prelazu vrši razvodnjavanje kravljeg mlijeka, što treba da obezbijedi stvaranje mekšeg gruša pod uticajem želučanih sokova. U novije vrijeme se u ishrani koriste humanizovana mlijeka, čiji je sastav sličniji humanom mlijeku. Ova mlijeka se

proizvode od kravljeg mlijeka, kome je smanjen sadržaj kazeina, povećan sadržaj proteina surutke i smanjen i izmijenjen sastav mineralnih materija.

Druga osobenost albuminskih mlijeka je da koagulišu pri povišenim temperaturama. To svojstvo onemogućava konzerviranje mlijeka primjenom visokih temperatura (pasterizacija, sterilizacija). Ovo predstavlja problem kod konzerviranja humanog mlijeka i stvaranja rezervi za ishranu djece koja iz bilo kog razloga ne mogu koristiti majčino mlijeko.

Treće svojstvo ovog mlijeka je niža titraciona kiselost kao rezultat manje količine kazeina, malo kalcijevog fosfata i slabog pufernog kapaciteta.

Količina laktoze je u kobiljem mlijeku za oko 50% veća nego u kravljem ali to ne utiče na izmjenu osmotskog pritiska i fizičkih svojstava koja su s njim u vezi, zbog toga što je količina mineralnih materija dvostruko manja. Veća gustoća kobiljeg mlijeka u odnosu na kravlje je posljedica većeg sadržaja laktoze.

Pored toga, kobilje mlijeko je bogato nekim vitaminima. Naročito je bogato u vitaminu C koga ima 5-7 puta više nego u kravljem.

Kolostrum

Period lučenja mlijeka kod ženki sisara dijeli se na kolostralni i postkolostralni period. Kolostralni period traje nekoliko dana poslije telenja i prethodi postkolostralnom periodu. Sekret koji se luči nekoliko dana iza telenja tj. u kolostralnom periodu naziva se kolostrum ili grušavina, mljezivo, kolostralno mlijeko.

Po načinu nastajanja, lučenja i po sastojcima, kolostrum je mlijeko. Ovo je istaknuto zbog toga što je po nekim shvatanjima kolostrum fiziološki nenormalno mlijeko. Ovakvo se shvatanje ne može prihvatiti jer bi to značilo da su gravidnost i partus nenormalne pojave.

Međutim, kolostrum nije mlijeko u užem smislu riječi zbog drugačijih tehnoloških svojstava, pa se ne smije stavljati u promet radi neposrednog ili posrednog snabdijevanja stanovništva (definicija mlijeka).

Period lučenja kolostruma varira zavisno od rase između 5 i 12 dana. Kod visokoproduktivnih rasa je kraći, a kod niskoproduktivnih duži. Mlijeko najproduktivnijih rasa može se koristiti već šesti dan iza telenja i to za proizvodnju pasterizovanog mlijeka, dok za proizvodnju sterilizovanog mlijeka, fermentisanih proizvoda, sireva, mliječnih konzervi treba sačekati da od telenja prođe bar 8 dana. Sastav kolostruma se mijenja iz dana u dan i polako se približava sastavu normalnog mlijeka. Ove promjene prikazane su u narednoj tabeli:

| SASTOJAK | 1.dan | 3. dan | 5. dan | 8. dan | 10. dan |
|---------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Suha materija | 21,5 | 14,6 | 12,8 | 13,0 | 12,6 |
| Mast | 2,7 | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,0 |
| Ukupni proteini | 14,8 | 5,8 | 3,9 | 3,5 | 3,3 |
| Kazein | 4,1 | 3,1 | 2,8 | 2,7 | 2,6 |
| Proteini surutke (albumini+globulini) | 10,7 | 2,7 | 1,0 | 0,7 | 0,7 |
| Laktoza | 3,0 | 3,9 | 4,1 | 4,5 | 4,5 |
| Pepeo | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| Kiselost (°SH) | 16,0 | 10,9 | 8,6 | 8,0 | 6,9 |
| Gustoća (kg/dm ³) | 1,056 | 1,033 | 1,031 | 1,030 | 1,031 |

Sastav kolostruma se najviše razlikuje od normalnog mlijeka prvi dan iza telenja. Razlike se ogledaju u većem sadržaju suhe materije, proteina i pepela i u nižem sadržaju masti i laktoze. Posebno treba istaći količinu i međusobni odnos proteina mlijeka. Taj odnos karakteriše velika količina proteina surutke u kojima imunoglobulini zauzimaju dominantno mjesto. Ovo je značajno zbog toga što imunoglobulini štite mladi organizam u prvim danima života i prilagođavanja na nove uslove.

Odnos kazeina prema nekazeinskim proteinima u početku kolostralnog perioda sasvim je različit od odnosa kod kazeinskih mlijeka. Čak odudara i od albuminskih vrsta, jer proteini surutke znatno premašuju količinu kazeina. Ovakve pojave se mogu javiti takođe kod težih slučajeva mastitisa, kao i kod fizioloških poremećaja lučenja mlijeka.

Mast kolostruma se razlikuje po sastavu i fizičkim svojstvima. Ima višu tačku topljenja i očvršćavanja, zbog manjeg sadržaja nižih masnih kiselina. Kolostrum ima povećan sadržaj mineralnih materija, a posebno kalcija i fosfora i to u prvim danima iza telenja. U kolostrumu je povećan i sadržaj vitamina, a posebno vitamina rastvorljivih u mastima. Zbog prisustva veće količine karotina kolostrum ima žućkastu boju.

Za kolostrum je karakterističan i povećan broj leukocita i prisustvo kolostralnih tjelašca. O kolostralnim tjelašcima se ne zna mnogo, mada neki autori smatraju da se radi o aglomeracijama leukocita međusobno spojenih mastima.

Gustina kolostruma varira od 1,040 do 1,080 kg/dm³ i postepeno se smanjuje pri prelazu u mlijeko. Veća količina soli kalcija i fosforne kiseline kao i povećan sadržaj proteina daju kolostrumu i veću kiselost.

Visok procenat proteina surutke koji su termolabilni dovodi do grušanja kolostruma prilikom kuhanja. Zbog toga, mlijeko koje sadrži već 10-15% kolostruma nije podesno za preradu.

Kolostrum sporo koaguliše u prisustvu sirišnog fermenta. Gruš je mekan i teško otpušta surutku. Iz tog razloga je kolostrum nepodesan za preradu, a naročito za proizvodnju sira.

Zbog promijenjenih fizičko-hemijskih osobina mliječne masti, kao i zbog specifičnog i ne baš prijatnog okusa, kolostrum se ne može koristiti u proizvodnji maslaca. Višak kolostruma je najbolje iskoristiti u domaćinstvu za ishranu domaćih životinja iako je poznata i proizvodnja malih sireva dobivenih termičkim grušanjem.

Kazeinska mlijeka

Ovčije mlijeko

Ovčije mlijeko je bijele boje, neprozirno, ugodnog okusa i bez mirisa ako su uslovi muže dobri ali brzo upija mirise sredine u kojoj se nalazi. Ovčije mlijeko je za oko 50% bogatije suhom materijom nego kravlje. Ovo je, u prvom redu, posljedica većeg sadržaja masti i proteina. Odnos pojedinih komponenti nije kao kod kravljeg mlijeka. Veći je udio masti, zatim proteina, a količina laktoze je smanjena. Zbog većeg sadržaja suhe materije, posebno masti i proteina, ovo je mlijeko vrlo podesno za preradu u sireve, pa se postiže i dvostruko veći randman. Isto tako je podesno za proizvodnju kiselog mlijeka, jer je proizvod odlične čvrste konzistencije.

| SASTOJAK | KOLIČINA (%) |
|-------------------------------|----------------------|
| Voda | 80,63 |
| Suha materija | 19,37 |
| Mast | 7,40 |
| SMBM | 11,97 |
| Ukupni proteini | 6,17 |
| Kazein | 5,00 |
| Nekazeinski proteini | 1,17 |
| Laktoza | 4,90 |
| Pepeo | 0,88 |
| Kiselost (°SH) | 8 – 10 |
| Gustoća (kg/dm ³) | 1,034 – 1,036 |

Teško je govoriti o prosječnom sastavu ovčijeg mlijeka, jer sadržaj pojedinih sastojaka varira u zavisnosti od rase, načina ishrane, klimatskih uslova, načina držanja, a najviše zavisi od perioda laktacije.

Sadržaj ukupne suhe materije, masti i proteina najmanji je na početku laktacije, a najveći pri kraju muznog perioda, dok sadržaj laktoze opada sa laktacijom. Mliječna mast ovčijeg mlijeka se po sastavu, fizičkim svojstvima i stepenu disperznosti nešto malo razlikuje od masti kravljeg mlijeka. Mast ovčijeg mlijeka

ima veći sadržaj kaprilne i kaprinske kiseline što ovčijem mlijeku daje karakterističan okus i miris (malim dijelom se nalaze u slobodnom obliku). Mast ovčijeg mlijeka pokazuje slijedeća fizička svojstva:

| | |
|---|------------------|
| Temperatura topljenja i očvršćavanja | 29 - 31°C |
| Reichert-Meissl-ov broj (topive isparljive kis.) | 25 – 31 |
| Polenske-ov broj (netopive isparljive kis.) | 4,3 – 4,6 |
| Saponifikacioni broj | 230 – 245 |

Prosječna veličina masnih kuglica kreće se između 5-6 mikrona, što znači da su veće nego u kravljem mlijeku. Boja mliječne masti je bijela zbog toga što je najveći dio beta-karotena (provitamin A), oko 80%, prevedeno u vitamin A. Zato ovčije mlijeko nema žućkastu nijansu kao kravlje. Zbog toga su i proizvodi od ovčijeg mlijeka potpuno bijele boje po čemu se mogu i razlikovati od kravljeg mlijeka i proizvoda.

Proteini ovčijeg mlijeka su istog sastava kao i kod kravljeg mlijeka tj. sastoje se od kazeina, proteina surutke i neproteinskih azotnih materija. Međutim, ukupna količina proteina je veća u ovčijem mlijeku, a i njihov odnos je nešto drugačiji. U toku laktacije se učešće kazeina u ukupnim proteinima povećava, a učešće proteina surutke se smanjuje. Ovčije mlijeko sadrži dva puta više proteina surutke od kravljeg, što predstavlja posebnu vrijednost i pojačava interes za njihovo iskorištavanje iz surutke. Za sada se ovi proteini uglavnom koriste za proizvodnju albuminskih sireva (urda, kefalotir itd.).

Sve što se može reći za laktozu u kravljem mlijeku važi i za laktozu u ovčijem. Jedina razlika je što je sadržaj u ovčijem mlijeku nešto veći i podložan kolebanjima u toku laktacije.

Od mineralnih materija treba posebno napomenuti sadržaj kalcija koga ima više nego u kravljem mlijeku. Sadržaj mineralnih materija (i mikro- i makroelementi) više zavisi od njihovog sadržaja u hrani odnosno u zemljištu.

Ovčije mlijeko je bogatije vitaminima nego kravlje. Kod ovčijeg mlijeka je najveći dio beta-karotena transformisan u vitamin A što daje ovčijem mlijeku bijelu boju. Ovčije mlijeko sadrži 2-4 puta više vitamina C od kravljeg.

Kiselost ovčijeg mlijeka kreće se u granicama od 7-9,5°SH. Viša titraciona kiselost je posljedica većeg sadržaja kazeina i soli sa pufernim dejstvom. Ovčije mlijeko sadrži veći broj mikroorganizama zbog toga što je teže primijeniti sve higijenske mjere prilikom muže nego kravljeg mlijeka, što takođe može uticati na brži porast kiselosti. Najviša kiselost je pri kraju laktacije radi povećanog sadržaja kazeina. pH se kreće u granicama od 6,64 do 6,73.

Gustoća zbirnog ovčijeg mlijeka varira od od 1,034 – 1,036 kg/dm³. U toku laktacionog perioda raste prema kraju laktacije. Viskozitet se takođe mijenja

tokom laktacije i prema kraju raste. Prosječna vrijednost iznosi $3,3 \times 10^{-3}$ Pas, što je dvostruko više nego kod kravljeg mlijeka.

Energetska vrijednost 100 g ovčijeg mlijeka iznosi prosječno 550 KJ. Laktacija ovaca, zavisno od rase, ishrane, klimatskih uslova, traje 5-8 mjeseci. To znači da proizvodnja ovčijeg mlijeka ima izrazito sezonski karakter što pričinjava velike teškoće u pogledu neprekidnog snabdijevanja stanovništva brdskih i planinskih krajeva mlijekom, a i prerade. Pokušaji da se ovčije mlijeko proizvodi tokom cijele godine dali su neke rezultate ali bi na tom području trebalo mnogo više raditi. Količina mlijeka u toku laktacije varira u zavisnosti od rase, uslova držanja, ishrane, a varira od 30-80 kg po muznoj ovci (laktacija do 5 mjeseci), što su uobičajene vrijednosti za domaće rase i uslove držanja, do 100-250 kg za izrazito mliječne rase ovaca (Španija-bergamaška i lange, Italija-sicilijanska i sardinijska itd.).

Kozije mlijeko

Koza je visoko mliječna životinja, jer u laktaciji proizvede 10-20 puta više mlijeka od svoje težine. Pored toga, skromna je u ishrani i podnosi i lošije uslove držanja. Pri dobroj ishrani, mliječne rase koza mogu dati 800-1.000 l mlijeka u laktaciji. Visoko selekcionisana stada mliječnih koza imaju mliječnost od 1.700 kg, a rekorderke čak 3.200 kg mlijeka u laktaciji. Po sastavu, kozije mlijeko je jako slično kravljem. U tabeli su dati podaci za prosječan sastav mlijeka sanske koze, dok se sastav niskoproduktivnih rasa odlikuje nešto višim sadržajem masti i suhe materije.

TABELA: Prosječan sastav mlijeka sanske koze

| SASTOJAK | KOLIČINA (%) |
|-------------------------------|---------------------|
| Voda | 87,25 |
| Suha materija | 12,75 |
| Mast | 3,80 |
| Proteini | 3,50 |
| Laktoza | 4,80 |
| Pepeo | 0,65 |
| Kiselost (°SH) | 6,00 |
| Gustoća (kg/dm ³) | 1,031 |

Masne kuglice su sitnije nego kod kravljeg mlijeka (uglavnom ispod 4 mikrona), pa se teže izdvaja pavlaka što je u tehnološkom smislu nepovoljno u proizvodnji maslaca, jer se ono teže obire te gubitak može dostići 20%. Zbog manjeg promjera masnih kuglica mast kozijeg mlijeka se u ljudskom probavnom traktu brže razgrađuje. Mast je bijele boje zbog sposobnosti koze da transformiše beta-karoten u vitamin A. Za mast kozijeg mlijeka je karakterističan visok udio (20%) nižih masnih kiselina u poređenju sa kravljim mlijekom (12%). Od nižih masnih

kiselina, najznačajnije su kapronska kiselina (2,9%), koja daje kozijem mlijeku karakterističan okus i miris, te kaprilna (2,3%) i kaprinska kiselina (8,5%) Prema podacima iz literature mala količina ovih kiselina se nalazi u mlijeku u slobodnom stanju čemu se može pripisati karakterističan okus i miris, koga neki potrošači ne podnose.

Učešće proteina surutke u ukupnim je nešto veće nego u kravljem, što je posljedica nešto većeg sadržaja globulina. Ovo direktno utiče na niži randman sireva.

Kozije mlijeko sadrži više kalcija i neorganskog fosfora nego kravlje. Kozije mlijeko se može koristiti u ishrani ljudi u istim oblicima kao i kravlje. Ipak se najviše koristi svježe, za proizvodnju sireva i mliječnokiselih proizvoda. Kozije mlijeko ima izraženo baktericidno svojstvo što se povezuje sa prisustvom antitijela – imunološkim sistemom kozijeg mlijeka.

Mlijeko bivolice

Mlijeko bivolice ima veliki značaj u ishrani u nekim dijelovima Azije, a manjim dijelom se koristi u Africi i Evropi. Bivolje mlijeko ima važnu ulogu u toplim područjima sa visokom relativnom vlagom zraka i tla u kojima krave teško opastaju. Prosječan sastav mlijeka bivolice prikazan je u slijedećoj tabeli:

| SASTOJAK | KOLIČINA (%) |
|---------------------------------------|---------------------|
| Voda | 81,7 |
| Suha materija | 18,3 |
| Mast | 7,6 |
| Proteini | 5,0 |
| Kazein | 4,3 |
| Proteini surutke (albumini+globulini) | 0,7 |
| Laktoza | 5,0 |
| Pepeo | 0,7 |

Mlijeko bivolice sadrži oko 50% više suhe materije i dva puta više masti i oko 1,5 puta više proteina nego kravlje. Po sastavu je vrlo slično ovčijem. Selekcionisane i dobro hranjene bivolice mogu proizvesti u laktaciji od 2.500 do 3.000 kg mlijeka. Mast bivoljeg mlijeka je bijele boje. Kazein se karakteriše većim sadržajem sumpora. Čestice kazeina su krupnije nego kod kravljeg mlijeka.

Kiselost mlijeka se kreće oko 7,6°SH. Kod individualnih grla mogu postojati veća odstupanja, što zavisi od količine kazeina i pufernih soli. Gustoća varira od 1,030 do 1,038 kg/dm³, a u prosjeku iznosi 1,033 kg/dm³. Mlijeko bivolice ima karakterističan miris, koji podsjeća na miris kože životinje, što odbija potrošače koji nisu navikli na ovo mlijeko.