

## Utjecaj hlađenja na svojstva i kakvoću sirovog mlijeka

Slavko Kirin

Stručni rad - Professional paper

UDK: 637.133.1

### **Sažetak**

*Hlađenje mlijeka nakon mužnje najefikasniji je način čuvanja njegovih svojstava do prerade. No, brzina, način i temperatura hlađenja te vrijeme držanja tako ohlađenog mlijeka, imaju važan utjecaj na njegova fizikalno-kemijska svojstva i na rast psihrotrofne populacije mikroorganizama. Intenzitet tih promjena posebice je izražen kod mlijeka, koje se na temperaturi od 2-4°C drži duže od 48 sati. Takvo je mlijeko manje valjano za daljnju preradu. Dolazi do narušavanja ravnoteže sadržaja minerala te promjena svojstava kazeinskih micela, što se odražava na tijek tehnološkog procesa, svojstva i prinos proizvoda. Prisutna psihrotrofna populacija mikroorganizama potječe uglavnom iz okoline u kojoj se mlijeko proizvodi, te od higijenski neispravne vode i prljavih i neodržavanih muznih uređaja. Dominantnu psihrotrofnu populaciju mikroorganizama sirovog ohlađenog mlijeka na temperaturi od 2-4°C čine bakterije iz roda *Pseudomonas*. Temperatura pasterizacije ih uništava, no njihovi termorezistentni proteolitički i lipolitički enzimi, razgrađujući mliječne bjelančevine i mast, uzrokuju različite mane i pogreške gotovih mliječnih proizvoda. Stoga, iako neophodan i efikasan način osiguranja kakvoće sirovog mlijeka, hlađenje ne može ispraviti higijenske propuste i nepravilne postupke u njegovoj proizvodnji, dopremi i skladištenju do prerade.*

*Ključne riječi: ohlađeno sirovo mlijeko, fizikalno-kemijske promjene, psihrotrofne bakterije, *Pseudomonas* vrste, mane mliječnih proizvoda*

### **1. Uvod**

U suvremenom mljekarstvu hlađenje sirovog mlijeka predstavlja najučinkovitiji način njegovog čuvanja. Mlijeko se hladi neposredno nakon mužnje a "rashladni lanac" se nastavlja sve do njegove prerade. Pored

praktičke, odnosno tehnološke važnosti, hlađenje mlijeka je i zakonska obveza. Europski pravilnici propisuju da se mlijeko najduže 2 sata nakon mužnje mora ohladiti na temperaturu 8°C kod dnevne predaje mlijeka, odnosno na 6°C kada predaja mlijeka nije dnevna. Naš Pravilnik o kakvoći svježeg sirovog mlijeka propisuje hlađenje sirovog mlijeka na temperaturu 6°C, bez obzira na intervale predaje. Primarna svrha hlađenja sirovog mlijeka jest usporavanje ili obustava razvoja mikroorganizama prisutnih u mlijeku, odnosno njihove metaboličke aktivnosti, koja može dovesti do kvarenja mlijeka i njegove tehnološke neprikladnosti za preradu, ili čak do zdravstvene neispravnosti. Pored odgovarajućeg čuvanja mlijeka, hlađenje može prouzročiti i niz popratnih poteškoća u preradi i svojstvima mliječnih proizvoda. To je naglašeno u slučajevima dužeg ili dugog čuvanja sirovog mlijeka na niskim temperaturama, što je aktualno u suvremenom mljekarstvu. Naime, smanjenjem transportnih troškova dopreme mlijeka, nastoji se povećati ekonomičnost poslovanja mljekara. Dijelom je i to razlog stalnog zakonskog pooštavanja zahtjeva higijenske kakvoće sirovog mlijeka. Nepoželjni učinci hlađenja nastupaju u slučajevima kada se mlijeko čuva na niskim temperaturama duže od 48 sati. Oni se očituju kroz:

- ◆ promjene fizikalnih i kemijskih svojstava mlijeka
- ◆ selektivni rast psihrofilnih i psihrotrofnih bakterija

U nastavku ovog rada pobliže je opisan utjecaj hlađenja na gore spomenuta svojstva sirovog mlijeka i posljedice koje takva izmijenjena svojstva imaju na preradu mlijeka u mliječne proizvode, odnosno na njihova organoleptička svojstva i prinos.

## ***2. Utjecaj hlađenja na fizikalna i kemijska svojstva mlijeka***

Ovisno o temperaturi hlađenja i vremenu čuvanja mlijeka, dolazi do fizikalnih promjena ugljikohidrata, bjelančevina i masti mlijeka, što rezultira i promjenom prirodnih svojstava mlijeka i utjecajem na njegovu preradu.

### ***Fizikalne promjene mlijeka***

Hlađenjem se povećava viskoznost mlijeka, koje najvišu vrijednost ima nakon 72 sata čuvanja na temperaturi od 2 – 5 °C, što je povezano s promjenama mliječnih bjelančevina i masti. Isto tako, niske temperature ubrzavaju izdvajanje mliječne masti, u čemu glavnu ulogu imaju

imunoglobulini IgG<sub>1</sub> i IgG<sub>2</sub>. Hlađenje mlijeka utječe i na kristalizaciju mliječne masti, odnosno na veličinu i strukturu kristala. Što je brže hlađenje i niža temperatura, to se stvara više kristala. Ovo svojstvo iskorištava se u proizvodnji maslaca.

Tablica 1: Utjecaj hlađenja mlijeka na udjel topljivog kazeina

Table 1: The effect of milk cooling procedure on the amount of soluble casein

Autor Authors	Temperatura i vrijeme čuvanja Temperature and time of storage	Udjel topljivog kazeina u ukupnom kazeinu (%) Fraction of soluble casein in total casein (%)
Rose (1968)	35 °C/2 h	7 – 9
	4 °C/15 h	14 - 23
Mikami i Miura (1974)	25 °C	5,8 – 6,1
	2 °C	12,5 – 16,3
Leone et al. (1981)	20 °C	3,2 – 4,5
	4 °C/40 h	11,6 – 19,3

(Prema: Eck, A.(1987): Le fromage, Paris)

### **Kemijske promjene mlijeka**

Osim kemijskih reakcija prouzročenih aktivacijom psihrofilnih mikroorganizama u mlijeku, hlađenje ima posebni učinak na ravnotežu soli, kazeina i kazeinske micela, te sirivost mlijeka. Naime, disocijacijom Ca-citrata i Ca-fosfata koju uzrokuje hlađenje, mijenja se ravnoteža soli u mlijeku. Znatno se povećava sadržaj anorganskog topljivog kalcija i fosfata na račun micelnog. U mlijeku držanom 48 sati na temperaturi od 3 – 4 °C, povećanje topljivog i ionskog kalcija iznosi 10 – 20 %, a sadržaj anorganskog topljivog fosfora poveća se za 8 – 10 %.

Hlađenjem mlijeka smanjuju se hidrofobne interakcije unutar asocijacija kazeina, što dovodi do njegovog otapanja. Najviše se otopi  $\alpha_1$ -kazeina, a u manjoj mjeri i  $\alpha_2$  kazeina. Na taj se način povećava sadržaj topljivog kazeina. Od 4 – 6 % na temperaturi od 20 – 25 °C, sadržaj topljivog kazeina poraste na 15 – 16 % na temperaturi od 2 – 4 °C (Tablica 1).

Niske temperature utječu i na smanjenje dimenzija kazeinskih micela. Do smanjenja micela dolazi zbog otapanja jedne frakcije koloidalnog Ca-fosfata,

koji ima vezivnu funkciju između submicela i spaja submicela unutar micela. Na taj se način odvajaju pojedine submicelle, a sama micela smanjuje. Istodobno se povećava njezina hidratacija. U mlijeku ohlađenom na 3 – 4 °C i čuvanom 24 – 48 sati, to povećanje iznosi 35 %.

Promjene kemijskih svojstava bjelančevina izazvane hlađenjem mlijeka negativno utječu na njegovu sirivost. Ohlađeno mlijeko na temperaturu od 2-4°C čuvano duže od 48 sati, duže se i teže siri ("lijeno" je). Vrijeme sirenja se produžuje za 7– 27 %. Dobiveni je gruša nježnije konzistencije i teže se mehanički obrađuje i ocjeđuje. Sinereza je usporenija, što uzrokuje gubitak suhe tvari kroz sirutku, odnosno smanjenje prinosa sira (Tablica 2).

Tablica 2: Utjecaj hlađenja na sirenje mlijeka

Table 2: The effect of cooling procedure on milk curdling

Srednje vrijednosti Mean value	Svježe mlijeko (20 °C) Fresh milk	Čuvanje ohlađenog (2 – 3 °C) mlijeka Storing of the cooled milk		
		20 h	48 h	68 h
Vrijeme sirenja(min.) Curdling time (min.)	14,1	107	111	114
Gubitak gruša preko sirutke (g/l) Curd loss through whey (g/l)	18,5	108	119	123

(Prema: Eck, A.(1987): Le fromage, Paris)

Promjene nastale hlađenjem mlijeka djelomično su reverzibilne. U mljekarskoj praksi reverzibilnost se ubrzava dodatkom kalcijevih soli, termizacijom, predzrenjem mlijeka, te obogaćivanjem mlijeka suhom tvari i bjelančevinama.

### 3. Populacija mikroorganizama u ohlađenom mlijeku

Osim na fizikalno-kemijska svojstva, hlađenje utječe i na razvoj specifične mikroflore sirovog mlijeka. U tablici 3. prikazana je zastupljenost pojedinih grupa bakterija u ohlađenom mlijeku kod proizvođača, i istoga tog

mlijeka držanog u skladišnim tankovima u mljekari nakon određenog vremena.

*Tablica 3: Zastupljenost grupa bakterija u ohlađenom (2-4 °C) i uskladištenom mlijeku*

*Table 3: Presence of the bacteria at low temperature cooled and stored milk*

Grupa bakterija Type of the bacteria	Zastupljenost (%) Bacteria presence (%)	
	Mlijeko kod proizvođača Milk at the collecting point	Mlijeko u skl. tankovima Bulk milk
Streptokoki	9 – 21	5 – 12
Mikrokoki	15 – 68	10 – 15
Psihrotrofi (gram negativni)	6 – 41	53 – 74
Ostale, uključivši i sporogene	11 – 18	10 - 19

(Prema: Scott, R.(1986): Cheesemaking practice, London- New York)

Kako je vidljivo iz tablice 3. u sirovom ohlađenom mlijeku na temperaturi od 2-4°C i uskladištenom u tankovima u mljekari, dominiraju psihrotrofne bakterije. Na niskim temperaturama rastu i psihofilne bakterije čija je optimalna temperatura rasta oko 5°C. Ako se sirovo mlijeko čuva duže vrijeme na niskim temperaturama, psihrotrofne bakterije postaju dominantne i proteolitičkim i lipolitičkim enzimima uzrokuju promjene njegovih svojstava i svojstava proizvoda dobivenih od takvog mlijeka.

### ***Podrijetlo psihrotrofnih bakterija***

Primarno, mlijeko u vimenu sadrži veoma mali broj bakterija. U aseptičkim uvjetima dobivanja, on iznosi manje od 250/ml. Većinom su to mikrokoki, dok se psihrotrofi i koliformne bakterije nalaze u zanemarivom broju. Psihrotrofne bakterije dospijevaju u mlijeko s površine vimena i sisa, iz upotrijebljenih ručnika za brisanje vimena nakon pranja, iz posuda u koje se mlijeko muze, te preko loše održavanih muznih uređaja koji se neredovno i nestručno peru. Isto tako, psihrotrofi dospijevaju u mlijeko i preko higijenski neispravne vode koja se koristi za pranja u njegovoj proizvodnji ili preradi.

### **Razvoj psihrotrofnih bakterije**

Bakterije mliječne kiseline se ne razmnožavaju na temperaturama nižim od 10°C i ne mogu antagonistički djelovati na rast ostalih prisutnih mikroorganizama. Naprotiv, psihrotrofne bakterije na tim temperaturama rastu vrlo brzo, što je posljedica kraćeg generacijskog vremena nakon postignuća eksponencijalne faze rasta. Npr. na temperaturi od 7,2°C, ono iznosi oko 9 sati. Brzina rasta ovisi od početnog broja psihrotrofnih bakterija i o brzini hlađenja, odnosno kod povećanog početnog broja i uz sporije hlađenje rast psihrotrofnih bakterija bit će intenzivniji.

### **Vrste psihrotrofnih bakterija**

Grupi psihrotrofnih bakterija koje rastu u ohlađenom sirovom mlijeku na temperaturi od 2-4°C, te preko njega utječu na svojstva mliječnih proizvoda, pripadaju rodu *Pseudomonas*. Psihrotrofnoj populaciji pripadaju i *Flavobacterium* vrste, *Achromobacter* vrste i neke vrste *Enterobacteriaceae* koje rastu na niskim temperaturama, no njihov je značaj manje izražen.

*Pseudomonas* vrste su dominantni predstavnici psihrotrofnih bakterija u ohlađenom (2-4 °C) sirovom mlijeku i čine 40 % od prisutnih psihrotrofnih mikroorganizama nađenih u 75 % uzoraka sirovog mlijeka. Ovi pojedinačni gram-negativni aerobni štapići nemaju fermentacijske sposobnosti. Ne preživljavaju temperaturu pasterizacije. Osjetljivi su na kiselu reakciju sredine i ne rastu na kiselosti nižoj od pH 4,5, dok im optimalna pH vrijednost rasta iznosi 7,0 – 8,5. Generacijsko im vrijeme zavisi od temperature sredine. Optimalna temperatura rasta za većinu psihrotrofnih mikroorganizama je 20-30°C (oni su mezofilni mikroorganizmi), ali mogu rasti na temperaturi od 2-7° a i niže (0°C). U ohlađenom (na temperaturi od 2-4°C) sirovom mlijeku najčešće su prisutni: *Ps. fluorescens*, *Ps. fragi*, *Ps. putida*, *Ps. putrefaciens* i *Ps. aeruginosa* koja je patogena i uzročnik je mastitisa, a u humanoj medicini poznata je kao uzročnik upalnih rana, infekcija sluznice uha, očiju i mokraćnih puteva, te postoperativnih infekcija u bolnicama.

### **Štetni učinci psihrotrofnih bakterija**

Glavnina štetnih posljedica aktivnosti psihrotrofnih mikroorganizama u ohlađenom sirovom mlijeku na temperaturi od 2-4°C odnosi se na neželjene promjene mliječne masti i bjelancevine prouzročene termorezistentnim

proteolitičkim i lipolitičkim enzimima. Intenzitet tih promjena ovisi o broju prisutnih bakterija. Već kod broja većeg od  $5 \times 10^4$  u 1 ml ili g mlijeka ili proizvoda, postoji veliki rizik štetnih promjena. Proteaze psihrotrofnih bakterija, posebice *Pseudomonas fluorescens* dovode do raznih mana i grešaka izgleda, okusa i mirisa. Najčešća je mana gorak okus, koji potječe od gorkih peptida, nastalih enzimatskom proteolizom mliječnih bjelančevina. Razgrađujući  $\alpha$  i  $\epsilon$  kazein uzrokuju gubitke dušika sirutkom, a time i smanjenje prinosa sira. Lipaze razgrađuju mliječnu mast uzrokujući mane mirisa i okusa. To je posebice izraženo kod maslaca ili kod mliječnih proizvoda s visokim sadržajem masti, a očituje se kroz užegao i neugodan okus i miris. Prikaz do sada utvrđenih štetnih učinaka *Pseudomonas* spp. je u tablici 4.

Tablica 4: *Pseudomonas* bakterije i njihovi štetni učinci na mlijeko i mliječne proizvode

Table 4: *Pseudomonas* bacteria and theirs detrimental influence on milk and milk products

Vrsta bakterije Type of bacteria	Štetni učinak Detrimental effects
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	užegnutost vrhnja i maslaca, gorki okus sira
<i>Pseudomonas fragi</i>	obojenost vrhnja, maslaca i svježeg sira, užegli okus
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>	kvarenje mlijeka i mliječnih proizvoda, površinske pjege na maslacu
<i>Pseudomonas maltophila</i>	užegli i gorki okus mliječnih proizvoda

#### 4. Zaključak

Hlađenje sirovog mlijeka nakon mužnje na 6-8°C, neizostavni je i neophodni uvjet suvremenog mljekarstva. No u slučajevima dužeg (>48 h) držanja mlijeka na ovim temperaturama i njegove loše higijenske kakvoće dolazi do promjena fizikalno-kemijskih svojstava i rasta psihrotrofne mikroflore, što nepovoljno utječe na sam proces proizvodnje, prinos i kakvoću mliječnih proizvoda. Stoga, ma koliko bilo neophodno i korisno, hlađenje mlijeka ipak nije svemoguće i jedino pouzdano za postizanje visoke kakvoće sirovog mlijeka. Ono je izvrstan način čuvanja zatečene visoke kakvoće kroz određeno i ograničeno vrijeme. Hlađenjem se ne poboljšava primarna kvaliteta sirovog mlijeka. U slučaju higijenski lošeg sirovog mlijeka, ona se hlađenjem čak i pogoršava. Zato u dobivanju kvalitetnog mlijeka i kvalitetnih mliječnih

proizvoda, trajnu i odlučujuću ulogu i dalje ima visoka higijena i stručnost u

njegovoj proizvodnji, dopremi i skladištenju. U svakom slučaju, moglo bi se zaključiti: ***hlađenje je dobar sluga samo kod dobrog mljekara.***

### THE EFFECT OF COOLING PROCEDURE ON THE CHARACTERISTICS AND QUALITY OF RAW MILK

#### Summary

*Prompt cooling of the milk after milking is vital to preserve milk characteristics until manufacture. The way and the speed of the cooling as well as cooling time and temperature have an important influence on physico-chemical characteristics and psychrophilic and psychrotrophic microflora development in milk. Intensity of these changes are especially evident in milk kept at low temperatures more than 48 hours, which make this milk unusable for further processing. The minerals balance is disturbed and the casein micelles properties are changed thus having an influence on technological process, characteristics and the yield of product. Psychrotrophic microflora present in milk is mostly derived from the milk producing environment and poor hygienic conditions including water quality. Dominating psychrotrophic microflora, in low temperature cooled milk, are Pseudomonas bacteria. Pasteurisation destroys these bacteria but not their thermolabile proteolytic and lipolytic enzymes, degrading milk proteins and fats thus contributing to off-flavours and other defects of milk products. Although cooling procedure certainly improves the microbiological quality of raw milk, good hygienic practice is of vital importance in milk production, transportation and storage.*

*Keywords: low temperature cooled raw milk, physico-chemical changes, psychrotrophic bacteria, Pseudomonas bacteria, milk products defects*



### ***Literatura***

- ALAIS, Ch. (1984): Scienze del latte, Tecniche nuove, Milano
- Council Directive 92/46/EEC, Official Journal of the European Communities, No L 268/1992., Brussels
- ECK, A.(1987): Le fromage, Technique et Documentation(Lavoisier), Paris
- KAMMERLEHNER, J.(1986): Labkäse Technologie, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer
- KAMMERLEHNER, J.(1999): Pseudomonaden, DMZ, 21/99, 910-913
- PETRIČIĆ, A.(1984): Konzumno i fermentirano mlijeko, UMRSRH, Mljekarstvo, Zagreb
- SALVADORI DEL PRATO, O.(1098):Trattatodi tecnologia casearia, Edagricole, Bologna.
- Pravilnik o kakvoći svježeg sirovog mlijeka, Narodne novine, br. 102/2000.
- RIEMELT, I., BARTEL., B., MALCZAN, M.(1996): Milchwirtschaftliche Mikrobiologie, Behr's ...Verlag, Hamburg
- SCOTT, R.(1986): Cheesemaking practice, Elsevier Applied Science Publishers, 2<sup>nd</sup> ed., Essex
- TRATNIK, Lj.(1998): Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija, HMU, Zagreb

**Adresa autora-Author address:**

Mr.sc. Slavko Kirin  
Lura d.d. Tvornica Bjelovar  
V.Sredice 9, Bjelovar

**Prispjelo-Received:**

01.04.2001.

**Prihvaćeno- Accepted:**

27.06.2001.