

HLAĐENJE I TERMIZACIJA KAO SREDSTVO PRODUŽENJA ODRŽIVOSTI SIROVOG MLIJEKA

Darko ŠKRINJAR, dipl. inž., RO »Dukat« OOUR »Mljekara« Zagreb

Uvod

Ako se sirovo mlijeko isporučeno mljekari ne može preraditi isti dan, mora mu se postojeća kakvoća sačuvati. To se može učiniti hlađenjem, tako da se mlijeko ohladi na temperaturu od 4°C i da se zatim na toj temperaturi skladišti. Drugi djelotvoran način čuvanja sirovog mlijeka je zagrijavanje tzv. termizacijom i skladištenje na temperaturi od 4°C.

Prema *Stadhoudersu* izraz »termizacija« znači toplinski postupak u kojem se mlijeko zagrijava 10 sekundi u temperaturnom rasponu od 64°C — 68°C. Nakon termizacije hladi se na 4°C i skladišti na toj temperaturi. Nakon skladištenja mlijeko se pasteurizira prije prerade u određene mlječne proizvode. Pod uvjetom da se poduzmu odgovarajuće mjere za primarno sprečavanje kontaminacije Gram-negativnih psihofilnih bakterija nakon proizvodnje sirovog mlijeka termizacija se može vrlo uspješno primjenjivati.

Hlađenje sirovog mlijeka i tromo faza rasta psihofilnih bakterija

Pravilnik o bakteriološkoj kakvoći sirovog mlijeka određuje da sirovo mlijeko može sadržavati maksimalno do 3,000.000 mikroorganizama u 1 ml sirovog mlijeka.

Swartling je ustanovio relaciju između temperature i rasta bakterija za vrijeme skladištenja sirovog mlijeka. Na temperaturi od 4°C nije primjećeno nikakvo značajno povećanje, rast i umnažanje mikroorganizama tijekom 72—92 sata.

Bockelmann je zaključio da je kritično vrijeme skladištenja između 60 i 72 sata. *Cousins*, *Sharpe* i *Law* zaključuju da tipovi i vrste bakterija, više nego njihov broj, određuju ritam i omjer rasta i razmnožavanja tijekom skladištenja sirovog mlijeka.

Gehriger tvrdi da početni broj i vrsta bakterija ima vidan utjecaj na kakvoću skladištenja sirovog mlijeka. *Langeveld* i *Cuperus* su ustanovili da vrste *Pseudomonas*, glavni rod psihofilnih bakterija u sirovom mlijeku ima vrijeme udvostručenja od 6—8 sati pri temperaturi od 4°C.

Obzirom da je pometnja u literaturi evidentna, nastojali smo utvrditi, koji od slijedećih faktora — pod uvjetima mljekarske prakse, najviše određuju kakvoću skladištenog sirovog mlijeka: učinak hlađenja na produženje tromo faze psihofilnih bakterija, učinak hlađenja na njihov ritam rasta (a time i na početni broj), ili na vrstu prisutnih bakterija.

Mlijeko sa početnim brojem od 5×10^4 /ml. bakterija dostići će nakon 36 sati pri 4°C broj od 8×10^5 /ml., što je neprihvatljivo visoko u pogledu tehnološke podobnosti, obrade i prerade takovog sirovog mlijeka. Takav rapidni porast pojavljuje se kod nehigijenske proizvodnje sirovog mlijeka, te ako se upotrebljava neprikladan model (sistem) sakupljanja sirovog mlijeka.

Stadhouders upućuje na to da uzorci sirovog mlijeka proizvedeni u higijenskim uslovima, hlađeni na 4°C odmah nakon mužnje i držani na toj temperaturi kroz 72 sata nisu pokazali nikakav porast broja bakterija. To se pokazalo točnim, kod uzoraka mlijeka s početnim brojem mikroorganizama do 1×10^6 /ml.

U većini slučajeva bilo je moguće skladištiti mlijeko za 24 sata prije nego što je bilo kakav značajan porast u broju bakterija bio primijećen. Pretpostavlja se da određeni brzi tipovi psihrofilnih gram negativnih štapića koji su malobrojni u sirovom mlijeku, počinju rasti ubrzo nakon što je mlijeko bilo pomuženo i da će tijekom skladištenja postati veliki dio ukupne bakterijske populacije.

Sa ciljem da se to ispita, određene vrste izolirane su iz razrijeđenog sakupljenog sirovog mlijeka koje se pokvarilo pri 4°C.

Te vrste bakterija bile su inokulirane u aseptički dobiveno sirovo mlijeko pri 4°C i skladišteno na toj temperaturi. Nakon različitih vremenskih perioda utvrđen je broj bakterija. Ustanovljeno je da sve te bakterijske vrste pripadaju rodu *Pseudomonas*. Oni su pokazali vrijeme zakašnjanja (usporavanja) od otprilike 72 sata. Samo izuzetno našlo se brze, rapidne psihrofilne bakterije koje su počele rasti odmah nakon inokulacije, a te su pripadale porodici *Enterobacteriaceae*.

U skladu s tim promatranjima može se zaključiti da broj psihrofilnih bakterija (mjeren na PCM nakon 10 dana pri 7°C ili 14 dana pri 4°C) u sakupljenom sirovom mlijeku, koje se sastoji od 4 mužnji, raste vrlo polagano tijekom prvih 24 sata nakon isporuke.

Vrlo vjerojatno većina prisutnih psihrofilnih bakterija počinje rasti 24 sata nakon isporuke, (48 sati nakon proizvodnje), a glavna flora mlijeka sastoji se od psihrofilnih bakterija.

Vjerojatno glavni faktor koji određuje kakvoću skladištenog sirovog mlijeka jest produženje, zahvaljujući hlađenju, trome faze psihrofilnih bakterija.

Važnost dobro kontroliranih sistema skladištenja sirovog mlijeka kod proizvođača na sabiralištu i sakupljanja sirovog mlijeka

Određeni broj psihrofilnih bakterija može utjecati na kakvoću skladištenja sirovog mlijeka. Njihov utjecaj zavisi da li su one na početku, u sredini ili na kraju trome faze.

Općenito govoreći brojevi bakterija po uzorku sirovog mlijeka su obzirom na to od ograničene vrijednosti. Ako je, međutim, određen sistem sakupljanja sirovog mlijeka provodan, te ako je utvrđen i određen broj mužnji skladišten kod proizvođača ili na sabiralištu, čini se da sirovo mlijeko prilikom isporučivanja mljekari ima određenu kakvoću čuvanja, odnosno skladištenja.

Međutim ako sirovo mlijeko kod svakog proizvođača ili na sabiralištu (ovisno od određenog i izabranog sistema sakupljanja sirovog mlijeka na otkupnom — sabirnom području), nije dovoljno ili nikako hlađeno, odmah nakon što je bilo pomuženo ili kada dio mlijeka ostane kod proizvođača ili na sabiralištu dulje vrijeme, situacija je posve drugačija, čak i ako su jednaki brojevi psihrofilnih bakterija prisutni u sirovom mlijeku.

U tom i takvom slučaju sirovo mlijeko ne može biti skladišteno na 4°C za sljedeća 24 sata!

No, ima i drugih razloga zbog čega se preporučuje da sirovo mlijeko ili jedan njegov dio ne bi smjelo ostati kod proizvođača ili na sabiralištu duže od dva dana. Postoji zabrinutost zbog velikog broja psihrofilnih bakterija, jer ti mikroorganizmi proizvode termorezistentne enzime (proteaze ili lipaze).

Proteaza je utvrđena u kulturi *Pseudomonas* na kraju faze rasta, kada broj psihrofilnih bakterija prelazi $1 \times 10^7/\text{ml}$.

Driessen je vršio pokuse da utvrdi količinu proteolize pa je para — kazein smjesa mjerena u uzorku mlijeka nakon grijanja i skladištenja 16 sati kod 37°C . Proizlazi da je dodatak od manje od 0,05% potpuno izrasle kulture *P. fluorescens* ($1 \times 10^9/\text{ml}$.) dovoljan da postigne značajan učinak na proteolizu.

U dodatku samo $0,5 \times 10^6/\text{ml}$ bakterija dodano je drugim pokusom. Slični uvjeti mogu nastati u mljekarskoj praksi, kada mala količina sirovog mlijeka pokvarenog (povećana kiselost) dugim skladištenjem (na nedovoljnim temperaturama) biva pomiješana sa velikom količinom sirovog mlijeka dobre kakvoće.

No, to se ne može uvijek otkriti mjereći broj mikroorganizama u uzorku pomiješanog mlijeka.

Hlađenje sirovog mlijeka na 4°C u kombinaciji sa dobrim sistemom skladištenja sirovog mlijeka kod proizvođača ili na sabiralištu, kao i optimalnim načinom sakupljanja i prijevoza sirovog mlijeka, garantira da će sirovo mlijeko imati izvjesnu kakvoću čuvanja, te da će mlječni proizvodi, proizvedeni iz tog i takovog mlijeka biti dobre kakvoće.

Utjecaj temperature skladištenja na početak rasta i na stopu porasta psihrofilnih bakterija

Do sada je bilo govora samo o skladištenju sirovog mlijeka na temperaturama od 4°C . Proizlazi jasno da pri višim temperaturama psihrofilnim bakterijama treba kraće vrijeme za početak razmnožavanja kao i da je njihova stopa rasta viša.

Nakon skladištenja tokom 24 sata na 4°C otkriven je porast broja bakterija, a pod drugim uslovima primjećen je još brži porast i razmnožavanje mikroorganizama.

Iz naredne tabele vidljivo je stanje sirovog mlijeka, odmah, poslije 24 sata kao i poslije 48 sati skladištenja. Prosječan broj od 24 uzorka sirovog mlijeka skladišten nakon isporuke mljekari na temperaturama 4°C i 7°C po *Stadholdersu*:

ODMAH		POSLIJE 24 sata		POSLIJE 48 sati	
4°C	7°C	4°C	7°C	4°C	7°C
$3,5 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$5,4 \times 10^4$	$9,7 \times 10^4$	$1,9 \times 10^5$	$8,3 \times 10^5$

Temperatura sirovog mlijeka pri isporuci i nužnost hlađenja sirovog mlijeka

Pravilnik o kakvoći sirovog mlijeka Službeni list SFRJ broj 51/1982. u čl. 11 toč. 7. određuje da se neposredno nakon mužnje sirovo mlijeko mora ohladiti ispod 8°C . Nadalje u čl. 16. — Pasteriziranim se mlijekom, smatra mlijeko koje je najkasnije 24 sata nakon mužnje, odnosno 48 sati ako je ohlađeno na temperaturu od 4°C do 1°C pročišćeno filtriranjem ili centrifugiranjem, zagri-

javano određeno vrijeme na temperaturi nižoj od 100°C i neposredno nakon toga ohlađeno na temperaturu do 5°C ili nižu.

Čl. 20. — Kratkotrajno steriliziranim mlijekom, smatra se mlijeko koje je najkasnije 24 sata nakon mužnje, izravno ili neizravno zagrijavano na temperature od 135°C do 150°C za vrijeme kojim se osigurava sterilizacija, hlađeno i aseptički punjeno u sterilnu ambalažu.

Tijekom transporta u mljekaru, a posebno pri visokim vanjskim temperaturama, temperatura sirovog mlijeka može porasti, naročito ako je izolacija autocisterna nedovoljna. No, može se dogoditi da je mlijeko prikupljeno kratko vrijeme nakon mužnje dodano u cisternu ili bazene za hlađenje na sabiralištu, tako da uslijed toga sveukupna količina mlijeka opet ne postiže željenu temperaturu od 4°C. U koliko sirovo mlijeko mora biti skladišteno u sirovom stanju u mljekari, u svakom je slučaju potrebno da isto ponovno ohladimo na minimalno 4°C.

Termizacija primljenog sirovog mlijeka i bakterijski rast za vrijeme produženog skladištenja na hladnom

Čak i kad je sirovo mlijeko hlađeno na 4°C nakon isporuke, a i sistemi skladištenja mlijeka kod proizvođača ili na sabiralištu, kao i sistemi (modeli) sakupljanja mlijeka zadovoljavaju, njegova kakvoća čuvanja u mljekari ograničena je na otprilike jedan dan!

To može biti nedovoljno u suvremenom industrijskom mljekarstvu; posebno kada je uobičajen petodnevni ili šestodnevni radni tjedan (35 ili 42 sata rada tjedno). U takvim slučajevima termizacija je nužan i uobičajen postupak.

U seriji istraživanja i pokusa izvršenih od strane Nizozemskog instituta za mljekarstvo (NIZO), velika količina sirovog mlijeka podijeljena je u dva dijela. Jedan dio sirovog mlijeka skladišten je kroz 4 dana pri otprilike 3°C do 4°C, a drugi dio zagrijavan je za 10 sekundi na 68°C i skladišten tijekom 4 dana pri temperaturama koje variraju od 4°C do 7°C.

Svaki dan izvršeno je sveukupno mjerenje na PCM agaru. Broj psihrofilnih bakterija na PCM agaru bio je određen nakon inkubacije od 10 dana pri 7°C. U sirovom mlijeku broj mikroorganizama počeo se povećavati nakon vremena skladištenja od 1. dana pri temperaturi 4°C. Mlijeko zagrijano termizacijom moglo bi se držati kroz najmanje 3 dana bez ikakvog značajnog porasta bakterijskog broja. Međutim naknadna kontaminacija mora biti spriječena. Temperatura slijedećeg skladištenja ne smije biti viša od 7°C.

Ukoliko mlijeko zagrijavano termizacijom bude tretirano na ovaj način, a vrijeme skladištenja ne prelazi više od 3 dana, proizvodi proizvedeni iz tog mlijeka po kakvoći su isti kao oni proizvedeni iz svježeg sirovog mlijeka, koje je odmah po prispjeću u mljekaru hlađeno, odnosno pasterizirano, te potom stavljeno u obradu i preradu u razne mlječne proizvode. Treba međutim imati na umu da termizacija ne može zamijeniti konvencionalni postupak zagrijavanja — toplinske obrade (pasterizacije, kratkotrajne sterilizacije, sterilizacije), niti može neutralizirati efekt kvarenja koji je već nastao ili je u toku od psihrofilnih bakterija, na kakvoću sirovog mlijeka, niti spriječiti aktivnost enzima koji su već proizvedeni.

Međutim termizacija može spriječiti dalji razvoj psihrofilnih bakterija za vrijeme skladištenja sirovog mlijeka u mljekari.

Lipaza, fosfataza i termizacija

Prema *Willartu* i *Nilssonu* postupak termizacije sprečava djelatnost mlječne lipaze samo do određenog postotka. Zagrijavanje za 20 sekundi pri 60, 65, 70, 73, 75 i 80°C sprečava djelatnost 15, 40, 85, 90, 99 i 100% mlječne lipaze.

Pasterizirano homogenizirano mlijeko ili drugi tipovi mlijeka koji sadržavaju određene masnoće (slatko vrhnje) uslijed toga ne mogu biti miješani sa termiziranim mlijekom. U seriji pokusa ustanovljeno je da se u termiziranom mlijeku kiselost jedva povećava za vrijeme skladištenja. Međutim nije jednostavno dati zadovoljavajuće objašnjenje ovih rezultata i opažanja.

Postoji mogućnost da je aktivna mlječna lipaza apsorbirana u kuglicama mlječne masti lakše inaktivirana zagrijavanjem (spriječena aktivnost), jer rijetko dolazi do razgradnje masti. Termizacija sprečava također aktivnost fosfataze samo djelomično, a prema istraživanjima *Koppejana*, te se iz tog razloga reakcija fosfataze ne može upotrebiti, a da bi se razjasnilo da li je termizacija učinjena ili nije.

Termizacija i klijanje spora *B. Cereus*

Prema *Hupu*, *Boumanu* i *Driessenu* još jedan efekt termizacije jest da ona aktivira klijanje spora *B. cereus* za vrijeme produženog hladnog skladištenja mlijeka. Dobro je poznato da brzo klijavuće spore *B. Cereus* uzrokuju kvarenje mlijeka, kao i pasteriziranog nehomogeniziranog mlijeka u toku distribucije. Broj brzo klijavućih spora odgovara broju nastalih kolonija. Termizacija i odgovarajuće skladištenje aktiviraju klijanje *B. cereus* spora daleko djelotvornije nego što to čini skladištenje sirovog mlijeka, bez prethodne termizacije, a to je podesan način za smanjenje kvarenja i defekta mlijeka i vrhnja zbog toga što su prokljale spore ubijene i uništene kod kasnije pasterizacije. Naime, uslijed termizacije dolazi do brzog klijanja spora *B. cereus* ukoliko je poslije osigurano skladištenje na 2–4°C.

KLIJANJE SPORA *B. CEREUS* U MLIJEKU ZA VRIJEME SKLADIŠTENJA NA HLADNOM I UČINAK TERMIZACIJE I PASTERIZACIJE PRIJE SKLADIŠTENJA MLIJEKA PREMA STADHOUDERSU

INKUBACIJA	BROJ KOLONIJA/LIT. MLIJEKA			
	P	SP	TP	PP
24 sata, 20°C	68	60	28	23
7 dana, 10°C	60	31	15	8
14 dana, 7°C	29	17	3	3

P = izravno pasterizirano

SP = skladišteno sirovo mlijeko 2 dana na 5°C, te pasterizirano

TP = zagrijavano termizacijom: 10 sek. na 68°C, skladišteno dva dana na 5°C, zatim pasterizirano

PP = pasterizirano: 10 sek. na 74°C, skladišteno dva dana na 5°C zatim pasterizirano

Streptococcus thermophilus i termizacija

Prema *Bangmanu*, *Hupu* i *Boumanu* ustanovljeno je da se *S. thermophilus* razvija u izlaznoj strani regenerativne sekcije pastera, nakon dugog vremena upotrebe istog. Kao rezultat toga, broj termorezistentnih bakterija se u pasteriziranom mlijeku povećava, što može uzrokovati kvarenje mlijeka i mlječnih proizvoda, naročito sireva koji su proizvedeni iz takvog mlijeka (nečistoća, nastajanje plina).

Već tijekom same termizacije postoji postepeni porast broja *S. thermophilus*, što se nastavlja tijekom pasterizacije. Povremena i pravodobna čišćenja opreme mogu spriječiti taj porast.

Istraživanjima je dokazano da što je veći početni broj *S. thermophilus* koji ulaze u opremu, mora biti kraće vrijeme proizvodnje, a prije nego što mlijeko na izlazu dostigne visoke brojeve, odnosno sadržaj *S. thermophilus*.

Termizacija dakle određuje vrijeme u kojem paster može biti u proizvodnji. Vjerojatno je prisutnost malog broja *S. thermophilus* u sirovom zimskom mlijeku razlog koji omogućuje da se paster može neprekidno upotrebljavati u dužim vremenskim razmacima nego ljeti, a prije nego što je postignut veliki broj *S. thermophilusa*. Kad je paster predugo u proizvodnji, može doći do rasta *S. thermophilus*.

Hlađenje naspram termizacije

Troškovi hlađenja niži su od troškova termizacije. Oprema za hlađenje jednostavnija je i jeftinija od opreme za termizaciju. Za provedbu termizacije potrebni su određeni tipovi opreme, te je potrebno raspolagati i dovoljnom količinom pare.

Prednost termizacije je u tome što ona isključuje daljnji efekt kvarenja koji izvjesne količine sirovog mlijeka loše kakvoće mogu imati. Obzirom da termizacija produžuje kakvoću čuvanja i skladištenja isporučenog sirovog mlijeka, kasniji proizvodni procesi mogu biti bolje organizirani, a garancije za konstantnu kakvoću mlijeka i mlječnih proizvoda su povećane.

No, nikako ne smijemo zaboraviti, te to trebamo stalno imati na umu, da hlađenje ne može nadomjestiti higijenu proizvodnje kako sirovog tako i toplinski obrađenog mlijeka i mlječnih proizvoda. Čišćenje, pranje i dezinfekcija jesu sredstvo za produžetak održivosti sirovog mlijeka i svih ostalih proizvoda od mlijeka.

Samo visoka higijena proizvodnje uz pravodobno i odgovarajuće provedeno hlađenje, i kasnija toplinska obrada, može nam osigurati pozitivne rezultate.

Literatura

Pravilnik o kakvoći mlijeka — Sl. list SFRJ br. 51/1982.

I D F Symposium on Bacteriological quality of Raw Milk, Kiel, 1981.

Symposium der Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel, 1981. aus Anlass des 70. Geburtstages von Professor Dr. A. Lembke.