



KATEDRA ZA HIGIJENU I TEHNOLOGIJU NAMIRNICA ANIMALNOG POREKLA
FAKULTET VETERINARSKE MEDICINE

TERMIČKA OBRADA MLEKA: Sterilizacija

Prof. dr Radoslava Savić Radovanović

Sterilizovano mleko

- ❑ Sterilizovano mleko treba da ima održivost, očuvanu biološku i nutritivnu vrednost dovoljno dugo pri prosečnim temperaturama (oko 20°C), ne sme da sadrži patogene mikroorganizme i druge mikroorganizme koji dovode do kvara proizvoda.

Proizvodnja sterilizovanog mleka obuhvata:

Izbor mleka, ✓

Prečišćavanje,

Standardizacija procenta mlečne masti,

Predgrevanje,

Homogenizacija,

Sterilizacija,

Aseptično punjenje.

Skladištenje.

Izbor mleka za sterilizaciju

Mleko za sterilizaciju treba da je stabilnih pravih i koloidnih rastvora.

Proteini nisu termički stabilni ako je:

povećana titraciona kiselost mleka;

loš balans soli u mleku;

povećan sadržaj proteina mlečnog seruma.

Mleko za sterilizaciju:

- ne treba da bude dugo čuvano na temperaturama hladjenja;
- treba da sadrži mali broj termorezistentnih sporogenih bakterija.

Stabilnost kazeina

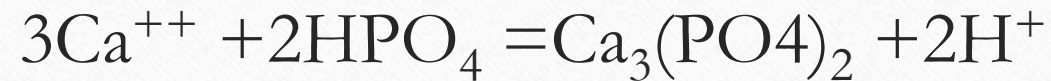
- Kazein je termostabilni protein mleka. Stabilnost kazeina tokom zagrevanja zavisi od odnosa jona u mleku i pH vrednosti.
- Pri porastu koncentracije jona kalcijuma i magnezijuma molekuli kazeina obrazuju agregate.
- Svaka promena u ravnotezi soli ili promena u pH izaziva promene stepena disperznosti kazeina odnosno utiče na njegovu stabilnost.

Uticaj temperature na soli u mleku

- ❑ Promene na solima mleka direktno zavise od visine temperature zagrevanja i dužine delovanja.
- ❑ Pri višim temperaturama kalcijum -fosfat je manje rastvorljiv nego pri nižim iz čega proizlazi da se rastvorljivost kalcijum fosfata smanjuje zagrevanjem.

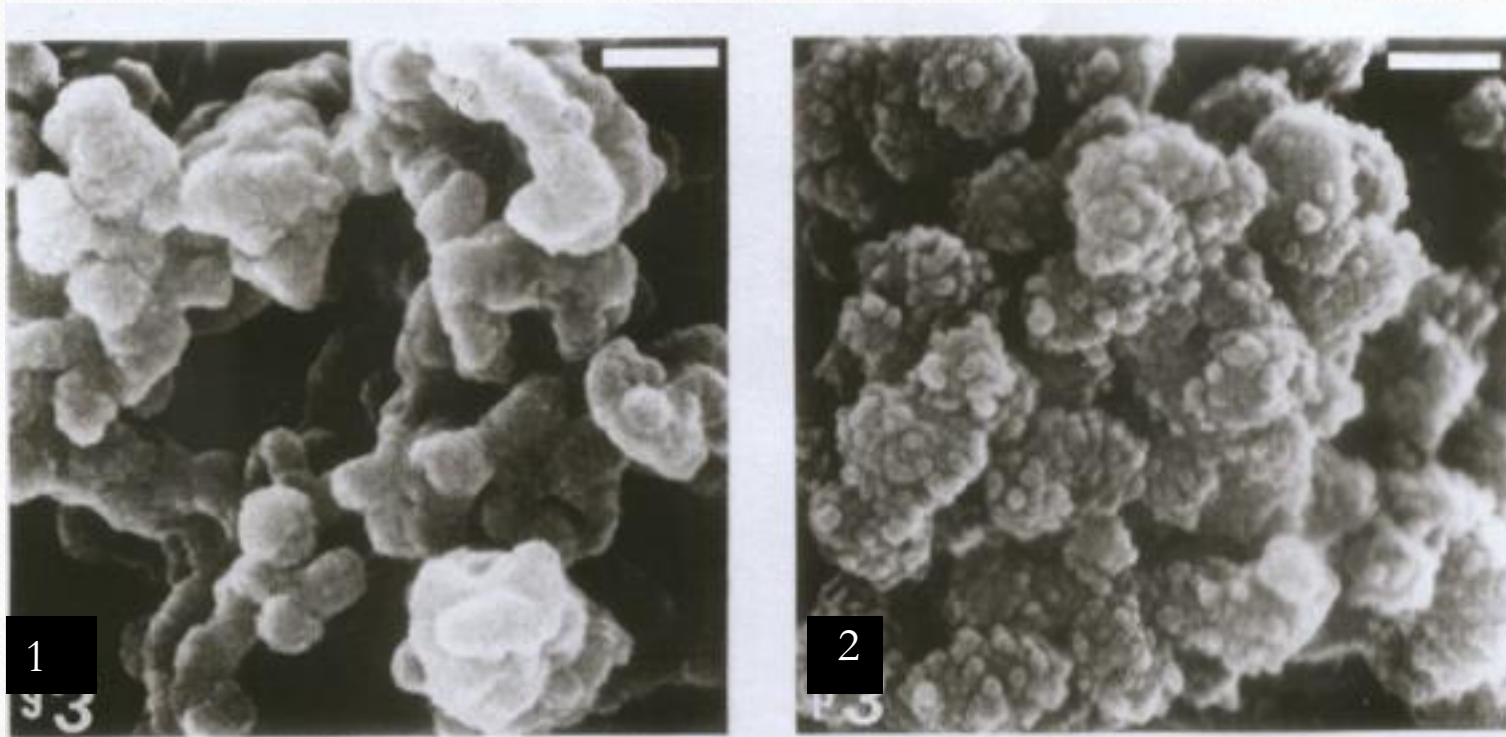
Uticaj temperature na soli u mleku

□ Pri zagrevanju mleka gubi se CO_2 usled čega se smanjuje titraciona kiselost a povećava pH mleka. Bitne promene pH mleka ne nastaju jer se oslobađaju H^+ iz reakcije Ca i HPO_4 .



Uticaaj temperature na proteine mleka

- Tokom zagrevanja pri temperaturama od 70°C laktoglobulin se vezuje za fosfat iz kapa kazeina koji je stabilan za vreme zagrevanja. Ukupna površina micide kazeina je dovoljna da adsorbuje sav globulin tako da njegova nerastvorljivost u mleku nije vidljiva, mleko ostaje homogeno.



1. Površina micela kazeina bez denaturisanog β laktoglobulina.

2. Micela kazeina sa denaturisanim β laktoglobulinom na površini, posle zagrevanja mleka na 80°C /30 min.

Logaritamska redukcija spora

- ❑ Tokom toplotne obrade mikroorganizmi ne odumiru trenutno, već postepeno.
- ❑ U jednakom vremenskom intervalu uništava se jedan isti deo ili procenat mikroorganizama, a njihov broj se u populaciji smanjuje logaritamski.
- ❑ Za uništavanje većeg broja mikroorganizama potrebno je i duže delovanje toplote.

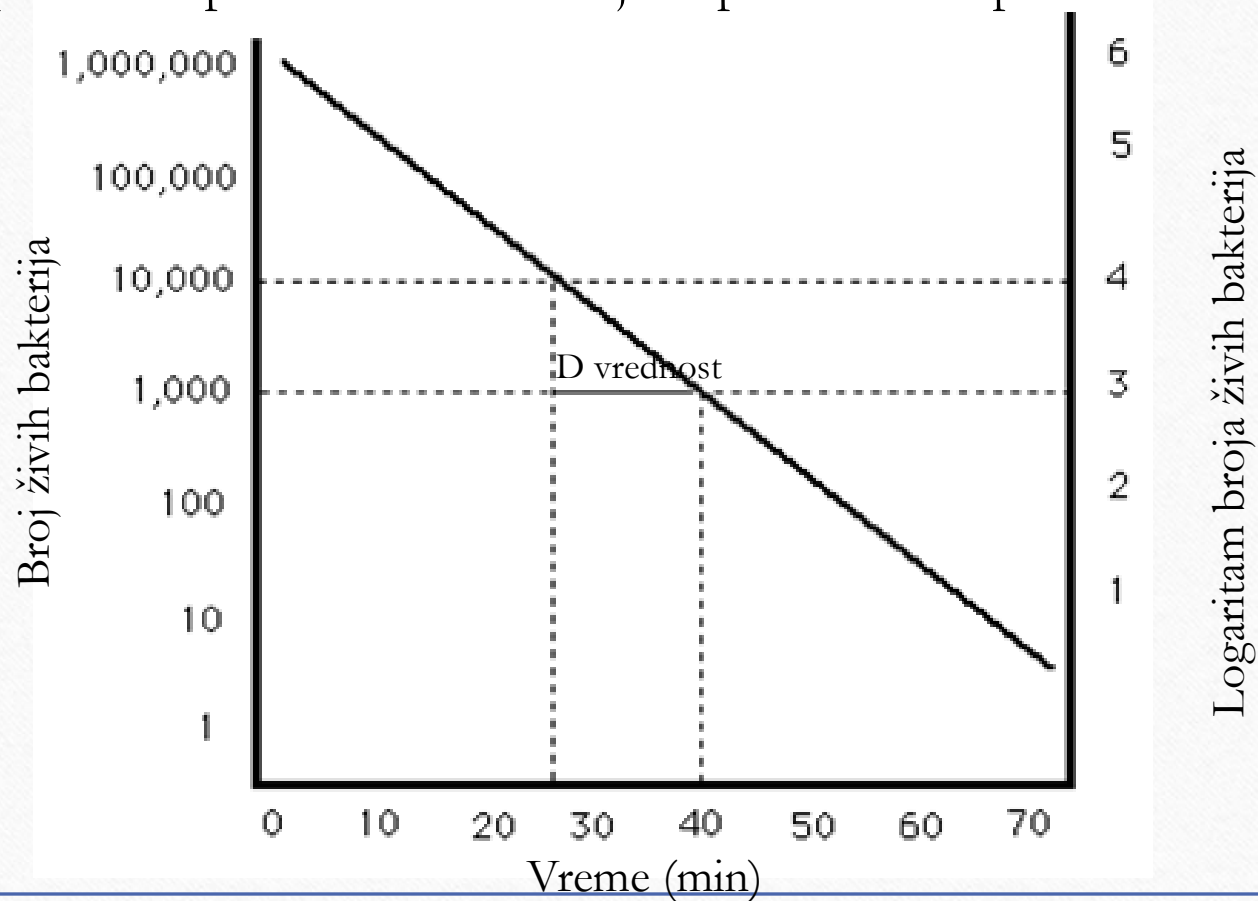
Logaritamska redukcija spora

Kinetika odumiranja mikroorganizama: $N = N_0 e^{-kt}$

- N= broj preživelih mikroorganizama;
- No= broj mikroorganizama na početku toplotne obrade;
- e= osnova prirodnog logaritma;
- k= koeficijent brzine uništavanja mikroorganizama;
- t= trajanje toplotne obrade u minutima

Vreme decimalne redukcije (D- vrednost)

D- vrednost - Vreme u minutima potrebno da se broj mikroorganizama pri stalnoj temperaturi toplotne obrade smanji 10 puta ili za 90 posto.



D- vrednost

Izračunavanje D-vrednosti:

$$D = \frac{t}{\log N_o - \log N_t}$$

t- vreme u minutima pri stalnoj temperaturi potrebno za uništavanje mikroorganizama

Log N_o - logaritam broja mikroorganizama na početku toplotnog tretmana

Log N_t - logaritam broja mikroorganizama na kraju toplotnog tretmana.

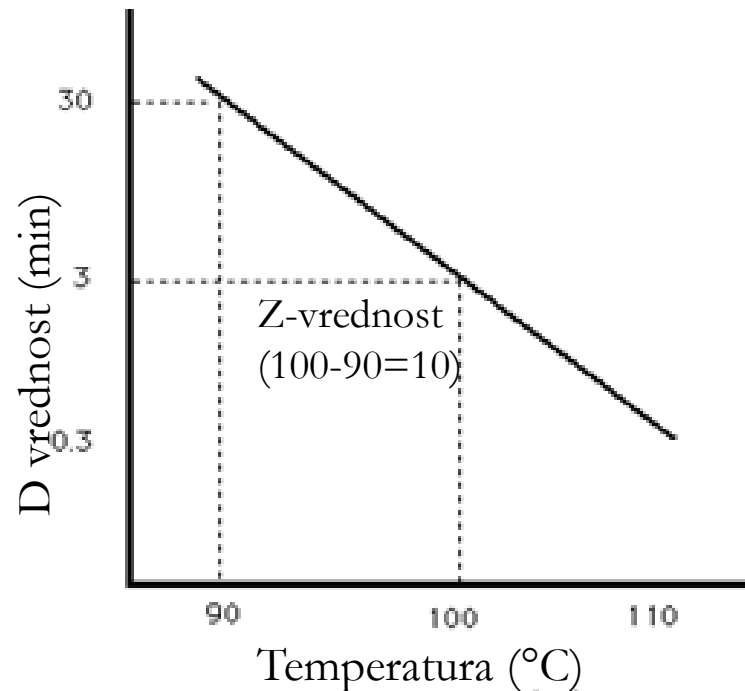
Izražavanje D vrednosti: $D_{t^{\circ}C}$ = vreme (minute)

D-vrednost za *L. monocytogenes*: $D_{62^{\circ}C}$ = 0,1 do 0,4min

Relativna termorezistentnost – otpornost mikroorganizama na različitim temperaturama zagrevanja

Z –vrednost se definiše kao broj stepeni (promena temperature) koji su potrebni da kriva toplotnog letalnog vremena preseče jedan logaritamski ciklus vremena zagrevanja.

Z- promena temperature koja daje 10- struku promenu D vrednosti.



Jedinica letalnosti

☐ Letalni efekat- deo toplotnog letalnog vremena temperature u jednom minutu.

☐ Letalni efekat (L) jednak je recipročnoj vrednosti letalnog vremena ($L=1/t$).

☐ Letalni efekat temperature

$$L = 10^{\frac{T_x - T_r}{z}}$$

T_x - letalna temperatura; T_r - referentna temperatura toplotne obrade

z – relativna termorezistentnost mikroorganizama

Jedinica letalnosti

- F- vrednost - Jedinica letalnosti

$$F_0 = \frac{t}{60} \times 10^{\frac{T-121.1^\circ\text{C}}{z}}$$

- t = vreme sterilizacije u sekundama pri T°C
- T = Temperatura sterilizacije u °C.
- z = vrednost koja izražava porast temperature da bi se dobio isti letalni efekat u 1/10 vremena. Vrednost varira u zavisnosti od porekla spora od 10 -10,8 °C. Generalno se prihvata 10 °C.

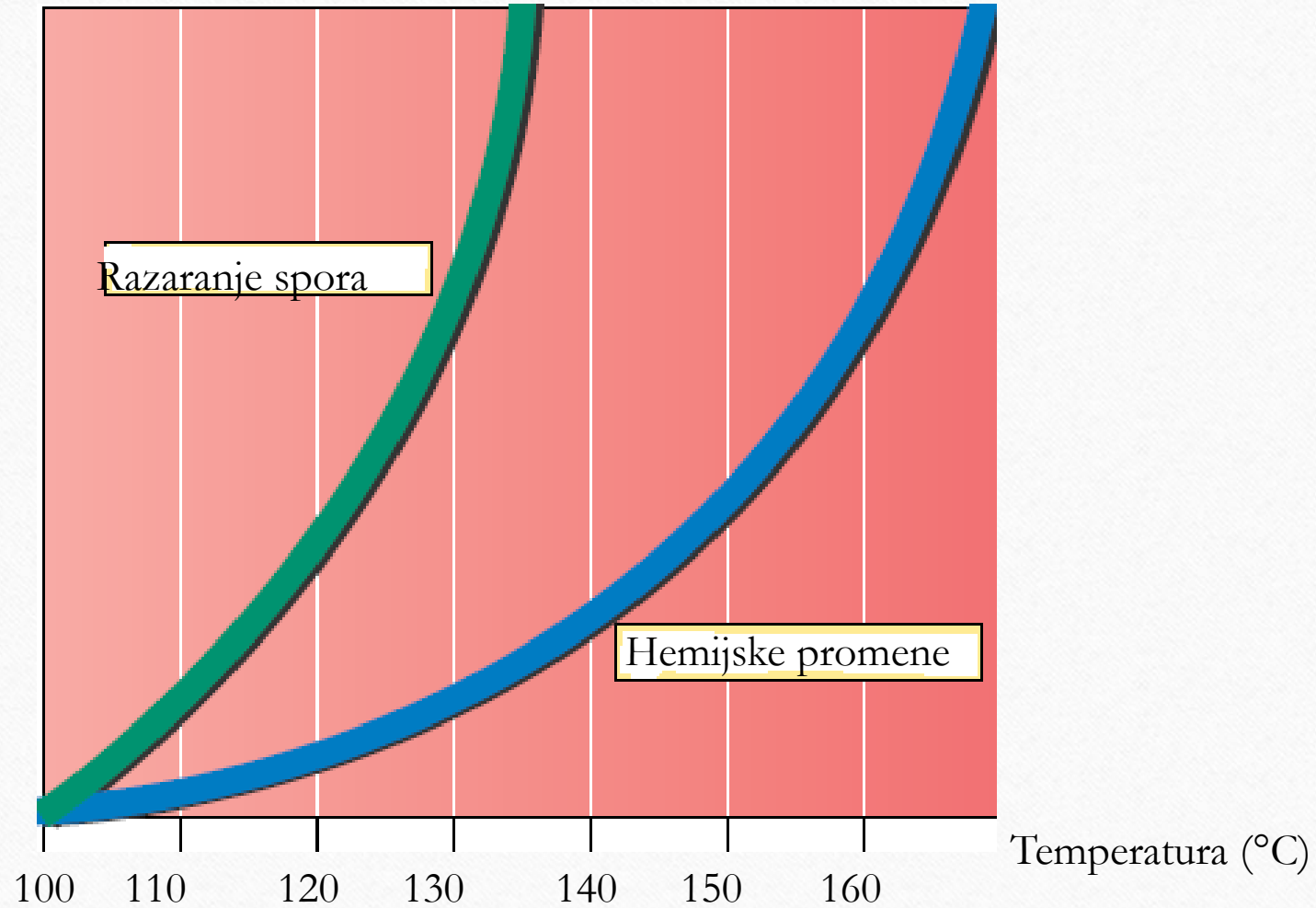
Q_{10} vrednost

□ Q_{10} vrednost:

- koliko puta brzina hemijske reakcije poraste ako temperatura toplotne obrade poraste za 10°C .

□ Za većinu biohemijskih promena Q_{10} je 2-3, odnosno pri porastu temperature od 10°C brzina hemijskih reakcija se udvostruči ili utrostruči.

Brzina promene hemijskih osobina mleka i destrukcija spora sa porastom temperature



Hemijske i bakteriološke promene pri tretiranju mleka visokim temperaturama

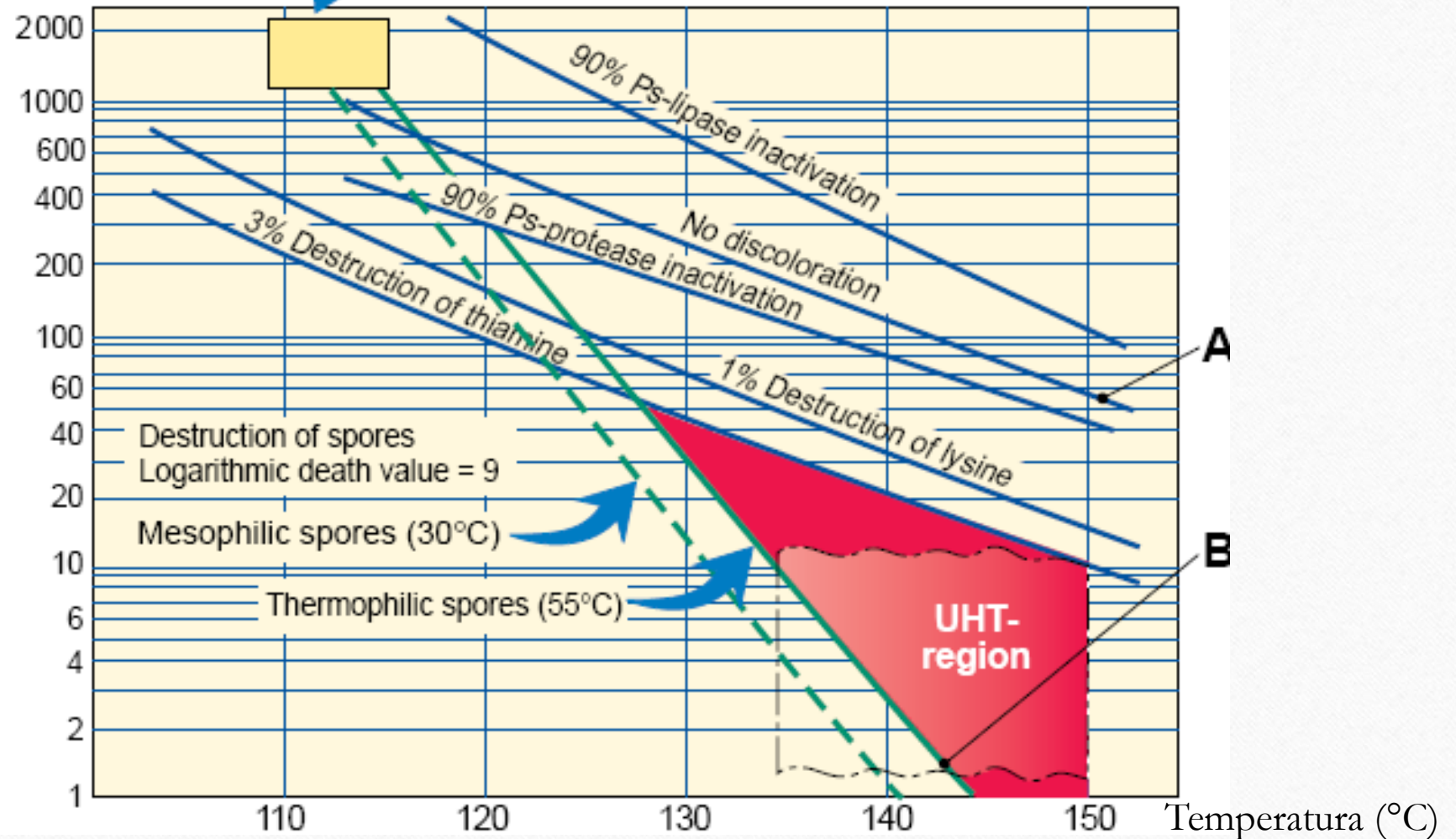
- ❑ Kombinacija temperature i vremena treba da obezbedi razaranje spora a da negativan uticaj na komponente mleka bude na najmanjem mogućem nivou.

- ❑ Delovanjem visokih temperatura na mleko, kroz duže vreme, odvijaju se hemijske reakcije koje imaju za rezultat:
 - promenu boje mleka,
 - promenu ukusa (ukus na kuvano i ukus na karamel).

Ograničavajući linije za uništavanje spora i uticaj na mleko

Vreme zagrevanja (s)

Sterilizacija u ambalaži



Fizičke promene u emulziji

- ❑ Fizičke promene u emulziji se označavaju kao **disrupcija** i **koalescencija**.
- ❑ Disrupcija ili usitnjavanje masnih kapljica dovodi do povećanja broja masnih kapljica manjeg promera i povećanja površine ukupnih masnih kapljica. Površine masnih kapljica posle disrupcije se vrlo brzo u vremenu od 0,01 do 0,1 sekunde prekrivaju proteinom iz plazme mleka, pre svega kazeinom.
- ❑ Izdvajanje masnih kapljica posle disrupcije je veoma usporeno.

Fizičke promene u emulziji

- Koalescencija** je pojava spajanja masnih kapljica i stvaranja masne kapljice većeg promera. Ovim procesom se smanjuje celokupna površina masnih kapljica.
-
- Neoštećeni omotač masnih kapljica spečava spajanje masnih kapljica.
 - Masne kapljice se spajaju na mestu oštećenja omotača. Slepljivanje masnih kapljica nastaje samo ako je mast u tečnom stanju a pospešuje ga malo rastojanje između kapljica.
 - U ohladjenom mleku najveći deo masti je u formi kristala, pa nastaje samo parcijalna koalescencija.

Fizičke promene u emulziji

- ❑ Kapljice masti u ohlađenom mleku ostaju u obliku grudvica (“Clumps”) koje se preko oštećene membrane tečnom fazom masti lepe jedna za drugu.
- ❑ Pri formiranju grudvica masne kapljice se slepljuju, stvaraju se velike masne kapljice i izdvajanje masti je mnogo brže nego u nativnom mleku.
- ❑ Pri zagrevanju masti i njenom prelasku u tečno stanje nastaje potpuna koalescencija.

Faktori koji utiču na hemijsko-fizičke osobine emulzije

- Vrsta mehaničkog opterećenja.
- Step en kristalizacije mlečne masti.
- Veličina masnih kapljica.
- Sadržaj masti.
- Osobine membrana masnih kapljica.
- Sastav obranog mleka.
- Temperatura.

Sterilizovano mleko i sterilizovani proizvodi od mleka

- Proizvode se kontinuiranim postupkom na visokoj temperaturi uz kratko vreme trajanja (najmanje 135°C u kombinaciji sa odgovarajućim vremenom trajanja temperature sterilizacije) tako da nema preživelih mikroorganizama i spora, koje bi se mogle razvijati u obrađenom proizvodu, ako se taj proizvod drži u aseptično zatvorenom pakovanju na sobnoj temperaturi.

Sterilizovano konzumno mleko

Sterilizacija u ambalaži → 20-30 minuta

pri 115-120°C

✓ Kontinuirani i diskontinuirani postupak

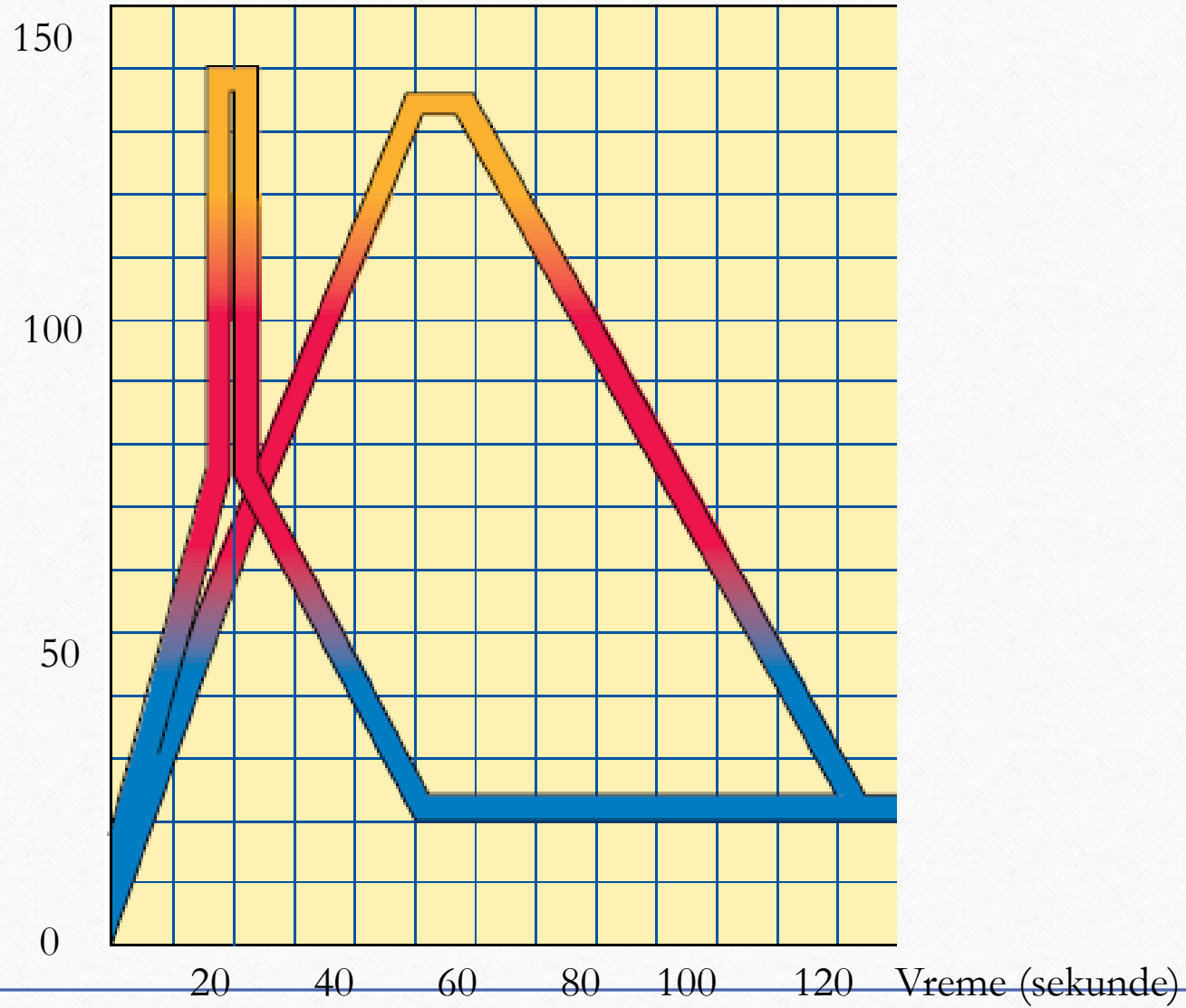
Sterilizacija mleka u protoku: 1-3 sek. 140-150°C ili
30-60 sek. 130-135°C

✓ UHT postupak

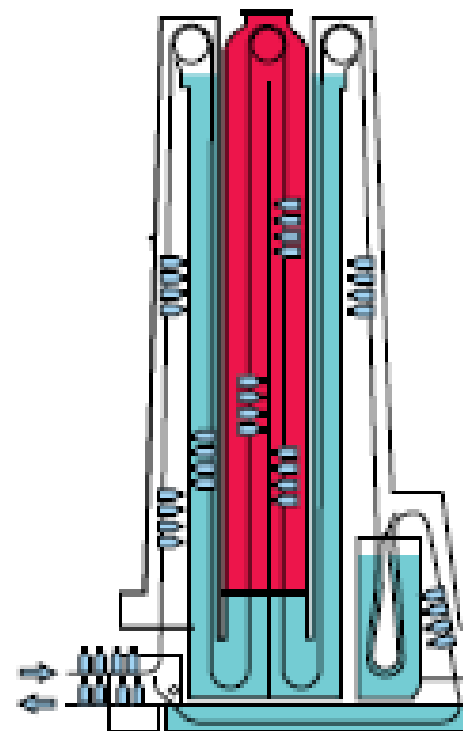
✓ Direktno i indirektno grejanje

Kriva temperature kod direktne i indirektno sterilizacije

Tem °C

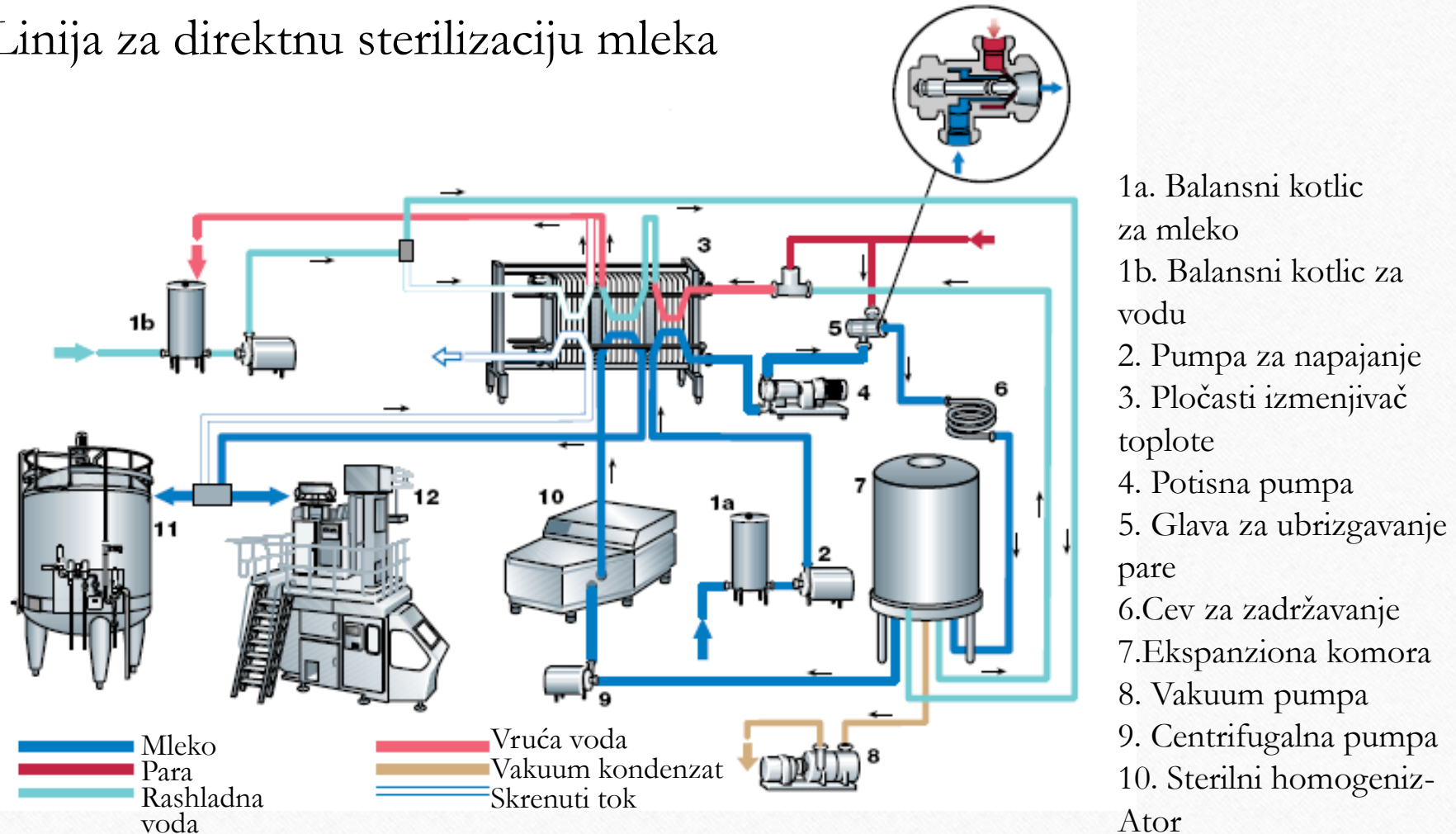


Sterilizacija u ambalaži



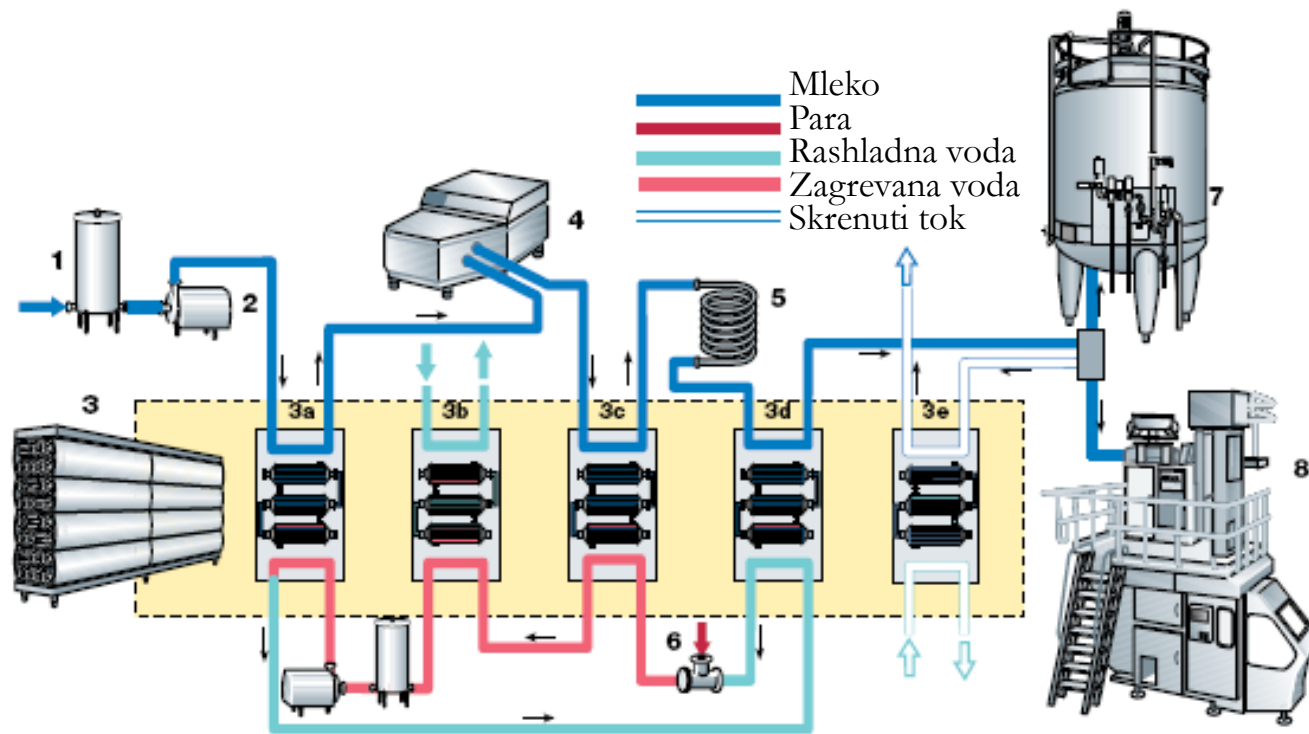
Para
voda

Linija za direktnu sterilizaciju mleka



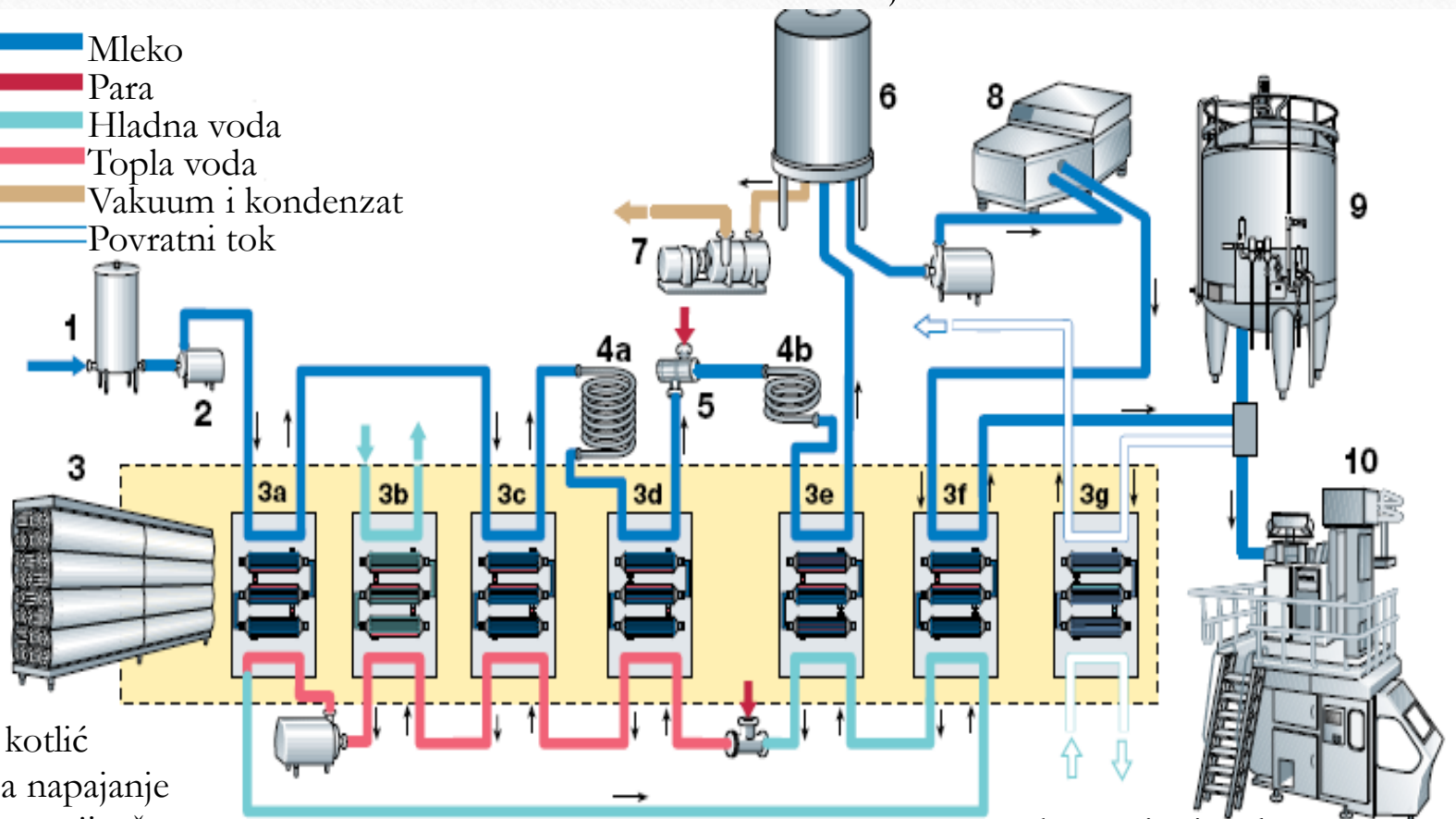
Linija indirektnne UHT sterilizacije sa cevastim izmenjivačima toplote

1. Balansni tank
2. Napojna pumpa
3. Cevni izmenjivač toplote
- 3a. Sekcija predgrevanja
- 3b. Rashladna sekcija za medijum
- 3c. Sekcija za grejanje
- 3d. Sekcija za regeneraciju
- 3e. Rashladna sekcija za startovanje
4. Nesterilni homogenizator
5. Cev za zadržavanje
6. Glava za ubrizgavanje pare
7. Aseptični tank
8. Aseptično punjenje



Kombinovana direktna i indirektna sterilizacija

- █ Mleko
- █ Para
- █ Hladna voda
- █ Topla voda
- █ Vakuum i kondenzat
- ▬▬▬ Povratni tok



1. Balansni kotlić

2. Pumpa za napajanje

3. Cevasti izmenjivač

3a. Sekcija za predgrejavanje

3b. Korektor grejanja

3c. Sekcija za grejanje

3d. Sekcija za finalno grejanje

3e i 3f Sekcije za hlađenje

3 g. Povratni tok rashlađivača

4a. Stabilizacija proteina

4b. Održivači toplote

5. Glava za ubrizgavanje pare

6. Ekspanzioni sud

7. Vakuum pumpa

8. Aseptični homogenizator

9. Aseptični tank

10. Aseptično punjenje

Aseptično pakovanje

- Aseptično pakovanje obuhvata proceduru sterilizacije materijala za pakovanje, punjenje komercijalno sterilnim proizvodom u aseptičnim uslovima u ambalažnu jedinicu koja je dovoljno kompaktna da spreči rekontaminaciju odnosno koja je hermetički zatvorena.

Aseptično pakovanje

- Pakovanje za sterilno mleko i sterilne proizvode od mleka treba da spreči uticaj svetlosti i atmosferskog kiseonika na mlečnu mast.
- Karton za dugotrajno mleko treba da je presvučen tankim slojem aluminijumske folije, koji se nalazi između slojeva polietilenske folije.

Sterilizovano mleko

☐ Sterilizovano mleko treba da bude mikrobiološki stabilno posle inkubacije:

- od 15 dana na temperaturi 30 °C u zatvorenom pakovanju ili
- sedam dana na 55 °C u zatvorenom pakovanju ili,
- nakon bilo koje druge metode dokazivanja da je primenjen način obrade prikladan.

Komercijalna sterilnost

- ❑ Komercijalno sterilan proizvod se definiše kao proizvod koji ne sadrži mikroorganizme koji rastu pod optimalnim uslovima.

Uticaj termičke obrade na nutritivnu vrednost mleka

☐ Nema promene nutritivne vrednosti u pogledu:

- masti,
- laktoze i,
- mineralnih materija.

☐ Marginalne promene nutritivne vrednosti u pogledu:

- proteina i,
- vitamina.

Uticaj sterilizacije na senzorne osobine mleka

Smedja boja mleka:

- Reakcija aldehidne grupe glukozidnog dela laktoze i amino grupa iz protrina mleka.

Pojava sedimenta:

- Destabilizacija proteina mleka dejstvom termostabilnih proteaza poreklom od mikroorganizama.

Promena ukusa zbog oksidacije mlečne masti.

Uticaj termičke obrade na senzorne osobine mleka

- ❑ Termička obrada ima i određene nedostatke koji se ispoljavaju promenom ukusa mleka. Karakterističan ukus kuvanog mleka je u vezi sa pojavom H_2S u mleku.
- ❑ Pojava H_2S pri zagrevanju je posledica denaturisanja belančevina mlečnog seruma naročito β -laktoglobulina

Mikrobiota sterilizovanog mleka

- Kvar UHT proizvoda uglavnom nastaje kao posledica aktivnosti mikrobiote, koja je u mleko dospela posle toplotne obrade.
- izazivaju preživele spore termorezistentnih *Bacillus* vrsta
- ✓ kada je sirovo mleko sadržavalo veliki broj spora, ili zbog prisustva *B. sporothermodurans*.
- Kontaminacija posle sterilizacije obično nastaje zbog grešaka u sistemu aseptičnog punjenja u ambalažu
- Prisustvo *Pseudomonas*, *Acinetobacter* i *Achromobacter* u sirovom mleku, vegetativni oblici ne preživljavaju proces toplotne obrade, ali njihovi ekstracelularni enzimi ostaju u mleku (proteoliza, lipoliza)