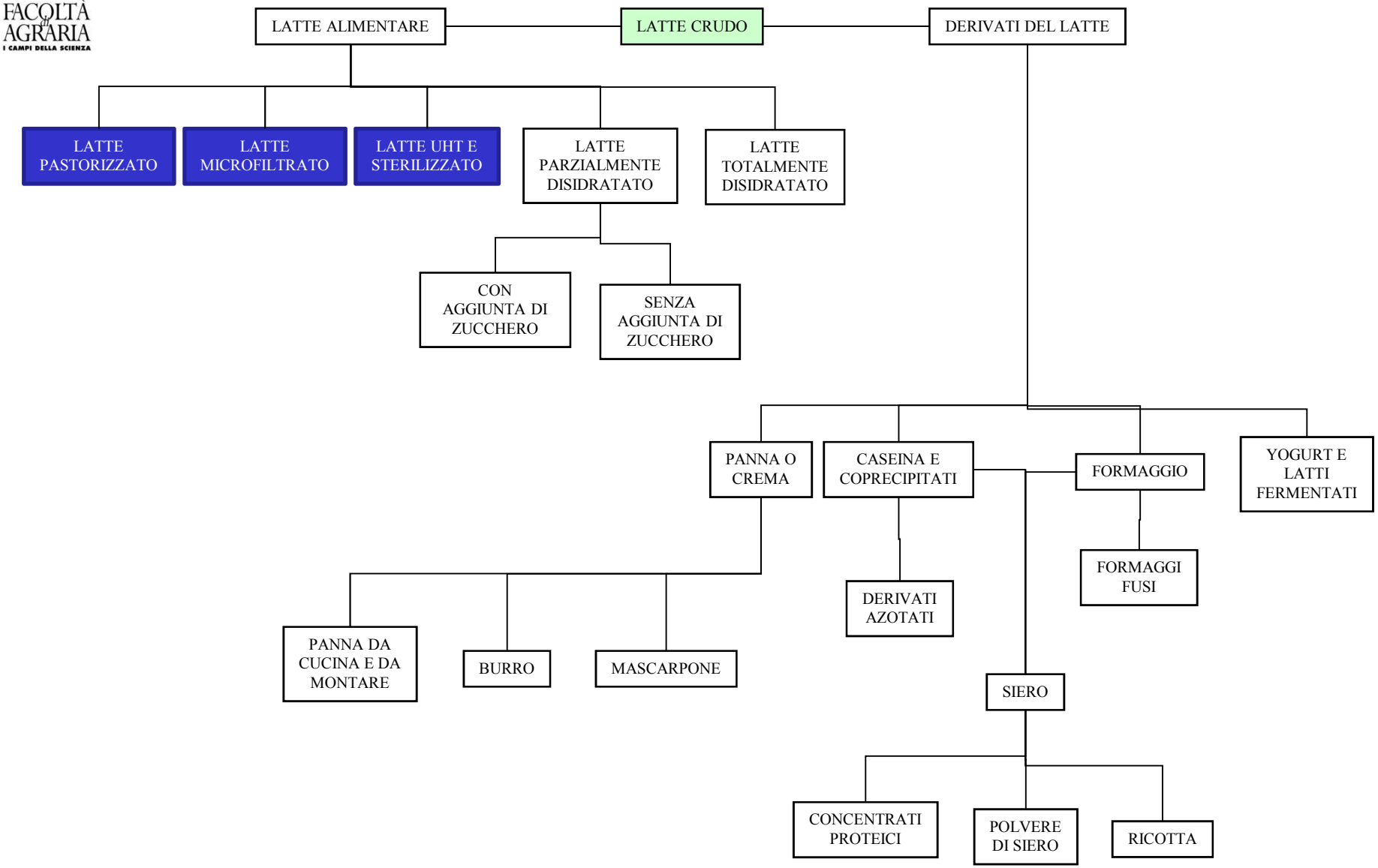
Tecnologia e caratterizzazione dei prodotti lattiero-caseari

Parte 1

I latti alimentari

ZEPPA G.
Università degli Studi di Torino


LATTE ALIMENTARE
LATTE CRUDO
DERIVATI DEL LATTE
LATTE PASTORIZZATO
LATTE MICROFILTRATO
LATTE UHT E STERILIZZATO
LATTE PARZIALMENTE DISIDRATATO
LATTE TOTALMENTE DISIDRATATO
CON AGGIUNTA DI ZUCCHERO
SENZA AGGIUNTA DI ZUCCHERO
PANNA O CREMA
CASEINA E COPRECIPITATI
FORMAGGIO
YOGURT E LATTI FERMENTATI
FORMAGGI FUSI
DERIVATI AZOTATI
PANNA DA CUCINA E DA MONTARE
BURRO
MASCARPONE
SIERO
CONCENTRATI PROTEICI
POLVERE DI SIERO
RICOTTA

Latti alimentari

I prodotti forniti al consumatore in cui il latte viene fornito per quanto possibile integro nelle sue caratteristiche compositive ed organolettiche od al massimo privato di una parte più o meno elevata di acqua per ridurne le spese di trasporto e/o facilitarne la conservazione

- Latte crudo
- Latte trattato termicamente (pastorizzato, sterilizzato, ESL)
- Latte microfiltrato
- Latte trattato chimicamente (perossidi)
- Latte trattato con radiazioni (ultrasuoni, onde radio, correnti elettriche etc.)
- Latte trattato ad alte pressioni

Latti alimentari

Reg CE 853/04 : “latte crudo : il latte prodotto mediante secrezione della ghiandola mammaria di animali di allevamento che non è stato riscaldato a più di 40 °C e non è stato sottoposto ad alcun trattamento avente un effetto equivalente”

Quando il latte viene sottoposto ad un trattamento termico è necessario che :

Reg. CE 852/04 : “Qualsiasi procedimento di trattamento termico per la trasformazione di un prodotto non trasformato o per la trasformazione ulteriore di un prodotto trasformato deve:
a) innalzare ogni parte del prodotto sottoposto al trattamento a una determinata temperatura per un determinato periodo di tempo;
b) impedire che il prodotto subisca contaminazioni nel corso del processo.

2. Al fine di garantire che il procedimento usato raggiunga gli obiettivi ricercati, gli operatori del settore alimentare devono controllare regolarmente i principali parametri pertinenti (in particolare la temperatura, la pressione, la sigillatura e le caratteristiche microbiologiche), anche ricorrendo ad apparecchiature automatiche.

3. I procedimenti utilizzati devono essere conformi alle norme riconosciute a livello internazionale (ad esempio, la pastorizzazione, il procedimento UHT o la sterilizzazione).

Latti alimentari

La **pastorizzazione** è ottenuta mediante un trattamento comportante:
i) una temperatura elevata durante un breve periodo (almeno 72 °C per 15 secondi);
ii) una temperatura moderata durante un lungo periodo (almeno 63 °C per 30 minuti); o
iii) ogni altra combinazione tempo-temperatura che permetta di ottenere un effetto equivalente, di modo che i prodotti diano, se del caso, una reazione negativa al test di fosfatasi alcalina immediatamente dopo aver subito tale trattamento.

b) Il trattamento a **temperatura ultra elevata (UHT)** è ottenuto mediante un trattamento:
i) comportante un flusso termico continuo ad elevata temperatura per un breve periodo (almeno 135 °C per un periodo di durata appropriata) tale da eliminare microrganismi o spore vitali in grado di svilupparsi nel prodotto trattato quando esso sia mantenuto in un recipiente chiuso asettico a temperatura ambiente e
ii) sufficiente per assicurare la stabilità microbiologica dei prodotti dopo un periodo d'incubazione di 15 giorni a 30 °C o di 7 giorni a 55 °C in recipienti chiusi o dopo l'impiego di ogni altro metodo dimostrante che è stato applicato il trattamento termico appropriato

Latte in commercio

- Crudo
- Trattato
  - Termicamente
    - Pastorizzato
    - Pastorizzato ad alta temperatura
    - Fresco pastorizzato
    - Fresco pastorizzato di alta qualità
    - Sterilizzato
    - UHT
  - Microfiltrazione

Latte trattato termicamente

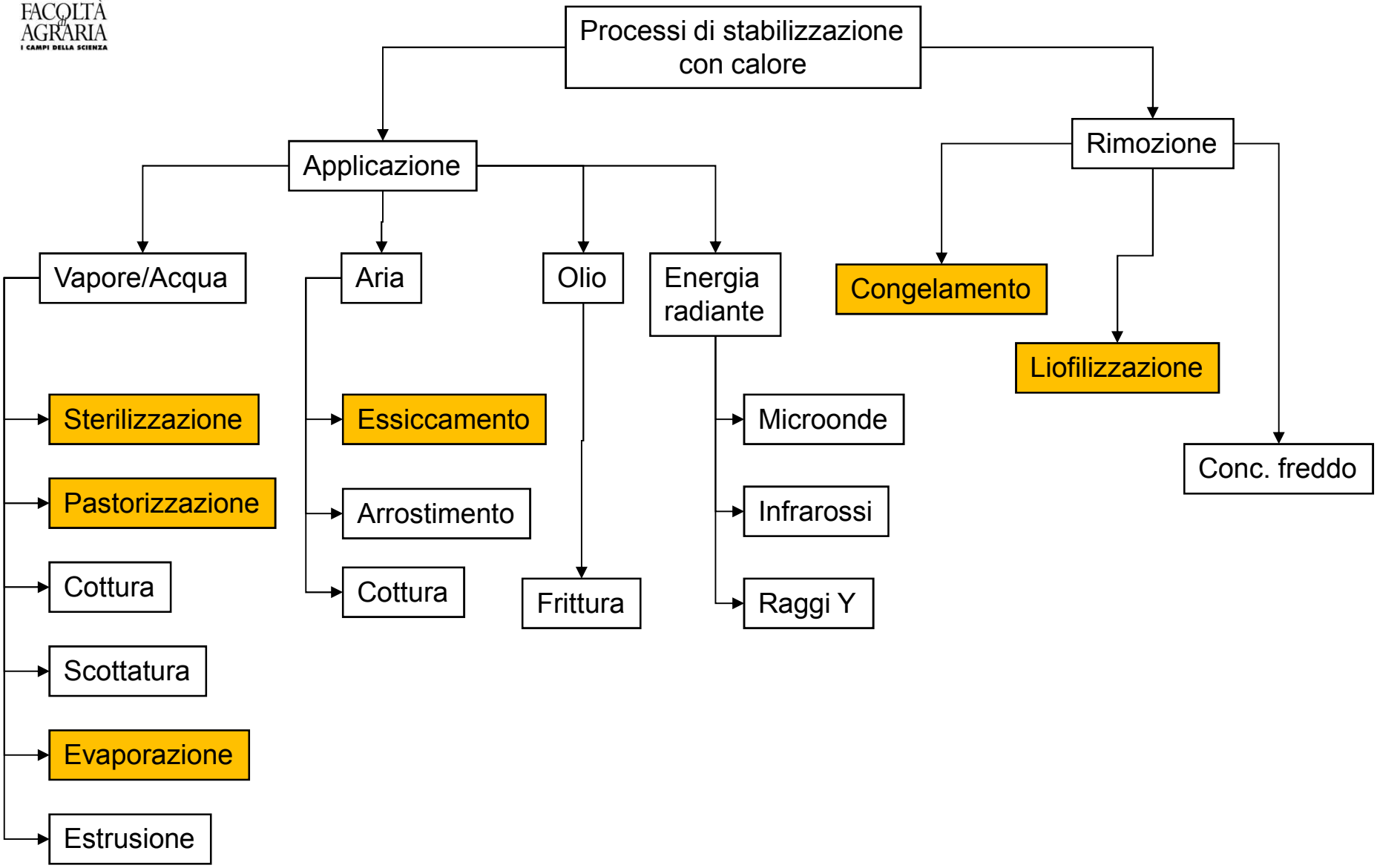
(L169/89) Il latte alimentare destinato al consumo umano diretto deve aver subito, in un'impresa che tratta il latte, almeno un trattamento termico ammesso o un trattamento di effetto equivalente autorizzato ed essere confezionato per il dettaglio in contenitori chiusi nello stabilimento in cui si effettua il trattamento termico finale mediante un dispositivo di chiusura non riutilizzabile dopo l'apertura e tale da garantire la protezione delle caratteristiche del latte contro gli agenti esterni nocivi

(L169/89) I trattamenti termici ammessi per il latte alimentare destinato al consumo umano diretto sono:

- pastorizzazione: trattamento termico in flusso continuo per almeno 15 secondi a temperatura inferiore al punto di ebollizione ma superiore a 72 gradi centigradi ovvero per tempi e temperatura integranti una equivalente quantità di calore, idoneo ad assicurare la distruzione di tutti i microrganismi patogeni e di parte rilevante della flora microbica saprofita, con limitate alterazioni delle caratteristiche chimiche, fisiche e organolettiche;

- sterilizzazione: trattamento termico idoneo ad assicurare la distruzione di tutti i microrganismi presenti nel latte o che ne impedisca definitivamente la proliferazione

NB: a 71,7 °C per 15,5 sec o 63 °C per 20 min viene distrutta la *Coxiella burnetii* agente della febbre Q; ora si ha il *Mycobacterium paratubercolosis* che richiede 74 °C per 15 sec


Processi di stabilizzazione con calore
Applicazione
Rimozione
Vapore/Acqua
Aria
Olio
Energia radiante
Congelamento
Liofilizzazione
Conc. freddo
Sterilizzazione
Pastorizzazione
Cottura
Scottatura
Evaporazione
Estrusione
Essiccamento
Arrostimento
Cottura
Frittura
Microonde
Infrarossi
Raggi Y

Trattamento termico → ha lo scopo di cuocere e conservare gli alimenti

Effetti positivi	Effetti negativi
Aumento tempo di conservazione Sicurezza microbiologica Riduzione o eliminazione fattori antinutrizionali Maggiore appetibilità Disponibilità costante (tempo e luogo) Ampliamento varietà	Perdita nutrienti Formazione artefatti antinutrizionali o molecole potenzialmente tossiche Formazione aromi e/o sapori sgraditi Possibili interazioni contenitore/alimento

Qualità alimento

FACOLTÀ di AGRARIA
I CAMPI DELLA SCIENZA

Cambiamenti indotti dal trattamento termico

Proprietà	***Cambiamenti***
Consistenza, stato fisico	• Riduzione della solubilità • Riduzione del potere di ritenzione di acqua • Aumento di consistenza • Agglomerazione di particelle
Aroma, sapore	• Formazione di rancidità • Formazione di odore di caramello, di cotto • Perdita di aromi • Formazione odori e/o aromi e/o sapori estranei
Colore	• Imbrunimento enzimatico e non • Formazione di off-colors • Perdita di colore
Valore nutrizionale	• Vitamine • Proteine • Lipidi • Componenti minerali • Carboidrati

Sterilizzazione

- Si definisce come la eliminazione “completa” dei microrganismi (MO) e degli enzimi (E) di una matrice

- Si può ottenere con calore (vapore, fiamma ecc.); mezzi fisici (eliminazione cellule); radiazioni; agenti chimici

- Il calore è in genere il più utilizzato

- Si può ottenere una “distruzione” più contenuta con trattamenti più “delicati” come la pastorizzazione, la scottatura (blanching) e la termizzazione che operano a T più basse

Sterilizzazione termica

• Definizione : trattamento termico (a temperature e tempi sufficienti) atto a distruggere i microrganismi ed inattivare gli enzimi in grado di danneggiare la salute dei consumatori e/o alterare i prodotti confezionati

• Si ha con una riduzione statistica di un microrganismo test → la sterilizzazione non è mai una distruzione totale ma una riduzione della probabilità di sopravvivenza

• Si può ottenere con calore **secco** o **umido**

• **Calore secco** → usato per vetreria, metallo ed oggetti che non fondono; 160 °C per 60 min – 180 °C per 30 min; si ottiene all'interno di stufe a secco con aria calda; poco usata perché lenta

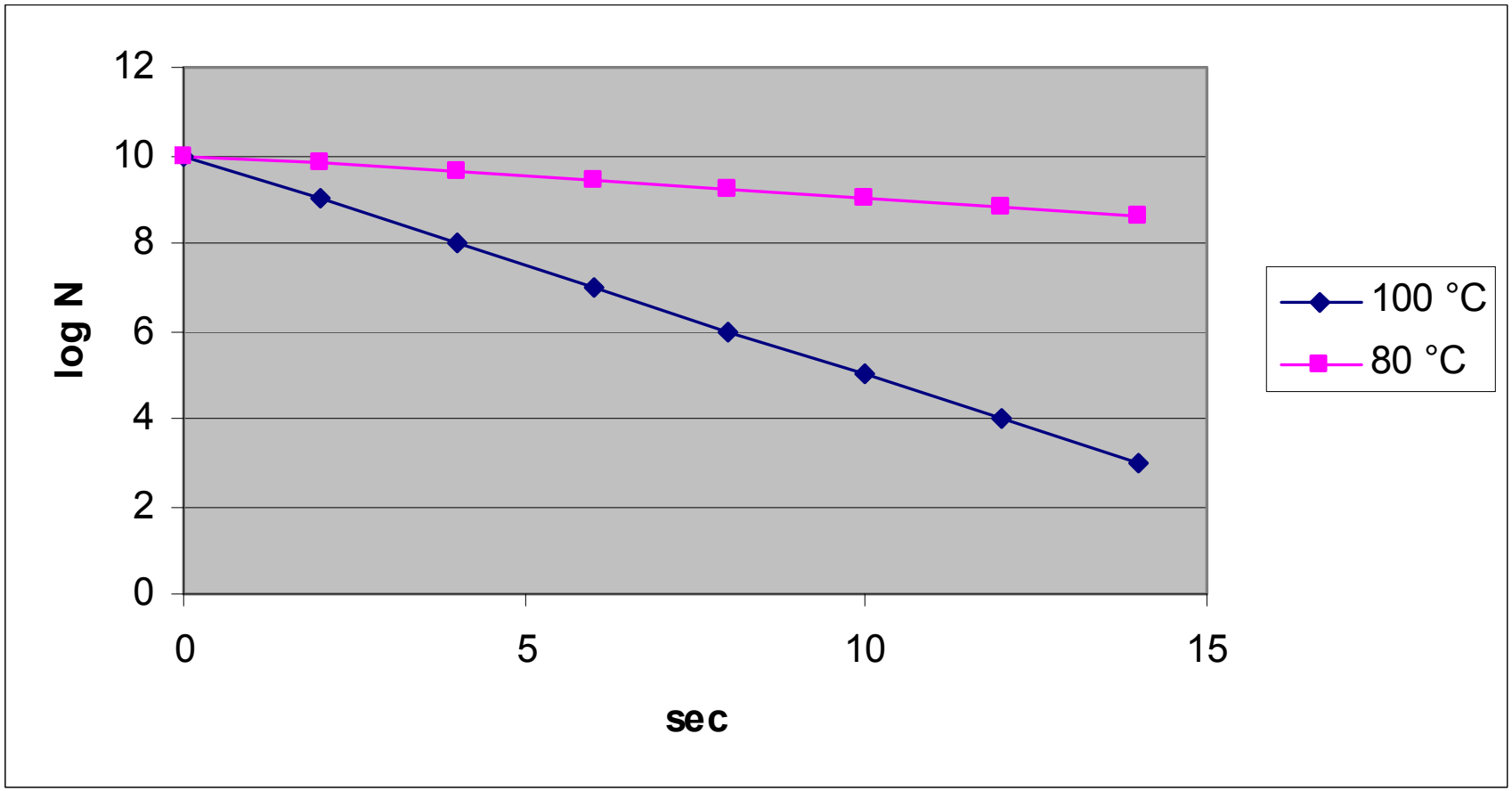
• **Calore umido** → si usa vapore che penetra anche tra le fibre e nei corpi porosi; poco costosa e non tossica

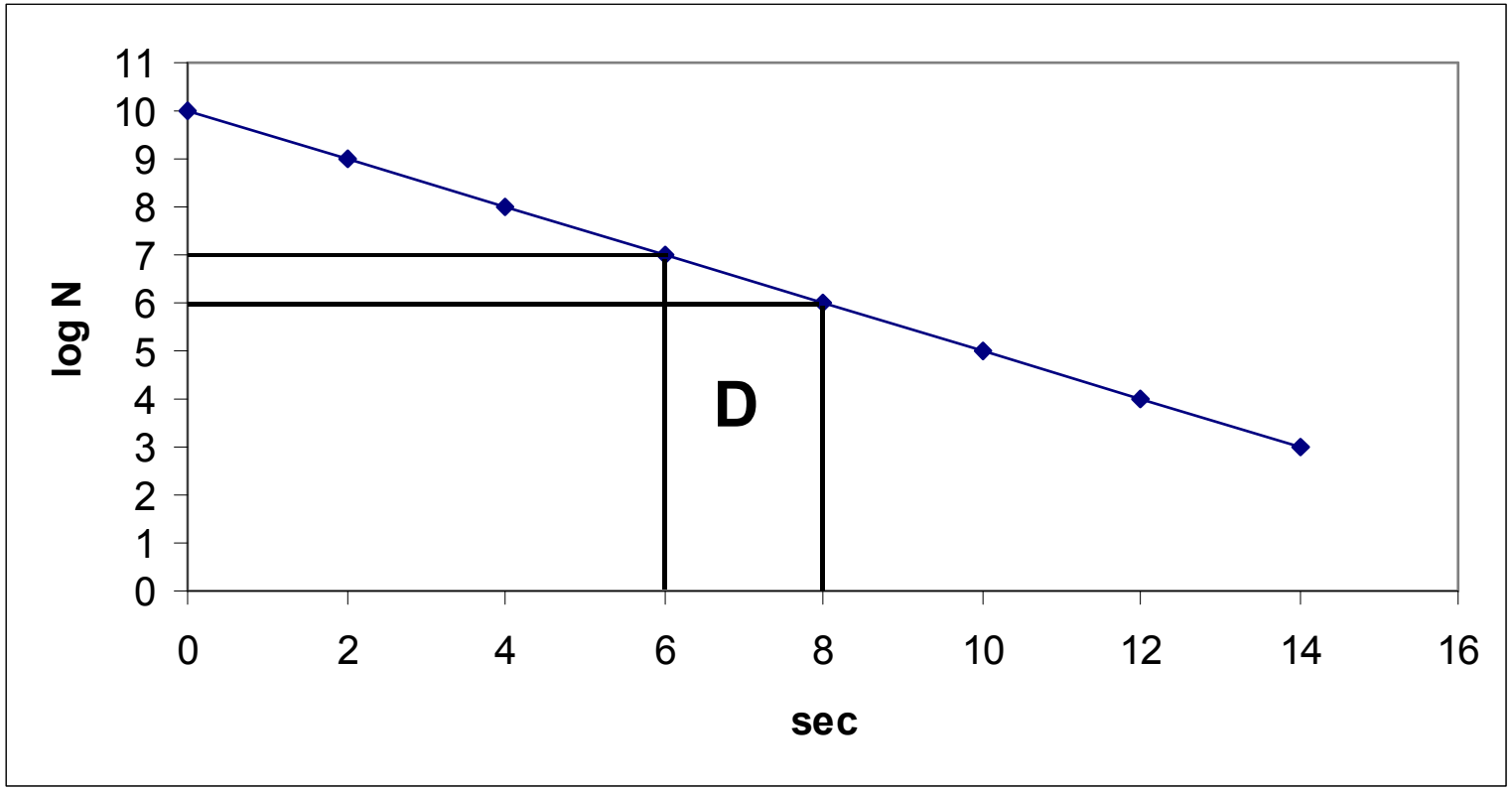
1° legge di Bigelow (cinetica con T cost)

$$log \frac{N_0}{N} = \frac{t}{D}$$

N_0 - carica iniziale
N - carica finale
t - tempo trattamento
D – tempo di riduzione decimale ossia durata del trattamento termico a T cost per ridurre una popolazione microbica ad 1/10 del suo valore
Infatti se $N_0 = 10N$ → $\log N_0/N = 1$ → $t = D$
D è il tempo per distruggere il 90% dei microrganismi presenti
L'equazione rappresenta una retta in un grafico log(N) = f(t)

$\log (N_0 / N) = t / D$
$\log N_0 - \log N = t / D$
$\log N = \log N_0 - (1/D)t$


12
10
8
6
4
2
0
log N
0
5
10
15
sec
100 °C
80 °C



Si ricava che:

- il numero di MO finale dipende da quello iniziale
- i MO si possono distruggere completamente teoricamente per t=∞
- a Tcost > [MO] , > deve essere t di trattamento
- >D > resistenza termica

• D misura la resistenza termica di un microrganismo e dipende da

✓ specie e ceppo (i lieviti e le muffe sono – resistenti dei batteri; i bacilli sono + resistenti dei cocchi)

✓ forma (le spore sono + resistenti)

✓ pH → massima resistenza alla neutralità; diminuisce con pH acidi

✓ umidità relativa → se diminuisce UR o aumenta la pressione osmotica aumenta la resistenza termica (il calore secco è meno attivo del calore umido)

✓ composizione del mezzo (grassi, zuccheri e sali aumentano la resistenza)

	Temperatura (°C)	D (min)
Bacillus cereus (s)	100	5.5
Bacillus coagulans (s)	121	0.01-0.07
Bacillus subtilis (s)	121	0.3-0.7
Clostridium butiricum (s)	85	12-23
Clostridium sporogenes (s)	121	0.2-1.5
Clostridium perfringens (s)	100	0.3-17.6
Bacillus stearothermophilus (s)	121	4-5
Clostridium botulinum (s)	121	0.13-0.25
Escherichia coli (m)	70	0.006-0.04
Listeria monocytogenes (m)	70	0.15-0.27
Salmonella typhimurium (m)	70	0.03-815
Staphylococcus aureus (m)	70	0.3
Streptococcus faecium (m)	74	0.015-2.57

• Per le conserve sterilizzate a pH>4.5 si ammette che il trattamento è sicuro se consente di ottenere dodici riduzioni decimali di *Cl. botulinum* o cinque riduzioni decimali del *Cl. sporogenes* PA n. 3679 (è più termoresistente del *Cl. botulinum*)

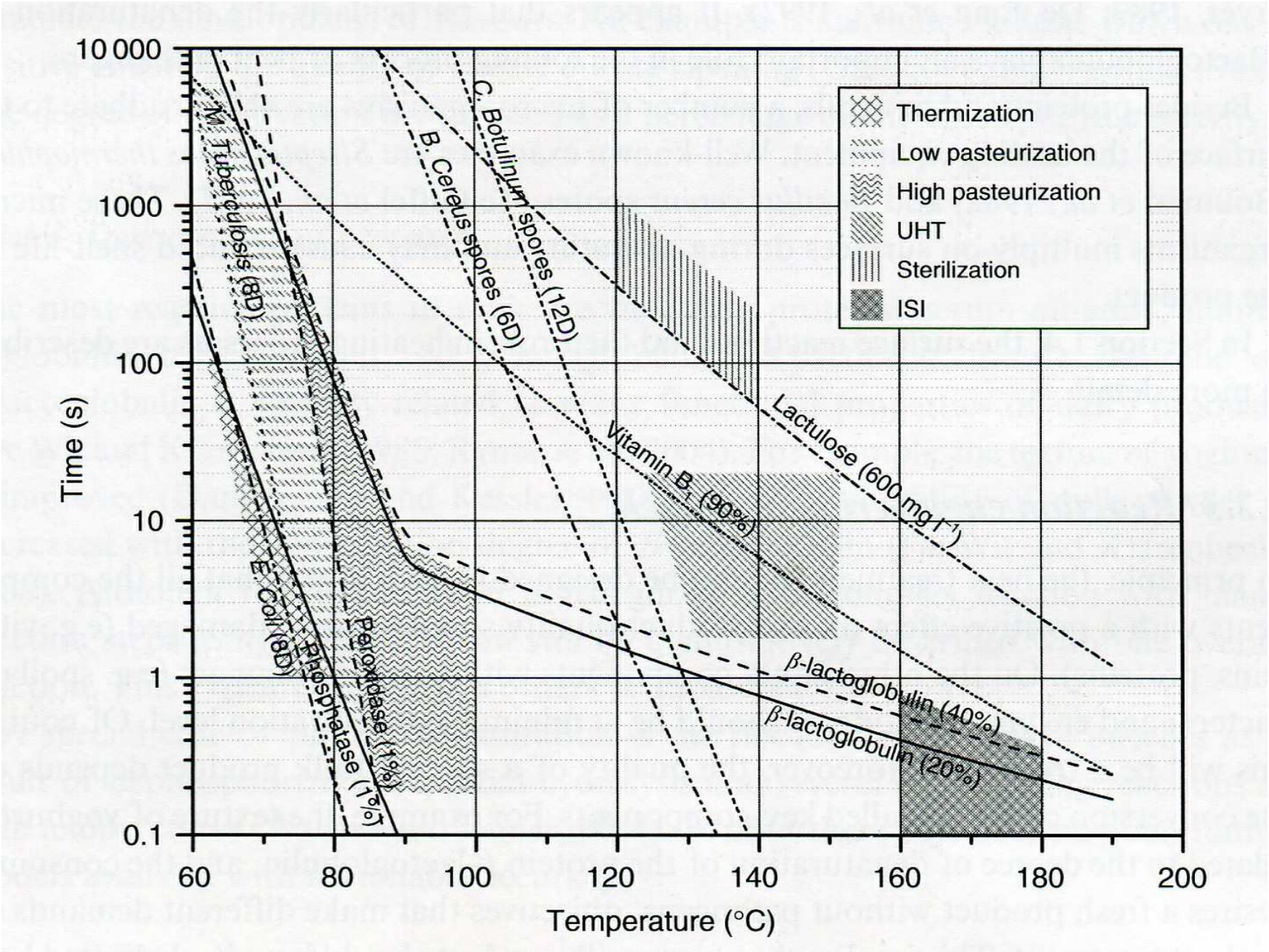
• Utilizzando la legge di Bigelow si ha per *Cl. Botulinum*:

$D_{121} = 0.21$ min

$\log (N_0 / N) = t / D$

$t = D_{121} (\log 1 - \log^{-12})$

$t = 0.21 * 12 = 2.52$ min


10 000
1000
100
10
1
0.1
Time (s)
60
80
100
120
140
160
180
200
Temperature (°C)
Thermization
Low pasteurization
High pasteurization
UHT
Sterilization
ISI
M. Tuberculosis (8D)
B. Cereus spores (6D)
C. Botulinum spores (12D)
Lactulose (600 mg l⁻¹)
Vitamin B1 (90%)
E. Coli (8D)
Phosphatase (1%)
Peroxidase (1%)
β-lactoglobulin (40%)
β-lactoglobulin (20%)

Modalità di riscaldamento

• **Conduzione** : il trasferimento del calore avviene tra due superfici solide o all'interno di un solido passando dal corpo più caldo a quello più freddo per effetto dei movimenti oscillatori delle molecole;

• **Convezione** : il calore passa da una zona all'altra di un fluido per effetto dei moti delle molecole che si spostano dalle zone più calde a quelle più fredde (naturale o forzata);

• **Irraggiamento** : i corpi riscaldati emettono radiazioni elettromagnetiche che possono venire assorbite da altri corpi ed essere convertite in calore. La trasmissione può avvenire anche in assenza di materiale (vuoto). Le più assorbite sono le infrarosse, le micro-onde sono efficaci in sostanze con acqua o altre molecole polari

Il trattamento termico si può effettuare

• sul prodotto liquido sfuso che in seguito viene confezionato sterilmente caldo o freddo (metodi continui)

- ❖ con scambiatore (metodo indiretto)
- ❖ iniezione di vapore (uperizzazione)
- ❖ infusione nel vapore

• sul prodotto solido o liquido già in contenitori → sterilizzazione classica (appertizzazione)

- ❖ discontinui - richiedono operazioni di carico e scarico manuali od automatiche
  - ✓ bagni aperti : sono grandi recipienti dove gli inscatolati vengono riscaldati completamente immersi; ovviamente la temperatura non può essere superiore a 100 °C
  - ✓ autoclavi

- ❖ continui - autoclavi in cui i recipienti da sterilizzare sono trasportati da dispositivi automatici; regolando la velocità e la lunghezza del percorso è possibile variare il tempo di sterilizzazione

Modalità del trattamento termico

- **Prodotto sfuso**
  - **Pastorizzazione HTST**
    - ✓ Scambiatori di calore a piastre o tubolari
  - **Sterilizzazione UHT**
    - ✓ Scambiatori di calore a piastre o tubolari
    - ✓ Iniezione di vapore nel latte
    - ✓ Infusione del latte nel vapore
    - ✓ Sistema ATAD

- **Prodotto confezionato (solo sterilizzazione)**
  - ✓ Fissi (contenitori fissi in cestelli in autoclavi; 110-115 °C per 30 minuti; imbrunimenti)
  - ✓ Mobili (contenitori in movimento per rotazione dell'autoclave o rotazione dei cestelli)
  - ✓ Per scatole di metallo (rapidi; contenitori in rotazione; 117 °C per 12 min)
  - ✓ Idrostatici a torre

Scambiatori

- Assicurano il riscaldamento del prodotto tramite una separazione fisica tra il prodotto ed il vapore

- Sono dotati di dispositivi automatici che garantiscono il controllo del processo

- Sono costituiti di acciaio inox e possono essere facilmente sanitizzati con soluzioni basiche ed acide (sistemi CIP)

  ❖ A fascio tubiero – insieme di tubi nei quali scorre il fluido che scambia calore con quello circolante all'esterno

  ❖ A superficie raschiata – cilindro nel quale scorre l'alimento e dove ruota un albero coassiale con lame raschianti; il fluido di scambio circola esternamente; adatti per liquidi molto viscosi

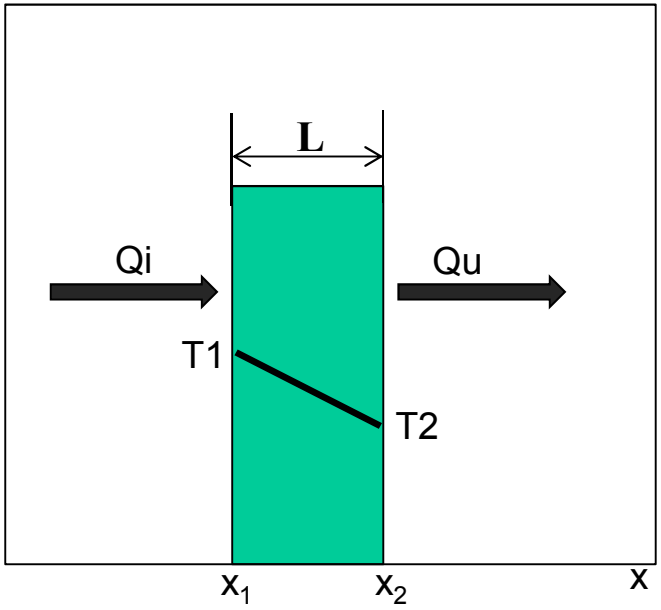
  ❖ A piastre- insieme di piastre metalliche che formano intercapedini nelle quali circolano alternativamente il prodotto ed il fluido

• **Trasferimento di calore per conduzione** – Il trasferimento di calore si produce in un corpo solido e la quantità di calore per unità di tempo che entra è uguale alla quantità di calore per unità di tempo che esce. Inoltre le temperature sono costanti nel tempo, senza accumulo di calore. Il calore scambiato è dato dalle legge di Fourier:

$$Q = KA\frac{\Delta T}{L}$$

dove:
Q : tasso trasferimento di calore (W)
K : conducibilità termica (W/m°K)
A : superficie (m^2)
ΔT : differenza di temperatura
L : distanza fra le superfici (m)

Materiale	K (W/mK)
Acciaio	60
Rame	380
Alluminio	200
Vetro	0.8
Plexiglas	0.19
Acciaio inox	13
Aria	0.026
Acqua	0.6
Vapore	0.033
Olio oliva	0.17



$Q_i = Q_u$

$T_1 > T2$

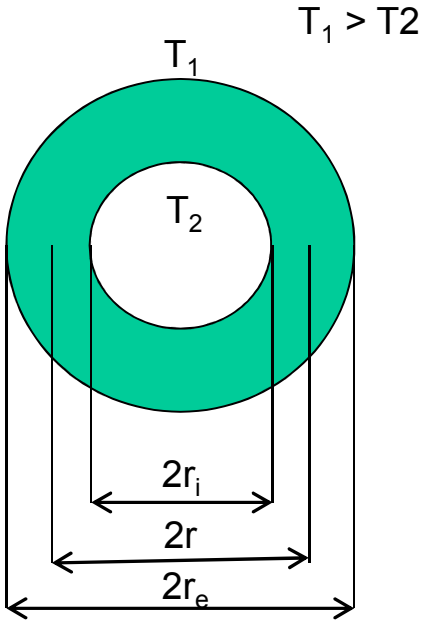
Se consideriamo uno scambiatore tubolare abbiamo:

$$Q = -K 2\pi r L \frac{dT}{dr}$$

$$\frac{Q}{2\pi L} \int_{r_i}^{r_e} \frac{dr}{r} = -K \int_{T_2}^{T_1} dT$$

$$\frac{Q}{2\pi L} |ln\, r|_{r_i}^{r_e} = -K |T|_{T_2}^{T_1}$$

$$Q = \frac{2\pi L K (T_2 - T_1)}{ln\,(r_e / r_i)}$$



Nel caso di trasferimento di calore per convezione abbiamo :

$$Q = hA\,(T_s - T_m)$$

dove:

A =area
h = coefficiente di trasferimento termico per convezione
Ts = temperatura alla superficie
Tm = temperatura del fluido

Il coeff. di trasferimento termico per convezione dipende da:
- natura del fluido
- velocità del fluido
- forma del corpo
- stato superficiale del corpo

Media	Coefficiente di trasferimento termico h ($W/m^2.K$)
Aria (convezione naturale)	5-25
Aria/vapore sovrariscaldato (convezione forzata)	20-300
Olio (convezione forzata)	60-1800
Acqua (convezione forzata)	300-6000
Acqua (al punto di ebollizione)	3000-60.000
Vapore (condensa)	6000-120.000

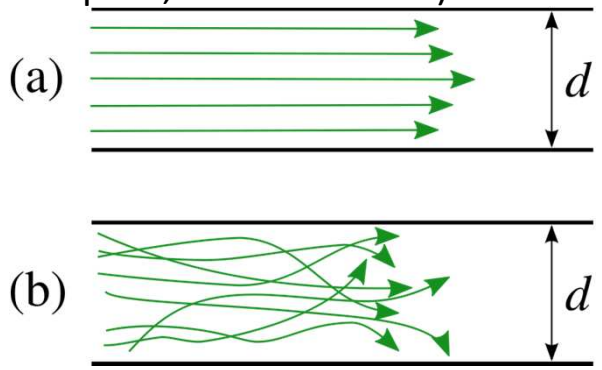
Nello scambio termico per convenzione è molto importante il tipo di moto dei fluidi che può essere laminare o turbolento

- **Laminare**: gli strati di un fluido che scorre entro una tubazione si dispongono parallelamente fra di loro e paralleli all'asse della tubazione stessa; ogni strato mantiene lungo la tubazione la sua individualità senza mescolarsi agli altri → tipico di tubazioni piccole e liquidi molto viscosi
- **Turbolento** : si verificano rimescolamenti di masse di fluido, attraverso vortici e traiettorie circonvolute → tipico di fluidi poco viscosi in grandi tubazioni

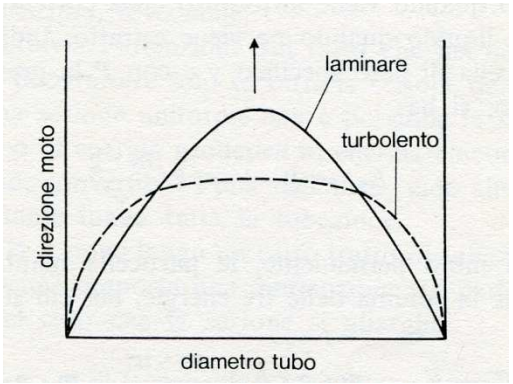
Si moto turbolento se il numero di Reynold è > 2100 (è un numero puro, adimensionale)

Dove:
ρ: densità fluido
v: velocità media fluido
d: diametro tubo
η: viscosità fluido

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta}$$



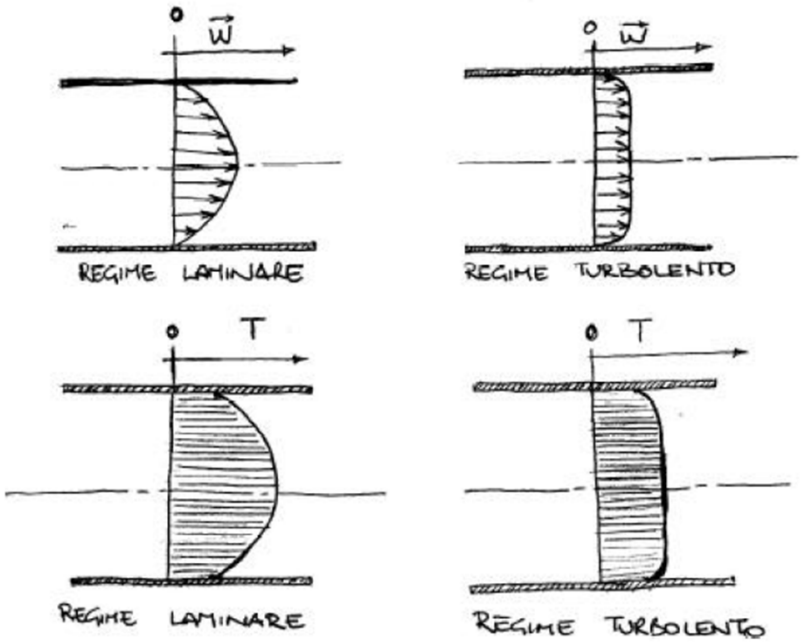
In regime laminare la distribuzione della velocità lungo la sezione del tubo è **parabolica** mentre nel turbolento è **approssimativamente parabolica**



Il trasporto del momento, del calore e della massa in uno strato turbolento è dovuto al moto di vortici: a causa della presenza di tale moto il trasporto di massa, momento e calore aumenta omogeneizzando le condizioni del fluido.

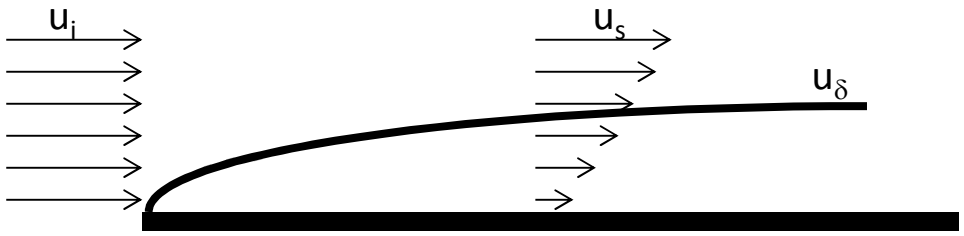
Se si considera il moto di un fluido dentro una tubazione l'effetto del contributo turbolento rende i profili di velocità e temperatura più uniformi.
Il gradiente di velocità (ed il valore dello sforzo tangenziale τ) nella zona vicina alla superficie è molto più elevato nel caso turbolento che in quello laminare: i gradienti più elevati rendono più consistente lo scambio termico vicino alla superficie.

La configurazione di moto turbolento è pertanto maggiormente desiderabile.
Tuttavia l'aumento dello sforzo tangenziale τ richiede un aumento della potenza richiesta per le pompe.



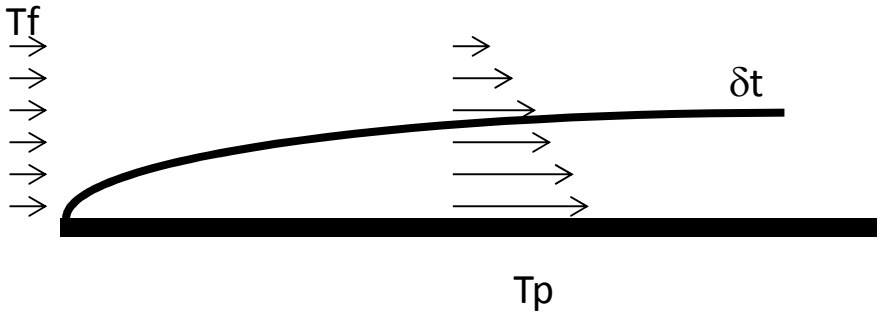
Moto di un fluido lungo una piastra piana

- ✓ Il moto è prevalentemente in direzione parallela alla piastra considerata in modo da poter considerare solo la componente della velocità parallela appunto alla parete
- ✓ Sufficientemente lontano dalla parete si può ritenere che la velocità del fluido è uguale a quella di ingresso (corrente indisturbata)
- ✓ In vicinanza alla parete le particelle a contatto con la superficie stessa assumono velocità nulla
- ✓ Queste particelle, a causa della viscosità del fluido, ritardano il moto delle particelle adiacenti sino ad una certa distanza dalla superficie, distanza alla quale l'effetto descritto diviene trascurabile. Le diverse particelle di fluido in moto quindi a velocità diverse esercitano le une sulle altre uno sforzo tangenziale τ, che agisce lungo piani paralleli alla piastra.
- ✓ Al crescere della distanza dalla superficie considerata cresce la componente della velocità parallela alla superficie sino al valore della corrente indisturbata ($u_s=u_i$)
- ✓ Al crescere della distanza dal bordo di ingresso, cresce lo spessore dello strato limite poiché aumentano gli effetti della viscosità nel flusso
- ✓ Viene definito come **strato limite** la regione nella quale si manifesta un gradiente di velocità rilevante e lo spessore locale dello strato limite è tale che risulta $u_\delta = 0{,}99\ u_i$

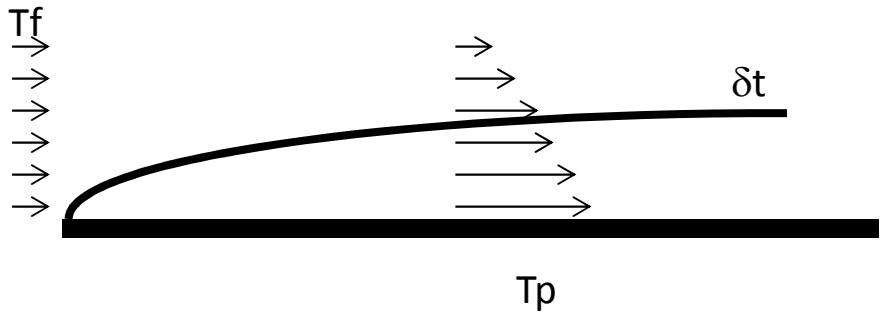


- Come per lo strato limite dinamico, nelle vicinanze di una parete lambita da un fluido si manifesta uno **strato limite termico** nel caso vi sia differenza di temperatura tra parete e fluido
- Si consideri una lastra piana isoterma (a temperatura Tp) lambita da un fluido a temperatura Tf < Tp
- All'imbocco il profilo termico è uniforme
- Le particelle di fluido in contatto con la piastra assumono temperatura uguale a quella della piastra stessa raggiungendo con questa l'equilibrio termico
- A loro volta queste particelle scambiano energia con le particelle degli strati adiacenti sino allo spessore δt oltre il quale si verifica che la temperatura è pari a quella del fluido indisturbato Tf
- Lo spessore dello **strato limite termico** è quello per il quale risulta:

$$\frac{Tp - T}{Tp - Tf} = 0.99$$



- Al crescere della distanza dal bordo di ingresso, cresce lo spessore δt dello strato limite aumentando gli effetti dello scambio termico nel flusso
- Se il fluido è caratterizzato da moto laminare lo scambio termico in direzione perpendicolare al moto del fluido avviene unicamente per conduzione.
- Se il fluido è caratterizzato da un moto turbolento il meccanismo di conduzione del calore da particella a particella è potenziato dall'instaurarsi di innumerevoli vortici che favoriscono lo scambio di energia interna tra le diverse zone di fluido.



Se ipotizziamo uno scambiatore a piastre con acqua all'esterno (a) e latte all'interno (l) abbiamo:

-fra l'acqua e la piastra un trasferimento per convezione

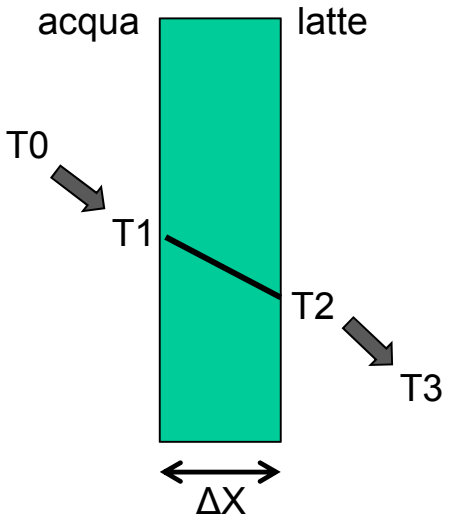
$$Q = h_a A(T_0 - T_1)$$

- nella piastra un trasferimento per conduzione

$$Q = KA\frac{(T_1 - T_2)}{\Delta X}$$

- fra la piastra ed il latte un trasferimento per convezione

$$Q = h_l A(T_2 - T_3)$$



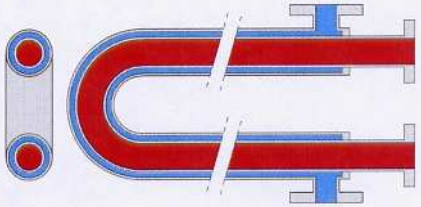
Quindi la perdita di calore totale equivale a

$$Q = UA(T_3 - T_0)$$

dove

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_a} + \frac{\Delta X}{K} + \frac{1}{h_l}$$

Scambiatore monotubo



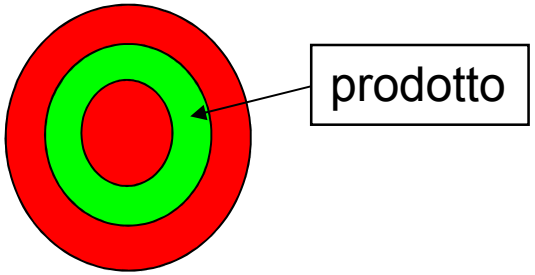
Sezione Monotubo

sezione dello scambiatore monotubo per il riscaldamento e raffreddamento di prodotti contenenti ingredienti solidi in pezzi.

Una tubazione interna che trasporta il prodotto ed una esterna che trasporta il liquido di riscaldamento

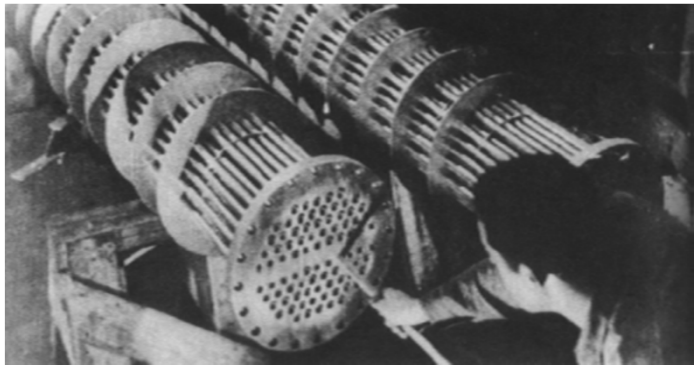
Scambiatore a tubi concentrici

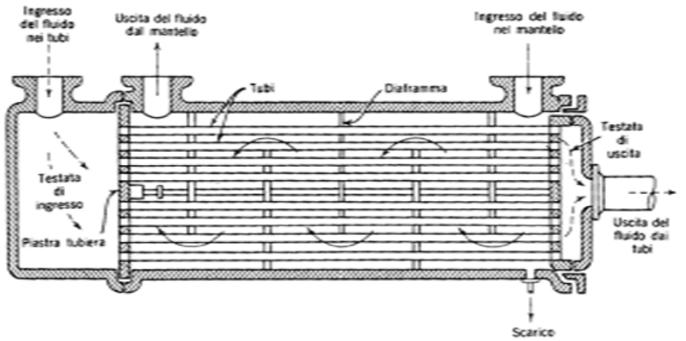
Una serie di tubi concentrici a diametro decrescente posti l'uno internamente all'altro.
Il prodotto fluisce nella corona anulare centrale mentre i liquidi di riscaldamento/raffreddamento nelle intercapedini interna ed esterna, in controcorrente.



Scambiatore a fascio tubiero

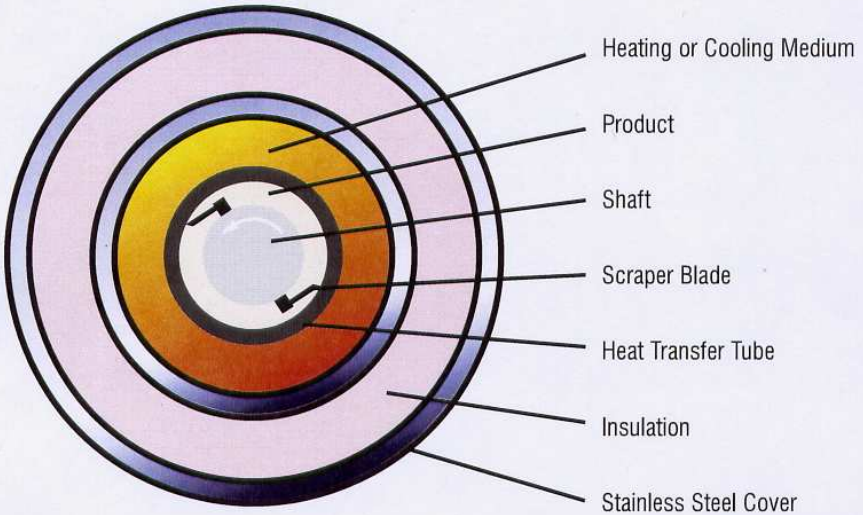
Una serie di tubi inseriti in una camicia esterna. Il prodotto fluisce all'interno dei tubi, mentre i liquidi di riscaldamento/raffreddamento circolano nella camicia esterna.

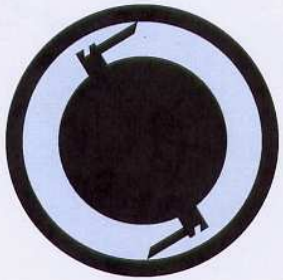




Scambiatore a superficie raschiata

How It Works



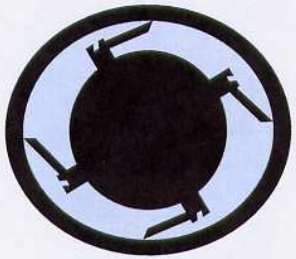


Concentric

For most applications the shaft is mounted in the center of the heat transfer tube, or CONCENTRIC.

Eccentric

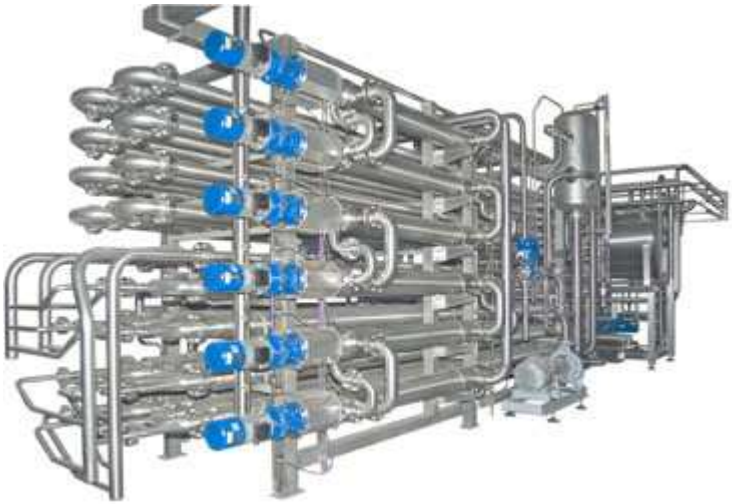
An off centered shaft mount or ECCENTRIC design is recommended for viscous and sticky products. This shaft arrangement increases product mixing, eliminates mass rotation, and reduces the mechanical heat load.

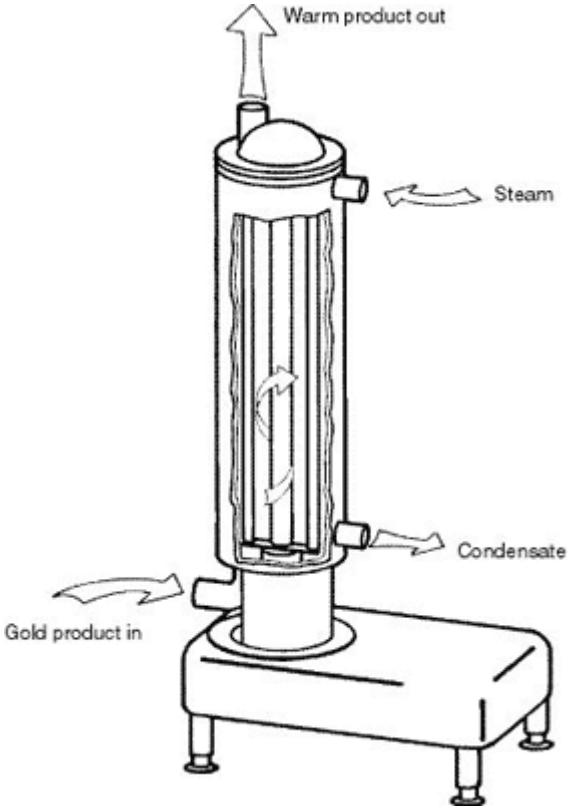


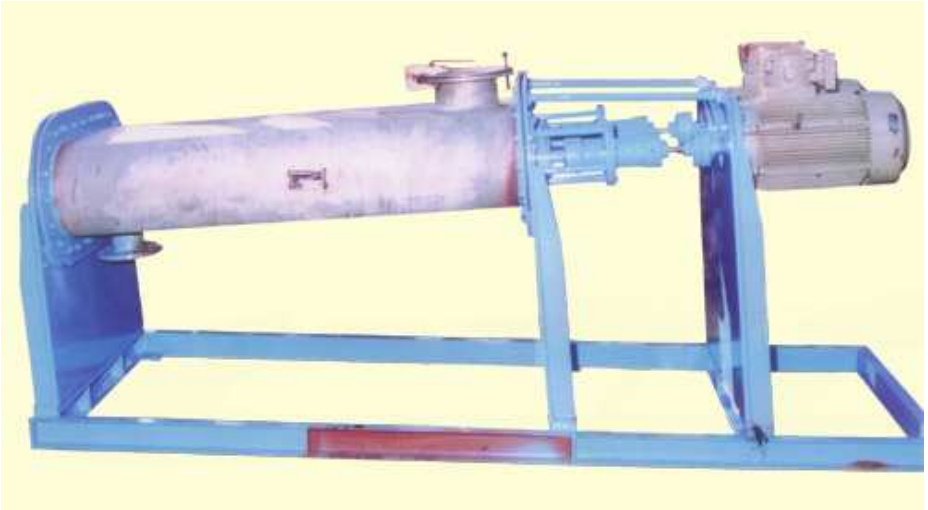
Oval Tubes

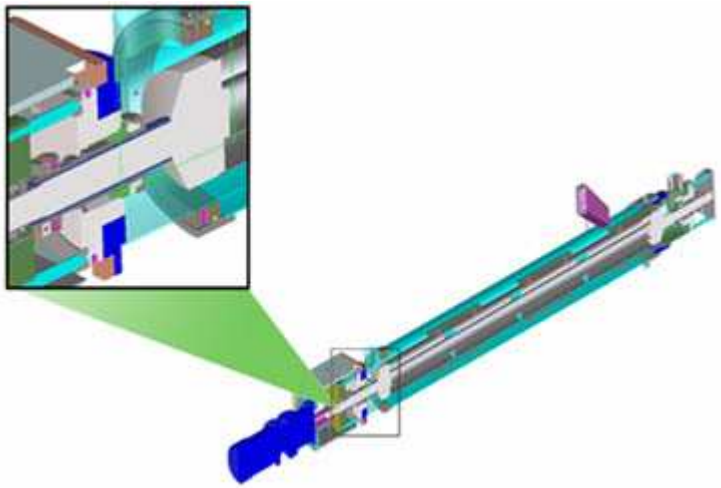
Oval tubes are used to process extremely viscous products. This design eliminates product channeling within the tube, it reduces mechanical heat by a double cam action of the scraper blades, and it balances the internal forces to prevent shaft deflection.

Scambiatore a superficie raschiata









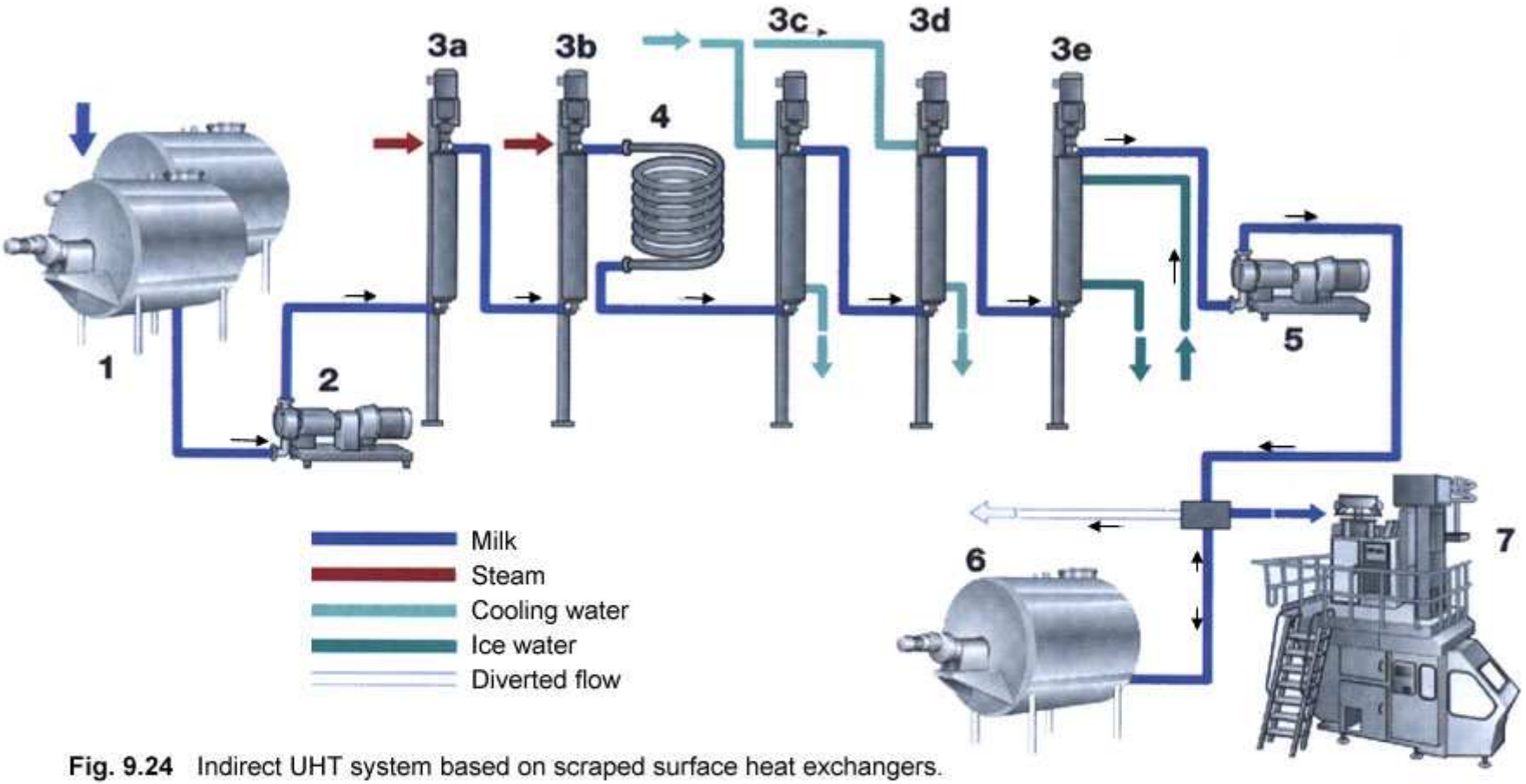
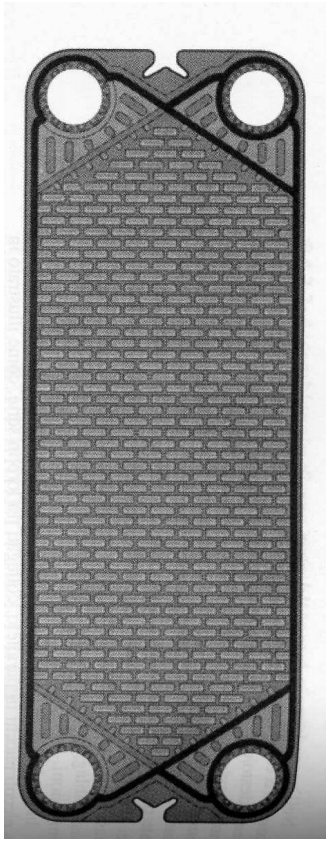


Fig. 9.24 Indirect UHT system based on scraped surface heat exchangers.

1 Product tank
2 Positive feed pump
3 Scraped surface heat exchangers
  3a Preheating section
  3b Final heating section
  3c Cooling section
  3d Cooling section
  3e Cooling section
4 Holding tube
5 Positive pump
6 Aseptic tank
7 Aseptic filling

Scambiatori a piastre



Il profilo ondulato della piastra è fondamentale in quanto:

✓ promuove la turbolenza e migliora il coefficiente globale di scambio termico

✓ aumenta la superficie di scambio

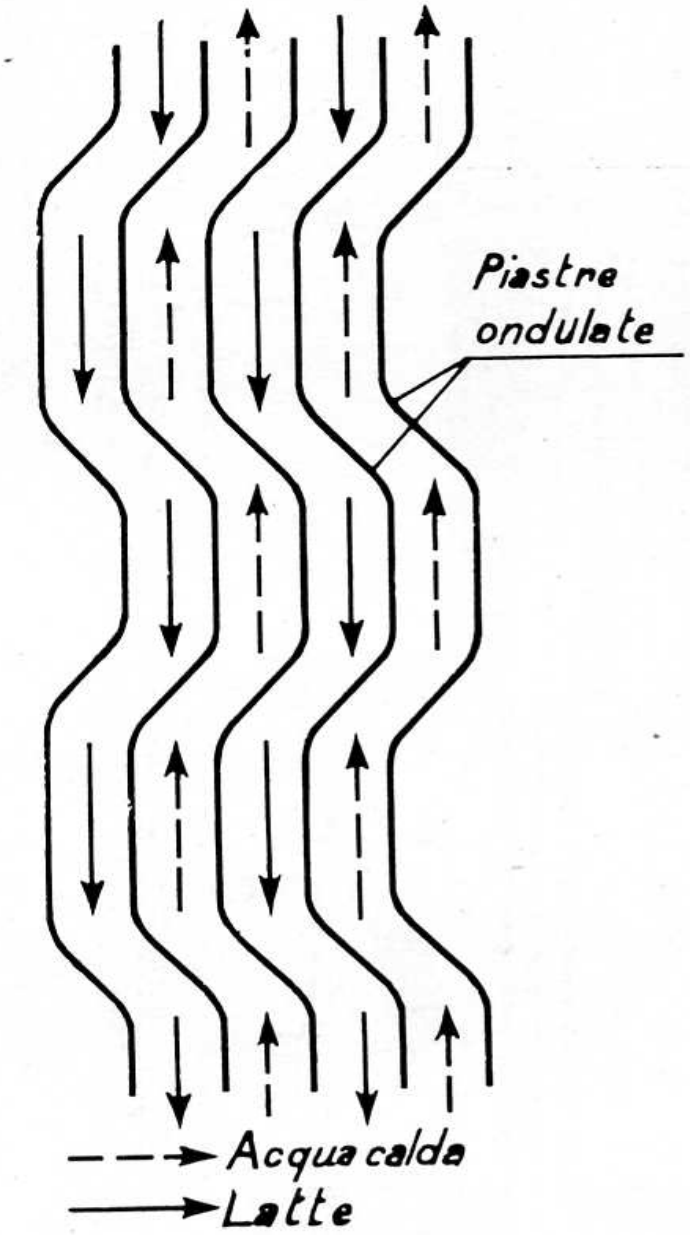
✓ aumenta la resistenza meccanica della piastra

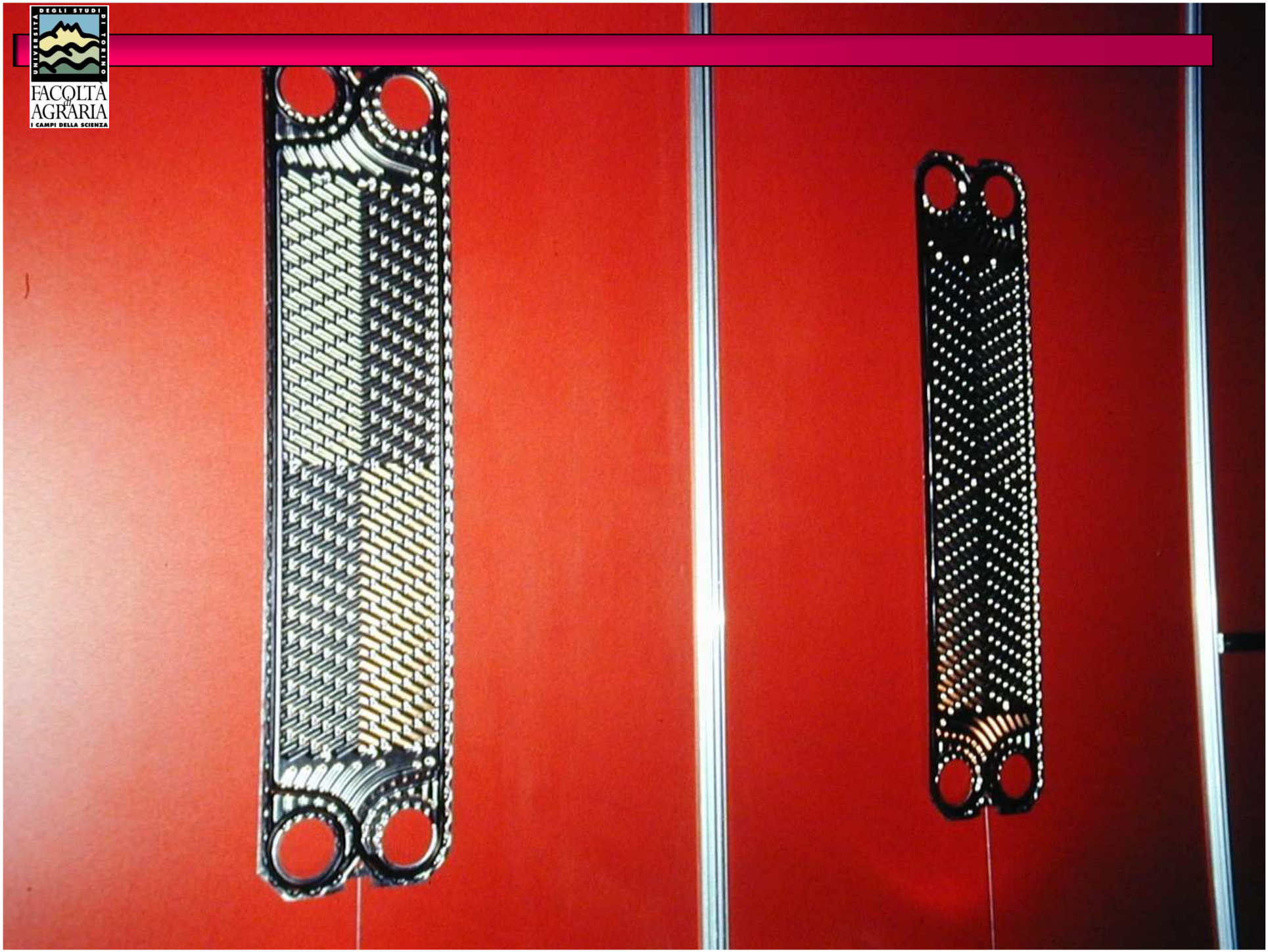
Scambiatori a piastre : 3-6000 W/m^{2}K

Scambiatori tubolari : 1-2000 W/m^{2}K

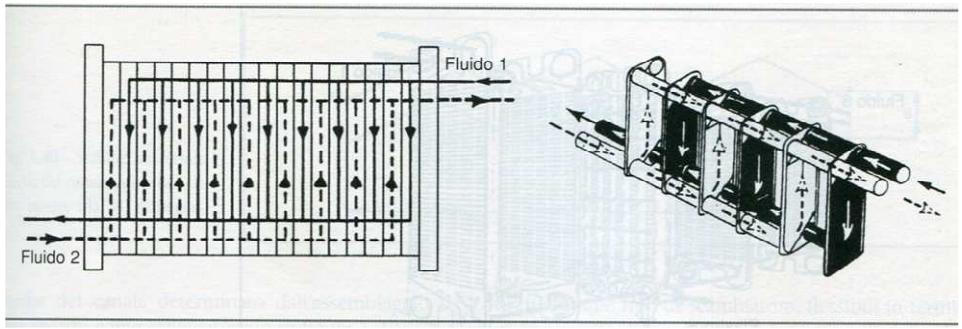
Vantaggi :
• facilità di ispezione
• elevato coefficiente di scambio
• pulizia manuale diretta

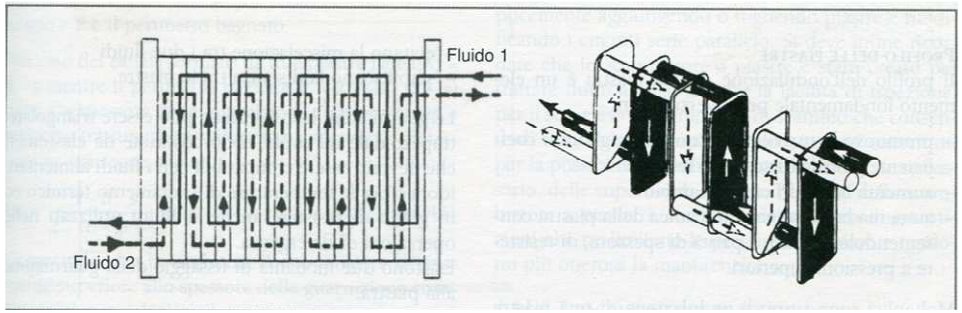
Limiti:
• molte guarnizioni → basse pressioni, manutenzione onerosa

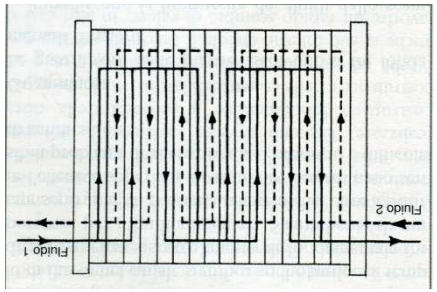


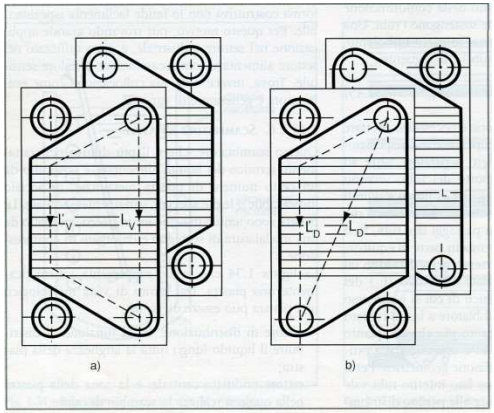


- All'interno del pastorizzatore
  - ✓ il flusso può essere verticale o diagonale
  - ✓ L'assemblaggio in parallelo o in serie o misto

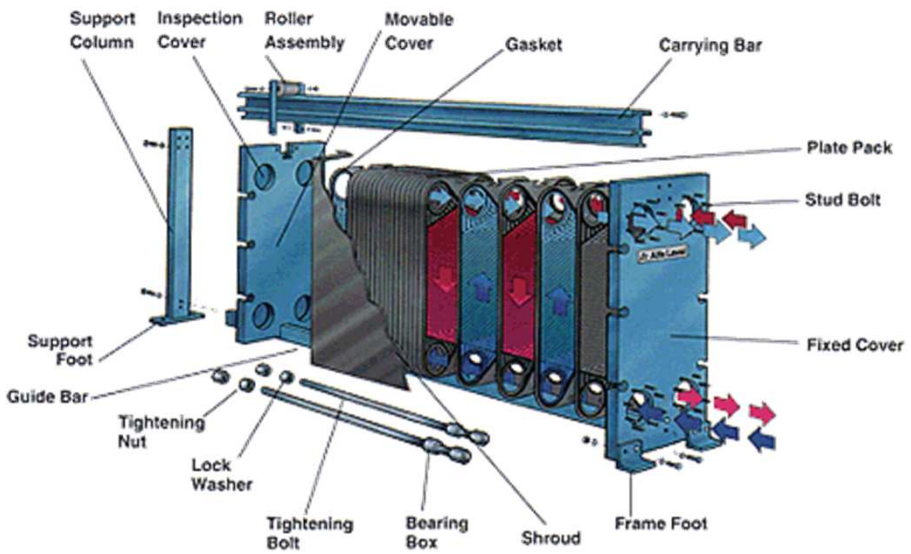


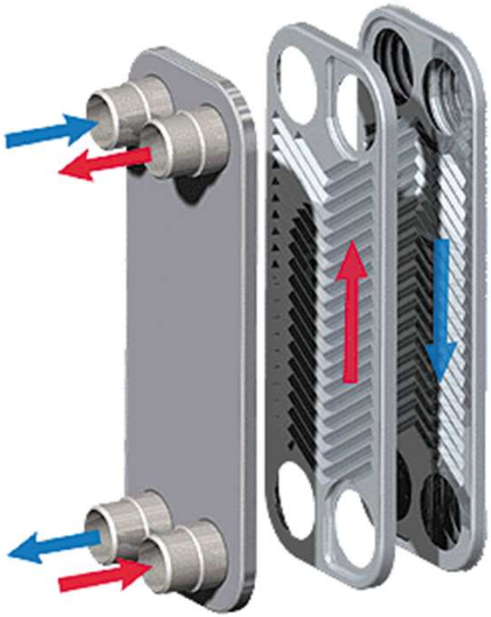


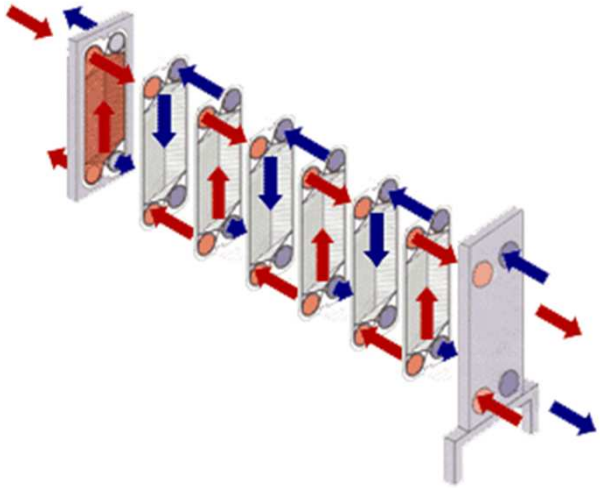


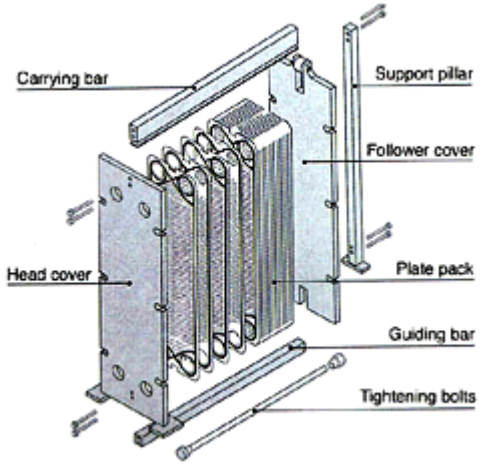


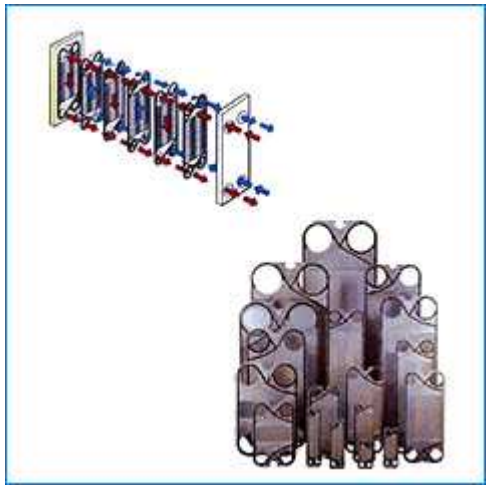
- ✓ In parallelo
  - La portata si divide in molti scomparti → velocità di flusso bassa → coefficiente di scambio basso → perdite di carico basse
- ✓ In serie
  - Velocità di flusso elevata → coefficiente di scambio elevato → perdite di carico elevate → pacchi piccoli

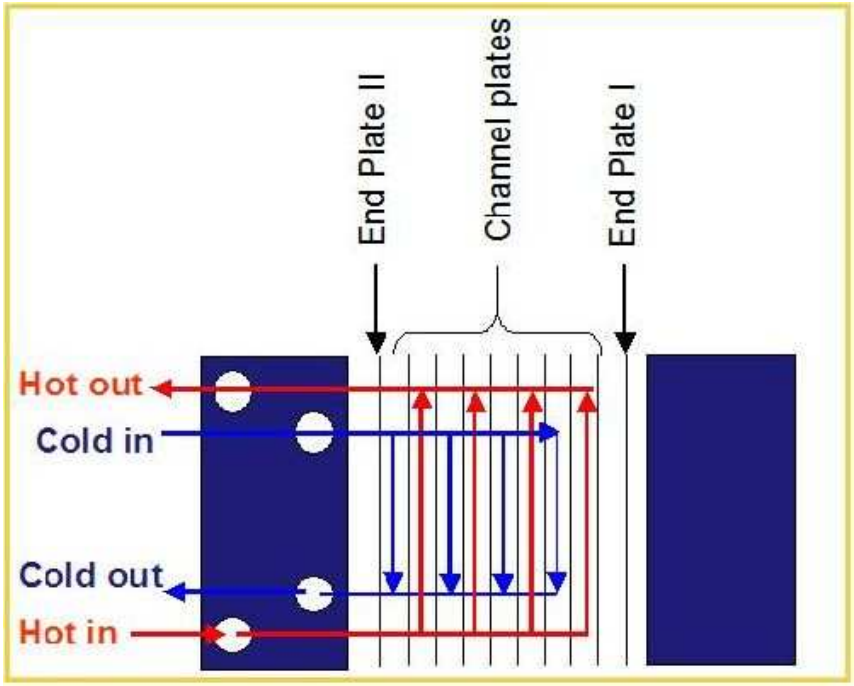

Support Column
Inspection Cover
Roller Assembly
Movable Cover
Gasket
Carrying Bar
Plate Pack
Stud Bolt
Fixed Cover
Support Foot
Guide Bar
Tightening Nut
Lock Washer
Tightening Bolt
Bearing Box
Shroud
Frame Foot

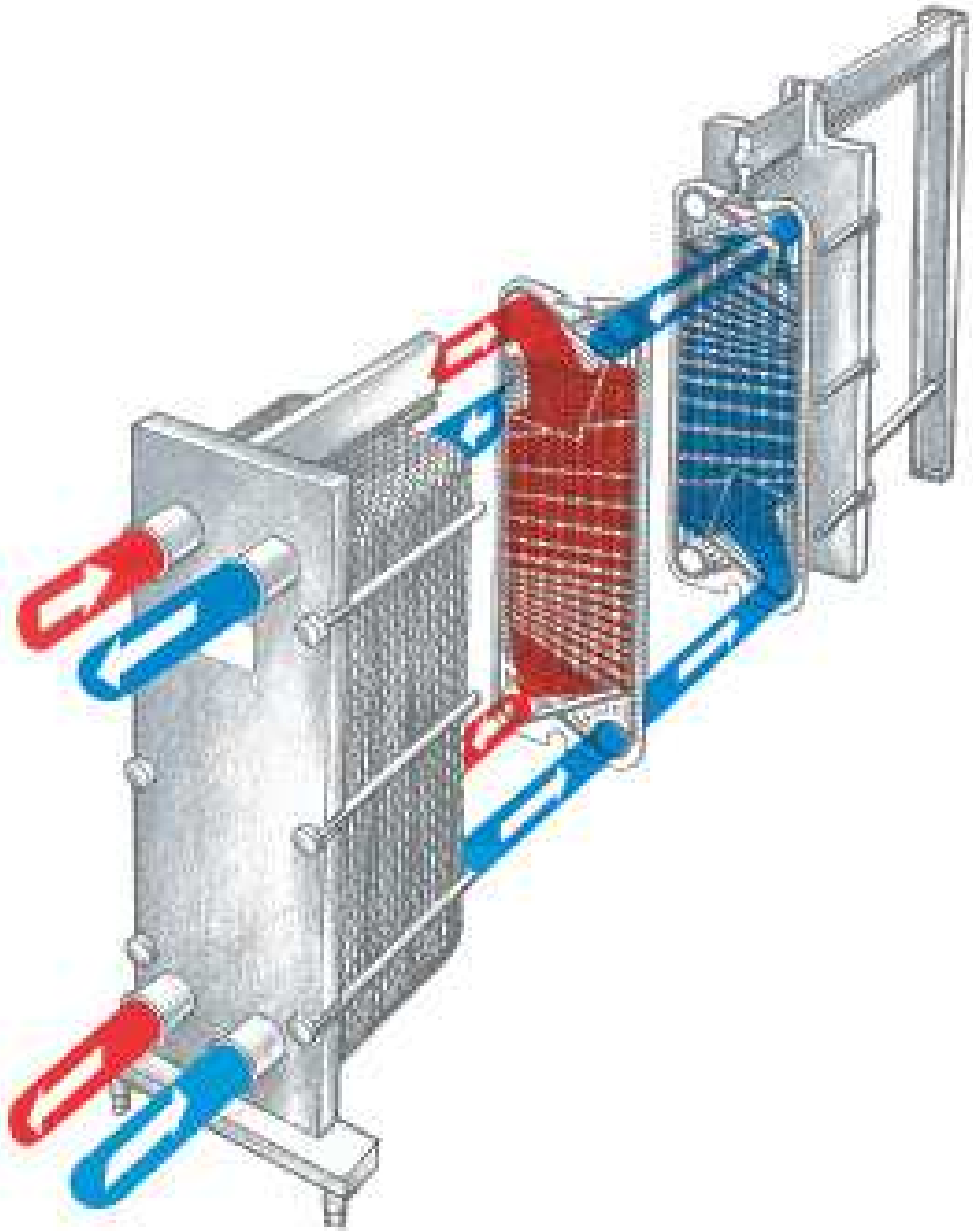


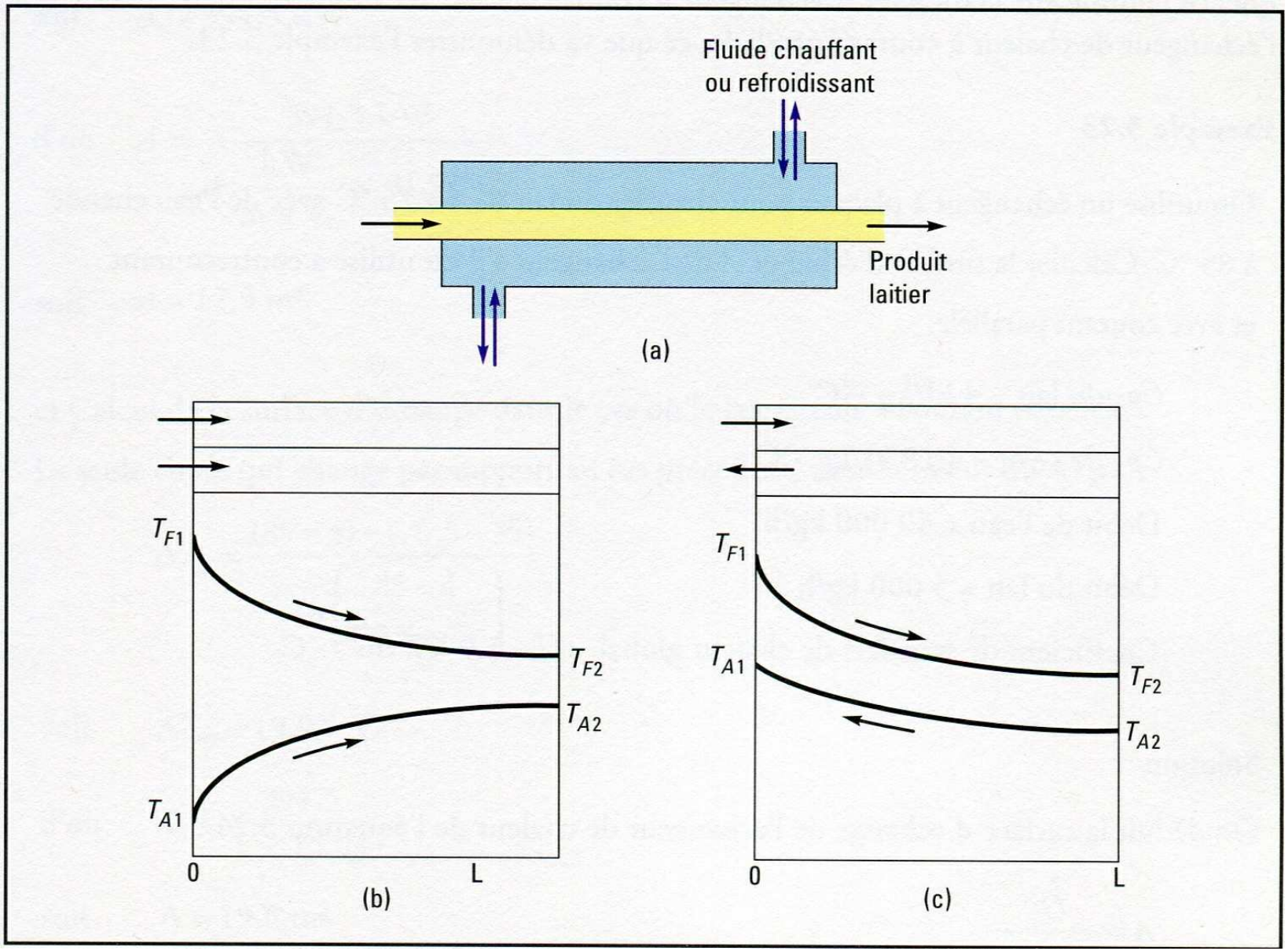


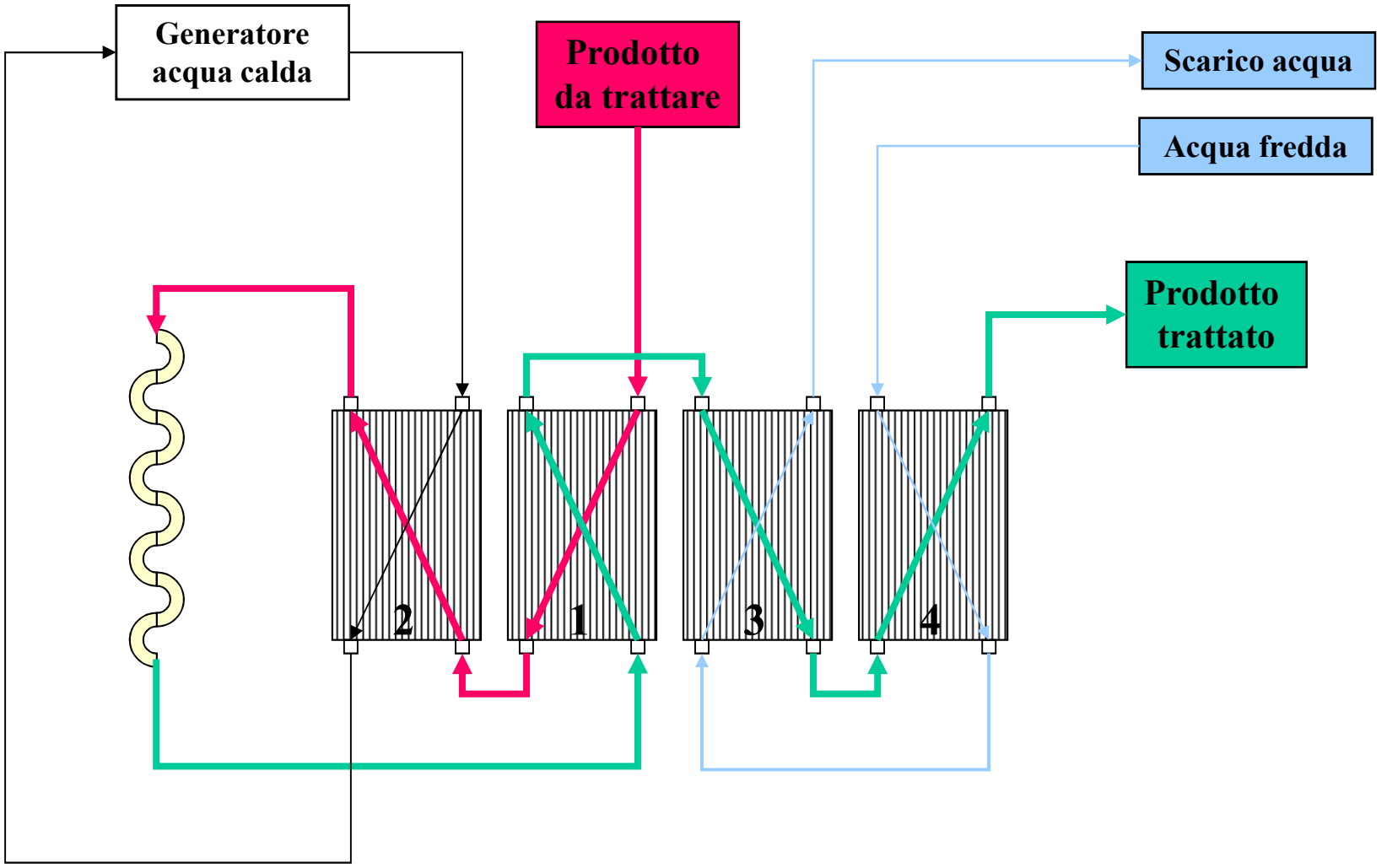

Carrying bar
Support pillar
Follower cover
Head cover
Plate pack
Guiding bar
Tightening bolts

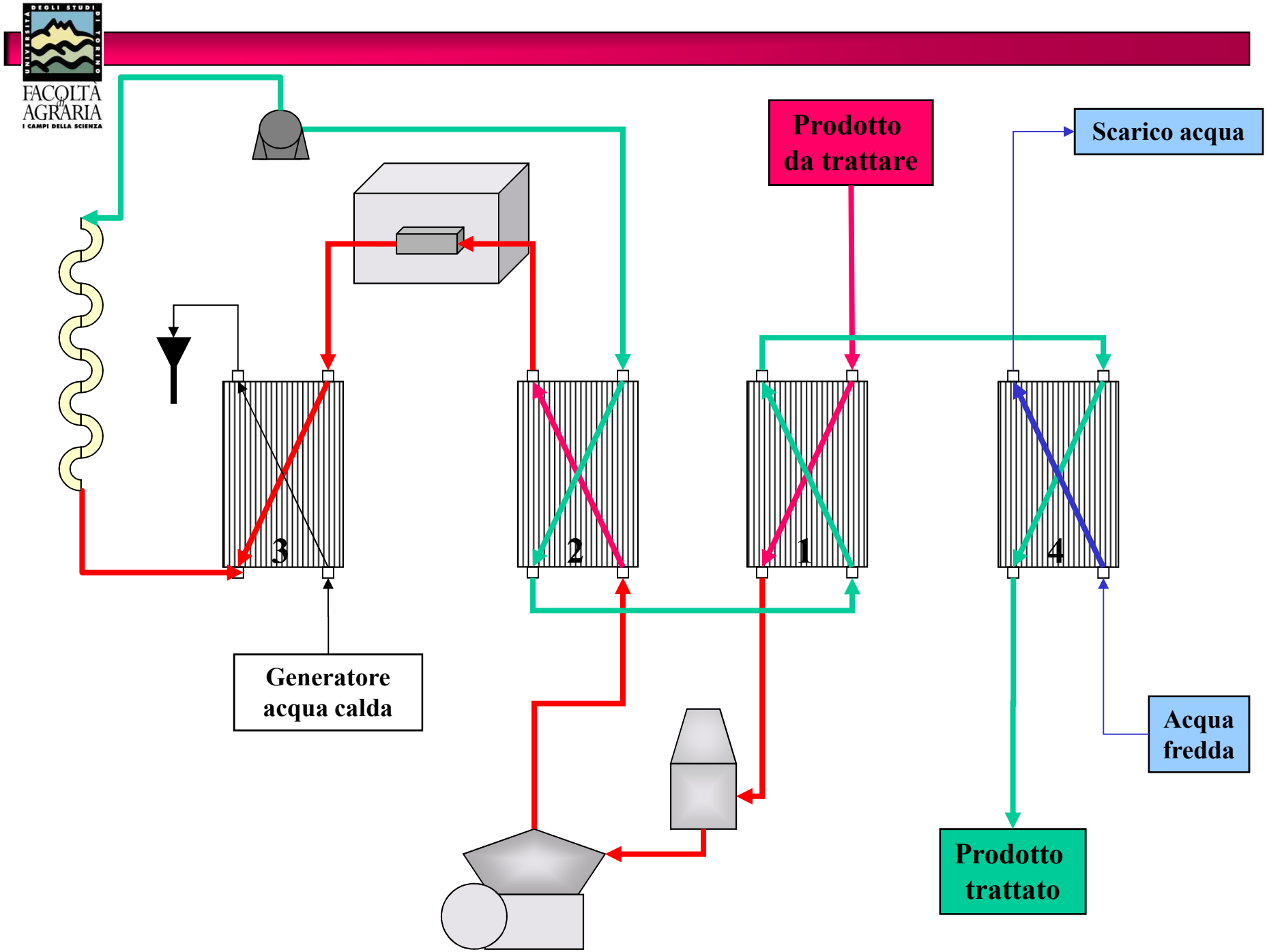



End Plate II
Channel plates
End Plate I
Hot out
Cold in
Cold out
Hot in



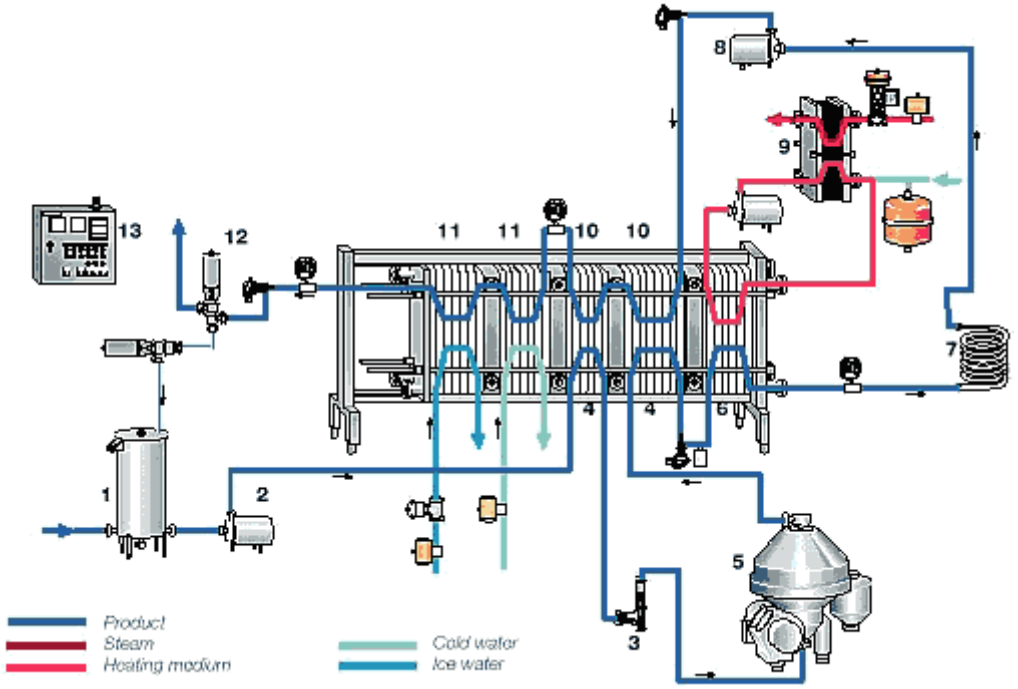

Fluide chauffant
ou refroidissant
Produit
laitier
(a)
T_{F1}
T_{F2}
T_{A2}
T_{A1}
0
L
(b)
T_{F1}
T_{A1}
T_{F2}
T_{A2}
0
L
(c)

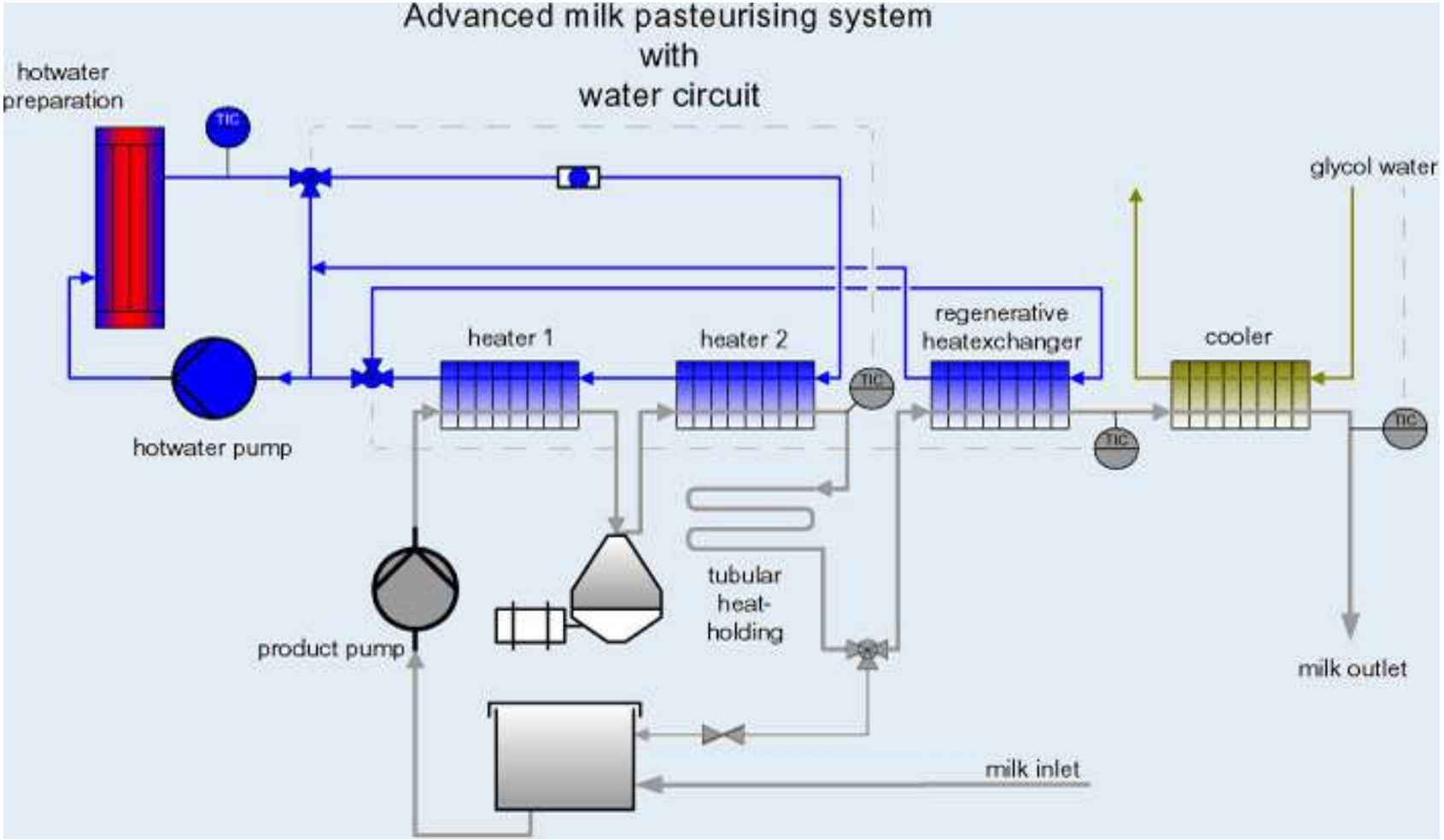

Generatore acqua calda
Prodotto da trattare
Scarico acqua
Acqua fredda
Prodotto trattato
2
1
3
4


Prodotto da trattare
Scarico acqua
3
2
1
4
Generatore acqua calda
Acqua fredda
Prodotto trattato

Pasteurizer

1 Balance tank
2 Feed pump
3 Flow controller
4 Regenerative preheating sections
5 Centrifugal clarifier
6 Heating section
7 Holding tube
8 Booster pump
9 Hot water heating system
10 Regenerative cooling sections
11 Cooling sections
12 Flow diversion valve
13 Control panel




Advanced milk pasteurising system
with
water circuit
hotwater
preparation
TIC
glycol water
regenerative
heatexchanger
heater 1
heater 2
cooler
TIC
TIC
TIC
hotwater pump
tubular
heat-
holding
product pump
milk outlet
milk inlet

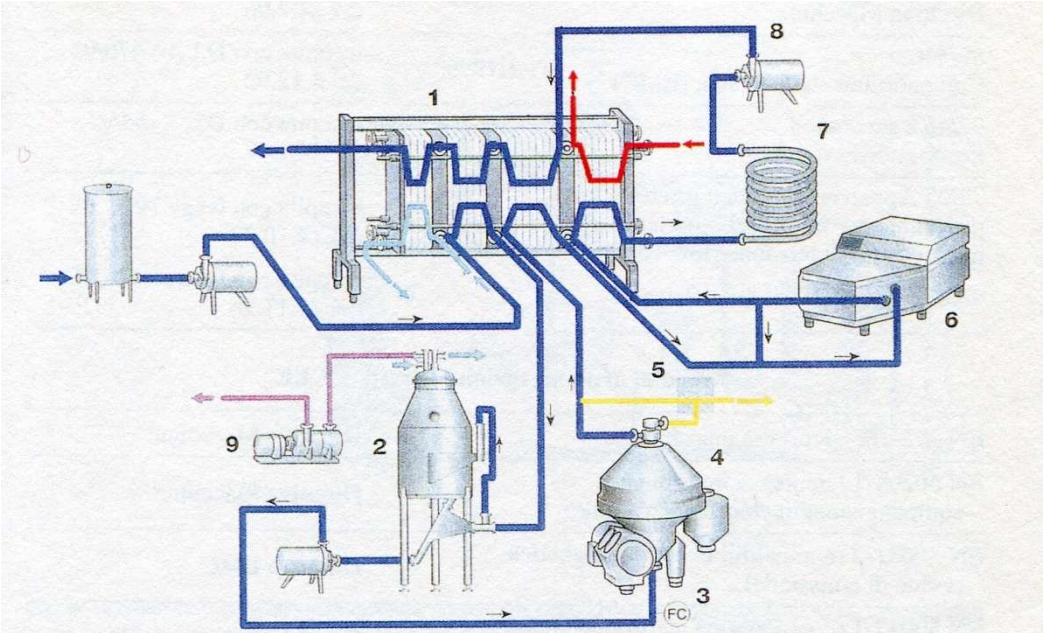


Fig. 8 – Processo di pastorizzazione: lo schema evidenzia le diverse fasi contemporanee di trattamento, inclusa la degasazione. (Fonte: Alfa Laval Demori)

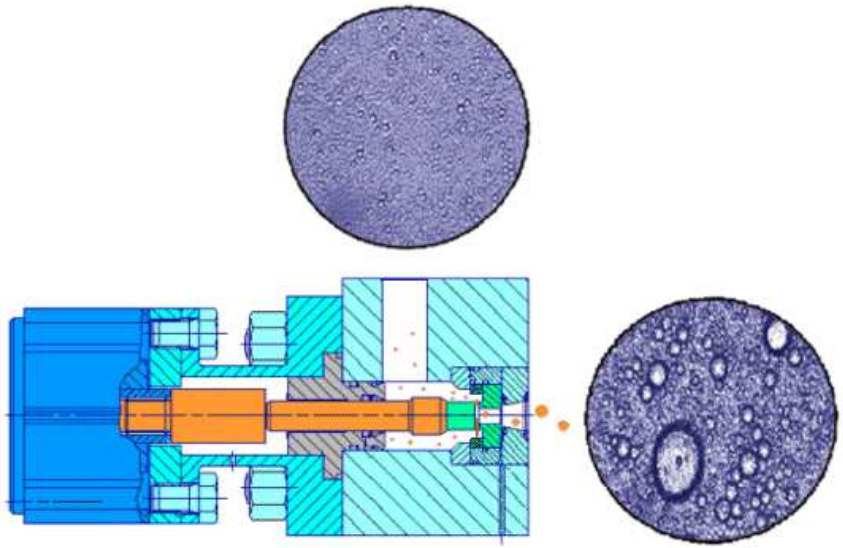
Legenda:
- tratto rosso = liquido riscaldante
- tratto giallo = crema
- tratto blu = latte
- tratto violetto = vuoto
- tratto celeste = liquido di raffreddamento

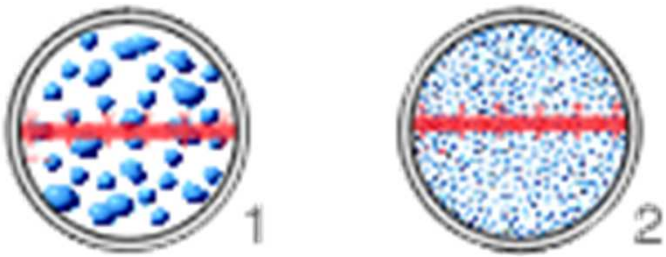
1. pastorizzatore
2. deareatore
3. regolatore del flusso
4. separatore
5. apparato di standardizzazione
6. omogeneizzatore
7. apparato di sosta
8. pompa di sovralimentazione
9. pompa da vuoto

Omogeneizzazione

• Per poter miscelare stabilmente una o più sostanze in un liquido è necessario l'impiego dell'omogeneizzatore, che consente di micronizzare e disperdere le particelle in sospensione nel fluido, conferendo stabilità nonostante i successivi trattamenti e stoccaggi.

• Il prodotto giunge alla valvola omogeneizzante a bassa velocità e ad alta pressione (derivata dalla piccola luce tra testina di passaggio e testina d'urto). Nel passaggio viene assoggettato a numerose forze che causano la micronizzazione delle particelle: una violenta accelerazione con immediata decelerazione generano cavitazione con esplosione dei globuli, intensa turbolenza, unita a vibrazioni ad alta frequenza, forze di taglio d'urto derivate dal passaggio laminare tra le superfici della valvola di omogeneizzazione e conseguente impatto con l'anello d'urto



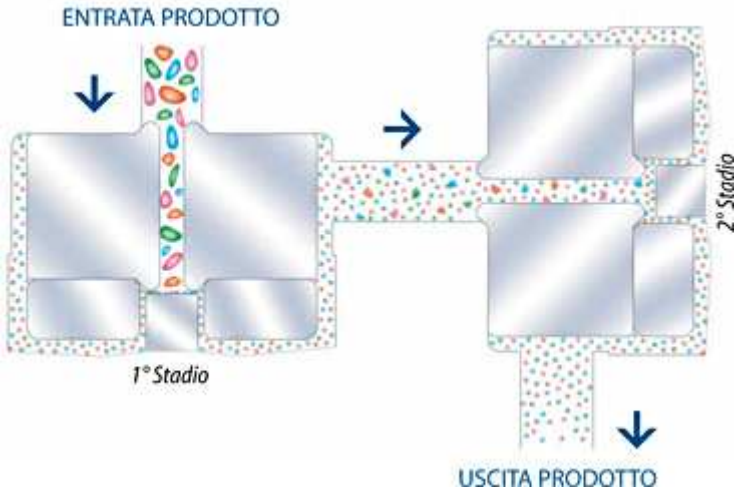


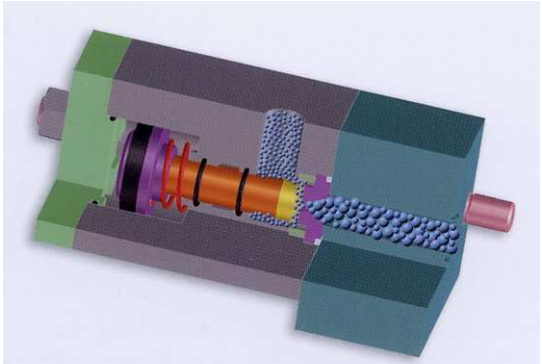
Viste al microscopio del prodotto non omogeneizzato (1) e omogeneizzato (2)

• L'omogeneizzazione può avvenire con l'impiego di una singola valvola omogeneizzante (idonea nel trattamento di dispersione), oppure di una doppia (consigliata nell'impiego di emulsioni e per il controllo della viscosità quando richiesto). Per garantire un semplice e preciso funzionamento, le valvole omogeneizzanti sono servoassistite da uno specifico gruppo oleopneumatico.

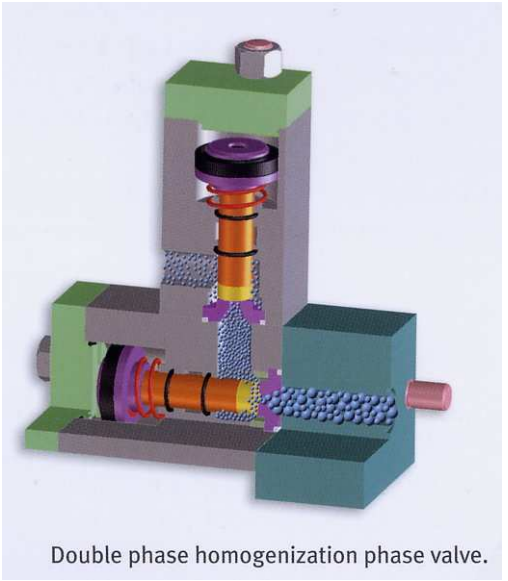
High-efficiency homogenizing valve "hpv"

Ceramic homogenizing valve assembly





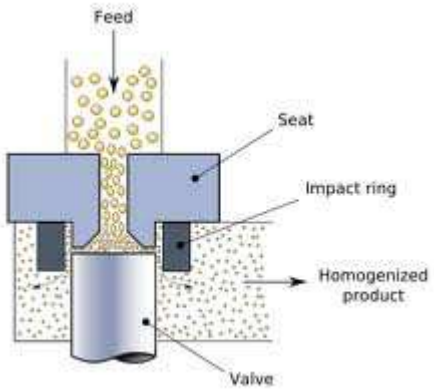
Single phase homogenization phase valve.

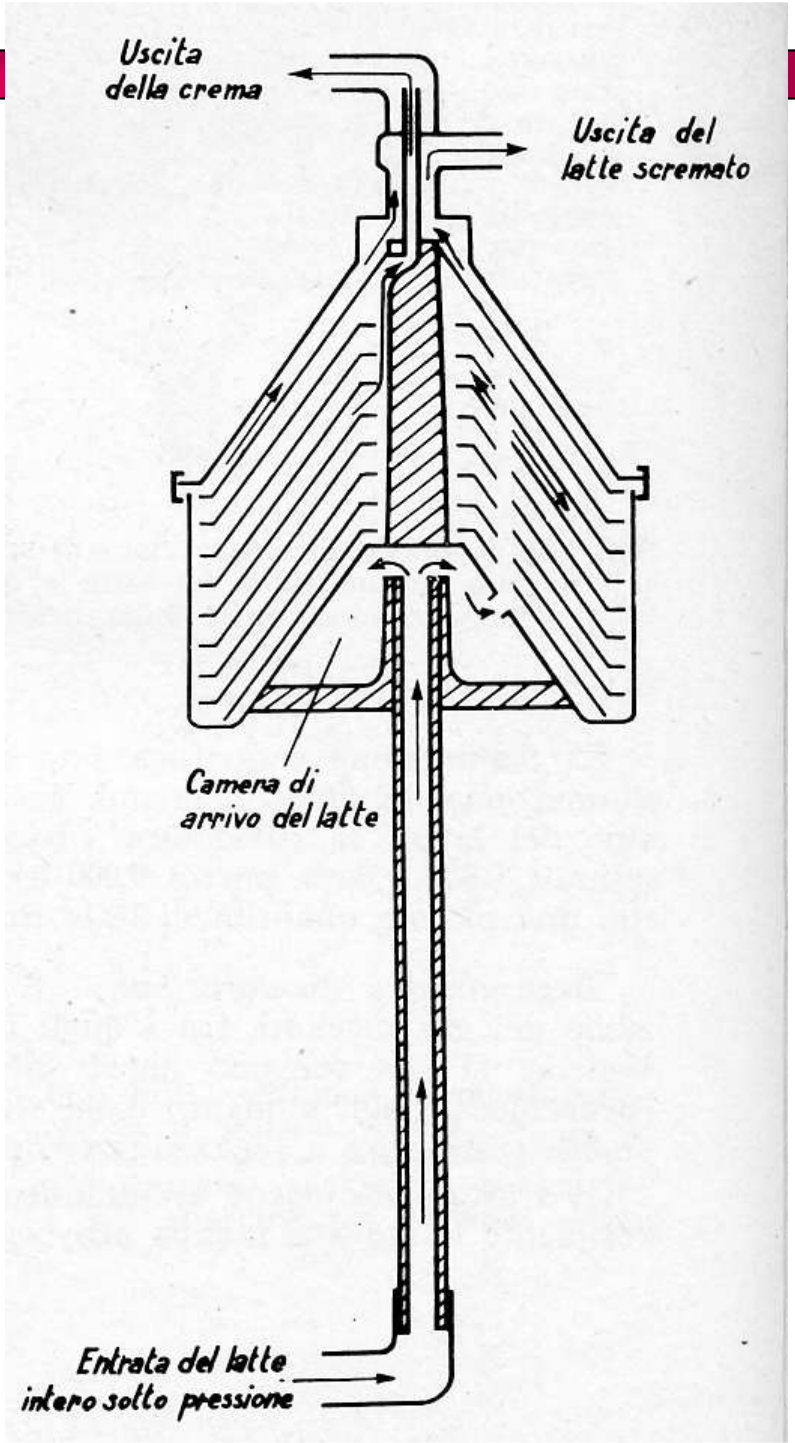


Double phase homogenization phase valve.

- Effetti positivi
  - ✓ impedisce la separazione della crema durante la conservazione del latte (dimensioni dei globuli < 1 μm, interazioni grasso-proteine)
  - ✓ consente una sterilizzazione più uniforme
  - ✓ determina un colore più bianco del latte
  - ✓ determina una maggiore digeribilità del latte

- Effetti negativi
  - maggiore sensibilità ad attacchi enzimatici
  - non è più possibile separare il grasso
  - il coagulo ottenuto da una latte pastorizzato è meno consistente
  - si disgregano gli aggregati microbici e può aumentare la conta microbica




Uscita della crema
Uscita del latte scremato
Camera di arrivo del latte
Entrata del latte intero sotto pressione

Centrifugazione

Equazione di Stokes $\frac{1}{18}\frac{D^2(\rho_p - \rho_f)\omega^2 r}{\eta}$

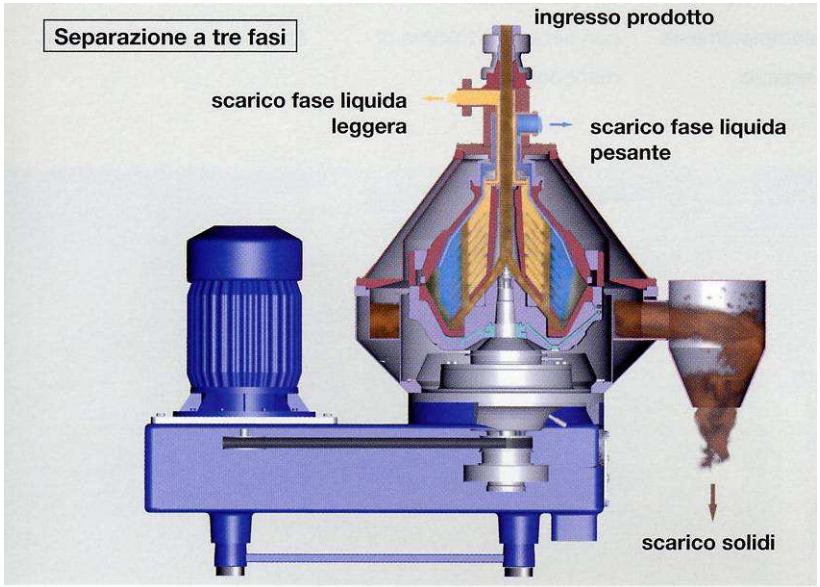
Centrifugazione ➲ Grasso 35-70 %

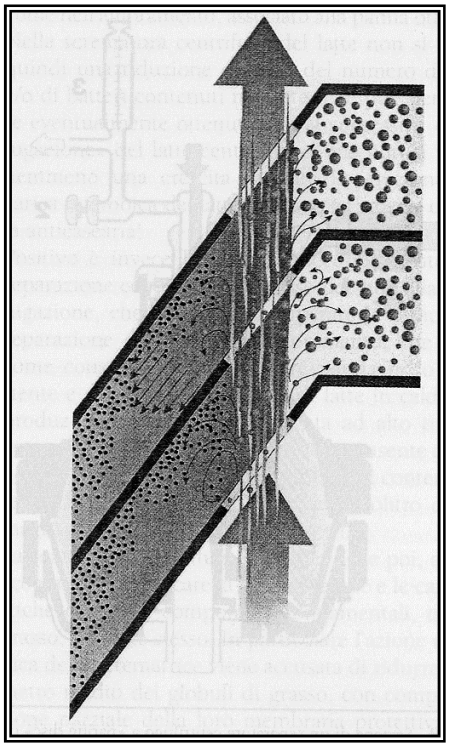
$V(cm/s) = \frac{D^2 * (dl-dg) * a}{18\eta}$

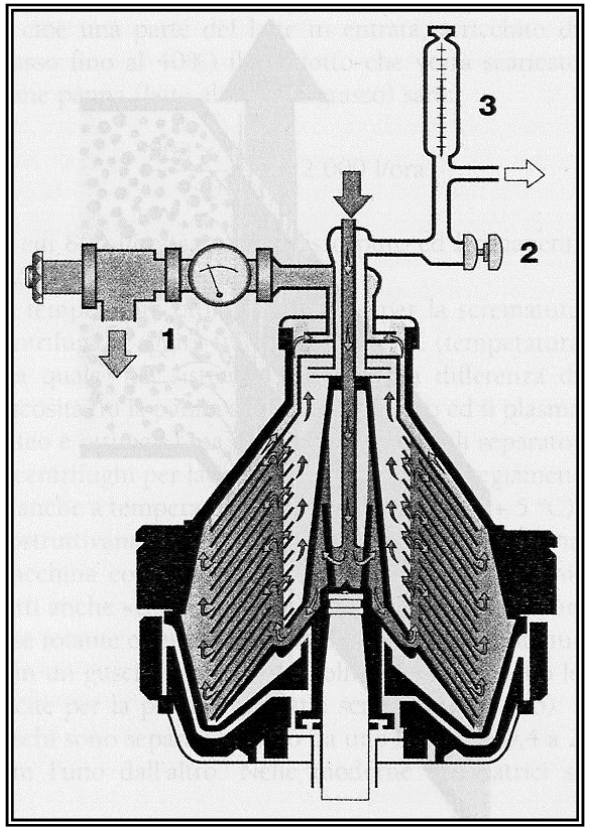
dove
D = diametro del globulo (cm) dl = densità latte
η = viscosità latte (poise)
dg = densità grasso
a = accelerazione angolare ($r * \omega^2$)
r = distanza dall'asse di rotazione
ω = velocità angolare radiale

(g/100 g)	Panna da centrifuga	Panna da affioramento	Panna da siero
Grasso	35-40	20-24	44-48
Acqua	58-63	69-73	48-52
Proteine totali	2-2.3	2.5-2.7	0.3-0.5
Ceneri	0.4-0.5	0.5-0.6	0.2-0.3
Lattosio	3.2-3.5	3.5-3.8	2.3-2.7

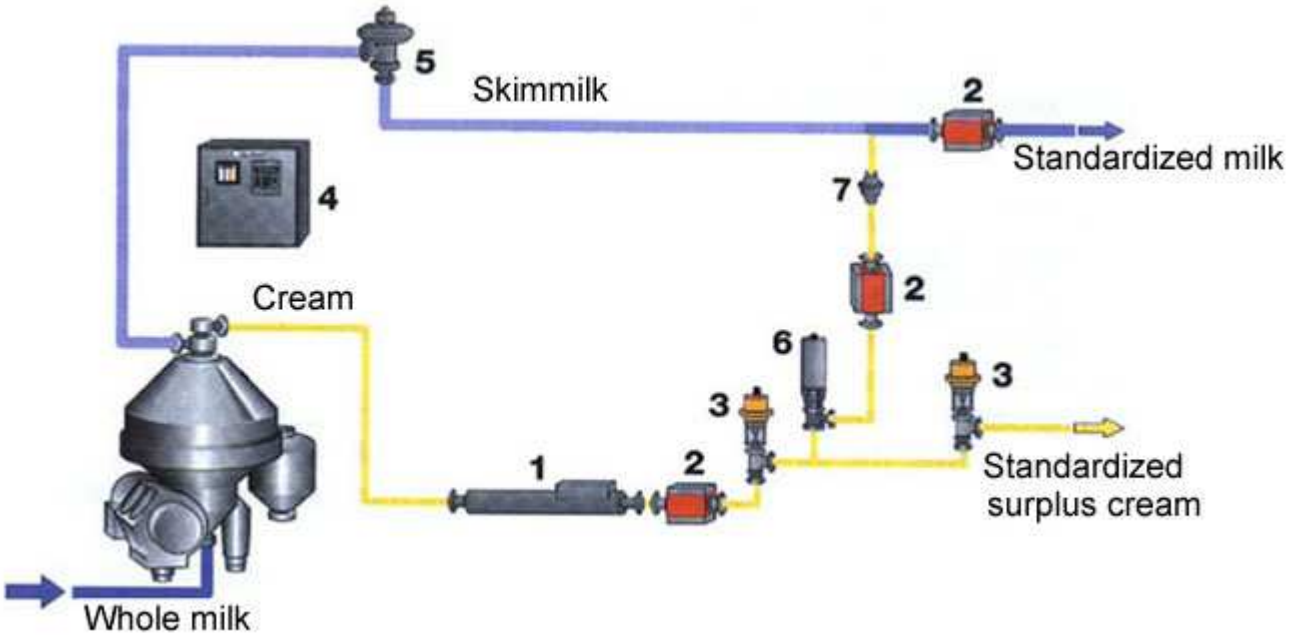
Es.
$D=3*10^{-6}$ m
dg = 980 dl = 1028 dl-dg = 48 kg/m^3
$\eta= 1.42*10^{-3}$ kg/m s
r = 0.2 m
velocità rotazione = 5400 giri/min → ω =(π*5400/30) =565.5 rad/sec
V = 389.6 cm/h


Separazione a tre fasi
ingresso prodotto
scarico fase liquida leggera
scarico fase liquida pesante
scarico solidi




3
2
1

VIETATO
APRIRE



1. Density transmitter
2. Flow transmitter
3. Control valve
4. Control panel
5. Constant-pressure valve
6. Shut-off valve
7. Check valve

Modalità del trattamento termico

- **Prodotto sfuso**
  - **Pastorizzazione HTST**
    - ✓ Scambiatori di calore a piastre o tubolari
  - **Sterilizzazione UHT**
    - ✓ Scambiatori di calore a piastre o tubolari (sistema indiretto)
    - ✓ Iniezione di vapore nel latte (sistema diretto)
    - ✓ Infusione del latte nel vapore (sistema diretto)
    - ✓ Sistema ATAD (sistema diretto)

- **Prodotto confezionato (solo sterilizzazione)**
  - ✓ Fissi (contenitori fissi in cestelli in autoclavi; 110-115 °C per 30 minuti; imbrunimenti)
  - ✓ Mobili (contenitori in movimento per rotazione dell'autoclave o rotazione dei cestelli)
  - ✓ Per scatole di metallo (rapidi; contenitori in rotazione; 117 °C per 12 min)
  - ✓ Idrostatici a torre

- Impianti di grande capacità (sino a 30.000 L/h)

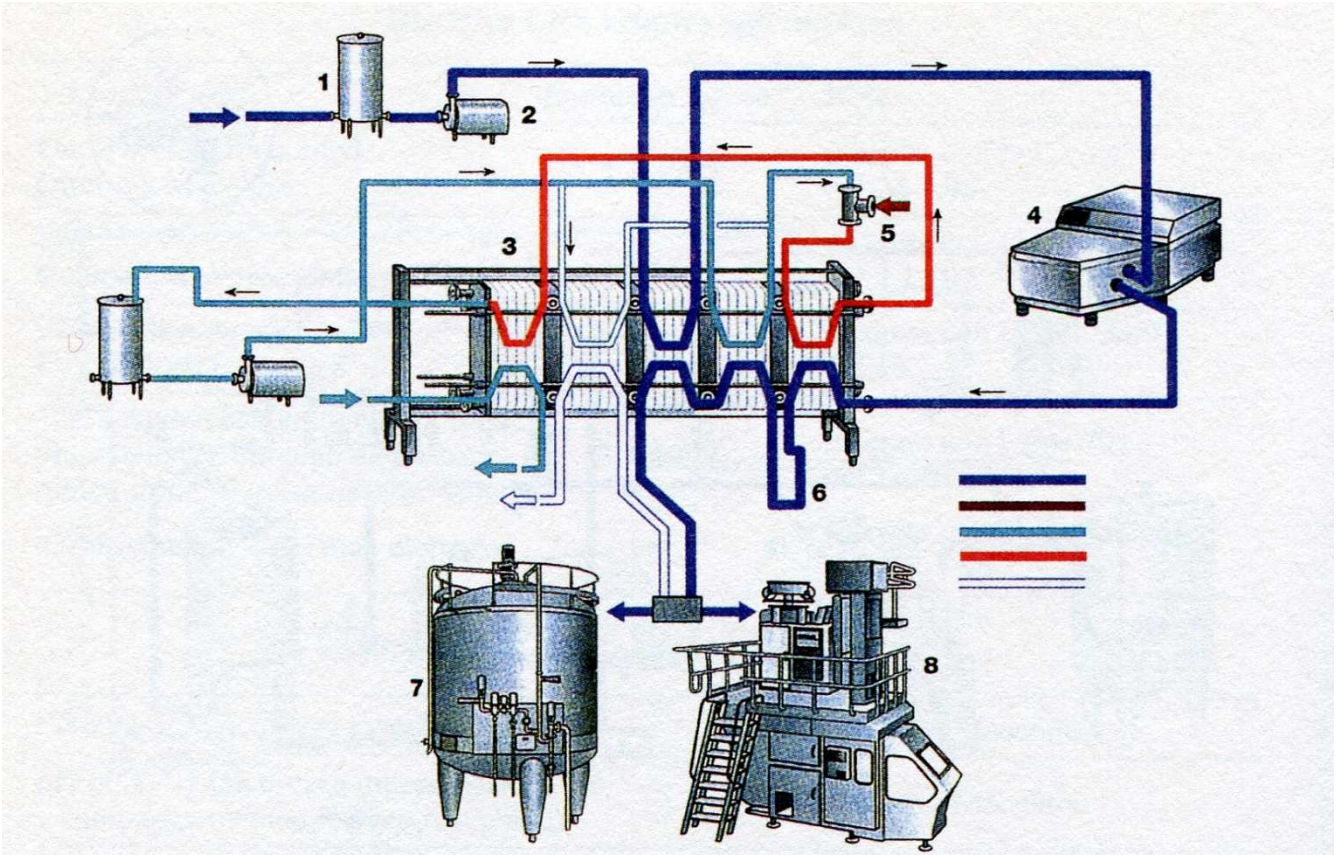


Fig. 10 – Trattamento UHT di tipo «indiretto»: lo schema evidenzia le diverse fasi contemporanee del processo, la più significativa delle quali è rappresentata dal riscaldamento del latte, che avviene indirettamente nella sezione di riscaldamento dello scambiatore di calore. Lo scambiatore di calore, oltre al riscaldamento, svolge anche la funzione di recupero termico. (Fonte: Alfa Laval Demori).

Legenda:
Tratto blu = latte
Tratto marrone = vapore
Tratto celeste = acqua fredda
Tratto rosso = acqua calda
Tratto bianco = flusso deviato

1. serbatoio a livello costante latte
2. pompa di alimentazione
3. scambiatore di calore a piastre
4. omogeneizzatore non asettico
5. iniettore vapore
6. sosta tubolare
7. sistema di polmonamento asettico
8. riempitrice asettica

GEA

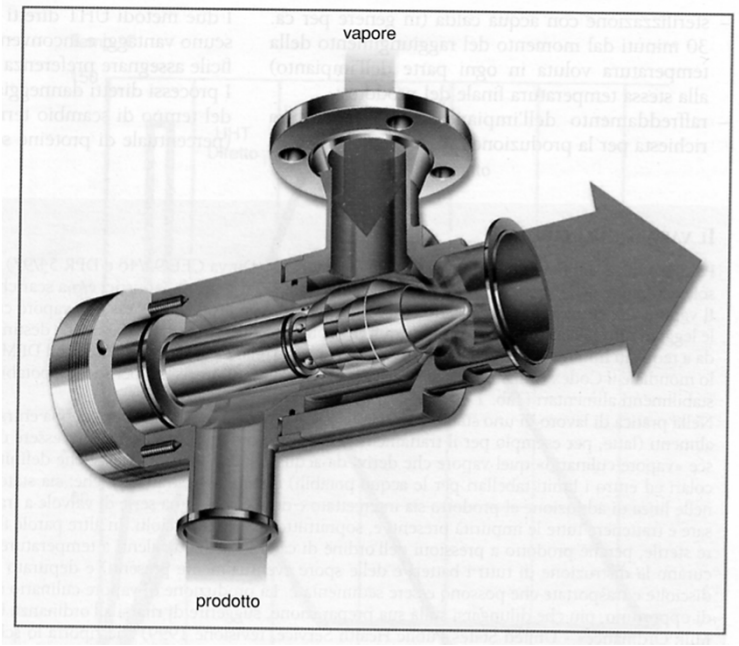
Modalità del trattamento termico

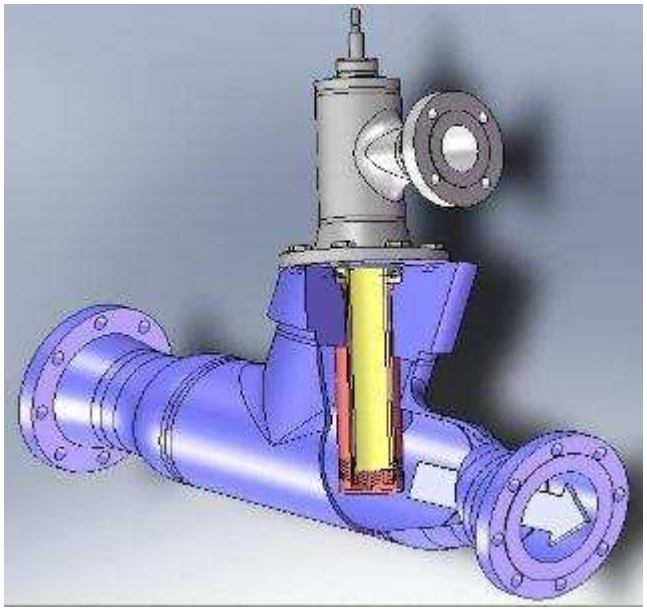
- **Prodotto sfuso**
  - **Pastorizzazione HTST**
    - ✓ Scambiatori di calore a piastre o tubolari
  - **Sterilizzazione UHT**
    - ✓ Scambiatori di calore a piastre o tubolari (sistema indiretto)
    - ✓ Iniezione di vapore nel latte (sistema diretto)
    - ✓ Infusione del latte nel vapore (sistema diretto)
    - ✓ Sistema ATAD (sistema diretto)

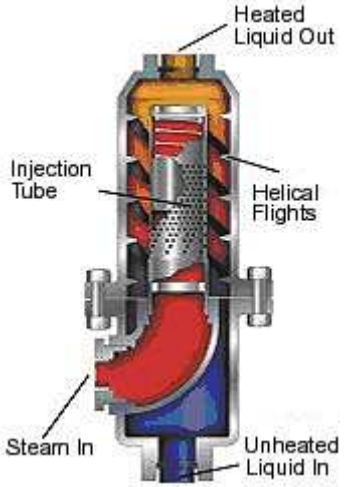
- **Prodotto confezionato (solo sterilizzazione)**
  - ✓ Fissi (contenitori fissi in cestelli in autoclavi; 110-115 °C per 30 minuti; imbrunimenti)
  - ✓ Mobili (contenitori in movimento per rotazione dell'autoclave o rotazione dei cestelli)
  - ✓ Per scatole di metallo (rapidi; contenitori in rotazione; 117 °C per 12 min)
  - ✓ Idrostatici a torre

Iniezione di vapore (uperizzazione)

• il vapore ad alta pressione viene introdotto nel liquido; dopo viene raffreddato sottovuoto così da rimuovere l'acqua in eccesso
• riscaldamento e raffreddamento molto veloci → ottimo per liquidi sensibili al calore
• va bene solo per liquidi a bassa viscosità
• problemi di sterilità
• richiede vapore da acqua potabile
• facilità di otturazione degli iniettori







- La pompa positiva (4) porta il latte a circa 4 bar al fine di impedirne l'ebollizione nella valvola di iniezione
- La camera di espansione opera sotto-vuoto → raffreddamento rapido
- L'omogeneizzazione avviene DOPO la sterilizzazione mentre in tutti gli altri processi avviene PRIMA

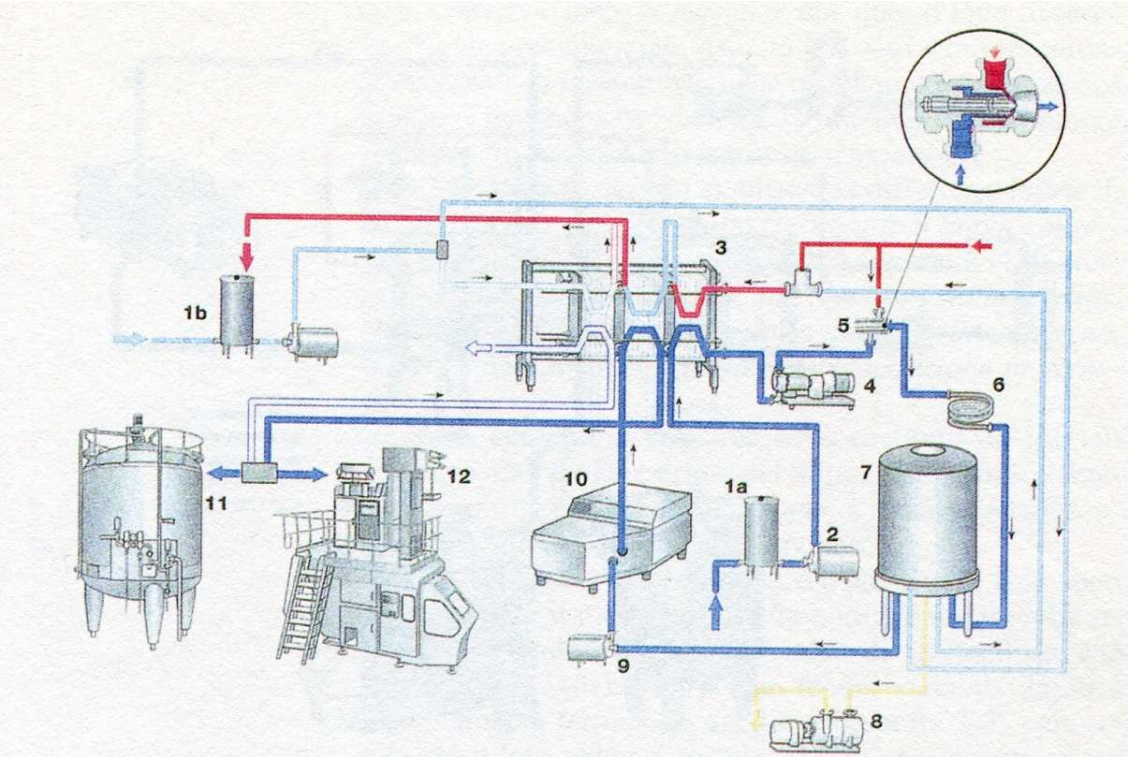
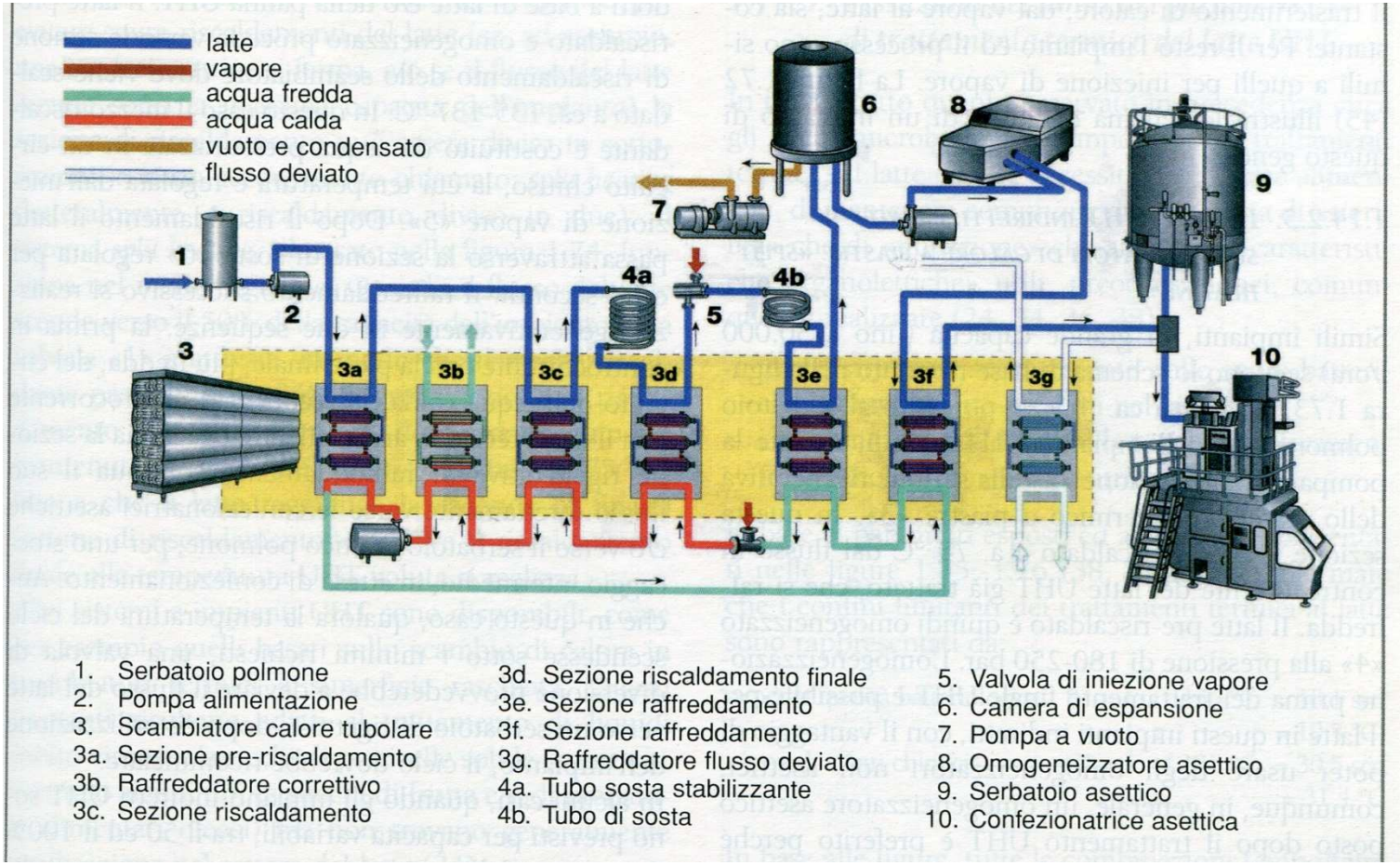


Fig. 9 – Trattamento UHT di tipo «diretto»: lo schema evidenzia le diverse fasi contemporanee del processo, la più significativa delle quali è rappresentata dal riscaldamento del latte, che avviene mediante iniezione diretta di vapore. Lo scambiatore di calore svolge la funzione di recupero termico. (Fonte: Alfa Laval Demori)

Legenda:
tratto blu = latte
tratto celeste = acqua di raffreddamento
tratto ocra = vuoto
tratto rosso = vapore
tratto magenta = acqua calda
tratto bianco = flusso deviato

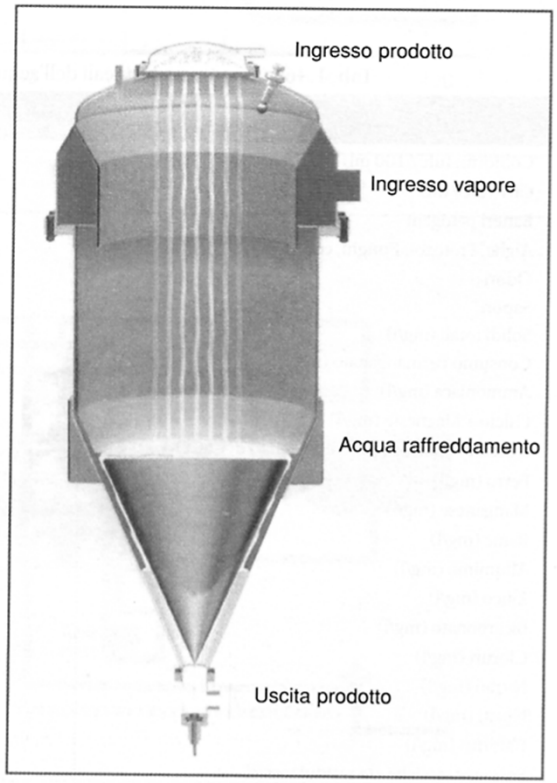
1a. serbatoio a livello costante latte
1b. serbatoio a livello costante acqua
2. pompa di alimentazione
3. scambiatore di calore a piastre
4. pompa positiva
5. iniettore vapore
6. sosta tubolare
7. camera di espansione (flash-cooler)
8. pompa del vuoto
9. pompa centrifuga
10. omogeneneizzatore asettico
11. sistema di polmonamento asettico
12. riempitrice asettica

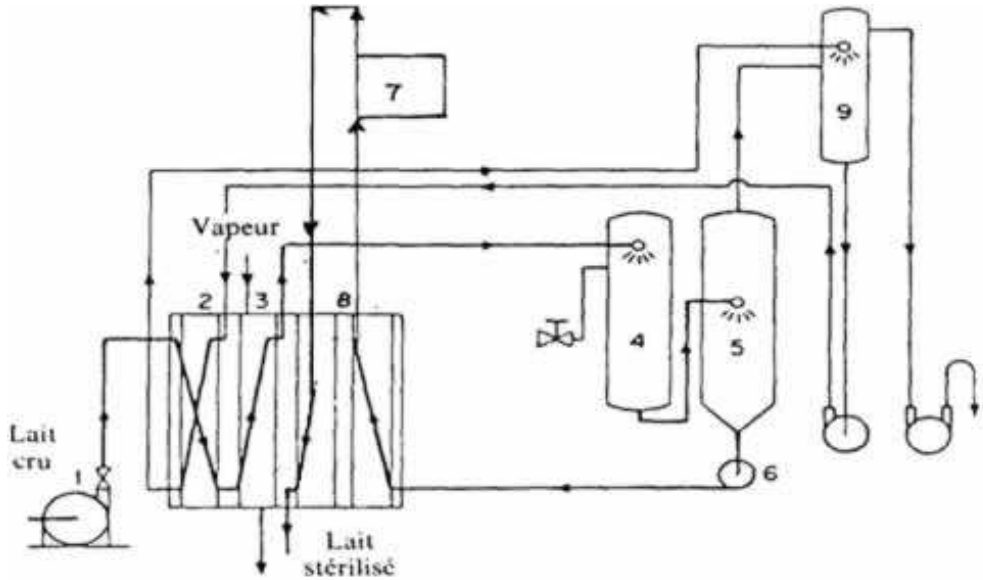
- ✓ In alcuni casi si opera un trattamento UHT combinato diretto ed indiretto → si pre-riscalda a circa 95 °C poi si inietta vapore a 140-150 °C → minori costi e migliore prodotto rispetto ad un trattamento unico



Infusione nel vapore

• il liquido ad alta pressione viene spruzzato come film sulle pareti in un serbatoio pressurizzato e riscaldato a 142-146 °C; dopo viene raffreddato sottovuoto così da rimuovere l'acqua in eccesso
• diminuiscono le possibilità di caramellizzazione
• mantenimento delle qualità del prodotto
• va bene anche con liquidi viscosi (minestre concentrate, formaggi fusi, creme, budini)





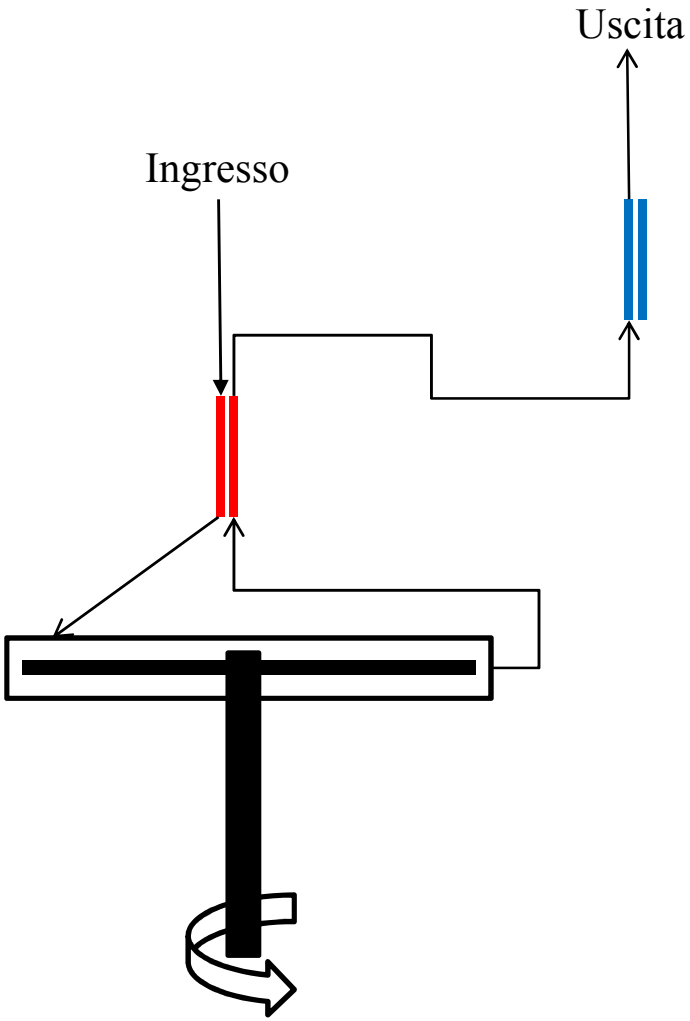
1. *Pompe à lait cru.*
2. *Premier préchauffeur : il peut être à plaques ou tubulaire et il est alimenté par la vapeur de la chambre à vide.*
3. *Deuxième préchauffeur : à plaques ou tubulaire, il est alimenté par la vapeur vive.*
4. *Chambre de chauffage ou upérisateur : le lait y est chauffé à 140°C directement par la vapeur.*
5. *Chambre à vide aseptique où l'eau ajoutée est évaporée et où le lait est refroidi à 75 °C.*
6. *Pompe centrifuge aseptique avec joints de vapeur.*
7. *Homogénéisation aseptique.*
8. *Refroidisseur aseptique.*
9. *Condenseur pour les vapeurs de la chambre à vide aseptique.*

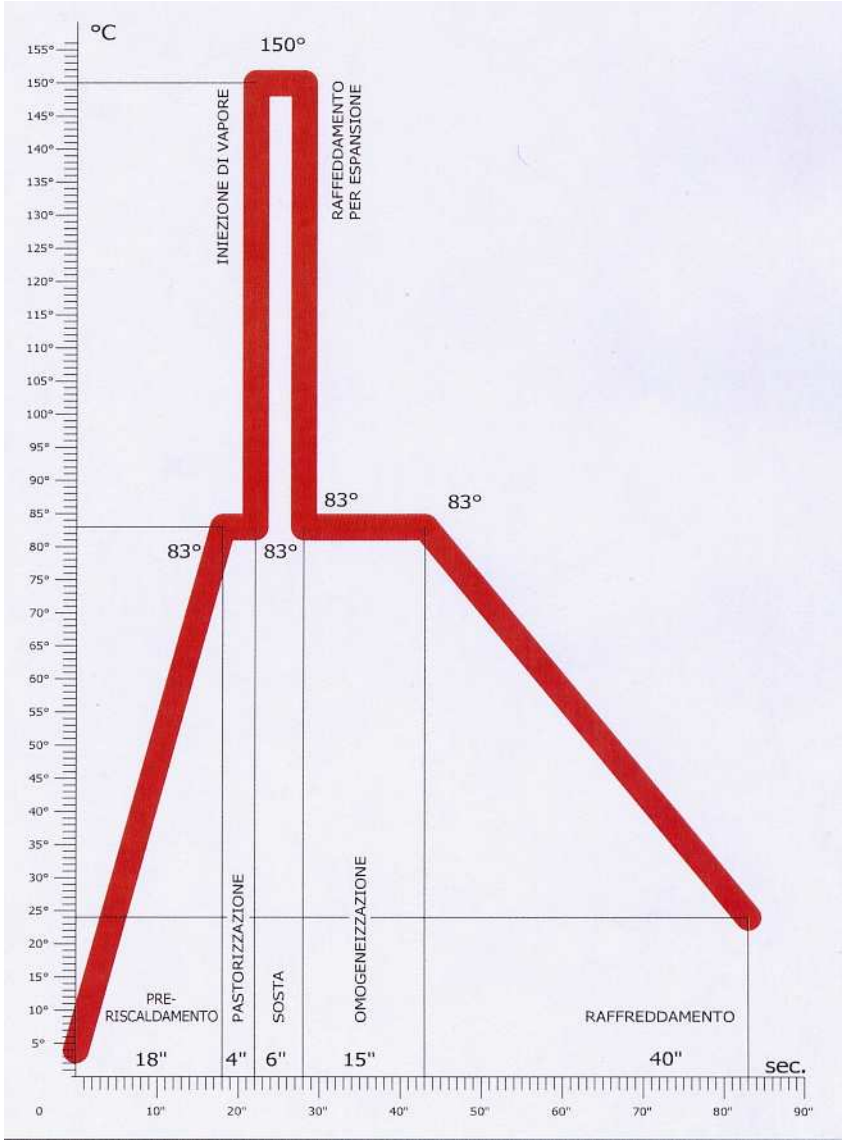
Figure 8 : Diagramme d'un système de stérilisation du lait UHT (Système Thermovac)

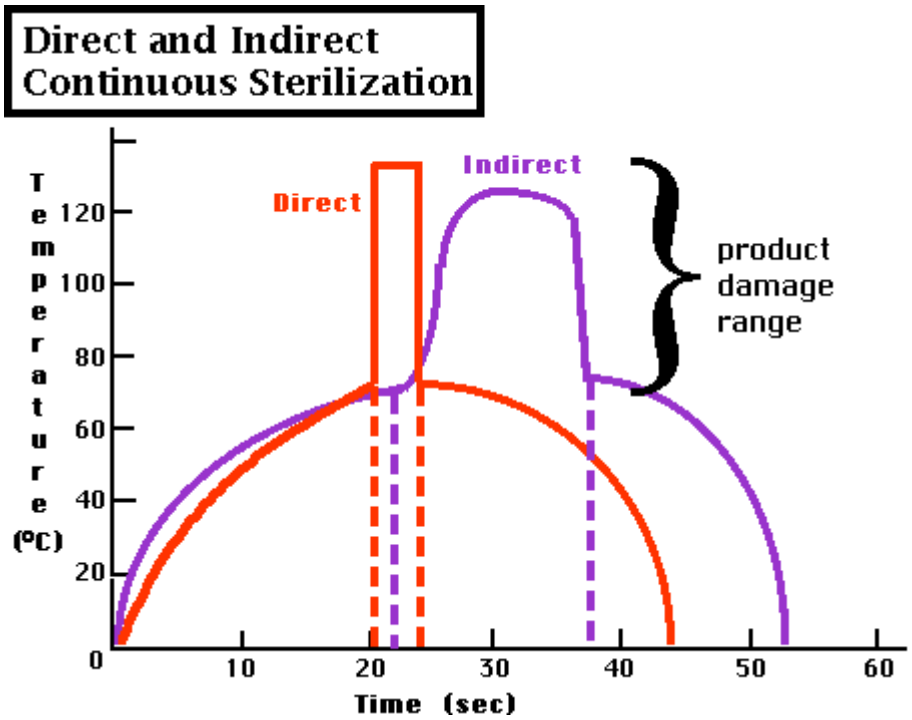
Sistema ATAD

- Sistema molto recente basato su riscaldamento ultrarapido mediante attrito
- Il liquido viene inviato su un disco che ruota ad alta velocità (4-5000 rpm) in uno spazio interstiziale molto stretto (0.3 mm)
- Per forza centrifuga il liquido è spinto verso un'apertura periferica raggiungendo temperature molto elevate (>140 °C) in tempi rapidi (<0.5 sec)
- Usato per latte
- Determina anche l'omogeneizzazione

Sistema ATAD




°C
150°
INIEZIONE DI VAPORE
RAFFEDDAMENTO PER ESPANSIONE
83°
83°
83°
83°
PRE-RISCALDAMENTO
PASTORIZZAZIONE
SOSTA
OMOGENEIZZAZIONE
RAFFREDDAMENTO
18"
4"
6"
15"
40"
sec.


Direct and Indirect Continuous Sterilization
Temperature (°C)
Direct
Indirect
product damage range
Time (sec)

Confezionamento asettico

- Fa parte delle tecnologie “delicate” o **mild technologies** che hanno lo scopo di limitare il deterioramento degli alimenti conservandone la qualità nutrizionale e sensoriale

- Si basa sul principio del trattamento termico in continuo del prodotto sfuso seguito dal confezionamento in ambiente sterile in contenitori sterilizzati a parte o puliti nel caso di alimenti a breve shelf-life (latte pastorizzato) o con acidità elevata

- E’ recente (anni ’20) ed ha numerosi vantaggi pratici ed economici → ampia diffusione

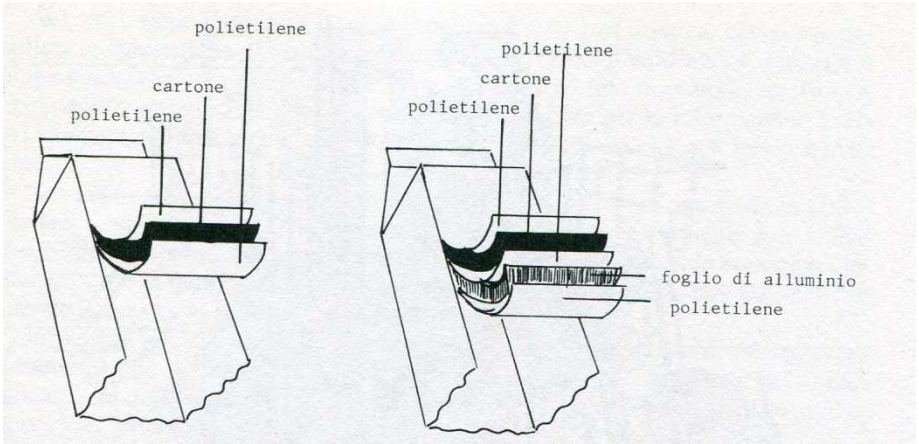
Appertizzazione	Confezionamento asettico
riempimento e chiusura dei contenitori in ambiente non sterile sterilizzazione del recipiente con l'alimento riscaldamento lento consumo energetico elevato perdite notevoli di componenti variazioni sensoriali elevate necessari contenitori robusti, pesanti ma di capacità limitata costi elevati di trasporto e distribuzione impianti semplici conservazione molto lunga anche a T ambiente trattamento anche di alimenti solidi o molto viscosi o con solidi	elevato numero di alimenti sterilizzabili shelf-life elevata danni termici limitati processo termico indipendente dal contenitore finale uso di contenitori leggeri, flessibili, economici, con volumi anche elevati costi ridoti di trasporto e distribuzione minori interazioni fra alimento e contenitore si possono sterilizzare singolarmente i componenti che vengono uniti solo al confezionamento maggiore automazione minori perdite di componenti minore consumo energetico tecnica "delicata" problemi di sicurezza temperature elevate che possono innescare reazioni difficoltà con solidi, pastosi o pezzi grandi

Confezionamento asettico - Contenitori

❖ contenitori per semilavorati (sacchi plastici di capacità notevole con supporti rigidi e valvole - bag in box)

❖ contenitori per prodotti di consumo diretto:

- recipienti in plastica termoformati (dessert, dolci ecc.)
- recipienti in metallo
- contenitori flessibili in triplice strato
  - sistema della bobina (Tetra-Pak)
  - contenitore preformato



LIQUID

Miller
Lite

DIALMA
MALBECH
5 litri
5 litri

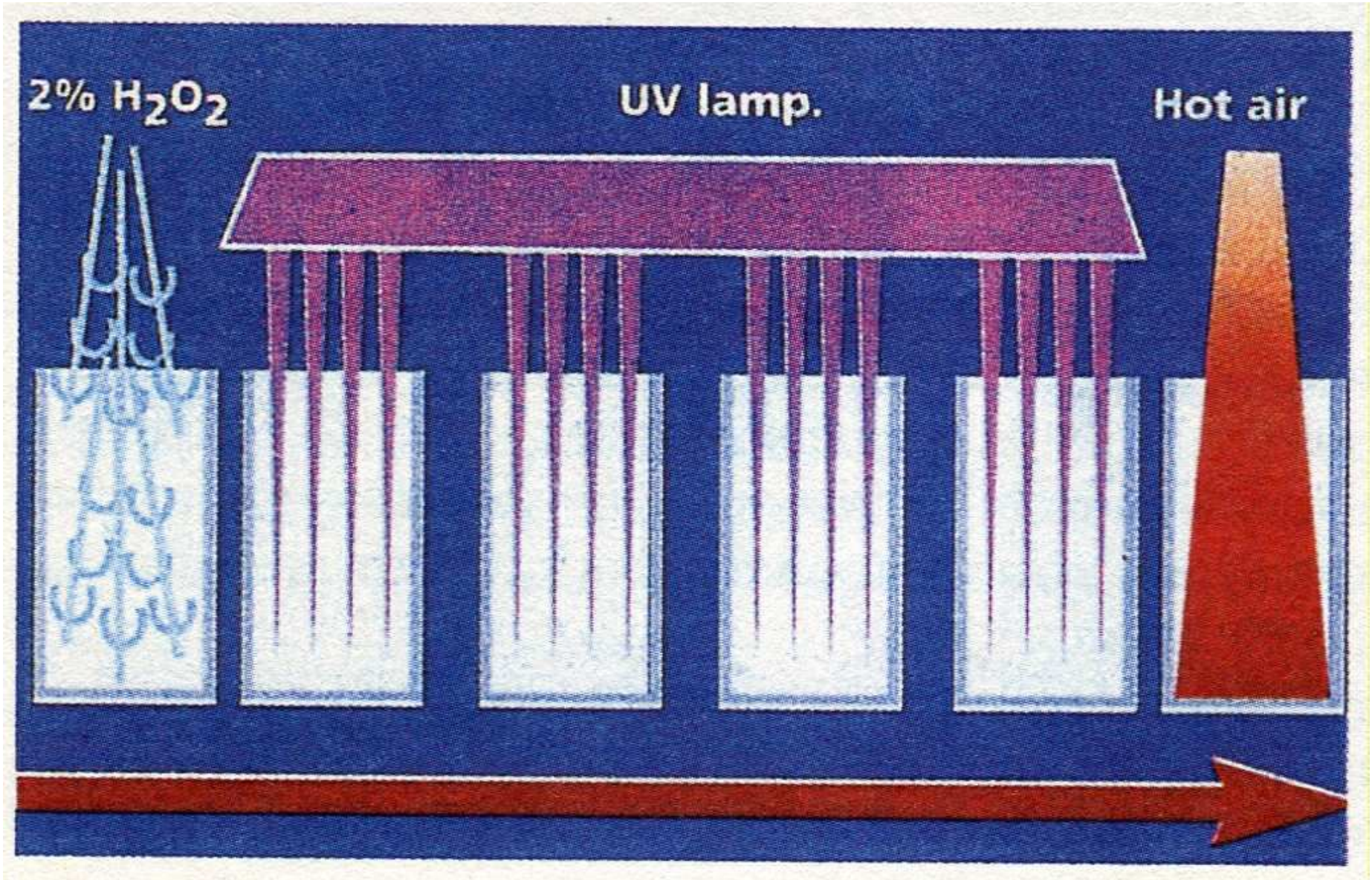
Cas 36

Cas 37

Cas 38

Sterilizzazione contenitori

Calore	▪ vapore saturo ▪ aria calda ▪ calore di estrusione ▪ raggi infrarossi	▪ metallico ▪ composito ▪ plastico ▪ vetro ▪ plastico o composito
Germicidi chimici	▪ H_2O_2 ▪ etanolo ▪ iodofori ▪ ossido etilene	▪ plastico o composito ▪ plastico ▪ metallico ▪ metallico e vetro
Radiazioni	▪ UV ▪ raggi γ ▪ raggi β	▪ plastico


2% H_2O_2
UV lamp.
Hot air

Modalità del trattamento termico

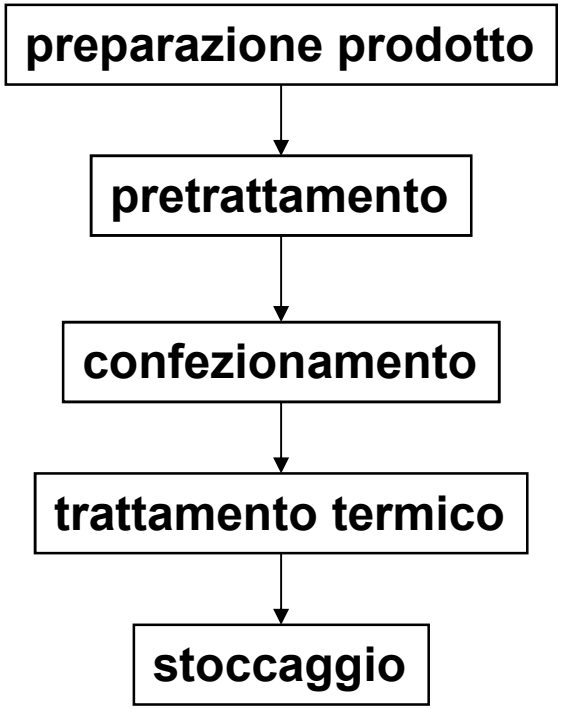
- **Prodotto sfuso**
  - **Pastorizzazione HTST - sterilizzazione UHT**
    - ✓ Scambiatori di calore a piastre o tubolari
  - **Sterilizzazione UHT**
    - ✓ Scambiatori di calore a piastre o tubolari (sistema indiretto)
    - ✓ Iniezione di vapore nel latte (sistema diretto)
    - ✓ Infusione del latte nel vapore (sistema diretto)
    - ✓ Sistema ATAD (sistema diretto)

- **Prodotto confezionato (solo sterilizzazione)**
  - ✓ Fissi (contenitori fissi in cestelli in autoclavi; 110-115 °C per 30 minuti; imbrunimenti)
  - ✓ Mobili (contenitori in movimento per rotazione dell'autoclave o rotazione dei cestelli)
  - ✓ Per scatole di metallo (rapidi; contenitori in rotazione; 117 °C per 12 min)
  - ✓ Idrostatici a torre

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)

- Nacque agli inizi del secolo XIX grazie ad un cuoco francese Francois Appert che scaldava gli alimenti racchiusi in contenitori di vetro per evitarne il deterioramento
- Il metodo venne poi perfezionato con l'introduzione dell'autoclave che consente di raggiungere temperature superiori ai 100 °C e quindi la sterilizzazione
- Attualmente molto utilizzato per la conservazione di alimenti vegetali, animali e pietanze
- La buona riuscita dipende da:
  - qualità delle materie prime
  - igiene delle materie
  - igiene degli impianti
  - corretti trattamenti delle materie prime
  - perfetta sterilizzazione

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)



Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)

preparazione prodotto

↓

pretrattamento

↓

confezionamento

↓

trattamento termico

↓

stoccaggio

Le condizioni dipendono da molti fattori:

• per alimenti con pH < 4.5 (frutta, pelati, passato ecc.) si usano 90-100 °C per tempi variabili in funzione delle dimensioni e dell'impianto

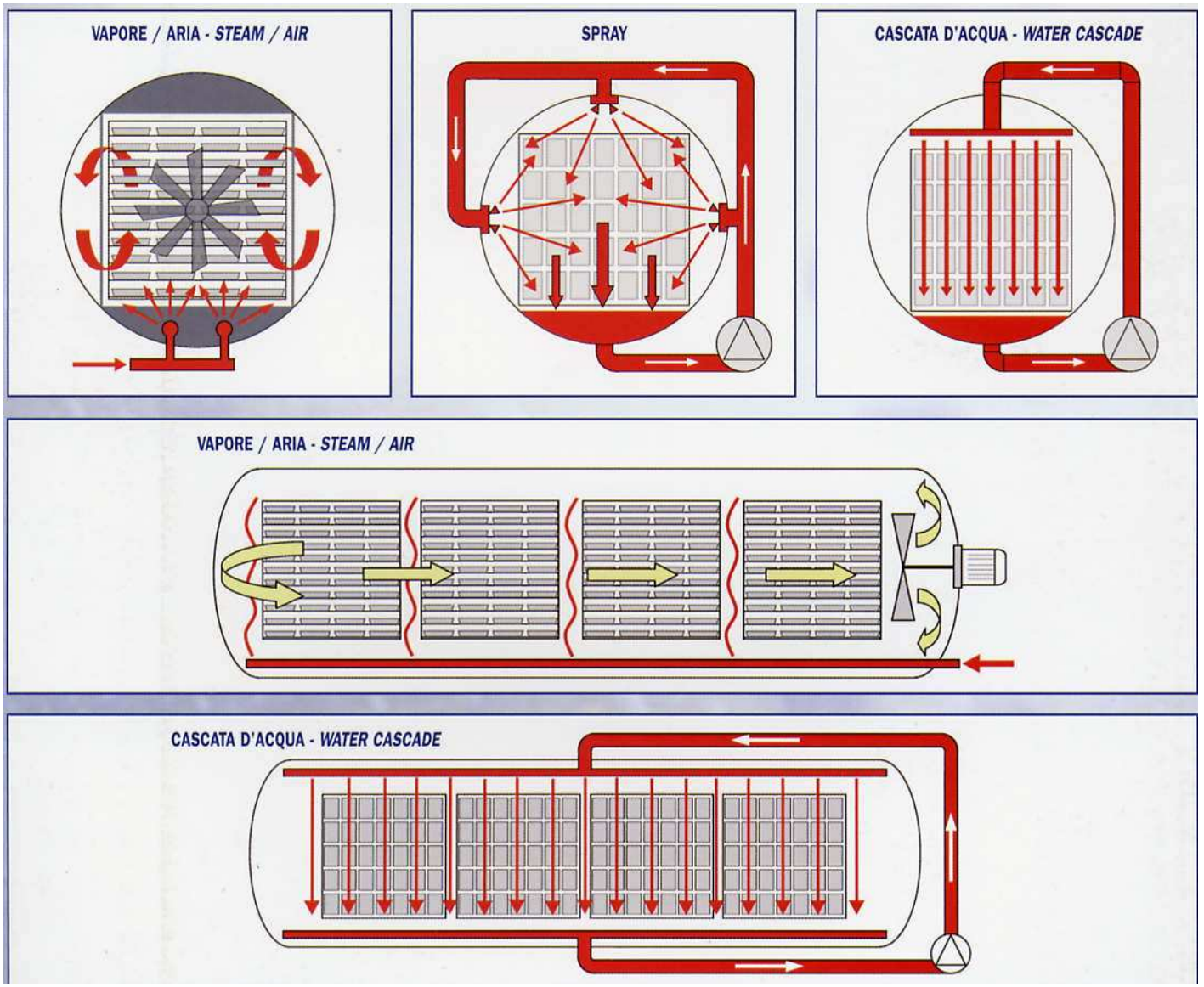
• per alimenti con pH > 4.5 (ortaggi, carne, pesce, latte ecc.) si usano 100-120 °C per tempi variabili in funzione delle dimensioni e dell'impianto

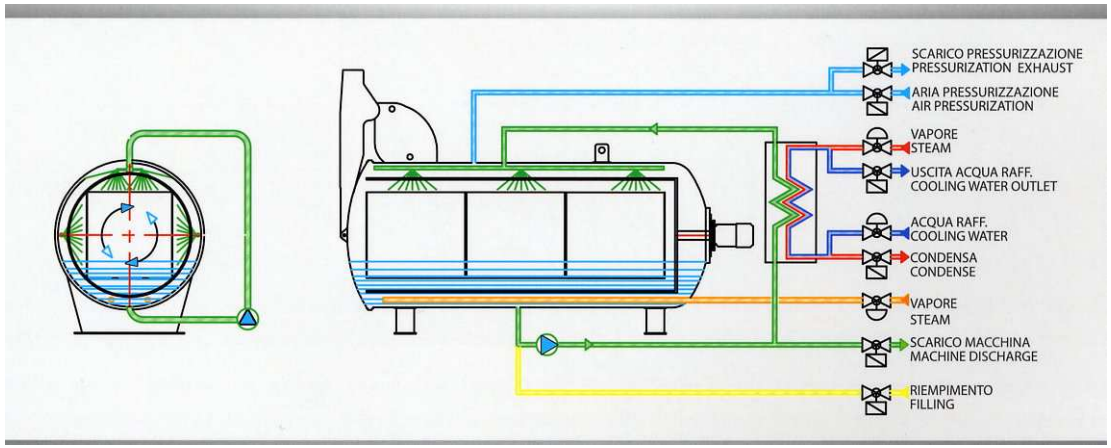
Bacinelle

(non se pH>4.5)

Autoclavi

op
op


VAPORE / ARIA - STEAM / AIR
SPRAY
CASCATA D'ACQUA - WATER CASCADE
VAPORE / ARIA - STEAM / AIR
CASCATA D'ACQUA - WATER CASCADE


SCARICO PRESSURIZZAZIONE
PRESSURIZATION EXHAUST
ARIA PRESSURIZZAZIONE
AIR PRESSURIZATION
VAPORE
STEAM
USCITA ACQUA RAFF.
COOLING WATER OUTLET
ACQUA RAFF.
COOLING WATER
CONDENSA
CONDENSE
VAPORE
STEAM
SCARICO MACCHINA
MACHINE DISCHARGE
RIEMPIMENTO
FILLING

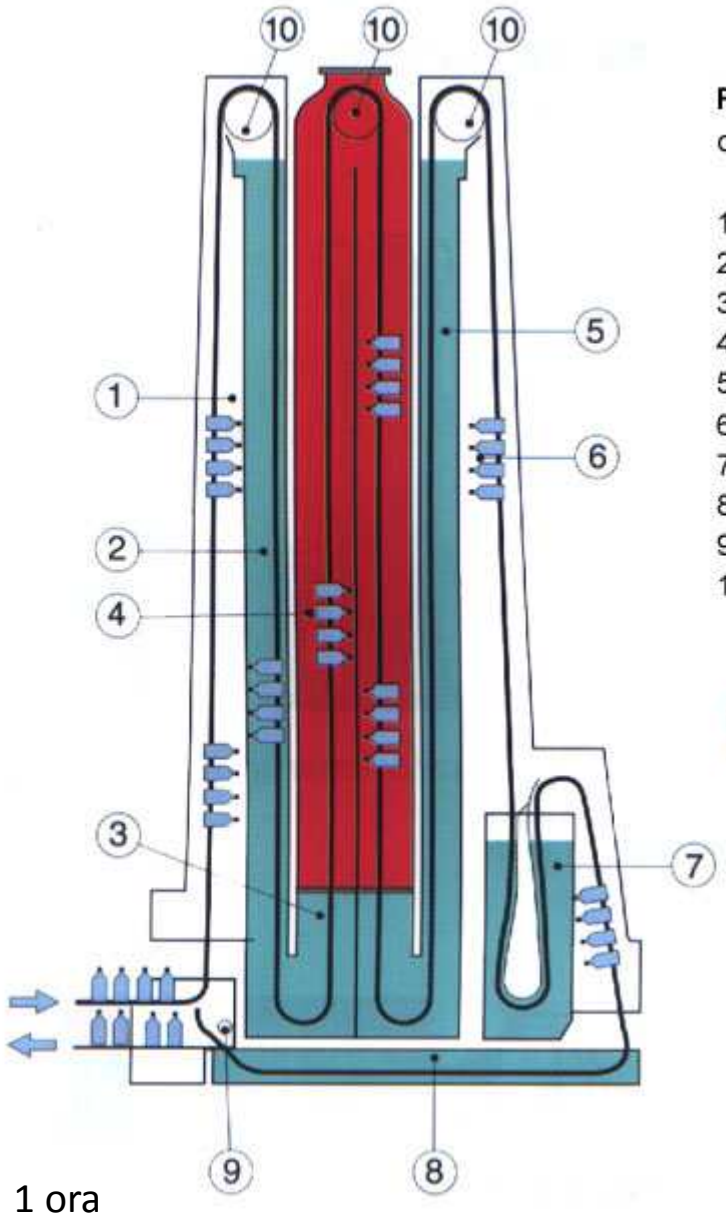
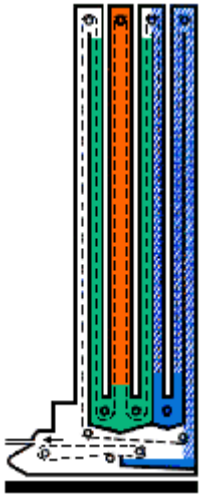
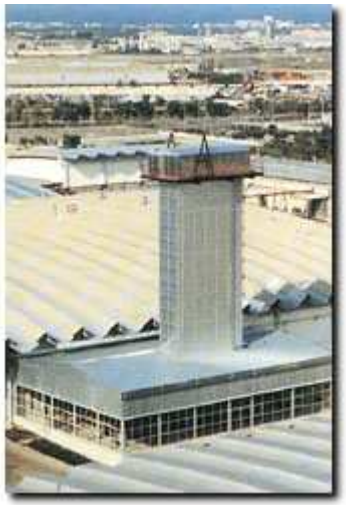


Fig. 9.10 Hydrostatic vertical continuous bottle sterilzer.

1 1st heating stage
2 Water seal and 2nd heating stage
3 3rd heating stage
4 Sterilization section
5 1st cooling stage
6 2nd cooling stage
7 3rd cooling stage
8 4th cooling stage
9 Final cooling stage
10 Upper shafts and wheels, individually driven

Steam
Cooling water





- ✓ Tempo circa 1 ora
- ✓ Capacità circa 16.000 bott/ora

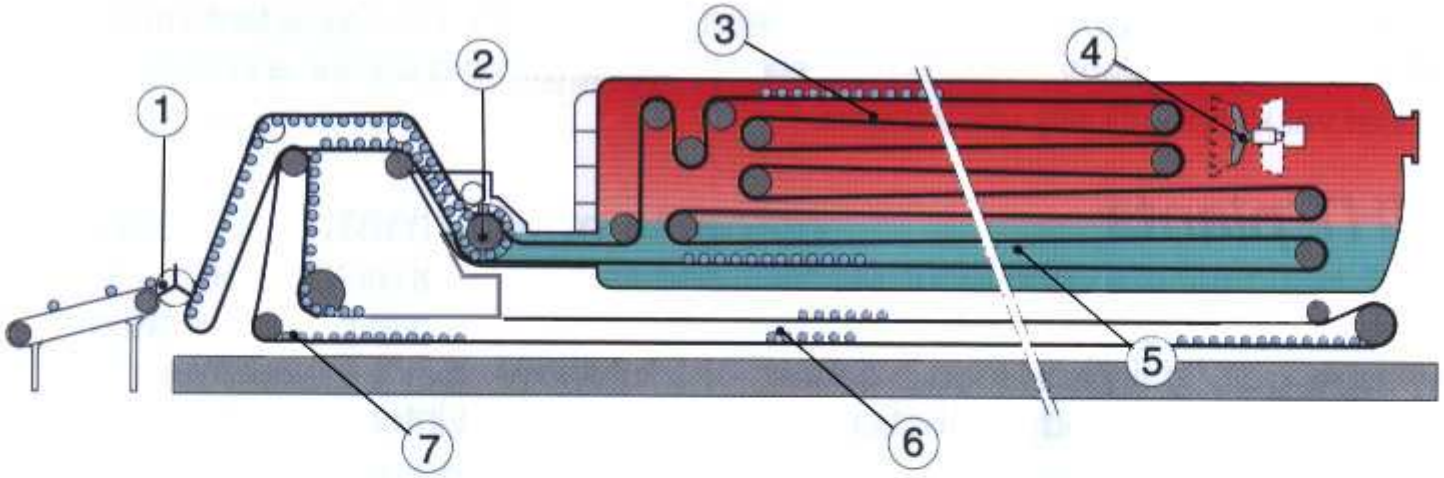
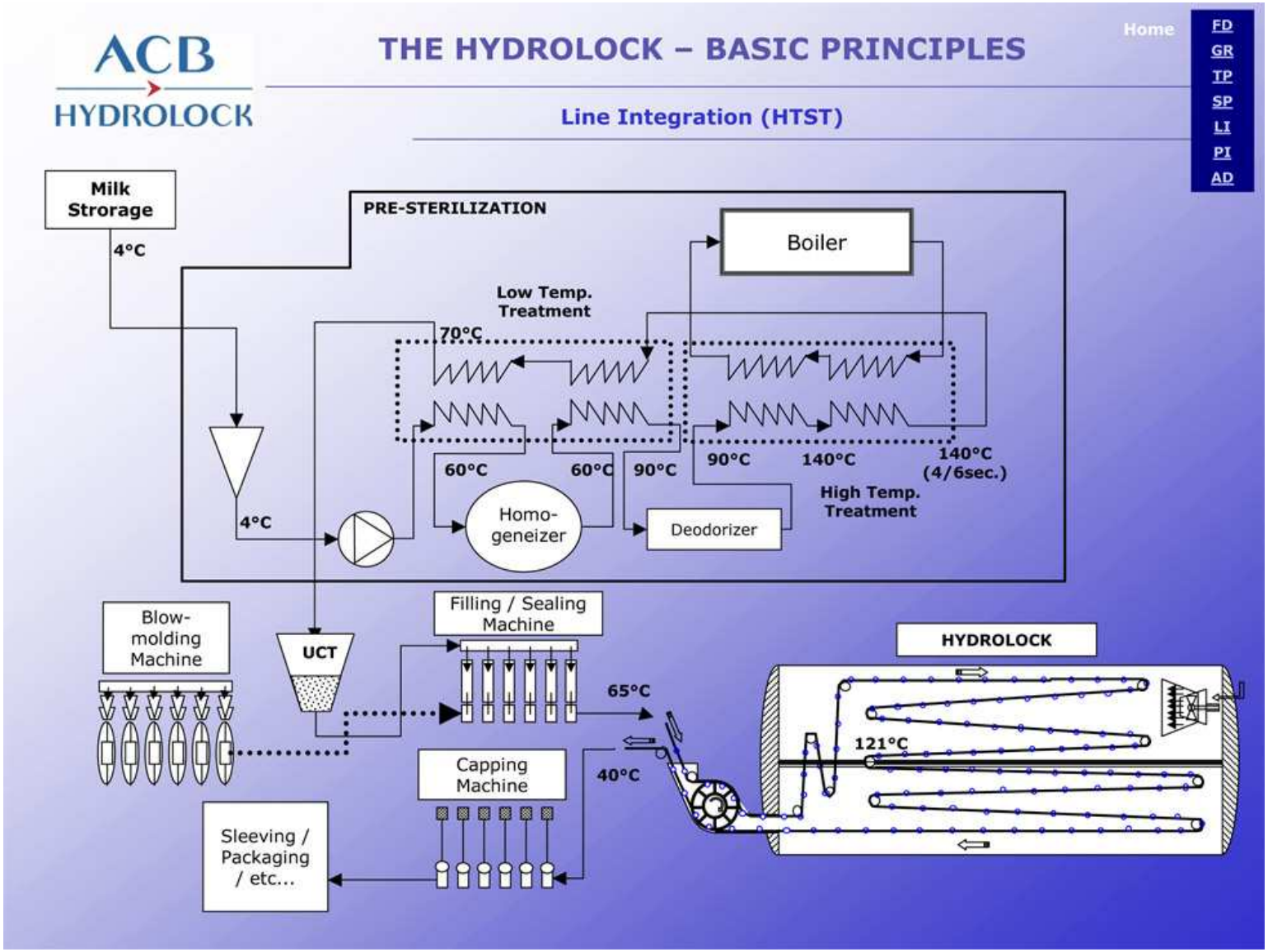


Fig. 9.11 Horizontal sterilizer with rotary valve seal and positive pressurization (steam/air mixture) facility.

1 Automatic loading of bottles or cans
2 Rotating valve simultaneously transports bottles into and out of pressure chamber
3 Sterilization area
4 Ventilation fan
5 Pre-cooling area
6 Final cooling at atmospheric pressure
7 Unloading from conveyor chain

Steam
Cooling water

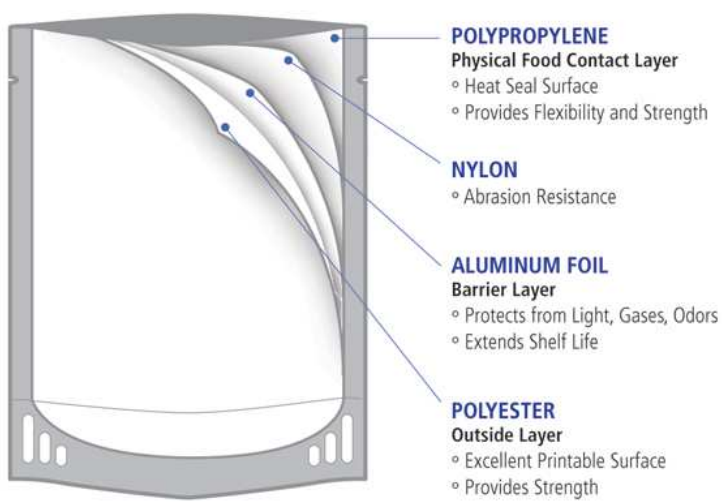
- ✓ Tempo circa 30-40 min
- ✓ Capacità circa 12.000 bott/ora


ACB
HYDROLOCK
THE HYDROLOCK – BASIC PRINCIPLES
Home
FD
GR
TP
SP
LI
PI
AD
Line Integration (HTST)
Milk Strorage
4°C
PRE-STERILIZATION
Boiler
Low Temp. Treatment
70°C
60°C
60°C
90°C
90°C
140°C
140°C (4/6sec.)
High Temp. Treatment
4°C
Homo-geneizer
Deodorizer
Blow-molding Machine
UCT
Filling / Sealing Machine
65°C
Capping Machine
40°C
Sleeving / Packaging / etc...
HYDROLOCK
121°C

FACOLTÀ di AGRARIA
I CAMPI DELLA SCIENZA

"Retort pouch" → busta flessibile sterilizzabile

- Il prodotto è posto in una busta flessibile con tre strati
  - ✓ polipropilene interno → inerte e termostabile
  - ✓ alluminio → barriera a luce, aria ed umidità
  - ✓ poliestere esterno → resistenza meccanica e stampabile
- Riempimento, sigillatura sottovuoto, sterilizzazione
- Tempi di sterilizzazione di 1/3 o 1/2 rispetto alla banda stagnata di uguale volume



Vantaggi

• riduzione peso e volume → minimo ingombro, riduzione spese di trasporto e confezioni più maneggevoli

• ampio numero di formati

• facilità apertura ed esposizione sui banchi di vendita

• eliminazione liquido di governo → ridotta diffusione dei nutrienti nel liquido

• possibilità di riscaldamento diretto del prodotto da parte del consumatore (piatti pronti, precotti)

• utilizzabile per grandi formati

Svantaggi

• lo spessore della busta influenza i tempi di sterilizzazione

• possibile presenza di gas residui nello spazio di testa → imbrunimento

• dimensionamento della busta fondamentale → rottura busta se eccessivo

Latte
Depurazione fisica
Titolazione grasso
Omogeneizzazione
Pastorizzazione 72-75 °C, 15-20 s
Confezionamento
Latte pastorizzato

Latte
Depurazione fisica
Titolazione grasso
Omogeneizzazione
Sterilizzazione indiretta 135-150 °C, 3-10 s
Confezionamento
Latte UHT

Latte
Depurazione fisica
Titolazione grasso
Sterilizzazione diretta 135-150 °C, 3-10 s
Omogeneizzazione
Confezionamento
Latte UHT

Latte
Depurazione fisica
Titolazione grasso
Omogeneizzazione
Sterilizzazione indiretta 135-150 °C, 3-10 s
Confezionamento
Sterilizzazione in contenitore 110-120 °C, 15-20 min
Latte sterile

Latte
Depurazione fisica
Titolazione grasso
Sterilizzazione diretta 135-150 °C, 3-10 s
Omogeneizzazione
Confezionamento
Sterilizzazione in contenitore 110-120 °C, 15-20 min
Latte sterile

Modifiche indotte dal trattamento termico

Componenti	Modifiche	Conseguenze
Lattosio	Decomposizione con formazione acidi organici	Effetto sulla crescita batterica Abbassamento pH Caramellizzazione
Lattosio + proteine	Reazione di Maillard	Imbrunimento Formazione composti riducenti Diminuzione valore nutritivo
Sieroproteine	Denat.ne, comparsa gruppi S-H attivi e liberi	Gusto di cotto Flocculazione
Sieroproteine + caseina	Form.ne ammoniaca Form.ne complessi k – β lattoglobulina Conc. ne e insol.ne all'interfaccia liquido/aria	Formazione "pelle"del latte Effetti sul sapore
Caseina	Degr.ne molecole Modif.ne stato micellare	Floccul.ne caseaina Gelific.ne latte

Contenuto in azoto delle proteine del siero

Nessun trattamento	95.5%
Pastorizzazione	80.8%
UHT diretto	38.8%
UHT indiretto	27.6%
Sterilizzazione in bottiglia	21.9%

Componenti	Modifiche	Conseguenze
Minerali	Spostamento equilibrio Ca-P solub/insolub Modif.ne micella caseina	Insolub.ne Sali Ca Abbassamento pH Instabilità caseina
Grasso	Idrolisi Formazione lattoni	Liberazione acidi grassi Odori sgradevoli
Vitamine	Distruzione vit. D, C, B1, B12	Dimin.ne valore nutritivo
Enzimi	Inattiv.ne parziale o totale	Dimin.ne valore nutritivo Controllo pastorizzazione Disattivazione lipasi (no idrolisi grassi)
Gas	Perdita gas e CO_2	Leggero innalzamento pH Innalzamento punto crioscopico

Effetti sterilizzazione - Vitamine

- le vitamine risentono delle alte temperature
  - le liposolubili sono termostabili ma sensibili all'ossidazione → operare sottovuoto
  - le idrosolubili hanno comportamenti variabili ma in genere si hanno perdite maggiori con la LTLT che con HTST
    - si perde tiamina (50-75%) e ac. pantotenico (20-35%)
    - le perdite di vit. C dipendono dai trattamenti preliminari
    - la vit. B2 resiste alle alte T ma sia altera alla luce

	Valore biologico proteine	Contenuto vitaminico (yg/g)					
		Tiamina	Riboflavina	Acido pantotenico	Acido nicotinico	Biotina	B12
Crudo	92	0.46	1.6	2.6	0.72	0.019	3.2
Pastorizzato	92	0.44	1.6	2.6	0.71	0.018	3
Sterilizzato UHT	93	0.44	1.5	2.6	0.73	0.017	2.7
Sterilizzato in bottiglia	88	0.3	1.5	2.5	0.75	0.018	0.06

Effetti sterilizzazione - Lattoso

- Il lattoso a T>110 °C perde acqua di cristallizzazione, con T>150 °C ingiallisce, con T>175 imbrunisce e caramellizza

- A T di 90-100 °C perde 3 molecole di acqua, forma idrossimetilfurfurolo e produce acido formico e acido levulonico → odore acido e sapore amaro → favoriscono crescita batterica

- Si può formare lattulosio (fruttosio + glucosio)

- Reagisce con le sostanze azotate → reazioni di Maillard

Fouling

- Nei trattamenti termici è importante la formazione dei depositi ("fouling") → l'80% dei costi operativi è legato al fouling
- Si depositano sali e proteine → diminuzione del coefficiente di trasferimento termico; aumento della sovrapressione, perdita di prodotto; aumento dei costi di pulizia ed i depurazione
- Esiste un deposito proteico (soffice, si forma fra 75°C e 115°C) ed un deposito minerale (duro, si forma sopra 110 °C)
- I motivi del deposito non sono noti → correlato all'età del latte ed alla stagione
- E' sicuramente correlato alla β-lattoglobulina → sino a circa 115 °C il fouling è legato alla presenza di β-lattoglobulina denaturata che è in grado di aggregarsi con altre proteine od essere adsorbita sulla superficie
- Fattori che influenzano il fouling sono:
  - ✓ calcio → la solubilità del calcio fosfato diminuisce con il riscaldamento; il calcio destabilizza le proteine
  - ✓ pH → la diminuzione aumenta il fouling → precipitano le proteine
  - ✓ aria → la solubilità diminuisce aumentando la temperatura; le bolicine alla superficie fungno da punti di aggregazione
  - ✓ età latte → enzimi prodotti da batteri psicrotrofi aumentano il fouling
  - ✓ stagione → variazioni di composizione
  - ✓ rivestimento → è influenzata la forza di adesione non la quantità di deposito quindi il tempo di pulizia
- Per ridurre il fouling:
  - ✓ ottimizzare i profili tempo/temperatura
  - ✓ diminuire le temperature delle superfici
  - ✓ aumentare la velocità del prodotto (>2 ms^{-1})

Adesione batterica

- Con T<80 °C è possibile l'adesione di batteri alle superfici calde → inquinamento → *S. termophilus*
- L'adesione è legata a forze WdW, interazioni elettrostatiche, condizioni idrodinamiche, interazione fra le cellule, produzione di sostanze aderenti

Aumento attività

- Utilizzare superfici metalliche più lisce → diminuisce il fouling
- Rimuovere i componenti che provocano il fouling e trattarli separatamente (filtrazione + termico) → non semplice con le sieroproteine
- Aumentare le velocità di flusso
- Integrare le tecniche → campi elettrici pulsati + termico ; alte pressioni + termico

(L 169/89 - DPR 54/97) Il **latte pastorizzato** deve:

- essere ottenuto mediante un trattamento che comporti un'elevata temperatura per un breve periodo di tempo (almeno 71,7 °C per 15 sec o qualsiasi altra combinazione equivalente) o mediante un trattamento di pastorizzazione che impieghi diverse combinazioni di tempo e temperatura raggiungendo un effetto equivalente;

- presentare una reazione negativa alla prova della fosfatasi e positiva alla prova della perossidasi. È tuttavia autorizzata la fabbricazione di latte pastorizzato che presenti una reazione negativa della prova di perossidasi a condizione che sulle confezioni figuri una indicazione del tipo ***pastorizzato a temperatura elevata***;

- un contenuto in sieroproteine solubili non denaturate non inferiore all'11% delle proteine totali

(L 169/89) Viene definito **'latte fresco pastorizzato'** il latte che perviene crudo allo stabilimento di confezionamento e che ivi sottoposto a un solo trattamento termico entro 48 ore dalla mungitura presenti al consumo:

- prova della fosfatasi alcalina negativa
- un contenuto in sieroproteine solubili non denaturate non inferiore al 14% delle proteine totali
- prova della perossidasi positiva

(L 169/89) Il 'latte fresco pastorizzato' può essere definito **'latte fresco pastorizzato di alta qualità'** qualora venga ottenuto da latte crudo proveniente direttamente dalle stalle ovvero da centri di raccolta cooperativi o consortili avente le caratteristiche igieniche e di composizione stabilite con particolare riferimento al contenuto di proteine, grasso, di carica batterica totale e di numero di cellule somatiche con decreto del Ministro della Sanità ... e presenti al consumo un contenuto in sieroproteine solubili non denaturate non inferiore al 15,50% delle proteine totali.
Può essere messo in commercio solo nel tipo intero e con un contenuto in materia grassa non inferiore al 3,5

Il latte crudo per poter essere utilizzato per la produzione di **latte fresco pastorizzato di alta qualità** deve rispondere almeno ai seguenti requisiti:

- materia grassa non inferiore al 3,5%
- materia proteica non inferiore a 32 g/L
- tenore in germi a +30°C per mL non superiore a 100.000
- tenore in cellule somatiche per mL non superiore a 300.000
- contenuto in acido lattico non superiore a 30 ppm

(169/89) Il latte sottoposto a trattamento di sterilizzazione viene definito:

- **'latte sterilizzato a lunga conservazione'** quando ha subito un trattamento termico finale di sterilizzazione in contenitore sigillato. Esso deve riportare sul contenitore il termine di conservazione, indicato con la menzione 'da consumarsi preferibilmente entro ..' seguito dalla data riferita al giorno, al mese e all'anno con data di riferimento di 180 giorni dal confezionamento
- **'latte UHT a lunga conservazione'** trattato a ultra alta temperatura, quando ha subito un trattamento termico di sterilizzazione in flusso continuo seguito da confezionamento asettico che ne consente una conservazione prolungata nel tempo. Il termine di conservazione va indicato sul contenitore con la medesima menzione prevista per il latte sterilizzato a lunga conservazione con data di riferimento di 90 giorni dal confezionamento

(DPR 54/97) Il latte **UHT** deve:

- ➲ essere ottenuto mediante applicazione al latte crudo di un procedimento di riscaldamento continuo ad almeno +135 °C per non meno di un secondo in modo da inattivare i microrganismi e le spore e confezionato in recipienti opachi o resi tali dall'imballaggio e asettici in modo tale che le variazioni chimiche, fisiche e organolettiche siano ridotte al minimo

(DPR 54/97) Il latte **sterilizzato** deve:

- ➲ essere riscaldato e sterilizzato in confezioni o recipienti ermeticamente chiusi; il dispositivo di chiusura deve rimanere intatto.

(DPR 54/97) Il latte pastorizzato a temperatura elevata, il latte UHT e il latte sterilizzato possono essere prodotti a partire da latte crudo che abbia subito una termizzazione od un primo trattamento termico in altro stabilimento. In questo caso il "tempo-temperatura" deve essere inferiore o pari a quello utilizzato per la pastorizzazione ed il latte deve presentare una reazione positiva alla prova della perossidasi prima del secondo trattamento.

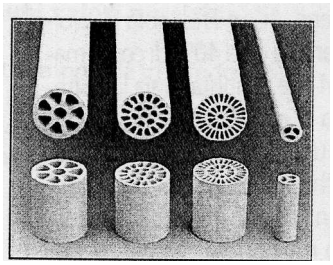
Latte in commercio

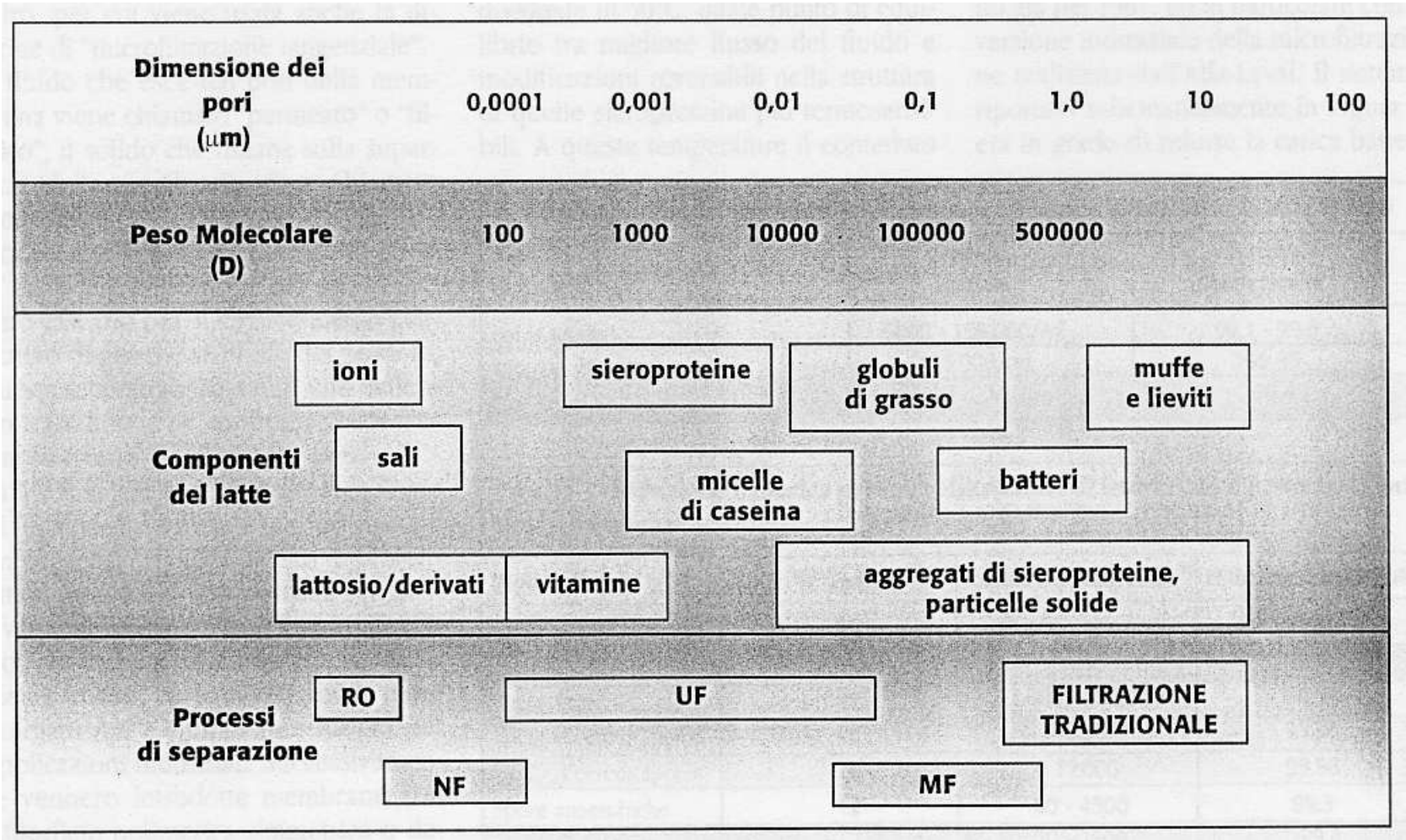
- Crudo
- Trattato
  - Termicamente
    - Pastorizzato
    - Pastorizzato ad alta temperatura
    - Fresco pastorizzato
    - Fresco pastorizzato di alta qualità
    - Sterilizzato
    - UHT
  - Microfiltrazione

(DM MIPAF 17/6/2002)

1) Ai sensi del presente decreto di definisce **microfiltrazione** la tecnica di filtrazione condotta su elementi filtranti esenti da cessioni ed aventi pori con luce media da 1.2 a 2 μm con applicazione di pressione transmembranarie comprese tra 1 e 1.2 bar.

2) Fatti salvi i requisiti previsti dalla normativa vigente per il latte crudo destinato alla fabbricazione di latte alimentare trattato termicamente, è autorizzato il trattamento della microfiltrazione nel corso del processo di produzione del latte alimentare definito dall'art.4 comma 1 della legge n. 169/89. Detto processo di produzione deve rispettare le previsioni ed i limiti della vigente normativa in materia di unico trattamento termico




Dimensione dei pori (μm)
0,0001
0,001
0,01
0,1
1,0
10
100
Peso Molecolare (D)
100
1000
10000
100000
500000
Componenti del latte
ioni
sieroproteine
globuli di grasso
muffe e lieviti
sali
micelle di caseina
batteri
lattosio/derivati
vitamine
aggregati di sieroproteine, particelle solide
Processi di separazione
RO
UF
FILTRAZIONE TRADIZIONALE
NF
MF

- In microfiltrazione il flusso di permeato è modellizzato come un semplice processo di setacciatura in termini di flusso attraverso un fascio di capillari in accordo alla equazione di Hagen-Poiseuille

$$J = \frac{d^2 \Delta P \pi}{32 \mu L}$$

dove
J : flusso per unità di area della membrana
d : diametro pori
μ : viscosità dinamica
L : lunghezza capillari (spessore membrana)

- In realtà i capillari non sono lineari, vi è polarizzazione e fouling quindi la formula è teorica
- In pratica si utilizza:

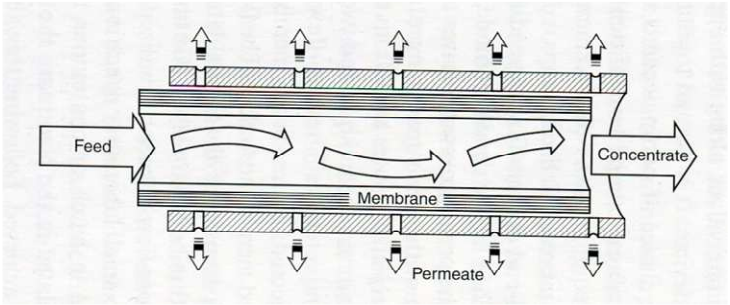
$$J_v = \frac{V_p}{A * t}$$

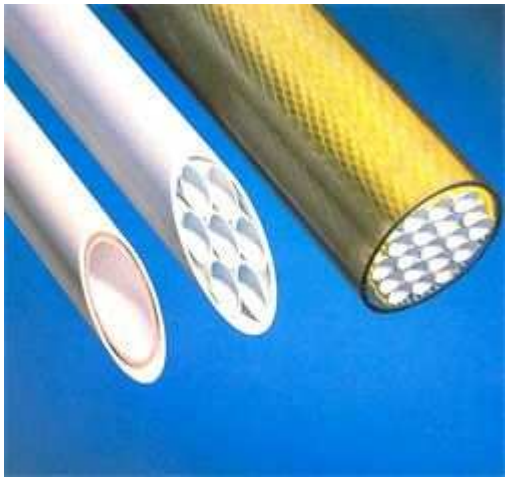
dove
J_v : flusso di permeato in litri per m^2 per ora
V_p : volume permeato
A : area membrana (m^2)
t : tempo per ottenere V_p

- ✓ Le membrane si dividono in :
  - microporose
    - omogenee (isotropiche) : struttura dei pori omogenea, perpendicolare alla superficie; la membrana è costituita da un materiale omogeneo; pori uguali in tutta la struttura
    - eterogenee (anisotropiche) : hanno una struttura eterogenea con un "film" sulla superficie che costituisce la membrana ed uno strato sottostante spesso ma con pori ampi con funzione di supporto della membrana
  - asimmetriche : simili alle eterogenee con due strutture
- ✓ I materiali utilizzati sono molti :
  - polimeri : poly-vinilidene fluoruro (PVDF); poly-propilene (PP); poly-etilene (PE); poly-carbonato (PC); acetato di cellulosa (CA); poly-sulfone (PSF); poly-eteresulfone (PES)
  - materiali ceramici : ossido di zirconio, allumina
- ✓ Acetato di cellulosa : molto utilizzato per membrane piane, poco flessibile; usato per film sottili (0.1-1 μm) supportati da un materiale poroso; costo basso ; di facile costruzione; molte porosità disponibili; opera in un range modesto di pH (2-8); opera a temperature basse (<40 °C); non resiste al cloro; molto biodegradabile
- ✓ Poly-sulfone : supera i problemi dell'acetato di cellulosa; opera ad alte T; opera in ampio range di pH; buona resistenza chimica; non sopporta le alte pressioni; è idrofobica e quindi è soggetta al fouling
- ✓ Membrane composite : formate da due materiali, una membrana ed un supporto; entrambi possono essere formati da un solo materiale o più materiali
- ✓ Membrane inorganiche : resistono in condizioni estreme , costi molto elevati; poche porosità disponibili

Le configurazioni delle membrane sono:

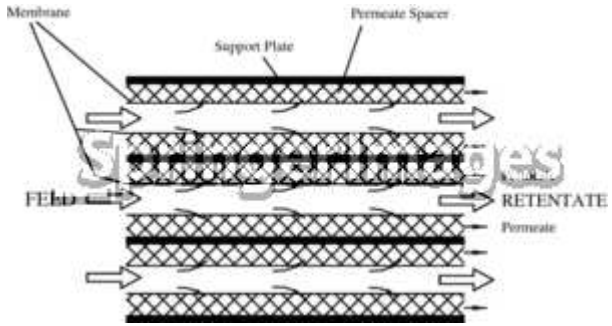
- tubulare (tubular) : la membrana è tubolare e supportata in un tubo in acciaio o plastica; facili da pulire; ottima regolazione flusso; occupano spazio; elevato volume morto

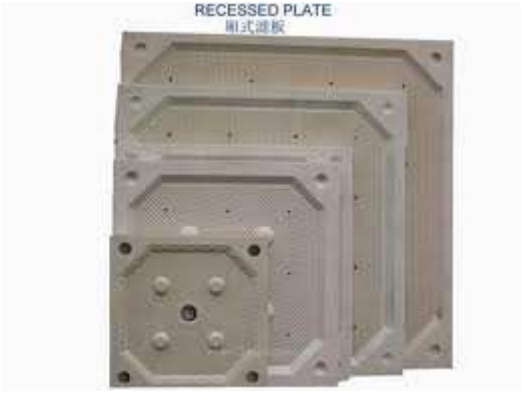


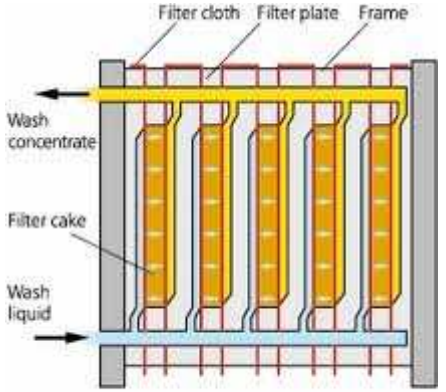


Le configurazioni delle membrane sono:

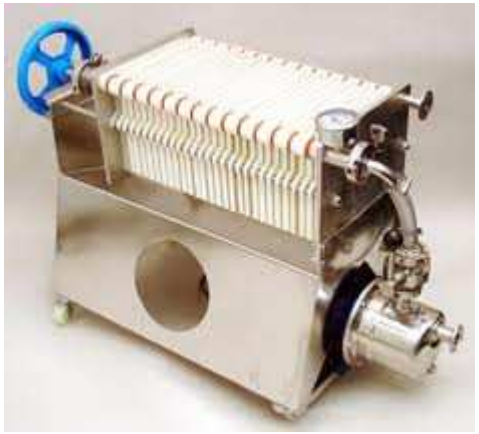
- piana (plate-and-frame) : la membrana è supportata formando una cavità; semplici da installare; elevata superficie; problemi di rottura della membrana





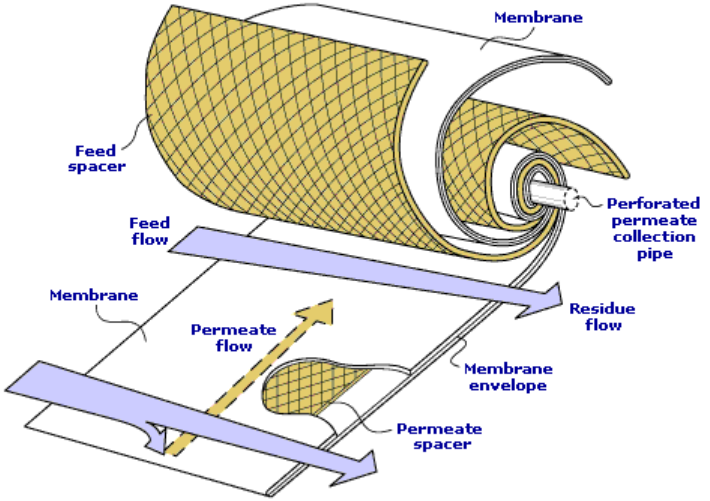


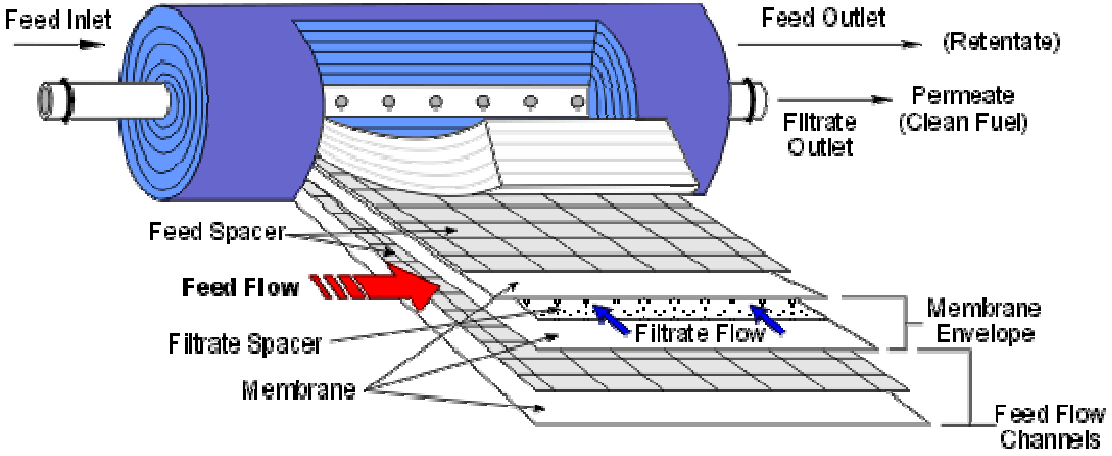
Filter cake washing in a plate and frame filter press

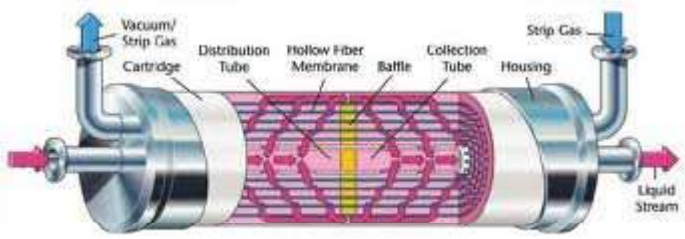


Le configurazioni delle membrane sono:

- spirale (spiral wound) : in pratica è una membrana piana arrotolata; la membrana è incollata su tre lati ed il quarto è fissato intorno ad un tubo perforato centrale; sono le membrane più compatte ed economiche; area molto ampia; basso volume morto; può occludersi facilmente

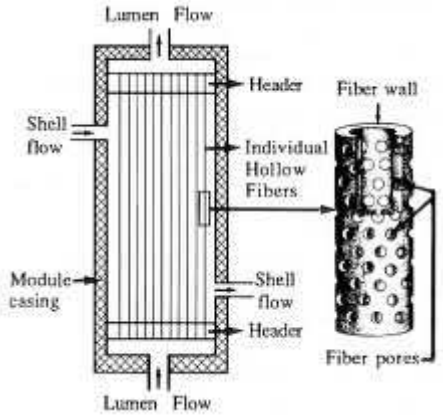






Le configurazioni delle membrane sono:

- cave (hollow fibre) : consiste di un numero molto elevato di membrane tubolari autoportanti; hanno la superficie più elevata per unità di volume; facili da pulire; costo elevato; basse pressioni



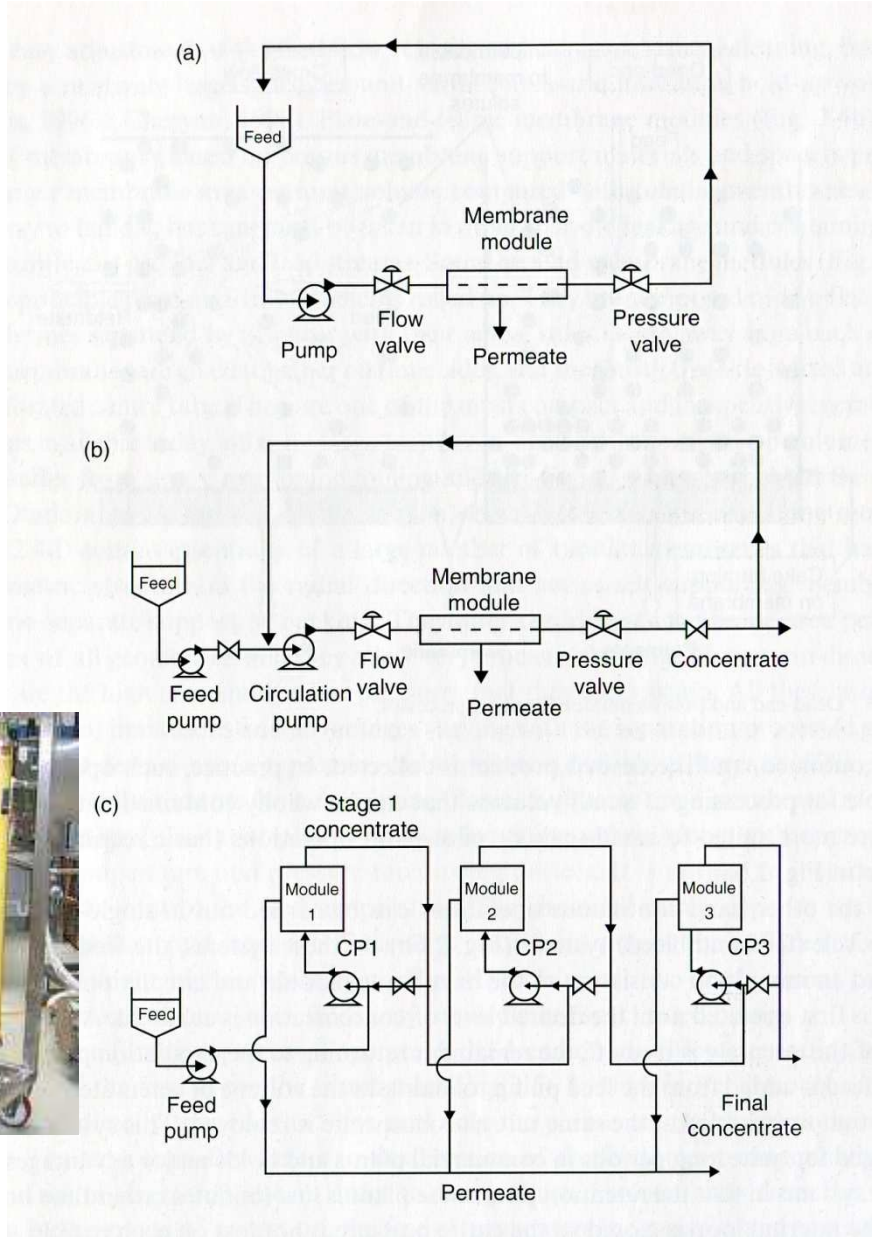
Caratteristiche dei materiali delle membrane

Materiale	Temperatura (°C)	pH	Cloro	Spirale	Cave	Tubulare	Piana
Polisulfone	80	0-14	M	X	X		X
Poliammide	80	0-14	M	X			X
Acetato di cellulosa	80	2-8	D	X	X		X
Ceramica	1000	0-14	E			X	
Carbone	1000	0-14	E			X	

D-debole, M-media; E-elevata

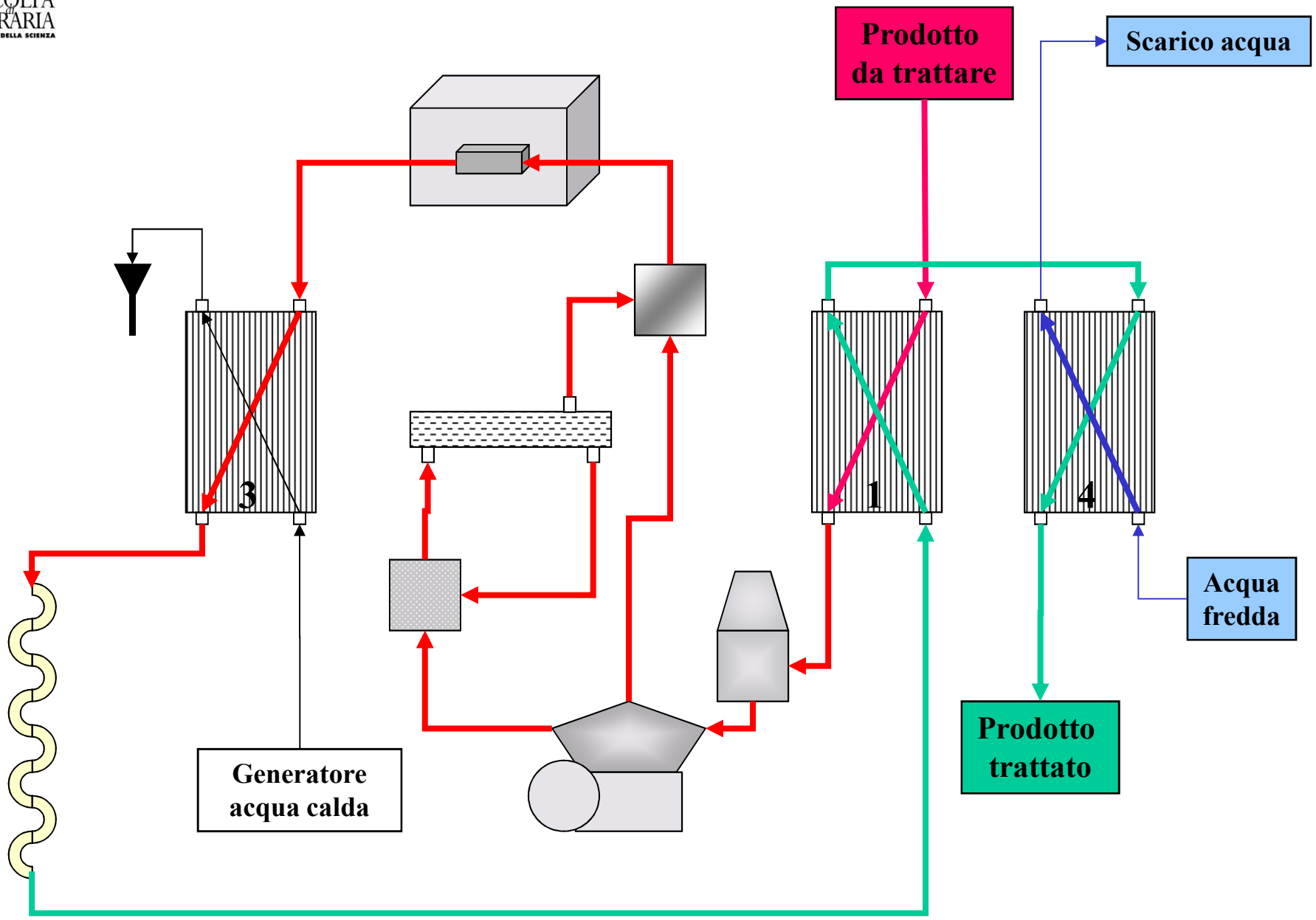
La microfiltrazione può essere :

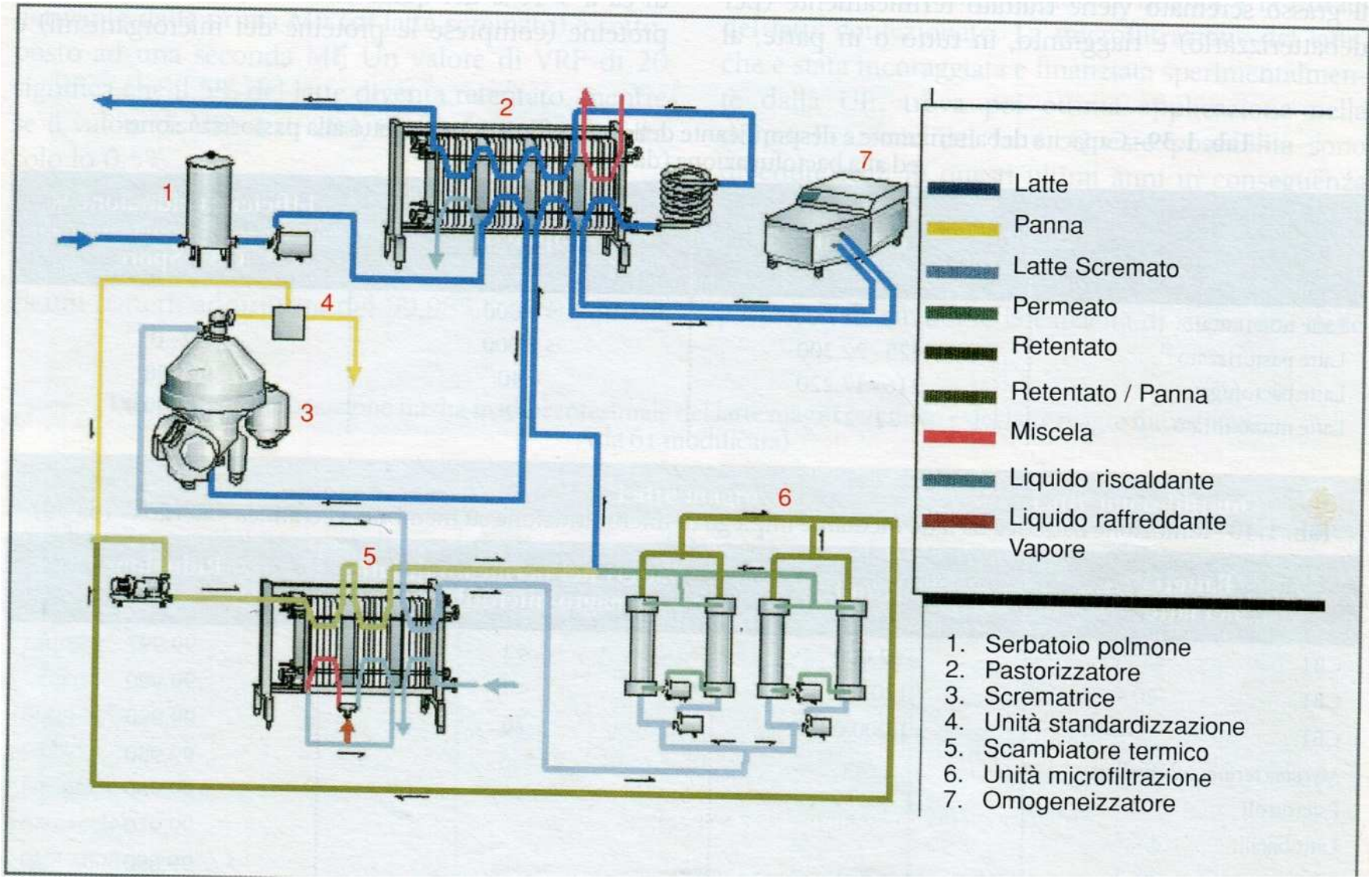
- discontinua (a)
- continua con riciclo interno (b)
- continua a multistadio (c)



Parametri di processo per la separazione a membrana

Caratteristiche idrauliche	Pressione transmembranaria (Ptm)	Ptm =(Pingresso+Puscita)/2 – Ppermeato
Caratteristiche idrodinamiche	Flusso permeazione (J)	Esprime il passaggio di permeazione per unità di superficie e tempo (L/mh)
	Flusso medio (Jm)	Flusso di permeato in regime stazionario
	Velocità riciclo (V)	Esprime la velocità (m/s) di passaggio sulla membrana. Si ottiene dividendo il retentato (m^3/h) per l'area della membrana (m^2)
Selettività	Cut-off (MWCO – molecular weight cut-off)	Valore della massa molecolare (Da) trattenuta al 90% dalla membrana
	Coefficiente di scarto (σ)	Esprime la ritenzione della membrana verso un soluto. E' dato da 1-Cp/Cr dove Cp e Cr sono la concentrazione del soluto nel permeato e nel retentato
Bilancio di materia	Fattore di concentrazione volumica (FCV)	Riduzione di volume ottenuto con la separazione su membrana
	Resa (R)	E' il rapporto fra la quantità di permeato e di materiale iniziale

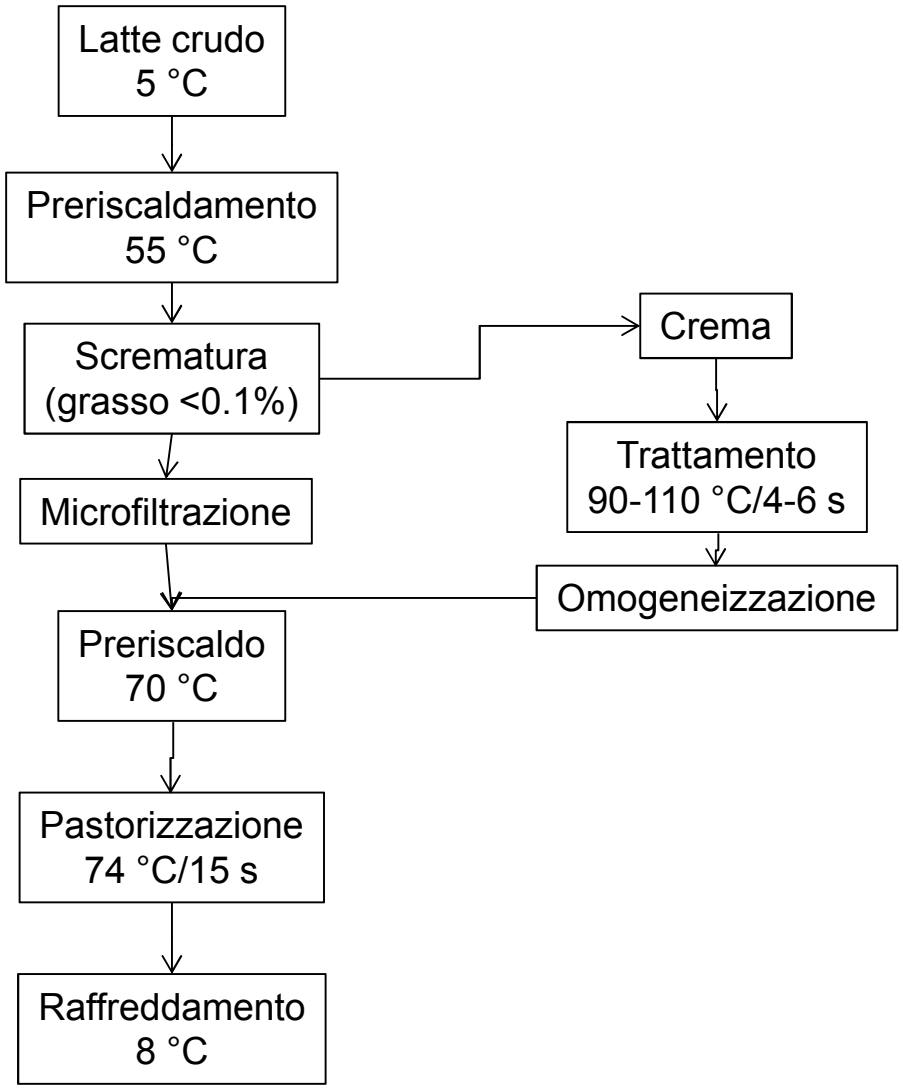

Prodotto da trattare
Scarico acqua
3
1
4
Acqua fredda
Generatore acqua calda
Prodotto trattato


1
2
3
4
5
6
7
Latte
Panna
Latte Scremato
Permeato
Retentato
Retentato / Panna
Miscela
Liquido riscaldante
Liquido raffreddante
Vapore
1. Serbatoio polmone
2. Pastorizzatore
3. Scrematrice
4. Unità standardizzazione
5. Scambiatore termico
6. Unità microfiltrazione
7. Omogeneizzatore

• I batteri ed il grasso hanno le stesse dimensioni → bisogna eliminare il grasso ed i batteri sono nel retentato

• Omogeneizzazione riduce le dimensioni del grasso → è possibile filtrare latte intero → il grasso va nel permeato

• Con MF e pastorizzazione si arriva al 99.99% di rimozione batterica



Latte ESL (Extended Shelf Life)

- Non esiste una definizione precisa di latte ESL benchè si intenda un latte a lunga conservazione, pastorizzato, da conservarsi in refrigerazione

- Vi fa parte il latte pastorizzato ad alta temperatura (80 °C, 10-20 s)

- L'impianto di pastorizzazione può essere abbinato ad un sistema di bactofugazione o di microfiltrazione

(DM MIPAF 24/7/2003)

1) La data di scadenza del 'latte fresco pastorizzato' e del 'latte fresco pastorizzato di alta qualità' … è determinata nel **sesto giorno** successivo a quello del trattamento termico → 6 + 1

(L 204/04)

….la data di scadenza del "latte fresco pastorizzato" e del "latte fresco pastorizzato di alta qualità" è determinata nel sesto giorno successivo a quello del trattamento termico, salvo che il produttore non indichi un termine inferiore.

Circolare 15/10/04 n. 169

… Gli altri tipi di latte (sterilizzato, UHT, microfiltrato, etc.) non soggiacciono a regole normative di durabilità. Le aziende interessate indicano la data di scadenza o il termine minimo di conservazione sotto la loro diretta responsabilità.

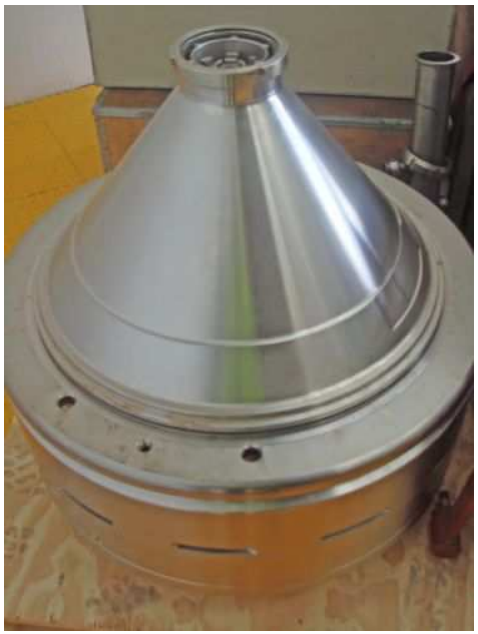
Tecnologie emergenti di sanitizzazione

- ✓ Termiche
  - ➢ Riscaldamento ohmico
  - ➢ Microonde
  - ➢ Radiofrequenza
  - ➢ Induzione termica

- ✓ Non termiche
  - ➢ Bactofugazione
  - ➢ Alte pressioni
  - ➢ Campi elettrici pulsati
  - ➢ Ultrasuoni
  - ➢ Luce pulsata
  - ➢ Ultravioletti
  - ➢ Ozono
  - ➢ Plasma freddo
  - ➢ Radiazioni
  - ➢ Anidride carbonica a fase densa

Bactofugazione

- Recente (sviluppato nel 1958) è una tecnica combinata (calore + centrifugazione ad alta velocità)
- Ottenuta con una centrifuga ad alta velocità (circa 10.000g) che determina una riduzione del 99.9% della carica → si opera a 55-65 °C → capacità 150-250 HL/h
- Ha azione soprattutto sulle spore
- Elimina le cellule → nessuna lisi batterica



1 Pasteuriser
2 Centrifugal separator
3 Automatic standardisation system
4 Two-phase Bactofuge
5 Infusion steriliser

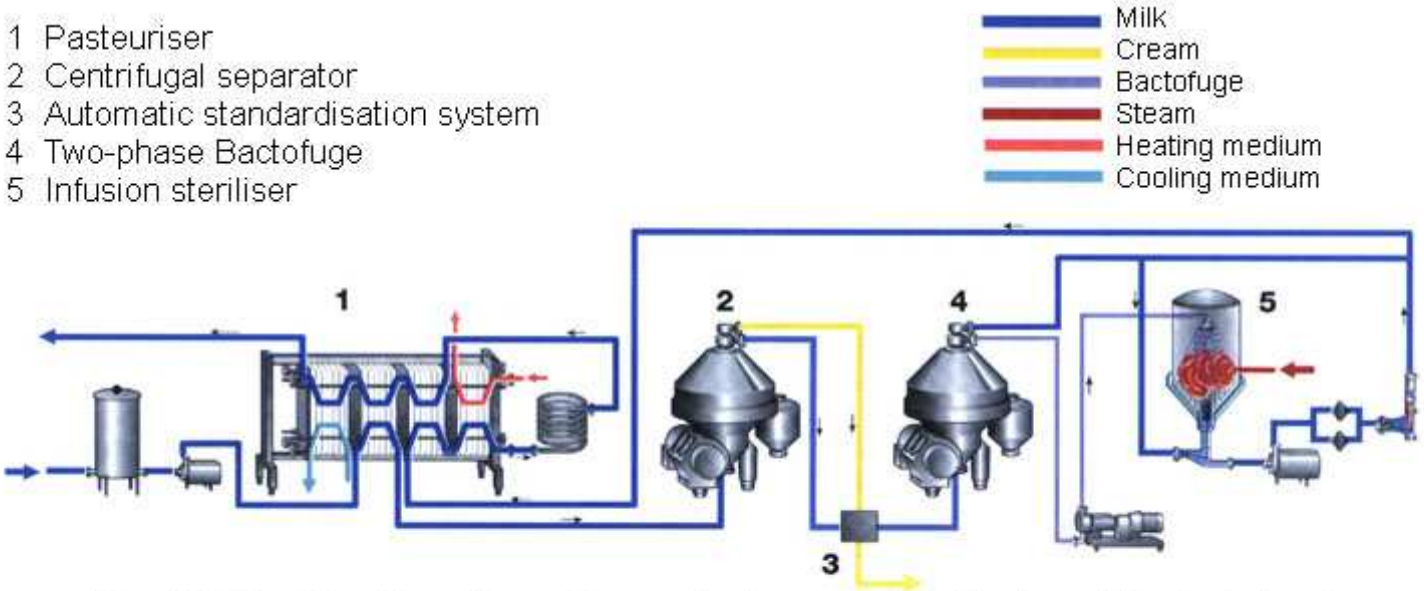


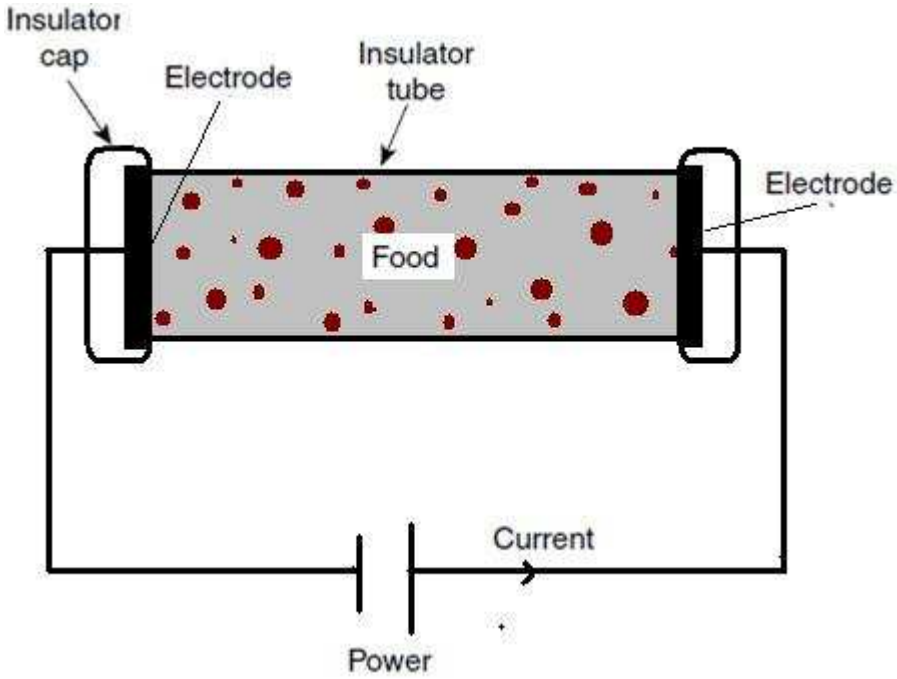
Fig. 14.3 Bactofugation with continuous discharge and sterilisation of the bactofugate.

Riscaldamento ohmico

• Detto anche “Riscaldamento Joule”
• Nasce agli inizi del 900 con il “Processo ElectroPure” usato per il latte, poi abbandonato
• Usato per molti prodotti, anche se contengono particelle solide in sospensione
• Il processo non dipende dalla penetrazione del calore ma è diretto ed il calore viene generato all’interno del materiale
• Si basa sul passaggio di corrente elettrica alternata attraverso l’alimento che funge da resistenza elettrica e questo genera calore → $P\ (W) = I^2\ (A) * R\ (\Omega)$

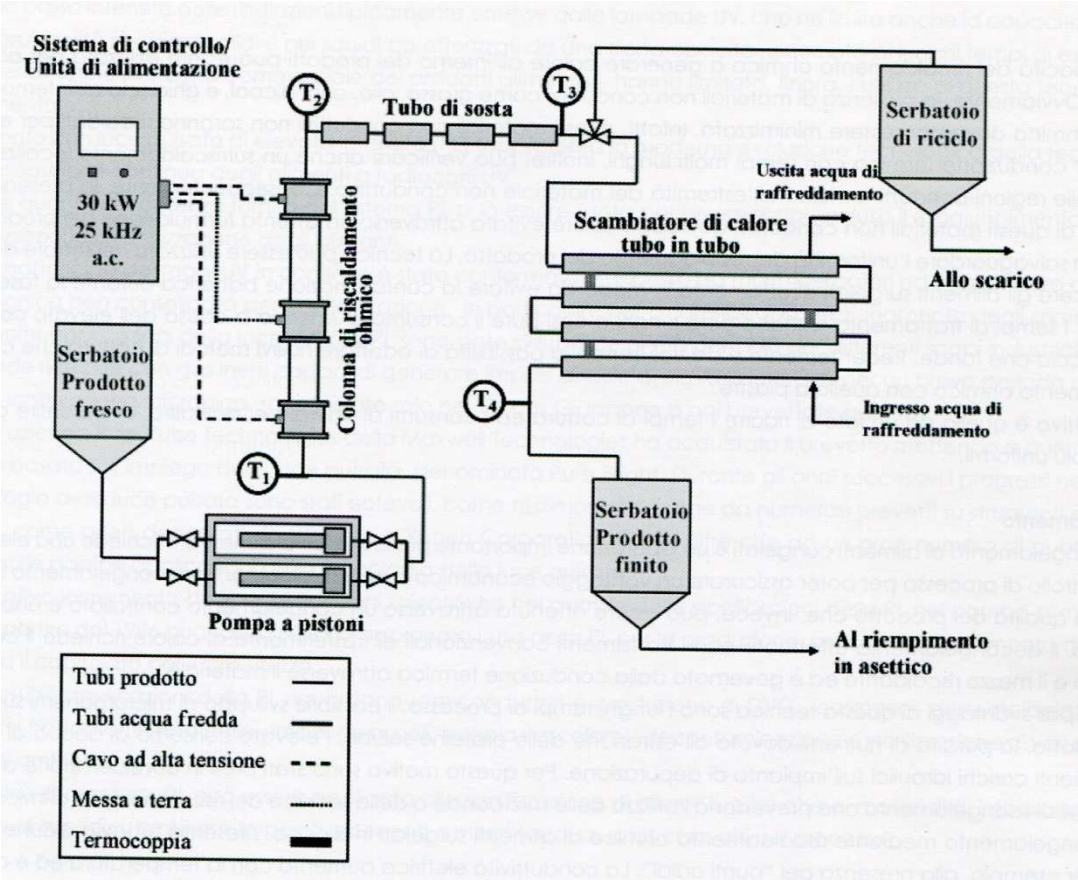
• Utilizzando corrente alternata si riduce la polarizzazione → deposito sugli elettrodi e dissoluzione degli elettrodi → si utilizzano alte frequenze (25 kHz) ed elettrodi in platino o carbonio
• Effetto termico e per elettroporazione (il campo elettrico favorisce l’accumulo di cariche elettriche di segno opposto sui lati della membrana → l’attrazione fra queste cariche provoca rotture nella membrana e formazione di pori
• Da riscaldamento rapido ed uniforme → ideale per materiali viscosi o con parti solide

- La distribuzione della temperatura dipende da:
  - ✓ Conduttività delle fasi (liquida, solida) dell'alimento
  - ✓ Conduttività che dipende dalla temperatura (in genere aumenta)
  - ✓ Le caratteristiche progettuali del sistema
  - ✓ Il moto del liquido
  - ✓ Il tempo di trattamento
  - ✓ Le proprietà termofisiche dell'alimento
  - ✓ La forza del campo elettrico



- Gli elettrodi possono essere disposti, rispetto al flusso di prodotto, longitudinalmente o trasversalmente
  - Elettrodi longitudinali : alto voltaggio, bassa intensità
  - Elettrodi trasversali : campo uniforme ma più elettrodi

- Conducibilità : inverso della resistività elettrica ρ (Ωm) e misurata in Siemens/metro (S/m) → dipende dalle sostanze in soluzione
- Buoni conduttori : (k>0.05 S/m): uova, vino, succhi , latte
- Medi conduttori : (0.005 S/m<k<0.05 S/m) : marmellate, margarina
- Cattivi conduttori : (k<0.005 S/m)) : grassi, liquori


Sistema di controllo/
Unità di alimentazione
30 kW
25 kHz
a.c.
Serbatoio
Prodotto
fresco
Colonna di riscaldamento
ohmico
T2
Tubo di sosta
T3
Serbatoio
di riciclo
Uscita acqua di
raffreddamento
Scambiatore di calore
tubo in tubo
Allo scarico
T4
Ingresso acqua di
raffreddamento
T1
Serbatoio
Prodotto
finito
Pompa a pistoni
Al riempimento
in asettico
Tubi prodotto
Tubi acqua fredda
Cavo ad alta tensione
Messa a terra
Termocoppia

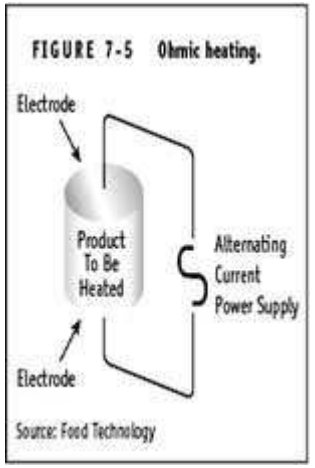


FIGURE 7-5 Ohmic heating.
Electrode
Product
To Be
Heated
Alternating
Current
Power Supply
Electrode
Source: Food Technology

- Esistono impianti discontinui o continui
- Può essere utilizzato per
  - ✓ Stabilizzazione
    - o Riscaldamento omogeneo
    - o Possibilità di trattare materiali solidi
    - o Risparmio energetico
  - ✓ Cottura
    - o Problema se sono presenti materiali non conduttivi (grassi, aria, alcol, ghiaccio) → si riscaldano per conduzione con tempi lunghi e surriscaldamenti delle altre zone
  - ✓ Scongelamento
    - o In un prodotto congelato la conduttività si dimezza → la porzione scongelata si surriscalda
    - o Importante dimensione, forma, posizione degli elettrodi
    - o Importante forma e dimensione del prodotto → con lo scongelamento il prodotto cambia forma e non è più a contatto con gli elettrodi
    - o Non ci sono applicazioni → meglio le microonde
  - ✓ Blanching
    - o Utilizzo di poca acqua (solo quella di supporto) con minori perdite e risparmi di depurazione
    - o Possibilità di utilizzare i prodotti interi

Radiazioni

- Si tratta di un trattamento ipotizzato già negli anni ’20 ed usato dagli anni ’40

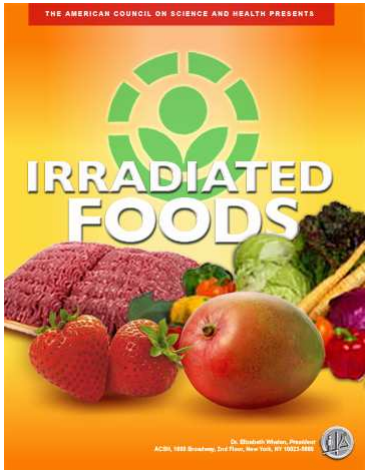
- Vengono utilizzate radiazione elettromagnetiche (raggi X, raggi γ) che forniscono una elevata shelf-life ed una elevata sicurezza

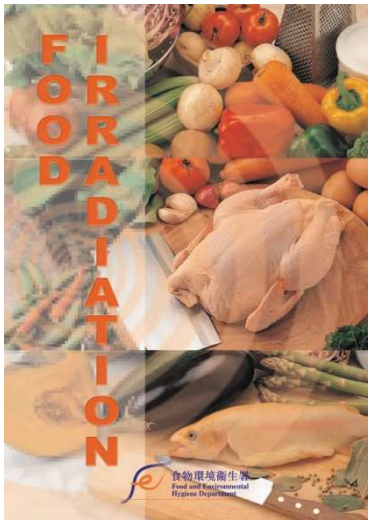
- La FAO/WHO ha evidenziato (1977, 1981) che “La dose media di irraggiamento di 10 kGy non presenta effetti tossici ne problemi particolari negli alimenti dal punto di vista nutrizionale o microbiologico”

- Attualmente in Europa il trattamento con radiazioni ionizzanti è disciplinato dalle direttive quadro 1999/2/CE e 1999/3/CE recepite nel nostro Paese dal DL.vo 30 gennaio 2001, n. 94.

- Tali direttive stabiliscono, a maggior tutela della libera scelta del consumatore, che tutti gli alimenti e/o ingredienti che vengono sottoposti al trattamento con radiazioni ionizzanti, debbano riportare in etichetta la dicitura "irradiato" e che ogni stato membro debba effettuare controlli sugli alimenti presenti sul mercato al fine di individuare la correttezza dell'etichettatura.

- Attualmente in Italia esiste solo un impianto in Emilia Romagna
- I controlli sugli alimenti e, laddove esistenti, sugli impianti di irraggiamento, devono essere effettuati dalle Autorità sanitarie e assicurare la conformità dei prodotti alle disposizioni vigenti. L'Istituto Superiore della Sanità ha il compito di individuare i metodi di identificazione e fornire supporto tecnico scientifico ai laboratori.
- I prodotti attualmente ammessi al trattamento nella UE sono la categoria "erbe aromatiche essiccate, spezie e condimenti vegetali", ad una dose massima di 10 kGy; in via transitoria ciascuno Stato membro può mantenere i trattamenti precedentemente autorizzati.
- In Italia è previsto un uso come antigermoglio per patate, aglio e cipolla, mentre in altri Paesi (Francia, Belgio, Olanda, Regno Unito) esistono anche usi su: frutta, cereali, carni di pollo, prodotti ittici.
- Il prodotto trattato deve riportare in etichetta, anche qualora presente come ingrediente, la dicitura "irradiato".





- Il Rad (**R**adiation **A**bsorbed **D**ose) è un'unità di misura della dose di radiazione assorbita, pari a 100 erg per grammo. Il rad è stato sostituito dal Gray nel Sistema Internazionale di unità di misura.1 Rad = 0,01 gray = 0,01 joule di energia assorbiti da un chilogrammo di tessuto

- Un erg è pari a 1 $g \cdot cm^2 \cdot s^{-2}$ = 1 dyn·cm = 10^{-7} W·s.
- $6{,}24150975 \cdot 10^{11}$ eV
- 10^{-7}joule
- 10^{-7} N·m
- $2{,}39 \cdot 10^{-8}$ calorie
- $9{,}48 \cdot 10^{-11}$ British thermal unit
- $2{,}78 \cdot 10^{-14}$ chilowattora

	Dose (kGy)	Alimenti
Sterilizzazione	7 - 10 (sino a 50)	Erbe, spezie
Materiali di confezionamento	10 25	Tappi enologici
Distruzione patogeni	2.5 - 10	Spezie, carne
Controllo funghi	2 - 5	Frutta
Controllo parassiti	0.1 - 6	Carne
Disinfezione	0.1 - 2	Frutta, cereali, farina
Inibizione germogliazione	0.1 - 0.2	Patata, aglio, cipolla

- L'utilizzo delle radiazioni ha alcuni svantaggi
  - Impianti molto costosi
  - Problemi di sicurezza per gli operatori
  - La possibilità di sanitizzare alimenti altrimenti non utilizzabili
  - Se i batteri patogeni sopravvivono non esistono indicazioni
  - Possibile sviluppo di resistenza nei microrganismi
  - Perdite di valore nutrizionale
  - Scarsi metodi analitici per valutare i prodotti trattati
  - Resistenza psicologica dei consumatori verso l'industria nucleare

- Le radiazioni possono rompere i legami intra-molecolari

- In alimenti ricchi di acqua l'acqua è ionizzata e gli elettroni liberati vanno a formare molecole radicaliche

$H_20 \rightarrow H_2O^+ + e^-$ $\quad e^- + H2O \rightarrow H2O°$

- I radicali si ricombinano in nuove molecole disattivando il materiale genetico dei microrganismi

- I radicali hanno vita molto breve ma sufficiente per distruggere le cellule batteriche

- I radicali hanno azione sugli enzimi, sui grassi e su vari composti → su alcuni alimenti quindi non può essere utilizzata (latte)

- La produzione di O2 reattivo da vari enzimi (perossidasi, xantina ossidasi) accelera le ossidazioni → necessario l'irradiazione sotto vuoto (carne)

- Il generatore di raggi γ è costituito da una sorgente ad alta energia con cobalto-60 o cesio-137

- Il Co-60 emette raggi γ con 1.17 MeV e 1.33 MeV

- Il tempo di trattamento dipende dalla dose necessaria e dalla potenza del generatore

- Una dose di 5 Gy è sufficiente per uccidere un operatore e quindi è necessario operare alle dosi più basse (0.1 KGy) ed utilizzare tecniche accurate di sicurezza

- La penetrazione di raggi γ dipende dalla densità dell'alimento e dall'energia dei raggi

- La radiazione è assorbita con l'attraversamento dell'alimento quindi la parte esterna riceve una dose superiore di quella interna → è necessario definire per ogni alimento

    - la massima dose consentita per l'esterno del prodotto e legata a modificazioni sensoriali
    - la dose minima che abbia attività antimicrobica

- La dose può essere controllata definendo lo spessore della confezione ed irradiando entrambi i lati

- Gli elettroni ad elevata energia hanno una minore penetrazione rispetto ai raggi γ e vengono usati per confezioni fini o per trattamenti superficiali

- La sensibilità dei microrganismi viene valutata con il D in analogia alla distruzione termica

- In genere i microrganismi piccoli e semplici sono più resistenti

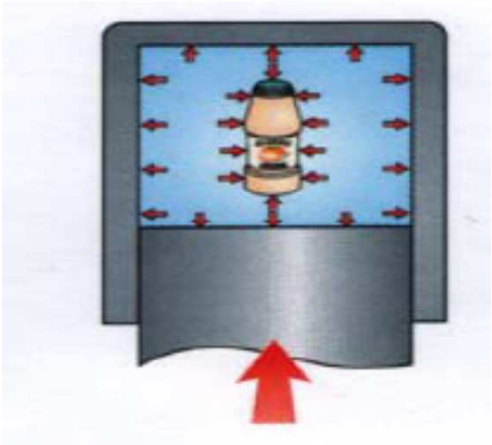
- I virus sono molto resistenti (non vengono disattivati con i trattamenti commerciali)

- I batteri sporificanti e quelli in gradi di riparare il DNA (es Deinococcus radiodurans) sono più resistenti degli altri

- Insetti e parassiti sono più sensibili

- Il tipo di processo di irradiazione può essere
  - sterilizzazione → la dose necessaria supera i 10 kGy (servono 48 KGy per 12 di Cl. Botulinum) quindi si hanno modificazioni inaccettabili → poco interessante la sterilizzazione → usata solo per le erbe e le spezie con 8-10 kGy senza importanti perdite → il principale vantaggio è la sostituzione della sterilizzazione chimica con ossido di etilene
  - riduzione patogeni → i patogeni (S. typhimurium) sono meno resistenti del Cl. Botulinum → bastano 3-10 kGy per distruggerli → carcasse di pollo irradiate con 2.5 kGy risultano prive di Salmonella spp e la shelf-life è raddoppiata → dosi più elevate possono essere applicate a carni congelate per Campilobacter, E. coli, vibrio ecc.
  - prolungare shelf-life → basse dosi distruggono funghi, batteri non sporigeni → quelli che sopravvivono sono più sensibili ai trattamenti termici → aumenta la conservabilità
  - controllare la stagionatura → alcuni vegetali (mirtilli, pomodori) possono essere trattati per allungare la shelf-life → devono essere maturi poiché il trattamento blocca la maturazione → il trattamento blocca i processi biochimici → ottimo usare MAP in abbinamento
  - disinfezione → cereali e frutti tropicali possono essere infestati da insetti e larve → basse dosi, 1 kGy sono sufficienti → non si utilizzano bromuri
  - blocco germogliamento → utile per le patate, aglio, cipolla → 150 Gy sono sufficienti

Alte pressioni o Pascalizzazione



- Le pressioni possono essere utilizzate per stabilizzare gli alimenti (HPP – High Pressure Processing; UHP – Ultra High Pressurisation)

- Il prodotto liquido sfuso od in contenitori plastici viene sottoposto a pressioni di 3000-10.000 atm (300-1000 MegaPascal) per alcuni minuti.

- Il trattamento può essere a freddo od a caldo ed è discontinuo

- Vengono favorite le reazioni chimiche con diminuzione del volume (transizioni di fase, denaturazione delle proteine, gelificazione dei carboidrati) → attività sulle cellule microbiche

- Il processo è indipendente dal volume e dalla forma del prodotto poiché la pressione è distribuita in modo omogeneo in ogni parte del prodotto

GHEZZI
AZIENDA
PRODOTTI
COMUNICAZIONE
RICETTE
CONTATTI
I NOSTRI PRODOTTI
SCELTA PER LINEA
SCELTA PER TIPOLOGIA
acciughe e filetti di alici
aringhe e filetti di aringhe
baccalà
bottarga
brosme
freschi
ling
prodotti biologici
prodotti di tonnara
pronto a cucinare
salacche
sarde
sardine
sgombri
stoccafisso
tonno
La ricetta del mese
Conosci il tonno?
HPP
High Pressure Processing
Assistenza
CLIENTI
Panorama

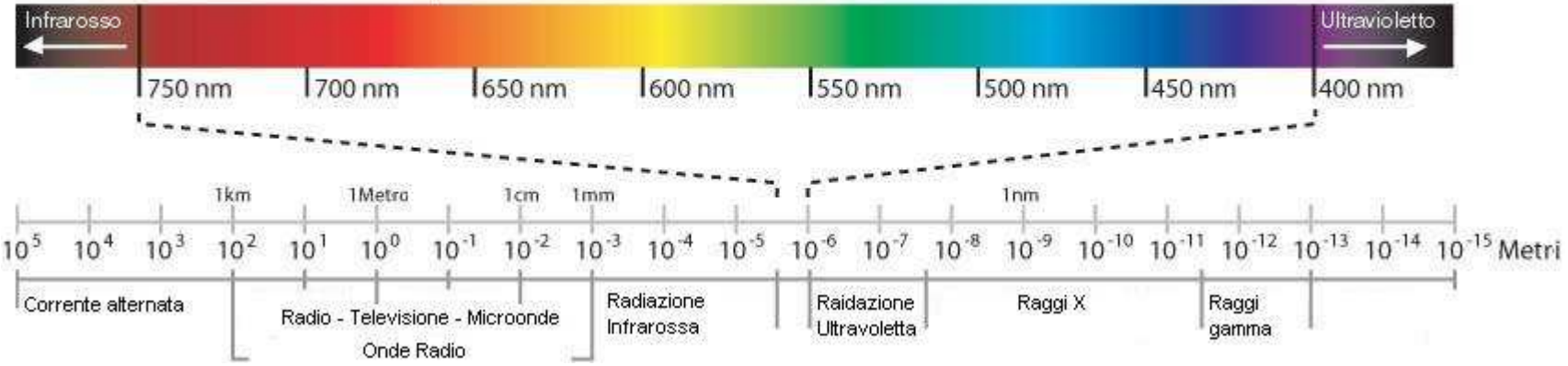
Au Classic
GUACAMOLE
All Natural Ingredients

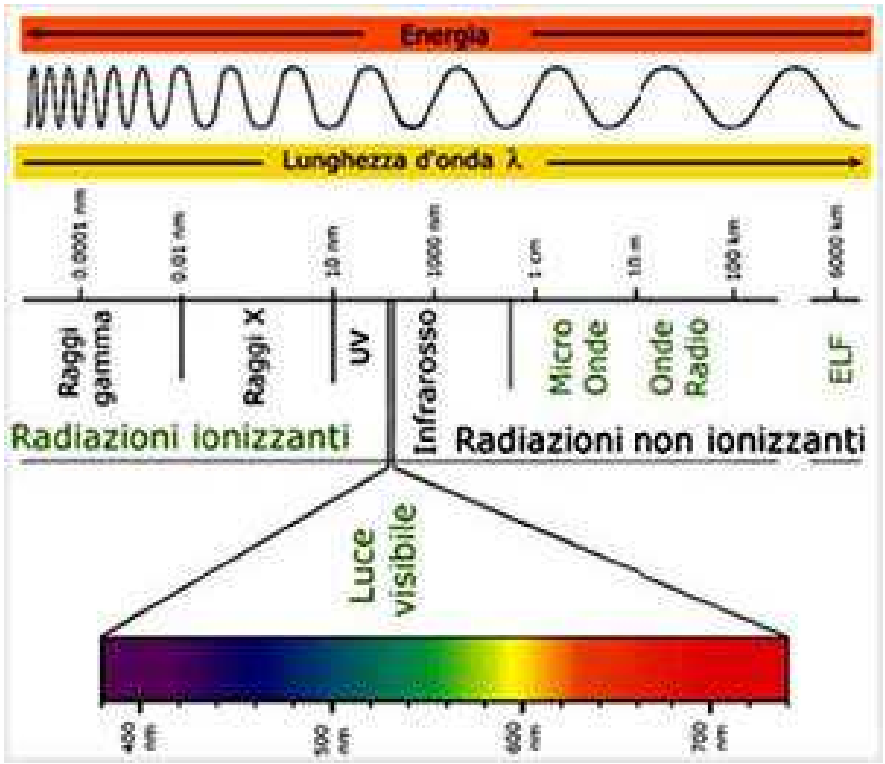
Microonde

• In fisica le microonde sono radiazioni elettromagnetiche con lunghezza d'onda compresa tra le gamme superiori delle onde radio e la radiazione infrarossa.
• Le microonde sono comprese tra 0,1 m, che corrisponde alla frequenza di circa 2-3 GHz, e 1 mm, che corrisponde a circa 300 GHz
• E' una tecnica di riscaldamento "endogeno" o "volumetrico" in quanto l'innalzamento della temperatura risulta uniforme in tutto il volume del prodotto. Inoltre a differenza dei sistemi convenzionali con trasferimento di calore dall'esterno all'interno con le microonde si riscaldamento per trasformazione dell'energia di un campo elettromagnetico in energia termica direttamente all'interno dei corpi stessi
• In genere si utilizza un magnetron che genera un campo elettromagnetico a 2.45 GHz con potenze di 800-1000 W. Una guida d'onda (in genere un tubo metallico cavo di sezione rettangolare, circolare o ellittica in cui il campo elettromagnetico è confinato attraverso la "riflessione" sulle pareti della guida d'onda stessa) invia le radiazioni formate alla camera di cottura.

• L'acqua presente nel cibo assorbe l'energia delle microonde e viene indotta a vibrare e questa vibrazione genera calore.
• La camera di cottura è una gabbia di Faraday che impedisce la fuoriuscita delle microonde; anche il vetro frontale ha una rete metallica con maglie inferiori alla lunghezza d'onda delle microonde (12 cm) e quindi blocca le microonde senza avere effetti sulle radiazioni visibili.

Spettro di luce visibile all'occhio umano





Radiofrequenza

• Le radiofrequenze sono onde elettromagnetiche che permettono un riscaldamento di tipo volumetrico come le microonde operando però a circa 27 MHz con lunghezza d'onda di circa 11 metri.
• La capacità di penetrazione è quindi circa 1 metro (1/10 della λ)
• Le radio-frequenze vengono prodotte da elettrodi posti vicino al prodotto e rappresentano le armature di un condensatore mentre il prodotto è il dielettrico
• L'assorbimento di energia è uniforme indipendentemente dalla forma e dalle dimensioni del prodotto
• Il riscaldamento si ha per isteresi dielettrica, isteresi magnetica, conduttività ionica, correnti indotte → negli alimenti però le molecole subiscono la *polarizzazione* ossia i dipoli tendono a riallinearsi al campo e quindi si ha riscaldamento
• l riscaldamento dipende dalla frequenza di oscillazione e dalle caratteristiche del materiale → fattore di perdita : caratteristica del materiale che indica la radiofrequenza assorbita e trasformata in calore

Materiale	Fattore perdita
Teflon	0.0004
Politene	0.0008
PVC	0.06
Carta	0.1
Grassi	24
Acqua	100

- Vantaggi della tecnica:
  - ✓ rendimenti delle tecniche convenzionali 10-35%; della RF 65-70 % → riscaldamento immediato all'avviamento, consumo di energia proporzionale alla quantità, ambiente non interessato dal riscaldamento
  - ✓ costo superiore del sistema RF
  - ✓ minori costi energetici per il sistema RF
  - ✓ assenza di emissioni (fumi, polveri, rumori etc.)
  - ✓ automazione delle linee
  - ✓ facilità di misurazione dell'energia erogata
  - ✓ facilità di manutenzione degli impianti
  - ✓ velocità elevata di riscaldamento (nei tradizionali il trattamento è tanto più lungo quanto più grande è il corpo e bassa la conducibilità termica → alterazione)
  - ✓ velocità elevata di riscaldamento → aumento di produttività, minori perdite termiche per conduzione/irraggiamento
  - ✓ uniformità di riscaldamento : nei sistemi convenzionali si hanno gradienti termici proporzionali alla conducibilità termica → le parti esterne sono riscaldate di più delle interne → danneggiamenti termici

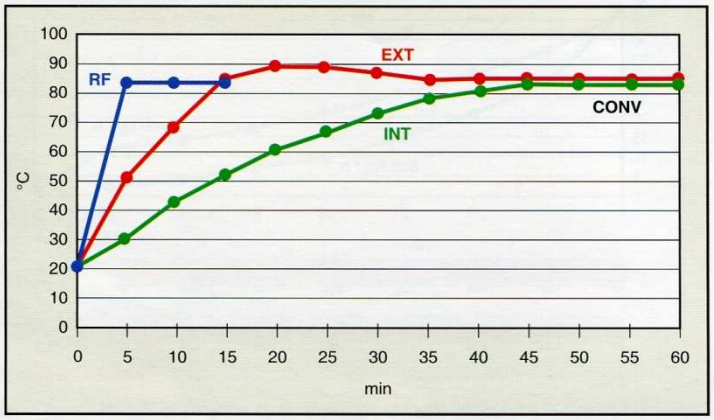


Grafico 1. Differenza nelle curve di temperatura ottenute su confezioni di pasta ripiena sottoposta a processo di pastorizzazione con metodi di pastorizzazione convenzionali e con impianto "RF"*

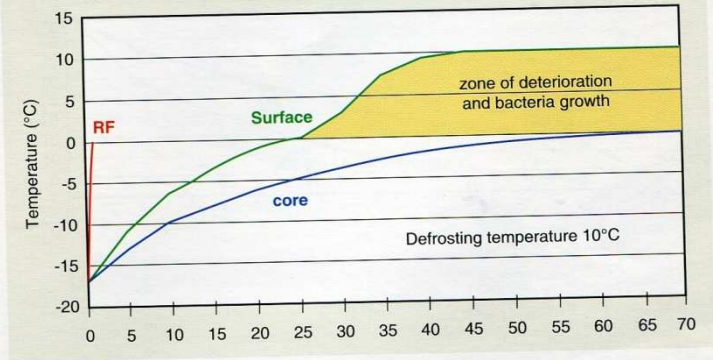


Grafico 4. Confronto tempi/temperature scongelamento con metodo a Rf e classico a 10°C*

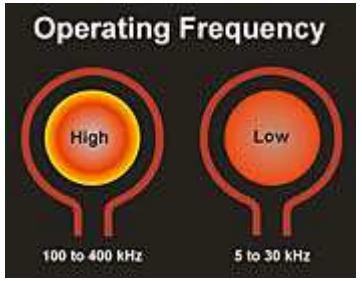
Applicazioni :

- pastorizzazione prodotti confezionati
- trattamenti post forno
- pastorizzazione liquidi (anche con solidi in sospensione)
- scongelamento e rammollimento prodotti

Induzione termica

• Il processo consiste nello sfruttare le correnti elettriche indotte nel materiale per generare calore.
• I componenti base di un sistema di riscaldo ad induzione sono un generatore di corrente alternata, una bobina induttrice (o “induttore”) e un “carico” (ovvero il materiale che deve essere riscaldato). Il generatore fornisce la corrente alternata che attraversa la bobina , generando un campo magnetico nel suo intorno.

• Avvicinando un carico, esso viene percorso dalle cosiddette correnti parassite indotte dal campo magnetico, che producono un preciso, localizzato e controllabile aumento di temperatura nel materiale, senza alcun contatto fisico con la bobina.
• Esiste una relazione tra la frequenza della corrente alternata e la sua profondità di penetrazione nel materiale; le basse frequenze, da 5 a 30 kHz, sono adatte a materiali più spessi che richiedono una penetrazione profonda del calore, mentre frequenze più alte, da 100 a 400 kHz, sono adatte a parti piccole o a riscaldamenti superficiali. Più alta è la frequenza più alto è il calore prodotto → per analogia quando ci sfreghiamo le mani per riscaldarle, più velocemente sfreghiamo le mani, più calore generiamo.

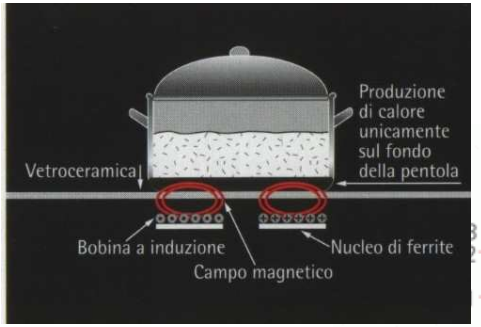


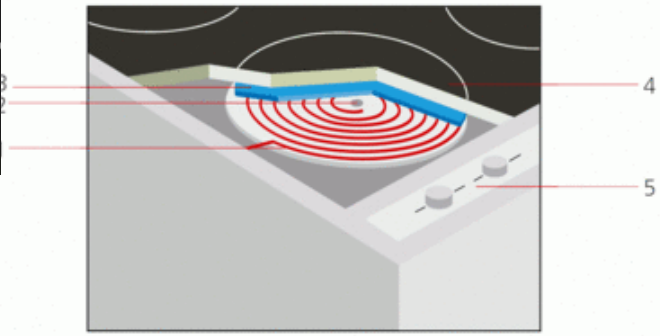
• I materiali magnetici si riscaldano più facilmente di quelli non magnetici, a causa dell’effetto di isteresi magnetica. I materiali magnetici offrono una resistenza naturale al rapido cambiamento dei campi magnetici nell’intorno dell’induttore. L’attrito risultante produce un suo calore aggiuntivo – il riscaldamento per isteresi – che si somma al riscaldamento per le correnti parassite. Un metallo che offre una alta resistenza si dice che ha una alta “permeabilità” magnetica. La permeabilità magnetica per i materiali magnetici assume valori tra 100 e 500. I materiali non magnetici hanno permeabilità pari a 1. Il riscaldamento per isteresi si verifica per temperature al di sotto del “punto di Curie” – la temperatura alla quale il materiale magnetico perde le sue proprietà magnetiche.

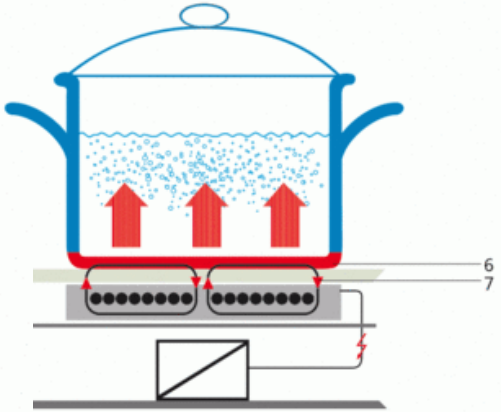
• Il flusso di corrente indotta all'interno del materiale è molto concentrata sulla superficie e decresce rapidamente verso l'interno del materiale. Di conseguenza la superficie si scalda molto più velocemente della parte interna; l'80 % del calore prodotto nel materiale si genera nello strato superficiale. Si parla infatti di "effetto pelle" del materiale. Lo spessore dell'effetto pelle diminuisce al decrescere della resistività, al crescere della permeabilità o al crescere della frequenza.
• La bobina induttrice, detta "induttore", è generalmente ottenuta da un tubo di rame elettrolitico, di forma circolare e diametro 3-5 mm. La dimensione e la forma dell'induttore – con spira singola o multipla, elicoidale, rotonda o quadrata, interna o esterna (al pezzo) – deve essere adeguatamente definita in base al pezzo da riscaldare e alle altre variabili del processo produttivo. Con una buona progettazione dell'induttore, si può ottenere un idoneo profilo di riscaldo e massimizzare l'efficienza del generatore di frequenza, senza rendere difficoltoso l'inserimento e la rimozione del pezzo da riscaldare.
• Il generatore di frequenza produce il campo magnetico attorno al pezzo da riscaldare, attraverso la corrente alternata che viene fatta passare nell'induttore. La potenza in uscita del generatore determina la velocità relativa di riscaldamento del pezzo. Tuttavia, l'uso di maggior potenza può richiedere l'incremento della fornitura elettrica, maggiore dimensioni e peso e altre esigenze conseguenti; generatori di maggior potenza utilizzano normalmente tensione trifase e apparati di raffreddamento dell'acqua più sofisticati.

• Da tempo, il riscaldamento di elementi elettricamente conduttivi per induzione trova molteplici applicazioni a livello industriale. Nelle abitazioni private questo principio è utilizzato soprattutto per le cucine, nelle quali il calore è prodotto direttamente nel fondo della pentola e non per conduzione attraverso la zona di cottura come avviene nelle cucine convenzionali. Le cucine a induzione presentano tutta una serie di vantaggi: rapidità di reazione e di prima cottura o ebollizione, riduzione dei tempi di cottura, risparmio di energia, minor rischio di scottature o d'incendi perché le zone di cottura non raggiungono alte temperature.

• Ogni piastra della cucina a induzione contiene una bobina induttrice attraverso la quale scorre una corrente alternata a media frequenza (20 – 100 kHz). Questa corrente genera un campo magnetico della stessa frequenza, il quale attraversa senza ostacoli il piano di cottura di vetroceramica e s'infiltra nella pentola situata sul piano di cottura . Il campo magnetico crea nel fondo della pentola elettricamente conduttivo una corrente circolare (corrente parassita). Questo principio è detto induzione. Il fondo delle pentole è fabbricato con un materiale in cui, alla frequenza utilizzata, la corrente parassita perde notevolmente calore. Questo fenomeno avviene nei materiali magnetici, particolarmente permeabili. Il loro campo alternato è spinto sulla superficie esterna del fondo della pentola (effetto pelle) aumentando la resistenza e producendo di conseguenza un maggiore riscaldamento. Inoltre, il campo magnetico alternato genera demagnetizzazioni nei fondi delle pentole, le quali contribuiscono a loro volta a produrre calore (perdite per isteresi).







Luce pulsata

• Utilizzo di impulsi di luce ad elevata intensità (circa 90.000 volte il sole) per tempi brevi (poche centinaia di microsecondi) in uno spettro da 200 a 1100 nm
• Si utilizza corrente alternata a basso voltaggio trasformata in corrente continua ad alto voltaggio accumulata in una batteria di condensatori e rilasciata nello scarico su una lampada allo Xeno
• Il meccanismo di inattivazione microbica non è chiaro → azione della frazione UV (effetto fotochimico), dell'incremento di temperatura (effetto fototermico), azione sulle membrane (effetto fotofisico)
• Effetto fotochimico → trasformazione fotochimica delle basi pirimidiniche del DNA → blocco della riproduzione → le radiazioni UV sono reversibili, la PL determina danneggiamenti estesi
• Effetto fototermico → si ha un innalzamento termico poiché l'energia radiante è dissipata come calore

$$\Delta T = \frac{E_d}{\rho A d c_p}$$

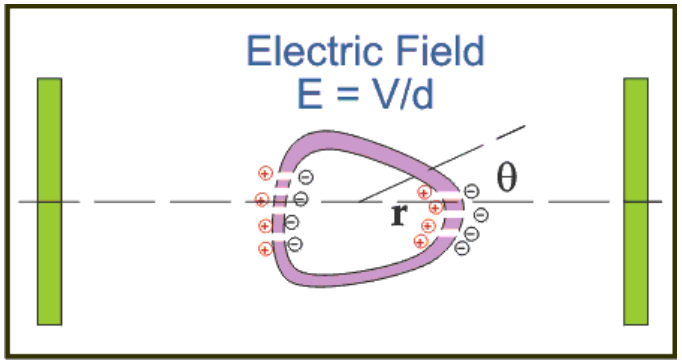
dove
E_d – energia assorbita
ρ - densità
A – superficie esposta
d – profondità di penetrazione
c_p – calore specifico

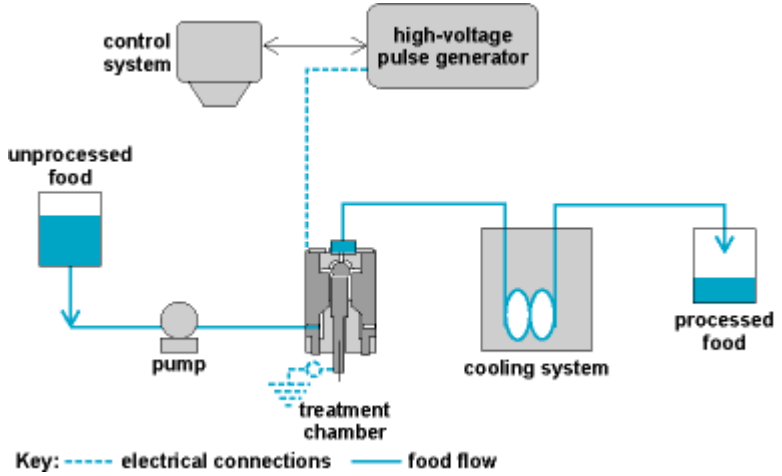
• I microrganismi hanno un coefficiente di assorbimento più elevato rispetto al mezzo circostante (acqua) → riscaldamento localizzato

- Effetti sugli alimenti
  - ✓ Enzimi → riduzione della attività di molti enzimi
  - ✓ Valore nutrizionale → nessuna evidenza sui componenti principali
  - ✓ Caratteristiche sensoriali → nessuna evidenza di effetti

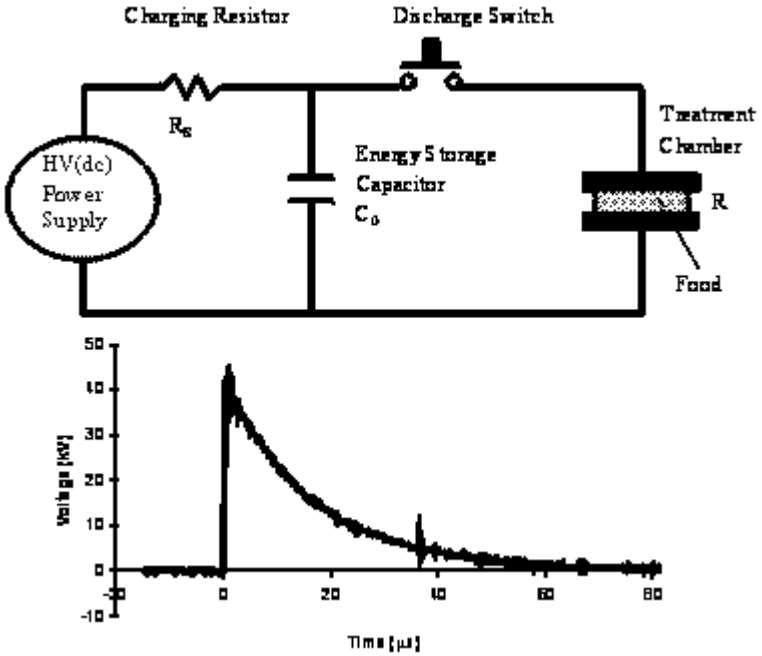
Campi elettrici pulsati

• E' una tecnica che risale al 1879 e nel 1919 applicata anche su latte (Sistema Elettro-pure). Si utilizzava CA tra 220 e 4000 V applicata a due elettrodi di carbone.
• Inizialmente si pensava ad un effetto Joule ma in realtà l'effetto sui microrganismi dei PEF non è dovuto né al riscaldamento né all'elettrolisi ed è legato all'intensità del campo elettrico, alla durata dell'impulso, alla grandezza ed alla forma dei microrganismi.
• L'impianto è costituito da un generatore di impulsi ad alta tensione in corrente continua ed una camera di trattamento dove il prodotto scorre.
• Il materiale della cella deve essere inerte ed idoneo al trattamento (grafite sino a 2.6 μs e 150 A/cmq, acciaio inox per basse densità di corrente)
• Poco usate le celle statiche → problemi di carico e scarico, con formazione di bolle, necessità di scarico della pressione con arco elettrico
• L'attività antibatterica è dovuta alla elettroporazione (formazione di porosità dovute alla migrazione ionica nella cellula)
• Risultati variabili su enzimi ed altri componenti
• Costi molto elevati

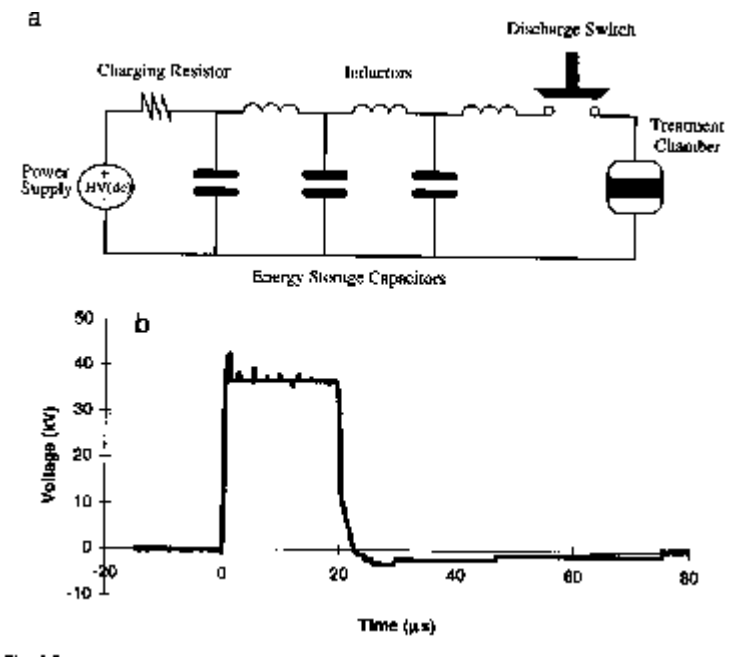




Tipologie impianti



Impulso esponenziale



Impulso a onda quadra

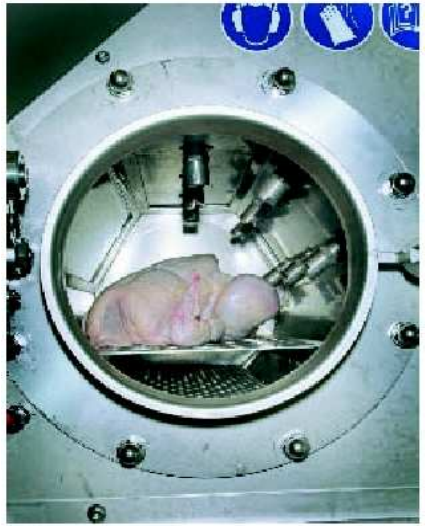
Fattori del PEF

- Intensità del campo elettrico → l'inattivazione aumenta aumentando l'intensità ma dipende dal campo elettrico critico E_c, ossia l'intensità di campo al di sotto della quale non si ha inattivazione microbica. L'Ec è maggiore con cellule grandi ed è legato alla pulsazione → t>50 μs, Ec= 4.9 kV/cm; t<2 μs, Ec =40 kV/cm
- Tempo di trattamento → il prodotto del numero di pulsazioni per il tempo di pulsazione → aumentando il tempo di trattamento, aumenta l'effetto → aumentando il tempo di pulsazione diminuisce l'Ec ma aumenta la temperatura del prodotto → il tempo di trattamento diminuisce aumentando l'intensità del campo
- Tipo di impulso → l'impulso elettrico può essere esponenziale, ad onda quadra, a onda quadra bipolare, oscillatorio → l'oscillatorio è il meno efficace → l'onda quadra è più efficace dell'esponenziale → l'onda quadra bipolare è più efficace del monopolare → il bipolare richiede meno energia, riduce la deposizione agli elettrodi, diminuisce l'eletrolisi nell'alimento →
- Temperatura trattamento → l'effetto aumento aumentando la temperatura → aumenta la fluidità e la permeabilità
- Conducibilità, pH e forza ionica → alimenti con elevata conducibilità non sono trattabili con PEF
- Presenza particolato → si riduce l'effetto e servono energie più elevate → possibile rottura del dielettrico
- Presenza di altri fattori → pH, forza ionica e composti antimicrobici intervengono sulla inattivazione con PEF
- Tipo di microrganismo → Gram positivi più resistenti dei Gram negativi; lieviti più sensibili dei batteri
- Carica batterica
- Stadio di crescita dei microrganismi → maggiore sensibilità in fase logaritmica → cellule in crescita, membrana più sensibile

Ultrasuoni

• Sono onde meccaniche sonore con frequenza superiore a 20 kHz
• Sono generate sollecitando un quarzo con un campo elettrico di cui si inverte periodicamente la polarità: per effetto del campo elettromagnetico che si crea, il quarzo si comprime ed espande, generando delle vibrazioni meccaniche che provocano le onde acustiche degli ultrasuoni.
• Penetrando in un sistema biologico, le onde perdono energia, cedendola al sistema che attraversano con un meccanismo di attenuazione → più alta è la frequenza dell'onda, maggiore è l'attenuazione (quindi penetra meno profondamente): generalmente le onde entrano fino a profondità comprese tra 1,5 e 5 cm.
• Ampiamente utilizzate per degassare un alimento, misurazioni di volume, pulizia di superfici, estrazione di composti
• La cessione di energia viene convertita in calore
• Inoltre si ha una sollecitazione meccanica con variazioni di pressione e di permeabilità delle membrane cellulari

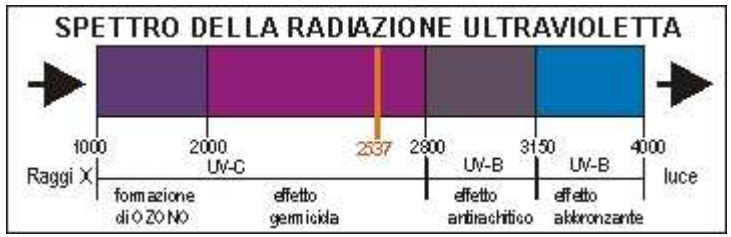
•La sterilizzazione completa richiede alte energie → utilizzata con altre tecniche (alte pressioni o temperature)
• Vantaggi : scarse perdite aromatiche, elevata omogeneità, basse energie
• L'efficacia del trattamento dipende da : tipo di batterio, frequenza ultrasuoni, tempo di trattamento, volume alimento, composizione alimento, temperatura trattamento

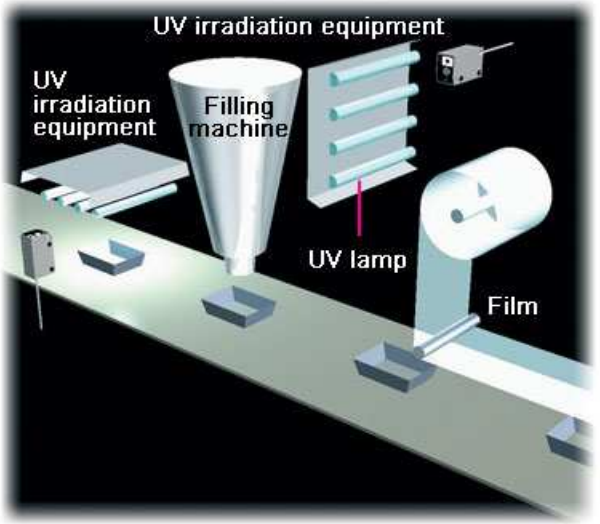


Sterilizzazione di pollo con ultrasuoni e vapore

Ultravioletti

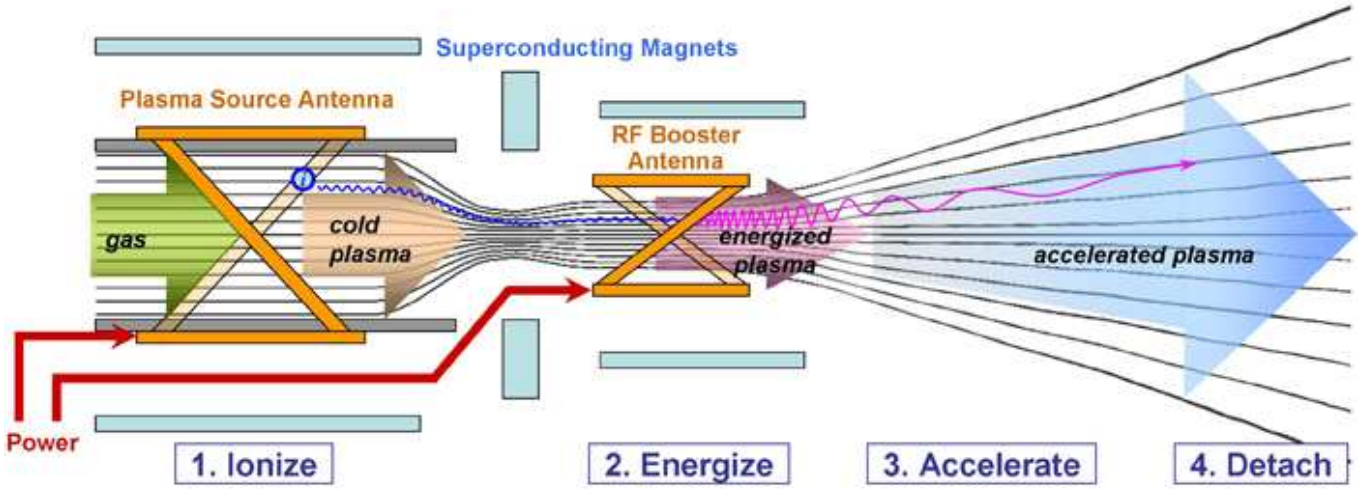
• La radiazione ultravioletta (UV o raggi ultravioletti) è una radiazione elettromagnetica con una lunghezza d'onda inferiore alla luce visibile, ma più grande di quella dei raggi X. Il nome significa "oltre il violetto" (dal latino ultra, "oltre"), perché il violetto è il colore visibile con la lunghezza d'onda più corta.
• L'UV può essere suddiviso in UV vicino (400-200 nm) e UV estremo (200-100 nm). Quando si considera l'effetto dei raggi UV sulla salute umana, la gamma delle lunghezze d'onda UV è in genere suddivisa in UV-A (400-315 nm; hanno un livello energetico basso e provocano principalmente reazioni a livello epiteliale), UV-B (315-280 nm; contenuto energetico superiore rispetto agli UVA e possono provocare effetti nocivi non di particolare rilievo sull'organismo umano), UV-C (280-200 nm; contenuto energetico superiore, possono provocare danni alla pelle e sono utilizzati nei processi di disinfezione batterica) e Vacuum-UV (200-10 nm; assorbiti da aria ed acqua, si propagano solo nel vuoto).
• Le proteine assorbono intorno ai 230 nm, l'acqua al di sotto di 230 nm → le lampade operano a 230-280 nm
• La radiazione provoca la formazione di dimeri della tiamina con blocco del DNA (max assorbimento 260 nm)
• Possibili varie configurazioni
• L'alimento deve essere limpido (no sospensioni)
• Usati per acqua e superfici





Plasma freddo

• Studiato come curiosità dagli inizi degli anni sessanta, il plasma freddo ha trovato applicazione nella microelettronica, dove viene utilizzato per la pulizia dei chip.
• In un gas una piccola frazione (1 atomo su 10 miliardi) è in stato ionizzato
• Sottoponendo il gas all'azione di un campo elettrico è possibile accelerare le particelle cariche. Queste urtano gli altri componenti del gas, dando origine a una serie di reazioni (ionizzazione, dissociazione, promozione a stati energeticamente eccitati)
• Questa fase gassosa, parzialmente ionizzata e costituita da molecole, frammenti molecolari e radicali liberi, viene denominata plasma freddo.



Bibliografia

- Salvadori del Prato O. (2005). Tecnologie del latte. Ed. Edagricole
- Vignola C.L. (2002). Science et technologie du lait. Ed. Presses Internationales Polytechnique
- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G. (2008). Les produits laitiers. Ed. Lavoisier