

Appunti del corso di Istituzioni di tecnologia alimentare

Parte 4° *Stabilizzazione - 1*

ZEPPA G.
Università degli Studi di Torino



Stabilizzazione

Operazioni in cui si ha la distruzione o l'inibizione di fattori di degradazione quali microrganismi e/o enzimi. Si possono avere contemporaneamente modifiche delle caratteristiche chimiche, strutturali, nutrizionali e sensoriali dei prodotti ottenuti.

Operazioni unitarie

- ✦ Pastorizzazione e Sterilizzazione termica
- ✦ Surgelazione
- ✦ Essiccamento
- ✦ Liofilizzazione
- ✦ Irraggiamento

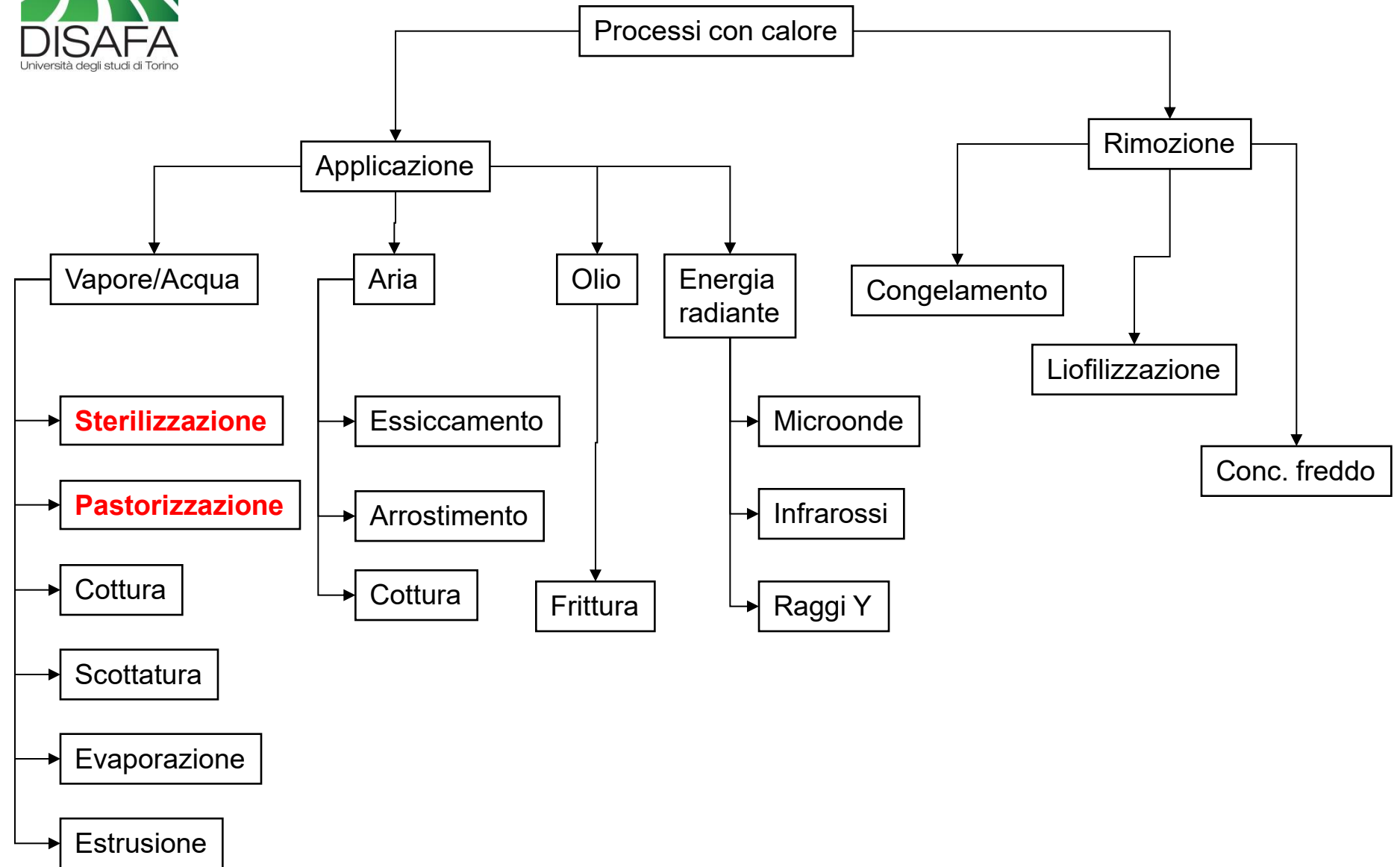
Stabilizzazione

Operazioni in cui si ha la distruzione o l'inibizione di fattori di degradazione quali microrganismi e/o enzimi. Si possono avere contemporaneamente modifiche delle caratteristiche chimiche, strutturali, nutrizionali e sensoriali dei prodotti ottenuti.

Operazioni unitarie

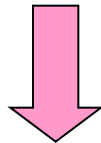
- ✦ **Pastorizzazione e Sterilizzazione termica**
- ✦ Surgelazione
- ✦ Essiccamento
- ✦ Liofilizzazione
- ✦ Irraggiamento

- Nell'ambito dei processi di stabilizzazione, quelli che utilizzano calore sono i più diffusi ed i più antichi
- Esistono però moderne tecniche di stabilizzazione che non si basano sulla applicazione di calore (alte pressioni, radiofrequenze etc.)



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

Cambiamenti indotti dal trattamento termico

<i>Proprietà</i>	<i>Cambiamenti</i>
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

Valore nutritivo alimenti conservati con calore

Prodotto	Contenitore	Metodo	Perdita tiamina (%)
Purea di fagioli	Banda stagnata	HTST	16
	Vetro	HTST	13
	Banda stagnata	Appertizzazione	40
	Vetro	Appertizzazione	44
Purea di carote	Banda stagnata	HTST	9
	Vetro	HTST	5
	Banda stagnata	Appertizzazione	22
	Vetro	Appertizzazione	18

Effetti trattamento termico - 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 trattamento termico - Proteine

- vengono parzialmente denaturate con
 - perdita attività biologica
 - aumento digeribilità
 - liberazione di gruppi solfidrilici e conseguente aroma di cotto
 - perdita di lisina per reazione di Maillard
 - coagulazione e precipitazione → carne in scatola

Effetti trattamento termico - Lipidi

- si inattiva la lipasi → no irrancidimento idrolitico
- si irrancidimento ossidativo con O₂, luce e metalli

Effetti trattamento termico - Zuccheri

- reazioni di Maillard
- caramellizzazione

Effetti trattamento termico - Pigmenti

- degradazione ossiemoglobina, clorofilla e carotenoidi
- imbrunimenti per Maillard, caramellizzazione, enzimatico

1° legge di Bigelow (cinetica con T cost)

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

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 → tempo per ridurre del 90% la popolazione batterica

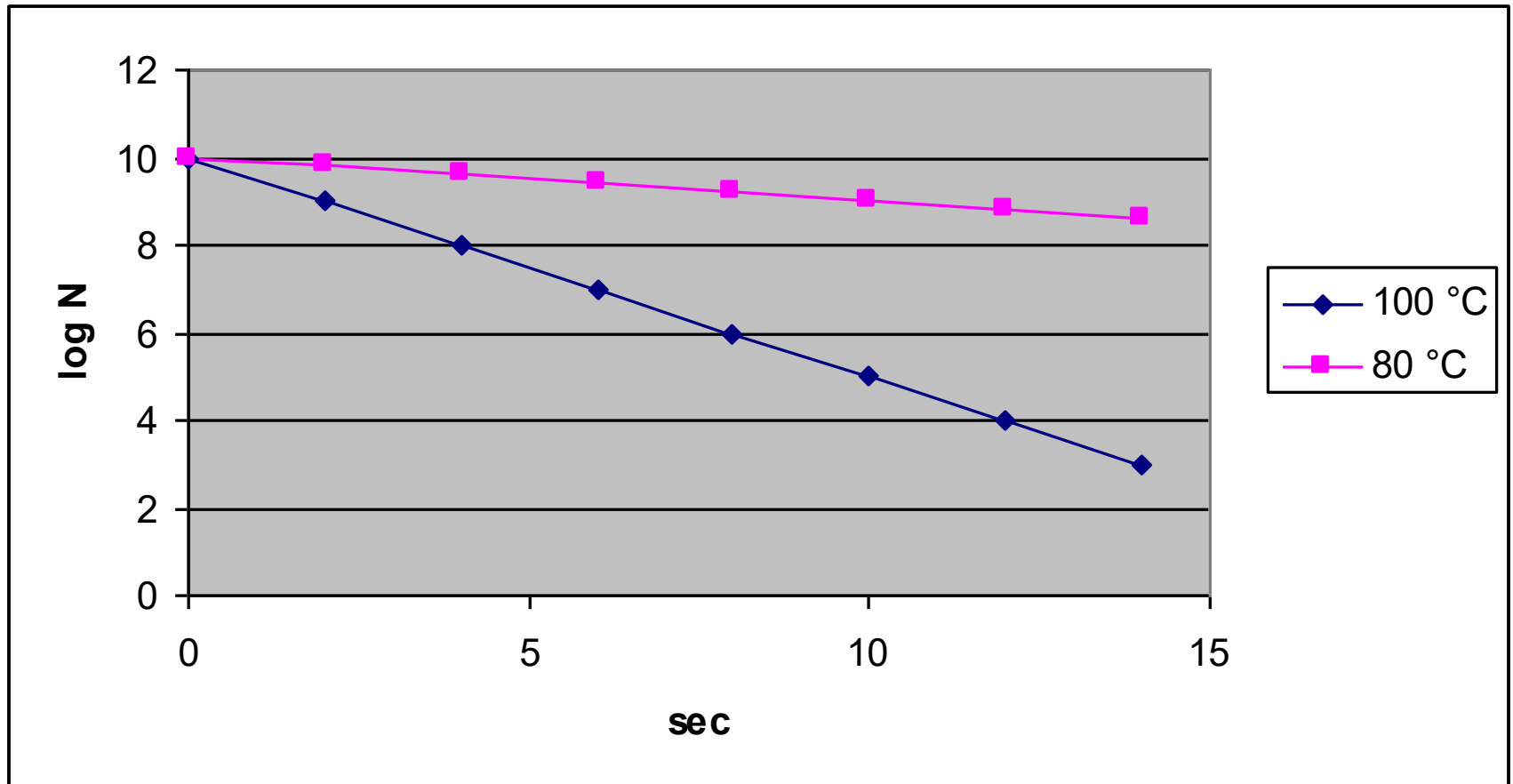
Infatti se $N_0 = 10 N \rightarrow \log N_0/N = 1 \rightarrow t = D$

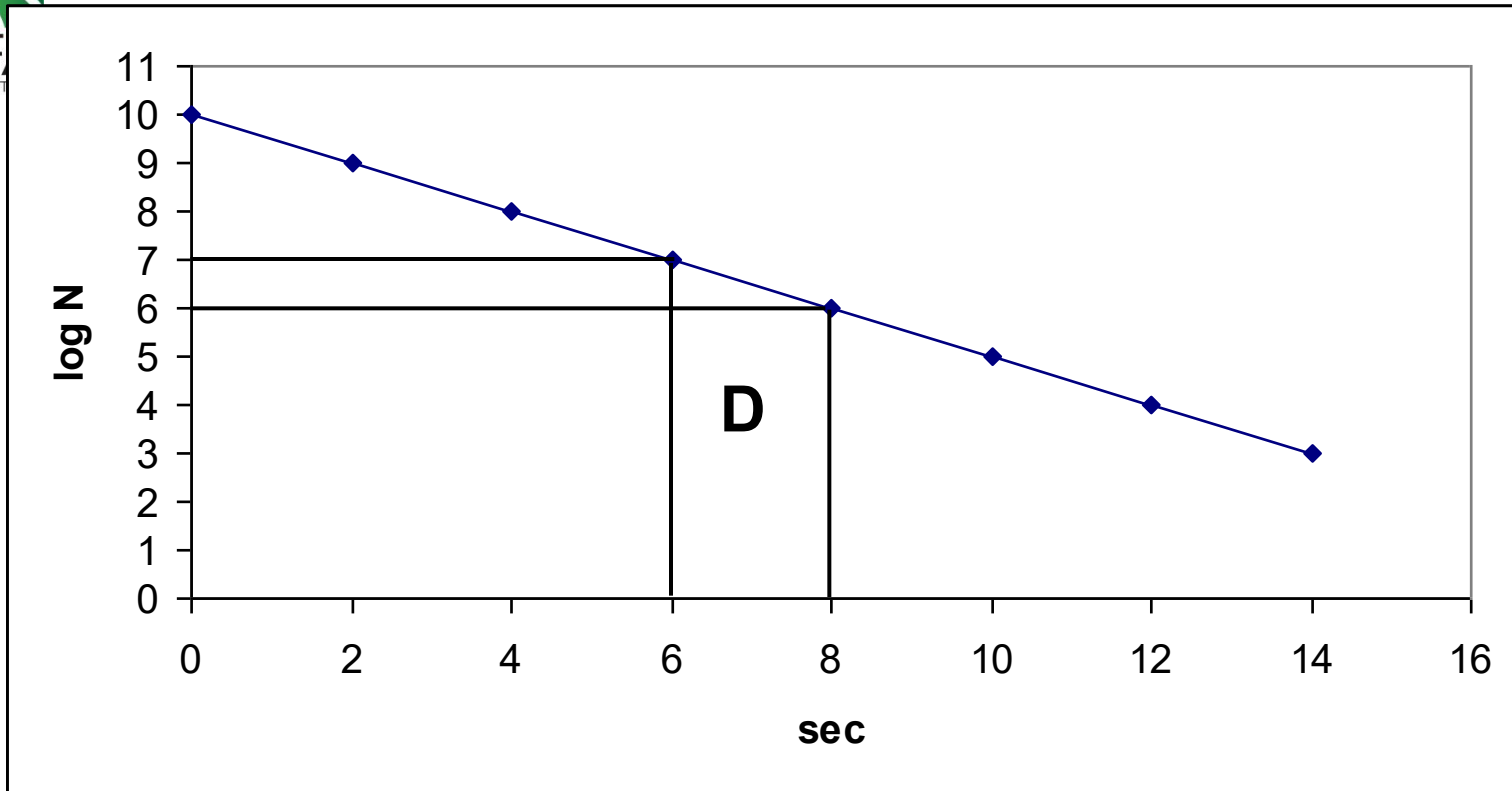
L'equazione rappresenta una retta in un grafico $\log(N) = f(t)$

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

$$\log N_0 - \log N = t / D$$

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





Si ricava che:

- il numero di microrganismi finale dipende da quello iniziale
- i microrganismi si possono distruggere completamente teoricamente per $t=\infty$

Infatti se $N=0$ $\log N=-\infty$

- a $T_{cost} >$ è il numero di microrganismi iniziale, $>$ deve essere il tempo 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 cocci)
 - ✓ forma (le spore sono più resistenti)
 - ✓ pH → massima resistenza alla neutralità; diminuisce con pH acidi o basici (pH<6 o pH>8)
 - ✓ 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

Il trattamento termico può essere:

→ Sterilizzazione : 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

→ Pastorizzazione : trattamento meno energico della sterilizzazione con **parziale** distruzione della microflora. Effettuata a $T < 100$ °C e spesso abbinata ad altre tecniche di conservazione soprattutto se $pH > 4.0-4.5$; se $pH < 4.0$ i risultati sono simili alla sterilizzazione

Il trattamento termico di **sterilizzazione** si può effettuare:

• **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 ed il pH<4.5

✓ 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

• **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

Il trattamento termico di **pastorizzazione** si può effettuare:

- **sul prodotto solido o liquido già in contenitori**

- ❖ 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
- ❖ continui – sistemi a tunnel 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 pastorizzazione

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

- ❖ con scambiatore (metodo indiretto)

Concetto comunemente accettato è che i trattamenti termici applicati a prodotti in scatola producano perlomeno 12 riduzioni decimali al numero di spore di *Cl. botulinum* ($\log N_0 - \log N = 12$).
Tale valore è noto come 12D o "botulinum cook"

Applicando $D_{121} = 0,2$ il trattamento termico avrà un $t = 0,2 \times 12 = 2,4$ minuti.

Considerazione pratica è che a un tale trattamento, nel caso che ogni scatoletta contenga una spora di *Cl. botulinum* ($N_0 = 1$), sopravviverà una spora ogni 1000 miliardi di scatolette (1×10^{12})

Si considera accettabile un tasso di alterazione, dovuto a trattamenti insufficienti, di una scatoletta ogni milione. Ciò può essere ottenuto attraverso un 5 riduzioni decimali nel numero di spore con potenziale effetto alterante.

Clostridium sporogenes (un suo particolare stipite: PA3679) viene utilizzato come indicatore. Ha un valore $D_{121} \cong 1$ minuto.

Pertanto: $t = 1 \times 5 = 5$

Applicando $t = 5$ alla formula $t = D_{121}(\log N_0 - \log N)$ nel caso di *Cl. botulinum* ($D_{121} = 0,2$), si ottiene:

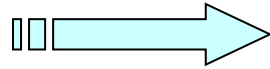
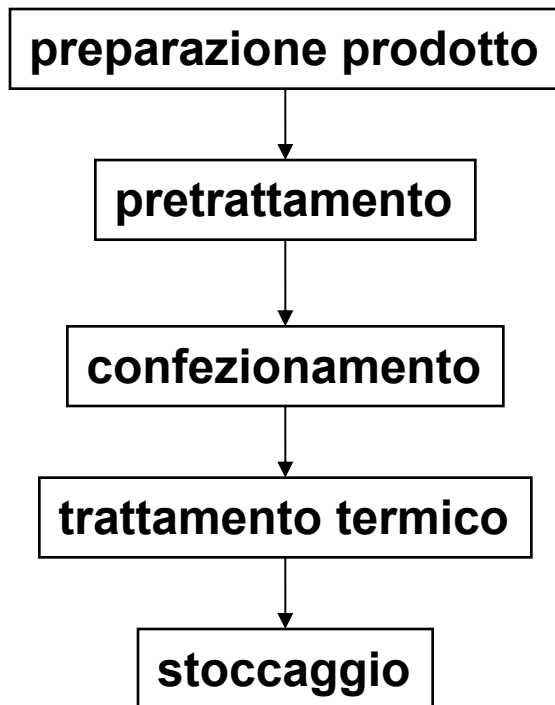
$5 = 0,2 (\log N_0 - \log N)$, da cui $\log N_0 - \log N = 5/0,2 = 25$.

Cioè un trattamento in grado di produrre un riduzione nel numero delle spore di *Cl. botulinum* di ben 25 riduzioni decimali, ampiamente in eccesso rispetto al "botulinum cook" di 12

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)

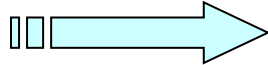
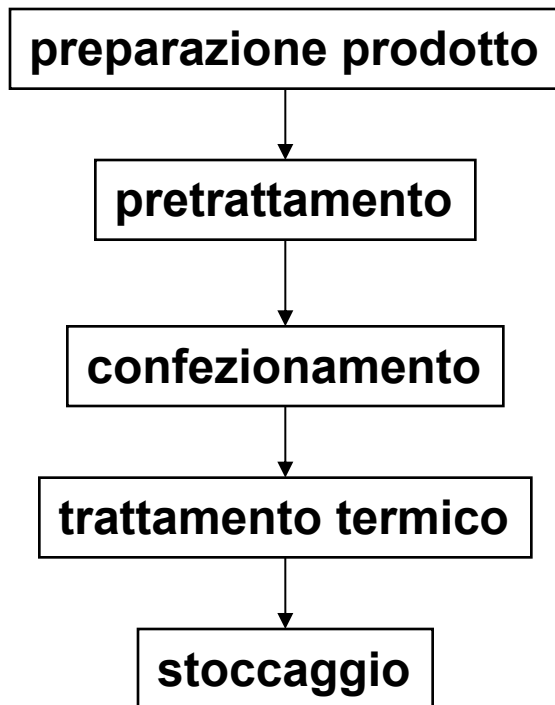
- Nacque agli inizi del secolo XIX grazie ad un cuoco francese Francois Appert che scaldava gli alimenti racchiusi in contenitori di vetro per evitarne il deterioramento
- Il metodo venne poi perfezionato con l'introduzione dell'autoclave che consente di raggiungere temperature superiori ai 100 °C e 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)



varie operazioni per i vegetali (lavaggio, cernita, sbucciatura, denocciolatura, calibratura, cubettatura, taglio ecc.) e per le carni (disossamento, eviscerazione, sfilettatura ecc.)

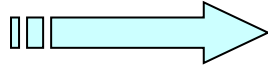
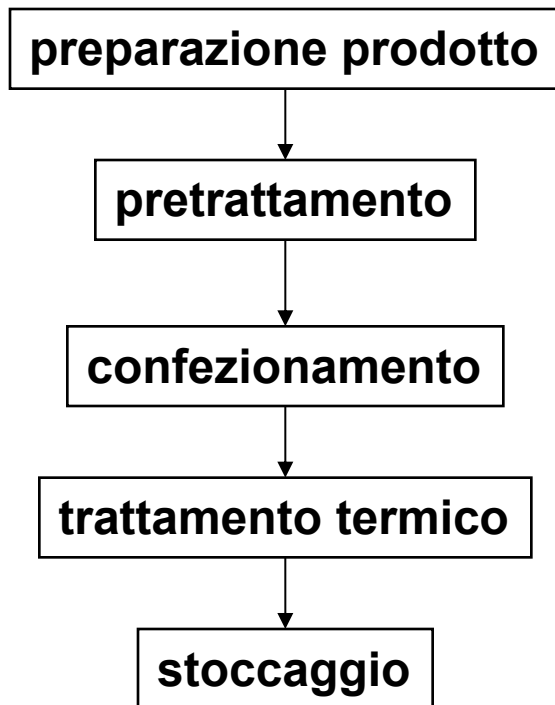
Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)



Prima dell'inscatolamento gli alimenti subiscono un pretrattamento termico

- **precottura** – se la sterilizzazione non è sufficiente alla cottura completa (carne, legumi)
- **concentrazione** – per i prodotti troppo acquosi
- **scottatura** o **blanching** – viene utilizzato anche per il congelamento o l'essiccamento
 - ✓ riduce la contaminazione microbica ed inattiva gli enzimi
 - ✓ intenerisce i tessuti facilitando il riempimento
 - ✓ allontana l'aria evitando ossidazioni dopo la chiusura
 - ✓ attenua odori e sapori forti
 - ✓ fissa il colore

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)



Blanching

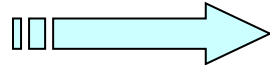
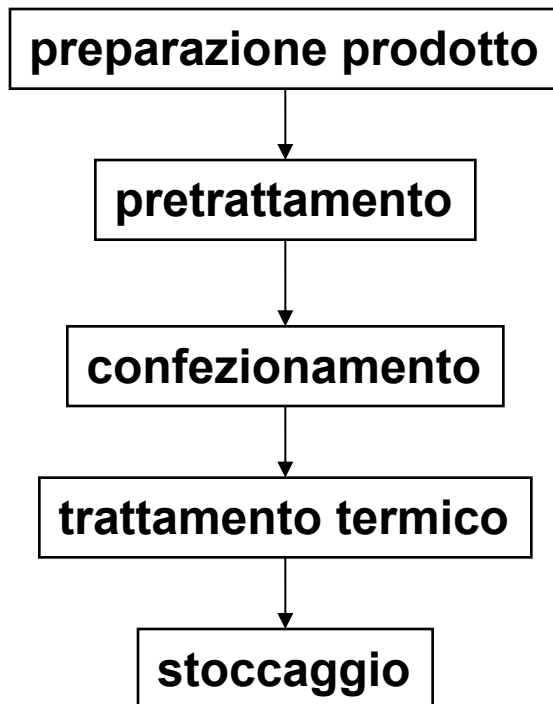
Il tipo di trattamento dipende da

- ***tipo di alimento***
- ***dimensioni***
- ***metodo di riscaldamento***

Importante:

- *se troppo spinto si ha rammollimento e perdita di aroma*
- *se troppo debole si può avere rottura delle cellule con liberazione di enzimi che non vengono disattivati*

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)

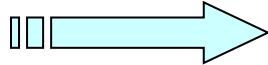
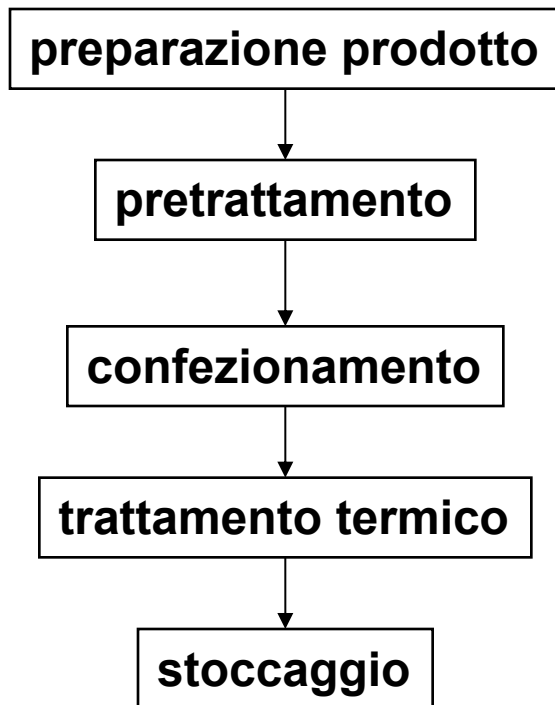


Blanching

Si può effettuare con

- vapore
 - ✓ minori perdite di componenti idrosolubili
 - ✓ minori scarichi
 - ✓ facile pulizia
 - ✓ pulizia limitata dell'alimento
 - ✓ maggiori costi di investimento
 - ✓ minore efficienza termica
- acqua calda
 - ✓ minori costi di investimento
 - ✓ maggiore efficienza termica
 - ✓ maggiore perdita di componenti idrosolubili
 - ✓ maggiori costi in acqua
 - ✓ maggiori costi di depurazione
 - ✓ maggiori possibilità di inquinamenti batterici

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)

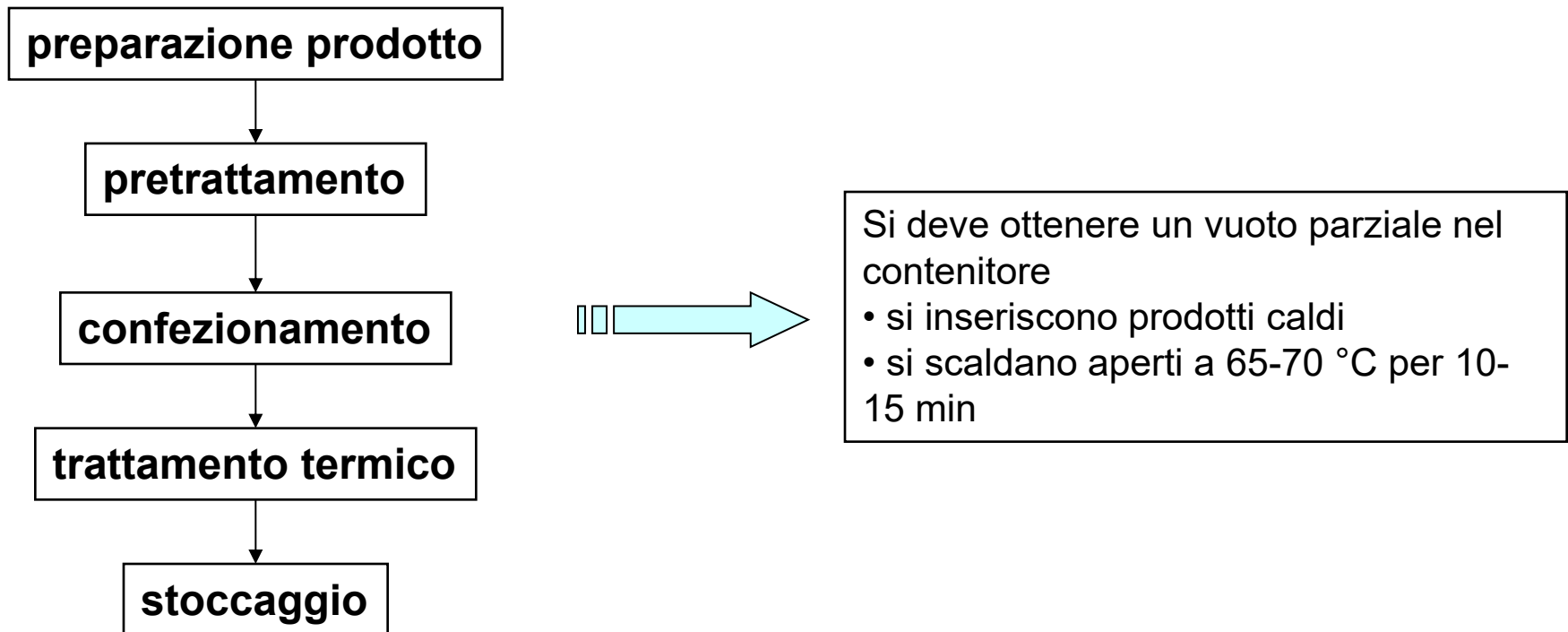


Blanching

Effetti

- si perdono minerali, vitamine e componenti idrosolubili in relazione a
 - ✓ tipologia di vegetale, varietà
 - ✓ maturità
 - ✓ tipo di preparazione
 - ✓ dimensione
 - ✓ metodo di blanching e di raffreddamento
 - ✓ umidità alimento
- varia il colore per reazioni di Maillard, caramellizzazione e scissione della emoglobina
- varia il flavour
- varia la struttura per solubilizzazione pectine e collagene, fluidificazione gelatina

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)



“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 stampabilità
- Riempimento, sigillatura sottovuoto, sterilizzazione
- Tempi di sterilizzazione di 1/3 o 1/2 rispetto alla banda stagnata di uguale volume



Retort Pouches

Swiss Pack

Your Flexible Packaging Partner



Extended shelf life with Retort Pouches



- Innovation
- Security
- Functionality
- Presentation



POLYPROPYLENE

- Physical Food Contact Layer
- Heat Seal Surface
- Provides Flexibility and Strength

NYLON

- Abrasion Resistance

ALUMINUM FOIL

- Barrier Layer
- Protects from Light, Gases, Odors
- Extends Shelf Life

POLYESTER

- Outside Layer
- Excellent Printable Surface
- Provides Strength

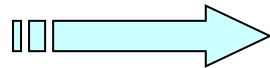
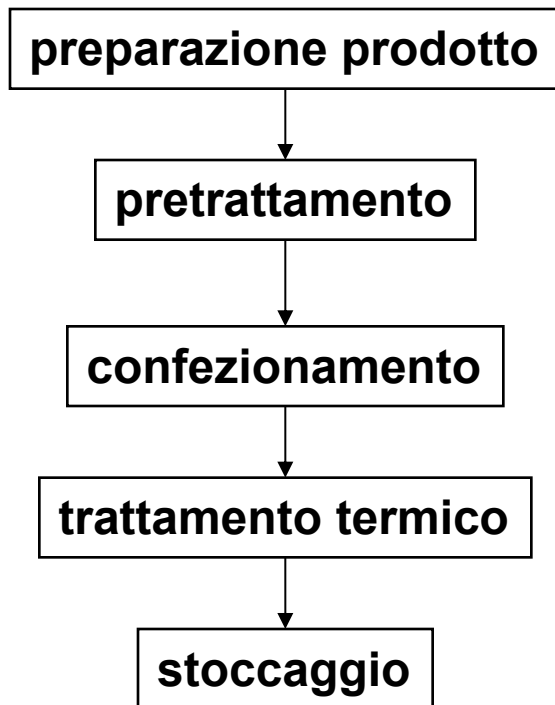
Vantaggi

- 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

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)



Le condizioni dipendono da molti fattori:

- per alimenti con $\text{pH} < 4.5$ (frutta, pelati, passato ecc.) si usano $90-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ per tempi variabili in funzione delle dimensioni e dell'impianto
- per alimenti con $\text{pH} > 4.5$ (ortaggi, carne, pesce ecc.) si usano $100-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ per tempi variabili in funzione delle dimensioni e dell'impianto

Impianti di sterilizzazione

- ☀ **discontinui** – richiedono operazioni di carico e scarico manuali od automatiche
 - ✓ bagni aperti (bacinelle) : sono grandi recipienti dove gli inscatolati vengono riscaldati completamente immersi; ovviamene 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

Bacinelle

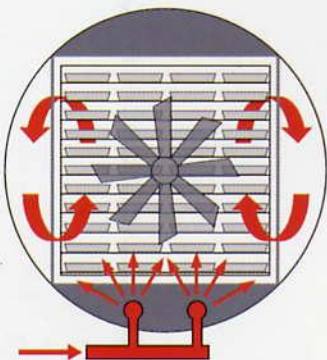


Autoclavi

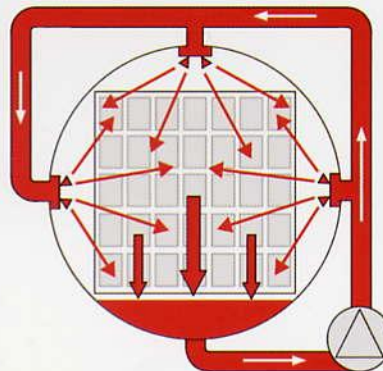




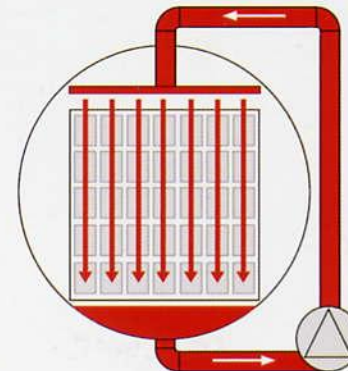
VAPORE / ARIA - STEAM / AIR



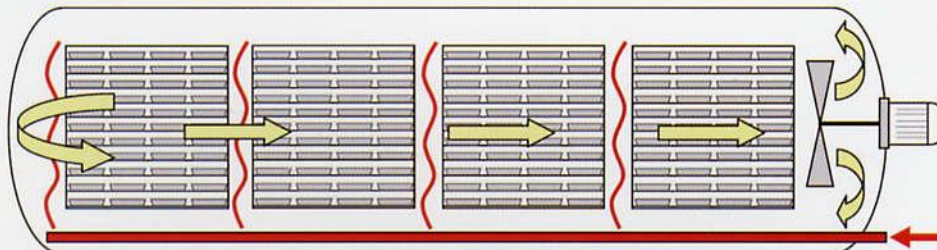
SPRAY



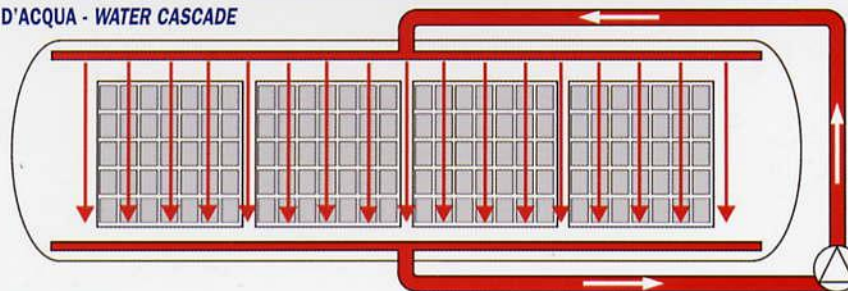
CASCATA D'ACQUA - WATER CASCADE

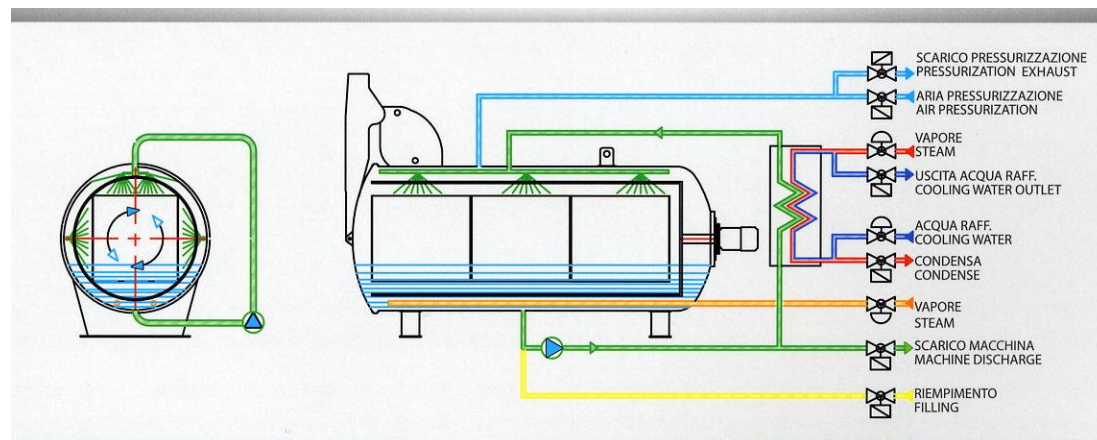


VAPORE / ARIA - STEAM / AIR



CASCATA D'ACQUA - WATER CASCADE





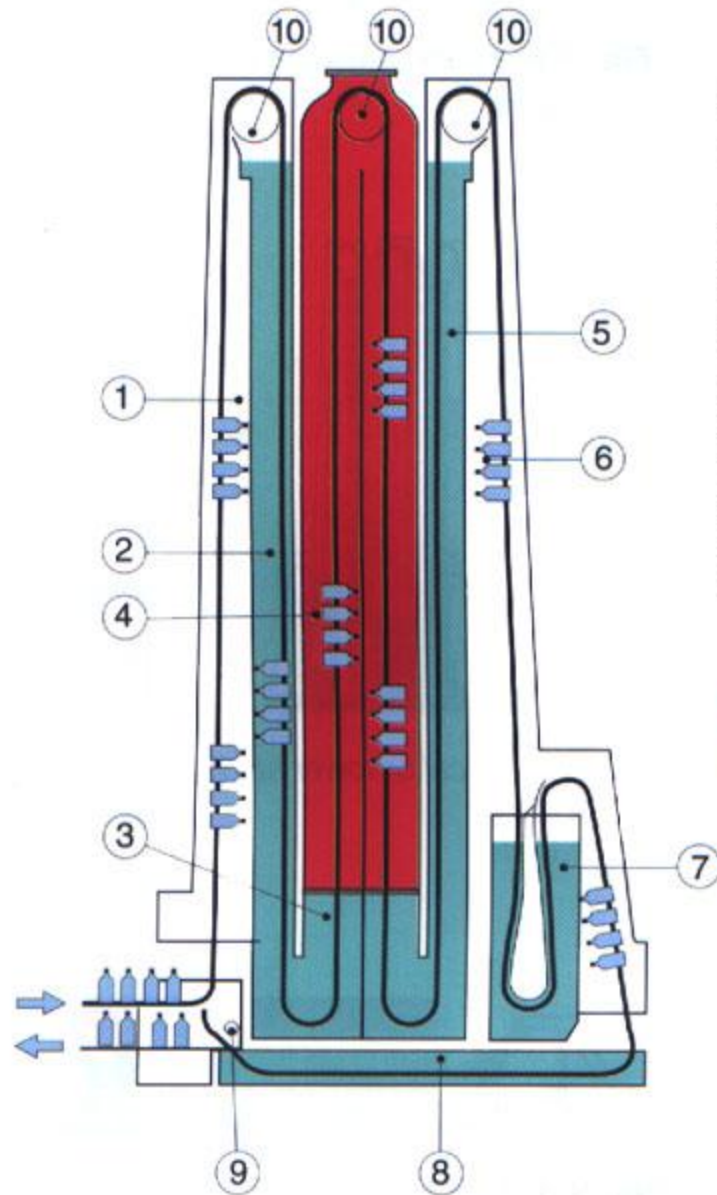
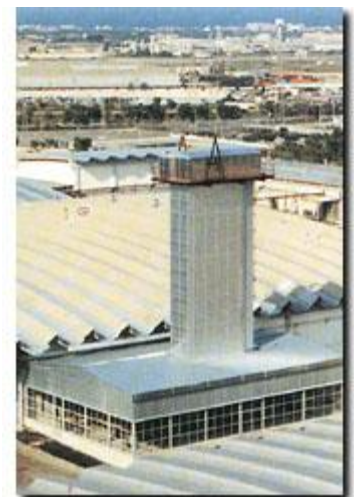
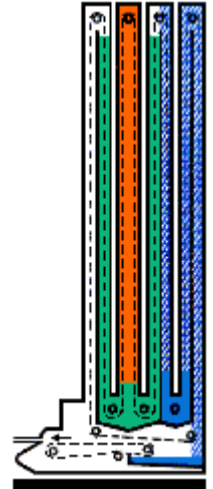


Fig. 9.10 Hydrostatic vertical continuous bottle sterilizer.

- 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



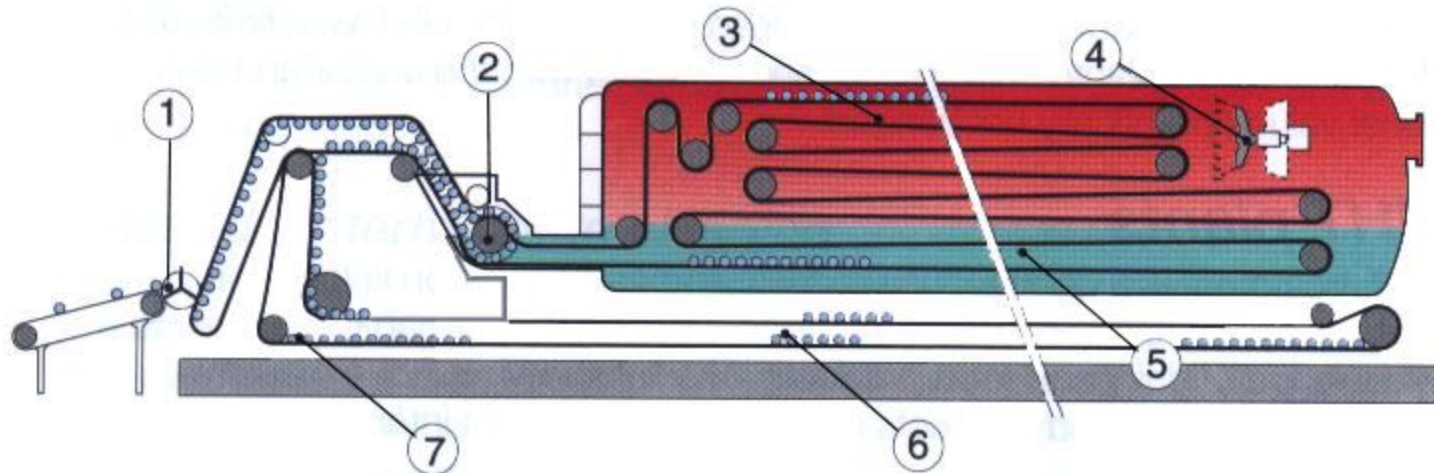
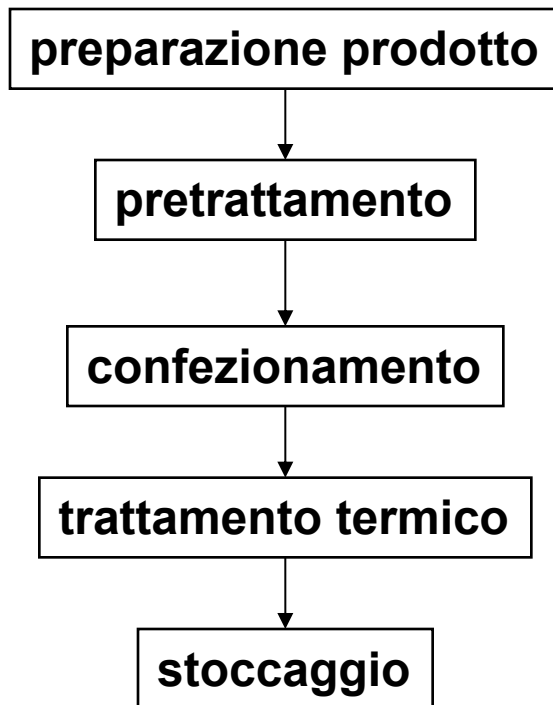


Fig. 9.11 Horizontal sterilizer with rotary valve seal and positive pressurization (steam/air mixture) facility.

- 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

Sterilizzazione classica o discontinua (appertizzazione)



Le scatole vengono etichettate ed imballate.
Può essere necessario un periodo di maturazione prima della commercializzazione (es. pesce sott'olio in cui sale ed olio devono penetrare nei tessuti)

Gli alimenti così prodotti hanno una lunga shelf-life (sino a 5 anni)

Sterilizzazione su prodotto sfuso → Confezionamento aseptico

Il prodotto liquido sfuso viene sterilizzato ed in seguito viene confezionato sterilmente caldo o freddo (metodi continui)

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