

LOTTA AI MICROBI: AGENTI FISICI



INDICE

In copertina

Il luogo più sterile: la camera operatoria

<http://www.acc.af.mil/News/Features/Display/Article/204237/behind-the-surgical-care-scene-operating-room-technologists/>

Definizione

Il calore: il calore nell'industria alimentare, il calore negli ambienti sanitari

Le basse temperature

La filtrazione

L'essiccamento

Le radiazioni

Photo credits

DEFINIZIONE

BioTecnologieSanitarie.it

Definizione

La lotta ai microbi (dal controllo della moltiplicazione alla loro totale eliminazione sia nelle forme vegetative che sotto forma di spore) si avvale di [mezzi chimici](#) e di [mezzi fisici](#).



Camera operatoria: tutto deve essere sterile

Definizione

Tra i mezzi fisici ricordiamo:

- il calore (sotto forma di alte e basse temperature)
- la filtrazione
- le radiazioni
- l'essiccamento

Non tutti questi metodi sono paragonabili. Bisogna sempre tenere conto dell'obiettivo che ci si pone. Dobbiamo sanitizzare, disinfettare, sterilizzare? che materiale dobbiamo trattare? è ovvio che per gli strumenti chirurgici o gli alimenti le scelte saranno diverse.

IL CALORE

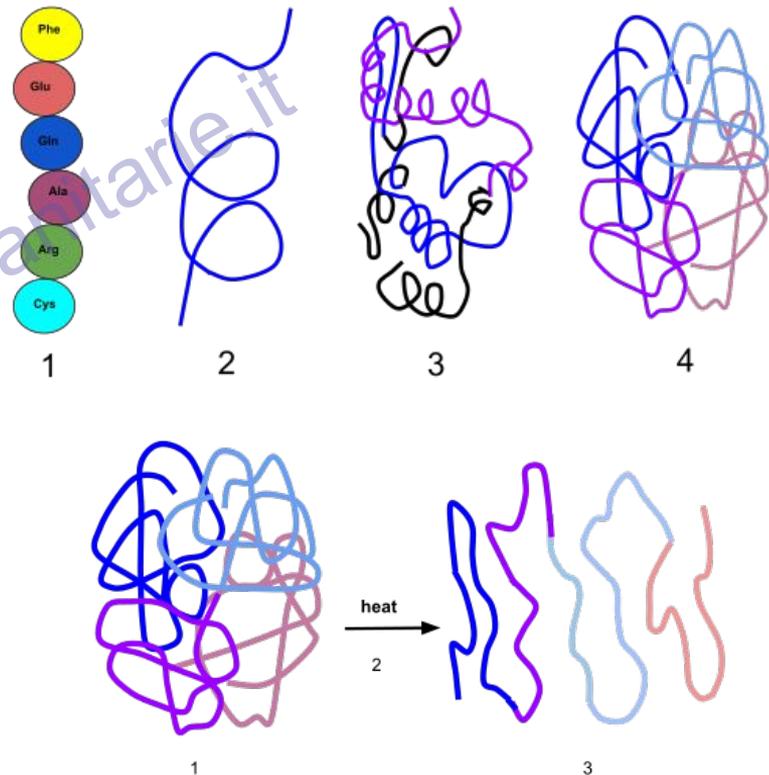
BioTecnologieSanitarie.it

Il calore

Il calore agisce sulle proteine

denaturandole. Le proteine funzionali hanno quattro livelli di organizzazione (primo disegno dall'alto). La primaria (1), la secondaria (2), la terziaria (3) e la quaternaria (4).

Nel disegno in basso vediamo cosa succede ad una proteina funzionale quando si applica il calore. Vengono distrutti i suoi legami intramolecolari.



Il calore

Ma rimangono intatti i legami peptidici. In altre parole non cambia la struttura primaria.

A seguito di questo processo la proteina può perdere la sua funzionalità ed esporre altri gruppi funzionali che favoriscono l'aggregazione tra più proteine.

Per esempio la **cottura del cibo è un ottimo esempio di denaturazione per azione del calore.**

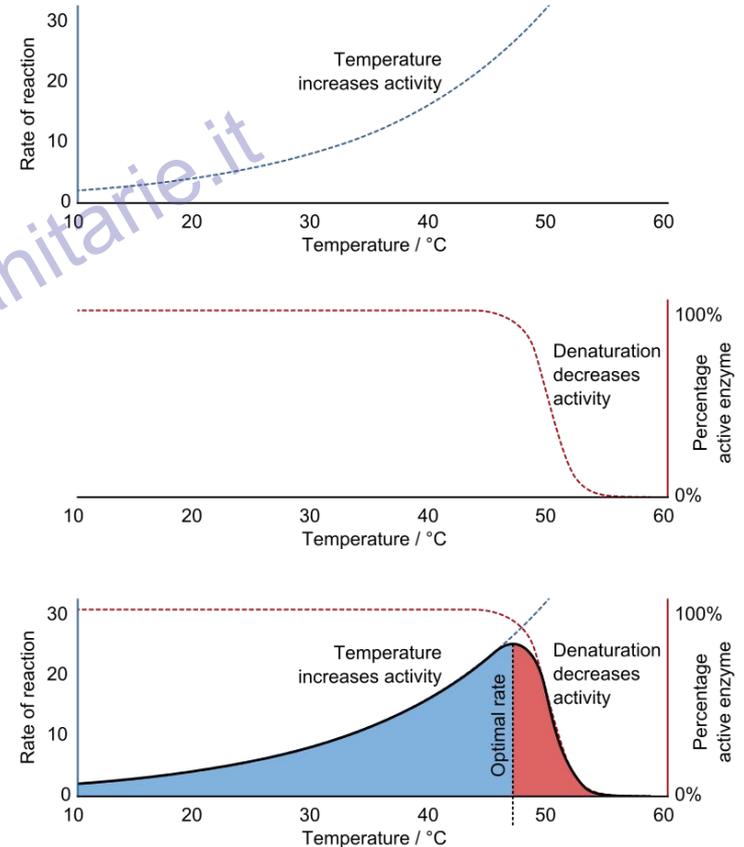


L'albumina, proteina dell'albume dell'uovo, ha subito una denaturazione termica e ha perso la sua solubilità

Il calore

Nei microbi, quindi, per azione del calore si avrà un'azione analoga a livello delle proteine strutturali e funzionali.

L'impiego delle alte temperature può avere un **effetto microbica**. Ma tutto dipende dalla temperatura come si può notare nel grafico accanto relativo alla funzionalità enzimatica. Fino ad un certo valore all'aumentare della temperatura aumenta anche l'attività della proteina ma oltre un certo limite si verifica la denaturazione con le note conseguenze.



IL CALORE NELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

BiotechnologieSanitarie.it

Il calore

Ora la domanda è: ma questo limite è uguale per tutti oppure esiste una diversa termoresistenza dei vari microrganismi?

Si deduce facilmente che questo aspetto ha notevole importanza nel campo dell'industria alimentare in cui è assolutamente prioritario fornire al consumatore un prodotto sicuro dal punto di vista organolettico e microbiologico.

Infatti sarebbe molto semplice sterilizzare un alimento con le tabelle alla mano dove sono registrate fedelmente tutte le temperature a cui i vari microbi sono sensibili. Il problema è che gli stessi processi di denaturazione delle proteine dei germi interessano anche le proteine degli alimenti con perdita conseguente dei suoi principi nutritivi.

Il calore

Questa premessa è utile per capire quanto sia complessa la lotta antimicrobica in tutti i tipi di industrie alimentari perché deve tenere conto di numerosi parametri contemporaneamente.

La cosa migliore sarebbe partire da ingredienti a bassa carica microbica ma ad esempio con le farine questo è impossibile.

Spesso per una corretta produzione e conseguente conservazione degli alimenti si fa ricorso non solo al calore ma anche all'aggiunta di sostanze chimiche come vedremo in un'altra pagina. Inoltre i processi produttivi sono molto attenti a pH, concentrazione di sali e di zuccheri ... a cui alcuni microbi sono particolarmente sensibili o resistenti.

In altre parole una conoscenza specifica del nemico da affrontare è essenziale.

Il calore

Torniamo alla domanda: ma questo limite è uguale per tutti oppure esiste una diversa termoresistenza dei vari microrganismi? Già sappiamo che i batteri vengono distinti a seconda della temperatura ottimale in cui vivono e si moltiplicano in almeno tre grandi gruppi:

batteri	range di temperatura
termofili (molti appartengono agli Archea)	da 45°C a 122°C
mesofili (i più diffusi tra cui i patogeni)	da 22°C a 45°C
psicrofili (anch'essi molto diffusi)	da 0°C a 20°C

Il calore

Prendiamo ad esempio i mesofili, i più diffusi e in cui è compresa anche la stragrande maggioranza di patogeni che hanno un optimum di temperatura intorno a 37°C. Tra di essi ci sono delle notevoli variazioni per quanto riguarda non solo la temperatura ottimale di morte ma anche il tempo necessario per morire. Ricordo che la sterilizzazione ha come obiettivo proprio la morte delle forme vegetative e delle spore batteriche. Ed è questo il punto.

Batterio	Temperatura	Tempo (minuti)
Staphylococcus aureus (batterio non sporigeno)	60°C	18,8
Lactobacillus bulgaricus (utilizzato per produrre lo yogurt)	71°C	30
Bacillus anthracis (batterio sporigeno)	100°C	1,7
Clostridium botulinum	100°C / 121°C	120-360 / 3

Il calore

La tabella della slide precedente mette bene in evidenza come ogni batterio sia diverso. Per quanto riguarda il *Clostridium botulinum* viene segnalata la situazione a seconda di diverse temperature e come potete vedere le differenze nel tempo di applicazione sono tali per cui si passa da alcune ore a pochi minuti. A questo punto chiediamoci cosa vuol dire il termine morte per un batterio. Viste le modalità di coltura in laboratorio, da un punto di vista pratico e applicativo **un batterio è morto quando non riesce più a moltiplicarsi nei normali terreni di coltura**. Questa definizione non discrimina tra batterio morto e danneggiato perché, infatti quest'ultimo, come il primo non è più in grado di crescere in piastra o in provetta.

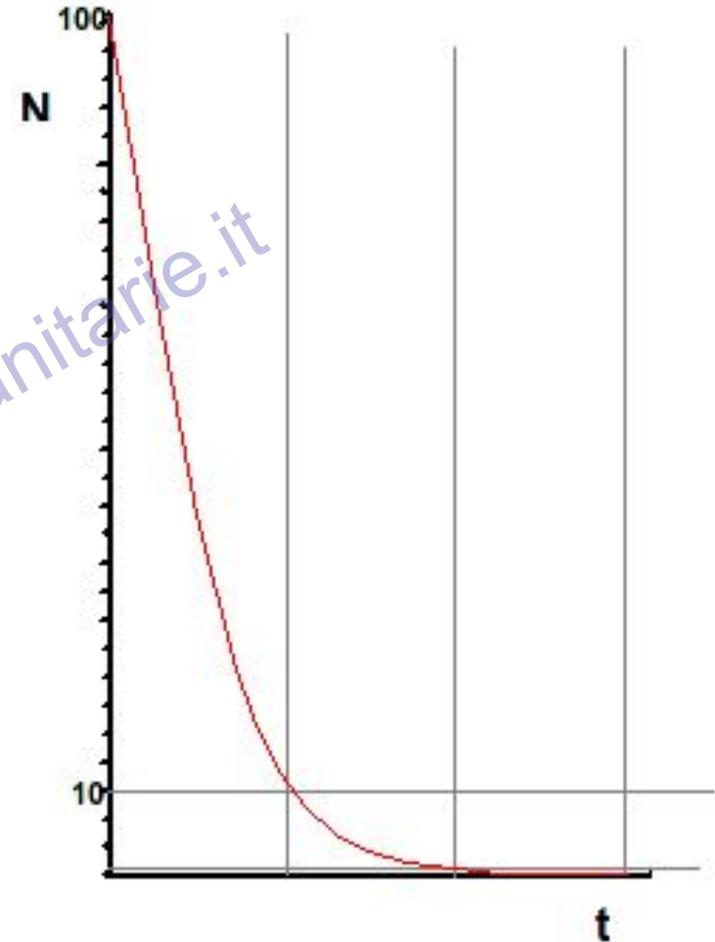
Il calore

Chiarito questo concetto possiamo introdurre il **tempo di morte termica** (TDT - Thermal Death Time) che non può essere un valore assoluto.

Infatti è il tempo, espresso in minuti, necessario per causare la morte o l'inattivazione di microbi sospesi in soluzione ad una certa temperatura e secondo una certa probabilità.

La curva di inattivazione, a destra, testimonia una cinetica di morte di tipo esponenziale.

I microrganismi di una popolazione omogenea non muoiono tutti contemporaneamente.

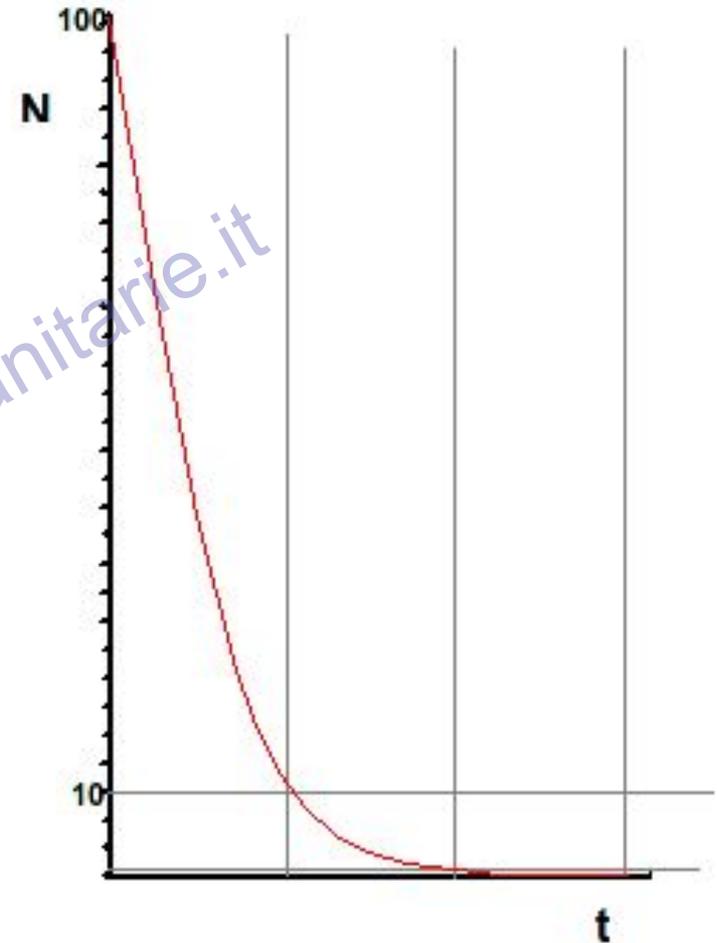


Il calore

Sull'asse delle x è riportato il tempo di trattamento mentre sull'asse delle y il numero di cellule sopravvissute per grammo. La curva è asintotica, cioè il valore delle ordinate non arriva mai a zero.

La popolazione si riduce in proporzione geometrica secondo la seguente funzione:

$$N_t = N_0 \times 10^{-t}$$



Il calore

Ricordando sempre che quanto stiamo trattando trova la sua applicazione principale nell'ambito dell'industria alimentare, passiamo ad un'altra definizione legata al tempo di morte termica, cioè il **valore D** vale a dire il **Tempo di Riduzione Decimale** (Decimal Reduction Time). Ne esiste uno per ogni tipo di microrganismo ed è il tempo, espresso in minuti, necessario per inattivare il 90% dei microrganismi di quella specie presenti nel prodotto in esame. Una volta individuato il valore D si può calcolare il TDT in modo soddisfacente.



Il calore

Facciamo qualche esempio.

Un numero che precede la lettera D indica il fattore di riduzione; per cui 1D sta ad indicare che l'intento è quello di ridurre 1000 microrganismi a 100 oppure di portarli da 10^4 a 10^3 . Mentre per 12D il fattore di riduzione sarà di 10^{12} .

Il numero che segue D sta ad indicare, invece, la temperatura del processo. Per cui si parla di D71 per la pastorizzazione e di D121 per la sterilizzazione.

Quindi D60=1 per il *Bacillus cereus* indicherà che il trattamento termico sarà effettuato a 60°C per 1 minuto per ridurre del 90% la popolazione microbica.



Il calore

Il TDT (tempo di morte termica) è stato sviluppato inizialmente per l'industria conserviera ma ha trovato applicazione poi anche nella cosmesi, nella produzione di mangimi liberi da salmonella, nell'industria farmaceutica ...

Strettamente associato a questo valore c'è anche il **punto di morte termica** (TDP o Thermal Death Point). In pratica è la temperatura minima necessaria per eliminare in 10 minuti tutti i microrganismi in una sospensione liquida.

La maggior parte dei batteri in forma vegetativa viene uccisa in 5 - 10 minuti a 60 -70°C con il calore umido (es. autoclave) ma per le spore il discorso cambia completamente perché in molti casi sono necessarie temperature superiori a 100°C.

E comunque per gli alimenti bisogna considerare che i trattamenti a temperature medio alte possono avere conseguenze sulle loro caratteristiche organolettiche.

Il calore

Molto importante è quindi il tempo del trattamento.

Facciamo un esempio. Prendiamo il caso dello *Staphylococcus aureus* con $D_{60}=7$ minuti che significa che occorre un trattamento a 60°C di 7 minuti per avere la riduzione del 90% di batteri iniziali. Se vogliamo abbassare il tempo possiamo far ricorso al valore z . In che cosa consiste?

$z = \text{thermal resistance constant}$, è l'incremento di temperatura necessario per ottenere una riduzione decimale rispetto al D di riferimento cioè *esprime la relazione tra la temperatura e il logaritmo di D .*

Noto il valore z per lo *S. aureus* che è pari a $9,5^{\circ}\text{C}$ si può dire che se la temperatura venisse portata a $69,5^{\circ}\text{C}$ sarebbero necessari solo 0,7 minuti per avere una riduzione decimale (1D). In altre parole $D_{69,5}=0,7$ minuti; $D_{79,5}=0,07$ minuti; $D_{50,5}=70$ minuti.

Il calore

Non tutto è così semplice come sembra perché sui valori D di una specie microbica incide ad esempio la temperatura. Diminuiscono con l'aumentare della temperatura.

E in ogni caso sulla resistenza alla sterilizzazione possono incidere:

- il pH
- presenza di proteine, grassi, carboidrati
- la presenza di altri soluti
- la forza ionica

Per fortuna si conoscono già i valori D e z delle varie specie microbiche. Il problema riguarda la correlazione con gli altri parametri appena citati, i singoli alimenti e i tempi di conservazione.

Il calore

Focalizziamo ora l'attenzione su alcuni alimenti per valutare l'efficacia del trattamento termico correlata alla garanzia di preservare le caratteristiche organolettiche soprattutto quelle nutrizionali. Il latte è il caso principale. In casa il latte crudo viene fatto bollire. Ma la temperatura di ebollizione non garantisce che siano eliminate tutte le spore. È per questo motivo che **Pasteur studiò la pastorizzazione** con lo scopo di eliminare il *Mycobacterium tuberculosis* che a quei tempi poteva essere trasmesso con il latte crudo all'uomo.



Il calore

Prima di parlare di tempi e temperature bisogna tenere presente il quadro generale. Come vedremo in tre metodiche su quattro non si utilizzano temperature alte e quindi la **pastorizzazione** in questi 3 casi, per esempio per il latte, può essere usata solo per:

- ❖ eliminare certi microrganismi patogeni ma non le spore;
- ❖ eliminare microrganismi responsabili di possibili alterazioni durante la conservazione ma che non sono molto resistenti al calore;
- ❖ tenere sotto controllo i microrganismi sopravvissuti con altre tecniche (refrigerazione, essiccamento ...);
- ❖ garantire la conservazione per 4 giorni per il latte (per 45 giorni solo per il metodo HTST)

Il calore

Bisogna ricordare che la **pastorizzazione** è ormai una pratica molto diffusa non solo per il latte ma anche per la birra, il vino, i succhi di frutta ... gli alimenti liquidi.

La seguente tabella indica la temperatura di esercizio e i tempi nelle metodiche più frequenti.

Pastorizzazione	Temperatura	Tempo
<u>Bassa</u>	60 - 65°C	30 minuti
<u>Alta</u>	75 - 85°C	2-3 minuti
<u>HTST</u> (High Temperature Short Time)	75 - 85°C	15-20 secondi
<u>UHT</u> (Ultra High Temperature) o <u>Uperizzazione</u>	150°C	0,75 secondi

Il calore

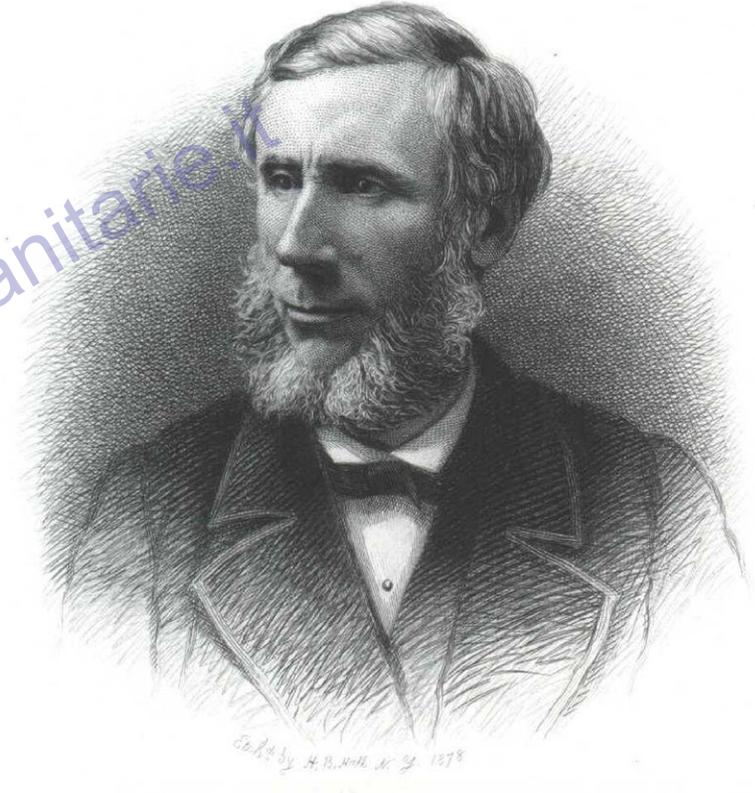
Pastorizzazione Vale la pena ragionare sui dati della tabella riassuntiva della pagina precedente.

Di tutti i trattamenti sicuramente l'ultimo ci consente di comprare **latte UHT** che può essere conservato a temperatura ambiente per circa 3 mesi. Inoltre il trattamento garantisce la conservazione delle caratteristiche organolettiche e non provoca variazioni chimiche visti i tempi di applicazione. Il prodotto è anche garantito dal punto di vista microbiologico.

Ma siamo sicuri che si può parlare di pastorizzazione? non è meglio il termine sterilizzazione? il fatto è che la conservazione è comunque sempre minore rispetto alla classica sterilizzazione. L'uperizzazione è nota anche come ultrapastorizzazione.

Il calore

Per sostanze liquide, quindi non solo alimenti ma anche terreni di coltura che non sopportano le temperature dell'autoclave, si può utilizzare un altro metodo con calore umido: la **tindalizzazione**. Fu inventata da John Tyndall, fisico irlandese (1820 - 1893) ritratto nell'immagine accanto ed è ancora sfruttata.



Il calore

La **tindalizzazione** consiste nel sottoporre la sostanza a una serie di processi con l'intento di uccidere non solo le forme vegetative ma anche le spore. Si tratta quindi di una sterilizzazione.

- Riscaldamento a 80-100°C per distruggere le cellule vegetative
- Successiva incubazione a 37°C per indurre la ripresa vegetativa delle spore ancora presenti.

Il ciclo viene ripetuto per 2 o 3 volte per essere sicuri di aver raggiunto e distrutto tutte le spore presenti.

IL CALORE NEGLI AMBIENTI SANITARI

BioTechnologieSanitarie.it

Il calore

Vediamo ora i vari materiali che si possono trattare ad alte temperature senza conseguenze di nessun tipo. Per esempio nei laboratori e in altri ambienti sanitari.

Si può usare la **stufa a secco** (foto di lato) quando abbiamo bisogno di sterilizzare strumenti chirurgici, vetreria o oggetti di uso comune in porcellana o metallo.



Temperatura	Tempo
180°C	60'

Il calore

Oppure l'**autoclave**. Viene utilizzata per materiali diversi. Dai terreni di coltura, in laboratori di microbiologia, agli strumenti chirurgici. Il metodo del calore umido ha una maggiore capacità di penetrazione rispetto al calore secco visto nella slide precedente e garantisce la sterilizzazione alle temperature riportate in tabella.

L'apparecchiatura impiega il vapor saturo sotto pressione.



Temperatura	Tempo
121°C	15-20'

BASSE TEMPERATURE

BioTechnologieSanitarie.it

Basse temperature

Basse temperature vengono raggiunte nel **frigorifero**.

da +7°C a -4°C

Seppure le temperature non siano uniformi perché il frigorifero è pensato per conservare al meglio i vari cibi che vanno distribuiti secondo le istruzioni.



Basse temperature

Basse temperature vengono raggiunte nel **congelatore**.

-18°C è la media della maggior parte di questi apparecchi. A seconda della stella di attribuzione si può risalire al tempo di conservazione dei cibi. Da tre mesi ad un anno, in media.



Basse temperature

Ma le temperature più basse sono quelle dei **pozzetti ad azoto liquido** dove possono essere conservati per lunghi periodi campioni cellulari di tutti i tipi.

-196°C è la loro temperatura.



Basse temperature

Ora, se è vero che linee cellulari e microrganismi possono essere conservati fino a -196°C ed essere recuperati senza gravi perdite è ovvio dedurre che le basse temperature non possono essere utilizzate per distruggere i batteri nelle loro forme vegetative e nello stadio di spore. Tutt'altro.

Le basse temperature possono avere solo un ruolo **batteriostatico**.

Rallentano o bloccano il metabolismo dei microbi bloccandone la riproduzione. Ma fino ad un certo punto.

Basse temperature

A tutti sarà capitato di trovare in frigorifero cibo andato a male. Come il limone ammuffito della foto.

Decisamente molto più difficile trovare qualcosa del genere all'interno del congelatore.

Ma proprio perché quando viene riportato a temperatura ambiente un alimento è il terreno ideale per la moltiplicazione dei microbi che ospita, viene consigliato di non congelare di nuovo ciò che è stato tolto dal freezer.



FILTRAZIONE

BioTecnologieSanitarie.it

Filtrazione

La filtrazione attraverso membrana trova numerose applicazioni sia in laboratorio quanto nell'industria.

Facciamo alcuni esempi cominciando dalla **microfiltrazione di acque reflue**. Consiste nel far passare le acque da depurare attraverso una membrana filtrante con pori le cui dimensioni variano da 0,03 μm a 10 μm .

Chiaramente questo metodo non consente di trattenere tutti i batteri ma oltre a sabbia, fango e argilla rimuove le cisti di Giardia lamblia, alcune alghe e batteri.

Quindi tutto dipende dai pori delle membrane.

Filtrazione

Altro esempio è l'**ultrafiltrazione** che utilizza membrane semipermeabili con pori il cui diametro varia da 1 a 100 nm.

Con questa tecnica non solo sono trattenuti i batteri ma anche virus e proteine.

È il metodo di potabilizzazione delle acque nell'impianto di Grundmühle in Germania.



Filtrazione

La **microfiltrazione del latte** è un trattamento puramente meccanico, con filtrazione molto sottile attraverso membrane ceramiche a maglie di 1-2,5 μm .

Questa filtrazione, in grado di separare fisicamente i microbi dal latte, viene praticata sulla sola frazione magra del latte senza interagire con le componenti nutritive in esso contenute. Quindi il procedimento non è così semplice come appare leggendo queste poche righe.

Il latte microfiltrato può essere conservato per 10 giorni dal momento del trattamento. Conserva inalterate le proprietà nutritive perché non si usano temperature così alte da pregiudicarle.

Filtrazione

Conclude questa carrellata di metodi legati alla filtrazione l'immagine di un tipico sistema in uso nella maggior parte dei laboratori.

Viene utilizzato per tanti scopi diversi. Ad esempio filtrare l'acqua attraverso membrane specifiche collocate nell'imbuto che possono poi essere trasferite su piastre Petri con terreni specifici e poter così classificare germi patogeni o meno.



ESSICCAMENTO

BioTecnologieSanitarie.it

Essiccamento

Il processo di **essiccamento** è legato alla disidratazione.

L'acqua è fondamentale per ogni essere vivente e per ogni cellula. Si dice spesso che la cellula può essere considerata un laboratorio chimico e ciò che succede al suo interno riguarda la chimica delle soluzioni. È ovvio quindi che ogni diminuzione della quantità di acqua si riflette sulle condizioni del metabolismo. La disidratazione ha questo effetto: rallentare o bloccare le reazioni metaboliche fino a rendere impossibile la moltiplicazione.

Anche questo è un metodo **batteriostatico**.

Essiccamento

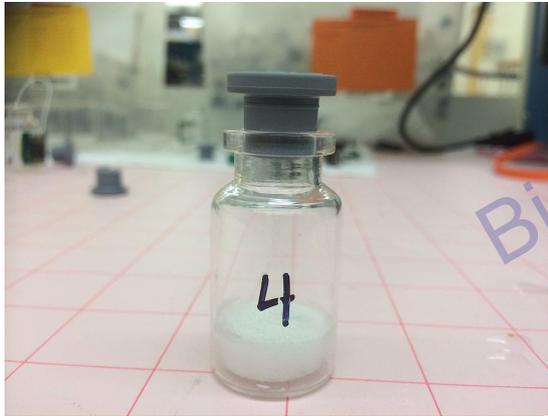
Trai vari metodi di essiccamento ricordiamo il **crioessiccamento** (freeze-drying) o **liofilizzazione** in italiano. Di lato si può vedere una foto di una tipica apparecchiatura utilizzata a questo scopo. L'operatore sta estraendo diversi vassoi con il prodotto.

Il termine inglese rende il concetto più intuitivo rispetto alla parola italiana.



Essiccamento

Per capire meglio la cosa basta fare qualche esempio concreto. A tutti sicuramente viene in mente una fiala con un prodotto farmaceutico. A qualcuno viene spontaneo pensare al caffè istantaneo, a nessuno, immagino, il gelato o gli spaghetti al bacon così come li vedete nella foto.



Essiccamento

Le fasi del processo di **liofilizzazione** o freeze-drying sono quattro.

- A. **Pretrattamento**: include ad esempio la concentrazione del prodotto o l'aumento della superficie da trattare, oppure la revisione della formulazione con l'aggiunta di componenti per aumentare la stabilità ...
- B. **Surgelazione o congelamento rapido** a temperature tra i -30°C e i -60°C . La fase è molto delicata. Infatti se si formano cristalli di ghiaccio fuori misura o intracellulari diventa poi complicato attuare lo step successivo della sublimazione. La surgelazione può avvenire in fiale, in contenitori o in vassoi a seconda del tipo di prodotto.

Essiccamento

C. **Essiccamento primario o sublimazione.** All'alimento o al prodotto surgelato e mantenuto sotto vuoto viene applicato il calore. Si parte da -20°C e si lavora in condizioni di pressione che corrispondono al punto triplo dell'acqua, quel valore che consente di avere l'acqua in tutti e tre gli stati. Così l'acqua viene estratta per sublimazione. Ovviamente il vapore acqueo estratto deve essere subito sottratto per congelamento su serpentine fredde dette condensatori. Mentre i vapori incondensabili vengono aspirati dalle pompe da vuoto e quindi eliminati.

D. **Essiccamento secondario.** Rimane sempre un po' di acqua residua sotto forma di molecole adsorbite sulla superficie. La si estrae con un trattamento a 60°C ed eventualmente intervenendo sulla pressione.

Essiccamento

Alla fine il tasso di umidità oscilla tra l'1 e il 3%.

La conservazione del prodotto può essere fatta a temperatura ambiente e questo agevola anche il trasporto perché non c'è di mezzo alcuna catena del freddo. Ma il prodotto è anche più leggero, altro aspetto molto positivo ai fini del trasporto.

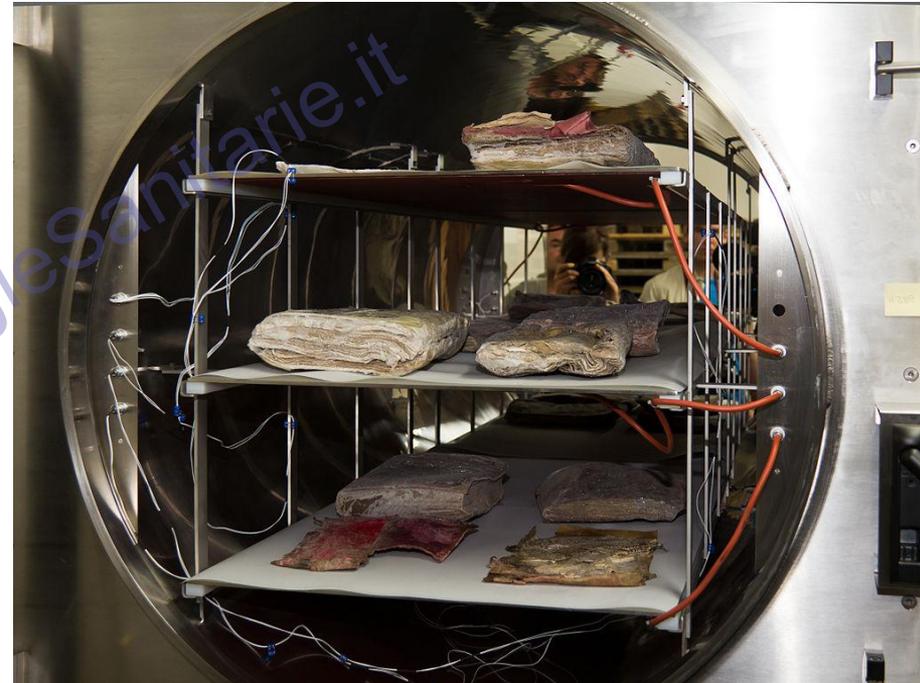
La reidratabilità è un processo veloce e facile.

Le modifiche strutturali sono minime.

Se si tratta di un alimento i principi nutritivi e le caratteristiche organolettiche ampiamente rispettati.

Essiccamento

L'industria alimentare se ne potrebbe avvantaggiare molto di più se i costi per energia e impianti si riducessero. Questo limite è molto serio per cui la maggior parte di questo settore industriale preferisce la surgelazione nonostante tutti i problemi coinvolti nel mantenimento della catena del freddo.



Essiccamento

L'industria chimica di sintesi utilizza questo metodo soprattutto nella conservazione di prodotti sensibili alle alte temperature (proteine, enzimi, microrganismi, plasma sanguigno ...).

Industria farmaceutica e biotecnologica. Questo è sicuramente il settore che più usa la liofilizzazione. L'elenco è piuttosto lungo. Dai microrganismi come i probiotici (Bifidobatteri) all'interferone, al fattore VIII, alla streptochinasi. Ci aggiungiamo una lunga serie di vaccini e di farmaci che ultimamente vengono confezionati in siringhe pronte all'uso per poter essere usate direttamente dai pazienti.

RADIAZIONI

BioTecnologieSanitarie.it

Radiazioni

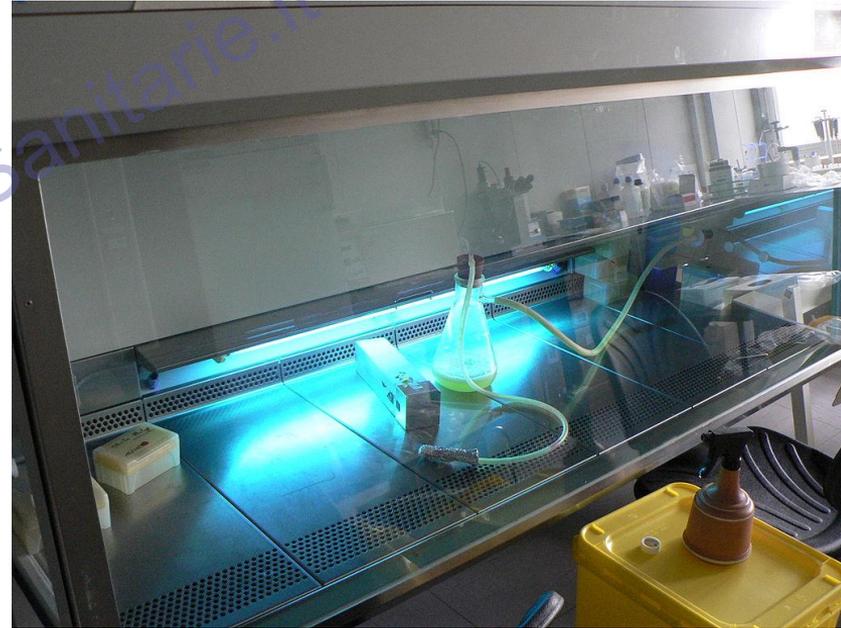
Nell'ambito delle radiazioni vengono utilizzati sistemi ionizzanti e non ionizzanti.

Le **radiazioni ultraviolette** non sono ionizzanti. Quindi non hanno un grosso potere di penetrazione. Eppure sono in grado di creare danni alla struttura molecolare del DNA (dimeri della timina). In questo caso non parliamo dei raggi UV dello spettro elettromagnetico ma di radiazioni prodotte dal bombardamento, con elettroni o un fascio di raggi catodici, di un bersaglio fatto di metallo pesante. In poche parole questo è il funzionamento di una **lampada germicida** che ha il suo massimo livello di attività nell'aria degli ambienti.

Radiazioni

L'immagine di lato ci fornisce l'esempio che abbiamo sotto gli occhi entrando in un laboratorio di microbiologia ma anche in uno studio dentistico.

Va ricordato che sono sterilizzanti solo gli UV con lunghezza d'onda compresa tra 240 e 280 nm e che il trattamento deve essere fatto quando non ci sono operatori perché i raggi UV sono irritanti per le mucose, in particolare per gli occhi.



Radiazioni

Passiamo ora alle radiazioni ionizzanti. Ci interessano i raggi γ .

Sono onde elettromagnetiche prodotte da Co60 e Cs137. Quindi si generano nel nucleo atomico di elementi radioattivi.

Meccanismo d'azione: denaturano le proteine e provocano danni al DNA.

I Gram+ risultano più sensibili alla loro azione rispetto ai Gram-; mentre le spore sono più resistenti rispetto alle forme vegetative. Funghi e protozoi hanno resistenza analoga ai batteri. I virus sono molto più resistenti.

In genere vengono utilizzati nella sterilizzazione di presidi medico-chirurgici (aghi, siringhe, cateteri). Gli operatori devono essere ben protetti e quindi gli ambienti di lavoro a norma per la sicurezza specifica perché i raggi γ sono mutageni.

Radiazioni

Ogni oggetto da sterilizzare deve essere avvolto in un involucro che non sia impermeabile a queste radiazioni ma deve essere assolutamente impermeabile ai microrganismi. Inoltre deve essere inserito un agente antiossidante perché questo tipo di radiazioni in presenza di ossigeno può alterare i polimeri delle plastiche utilizzate per il packaging.

Per quanto riguarda i farmaci che devono essere in polvere molti non possono essere sterilizzati con questo metodo perché innesca reazioni a catena facendo perdere l'efficacia della molecola.

Sugli alimenti ci sono ancora molte riserve visti i tanti lati negativi.

PHOTO CREDITS

Camera operatoria - By John Crawford (Photographer) [Public domain or Public domain], via Wikimedia Commons

Le quattro strutture delle proteine - By Scurran15 - Own work, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40659357>

Processo di denaturazione delle proteine - By Scurran15 - Own work, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40666952>

Cottura dell'uovo - Di David Benbennick - The egg is a Lucerne brand large grade AA, American. It is shown being cooked on a non-stick (probably Teflon) pan., Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=43466>

Effetto della temperatura sull'attività enzimatica - By Thomas Shafee - Own work, CC BY 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47436206>

PHOTO CREDITS

Curva di inattivazione - Di Giangagliardi - Opera propria,
Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3604479>

Conserve alimentari - CCO Creative Commons (da
pixabay.com)

Olio e prodotti derivati da olive - CCO Creative Commons
(da pixabay.com)

John Tyndall - By See Description above. - Taken from the
Smithsonian Institution's digital collection of portraits on the
Internet at Portraits from the Dibner Library of the History of
Science and Technology. The uncropped copy is viewable
there:

[http://www.sil.si.edu/imagegalaxy/imageGalaxy_enlarge.cfm?
id_image=2974](http://www.sil.si.edu/imagegalaxy/imageGalaxy_enlarge.cfm?id_image=2974) ., Public Domain,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11199530>

PHOTO CREDITS

Stufa a secco - Di R-E-AL (talk | contribs | Gallery) (German Wikipedia) - English: This Photo has been taken with a Casio Exilim EX-Z3 camera., CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9049637>

Autoclave - By SystecAutoclaves (Own work) [CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0)], via Wikimedia Commons

Frigorifero - By LaraLove at English Wikipedia (Transferred from en.wikipedia to Commons.) [GFDL

(http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html), CC-BY-SA-3.0

(http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/) or Public domain], via Wikimedia Commons

Congelatore - By Tiefkuehlfan (Own work) [CC BY-SA 3.0

(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)], via Wikimedia Commons

PHOTO CREDITS

Pozzetto ad azoto liquido - By real name: Matylda Sęk pl.wiki: Cygaretka commons: Cygaretka (Own work) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons

Limone ammuffito - CCO Creative Commons (da pixabay.com)

Impianto di ultrafiltrazione per le acque potabili - By W.E.T. GmbH - W.E.T. GmbH, Attribution,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4436626>

Sistema di filtrazione in uso nei laboratori - CCO Creative Commons (da pixabay.com)

Apparecchiatura per liofilizzazione - Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1474868>

Fiala di vetro con prodotto liofilizzato - By Alexeenko - Yesterday in the lab, CC BY-SA 4.0,

<https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=51214367>

Caffè istantaneo - CCO Creative Commons (da pixabay.com)

PHOTO CREDITS

Gelato e spaghetti al bacon liofilizzati - By Vassia Atanassova - Spiritia - Own work, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=57043658>

Liofilizzatore per alimenti - Di © Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0 (via Wikimedia Commons), CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16490717>

Sterilizzazione piano di lavoro con lampada UV - Di Newbie~commonswiki - Opera propria, Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=609576>