



LA CONSERVAZIONE DEGLI ALIMENTI

Dai metodi più antichi a quelli più moderni dallo zucchero e il sale fino all'atmosfera modificata e alle radiazioni disciplinate dal Codex alimentarius

Indice

In copertina

Canditura

CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/wiki/index.php?curid=228852>

Salatura

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salatura_5.gif

Introduzione

Un po' di storia

Mezzi fisici: il calore

Mezzi fisici: le basse temperature

Mezzi fisici: l'essiccamento

Mezzi fisici: l'irradiazione

Mezzi fisici: l'affumicatura

Mezzi chimici: salagione e zuccheraggio

Photo credits

Introduzione

Il supermercato è il luogo ideale per osservare i vari metodi di conservazione degli alimenti.

Ogni cibo viene esposto rispettando le giuste condizioni di temperatura e luminosità.

Inoltre, sono praticamente presenti tutte le tecniche di conservazione fisiche e chimiche.



Introduzione

La conservazione degli alimenti è un processo molto complesso che coinvolge innanzitutto molte persone.

Da chi il cibo lo produce, lo manipola, lo trasporta e lo vende a chi lo acquista e, a sua volta, lo conserva e lo cucina.



Introduzione

Tra le prime persone che vanno citate ci sono i **chimici**, i **biologi** e ultimamente i **tecnologi alimentari**, profondi conoscitori delle caratteristiche nutritive e organolettiche di ogni alimento e quindi di come deve essere trattato in tutte le fasi della filiera agroalimentare. Ma anche consapevoli del rischio alimentare. Sono gli esperti, quindi, che sanno esattamente quali sono le tecniche più adatte per conservare al meglio il cibo. Gli esperti a cui si affidano molte industrie alimentari



4 maggio 1959 - I laboratori sono molto migliorati da quando il direttore J. Thompson osservava il chimico Bertha Munks al lavoro con test sugli alimenti (Tallahassee - Florida)

Introduzione

L'operatore che agisce nella trasformazione alimentare deve conoscere molto bene quali norme igienico-sanitarie applicare e quindi deve avere una formazione adeguata. I rischi, in caso contrario, potrebbero essere molto seri. È facile far contrarre al consumatore finale un'infezione, tossinfezione o intossicazione alimentare. Inoltre gli si deve garantire l'igiene necessaria.



Introduzione

Altra categoria importante è quella dei trasportatori.

Chi ha il compito di trasferire gli alimenti dal luogo di produzione a quello di vendita deve essere adeguatamente informato sulle precauzioni da seguire. Per esempio deve stare attento a non interrompere mai la catena del freddo perché potrebbe compromettere la corretta conservazione.



Introduzione

Chi vende ha altrettanti obblighi. Sia il piccolo negozio che il grande supermercato. Oltre a fornire locali adeguati, illuminati, con la giusta temperatura e umidità, gli spazi per il banco frigo e per i surgelati, deve poter contare su gente competente che sa quali sono i rischi alimentari a carico del punto vendita. E i problemi non riguardano solo il cibo fresco.



Introduzione

E non dobbiamo dimenticare la **categoria dei ristoratori** che avendo a che fare quotidianamente con il problema di una conservazione ed operatività ottimale per la tutela sanitaria dei loro clienti sono anch'essi tenuti a rispettare delle norme igieniche specifiche. Basti pensare alle salmonelle che possono essere trasmesse con le uova.



Introduzione

Alla fine della catena troviamo il **consumatore** che ha il suo carico di responsabilità nella conservazione non corretta o troppo prolungata degli alimenti acquistati.

A questi fattori poi si possono aggiungere anche tecniche di cottura non propriamente corrette per l'incidenza di alcune patologie infettive.



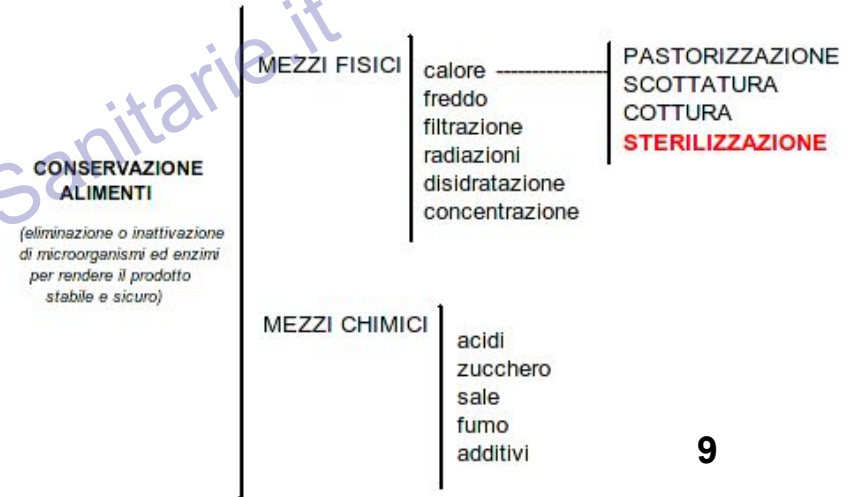
Introduzione

L'argomento dell'[igiene e qualità degli alimenti](#) nei suoi molteplici aspetti viene affrontato nell'omonima pagina. Qui ci limitiamo alla sola conservazione tenendo presente lo schema.

Molte delle successive slide sono collegate ad un'altra presentazione.

[Lotta antimicrobica: agenti fisici.](#)

Inoltre per completezza bisognerebbe consultare anche [i conservanti e antiossidanti alimentari](#) (additivi).



Introduzione

Prima di esaminare i vari metodi fisici e chimici vale la pena sottolineare alcuni principi utili per capire fino in fondo la complessità del problema.

Prima di tutto **bisogna sempre incrociare due esigenze**: mantenere il più possibile le caratteristiche organolettiche e nutritive dell'alimento ma consentirne nello stesso tempo un uso dilazionato nel tempo. In altre parole impedire che i batteri saprofiti, approfittando dell'abbondanza di sostanze nutritive, possano moltiplicarsi rendendo un alimento non edibile.

Ecco allora l'importanza della scelta dei mezzi più idonei per la conservazione.

Poi bisogna evitare la presenza di eventuali patogeni secondo la normativa vigente per evitare la trasmissione di malattie infettive.

Introduzione

Facciamo qualche esempio per ulteriore chiarezza.

Il **tonno**, se va venduto fresco, deve essere sottoposto all'abbattimento (la procedura verrà trattata più avanti).

Se si vuole conservare per lunghi periodi viene trasformato nell'industria conserviera e venduto sottolio con scadenze molto lunghe nel tempo.



10a



10b

Introduzione

Per il **latte** si fanno considerazioni diverse. Un conto è il latte che viene venduto come alimento da bere che deve essere sottoposto a trattamenti che ne garantiscano le condizioni igienico-sanitarie ottimali senza fargli perdere le proprietà nutritive e le caratteristiche organolettiche. Il latte destinato al caseificio ha esigenze diverse.

In questo caso l'eventuale carica microbica viene sicuramente abbattuta durante i processi di trasformazione ma è sempre utile impedire che i germi si moltiplichino nell'attesa per evitare perdite di valore della materia prima. Ecco da dove nasce l'esigenza della refrigerazione.

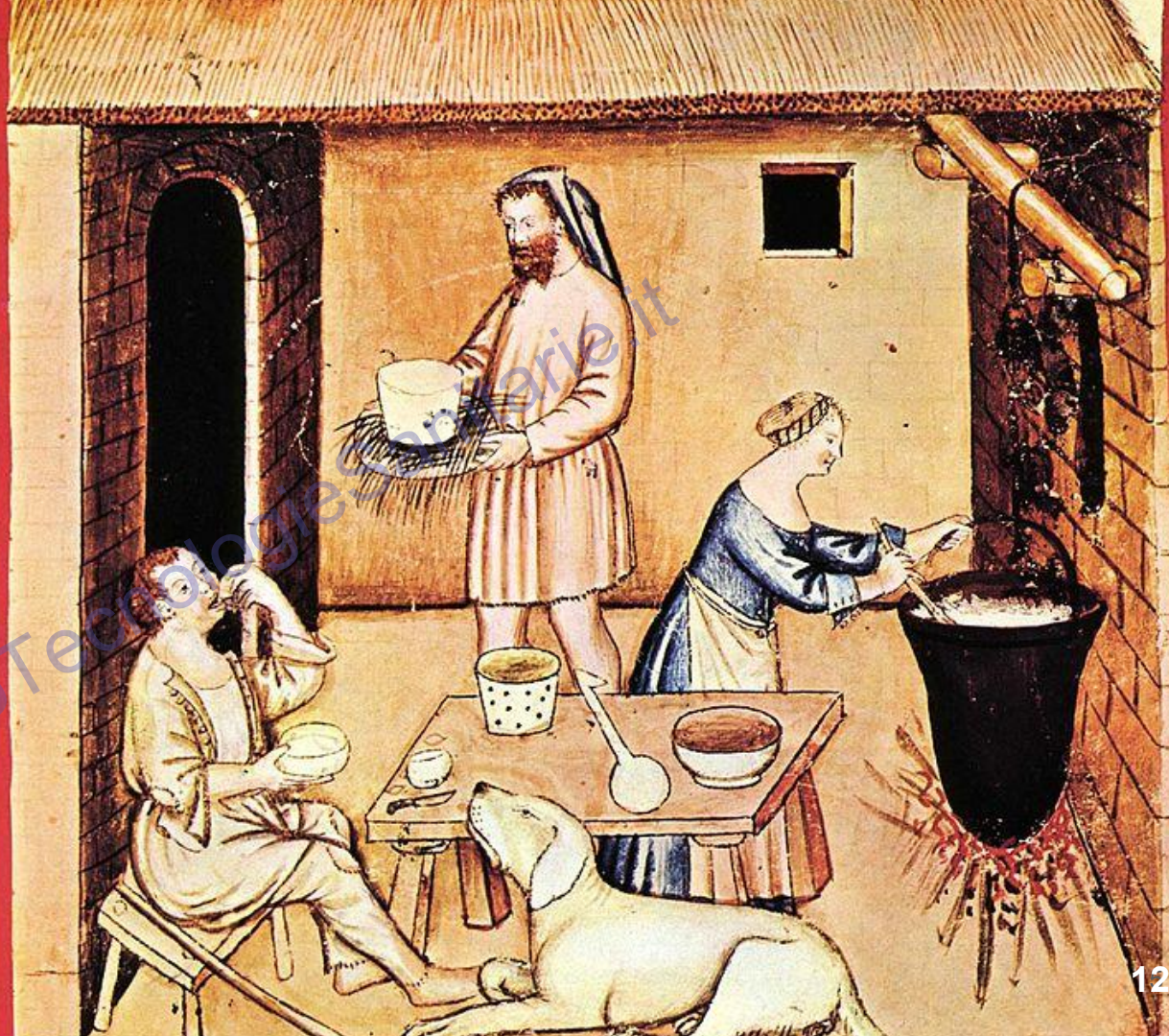


Un po' di storia

Fin dall'antichità l'uomo ha dovuto risolvere il problema della conservazione degli alimenti che produceva.

A partire dai semi dei raccolti che spesso ammuffivano o germogliavano per finire con il pesce e la carne.

Per alcuni cibi ha scoperto subito la tecnica della salatura per altri ha dovuto aspettare qualche millennio in più.



Un po' di storia

Le prossime diapositive appartengono alla presentazione

[Conservanti ed Antiossidanti Alimentari](#)

I principali punti relativi alla storia della conservazione degli alimenti sono ripresi in modo schematico ma esaustivo. Per i Photo Credits riferirsi alla sopraddetta presentazione.

La conservazione del cibo nella storia

Da sempre l'uomo ha combattuto contro il deterioramento del cibo. Tra i primi metodi introdotti va ricordata la salagione. Recentemente (inizio 2018) sono stati ritrovati da Lara Maritan, dell'Università di Padova, dei fossili di pesci lungo le rive del Nilo (villaggio di Al Khiday in Sudan) che testimoniano l'uso del sale come conservante e che risalgono a circa 10.000 anni fa.



Bacalà in vendita al mercato di Nizza

La conservazione del cibo nella storia

Gli antichi Egizi, come del resto Greci e Romani, usavano già l'anidride solforosa quando dovevano ripulire i tini dopo la fermentazione del vino. Probabilmente dovevano utilizzare qualche suo sale che comunque libera poi SO_2 .



Nel Medioevo le spezie, che ormai venivano commercializzate in tutti i territori conosciuti, sono state ampiamente utilizzate non solo per aromatizzare i cibi ma anche per conservarli.

La conservazione del cibo nella storia

Chi andava per mare e si preparava a lunghi periodi lontano dalla terraferma, fino alla fine del '700, portava con sé innanzi tutto gallette (biscotti di pasta di pane duri che si conservavano a lungo e venivano intinti in acqua od olio per poterli ammorbidire).

Altri alimenti che potevano essere conservati in cambusa erano la carne di suino essiccata o il pesce conservato in salamoia. Oltretutto bisognava fare i conti con i topi che infestavano la nave. Non era certo un bel vivere. E quando si aveva il pesce fresco era una vera festa.



La conservazione del cibo nella storia

Quando **Nicolas Appert** (pasticciere francese 1749 - 1841), nel 1795, scoprì il metodo per conservare il cibo nei contenitori ermetici (**appertizzazione**) molti problemi furono superati. Nei recipienti di **vetro** (in pratica bottiglie) levava l'aria; poi tappava il tutto e li metteva a bollire. Gli alimenti trattati così erano molti. Famosa la "Casa di Appert", la prima fabbrica di alimenti in vasi di vetro al mondo.



La conservazione del cibo nella storia

Cinquanta anni più tardi Pasteur dimostrava che il calore uccideva i microbi. Ma ancora prima di lui dobbiamo ricordare Pierre Durand (francese, 1766 - 1822) che nel 1810 ottenne il brevetto da re Giorgio III d'Inghilterra per conservare i cibi in *vetro, ceramica e alluminio*. Nacquero così le prime lattine per cibi in scatola.

Tre anni più tardi due inglesi, Bryan Donkin e John Hall, inaugurarono la prima fabbrica di carne in scatola per l'esercito inglese.

È stato però solo nel XX secolo, con la diffusione dell'industria alimentare, che è stato dato impulso notevole agli studi sulla conservazione degli alimenti e ai conservanti chimici che sono i protagonisti di questa presentazione. .

I mezzi fisici: il calore

Quali sono le pratiche più comuni con il calore? senza dubbio la pastorizzazione è usata molto nell'industria alimentare ma anche la sterilizzazione opportunamente controllata. In ogni caso bisogna sempre garantire un prodotto che conservi le sue qualità nutritive e organolettiche.



Mezzi fisici: il calore

Incominciamo riprendendo alcune diapositive della presentazione

Lotta ai microbi: agenti fisici

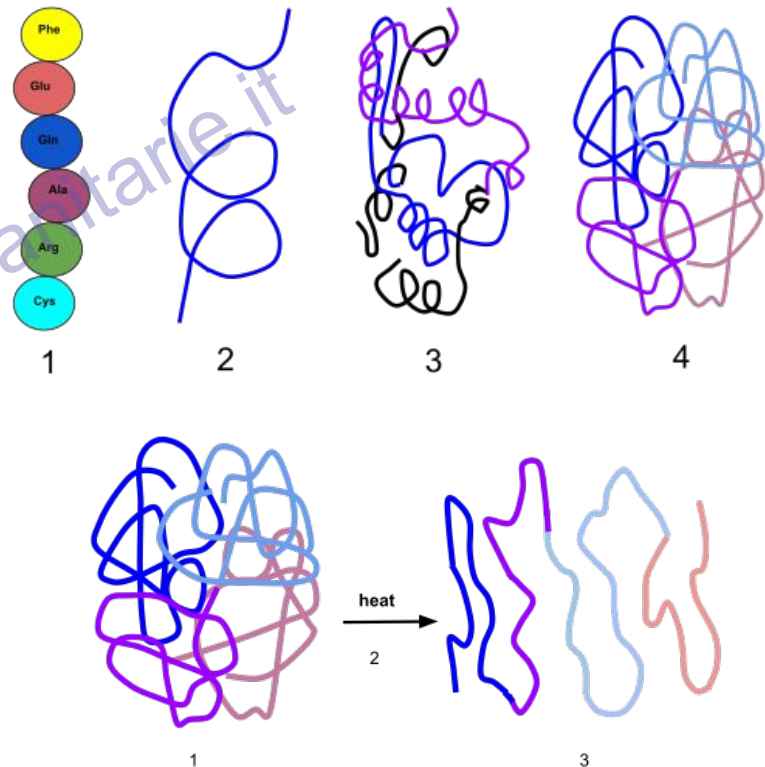
Il primo argomento riguarda il **calore**. Come agisce sulle cellule e l'effetto globale sui microbi. Successivamente viene esaminata la diversa termoresistenza dei microrganismi

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.**

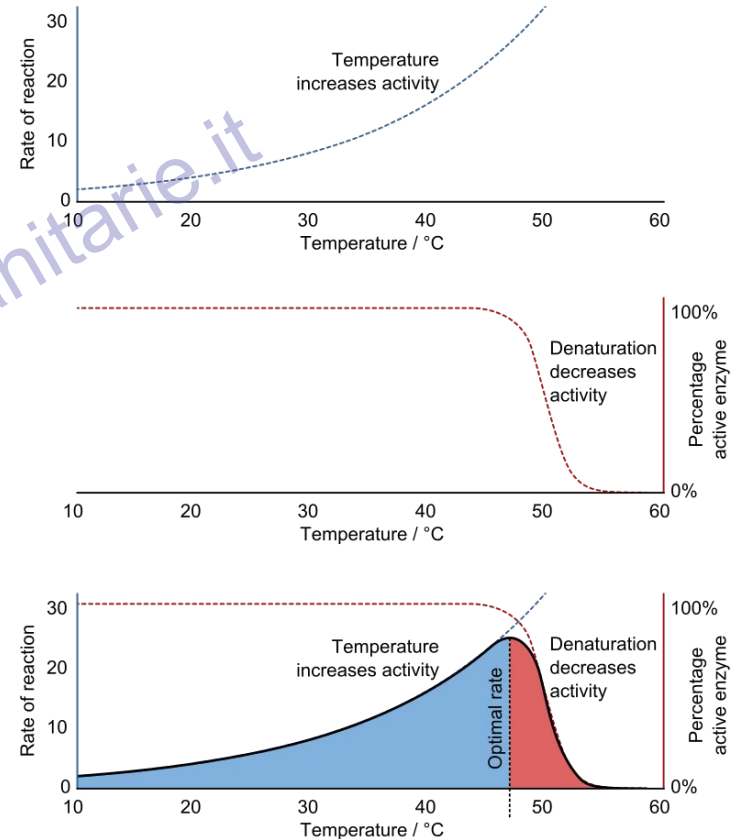


L'albumina, proteina dell'albume dell'uovo, ha subito una denaturazione termica e ha perso la sua solubilità

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 microbicide**. 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

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.

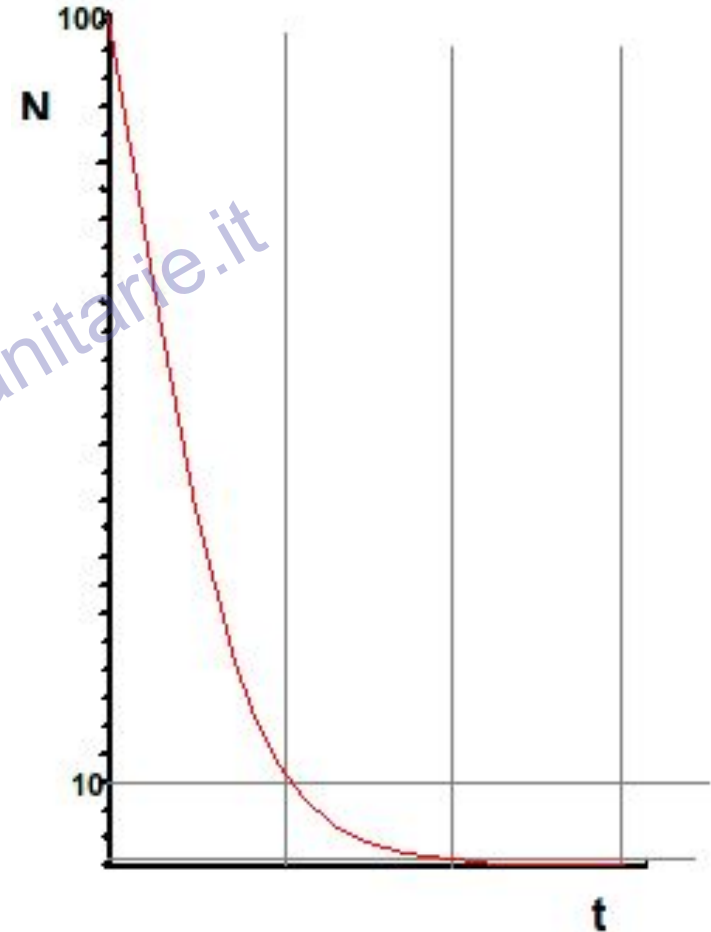
Il calore

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.

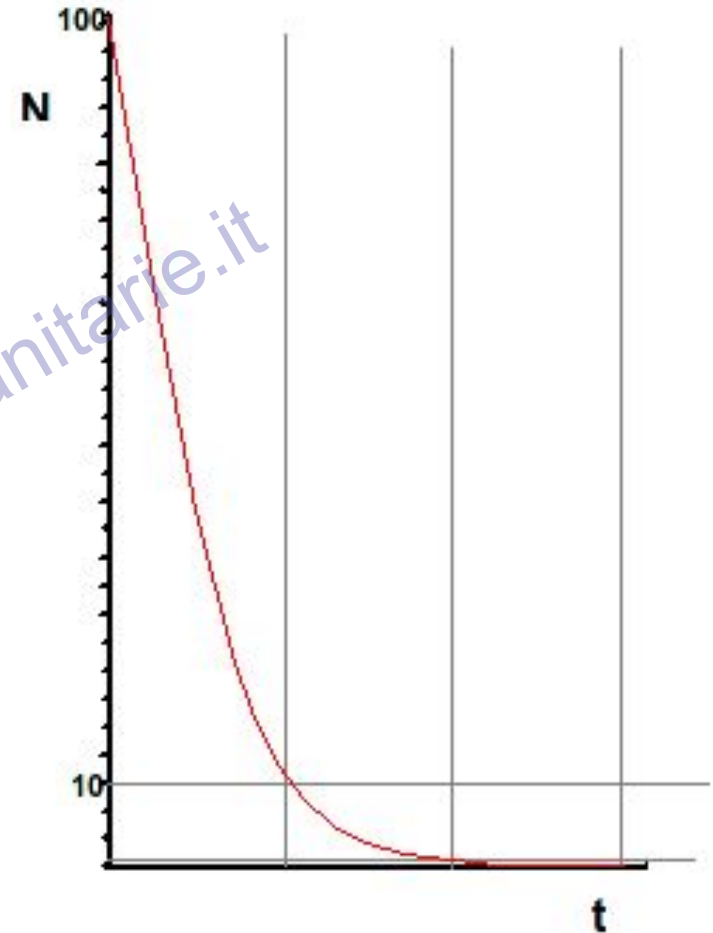


Il calore

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; $D_{79}=0,07$ 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 il latte per 4 giorni (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

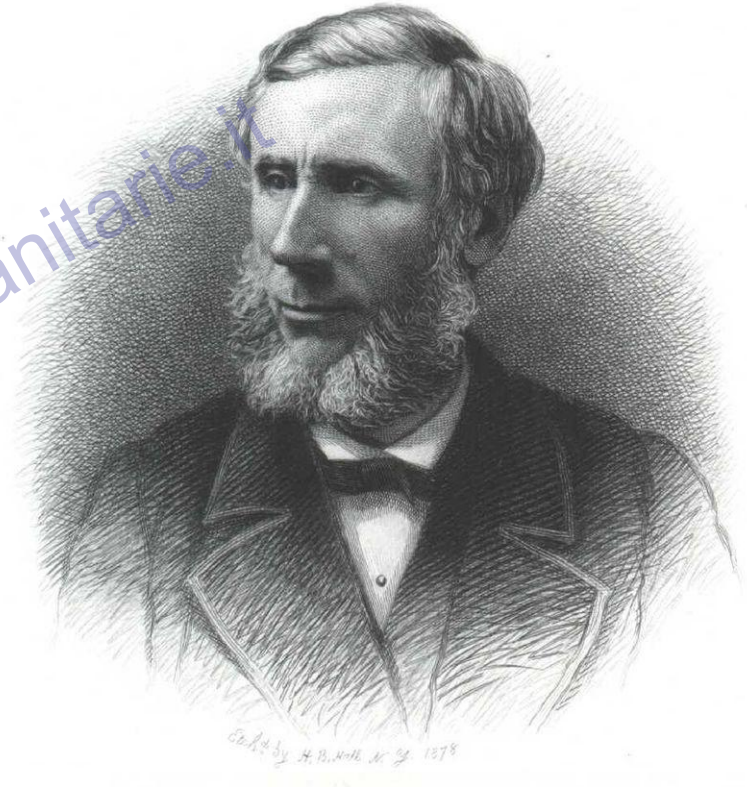
Pastorizzazione Vale la pena ragionare sui dati della tabella riassuntiva della pagina precedente.

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.

Mezzi fisici: il calore

Fin qui quanto descritto nella presentazione relativa ai mezzi fisici utilizzati nella lotta antimicrobica mediante calore.

Ricapitoliamo i sistemi termici più idonei agli alimenti.

- **Pastorizzazione:** ha il limite di non eliminare le spore e i microbi termofili; è seguita da un rapido raffreddamento e l'alimento deve essere conservato a basse temperature (refrigerazione) o con l'aggiunta di additivi ad azione batteriostatica oppure a pH acido. Gli alimenti pastorizzati sono definiti *semiconserva*.
- **Tindalizzazione:** è una sterilizzazione frazionata consigliata solo quando la carica microbica iniziale non è elevata e per soluzioni ricche di vitamine.

Mezzi fisici: il calore

- **Sterilizzazione.** Il termine non è stato ancora usato per un semplice motivo. Prevede l'eliminazione di tutte le forme microbiche, spore comprese, a temperature molto elevate. In molti casi incompatibili con il mantenimento delle caratteristiche organolettiche. Si può però giocare come abbiamo visto con un trattamento termico molto veloce, di pochi secondi (latte UHT), oppure con l'acidità. In ogni caso stiamo parlando di *conserve*. Quindi di minestre, sughi, prodotti animali (carne bovina, suina, pesce ...) e vegetali.

Il nemico più grande da combattere in questi casi sono le spore del Clostridium botulinum che però non riescono a germinare a $\text{pH} < 4,5$.

Mezzi fisici: il calore

Sterilizzazione. Ma quali sono le conserve a pH <4,5? tra queste c'è la salsa di pomodoro naturalmente acida oppure altre preparazioni di frutta e verdura opportunamente acidificate.

Il pH a questi livelli consente la sopravvivenza solo di batteri acidofili che normalmente vengono uccisi tra 60 e 100°C. L'immersione in acqua portata poi ad ebollizione per tempi adeguati consente di fare questo tipo di conserve anche in casa. Si consiglia sempre, però, un'attenta lettura delle norme dell'ISS (Istituto Superiore di Sanità) prima di iniziare.



Mezzi fisici: il calore

Sterilizzazione. Per conserve a pH > 4,5 è necessario ricorrere a temperature più elevate, tipiche della vera e propria sterilizzazione. Pesce sott'olio, carni in scatola, sughi non sufficientemente acidi, minestre etc. dopo essere stati sottoposti a questi trattamenti termici devono subire un periodo di



maturazione perché ad esempio sale ed olio del tonno devono penetrare in profondità prima della commercializzazione. Per tutte le conserve la sterilizzazione è solo l'ultimo dei processi di trasformazione nell'industria alimentare (preparazione, cottura o scottatura e confezionamento).

Mezzi fisici: il calore

Per completare il quadro dobbiamo tenere conto anche dei volumi da trattare in campo industriale e quindi di quali siano i metodi più efficaci per trasmettere il calore in questo ambito.

Il calore si propaga per:

- conduzione
- convezione
- irraggiamento

Mezzi fisici: il calore

Propagazione per conduzione

Questa modalità può avvenire in un mezzo solido, liquido, aeriforme.

Può avvenire in un solo corpo o tra due corpi in contatto.

È la trasmissione del calore dalle zone a temperatura maggiore verso quelle a temperature minore.

La spiegazione microscopica sta nell'oscillazione delle molecole del materiale che aumenta con l'aumentare della temperatura.

La cottura in padella senza acqua è un esempio di propagazione del calore per conduzione.

Mezzi fisici: il calore

Propagazione per convezione

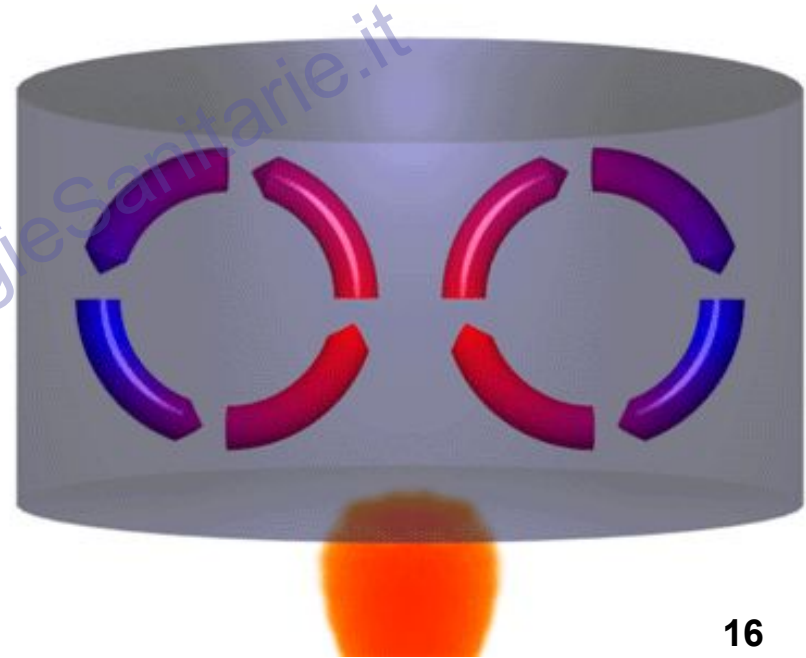
Questo metodo riguarda solo i fluidi. Quando l'aria o l'acqua vengono a contatto con un corpo caldo aumentano di temperatura per conduzione. Aumentando di temperatura aumentano di volume e diminuisce la loro densità. A causa della spinta di Archimede salgono verso l'alto perché meno densi del fluido che li circonda che è più freddo.

Così si formano i moti convettivi, tipici del mantello all'interno della Terra ma anche della modalità di cottura in acqua.

Mezzi fisici: il calore

Propagazione per convezione

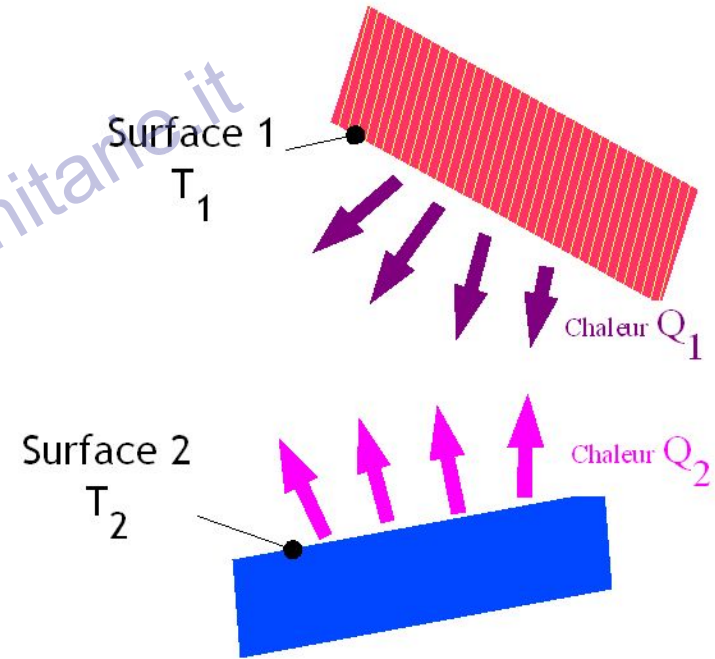
L'animazione illustra molto bene la convezione di un fluido all'interno di un recipiente scaldato dal basso.



Mezzi fisici: il calore

Propagazione per irraggiamento

L'irraggiamento non prevede contatto tra i due corpi e neanche la presenza di un mezzo in cui propagarsi. Quindi può avvenire anche nel vuoto e coinvolge le onde elettromagnetiche. Si ha da una parte emissione (da parte del corpo caldo) e dall'altra assorbimento (da parte del corpo meno caldo) di radiazione magnetica.



Mezzi fisici: il calore

Queste precisazioni sono molto importanti quando si devono prevedere trattamenti termici su un alimento.

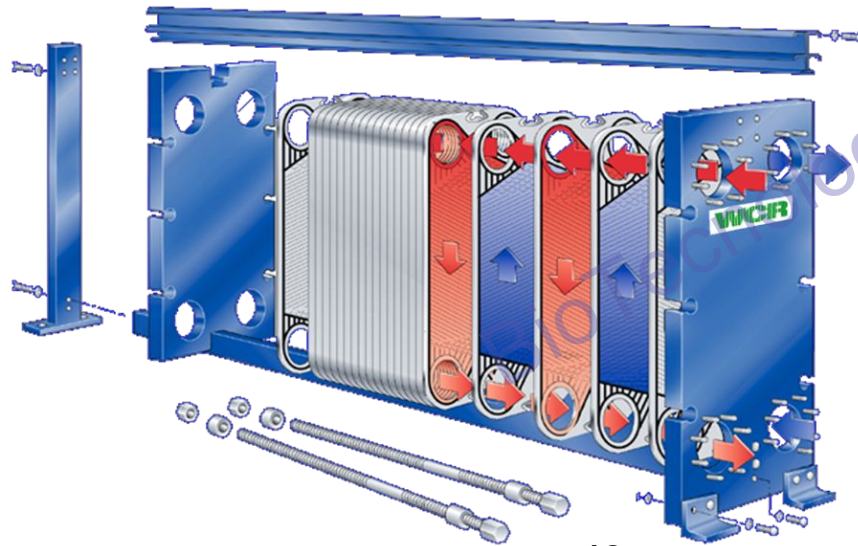
Infatti bisogna tenere conto della:

- conducibilità termica dell'alimento
- conducibilità termica del contenitore
- velocità di penetrazione del calore

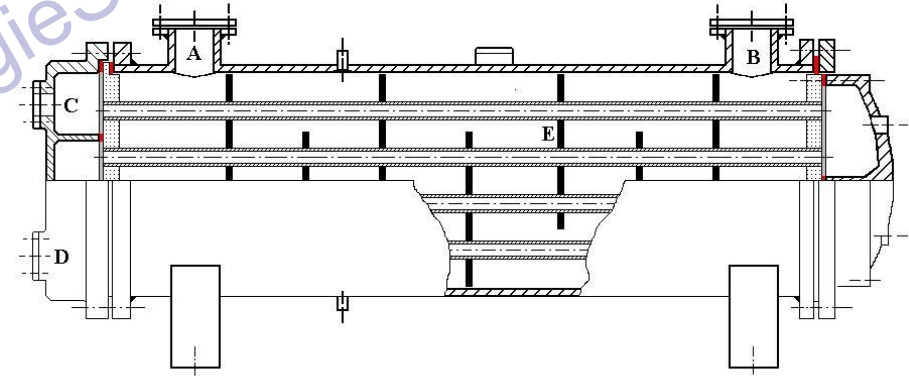
La conducibilità termica è l'attitudine a trasmettere calore del materiale. La velocità di penetrazione del calore dipende da molti fattori. In effetti, perché il calore raggiunga anche la parte centrale dell'alimento (punto freddo) è necessario un intervallo di tempo maggiore.

Mezzi fisici: il calore

Per tutti i motivi evidenziati nelle industrie alimentari si utilizzano gli scambiatori di calore. **Scambiatore di calore a piastre** (18) e a **tubi** (19)



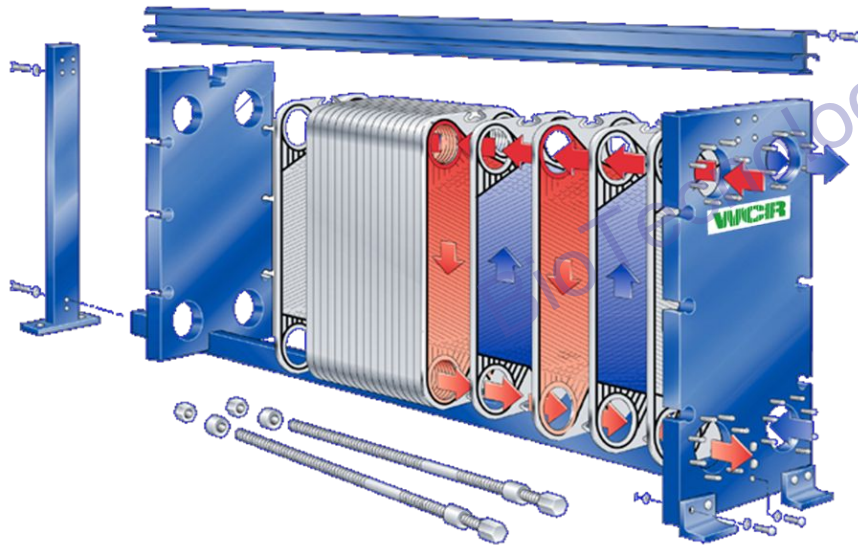
18



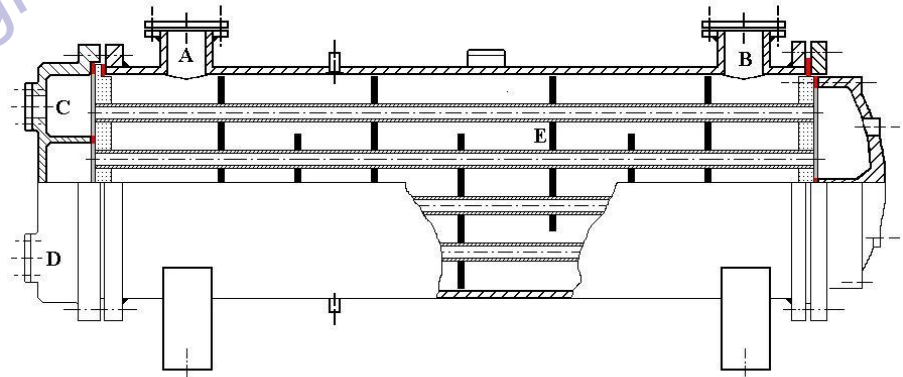
19

Mezzi fisici: il calore

Ambedue i sistemi sono usati per fornire o sottrarre calore e sono concepiti in modo che una parete metallica (in acciaio inox) separi il materiale da trattare dal fluido riscaldante o refrigerante.



18



19



I mezzi fisici: le basse temperature

Le basse temperature fanno venire in mente subito frigorifero e congelatore. Ma ognuno di noi è informato correttamente su come utilizzarlo per conservare al meglio i propri acquisti?



Mezzi fisici: la refrigerazione

Le slide successive (dalla 59 alla 63) sono tratte dalla presentazione

[Lotta antimicrobica: i mezzi fisici](#)

Per le attribuzioni delle foto utilizzate bisogna fare riferimento alla sopraddetta presentazione.

Nelle slide si fa riferimento all'azoto liquido come conservante di linee cellulari ma ricordo che viene anche usato nell'industria alimentare per la surgelazione di alimenti di piccole dimensioni.

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**.

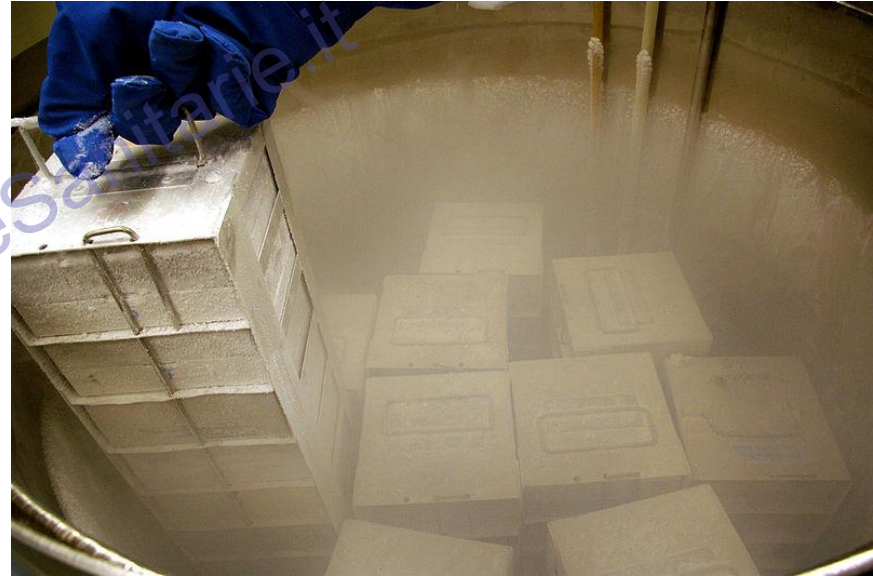
-18°C è la media della maggior parte di questi apparecchi. A seconda della stella di attribuzione si può risalire al tempo di conservazione dei cibi. Da tre mesi ad un anno, in media.



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.



Mezzi fisici: la refrigerazione

In ogni caso è sempre buona norma **non interrompere la catena del freddo**. Infatti ad ogni volontario o involontario rialzo termico i microbi presenti nell'alimento conservato cominciano a moltiplicarsi. Se anche venisse ripristinata la temperatura iniziale non è detto che il processo moltiplicativo si interromperebbe.

Inoltre un'altra importante precauzione è **evitare di mettere a contatto il cibo con le superfici di appoggio nelle celle frigorifere** utilizzate nelle aziende alimentari e anche in molti punti vendita. Infatti esistono germi psicrofili che riescono a resistere anche a quelle basse temperature.

Mezzi fisici: la refrigerazione

Ultimamente siamo abituati a vedere nei banchi frigo dei vari punti vendita molti prodotti alimentari confezionati in **atmosfera modificata** per garantire una più corretta e prolungata conservazione. Le miscele di gas incluse nelle confezioni sigillate sono variabili

Anidride carbonica/ossigeno
 Anidride carbonica/azoto
 Anidride carbonica/azoto/ossigeno



Mezzi fisici: la refrigerazione

La foto mostra un ambiente in cui può essere applicata un'**atmosfera controllata**, vale a dire un'atmosfera con diminuito apporto di ossigeno, aumentata anidride carbonica ed azoto.

In questa maniera possono essere mantenuti più a lungo fiori e frutta.

In genere sono celle frigorifere controllate in maniera opportuna per tutto il periodo di conservazione.



Mezzi fisici: la refrigerazione

In entrambi i casi diminuire la quota di ossigeno significa far rallentare i processi di ossidazione a carico degli zuccheri e degli acidi della frutta per esempio.

L'anidride carbonica è un discreto antimicrobico se è associata alle basse temperature.

Anche l'azoto ha un'azione antisettica e interviene rallentando l'irrancidimento dei grassi. Peccato che per talune aziende abbia dei costi alti.

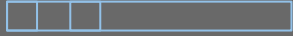
I tecnologi alimentari nelle aziende svolgono anche il compito di tenere sotto controllo l'atmosfera protettiva delle loro confezioni ed eventualmente migliorarla.

Mezzi fisici: congelamento

Vale la pena, a questo punto, puntualizzare altri aspetti fondamentali delle basse temperature. Per esempio la differenza tra congelamento e surgelazione.

Congelare un prodotto alimentare significa portarlo fino a -40°C . Il processo può non avvenire rapidamente. Purtroppo il lato negativo è la formazione di cristalli di ghiaccio derivanti dall'acqua libera. Questo compromette le qualità organolettiche del prodotto.

La surgelazione prevede che l'alimento raggiunga i -18°C in profondità entro un tempo limite di 4 ore. Non bisogna assolutamente interrompere la catena del freddo pena il decadimento del prodotto. La surgelazione è superiore al congelamento per quanto riguarda la qualità del cibo anche per la presenza di cristalli di ghiaccio di piccole dimensioni.



I mezzi fisici: l'essiccamento

Che sia gelato quello che è immortalato nella foto lo dicono tutti ma non tutti percepiscono in realtà di che cosa si tratta esattamente: **gelato liofilizzato**.

La liofilizzazione è una delle tante tecniche di essiccamento in uso.



Mezzi fisici: essiccamento

Le successive diapositive (dalla slide 71 alla 77) sono tratte da

[Lotta antimicrobica: i mezzi fisici](#)

Per l'attribuzione d'autore delle foto vedere i Photo credits della presentazione citata.

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.

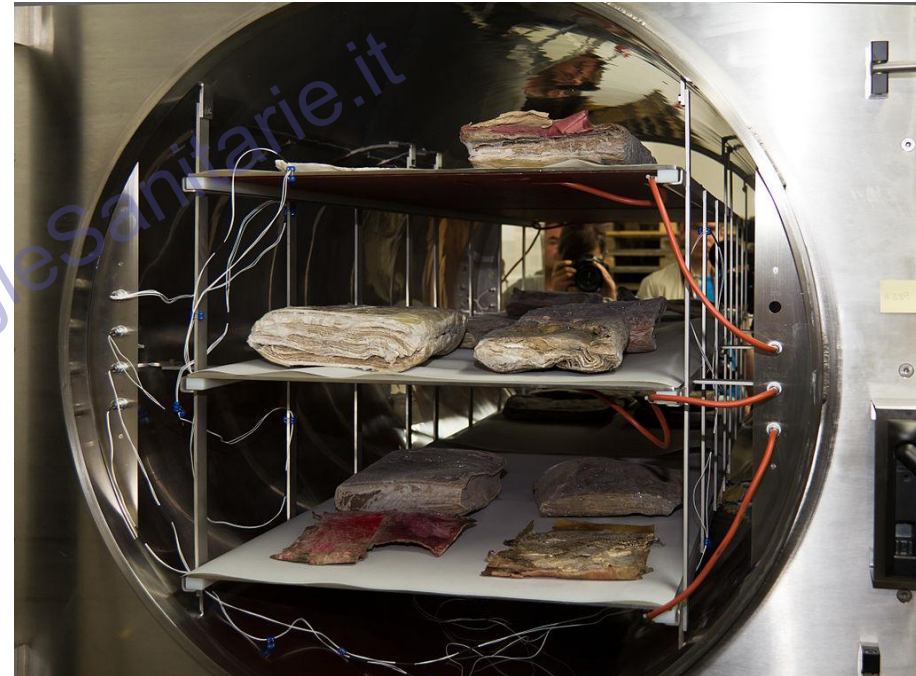
La reidratabilità è un processo veloce e facile.

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.



Mezzi fisici: essiccamento

L'essiccamento è anche un processo naturale quando carne, pesce o verdure vengono esposti all'aria e al sole per far perdere loro il contenuto in acqua.

Si ottengono in questo modo lo stoccafisso dal merluzzo, i pomodori secchi, i funghi secchi ...



Lo stoccafisso al peso

I mezzi fisici: irradiazione

Il problema dell'utilizzo delle radiazioni è ancora molto controverso e dibattuto in campo alimentare.

In Italia la legge al riguardo è molto restrittiva e limita l'uso delle radiazioni ionizzanti alle patate e all'aglio come antigermogliante.

Si possono trattare anche erbe aromatiche e spezie e poco altro.

In genere comunque intorno a questo metodo c'è un particolare interesse perché i germi muoiono ma non vengono toccate le qualità organolettiche.

Nella foto uno dei primi macchinari utilizzato negli anni '60 per irradiare gli alimenti (USA)



Mezzi fisici: irradiazione

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.

Mezzi fisici: irradiazione

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.

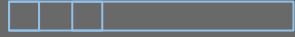
Meccanismo d'azione: denaturano le proteine e provocano danni al DNA.

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.

Mezzi fisici: irradiazione

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.



I mezzi fisici: affumicatura

Nella foto, scattata in Alaska, si può vedere il metodo tradizionale dell'affumicatura del salmone.



Mezzi fisici: affumicatura

Vengono sottoposti a questo metodo carne e pesce.

L'affumicatura consiste nell'esposizione alla combustione di alcuni tipi di legname che può essere condotta:

- ★ ad alte temperature, in prossimità della fonte di calore (60 - 100° C);
- ★ a basse temperature (25°C) ma per tempi maggiori

Il fumo non solo ha azione conservante (anche se piuttosto limitata nei confronti di *Listeria* e alcuni lattobacilli) ma anche aromatizzante grazie alla presenza di eteri, aldeidi e acidi nel fumo.

I mezzi chimici: salagione e zuccheraggio

Metodo di salagione a secco in cui il prosciutto viene strofinato a lungo con il sale.



Mezzi chimici

Salagione e zuccheraggio

L'aggiunta di acqua e sale comporta la creazione di un ambiente osmotico nettamente sfavorevole alla sopravvivenza dei microrganismi in quanto favorisce la fuoriuscita dell'acqua dalle cellule con conseguenze abbastanza ovvie.

La **salagione** può avvenire a secco come si può vedere nella foto della slide precedente; altro esempio tipico è la produzione del baccalà in cui il pesce viene alternato a strati di sale.

Mezzi chimici

Salagione e zuccheraggio

Oppure si può procedere con la salagione a umido che consiste nell'immergere l'alimento in una vera e propria salamoia oppure nell'iniettare all'interno dell'alimento la salamoia stessa.

La percentuale di NaCl si attesta dal 10 al 30% a seconda delle situazioni.

Lo zuccheraggio, invece, comporta l'uso di zucchero (in media intorno al 66%) per conservare frutta (canditi) o marmellate o gelatine.

Mezzi chimici

Esistono altri metodi chimici per la conservazione degli alimenti.

Per esempio l'**utilizzo dell'olio e dell'aceto**. In entrambi i casi, dopo l'operazione di scelta di verdure o prodotti di origine animale, la pulizia e il taglio, viene fatta una precottura e si eseguono poi le fasi di sterilizzazione o pastorizzazione.

La **fermentazione**, vedi olive in salamoia o crauti, è stata affrontata nella pagina dedicata alle [produzioni biotecnologiche di yogurt e verdure fermentate](#).

Photo credits

- 1 [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fresh food section at Target in Silverthorne, CO.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fresh_food_section_at_Target_in_Silverthorne_CO.jpg)
- 2 CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=599313>
- 3
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Director John Thompson watching chemist Bertha Munks test food in Tallahassee, Florida.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Director_John_Thompson_watching_chemist_Bertha_Munks_test_food_in_Tallahassee,_Florida.jpg)
- 4 CCO Public Domain da pixabay.com
- 5 <https://www.flickr.com/photos/zionfiction/21269235978>
- 6 <https://pxhere.com/en/photo/161127>
- 7 CCO Public Domain da Pixabay.com
- 8 CCO Public Domain da Pixnio.com
- 9 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CONSERVE1.png>
- 10a Di Civa61 - Opera propria, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48574247>
- 10b [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lata de at%C3%BAn-Albo.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lata_de_at%C3%BAn-Albo.jpg)
- 11 [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A2 brand milk.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A2_brand_milk.jpg)

Photo credits

12

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:9-alimenti, formaggi,Taccuino Sanitatis, Casanatense 4182..jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:9-alimenti,_formaggi,Taccuino_Sanitatis,_Casanatense_4182..jpg)

13 CCO Public Domain da Pixabay,com

14 CCO Public Domain da Pixabay,com

15 CCO Public Domain da Pixabay,com

16 Di User:Oni Lukos - Opera propria, CC BY-SA 3.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1479796>

17 CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=121381>

18 By Mayurachat Rattanamaung - งานของตัว, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45029588>

19 Di Armchoir di Wikipedia in croato - Trasferito da hr.wikipedia su Commons., Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3698506>

20 <https://www.flickr.com/photos/usdagov/16835927021>

Photo credits

- 21** De No machine-readable author provided. Dbenbenn assumed (based on copyright claims). - No machine-readable source provided. Own work assumed (based on copyright claims)., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=257336>
- 22** By Bdcook - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47446972>
- 23** <https://www.flickr.com/photos/hejgustav/2831408424>
- 23a** https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peso_dello_stoccafisso.jpg
- 24** [https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:HD.6B.452_\(11984638133\).jpg](https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:HD.6B.452_(11984638133).jpg)
- 25** CCO Public Domain da Pixabay.com
- 26** By Deathworm at English Wikipedia - Transferred from en.wikipedia to Commons by Roberta F. using CommonsHelper., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5386146>