

Il presente documento, elaborato dal [Consorzio ECOSIGN](#), è concesso in licenza secondo [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](#).

Ecodesign per imballaggio alimentare

Unità 3: Concetti sul degrado degli alimenti e metodi di conservazione

Gabriel Laslu, Dipl. Eng. (IDT1), gabriel.laslu@gmail.com

Gabriel Mustatea, Ph. D. gabi.mustatea@bioresurse.ro

3.1 Deterioramento degli alimenti.....	2
3.2 Tecnologie per la limitazione del deterioramento degli alimenti	8

Dopo l'apprendimento di questa unità, lo studente sarà in grado di:

- Obiettivo 1: Comprendere le cause del deterioramento degli alimenti
- Obiettivo 2: Conoscere i principi e le metodologie di conservazione degli alimenti.



3.1 Deterioramento degli alimenti

Per quanto riguarda il deterioramento degli alimenti, si possono distinguere diverse situazioni:

- Contaminazione degli alimenti – Presenza di corpi estranei (es. Polvere, capelli, vetro, ecc.);
- Invecchiamento del cibo - Processo che determina la perdita di alcune caratteristiche nutrizionali e sensoriali tipiche degli alimenti freschi;
- Alterazione degli alimenti - Processo che determina il cambiamento di aspetto e odore degli alimenti, rendendoli non commestibili.

L'alterazione può essere prodotta dall'azione di alcuni fattori di natura fisica (luce, calore), chimica (ossigeno, acqua) o biologica (enzimi e microrganismi) o da una loro combinazione. Ad esempio, alcuni enzimi contenuti nei prodotti freschi vengono attivati dalla luce causando un deterioramento del prodotto, frutta e succhi di origine naturale contengono enzimi che in presenza di ossigeno causano odori o sapori anomali.

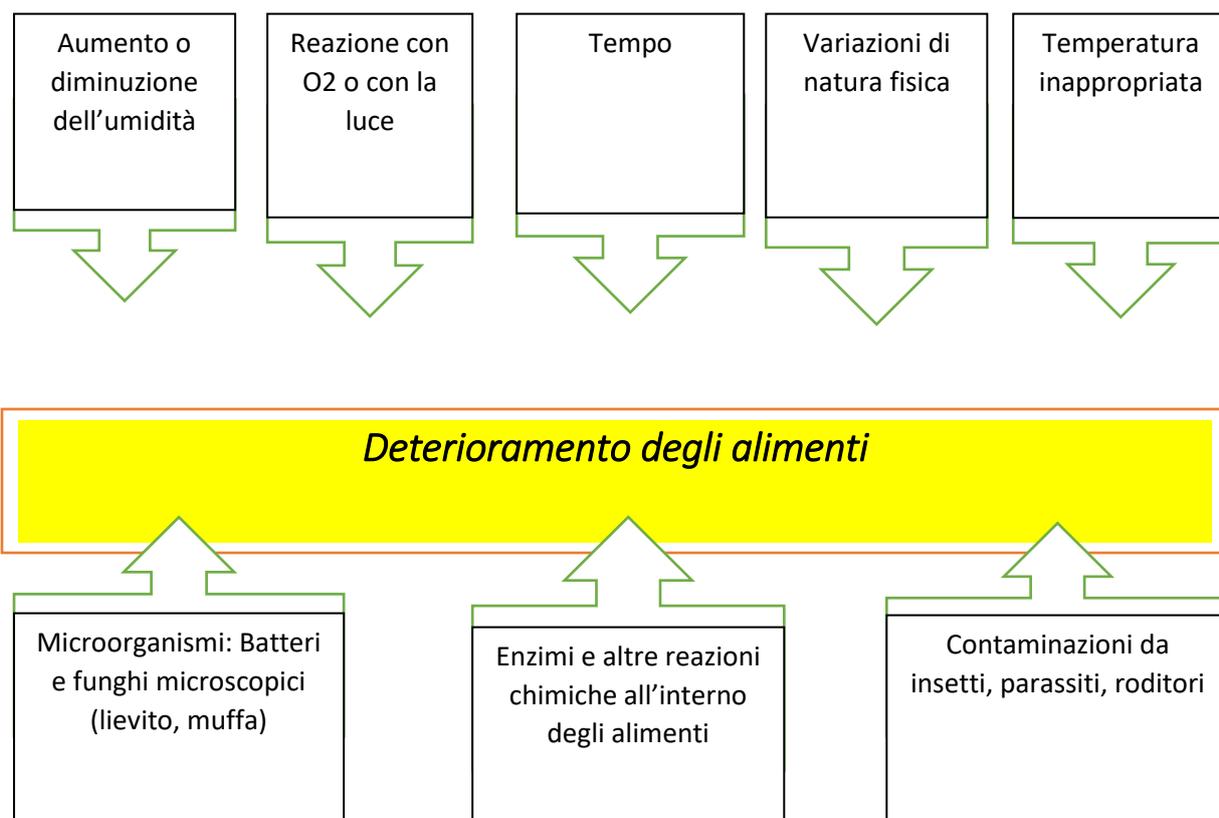


Fig. 1: Fattori che contribuiscono al deterioramento degli alimenti (una elaborazione successiva è disponibile al link <http://wiki.ubc.ca/Course:FNH200> lezione 05)



Enzimi

Gli enzimi, (dal greco "en zime" = lievito), sono proteine complesse che aumentano la velocità di reazione biochimica. In loro assenza, la frutta non potrebbe maturare, i semi non germoglierebbero, non potremmo pensare, non potremmo digerire il cibo e assorbire i nutrienti presenti in esso ecc. Gli enzimi sono coinvolti in migliaia di processi biochimici che avvengono nell'interno del nostro corpo.

L'azione degli enzimi¹ può essere utilizzata, con effetti positivi, dall'industria alimentare, per esempio, nella produzione del formaggio. Tuttavia, al fine di preservare ed estendere la durata di conservazione degli alimenti, di solito, è necessario rendere inattivi gli enzimi presenti negli alimenti e sulle superfici dell'imballaggio utilizzando fonti di calore o mezzi chimici. Frutta e verdura, che sono le principali fonti di enzimi, forniscono molti esempi sulla natura e l'azione di questi agenti nella distruzione degli alimenti. Alcuni di questi possono essere inattivati da trattamenti termici moderati, mentre altri richiedono pochi minuti a temperature di sterilizzazione. Durante la maturazione dei frutti, l'attività di alcuni enzimi aumenta e, di conseguenza, provoca un ammorbidimento della polpa. Nelle patate, gli inibitori degli enzimi svolgono un ruolo importante nel bilanciare il tasso di reazioni biochimiche legate all'accumulo di zucchero. Ciò è importante per lo stoccaggio e il condizionamento delle patate prima della lavorazione, dove la presenza di zuccheri riduttori è da evitare perché può portare all'intensificazione delle reazioni che provocano la decolorazione mediante la cosiddetta reazione dell'"ingiallimento enzimatico". Tale reazione si verifica in frutta e verdura a causa del danneggiamento o del taglio della superficie e della conseguente esposizione all'aria. Per l'inattivazione dell'enzima si utilizza acido citrico, malico, fosforico o si evita il contatto con l'ossigeno nell'aria per immersione in salamoia o per impaccamento.

Il confezionamento della frutta in un'atmosfera che esclude l'aria riduce la decolorazione, ma può portare a problemi di qualità e non è quindi una soluzione praticabile. Gli enzimi vengono prodotti anche durante l'alterazione microbiologica degli alimenti e sono spesso coinvolti nel processo di degradazione. Molti dei microrganismi che producono enzimi sono muffe. Ci sono specie batteriche che producono amilasi, enzimi che sono stabili al calore. L'amilasi degrada l'amido riducendone la viscosità. L'inefficienza dell'inattivazione degli enzimi spesso riduce la durata di conservazione degli alimenti confezionati. E' raro che ciò comporti un problema per i cibi conservati, ma è un fattore da tenere in considerazione per frutta e verdura surgelate a cui si applica solo un processo di scottatura prima del congelamento. Lo sbiancamento ha lo scopo di inattivare la maggior parte degli enzimi, senza imporre un eccessivo deterioramento termico degli alimenti e, pertanto, per farlo, utilizza temperature moderate (90-100 ° C) e brevi periodi di riscaldamento (1-10 minuti). Per scongelare si può osservare un'attività enzimatica rinnovata, probabilmente dovuta alla rigenerazione degli enzimi interni.

¹ FOOD PACKAGING TECHNOLOGY- Edito da RICHARD COLES- Consulente in imballaggio alimentare, Londra, DEREK MCDOWELL Responsabile Supply and Packaging Division Loughry College, Irlanda del Nord e MARK J. KIRWAN Consulente in tecnologia alimentare, Londra – 2003 Blackwell Publishing Ltd

Microorganismi



Il termine è usato per indicare tutti gli esseri viventi che non sono visibili ad occhio nudo e per vederli è necessario l'utilizzo di un microscopio.

Esistono molti tipi di microrganismi, di diverse forme e strutture più o meno complesse. Batteri, muffe e lieviti sono i microrganismi maggiormente coinvolti nel deterioramento del cibo. In termini di malattie trasmesse attraverso il cibo, si può affermare che i batteri sono i principali responsabili. Moltissimi fattori contribuiscono alla presenza di microrganismi negli alimenti. Si ritiene che la presenza di patogeni (microbi, virus, parassiti, prioni) e contaminazione incrociata² siano "fonti" di microrganismi nei prodotti alimentari³.

Vari tipi di microrganismi possono causare cambiamenti "positivi" o "negativi" del cibo:

- Prodotti con cambiamenti microbici "positivi" includono formaggio, yogurt e vino, ai quali può essere anche dovuto un aumento del valore nutrizionale o il mantenimento della qualità dei prodotti per un breve periodo di conservazione.

- Gli aspetti negativi della crescita microbica comprendono il deterioramento del cibo dovuto alla decomposizione e all'avvelenamento da cibo, causato principalmente da batteri diversi e meno diffuso. Man mano che crescono, i microrganismi rilasciano i loro enzimi nel liquido che li circonda e assorbono i prodotti della digestione esterna. Questa è la causa principale dell'alterazione microbica alimentare, che ne diminuisce il valore nutrizionale.

La regolazione della temperatura è il metodo più comune per distruggere o controllare il numero di microrganismi presenti nel cibo e sulle superfici dell'imballaggio.

- I batteri possono avere forme diverse: rotonde, dette cocci, a forma di bacchette, chiamate bacilli, a forma di spirale, chiamate spirocheti. L'acqua è essenziale per la crescita dei batteri, perché facilita il trasporto di piccole molecole attraverso la membrana citoplasmatica esterna della cellula batterica dovuta alla pressione osmotica. I batteri richiedono un livello più elevato di acqua disponibile rispetto ai lieviti o alle muffe. Con il 20% di acqua disponibile la loro crescita è buona, è limitata quando viene ridotta al 10%, e al 5% non c'è crescita batterica. L'attività dell'acqua (acqua disponibile) - A_w , quando si tratta di alimenti, è definita come la pressione parziale dei vapori d'acqua rapportati alla pressione parziale dei vapori di acqua pura alla stessa temperatura. Secondo questa definizione, l'acqua distillata pura ha un valore di attività di un'unità. All'aumentare della temperatura di solito corrisponde l'aumento A_w (ad eccezione di alcuni prodotti come il sale cristallino o lo zucchero). Le sostanze con valori maggiori di A_w tendono a supportare più microrganismi. I batteri di solito richiedono almeno $A_w = 0,91$ e funghi almeno 0,7. Una tabella con i valori dell'attività dell'acqua nel cibo e con quella sostenuta da vari microrganismi, viene presentata nell'allegato 1.⁴

- I funghi sono un gruppo di microrganismi che si trovano in natura su piante, animali e esseri umani. Le diverse specie di funghi variano notevolmente nella loro



struttura e nel loro metodo riproduttivo. I funghi possono essere organismi unici, rotondi o ovali o strutture con più cellule con fili. I fili possono formare una rete, visibile ad occhio nudo, nella forma dello stampo (ad esempio, su pane e formaggio). I funghi sono divisi in lieviti e muffe.

- I lieviti possono avere dimensioni comprese tra 2-100 μm . Si riproducono per gemmazione, che è un processo asessuato. Durante tale processo, una piccola protuberanza si sviluppa sulla parete cellulare della cellula madre, avendo il citoplasma comune con la madre, dopo di che il nucleo verrà separato da esso da una doppia parete. La nuova cellula non sempre si separa dalla cellula madre ma può rimanere attaccata, mentre questa può formare nuove protuberanze. La cellula appena formata può sviluppare, a sua volta, dei funghi, dando vita a grandi gruppi di celle attaccate le une alle altre. I lieviti possono formare spore che possono essere distrutte piuttosto facilmente da processi tecnologici a temperatura moderata e sulle superfici degli imballaggi con temperature moderate o sterilizzazione.

- Le muffe appartengono ad un'ampia categoria di funghi con fibre multicellulari. Si attaccano al cibo, usando fibre lunghe che sono la parte vegetativa della muffa. La riproduzione può essere asessuata e comporta la produzione di un gran numero di spore, o per via sessuale, dovuta forse ai cambiamenti ambientali - con la produzione di spore molto più resistenti, che come spore batteriche, possono rimanere dormienti per un certo periodo. Le spore sono molto piccole e leggere e possono essere trasportate in un numero enorme sulle superfici circostanti, causa della contaminazione del packaging alimentare. Il trattamento con vapore del coperchio, il rovesciamento del piatto subito dopo la sigillatura o un processo di pastorizzazione, può impedire il deterioramento del cibo conservato. Uno dei farmaci più importanti per il trattamento delle infezioni batteriche, la penicillina, deriva dalla muffa *Penicillium*. L'emergenza della formazione di spore di questa muffa è indicata dalla formazione di un cespuglio verde in miniatura. La famiglia delle muffe *Penicillium* produce enzimi convertiti in grassi e proteine, che sono agenti chiave nella maturazione dei formaggi blu (*Penicillium roquefort*) e Camembert (*Penicillium camembert*)⁵.

² La contaminazione incrociata rappresenta l'incrocio diretto o indiretto di agenti patogeni da alimenti contaminati crudi od altri alimenti.

³ Microorganismi e intossicazione alimentare-Programma di apprendimento permanente Leonardo da Vinci.

⁴http://en.wikipedia.org/wiki/Water_activity

⁵ FOOD PACKAGING TECHNOLOGY- Edito da RICHARD COLES- Consuente in imballaggio alimentare, Londra, DEREK MCDOWELL Responsabile Supply and Packaging Division Loughry College, Irlanda del Nord e MARK J. KIRWAN Consulente in tecnologia alimentare, Londra – 2003 Blackwell Publishing Ltd

Altri fattori, che influenzano la crescita di microrganismi:



- Fattori interni:

- Contenuto di umidità, attività dell'acqua-Aw
- pH
- Nutrienti disponibili
- La struttura fisica del cibo
- Il potenziale di riduzione dell'ossidazione (redox)
- La presenza di agenti antimicrobici. Alcuni alimenti contengono intrinsecamente composti antimicrobici naturali che trasmettono uno specifico livello di stabilità microbiologica. C'è un numero di costituenti antimicrobici a base vegetale, tra cui molti oli essenziali, tannini, glicosidi e resine, che si trovano in alcuni alimenti. Esempi specifici includono chiodi di garofano, aglio, cannella, senape, salvia e origano. Alcuni alimenti a base di animali contengono anche componenti antimicrobici (esempi includono latte vaccino, uova, carne fresca, pollame e pesce). La concentrazione di questi composti negli alimenti formulati è relativamente bassa, quindi l'effetto antimicrobico da solo è debole. Tuttavia, questi composti possono produrre una maggiore stabilità in combinazione con altri fattori e procedure indicati nella sezione.3.2.

- Fattori esterni (vedasi sezione 3.2):

- Temperature
- Umidità relativa
- Anidride carbonica o ossigeno
- Tipologia e numero di microrganismi negli alimenti.

– Nell'**allegato 1** vengono indicati alcuni valori di Aw. La maggior parte degli alimenti freschi, come carne fresca, verdura e frutta, hanno valori prossimi al livello ottimale relativamente alla crescita della maggior parte dei microrganismi (0,97 - 0,99).

L'influenza del contenuto di umidità può essere ridotta da:

- Riduzione di Aw – inibizione della crescita microbica, tramite essiccazione o aggiunta di soluti (zuccheri, spezie o sali).
- Essiccazione a freddo: estrazione di acqua da alimenti surgelati sotto vuoto.
- Soluzioni aggiuntive – zucchero per la frutta e sale per carne e pesce.

– **Nell' allegato 2**, viene descritto come il pH influenza lo sviluppo di microrganismi nei diversi alimenti: Tab. 1, il livello di pH⁶ per lo sviluppo di alcuni microrganismi, Tab. 2, il livello approssimativo di pH per determinati alimenti. In generale, i microrganismi non crescono o crescono molto lentamente a pH <4,6.

– **Nutrienti disponibili.** I microrganismi richiedono alcuni nutrienti di base per la crescita e il mantenimento delle funzioni metaboliche. La quantità e il tipo di nutrienti necessari variano a seconda dei microrganismi. Questi nutrienti includono acqua, una fonte di energia, azoto, vitamine e minerali. Le quantità variabili di questi nutrienti sono



presenti negli alimenti. La carne ha proteine, lipidi, minerali e vitamine in abbondanza. La maggior parte dei cibi di origine animale ha bassi livelli di carboidrati. I cibi di origine vegetale hanno alte concentrazioni di diversi tipi di carboidrati e diversi livelli di proteine, minerali e vitamine. Alimenti come latte, latticini e uova sono ricchi di sostanze nutritive. I microrganismi alimentari possono ottenere energia da carboidrati, alcoli e aminoacidi. La maggior parte dei microrganismi metabolizza zuccheri semplici, come il glucosio. Altri possono metabolizzare carboidrati più complessi, come l'amido o la cellulosa, presenti negli alimenti vegetali o nel glicogeno presenti nei cibi muscolari. Alcuni microrganismi possono utilizzare i grassi come fonte di energia. Gli amminoacidi servono come fonte di azoto ed energia e sono usati dalla maggior parte dei microrganismi. I minerali necessari per la crescita microbica includono fosforo, ferro, magnesio, zolfo, manganese, calcio e potassio. Generalmente, sono necessarie piccole quantità di questi minerali, quindi una vasta gamma di alimenti può servire da buone fonti di minerali.

– **La struttura fisica degli alimenti.** I cibi di origine vegetale e animale, in particolare allo stato grezzo, hanno strutture biologiche che possono impedire l'ingresso e la crescita di microrganismi patogeni. Esempi di tali ostacoli fisici comprendono la buccia dei semi e dei frutti, la buccia delle verdure, la buccia delle nocciole, la pelle degli animali, la corteccia all'uovo, ecc. Danni fisici dovuti alla manipolazione durante la raccolta, il trasporto o lo stoccaggio, nonché l'invasione di insetti può consentire la penetrazione di microrganismi. Durante la preparazione del cibo, processi come affettare, tagliare, macinare ecc. Distruggono le barriere fisiche. Pertanto, l'interno del cibo si può contaminare e può verificarsi una crescita di microrganismi a seconda del tempo e della temperatura di conservazione.

– **Reazioni di riduzione-ossidazione (redox).** Le reazioni che si verificano con l'accettazione o la donazione di elettroni sono chiamate reazioni di riduzione dell'ossidazione. La riduzione avviene attraverso l'accettazione di elettroni e la sostanza è chiamata agente ossidante. L'ossidazione si verifica con la perdita di elettroni e la sostanza è chiamata agente riducente. Dato che nella soluzione non ci sono elettroni liberi, gli elettroni donati sempre da una specie sono accettati da un'altra, e quindi una reazione di ossidazione è sempre seguita da una reazione di riduzione.

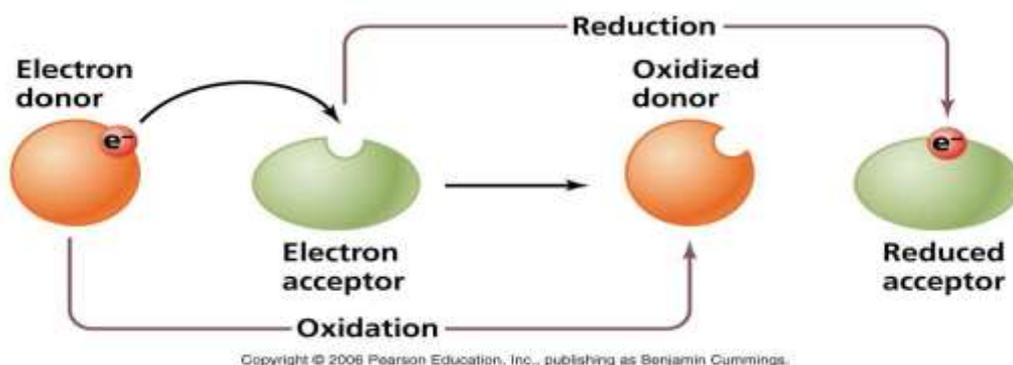


Fig. 2: *Illustrazione della reazione redox in una soluzione.*



⁶Il pH (Hydrogen potential) esprime il carattere acido o basico di una soluzione.

Il potenziale Redox Eh, rappresenta la differenza di potenziale tra un elettrodo inerte e una soluzione contenente le due forme del sistema redox studiato (ossidato e ridotto). Il valore assoluto del potenziale non può essere misurato.

Viene misurato il valore relativo di un elettrodo di riferimento il cui potenziale è definito pari a 0. I valori sono espressi in millivolt - mV. I valori vanno da 0 a -800 mV, sono quelli che possono essere considerati benefici o dannosi. Oltre il valore di 800mV, l' Eh è considerato troppo forte per il corpo umano, quindi non è consigliabile consumare cibo o bevande con valore Eh oltre questo limite. Se questo valore è positivo (+) la soluzione ha proprietà ossidanti. Il valore negativo (-) indica una soluzione riducente. Un elettrodo di ossidazione, standard, completamente ossidato avrà un Eh di +810 mV a pH 7,0, 30 ° C, e nelle stesse condizioni, un elettrodo di idrogeno, standard, completamente ridotto avrà un Eh di -420 mV. L'Eh dipende dalla sostanza pH. Le misurazioni di Eh possono essere utilizzate in combinazione con altri fattori per valutare il potenziale di crescita dell'agente patogeno. Nell'allegato 3, vengono presentati alcuni valori di Eh e pH corrispondenti a diversi alimenti. In generale, l'intervallo di crescita dei microrganismi è: aerobico + 500 -+300 mV; anaerobi facoltativi da +300 a -100 mV; e anaerobico da +100 a meno di -250 mV⁷.

3.2 I principi delle tecnologie per la limitazione del deterioramento degli alimenti

Le principali tecnologie per la limitazione del deterioramento degli alimenti sono presentate nell'UNITA' I, sezione 1.2.

I principi su cui si fondano le tecnologie per la limitazione del deterioramento degli alimenti sono presentati di seguito.

⁷Valutazione e definizione di alimenti potenzialmente pericolosi-Capitolo 3. Fattori che influenzano la crescita microbica – US Food & Drug Administration

Processo termico:

- La maggior parte dei batteri viene distrutta a 82-93 ° C, ma le spore non vengono distrutte.

- Per garantire la sterilità è necessario un riscaldamento a umido a 121 ° C per 15 minuti.

- Gli alimenti acidi richiedono meno calore, vedasi l'allegato 2.

Pastorizzazione



- Distrugge gli agenti patogeni e riduce sostanzialmente il numero di microrganismi
- Diverse procedure di pastorizzazione termica, per diversi periodi di tempo, sono descritte nell'unità 1. Il minor tempo di riscaldamento ha come conseguenza il miglioramento del sapore del cibo.

Conservazione con il freddo

- Alimenti congelati (-10 ° C) di solito non hanno acqua allo stato libero (ridotto Aw)
- Il congelamento può distruggere alcuni microrganismi, ma non tutti
- È apparso il metodo che utilizza temperature inferiori a -10 °C
- Una volta congelati, gli alimenti non devono essere ricongelati.

Disidratazione

- La disidratazione del cibo disidrata anche i microrganismi, che contengono ca. 80% di acqua.
- La disidratazione mediante congelamento (liofilizzazione) è il metodo più efficace di disidratazione degli alimenti.

Aggiunta di zucchero o sale

- Uno dei più antichi metodi di conservazione
- Entrambi possono essere aggiunti ad un prodotto alimentare per aumentare l'affinità alimentare con l'acqua
- Diminuisce l' Aw negli alimenti
- Rimuove l'acqua dai microrganismi per osmosi.

Affumicatura

- Contiene formaldeide e altri conservanti.
- Il riscaldamento durante il processo di affumicatura aiuta a ridurre le popolazioni microbiche e ad essiccare il cibo.
- Può essere tossica per gli esseri umani.



L'uso del fumo di legna per la conservazione degli alimenti è antico quasi quanto l'essiccazione all'aria aperta. Anche se viene utilizzato per ridurre il contenuto di umidità del cibo a causa del calore associato alla generazione di fumo, ha anche l'effetto di essiccazione. Il fumo è usato principalmente per carne e pesce. Il fumo non solo conferisce il sapore e il colore desiderati a determinati alimenti, ma alcuni dei composti formati durante il processo di affumicatura hanno anche un effetto conservante (battericida e antiossidante).

L'atmosfera

- L'aria viene eliminata per il controllo dei microrganismi aerobici;

- Garantisce aria per il controllo dei microrganismi anaerobici;

- Si aggiungono anidride carbonica e azoto;

- La maggior parte di frutta e verdura emette etilene; l'etilene accelera il processo di maturazione; ai fini di estendere la conservazione, l'etilene va rimosso.

- Imballaggi con atmosfera controllata⁸ (MAP - Modified atmosphere packaging), sono usati di solito in combinazione con la refrigerazione per estendere la durata di conservazione degli alimenti freschi, deperibili (carne, pesce e frutta tagliata, nonché vari prodotti da forno, snack e altri cibi secchi). Molti alimenti MAP sono confezionati in fogli trasparenti per consentire al consumatore di vedere il cibo. La frutta e le verdure non trasformate continuano a respirare dopo che sono state confezionate, consumano ossigeno e producono anidride carbonica. Utilizzando l'imballaggio con caratteristiche specifiche di permeabilità, i livelli di questi due gas possono essere controllati durante la shelf life dell'alimento. In alternativa, può essere utilizzato un imballaggio attivo, nel quale sono incorporati assorbenti chimici (ad esempio per rimuovere i gas o i vapori d'acqua dalla confezione). Inoltre, un'alternativa è l'imballaggio sottovuoto, in cui viene rimosso tutto il gas dalla confezione.

⁸FOOD PACKAGING TECHNOLOGY- Edito da RICHARD COLES- Consulente in imballaggio alimentare, Londra, DEREK MCDOWELL Responsabile Supply and Packaging Division Loughry College, Irlanda del Nord e MARK J. KIRWAN Consulente in tecnologia alimentare, Londra – 2003 Blackwell Publishing Ltd

Questo è un metodo molto efficace per ritardare i cambiamenti chimici, (ad esempio l'irrancidimento), ma deve essere prevenuta tramite il processo di pastorizzazione, la crescita dell'agente patogeno, C. botulino, che cresce in condizioni anaerobiche.

Conservazione tramite acidificanti

L'acidificazione può essere naturale (decapaggio) o artificiale (disidratazione). La frutta, la verdura e la carne sono conservate con l'uso di acidi. L'acido è generalmente integrato con sale o zucchero. Per il loro sapore e azione anti-infettiva si aggiungono le spezie (cipolla, aglio, pepe, chiodi di garofano, foglie di alloro, ecc.). L'aggiunta di olio nei



sottaceti forma uno strato impermeabile di olio, che aiuta a prevenire il contatto con l'aria. Cetrioli, manzo, peperoni e alcune verdure possono essere conservati mediante immersione in un liquido appositamente preparato. Questa tecnica coinvolge il cibo che si immerge in una certa sostanza chimica liquida che impedisce la crescita di microrganismi, ma allo stesso tempo mantiene il cibo commestibile. I liquidi di conservazione utilizzati sono aceto, salamoia, alcool e alcuni oli.

- **Conservare il cibo con il decapaggio** si basa sulla creazione di condizioni ottimali per la fermentazione dei carboidrati sotto l'azione dei batteri lattici, con conseguente acido lattico che ha la proprietà di inibire i batteri nocivi e che catalizza i processi biochimici di maturazione. La conservazione del cibo con il decapaggio viene applicata per ottenere i prodotti caseari acidi (yogurt, latticello, fiocchi di latte) e conservare frutta e verdura (cavoli, cetrioli, pomodori, olive) e alcuni succhi di frutta e verdura dai quali si ottengono i prodotti terapeutici. Per aumentare il grado di acidità si aggiunge il sale da cucina (NaCl). Il pH della soluzione salina si manterrà nell'intervallo da 3,4 a 4,1. Nell'acidità per fermentazione, l'agente di conservazione viene prodotto dal cibo stesso durante il processo di fermentazione. Molti acidi organici deboli, lipofili (con affinità per sostanze grasse), agiscono per ottenere un pH basso e per inibire la crescita microbica. Pertanto, gli acidi propionico, sorbico e benzoico sono conservanti alimentari molto utili. Gli acidi organici sono più efficaci nella conservazione, in stato non associato. La diminuzione del pH di un prodotto alimentare aumenta l'efficienza di un acido organico alla conservazione. La tabella 3, allegato 2, presenta la percentuale di acido non dissociato⁹ totale per diversi valori di pH per gli acidi organici selezionati. Il tipo di acido organico utilizzato può influenzare essenzialmente la qualità della manutenzione microbiologica e della sicurezza alimentare.

- **Conservare il cibo sotto aceto** (acidificazione artificiale) è un metodo di conservazione artificiale in cui viene utilizzato l'aceto (acido acetico). L'alta concentrazione di aceto nell'ambiente distrugge i microrganismi. Le muffe e i lieviti hanno una maggiore resistenza agli acidi e quindi vengono utilizzati anche NaCl e zucchero e sono eventualmente integrati con la conservazione mediante pastorizzazione / sterilizzazione.

- **Conservazione degli alimenti mediante antisettici chimici** - sostanze che hanno la proprietà di fermare lo sviluppo e l'azione di alcuni microrganismi (quindi hanno proprietà batteriostatiche) o possono distruggerli (proprietà battericide). Vengono utilizzate le seguenti sostanze:

- acido benzoico e suoi sali - sono utilizzati per la conservazione di uova nere, succhi di frutta, prodotti dolciari, olive in salamoia.

- anidride solforosa, metabisolfito di sodio - sono usati per la conservazione di confetture, sciroppi naturali, brodo, vino.

- formiato di sodio - è usato per preservare le uova di pesce

- acido sorbico e suoi sali - sono usati per pasta di pomodoro, verdure surgelate e frutta, prodotti dolciari.



– **Moderni metodi di conservazione degli alimenti:** conservazione per radiazione, conservazione con l'aiuto del campo magnetico (statico o pulsato), conservazione mediante filtrazione sterilizzata (ultrafiltrazione) per alcuni succhi di frutta, conservazione sotto pressione di anidride carbonica (per la conservazione di frutta, uova, prodotti a base di carne e frutta succhi, conservati in vasche chiuse ermeticamente) e la conservazione con l'ausilio di microonde (si applica alla pastorizzazione, sterilizzazione dei prodotti ermeticamente confezionati, liofilizzazione di carne, pesce, frutta, pasta essiccata, patatine fritte, carote, cipolla, eccetera.).¹⁰ Alcuni di questi metodi sono stati presentati nell'UNITA' I, 1.2.

– **Aspetti generali della tecnologia ad ostacoli**¹¹ - La stabilità e la sicurezza microbica della maggior parte degli alimenti si basano su una combinazione di diversi fattori (ostacoli) che non devono essere superati dai microrganismi presenti. Ciò è illustrato dal cosiddetto effetto "a ostacolo", (Leistner, 1978, Leistner et al., 1981). Leistner ed i suoi colleghi hanno riconosciuto che il concetto di ostacolo illustra solo il fatto ben noto che la combinazione di diversi fattori quali temperatura, attività dell'acqua, pH, potenziale redox, ecc. sono importanti per la stabilità microbica del cibo. Dalla comprensione dell'effetto a ostacolo, si sviluppa la tecnologia „a ostacolo” che consente miglioramenti in termini di sicurezza e qualità, oltre che di tipo economico, degli alimenti attraverso una combinazione intelligente di ostacoli (ad esempio, più acqua possibile in un prodotto è compatibile con la sua stabilità) (Leistner 1985; 1987; 1992; 1994). L'applicazione di questo concetto (chiamato metodi combinati, processi combinati, conservazione combinata, tecniche di combinazione, barriera tecnologica o tecnologia di ostacolo) si è dimostrata efficace, perché una combinazione intelligente di ostacoli assicura la stabilità e la sicurezza microbica, così come le proprietà sensoriali, nutrizionali ed economiche di un prodotto alimentare.

⁹La dissociazione in chimica e biochimica è un processo in cui le molecole (o composti ionici come i sali) vengono separate o disperse in particelle più piccole, atomi, ioni o radicali, generalmente in modo reversibile.[http://en.wikipedia.org/wiki/Dissociation_\(chemistry\)#Acids_in_aqueous_solution](http://en.wikipedia.org/wiki/Dissociation_(chemistry)#Acids_in_aqueous_solution)

¹⁰ <http://proalimento.com/conservarea-alimentelor-metode-conservare-alimentelor/>

¹¹COMMISSIONE EUROPEA, CONSERVAZIONE DEL CIBO MEDIANTE PROCESSI COMBINATI, Relazione finale, FLAIR Azione concertata n. 7, sottogruppo, Lothar LEISTNER Federal Centre for Meat Research, GERMANIA, Leon G.M. GORRI, Agrotechnological Research Institute (ATO-DLO), PAESI BASSI, 1997



Allegato 1: Valori selezionati di A_w secondo
https://en.wikipedia.org/wiki/Water_activity

Alimento		
Sostanza	a_w	Fonte
Acqua distillata	1.00	[5]
Acqua del rubinetto	0.99	[citazione necessaria]
Carne cruda	0.99	[5]
Latte	0.97	[citazione necessaria]
Succhi	0.97	[citazione necessaria]
Salame	0.87	[5]
Pancetta cotta	< 0.85	[citazione necessaria]
Soluzione satura di cloruro di sodio	0.75	[citazione necessaria]
Cereali per colazione	0.65	[citazione necessaria]
Frutta secca	0.60	[5]
Aria ambiente interno	0.5 - 0.7	[citazione necessaria]
Miele	0.5 - 0.7	[citazione necessaria]
Microorganismi		
Microorganism inibiti	a_w	Fonte
<u>Clostridium botulinum A, B</u>	0.97	[citazione necessaria]
<u>Clostridium botulinum E</u>	0.97	[citazione necessaria]
<u>Pseudomonas fluorescens</u>	0.97	[citazione necessaria]
<u>Clostridium perfringens</u>	0.95	[citazione necessaria]
<u>Escherichia coli</u>	0.95	[citazione necessaria]
<u>Salmonella</u>	0.93	[6]
<u>Vibrio cholerae</u>	0.95	[citazione necessaria]
<u>Bacillus cereus</u>	0.93	[citazione necessaria]
<u>Listeria monocytogenes</u>	0.92, (0.90 in 30% glycerol)	[7]
<u>Bacillus subtilis</u>	0.91	[citazione necessaria]
<u>Staphylococcus aureus</u>	0.86	[8]
La maggior parte delle muffe	0.80	[8]
Sviluppo microbico escluso	0.50	[citazione necessaria]



Allegato 2: Il pH

Tab. 1 Livello di pH per lo sviluppo di microrganismi

secondo " Microorganismi e intossicazione alimentare - Programma di apprendimento permanente Leonardo da Vinci "

Microorganismi	pH minimo	pH ottimale	pH massimo
Muffa	1,5 - 3,5	4,5 - 6,8	8 - 11
Lievito	1,5 - 3,5	4 - 6,5	8 - 8,5
Batteri (quasi tutti)	4,5 - 5,5	6,5 - 7,5	8,5 - 9
Batteri lattici	3 - 5	5,5 - 7,5	6,5 - 8

Tab. 2 Livello approssimativo di pH per determinati alimenti

secondo" Microorganismi e intossicazione alimentare - Programma di apprendimento permanente Leonardo da Vinci "

Prodotto	pH	Prodotto	pH
Bianco d'uovo	7,5 - 9	Mais	7 - 7,5
Tuorlo	6,1	Patate	5,3 - 5,6
Molluschi	6,8 - 8,2	Carote	5,2 - 6,2
Pesce (maggior parte)	6,3 - 6,8	Cipolle	5,3 - 5,8
Latte fresco	6,3 - 6,5	Pomodori	4,2 - 5,8
Burro	6,1 - 6,4	Arance	3,6 - 4,3
Pollo	6,2 - 6,4	Uva	3,4 - 4,5
	5,3 - 6,4	Mele	2,9 - 3,3



Allegato 2: Il pH

Maiale			
Manzo	5,1 - 6,2	Limoni	1,8 - 2,4

Limiti di pH:

$0 \leq \text{pH} < 7 \Rightarrow$ **pH acido | soluzione acida**

$\text{pH} = 7 \Rightarrow$ **pH neutro | soluzione neutra**

$7 < \text{pH} \leq 14 \Rightarrow$ **pH basico (alcalino) | soluzione basica (alcaline)**

Per maggiori informazioni sul pH - <https://ro.wikipedia.org/wiki/PH> o <https://en.wikipedia.org/wiki/PH>

Tab.3 La proporzione di acido non dissociato in percentuale per diversi valori di pH ¹³

Acizi organici Organic Acids	Valori pH pH Values				
	3	4	5	6	7
Acetic acid	98.5	84.5	34.9	5.1	0.54
Benzoic acid	93.5	59.3	12.8	1.44	0.144
Citric acid	53.0	18.9	0.41	0.006	<0.001
Lactic acid	86.6	39.2	6.05	0.64	0.064
Methyl, ethyl, propyl parabens	>99.99	99.99	99.96	99.66	96.72
Propionic acid	98.5	87.6	41.7	6.67	0.71
Sorbic acid	97.4	82.0	30.0	4.1	0.48

Source: Table 7.3 in ICMSF 1980, p 133.

¹ [ICMSF] International Commission on Microbiological Specification for Foods. 1980. Microbial ecology of foods. Volume 1, Factors affecting life and death of microorganisms. Orlando: Academic Pr. p 311.



Allegato 3. Il potenziale redox

Potenziale Redox Eh per alcuni alimenti.

FOOD		Presence of air	Eh (mV)	pH	
Milk		+	+300 to +340	NR	
Cheese	Cheddar	+	+300 to -100	NR	
	Dutch	+	-20 to -310	4.9-5.2	
	Emmenthal	+	-50 to -200	NR	
Butter		-	+290 to +350	6.5	
Egg (infertile after 14 d)		+	+500	NR	
Meats	Liver raw minced		-	-200	~7
	Muscle	Raw, post-rigor	-	-60 to -150	5.7
		Raw, minced	+	+225	5.9
		Minced, cooked	+	+300	7.5
	Cooked sausages and canned meat			-20 to -150	~6.5
Cereals	Wheat (whole grain)		-	-320 to -360	6.0
	Wheat (germ)		+	-470	NR
	Barley (ground)		+	+225	7
Potato tuber		-	~-150	~6	
Plant juices	Grape		-	+409	3.9
	Lemon		-	+383	2.2
	Pear		-	+436	4.2
	Spinach		-	+74	6.2
Canned foods	"Neutral"		-	-130 to -550	>4.4
	"Acid"		-	-410 to -550	<4.4

* Limoni, avocado e kiwi sono classificati come frutti molto alcalini e, pertanto, non sono acidi. Altri frutti non acidi sono, banane, melone, mele, cocco, uva, uva, arance e anguria.
- NR - Nessun valore riportato.

Ripreso da: Mossel DAA, Corry JEL, Struijk CB, Baird RM. 1995. Essentials of the microbiology of foods: a textbook for advanced studies. Chichester (England): John Wiley and Sons.

