

ALTERAZIONE DEGLI ALIMENTI

Le **cause del deterioramento** delle sostanze alimentari sono molteplici.

Il deterioramento dei cibi costituisce un problema che l'uomo, da sempre, ha cercato di risolvere. Le prime industrie di conservazione nacquero in Europa nell'Ottocento. Il fenomeno di urbanizzazione ha spinto queste industrie ad evolversi.

Il trasferimento su scala industriale dei metodi tradizionali e innovativi richiedeva la conoscenza scientifica delle cause dell'alterazione degli alimenti.

Pasteur riconobbe nei microrganismi i principali responsabili del deterioramento degli alimenti. Fece l'esperimento degli alambicchi: in un primo alambicco si inseriva del liquido, il quale veniva portato ad ebollizione. Pasteur ripeté la prova per alambicco chiuso e per alambicco aperto. Nel caso del matraccio chiuso non si osservava lo sviluppo di muffe o microrganismi. Questo accadeva perché nel matraccio aperto il liquido veniva contaminato dai microrganismi trasportati dall'aria. Questo esperimento prova che la generazione spontanea dei microrganismi non è un'ipotesi esatta.

Nel Novecento si scoprì che l'attività microbica era mediata da enzimi (proteine con funzione di catalizzatore delle reazioni metaboliche).

Anche reazioni puramente chimiche (non mediate da enzimi) e gli agenti fisici contribuiscono al processo di deterioramento delle sostanze alimentari.

Le cause del deterioramento delle sostanze alimentari possono essere:

- Fisico – chimiche
Sono dovute alla presenza di ossigeno o radiazioni o calore. Oppure possono essere provocate dalla variazione del contenuto di acqua.
- Biologiche (le più importanti)
Sono dovute ai microrganismi presenti nell'alimento, che lo contaminano e agli enzimi presenti nell'alimento stesso.

CAUSE CHIMICO – FISICHE

OSSIGENO

Può provocare:

- Irrancidimento delle sostanze grasse (ossidativo, chetonico oppure idrolitico)
- Inattivazione delle vitamine
Le vitamine si ossidano in presenza di ossigeno → cambia la loro forma chimica e la loro funzionalità.
- Perdite di aromi
Come per le vitamine, l'ossidazione porta alla perdita di aromi. Può essere voluta.
- Imbrunimento di verdure tagliate e succhi vegetali
Ad esempio: si aggiunge acido citrico all'alimento perché questo reagisce con l'ossigeno.

Son sufficienti quantità molto piccole di ossigeno per provocare alterazioni nell'alimento. L'alimento non diventa problematico dal punto di vista della salute umana, ma ne deteriorano le proprietà che lo rendono appetibile.

RADIAZIONI

La luce o i raggi UV possono provocare irrancidimento oppure inattivazione delle vitamine

La luce e l'ossigeno provocano alterazioni organolettiche (sapore e colore).

I raggi IR provocano un aumento della T, la quale provoca danni agli alimento termolabili.

CALORE

Se non utilizzato come tecnologia di conservazione → il calore dev'essere evitato quando provoca disidratazione e cambiamento delle qualità. Il calore accelera le reazioni biochimiche.

VARIAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA

Si può avere perdita d'acqua o assorbimento d'acqua.

La disidratazione provoca avvizzimento nei vegetali e può provocare la "scottatura" nel processo di surgelamento.

L'assorbimento di acqua è da evitare nei prodotti essiccati, perché provoca rammollimento, formazione di grumi in alimenti in polvere. Inoltre si possono formare muffe, lieviti e batteri. Inoltre l'assorbimento d'acqua promuove l'irrancimento dei grassi, si ha idrolisi dei trigliceridi → gli acidi grassi si liberano e questi rendono l'alimento più indigesto e ne alterano il sapore.

La presenza di acqua può essere necessaria per incrementare delle trasformazioni enzimatiche non volute.

CAUSE BIOLOGICHE

ENZIMI

Le principali reazioni di degradazione (idrolisi e ossidazione) sono catalizzate da enzimi presenti nell'alimento o appartenenti ai microrganismi che lo contaminano.

Si svolgono secondo gli stessi meccanismi fondamentali e, spesso, danno gli stessi prodotti finali.

Gli enzimi sono presenti nelle cellule che costituiscono l'alimento (sia vegetale sia animale). Nelle cellule degli eucarioti gli enzimi possono fuoriuscire in seguito alla rottura delle cellule stesse, quindi danno avvio a fenomeni di autodigestione cellulare.

Gli enzimi sono di solito classificati in base alla reazione che promuovono/accelerano:

Tabella 11.1 Alcuni enzimi microbici extracellulari

ENZIMI	SUBSTRATO	PRODOTTI DI SCISSIONE
esterasi lipasi fosfatasi A ₁ , A ₂ , C, D	gliceridi lecitina	glicerolo + acidi grassi colina + acido fosforico + acidi grassi
glicosidasi fruttosidasi (invertasi) α-glicosidasi β-glicosidasi β-galattosidasi amilasi cellulasi	saccarosio maltosio cellobiosio lattosio amido cellulosa	fruttosio + glucosio glucosio glucosio galattosio + glucosio maltosio cellobiosio
peptidasi endopeptidasi esopeptidasi	proteine proteine	polipeptidi amminoacidi
idrolasi legami C-N non proteici ureasi asparaginasi deamminasi	urea asparagina amminoacidi	ammoniaca + biossido di carbonio acido aspartico + ammoniaca ammoniaca + acidi organici

Sono distinti nella stessa classe → gli enzimi hanno un nome specifico in base al substrato e il prodotto ottenuto.

MICRORGANISMI

Gli alimenti sono un terreno adatto all'accrescimento di diversi microrganismi che si sviluppano a spese dei composti organici, alterando l'alimento.

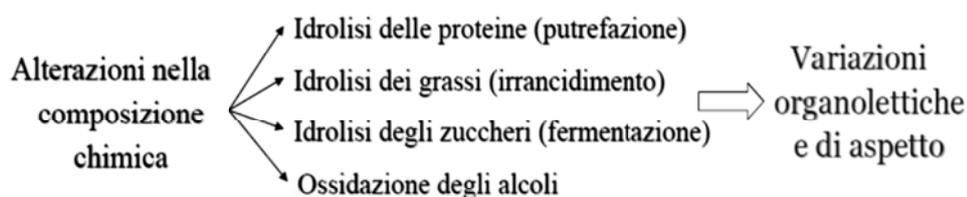
L'azione microbica si esplica in due direzioni fondamentali:

1) Alterazione dei caratteri organolettici e del valore nutritivo.

Non provoca problemi alla salute.

Tra queste alterazioni ci sono le putrefazioni, che sono provocate da microbi anaerobi e la decomposizione dei composti non azotati (provocata dai microrganismi aerobi).

Questo tipo di alterazioni portano alla formazione di sapori e odori sgradevoli, ad una variazione del colore e ad ammuffimenti superficiali.

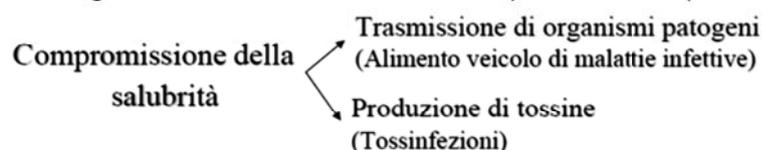


Se queste reazioni sono controllate → possono portare ad un miglioramento delle proprietà organolettiche.

2) compromissione della salubrità dell'alimento.

L'alimento diventa veicolo di malattie infettive attraverso la trasmissione di organismi patogeni.

I microrganismi che contaminano l'alimento possono anche portare alla tossinfezione (morte).



Le tossine sono sostanze o metaboliti prodotti dal microrganismo suddivise in:

- esotossine, ovvero proteine solubili e termolabili (inattivate a 60-80°C) altamente tossiche. (Ad esempio tossina del botulino).
- endotossine, ovvero lipopolisaccaridi termostabili poco tossiche.
- micotossine, che sono presenti quando si ha invasione delle muffe.

I prioni patogeni sono dei frammenti proteici che attaccano altre proteine a loro simili alterandole. Nei mammiferi uccidono le cellule cerebrali, si provoca la BSE (encefalopatia spongiforme bovina).

Tutti i microrganismi sono potenziali responsabili delle alterazioni alimentari. I microrganismi si possono distinguere in:

- VIRUS

I virus sono entità biologiche parassite, la cui natura di organismo vivente o struttura subcellulare è discussa.

All'esterno delle cellule ospiti sono costituiti da un virione, formato da una capsula proteica (detta capside)

contenente acido nucleico. I virus degli Eucarioti possono possedere anche una membrana che avvolge il capside.

I virioni non possiedono metabolismo: vengono quindi trasportati passivamente finché non trovano una cellula da infettare.

- BATTERI

Organismi procarioti unicellulari di dimensioni di solito dell'ordine di pochi micrometri.

Fra loro si distinguono per forma in:

- Bacilli: a bastoncino
- Cocchi: a sfera.

Se si dispongono a coppia si chiamano diplococchi, a catena si chiamano streptococchi, a grappolo si chiamano stafilococchi.

- Spirilli: a spirale;

- Vibrioni: a virgola;

- Spirochete: con più curve.

Hanno una parete cellulare ma non un nucleo ben definito.

Si suddividono in Gram+ e Gram- a seconda del diverso comportamento assunto alla colorazione di Gram. Questo fenomeno è legato alla differente struttura e composizione della parete cellulare.

Alcuni batteri (Bacillus e Clostridium) producono spore che sono forme cellulari quiescenti altamente resistenti a condizioni ambientali estreme e pronte a germinare se trasferite in ambiente favorevole.

La riproduzione avviene per scissione binaria trasversale.

Lo sviluppo di una coltura batterica avviene secondo una tipica curva di accrescimento:

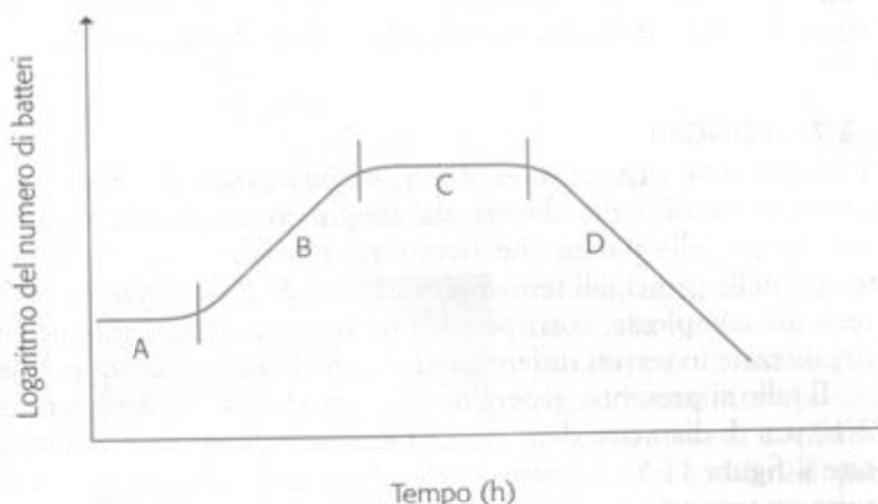


Figura 11.4

Tipica curva di accrescimento batterico in un sistema chiuso:

- (A) fase di latenza, caratterizzata da attività metabolica delle cellule allo scopo di sintetizzare un nuovo protoplasma;
 (B) fase di crescita esponenziale, in cui le cellule si dividono a ritmo costante purché le condizioni ambientali restino invariate;
 (C) fase stazionaria, in cui la popolazione non cresce né diminuisce, in conseguenza dell'equilibrio che si instaura tra numero di cellule generate e numero di cellule che muoiono;
 (D) fase di declino, per esaurimento delle sostanze nutritive e accumulo di metaboliti tossici. Il numero di cellule vitali decresce a ritmo costante.

- FUNGHI (muffe e lieviti)

Organismi eucarioti a cui appartengono sia le muffe che i lieviti.

Struttura semplice con cellule non organizzate in tessuti differenziati che, nell'insieme costituiscono il tallo o micelio. Il tallo (micelio) è costituito da filamenti ramificati plurinucleati detti ife.

L'utilità dei funghi è in relazione al loro impiego nelle fermentazioni industriali (birra, vino, pane e formaggi), come fonte di sostanze chimiche (antibiotici, enzimi, acido citrico, ecc) e come alimenti di un certo pregio.

Classificazione in base alla forma in muffe e lieviti.

Muffe:

Sono funghi filamentosi costituiti da un micelio vegetativo ramificato nel terreno di coltura e da un micelio aereo visibile dotato di cellule riproduttive (spore).

Il colore delle muffe (bianco, grigio, verde, marrone, nero, giallo e rosso) è dovuto alle spore asessuali.

Lieviti:

Piccole cellule immobili che traggono energia sia attraverso la fermentazione (metabolismo anaerobio) sia attraverso la respirazione (metabolismo aerobio ossidativo). In presenza di aria, tranne le specie anaerobie strette, prevale la respirazione.

I due processi (fermentazione e ossidativo) possono essere alla base della produzione di certi alimenti ma possono anche essere una forma di deterioramento.

Influenza di fattori ambientali su microrganismi

La vita dei microrganismi, la loro attività metabolica e la loro riproduzione dipendono dai seguenti fattori ambientali di ordine fisico, chimico e biologico (convivenza con specie antagoniste o sinergiste):

- TEMPERATURA

Tra i fattori di ordine fisico riveste un ruolo di primaria importanza. Influenza i processi metabolici, morfologia cellulare, velocità di accrescimento e la morte del microrganismo.

Un aumento di T accelera le reazioni biochimiche e la velocità di duplicazione ma può provocare danni sempre più rilevanti alle componenti termolabili della cellula.

Da questi due opposti effetti si può stabilire, per ogni specie, una T minima senza crescita per la lentezza delle reazioni metaboliche, un intervallo ottimale di T in cui l'accrescimento è favorito, e una T massima oltre la quale le alterazioni cellulari portano alla morte del microrganismo.

	temperature di accrescimento		
	minime °C	ottimali °C	massime °C
microrganismi <i>psicrofili</i>	-5/+5	15/20	30/35
microrganismi <i>mesofili</i>	10/25	25/40	35/50
microrganismi <i>termofili</i>	25/45	45/60	70/90

I batteri patogeni sono in generale mesofili. I batteri saprofiti (organismi che si nutrono di materia organica morta o in decomposizione) si ritrovano in tutte e tre le classi.

Le muffe crescono in un ampio intervallo di T ma hanno come fascia ottimale i 20-30°C.

I lieviti crescono tra 0 e 50°C anche se l'intervallo ottimale è 30-37°C.

In generale si può dire che finché l'acqua permane allo stato liquido, la vita è possibile.

I limiti rilevati fino a oggi sulla Terra sono -48°C e 105°C.

Riferendosi agli alimenti, -5°C può essere ritenuta la T minima di accrescimento microbico acqua trasformata in ghiaccio).

- UMIDITÀ E PRESSIONE OSMOTICA

La maggior parte dei microrganismi non si sviluppa in sostanze essiccate o che contengano oltre il 65% di soluti. Questo perché all'aumentare dei soluti aumenta la pressione osmotica e i batteri tollerano solo pressioni osmotiche basse.

- pH

Quasi tutti i batteri hanno un accrescimento ottimale a pH vicini alla neutralità.

Le muffe crescono in un intervallo di pH 2-9, con valori ottimali attorno a 6.5

I lieviti si riproducono bene a pH bassi (3-4).

- Ossigeno

Rispetto all'ossigeno atmosferico, i microrganismi si suddividono in:

- aerobi obbligati
- anaerobi obbligati
- aerobi facoltativi.

Nei batteri tutte le categorie sono presenti, le muffe sono per lo più aerobie, la maggioranza dei lieviti è aerobia facoltativa.

- RADIAZIONI

raggi UV, X, α , β , γ e i neutroni sono tutti letali per i microrganismi.

L'azione microbica varia secondo il tipo di radiazione, mentre la velocità degli effetti distruttivi dipende dal tipo di microrganismo e dall'intensità della radiazione.

- SOSTANZE CHIMICHE

Molti composti chimici hanno azione microbica e microbiostatica:

- acidi: l'azione inibitrice degli acidi inorganici è dovuta all'abbassamento del pH, quella degli acidi organici alla natura chimica dell'anione;
- basi: l'effetto inibente è dovuto all'eccesso di ioni OH⁻ e al potere dissolvente nei confronti delle proteine cellulari;
- metalli pesanti: agiscono legando i gruppi -SH degli enzimi cellulari;
- antibiotici: possono uccidere i microrganismi a concentrazioni minime (0.01-0.1 ppm) rispetto alle altre sostanze (1-100 ppm) perché possiedono meccanismi di azione peculiari (penicillina interferisce con la sintesi della parete cellulare).

Fonti di contaminazione da cui possono provenire i microrganismi

Fonti endogene, se già presenti nell'alimento → microflora endogena.

Fonti superficiali → microflora superficiale.

Contaminazione ambientale → aria, acqua e suolo.

Contaminazioni dovute alle pratiche di lavorazione → contenitori e ambienti di conservazione, processi di lavorazione, utensili da lavoro e l'uomo.

Salubrità degli alimenti

Gli alimenti di buona qualità devono presentare una contaminazione da specie saprofiti ridotta al minimo e l'assenza di quelle patogene.

Il DLgs 155/97, che attua le direttive europee concernenti l'igiene dei prodotti alimentari, stabilisce le misure necessarie a garantire la salubrità degli alimenti. Tali misure interessano le seguenti fasi di produzione: preparazione, trasformazioni, fabbricazione, confezionamento, deposito, trasporto, distribuzione, manipolazione, vendita, fornitura e somministrazione degli alimenti.

Inoltre stabilisce precisi requisiti igienici a cui devono corrispondere i locali, il personale e le materie prime.

Il titolare dell'industria o dell'azienda (oltre alle autorità competenti) ha l'obbligo di garantire che tutte le operazioni siano effettuate in modo igienico attraverso procedure di autocontrollo HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). Deve tenere a disposizione delle autorità tutte le informazioni concernenti i risultati che emergono dall'attività di autocontrollo.

SISTEMA HACCP

Nasce dall'esigenza di garantire la salubrità delle preparazioni alimentari. Prima dell'adozione del sistema HACCP i controlli venivano effettuati a valle del processo produttivo, con analisi sulla salubrità soltanto del prodotto finito, pronto per la vendita al consumatore. Il sistema di autocontrollo invece mira a valutare in ogni fase della produzione i rischi che possono influenzare la sicurezza degli alimenti, attuando in questo modo misure preventive. Il sistema di autocontrollo igienico permette di prevenire in modo mirato eventuali problemi sulle singole fasi di produzione, senza concentrare l'attività di controllo solo sul prodotto finito.

Il sistema venne ideato negli anni sessanta negli Stati Uniti con l'intento di assicurare che gli alimenti forniti agli astronauti della NASA non avessero alcun effetto negativo sulla salute che potesse mettere a rischio missioni nello spazio.

L'HACCP è stato introdotto in Europa nel 1993 con la direttiva 43/93/CEE (recepita in Italia con il decreto legislativo 26 maggio 1997, n. 155), che prevede l'obbligo di applicazione del protocollo HACCP per tutti gli operatori a qualsiasi livello della catena alimentare. Questa normativa è stata sostituita nel 2006 dal regolamento europeo 853/2004. Sempre nel 2006 il sistema HACCP è stato reso obbligatorio anche per le aziende che hanno a che fare con i mangimi per gli animali destinati alla produzione di alimenti (produzione delle materie prime, miscele, additivi, vendita, somministrazione).

I punti fondamentali del sistema dell'HACCP sono identificabili in sette principi, che prima della loro applicazione devono essere preceduti da cinque passi preliminari. Si tratta, quindi, di mettere in pratica dodici passaggi chiave secondo uno schema ben specificato. Illustriamo brevemente queste tappe basilari di sviluppo del sistema HACCP:

1. Formazione dell'HACCP-team
2. Descrizione del prodotto
3. Identificazione della destinazione d'uso
4. Costruzione del diagramma di flusso
5. Conferma sul posto del diagramma di flusso.

Il sistema HACCP è basato sull'applicazione di sette principi:

1. Individuazione dei pericoli ed analisi del rischio
2. Individuazione dei CCP (punti critici di controllo)
3. Definizione dei Limiti Critici
4. Definizione delle attività di monitoraggio
5. Definizione delle azioni correttive
6. Definizione delle attività di verifica
7. Gestione della documentazione.

METODI DI CONSERVAZIONE

Per "alimento conservato" si intende qualsiasi prodotto sottoposto a processi che ne preservano le caratteristiche nutritive e sensoriali, mettendolo al riparo, per un periodo più o meno lungo, da ogni alterazione che ne comprometta la salubrità.

I prodotti conservati si distinguono in:

- conserve: prodotti confezionati in contenitori ermetici che si mantengono a lungo a T ambiente o a basse T (sterilizzati, congelati, liofilizzati, essiccati, concentrati e/o addizionati con sostanze chimiche;
- semiconserve: prodotti stabilizzati per un tempo limitato attraverso trattamenti meno drastici (pastorizzati, refrigerati, conservati in atmosfera controllata o modificata);
- prodotti trasformati: prodotti che, attraverso vari trattamenti (fermentati, prosciugati, stagionati), hanno subito profonde modifiche della struttura originale e dei caratteri organolettici.

Il concetto di alimento conservato può essere esteso anche a molti prodotti abitualmente considerati freschi (carne, pesce, frutta e vegetali, latte, ecc.).

Classificazione dei metodi di conservazione in base al principio chimico, fisico o biologico applicato:

- Metodi fisici tradizionali
 - Refrigerazione o congelamento → basse T.
 - Pastorizzazione o sterilizzazione → alte T.
 - Concentrazione, essiccamento o liofilizzazione → disidratazione.
 - Radiazioni ionizzanti o microonde.
 - Confezionamento sottovuoto, ipobarico o iperbarico → variazione della pressione totale.
 - CAS,MAP,MAS → variazione della pressione parziale.
- Metodi fisici innovativi o emergenti
 - Attraverso alte pressioni, ultrasuoni o campi magnetici. Oppure utilizzando correnti alternate (elettricità) o impulsi luminosi.
- Metodi chimici
 - Salagione, conservazione sottolio, sottoaceto o con zucchero o alcol → attraverso conservanti naturali.
 - Uso di antiossidanti o antimicrobici (conservanti di sintesi).
- Metodi fisico-chimici
 - Affumicamento e active packaging.
- Metodi biologici
 - Fermentazioni o utilizzo di enzimi (come nell'active packaging).

Classificazione dei metodi di conservazione in base alle cause dell'alterazione degli alimenti:

- Metodi contro i microrganismi:
 - microbiostatici
 - (pastorizzazione, refrigerazione, essiccamento, concentrazione, aggiunta di sale o zucchero, atmosfera modificata);
 - microbicidi
 - (sterilizzazione, congelamento, radio-sterilizzazione, additivi antimicrobici, i metodi innovativi o emergenti).
- Metodi rivolti a bloccare le attività enzimatiche:
 - tutte le tecniche rivolte contro i microrganismi inibiscono anche l'attività enzimatica. Gli enzimi si denaturano alle alte T. Le basse T e la disidratazione producono un arresto provvisorio.
- Metodi rivolti a impedire le alterazioni di origine chimico-fisica:
 - i contenitori e il confezionamento rivestono un ruolo fondamentale (sottovuoto, atmosfera modificata, materiali

- impermeabili a luce, umidità, ossigeno e radiazioni UV);
- active packaging.

PACKAGING E ACTIVE PACKAGING

La sicurezza e la qualità di un prodotto alimentare confezionato sono il risultato di interazioni complesse tra l'alimento, la confezione e l'ambiente.

In origine il ruolo assegnato al packaging è stato quello di proteggere l'alimento senza interagire con esso.

I packaging seguono dei regolamenti, in particolare il materiale di cui sono costituiti dev'essere inerte → si deve escludere il trasferimento di sostanze in quantità tali da mettere in pericolo la salute umana oppure compromettere la composizione dell'alimento e deteriorare le sue proprietà organolettiche.

Negli ultimi anni ci sono state innovazioni nei materiali e nelle tecnologie di imballaggio.

Probabilmente la più significativa innovazione di food packaging è rappresentata dalla progressiva crescita nella comprensione e nel controllo dei principali fenomeni di interazione tra alimento/package/ambiente.

Gli imballaggi attivi e intelligenti interagiscono con l'alimento per migliorare la sicurezza e l'accettabilità del prodotto confezionato.

L'imballaggio funzionale corrisponde a una soluzione di packaging capace di svolgere una funzione aggiuntiva, rispetto a quelle tradizionali di contenimento, generica protezione, presentazione delle merci.

Nel settore innovativo degli imballaggi attivi si possono distinguere:

- active packaging: la confezione interagisce con l'ambiente interno o con il prodotto così da aumentarne la conservabilità.

active packaging

assorbitori di:

- ossigeno
- anidride carbonica
- umidità
- etilene
- enzimi

emettitori di:

- etanolo
- sostanze aromatiche
- antimicrobici
- anidride carbonica

- intelligent packaging: sulla confezione è presente un indicatore della freschezza, della qualità, dell'andamento termico del prodotto.

Tra gli intelligent packaging:

- indicatori di T (TI);
- indicatori tempo – T (TTI): evidenziano l'eventuale superamento di un valore limite e rivelano la storia termica del prodotto;
- indicatori di crescita microbica: segnalano la presenza di specifici metaboliti gassosi (H₂S) prodotti dalla crescita di microrganismi indesiderati;
- indicatori di O₂ e CO₂: rivelano variazioni della composizione gassosa all'interno del contenitore;

Anche questi packaging funzionali devono seguire dei regolamenti ben precisi in Europa. In particolare i materiali devono essere sicuri, non devono confondere o ingannare i consumatori, Non devono cedere all'alimento ingredienti in grado di mascherare il deterioramento dell'alimento. La confezione deve affermare che sono presenti questi packaging.

Questo tipo di packaging sono ben visibili e spesso il consumatore (soprattutto europeo) non li accetta → si incorporano i principi del packaging nel materiale di imballaggio.

Negli ultimi anni si è passati dall'attivo sempre in conservazione a packaging che si attivano se e quando è necessario. Questo metodo si può ottenere attraverso due tecnologie:

- CRP (Controlled Release Packaging)
- Bio-switch

Sistema che rilascia le sostanze antimicrobiche solo in presenza di microrganismi. Si utilizza un coating

polisaccaride che contiene la sostanza antimicrobica. In caso di contaminazione i microorganismi secernono degli enzimi che idrolizzano la confezione (confezione mangiata dai microorganismi). La degradazione del film plastico rilascia la sostanza antimicrobica. Si ha un controllo nel tempo più efficace.

LEZIONE 2 – CONSERVAZIONE CON IL CALORE

Azione delle alte temperature su microrganismi ed enzimi

Enzimi:

la velocità delle reazioni enzimatiche aumenta con la T e raddoppia ogni 10°C di incremento. Vengono irreversibilmente inattivati in pochi minuti a T comprese tra 50 e 80°C per denaturazione della componente proteica.

Microrganismi:

Sono particolarmente sensibili alle alte T, specie se associate all'umidità. Il calore umido agisce coagulando le proteine e ha un effetto più energico e rapido. Il calore secco ossida i componenti chimici della cellula.

Esempio: Le spore del Clostridium Botulinum con il calore umido vengono distrutte in 20 min. a 120°C, mentre con il calore secco, 2h a 150°C.

Per esposizione al calore umido, la maggior parte delle forme vegetative soccombe, a 60-70°C, in 5-10 min.

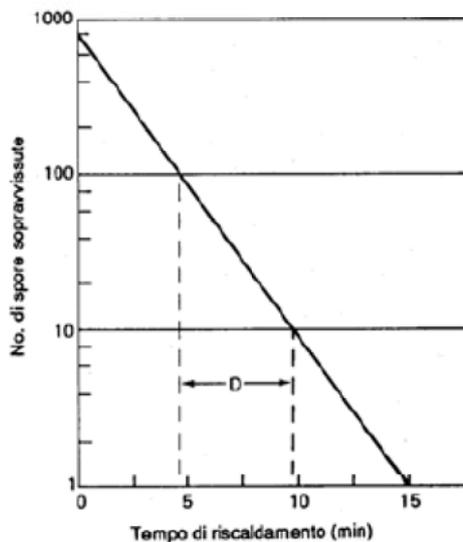
Fattori che determinano la termoresistenza dei microrganismi:

- fattori legati alla loro intrinseca natura.
Muffe e lieviti sono più resistenti dei batteri. Fra i batteri i bacilli più dei cocci. Maggiore il grado di contaminazione. Più lungo il tempo necessario alla sterilizzazione del mezzo.
- fattori che dipendono dall'ambiente (alimento) in cui si trovano.
La composizione chimica e l'acidità. Il pH rappresenta un fattore critico e si possono suddividere gli alimenti in due grandi gruppi:
 - pH < 4.5 nei quali i microrganismi sporigeni non si sviluppano;
 - pH > 4.5 potendo ospitare microrganismi sporigeni richiedono trattamenti più drastici.
- fattori esterni, quali il tempo di esposizione al calore e la T.
Il tempo necessario per un certo grado di sterilità varia con la T.

VELOCITÀ DI INATTIVAZIONE MICROBIOLOGICA A T COSTANTE

Quando una sospensione di microrganismi viene scaldata a una T costante la velocità di riduzione è direttamente proporzionale alla concentrazione $\rightarrow \frac{dN}{dt} = -KN$ con K = costante di velocità della reazione per una specie microbica che dipende dall'ambiente e dalla T.

Integrando si ottiene un'equazione che è rappresentabile con una retta sul piano Num. Spore sopravvissute – Tempo riscaldamento:



Questo andamento è conosciuto come curva logaritmica di morte.

Il tempo necessario per distruggere il 90% di microrganismi (per ridurre il loro numero di un fattore 10) viene quindi definito da D (tempo di riduzione decimale).