

ZANICHELLI

Fabio Fanti

Biologia, microbiologia e tecnologie di controllo sanitario

Gli alimenti:

Contaminazioni chimiche
e microbiologiche

La conservazione e le
normative per la
sicurezza alimentare

Qualità e igiene degli alimenti

Concorrono alla definizione di **qualità totale** di un alimento le seguenti componenti:

- **Nutrizionali:** elementi nutritivi
- **Organolettiche:** colore, odore, sapore, consistenza
- **Microbiologiche:** presenza/assenza di microrganismi alteranti o patogeni, adozione di efficaci trattamenti di sanitizzazione
- **Tecnologiche:** correlate alla qualità delle materie prime impiegate nella preparazione dell'alimento
- **Chimiche:** composizione chimica dell'alimento, presenza di sostanze tossiche o dannose

La contaminazione microbica degli alimenti

Le **contaminazioni microbiche** si possono realizzare a livelli diversi:

- **contaminazione primaria:** si verifica nella fase di produzione a opera di microrganismi presenti nell'acqua, nell'aria, nel suolo, nell'animale produttore
- **contaminazione secondaria:** riguarda il livello igienico dello stabilimento di trasformazione e quello degli addetti alla lavorazione
- **contaminazione terziaria:** si verifica a livello del punto vendita

I processi di degradazione microbica

I microrganismi possono usare sostanze molto diverse come substrati nutritivi per il loro accrescimento, provocando effetti differenti:

- **Putrefazione** su sostanze proteiche
- **Fermentazione** su substrati di natura glucidica
- **Rancidità** sulla componente lipidica

Alimenti e bevande sono un veicolo di trasmissione ideale per i germi patogeni, poiché vi trovano un substrato ricco di nutrienti in cui crescere e riprodursi, diventando responsabili di **infezioni, intossicazioni e tossinfezioni alimentari**.

I fattori che condizionano la microbiologia degli alimenti

- **Tipo di microrganismi** (batteri, lieviti, muffe)
- **Carica microbica**
- **Composizione dell'alimento**
- **Modi di conservazione**

I fattori che condizionano la sopravvivenza dei microrganismi su un alimento possono essere distinti in:

- **Intrinseci:** composizione e struttura dell'alimento
- **Estrinseci:** fattori ambientali che durante la lavorazione e la conservazione possono modificare quelli intrinseci
- **Impliciti:** possibili interazioni (positive o negative) che si sviluppano fra diverse popolazioni di microrganismi durante la produzione e la conservazione

I fattori intrinseci che agiscono sugli alimenti /1

Attività dell'acqua:

L'acqua di cui i microrganismi possono disporre è solo una parte della quantità totale presente in un alimento: è la quota detta **acqua libera a_w** , cioè che non è impegnata in legami con altre sostanze.

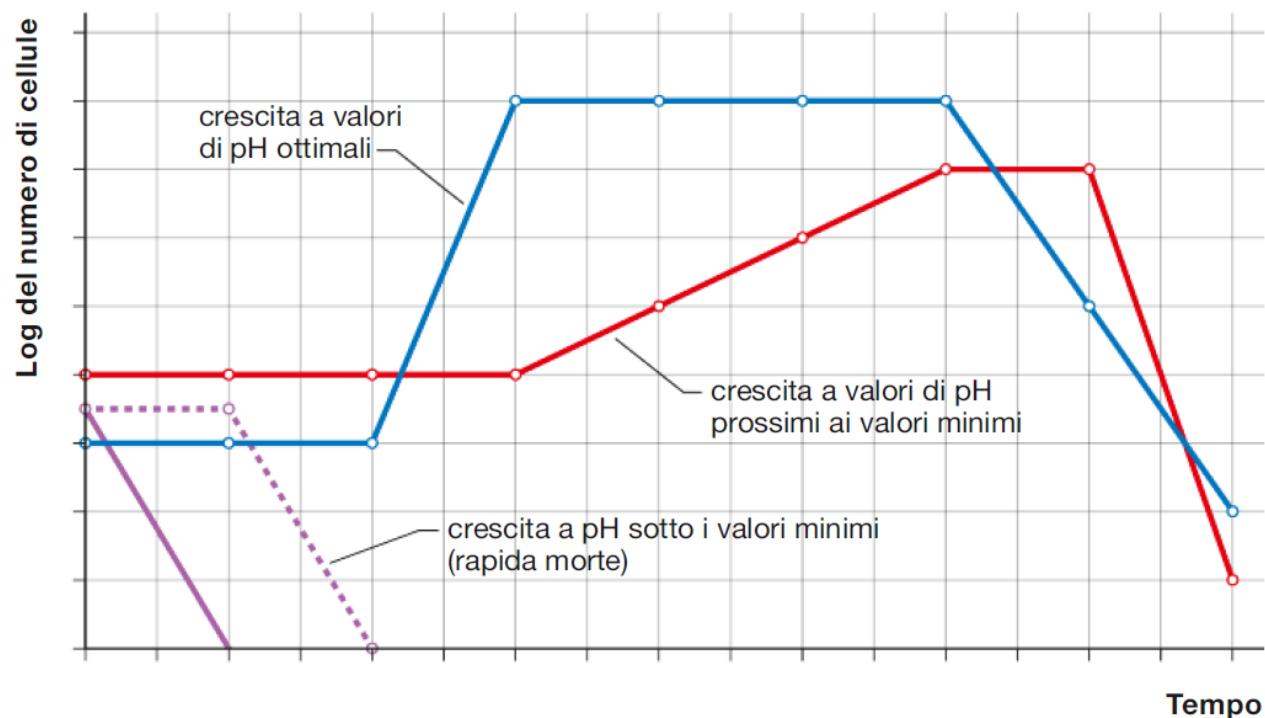
Tecniche di conservazione degli alimenti basati sulla sottrazione di acqua:

- **Congelazione**
- **Essiccamento**
- **Alta concentrazione di sale** (es. salamoie) **o di zucchero** (es. marmellate)

I fattori intrinseci che agiscono sugli alimenti /2

pH del substrato:

Si può ipotizzare la curva di crescita di un microrganismo in relazione ai valori di pH:



I fattori intrinseci che agiscono sugli alimenti /3

Potenziale redox:

Gli organismi viventi ricavano l'energia indispensabile alle attività metaboliche da reazioni redox.

Il **potenziale di ossidoriduzione Eh** è un indice della tendenza di un substrato a cedere elettroni (diventando ossidato) o acquistare elettroni (diventando ridotto):

- quando un substrato cede elettroni si ossida (Eh positivo)
- quando li acquista si riduce (Eh negativo)

Lo sviluppo dei germi aerobi è favorito da ambienti ossidati con valori positivi di Eh, mentre quello degli anaerobi richiede preferibilmente valori di Eh negativi.

I fattori estrinseci che agiscono sugli alimenti /1

Temperatura:

Si possono trovare microrganismi:

- **Euritermi:** crescono in un ampio range di temperatura
- **Stenotermi:** sopravvivono in un intervallo di temperatura ristretto

Si distinguono in **psicrofili**, **mesofili** e **termofili** in relazione al range di temperatura entro il quale possono crescere.

Umidità relativa:

Fattore ambientale importante sia per la conservazione in ambiente refrigerato sia per la a_w degli alimenti.

Se in eccesso favorisce lo sviluppo di muffe, lieviti e microrganismi aerobi.

I fattori estrinseci che agiscono sugli alimenti /2

Atmosfera di conservazione:

La sopravvivenza dei microrganismi in molti prodotti alimentari è condizionata dal tipo di atmosfera presente nell'involucro di confezionamento.

I gas con effetto inibitorio diretto sulla crescita microbica negli alimenti sono ossigeno e diossido di carbonio.

Conservanti:

Gli alimenti a volte contengono naturalmente sostanze antimicrobiche, ma molti additivi e conservanti possono essere appositamente aggiunti.

I fattori impliciti: interazioni fra comunità microbiche

Interazioni negative:

- **Competizione:** danneggia tutti i tipi microbici coinvolti
- **Amensalismo:** un microrganismo produce sostanze che danneggiano gli altri, ma non ne ricava alcun vantaggio
- **Predazione:** un predatore sfrutta la preda come nutrimento
- **Parassitismo:** un membro trae vantaggio dall'associazione con altri membri che vengono danneggiati

Interazioni positive:

- **Commensalismo:** associazione tra organismi, da cui uno ricava vantaggio senza arrecare danni
- **Mutualismo:** tutti traggono vantaggio dall'associazione.

La contaminazione chimica degli alimenti /1

La **contaminazione chimica** degli alimenti è legata allo sviluppo economico e industriale e all'impiego di sostanze xenobiotiche, che lasciano residui in atmosfera, nel suolo e nelle acque e che entrano nella catena alimentare.

I **fitofarmaci** sono una parte del più ampio gruppo dei **pesticidi** e sono sostanze usate in agricoltura per eliminare organismi dannosi per le colture.

Rispetto al **settore di impiego** sono classificati in:

- insetticidi
- fungicidi o anticrittogamici
- diserbanti
- fitormoni o fitoregolatori

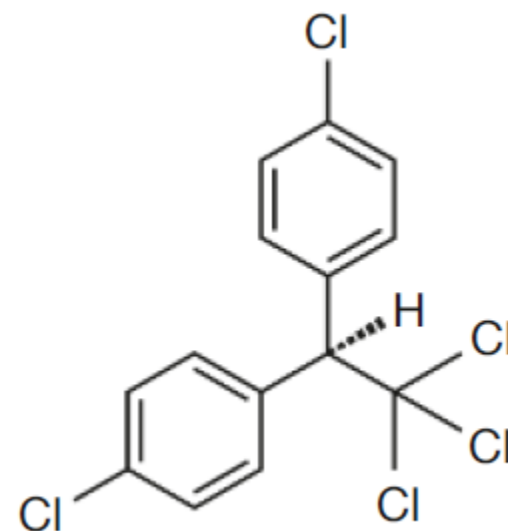
La contaminazione chimica degli alimenti /2

I fitofarmaci in base alla **composizione chimica** sono:

- inorganici
- organici naturali
- organici di sintesi

I **composti clororganici** sono formati da atomi di cloro legati ad anelli carboniosi.

Agiscono contro gli insetti per ingestione o per contatto (es. DDT).



DDT: dicloro difenil tricloroetano.

La contaminazione chimica degli alimenti /3

Interferenti endocrini: composti chimici xenobiotici che possono interferire con il metabolismo endocrino, cioè con la sintesi, l'escrezione, gli effetti e l'eliminazione degli ormoni, che regolano e controllano lo sviluppo, la fertilità e l'equilibrio omeostatico dell'organismo. Comprendono:

- idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
- benzene
- diossina
- ftalati
- policlorobifenili (PCB)
- composti clorurati
- fitofarmaci

La contaminazione da anabolizzanti ormonali, antibiotici e contenitori

Anabolizzanti ormonali: derivati da ormoni sessuali, agiscono accelerando la crescita dell'animale. Possono essere:

- di origine naturale: estrogeni, progesterone e androgeni
- di origine artificiale: es. stilbestrolo e derivati

Antibiotici: possono essere usati illecitamente come promotori della crescita.

Contenitori dell'industria alimentare: sono di varia natura es. metalli, ceramica, vetro, carta e cartone, materie plastiche.

La contaminazione da coadiuvanti tecnologici

I **coadiuvanti tecnologici** sono «sostanze non consumate come ingredienti alimentari in sé, usate nella trasformazione di materie prime, prodotti alimentari o loro ingredienti, al fine di rispettare un determinato obiettivo tecnologico in fase di lavorazione o trasformazione». Comprendono:

- **enzimi** es. caglio nella produzione dei formaggi
- **solventi** es. acetato di etile per la decaffeinizzazione del caffè
- **chiarificanti** es. gelatina
- **demetallizzanti** es. potassio ferrocianuro, che allontana il ferro dal vino
- **decoloranti** es. carbone attivo per la rettifica degli oli
- **agenti di distacco** es. silicone
- **lubrificanti e disinfettanti** impiegati nei macchinari

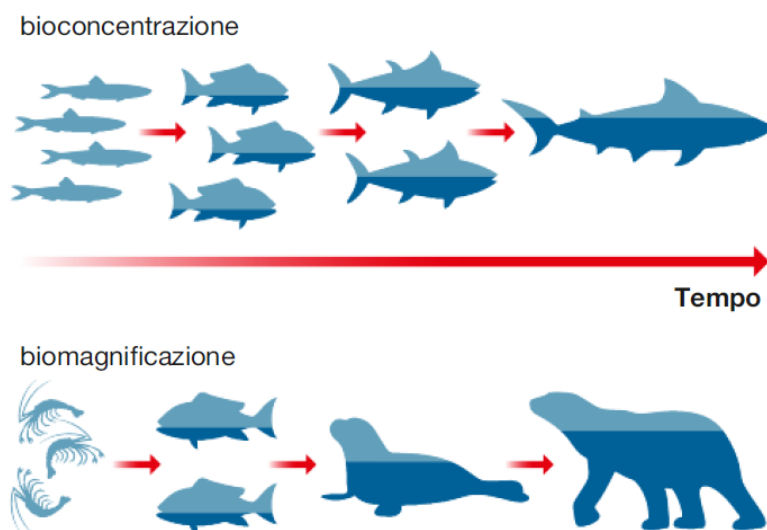
La contaminazione da metalli pesanti

I **metalli pesanti** reagiscono con i gruppi -SH di proteine ed enzimi, con conseguente danno cellulare sia a livello strutturale che metabolico.

Si accumulano negli strati superficiali del suolo, sono assorbiti dalle radici e contaminano gli alimenti di origine vegetale.

Nei mari e negli oceani il **mercurio** subisce:

- una **bioconcentrazione** accumulandosi nei tessuti dei pesci
- una **biomagnificazione** lungo la catena alimentare fino ai grandi predatori marini e da questi all'uomo



Bioconcentrazione e biomagnificazione.

La contaminazione da radionuclidi

Gli alimenti possono essere contaminati dai **radioisotopi** dispersi nell'atmosfera in seguito a esplosioni nucleari o a scarichi o perdite di impianti nucleari.

Il contatto con i radioisotopi può essere diretto oppure attraverso la catena alimentare:

- iodio-131 e cesio: aria → foraggi → bovini (carne e latte) → uomo
- altri radioisotopi: acqua → plancton → molluschi/crostacei → pesci → uomo

La gravità della contaminazione è legata al **periodo di dimezzamento** del radionuclide coinvolto, cioè il tempo impiegato dall'elemento per dimezzare la propria attività.

Le conseguenze possono essere a livello somatico o ereditario.

La conservazione degli alimenti

I **microrganismi** responsabili delle più comuni alterazioni sono batteri, muffe e lieviti.

Le **tecniche di conservazione degli alimenti** hanno l'obiettivo di bloccare l'attività degli enzimi ed eliminare i microrganismi presenti, o comunque arrestarne / rallentarne la riproduzione.

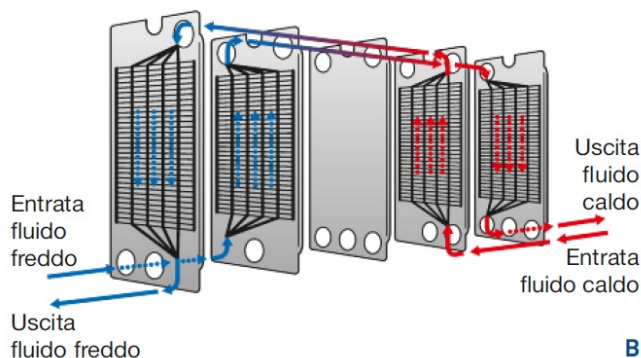
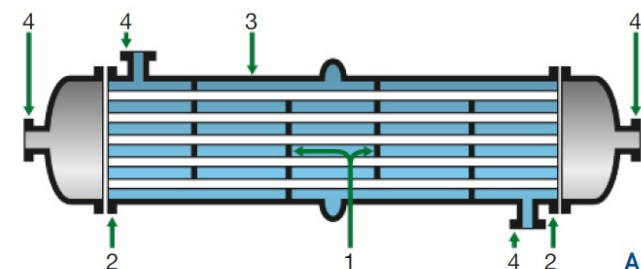
I trattamenti impiegati devono essere integrati in un programma di controllo basato sulla **teoria della combinazione di ostacoli**: più fattori (trattamenti) che, combinandosi insieme, sono in grado di garantire qualità e sicurezza del prodotto.

Si distinguono **trattamenti fisici** e **trattamenti chimici**.

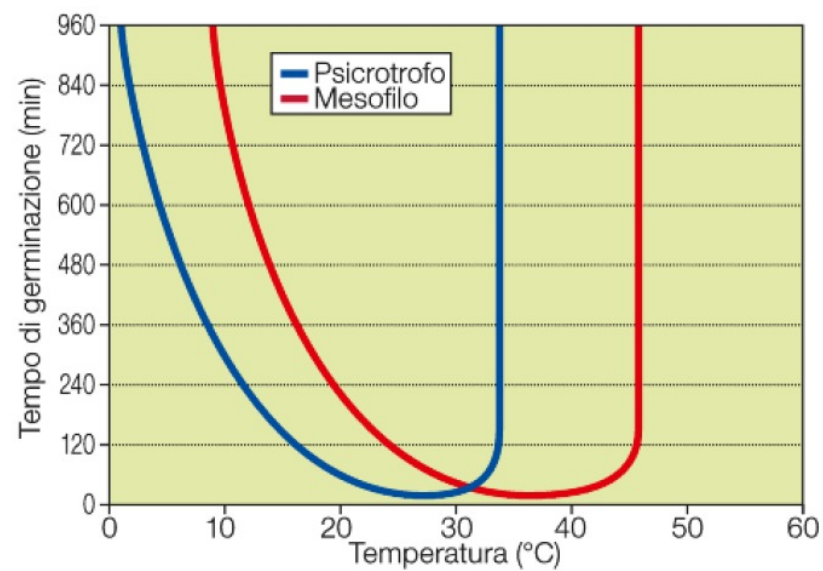
La conservazione con mezzi fisici /1

Alte temperature: hanno azione battericida e inattivano gli enzimi per denaturazione.

Si usano **scambiatori di calore**, sia per fornire che per sottrarre calore: sistemi in cui una parete metallica separa il fluido scaldante o refrigerante dal prodotto da trattare.



Scambiatore di calore a tubi (A) e a piastra (B).



Temperatura e tempi di generazione microbica per mesofili e psicrotrofo.

La conservazione con mezzi fisici /2

In campo alimentare le **alte temperature** sono utilizzate per due trattamenti:

- **Sterilizzazione:** elimina da un substrato ogni forma microbica, incluse le spore batteriche. Si impiegano temperature superiori ai 100 ° C.
- **Pastorizzazione:** trattamento termico meno severo della sterilizzazione che ha l'obiettivo di eliminare i batteri patogeni, buona parte della flora microbica saprofitica (lieviti, muffe, molti batteri Gram positivi), disattivare gli enzimi, mantenendo inalterate le caratteristiche organolettiche dell'alimento.
Poiché le temperature impiegate non superano in ogni caso i 100 ° C, le spore batteriche non sono distrutte.

La conservazione con mezzi fisici /3

Le **basse temperature** hanno un effetto microbiostatico, agiscono cioè bloccando la riproduzione dei microrganismi in quanto non permettono il regolare svolgimento delle reazioni enzimatiche cellulari.

Quando la temperatura scende a livelli estremamente bassi si provoca la morte delle cellule microbiche.

- **Refrigerazione:** l'alimento è raffreddato e mantenuto a temperature fra 0 e +6 ° C, anche sottovuoto o in atmosfera controllata.

Non impedisce lo sviluppo di tutti i microrganismi: la conservabilità di un prodotto refrigerato è limitata nel tempo. Particolare rilievo assume la presenza di **germi psicrofili** in grado di resistere e proliferare alle basse temperature.

La conservazione con mezzi fisici /4

- **Congelamento:** fa penetrare il freddo all'interno dell'alimento fino a portarlo a temperature intorno ai -40°C , con un processo lento che penalizza le caratteristiche organolettiche dell'alimento (formazione di cristalli di ghiaccio di grandi dimensioni).
Molti enzimi, tossine e spore non sono completamente eliminati.
- **Surgelazione:** il freddo (-18°C) è fatto penetrare molto velocemente nell'alimento, che deve essere preventivamente confezionato in un contenitore sigillato.
È qualitativamente superiore al congelamento, in quanto cellule e tessuti non subiscono danni rilevanti.

La conservazione con mezzi fisici /5

Alte pressioni:

- **Trattamenti ad alta pressione idrostatica o HHP** (*high hydrostatic pressure*): la pressione è trasmessa in modo uniforme e istantaneamente in ogni punto del prodotto (processo isostatico), senza variazioni di temperatura (processo adiabatico).
- **Trattamenti ad alta pressione di omogeneizzazione o HPH** (*high pressure homogenization*): applicati ad alimenti fluidi con valori di circa 400 MPa.

Il sistema prevede un omogeneizzatore composto da una pompa che spinge ad alta pressione il liquido attraverso una valvola che disgrega le particelle presenti fino a dimensioni nanometriche.

La conservazione con mezzi fisici /6

Campi elettrici pulsati: sono applicati ad alimenti fluidi per intervalli di tempo dell'ordine dei microsecondi. Provocano modifiche puntiformi nella struttura delle membrane cellulari, con alterazioni della permeabilità e dunque dei meccanismi di sintesi e trasporto delle sostanze.

Riscaldamento ohmico: ad un alimento ad alto contenuto di solidi (es. conserve) si applica una corrente elettrica che ne provoca il riscaldamento, come effetto della resistenza elettrica che l'alimento presenta.

Irradiazione: esposizione degli alimenti a radiazioni γ che provocano la morte dei microrganismi contaminanti senza alterare le caratteristiche organolettiche.

La conservazione con mezzi fisici /7

Affumicatura: lenta combustione di legname che libera fumo contenente aldeidi, eteri e acidi che hanno un effetto conservante e aromatizzante.

Disidratazione o essiccamento: sottrazione dell'acqua disponibile (o acqua libera, a_w) ai microrganismi contaminanti.

Liofilizzazione: l'alimento, preventivamente congelato, viene trattato in una camera di sublimazione, dove l'acqua presente passa direttamente dallo stato solido a quello di vapore. L'alimento mantiene le proprietà nutritive inalterate e riacquista le proprie caratteristiche organolettiche con la semplice aggiunta di acqua.

La conservazione con mezzi chimici /1

Salagione e zuccheraggio: creazione di un ambiente osmoticamente sfavorevole alla sopravvivenza dei germi, che provoca la fuoriuscita di acqua dalle loro cellule. Con lo stesso principio si possono conservare alimenti con l'aggiunta di zucchero in concentrazioni del 60%.

Conservazione con alcol: l'alcol etilico al 70% è un buon conservante, anche se inefficace nei confronti delle spore batteriche. Agisce solubilizzando i lipidi di membrana, svolge un'azione disidratante e denaturante sulle proteine.

La conservazione con mezzi chimici /2

Conservazione con olio o aceto:

- l'olio impedisce il contatto dei cibi con l'ossigeno. I germi anaerobi riescono comunque a sopravvivere, perciò bisogna abbinare questo metodo ad altri procedimenti
- l'aceto crea un ambiente acido che ostacola la proliferazione dei microrganismi, ma è comunque opportuno sbollentare l'alimento per poi conservarlo in un contenitore non a contatto con l'aria

Conservazione mediante fermentazione: l'attività fermentativa crea un ambiente acido, che è inospitale per gran parte dei microrganismi.

La conservazione tramite enzimi

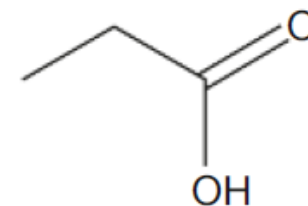
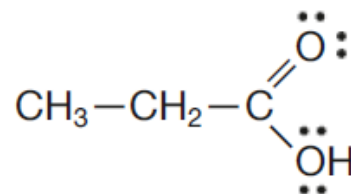
Enzimi con attività antimicrobica sono presenti in vari alimenti. Appartengono soprattutto alle classi idrolasi e ossidoreduttasi:

- le **idrolasi** degradano i componenti della parete batterica. Esempio: lisozima, enzima che si trova nel latte e nell'albume delle uova
- le **ossidoreduttasi** generano nel substrato composti reattivi citotossici ad azione antimicrobica. Esempi: glucosio-ossidasi (GOX) e la lattoperossidasi

L'impiego di additivi e conservanti /1

Sono definite **additivi alimentari** quelle sostanze non usate come ingredienti e aggiunte intenzionalmente agli alimenti per un fine tecnologico nelle diverse fasi della filiera produttiva (es. per prolungare la conservabilità di un alimento, preservarne la qualità, migliorarne l'aspetto e la consistenza).

Conservanti: possono essere utilizzati conservanti con un'apposita **azione antimicrobica** (es. acido sorbico), oppure i cosiddetti **conservanti secondari:** additivi usati in origine per scopi diversi, ma che hanno anche un effetto antimicrobico (es. acido propionico).



Acido propionico.

L'impiego di additivi e conservanti /2

Antiossidanti: hanno la funzione di proteggere gli alimenti dall'ossidazione, che si manifesta con l'irrancidimento dei grassi e il cambiamento di colore. Agiscono ossidandosi al posto degli alimenti (es. acido citrico).

Addensanti o stabilizzanti: hanno la funzione di conferire all'alimento maggiore consistenza e omogeneità. Comprendono molti polisaccaridi (es. gomma arabica, gelatina, pectina).

Emulsionanti: sostanze che servono a rendere stabile un'emulsione, cioè a miscelare tra di loro due componenti non miscibili (es. olio e acqua). Sono sostanze anfipatiche, cioè hanno un'estremità polare idrosolubile e un'altra apolare liposolubile; sono quindi dei tensioattivi (es. lecitine).

L'impiego di additivi e conservanti /3

Esaltatori di sapidità: per esaltare i sapori (es. glutammato monosodico).

Coloranti: possono essere naturali o sintetici (quelli più discussi sono gli azoici, caratterizzati dalla presenza del gruppo — N = N —).

Edulcoranti: sono impiegati in sostituzione dello zucchero (saccarosio) e comprendono sostanze naturali (es. mannitolo) e sintetiche (es. saccarina).

Coadiuvanti tecnologici: sono usati per «rispettare determinati obiettivi tecnologici» nella preparazione degli alimenti e possono lasciare residui nel prodotto finito senza rischio per la salute (es. enzimi, solventi).

Il sistema HACCP nell'industria alimentare

Il **sistema HACCP** (*hazard analysis and critical control point*) è stato ideato per prevenire la diffusione di malattie infettive legate alla commercializzazione e al consumo di prodotti alimentari non idonei dal punto di vista chimico e microbiologico.

Il sistema individua all'interno di un processo produttivo i punti di criticità operativa sui quali è opportuno effettuare controlli, per raggiungere la sicurezza che il prodotto finito corrisponda ai criteri di qualità prefissati.

Un punto critico (***critical point***) è definibile come una fase produttiva o un trattamento su cui effettuare un controllo (***control***) allo scopo di eliminare o almeno minimizzare un pericolo (***hazard***).

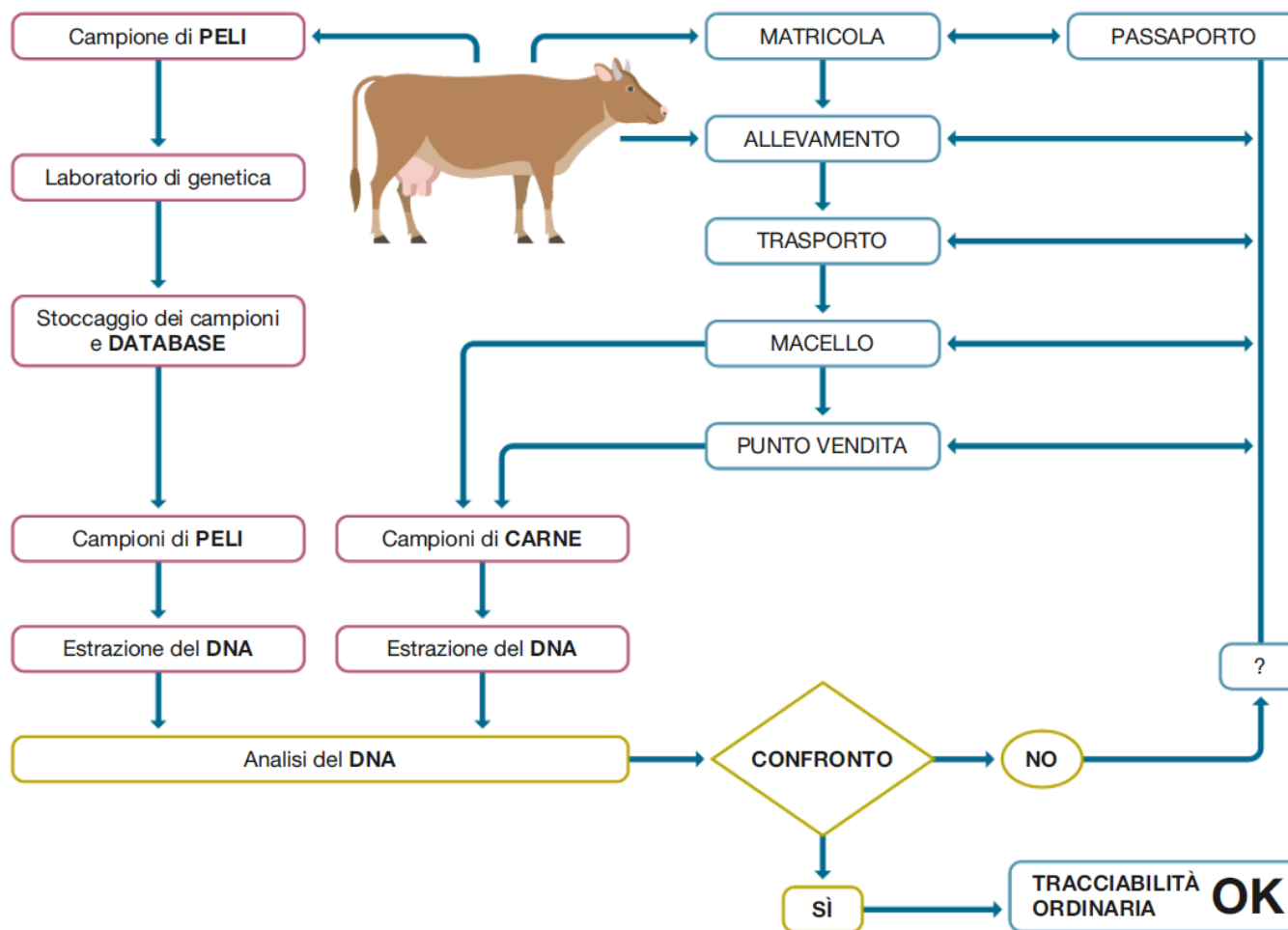
La tracciabilità genetica negli alimenti /1

Definizioni di **tracciabilità**:

- nel settore alimentare: acquisizione di informazioni sull'origine del prodotto, sulle materie prime usate, sulle tecniche di produzione
- in zootecnia: possibilità di risalire all'identità degli animali e all'origine dei prodotti attraverso tutta la filiera, dall'allevamento alla vendita al consumo.

La **tracciabilità genetica** si fonda sull'identificazione del DNA dell'animale e sulla possibilità di risalire alla sua origine confrontando il profilo genetico ottenuto dalla carne con un database che contiene i profili genetici di tutti gli animali.

La tracciabilità genetica negli alimenti /2



Schema di un sistema genetico a supporto della tracciabilità ordinaria.