

Principi di igiene degli alimenti



Tutta la storia umana attesta che la felicità dell'uomo, peccatore affamato, da quando Eva mangiò il pomo, dipende molto dal pranzo (Lord Byron)

La Qualità alimentare

La qualità "è l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite" (UNI ISO 8402).

Esigenze implicite

L'alimento deve nutrire (*qualità nutrizionale*)

L'alimento non deve presentare rischi per la salute umana (*qualità igienica, sicurezza alimentare*)

Esigenze espresse

L'alimento deve soddisfare (*qualità organolettica*).

La perdita di qualità degli alimenti

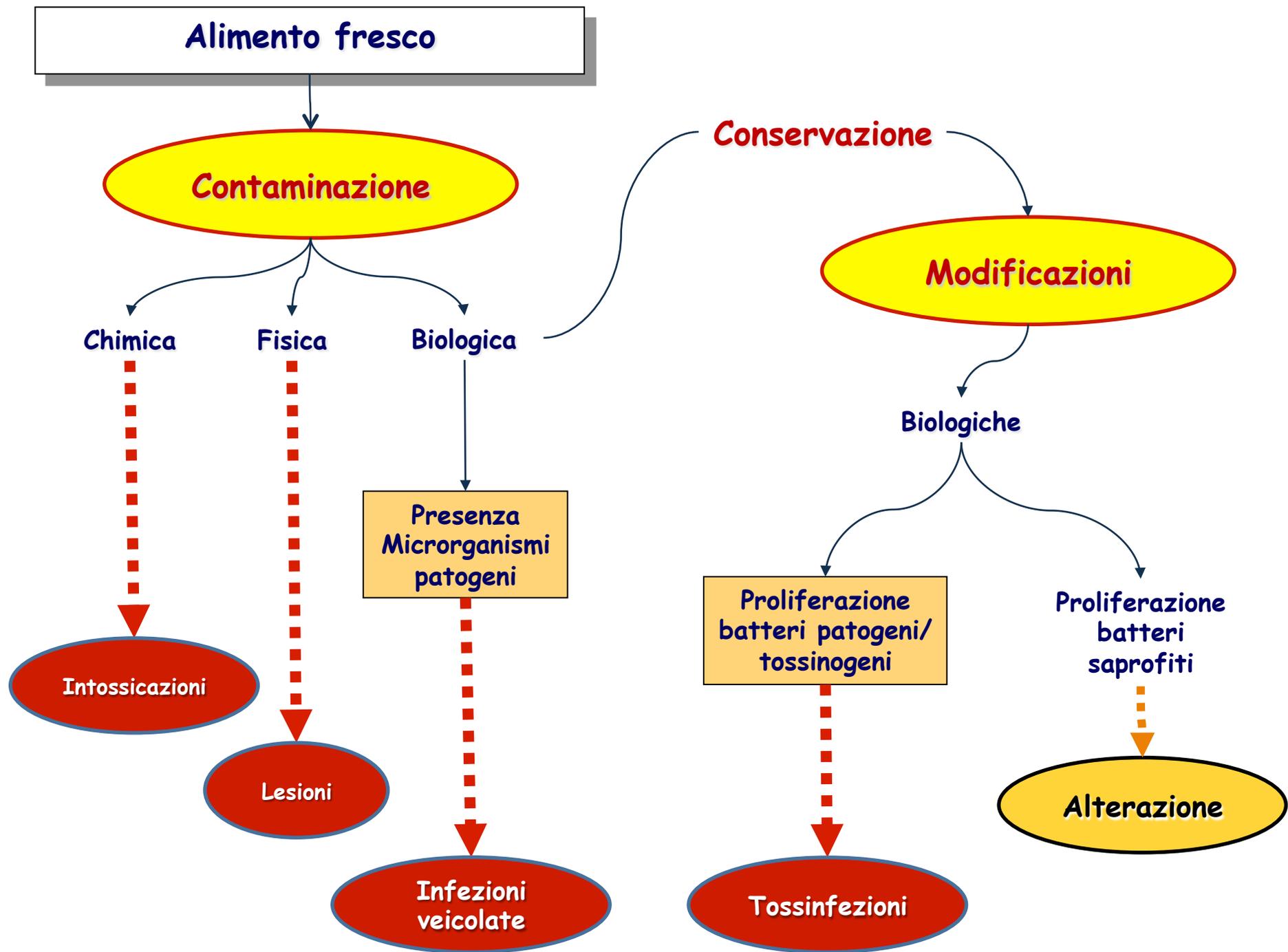
La perdita di qualità di un alimento si ha quando non sono soddisfatte le **esigenze implicite o espresse** dell'alimento e principalmente quando non vengono soddisfatti i **requisiti di sicurezza, nutrizionali o organolettici**



Cause

- **Contaminazione**
(presenza di **fattori estranei all'alimento**)
- **modificazioni**
intercorse durante il periodo di conservazione dell'alimento.





Conseguenze

Le principali conseguenze dovute allo scadimento qualitativo di un prodotto alimentare riguardano

- l'alterazione dei prodotti conservati
- il rischio di patologie derivanti dal consumo di alimenti contenenti fattori di pericolo (**pericoli alimentari**) conseguenti a contaminazione o modificazioni.

Per pericolo o elemento di pericolo si intende la presenza di un **agente fisico, chimico o biologico** in un alimento o mangime conseguente a una contaminazione o a una modificazione, o la condizione in cui un alimento o un mangime si trova, in grado di provocare un effetto nocivo alla salute del consumatore.

CONTAMINAZIONE FISICA

Presenza di sostanze estranee:

- ✓ Pezzi di vetro
- ✓ Parti metalliche delle attrezzature,
- ✓ Oggetti personali (anelli, orecchini, ecc.)
- ✓ Materiale organico di origine animale (pezzi d'osso, peli, insetti o altri animali estranei, ecc.)
- ✓ Materiale organico rilasciato dall'operatore (peli, unghia, ecc.)
- ✓ Materiale di provenienza ambientale (sassi, terra, polvere, ecc.)
- ✓ Altro (materiale plastico, parti dell'imballaggio primario o secondario, ecc.)

Contaminazione degli alimenti

La contaminazione degli alimenti può essere:

- **Intenzionale:** sostanze aggiunte intenzionalmente nell'alimento per migliorarne le caratteristiche organolettiche o la conservabilità (additivi)
- **Involontaria:** composti utilizzati durante la produzione primaria per migliorare la produttività ma che possono ritrovarsi anche nel prodotto finito (pesticidi, anabolizzanti, farmaci, ecc.)
- **Ambientale:** fattori estranei all'alimento provenienti dall'ambiente che lo circonda o dalle superfici cui entra in contatto (idrocarburi, metalli pesanti, microorganismi)
- **Naturale:** sostanze tossiche e/o dannose presenti naturalmente (tossine, sostanze allergizzanti, antimetaboliti)

CONTAMINAZIONE DA SOSTANZE CHIMICHE

*Contaminazione
primaria*



*Durante la produzione
primaria*

- ⇒ Pesticidi
- ⇒ residui di farmaci
- ⇒ anabolizzanti
- ⇒ metalli pesanti

*Contaminazione
secondaria*



*Durante le fasi di
trasformazione*

- ⇒ additivi
- ⇒ sostanze chimiche
- ⇒ detergenti
- ⇒ disinfettanti

Contaminazione chimica

Contaminanti ambientali

Metalli pesanti

Diossine

Residui di detersivi o disinfettanti

Residui farmacologici

Antibiotici

Anabolizzanti

Fitofarmaci

Pesticidi

Fitostimolatori, ecc

Additivi

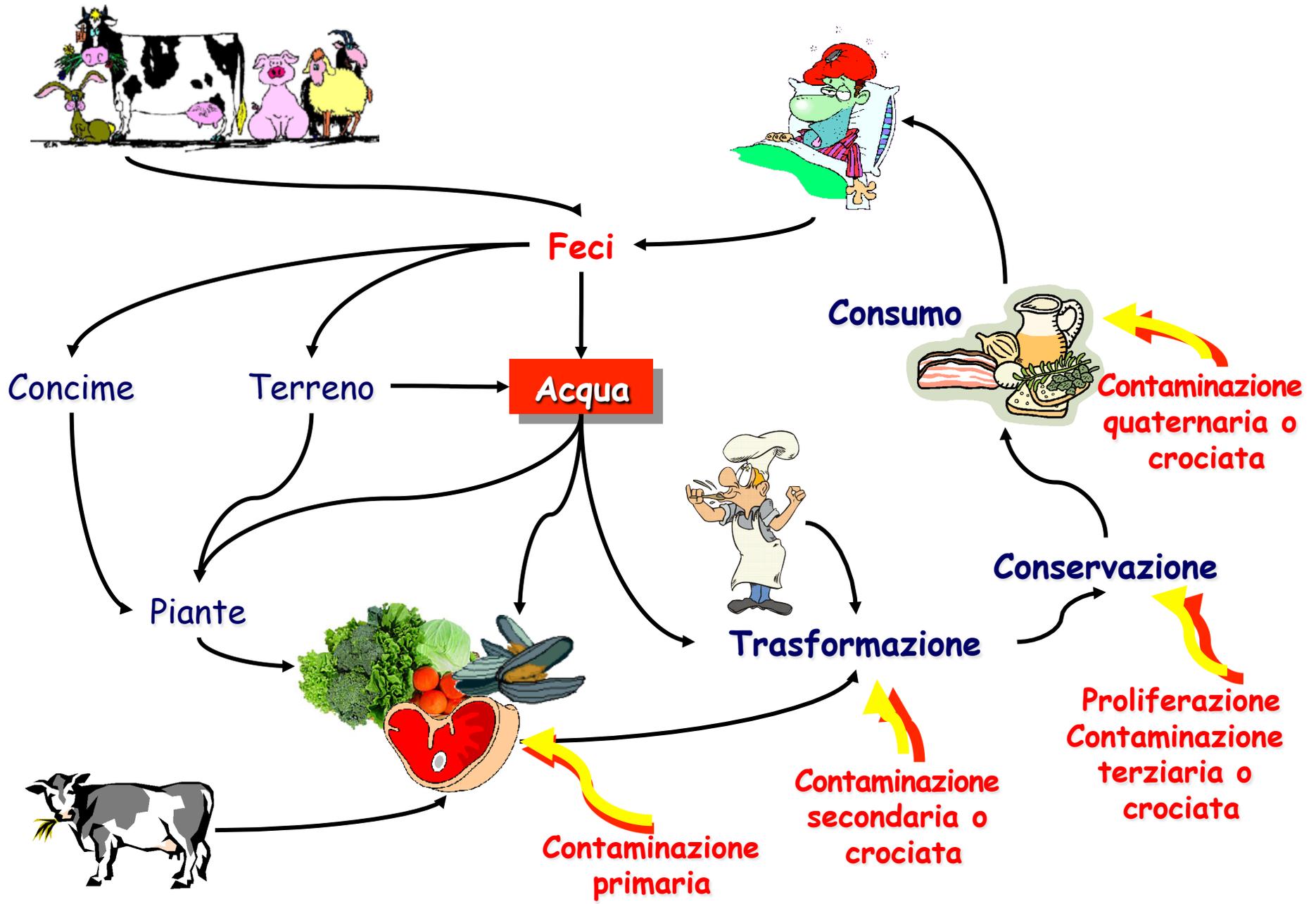
Antiossidanti

Microbiostatici

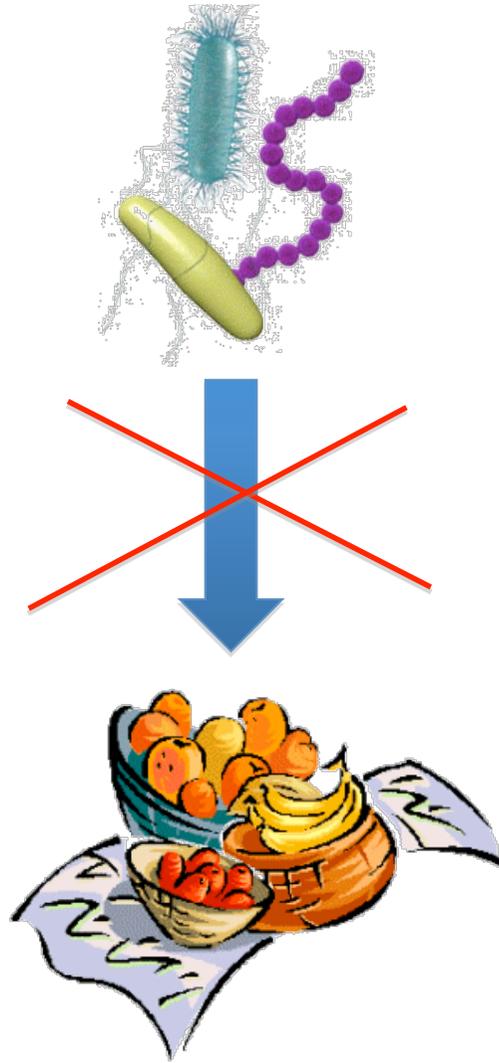
Microbicidi

Conservanti, ecc

Contaminazione microbiologica



Prevenzione della contaminazione



?

In assoluto la contaminazione non può essere evitata, ma può essere limitata a livelli compatibili con la sicurezza alimentare

Modificazione degli alimenti



Modificazione degli alimenti

- Gli alimenti possono essere considerati una matrice in “evoluzione” in quanto, se non vengono consumati immediatamente dopo la produzione o la preparazione, nel corso del tempo vanno incontro (più o meno velocemente) a modificazioni.
- Le modificazioni sono causate dalla trasformazione di uno o più componenti chimici che determina una modificazione delle proprietà fisiche, chimiche o biologiche dell'alimento

I principali eventi che durante la **conservazione** modificano lo stato di qualità di un alimento sono riconducibili a:

- **Maturazione e senescenza** (Gli alimenti vegetali continuano a respirare e a consumare materiali di riserva anche dopo il raccolto)
- **Attività enzimatica** (es. cambiamenti nella composizione, nella struttura, nell'aroma e nel colore, perdita di nutrienti, produzione di composti indesiderabili)
- **Reazioni chimiche** (es. Ossidazione degli acidi grassi, idrolisi, ecc.)
- **Alterazioni di natura fisica** (es. Adsorbimento di umidità, destabilizzazione delle emulsioni, ecc.)
- **Proliferazione microbica**

Modificazione degli alimenti

- La natura dei processi trasformativi è eterogenea e dipende:
 1. dalle caratteristiche intrinseche del prodotto,
 2. dalle condizioni di conservazione
 3. dagli intervalli di tempo che intercorrono.
- La velocità delle trasformazioni dipende dalla natura dell'alimento e dalle condizioni di conservazione.
- In generale si tratta di fenomeni o processi di natura fisica, fisico-chimica, chimica, biochimica e microbiologica, **spesso interagenti** fra loro in un sistema di trasformazioni complesso.
- Le modificazioni possono essere **spontanee** (reazioni naturali) o **indotte** (da agenti contaminanti o dall'uomo).

Trasformazioni ed alterazioni

- Si usa il termine **trasformazione** quando il processo porta a risultati desiderati e, quindi, è positivo. Si usa invece il termine **alterazione** quando il processo porta a risultati indesiderati, se non addirittura dannosi.
- Le trasformazioni si svolgono spontaneamente, con o senza il controllo dei parametri ambientali ed operativi, oppure artificialmente, creando le condizioni affinché si avvino le trasformazioni nella direzione desiderata.



La formazione di alcol etilico a partire dagli zuccheri del mosto è una trasformazione (modificazione desiderata)

- Le alterazioni si svolgono sempre spontaneamente; possono essere "fisiologiche", nel senso che si svolgono in quanto fenomeni ordinari integrati nel ciclo della sostanza organica, oppure essere indotte da particolari condizioni ambientali od operative errate o non ottimali.
- In ogni caso occorre intervenire per prevenire, arrestare o rallentare lo svolgimento di tali processi quando sono indesiderati.



L'irrancidimento dell'olio è un'alterazione (modificazione indesiderata)

Cause ed effetti

	Cause	Principali effetti
1.	Attività enzimatiche	Alterazione di glucidi, proteine e lipidi
2.	Alterazione dei glucidi	Idrolisi enzimatica Respirazione Maturazione e senescenza Fermentazione Alterazione dei prodotti del metabolismo glucidico
3.	Alterazione delle proteine	Denaturazione e coagulazione Reazione di Maillard (cottura) Proteolisi (digeribilità) e putrefazione
4.	Alterazione dei lipidi	Idrolisi Irrancidimento
5.	Alterazioni di natura fisica	Cambiamenti di stato
6.	Proliferazioni microbiche	Alterazioni organolettiche Tossinfezioni alimentari

Alterazione microbiche

Se le condizioni ambientali lo consentono,

l'alimento oggetto di contaminazione microbica si trasforma rapidamente



PROLIFERAZIONE



↳ Alterazioni organolettiche

↳ Rischio per la salute del consumatore (proliferazione di microrganismi patogeni e produzione di tossine).

Fattori che condizionano la crescita microbica

- Ad eccezione dei virus, endoparassiti cellulari obbligati, la maggior parte dei microrganismi può sfruttare l'alimento come substrato da cui attingere il nutrimento necessario al proprio metabolismo e alla riproduzione.
- La crescita dei microrganismi non avviene a qualsiasi condizione ma dipende da alcuni fattori specifici.
- La conoscenza ed il controllo di questi fattori è essenziale per prevenire l'alterazione microbica degli alimenti e le malattie di natura microbiologica trasmesse con gli alimenti

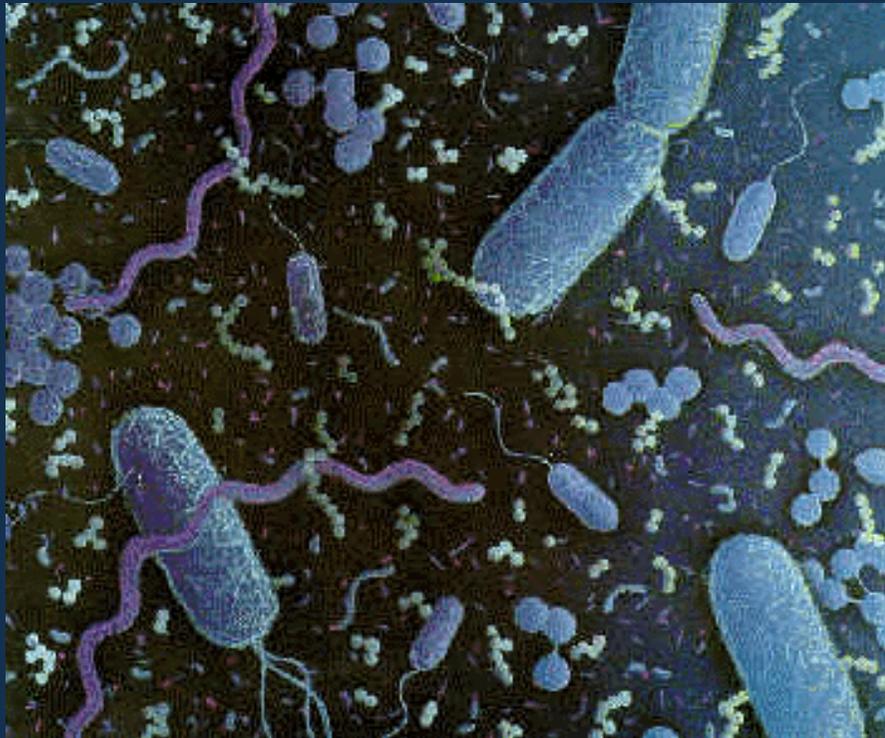
Fattori che condizionano la crescita microbica

Le condizioni che determinano la proliferazione e la velocità di crescita dipendono da:

- FATTORI IMPLICITI
- FATTORI INTRINSECI
- FATTORI ESTRINSECI

FATTORI IMPLICITI

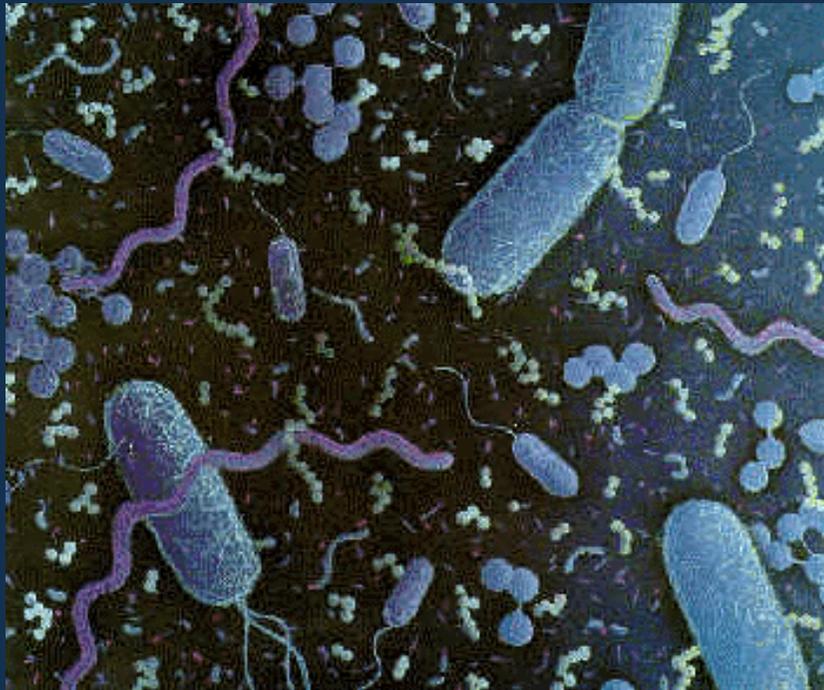
ESPRESSIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MICRORGANISMI



- ✓ **FORMA MICROBICA**
- ✓ **SPECIE MICROBICA**
(caratteristiche biochimiche, resistenza, ciclo, ecc.)
- ✓ **INTERAZIONE CON ALTRI MICRORGANISMI**
(neutralismo, commensalismo, antagonismo, competizione, ecc.)

FATTORI IMPLICITI

ESPRESSIONE DELLE CARATTERISTICHE PROPRIE DELLE SPECIE MICROBICHE CHE CONTAMINANO L'ALIMENTO



- ✓ Categoria microbica (batteri, miceti, ecc.)
- ✓ Caratteristiche biochimiche e metaboliche
- ✓ Interazione con altri microrganismi

FATTORI IMPLICITI

categoria microbica

- Microrganismi appartenenti a gruppi tassonomici diversi si comportano in modo diverso sia dal punto di vista metabolico che riproduttivo.
- In genere i principali gruppi di microrganismi in grado di proliferare negli alimenti appartengono a batteri e miceti (lieviti e muffe).
- I batteri hanno in genere affinità per substrati proteici e minore resistenza alla disidratazione e ai trattamenti chimici (ad eccezione delle forme che producono spore)
- I miceti hanno affinità per i substrati glucidici e maggiore resistenza alle condizioni ambientali sfavorevoli.

FATTORI IMPLICITI

caratteristiche metaboliche

- Le caratteristiche biochimiche specifiche di ciascuna specie microbica determinano il maggiore o minore adattamento dei microrganismi alle condizioni ambientali.
- Ogni specie microbica possiede affinità chimiche diverse per il substrato ed ha soglie di pH, umidità, temperatura, potenziale redox ottimali entro cui il metabolismo (e conseguentemente la proliferazione) risulta fortemente attivo e oltre le quali risulta rallentato o addirittura arrestato.
- Pertanto nello stesso alimento tenuto in determinate condizioni ambientali alcune specie risultano metabolicamente attive rispetto ad altre che invece potranno risultare attive in condizioni ambientali differenti.

FATTORI IMPLICITI

interazione con altri microrganismi

- **NEUTRALISMO:** La crescita di un microrganismo non ha nessun effetto sulla crescita di un altro microrganismo;
- **MUTUALISMO:** Entrambi i microrganismi traggono vantaggio;
- **COMMENSALISMO:** Quando un microrganismo trae vantaggio mentre l'altro non giova di alcun beneficio, né viene danneggiato in alcun modo.
- **ANTAGONISMO:** Uno dei due microrganismi produce uno o più prodotti che influenzano negativamente l'altro microrganismo, senza trarne un vantaggio diretto
- **COMPETIZIONE:** I due microrganismi competono per gli stessi nutrienti; entrambi sono danneggiati dalla presenza dell'altro membro dell'associazione.

FATTORI INTRINSECI

ESPRESSIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E BIOLOGICHE DELL'ALIMENTO

- STRUTTURA FISICA DELL'ALIMENTO
- COMPOSIZIONE CHIMICA
- ATTIVITA' DELL'ACQUA (a_w)
- pH
- POTENZIALE DI OSSIDORIDUZIONE (Eh)
- PRESENZA DI INIBITORI (NATURALI O ADDIZIONATI)

Struttura fisica dell'alimento

Distinguiamo alimenti in fase **liquida** e alimenti in fase **solida**.

Una fase liquida permetterà maggiore probabilità di reazioni e processi alterativi.



Nel caso di alimenti in fase solida ha particolare importanza la **superficie specifica** ossia il rapporto tra superficie e volume dell'alimento: maggiore la superficie esposta, maggiore il contatto con l'ossigeno o con agenti responsabili di alterazioni.

COMPOSIZIONE CHIMICA

Principali nutrienti necessari ai microrganismi per il loro metabolismo:

- **ACQUA**
- FONTE DI **CARBONIO**
- FONTE DI **AZOTO**
- FONTE DI **FOSFORO**
- FONTE DI **ZOLFO**
- **ELEMENTI INORGANICI ESSENZIALI** (K, Ca, Mg, Fe, Na)
- **MICRONUTRIENTI** (Co, Mn, Cu, Zn, Ni, Mo)
- MICRORGANISMI ESIGENTI: **FATTORI DI CRESCITA**
(VITAMINE, AMINOACIDI, BASI AZOTATE)

Composizione chimica



I microrganismi esigono acqua, azoto, minerali e ossigeno e/o fattori di crescita per il loro sviluppo.

I prodotti alimentari contengono tutti i nutrienti necessari alla moltiplicazione dei microrganismi, ma le differenze di composizione del prodotto alimentare hanno un effetto selettivo sulla flora microbica.

Conoscendo la composizione di un alimento si può prevedere quali microrganismi potranno svilupparsi.

Alimenti ricchi in zuccheri → Miceti

Alimenti proteici → Batteri

COMPOSIZIONE CHIMICA

I batteri necessitano di **azoto solubile** per il loro metabolismo: quanto più facilmente riescono ad ottenere tale elemento tanto più velocemente proliferano.

Proteine

La velocità di proliferazione batterica dipende dal peso molecolare e dalla struttura delle proteine: le proteine a struttura complessa e ad alto peso molecolare vengono demolite più lentamente dai batteri che quindi riusciranno a reperire con più difficoltà sostanze utili al metabolismo.



COMPOSIZIONE CHIMICA

Composti azotati non proteici

- Al contrario, i composti azotati non proteici, a basso peso molecolare (creatina, creatinina, ipoxantina, ecc.) vengono attaccati molto velocemente dai batteri, con produzione di idrogeno solforato, metilmercaptano ecc.
- Gli alimenti ricchi di tali sostanze (prodotti ittici e, fra questi, i crostacei) vanno incontro più rapidamente a fenomeni di alterazione microbica con produzione di cattivi odori.



COMPOSIZIONE CHIMICA

Contenuto lipidico

Più è alto il contenuto di lipidi, maggiore è la conservabilità

Connettivo nelle masse muscolari

La velocità di penetrazione dei batteri nelle masse muscolari, e quindi la loro proliferazione, è rallentata dalla presenza nelle carni di tessuto connettivo



Attività dell'acqua

- ➔ La crescita ed il metabolismo dei microrganismi richiedono acqua
- ➔ Non tutta l'acqua degli alimenti è disponibile per i microrganismi

L'acqua può instaurare diverse forme di interazione con le strutture biologiche o chimiche del sistema (p.e. solubilità di sali).

I diversi livelli di queste interazioni condizionano la disponibilità dell'acqua necessaria per la crescita dei microrganismi.

Maggiori saranno le interazioni minore sarà la quantità d'acqua disponibile (acqua o libera)

ATTIVITÀ DELL'ACQUA (DEFINIZIONE)

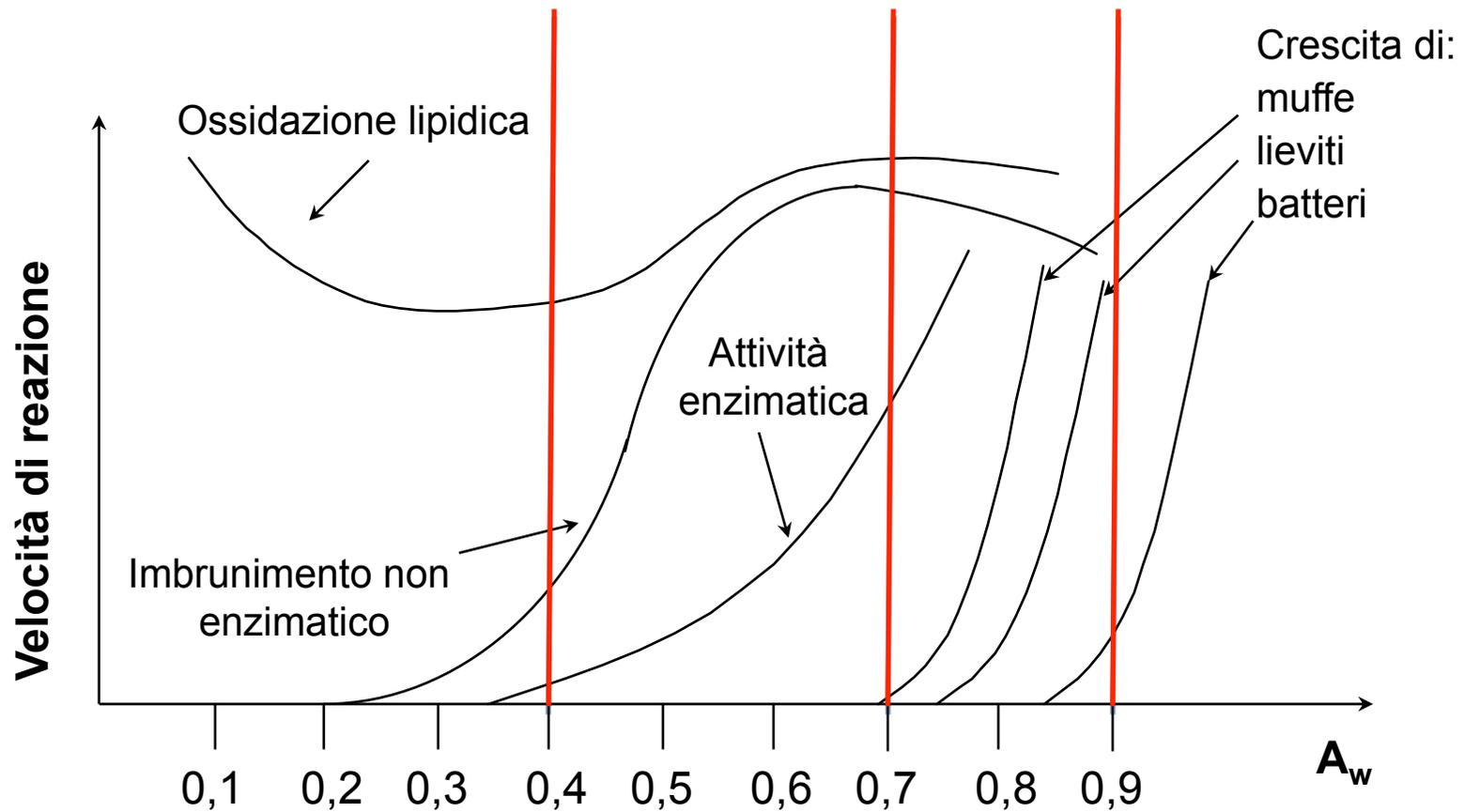
Per indicare e misurare la disponibilità dell'acqua nei diversi sistemi alimentari si utilizza la grandezza termodinamica dell'attività dell'acqua (a_w)

a_w è il rapporto tra la tensione di vapore acqueo di un alimento (p) e la tensione di vapore dell'acqua pura (p_o) alla stessa temperatura.

$$a_w = p / p_o$$

$$0 < a_w < 1$$

L'attività dell'acqua influenza sia la velocità di crescita dei microrganismi e la produzione di tossine, sia la cinetica delle reazioni enzimatiche e chimiche



L'esigenza di acqua varia per i diversi microrganismi così come il contenuto in acqua di un alimento può variare ampiamente.

Microrganismi	aw limite
Batteri	0.9
Lieviti	0.85
Muffe	0.80
Batteri alofili	0.75
Muffe xerofile	0.65
Lieviti saccorofili	0.60

aw ALIMENTI

1.00 – 0.95	ortofrutta, carne, pesce, latte, mollica di pane; fino al 40% di zucch. o 7% di sale
0.95 – 0.91	alcuni formaggi, prosciutto, succhi concentrati; fino al 55% di zucch. o 12% di sale
0.91 – 0.87	salami, lievitati da forno, formaggi duri, margarina; fino al 65% di zucch. o 15% sale
0.87 – 0.80	latte condensato, sciroppi, cioccolato, riso, farina, fondenti
0.80 – 0.75	marmellate, gelatine
0.75 – 0.65	torrone, caramelle, gelatine, zucchero di canna, noci, frutta secca
0.65 – 0.60	frutta secca con 15-20% di acqua, miele, caramelle
0.50 – 0.20	pasta secca, spezie, uovo in polv., crackers, crosta del pane, latte in polv.

ATTIVITÀ DELL'ACQUA

- *La a_w si può ridurre:*
- Togliendo acqua (evaporazione/essiccamento, crioconcentrazione, liofilizzazione, concentrazione con membrane)
- Diminuendo la disponibilità dell'acqua attraverso la cristallizzazione (congelamento)
- Diminuendo la disponibilità dell'acqua attraverso agenti leganti come zucchero, sale
- Legame con altri agenti leganti l'acqua: glicerolo, policeroli, proteine

CONCENTRAZIONI DI NaCl E GLUCOSIO A VARI LIVELLI DI A_w (a 25°C)

a_w	% w/w NaCl	% w/w glucosio
1.00	0.00	0.00
0.99	1.74	8.90
0.98	3.43	15.74
0.96	6.57	28.51
0.94	9.38	37.83
0.92	11.90	43.72
0.90	14.18	48.54
0.88	16.28	53.05
0.86	18.18	58.45

> **Salamoie**

Marmellate/confetture

Il valore di pH

Influenza la velocità di moltissime reazioni chimiche e biochimiche.

Influenza la crescita dei microrganismi.

Gli alimenti con pH neutro o poco acido (superiore a 4.5) sono ottimi mezzi di crescita per tutti i microrganismi, compresi i patogeni.

Intervalli di pH ottimali per la crescita di alcuni microrganismi:

	<i>pH</i>	
	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>Escherichia coli</i>	4.4	8,5
<i>Salmonella typhi</i>	4.5	9.6
<i>Bacillus cereus</i>	4.9	9.3
<i>Clostridium botulinum</i>	4.6	8.5
<i>Staphylococcus aureus</i>	4	9.8
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2.3	8.6
<i>Aspergillus flavus</i>	2.0	11.2
<i>Fusarium moniliforme</i>	2.5	10.7
<i>Penicillium verrucosum</i>	2.0	10.0

Classificazione degli alimenti in base al pH

- o Cibi non acidi $\text{pH} > 5,3$ (la maggior parte dei microrganismi possono crescere, incluso *Clostridium botulinum* e gli agenti del flat sour)
- o Cibi a media acidità $4,6 < \text{pH} < 5,3$: *C. botulinum* può ancora crescere ma è inibito; solo pochi sporigeni sono in grado di crescere
- o Cibi acidi $3,7 < \text{pH} < 4,6$: *C. botulinum* è inibito
- o Cibi molto acidi $\text{pH} < 3,7$: solo i microrganismi più acidurici possono crescere

Cibi alcalini e neutri

Alimento	pH	Alimento	pH
Bianco d'uovo	7,6-9,5	Gamberi	6,8-8,2
Granchio	6,8-8,0	Merluzzo, piccolo	6,7-7,1
Merluzzo, grande	6,5-6,9	Crackers	6,5-8,5
Latte	6,3-6,8	Cavoletti di Bruxelles	6,3-6,6
Melone	6,2-6,5	Datteri	6,2-6,4
Aringhe	6,1-6,6	Miele	6,0-6,8
Burro	6,1-6,4	Funghi	6,0-6,5
Cavolfiore	6,0-6,7	Lattuga	6,0-6,4

Cibi poco acidi

Alimento	pH	Alimento	pH
Tuorlo d'uovo	6,0-6,3	Ostriche	5,9-6,6
Sedano	5,7-6,0	Piselli	5,6-6,8
Tacchino	5,6-6,0	Pollo	5,5-6,4
Fagioli	5,4-6,5	Patate	5,4-6,3
Noci	5,4-5,5	Maiale	5,3-6,4
Beef	5,3-6,2	Cipolle	5,3-5,8
Patate dolci	5,3-5,6	Cavolo	5,2-6,3
Spinaci	5,1-6,8	Asparagi	5,0-6,1
Formaggi (vari tipi)	5,0-6,1	Camembert	6,1-7,0
Pane	5,0-6,0		

Cibi acidi

Alimento	pH	Alimento	pH
Cottage	4,1-5,4	Gouda	4,7
Carote	4,9-6,3	Succo di pomodoro	3,9-4,7
Banane	4,5-5,2	Salami stagionati	4,4-5,6
Maionese	3,8-4,0	Pomodoro	3,7-4,9
Marmellate	3,5-4,0	Albicocche	3,5-4,0
Uva	3,3-4,5	Pere	3,4-4,7
Fragole	3,0-4,2	Pompelmo	2,9-4,0
Mele	2,9-3,5	Prugne	2,8-4,6
Arance	2,8-4,0	Mirtilli	2,5-2,8
Limoni	2,2-2,4	Lime	1,8-2,0

pH degli alimenti

L'abbassamento del pH può essere ottenuto mediante:

- fermentazione
- aggiunta di prodotti acidi
 - aceto, succo di limone, etc.
- Aggiunta di acidificanti
 - acido citrico, tartarico, ortofosforico, lattico, etc.

OSSIGENO

Potenziale di ossido-riduzione

La presenza dell'ossigeno in una matrice chimica complessa come un alimento permette il verificarsi delle reazioni ossidative e la proliferazione dei microrganismi aerobi, entrambi alla base dei processi degenerativi.

L'ossigeno necessario alle reazioni ossidative può provenire:

- Dal contatto dell'alimento con l'aria
- Dalla presenza nell'alimento di molecole che cedono ossigeno facilmente

Potenziale di ossido-riduzione (E_h)

Il potenziale di ossido-riduzione (E_h) esprime la forza ossidante di una soluzione e viene indicato solitamente in mV (millivolt).

$$E_h = E_o + \frac{RT}{nF} \cdot \frac{[\text{ossidante}]}{[\text{riducente}]}$$

Basso/negativo: riduzione del mezzo

Alto/positivo :ossidazione del mezzo

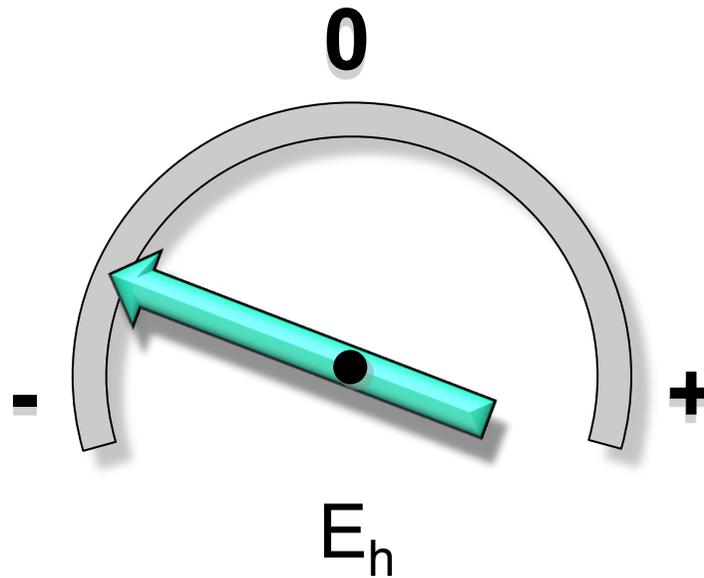
POTENZIALE DI OSSIDO-RIDUZIONE (Eh)

Dipende da:

- disponibilità di ossigeno
- rapporto tra ossidante e riducente
- pH
- capacità stabilizzante
- attività microbica



POTENZIALE DI OSSIDO-RIDUZIONE E CRESCITA BATTERICA



Crescita anaerobi

Inibizione aerobi
stretti od obbligati

Crescita aerobi

Inibizione anaerobi
obbligati

CONTROLLO DI E_h



➤ Confezionamento sotto vuoto

➤ Confezionamento in atmosfera modificata con gas inerti: CO_2 , N_2



➤ Confezionamento sott'olio

➤ Aggiunta di antiossidanti



OSSIGENO

Potenziale di ossido-riduzione

L'inibizione dei batteri aerobi mediante il controllo dell'ossigeno è uno dei più efficaci sistemi per bloccare la degradazione microbica degli alimenti ma favorisce la proliferazione degli anaerobi e la germinazione delle spore dei clostridi per cui devono essere impiegate contemporaneamente altre tecniche di conservazione (p.e. controllo pH, aw, temperatura, ecc.)



Olio + sale + aceto
 O_2 a_w pH

Gli additivi

Sostanze aggiunte intenzionalmente agli alimenti.

Possono essere naturali o artificiali.

Si suddividono in:

➤ **sostanze per la conservazione:**

Conservanti (antimicrobici) e antiossidanti;

➤ **sostanze che modificano i caratteri organolettici:**

aromi, esaltatori di aroma, edulcoranti, acidificanti;

➤ **sostanze che modificano la struttura:**

emulsionanti, addensanti, gelificanti, disperdenti, lievitanti, schiumogeni;

➤ **coadiuvanti tecnologici:**

enzimi, chiarificanti, flocculanti, sbiancanti, anticoagulanti, etc.

FATTORI ESTRINSECI

ESPRESSIONE DELL'AMBIENTE IN CUI SI TROVA L'ALIMENTO

Gli eventi ambientali principali che influiscono sulla qualità di un alimento durante la sua conservazione sono:

- la **trasmissione del calore** che accelera tutte le reazioni;
- la **trasmissione della luce**, in quanto alcune radiazioni catalizzano reazioni indesiderate soprattutto su elementi fotosensibili;
- la **trasmissione di gas**, in particolare ossigeno (permette la respirazione degli aerobi, provoca ossidazioni e perdite di aromi e di vitamine) e anidride carbonica;
- il **trasferimento di umidità** che crea condizioni più o meno favorevoli allo sviluppo microbico;
- le **sollecitazioni meccaniche** sia di tipo dinamico (urti e vibrazioni) sia di tipo statico (compressioni).

La temperatura

- influenza gran parte delle reazioni chimiche che implicano perdita di qualità,
- condiziona le reazioni enzimatiche degradative,
- condiziona lo sviluppo di microrganismi.

La refrigerazione ed il congelamento rallentano le reazioni "temperatura dipendenti", come l'ossidazione delle sostanze grasse, mentre le alte temperature determinano la distruzione delle strutture molecolari complesse (proteine, vitamine, ecc.)

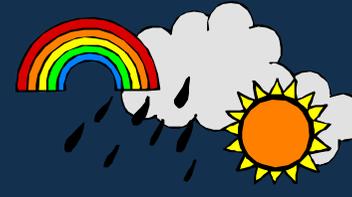
Microrganismi: le basse temperature ne rallentano o ne bloccano la crescita, le alte temperature li distruggono.

LA TEMPERATURA

I vari tipi di microrganismi gradiscono temperature diverse per il proprio habitat ottimale



Psicrofili



Mesofili



Termofili

prediligono

il freddo

temperatura
intermedia

il caldo

intervallo di crescita

0-25°C

20-45°C

45-70°C

temperatura ottimale

10°C

30-37°C

50-55°C

TERMORESISTENZA DEI MICRORGANISMI

Sterilizzazione

Pastorizzazione



Refrigerazione

Congelamento

120°

Distruzione delle spore in 10'-20'

100°

Distruzione di tutte le forme vegetative

80°

Distruzione dei patogeni

60°

Massimo sviluppo per i termofili

40°

Massimo sviluppo per i mesofili

20°

Sviluppo psicrofili, attenuato mesofili

0°

Sviluppo attenuato degli psicrofili

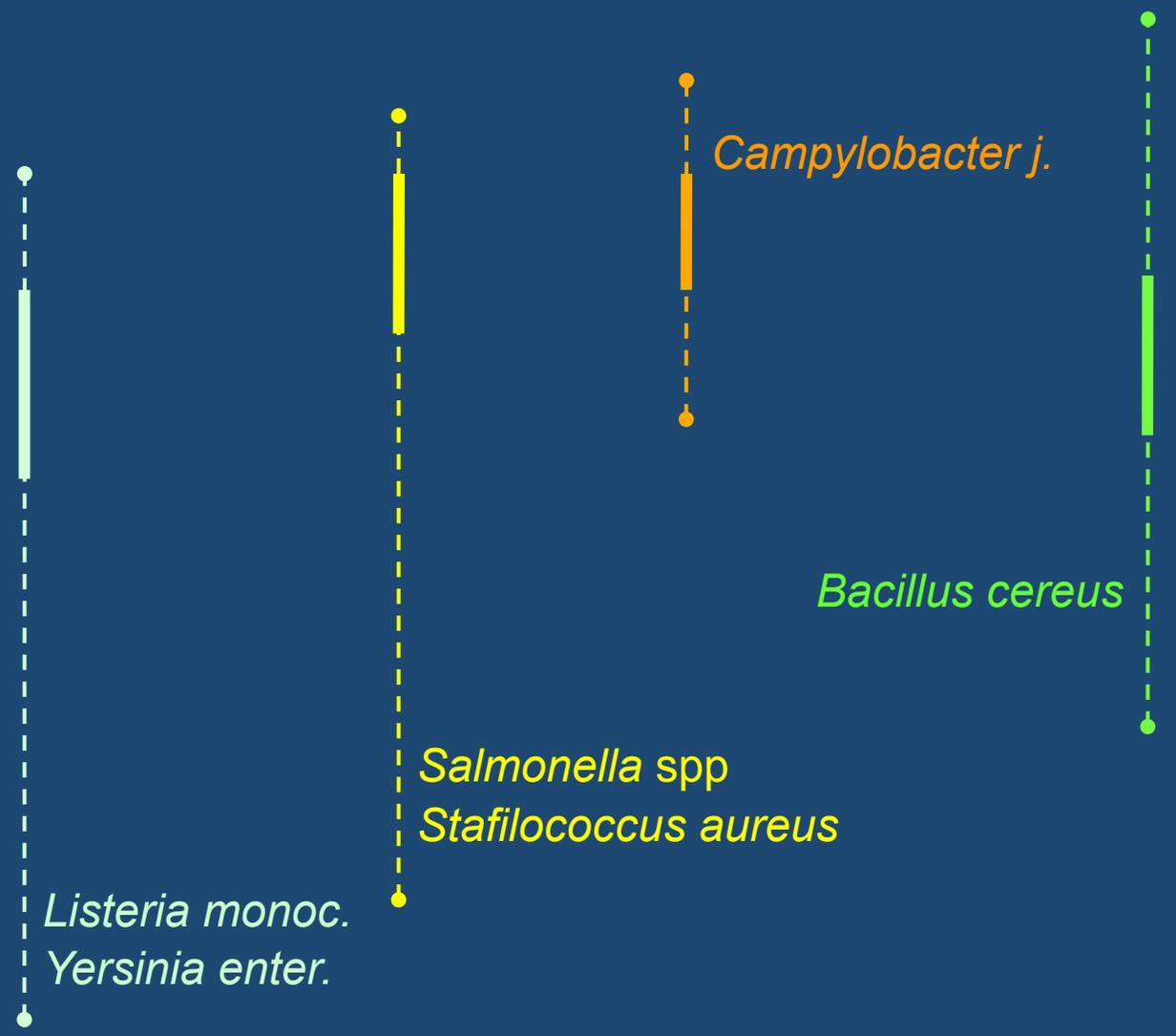
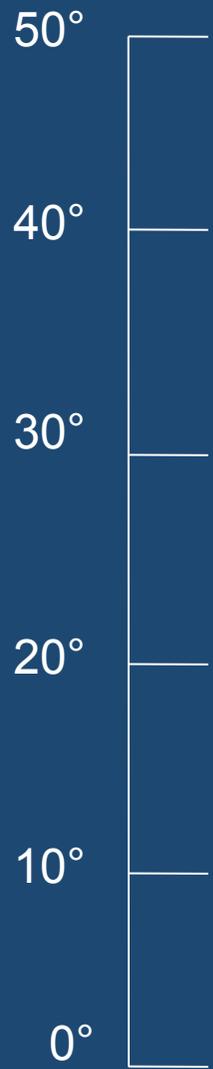
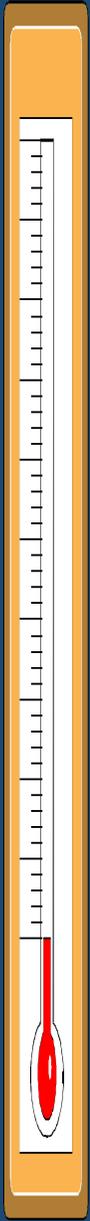
- 20°

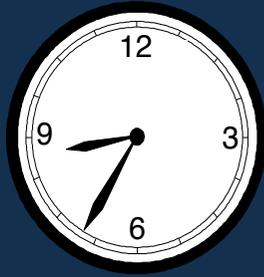
Cessazione progressiva di ogni forma di

- 40°

vita batterica

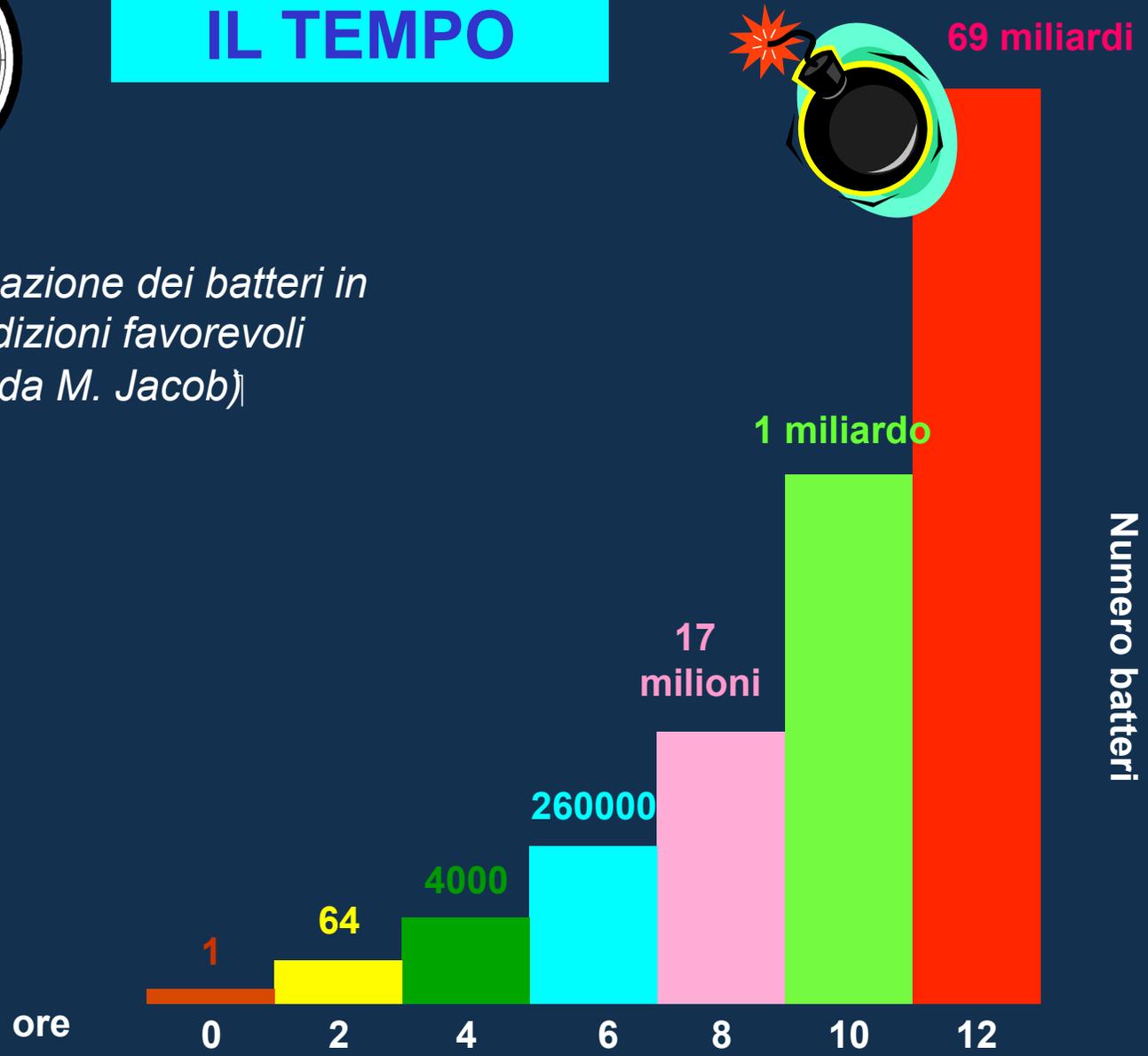
TEMPERATURE MINIME E MASSIME





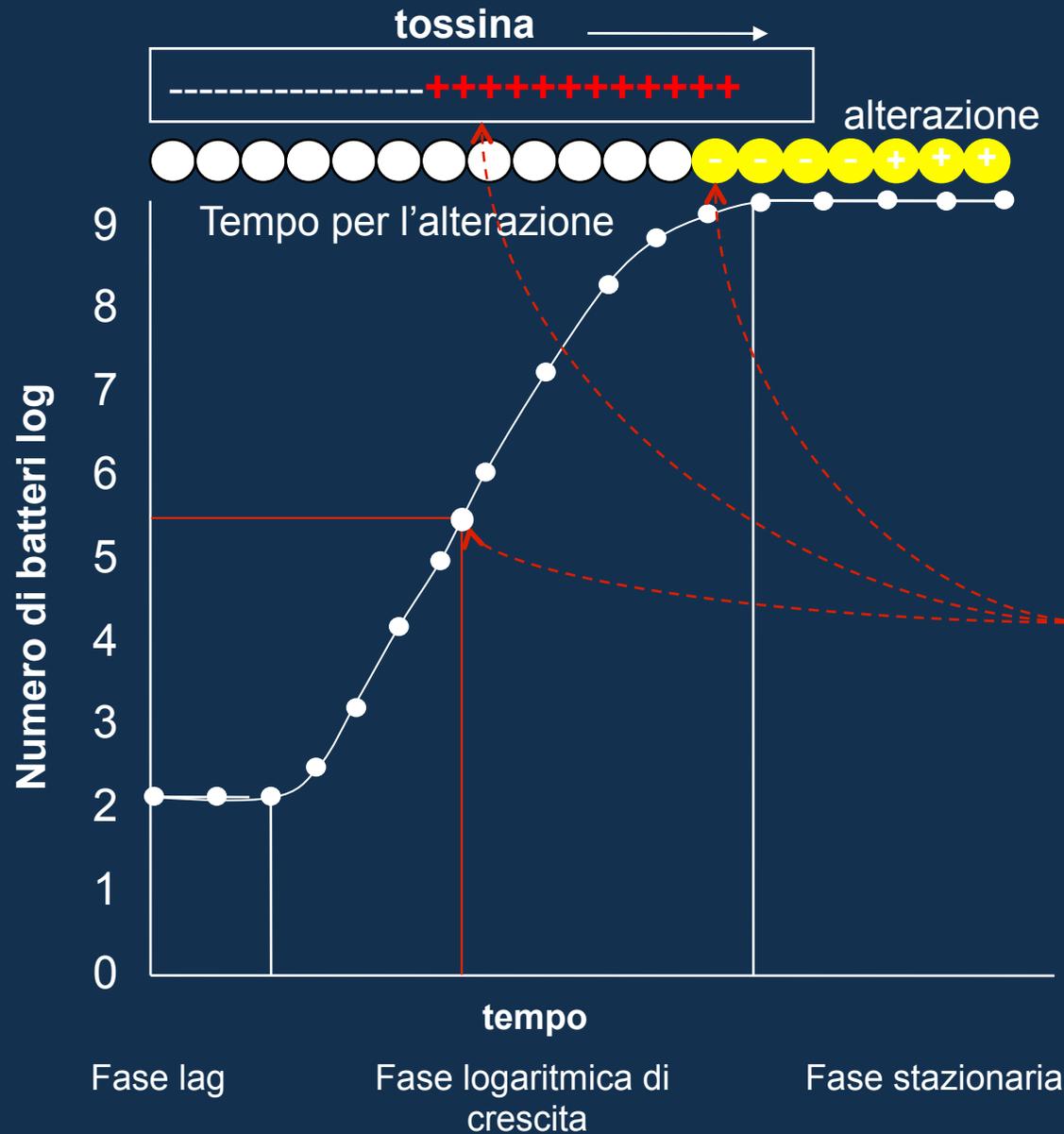
IL TEMPO

*Moltiplicazione dei batteri in
condizioni favorevoli
(da M. Jacob)*



Numero batteri

CURVA BATTERICA DI CRESCITA



La produzione di quantità sufficienti di tossina o il raggiungimento della carica infettante avvengono molto prima della comparsa di segni visibili di alterazione