

Corso di Laurea Magistrale in Scienze delle Produzioni Animali Sostenibili LM-86

UD-1

Insegnamento in: ***SANITA' E SICUREZZA DEI PRODOTTI DI ORIGINE ANIMALE OTTENUTI DA
TECNOLOGIE INNOVATIVE E SOSTENIBILI***

SSD: VET/04; 6 CFU (60 ore)

Parte 3

A.A. 2025-2026

Docente del Corso:
Dr. Gianluigi Ferri
DVM; PhD in Food Inspection
gferri@unite.it

Alterazioni degli alimenti

- Cosa si intende per alterazioni degli alimenti???

...necessità di rendere disponibili nel tempo e nello spazio prodotti alimentari con caratteristiche organolettiche accettabili per il consumatore ...

- Priviamo a dare delle definizioni da consumatori

FOOD TECHNOLOGIES: *disidratazione, salagione, trattamenti termici, uso del freddo, fermentazione ...*

Alterazioni degli alimenti

*Modificazioni delle caratteristiche organolettiche tali da rendere il prodotto
“inaccettabile” per il consumo umano*

concetto di “inaccettabilità” → prodotto-specifico

es. odore ammoniacale ...

... prodotti della pesca essiccati (disidratati) e fermentati

... prodotti della pesca freschi o “lightly preserved”

Alterazioni degli alimenti

Reazioni chimiche

Danni fisici

**Degradazione microbica:
crescita e metabolismo batterico**



causa principale

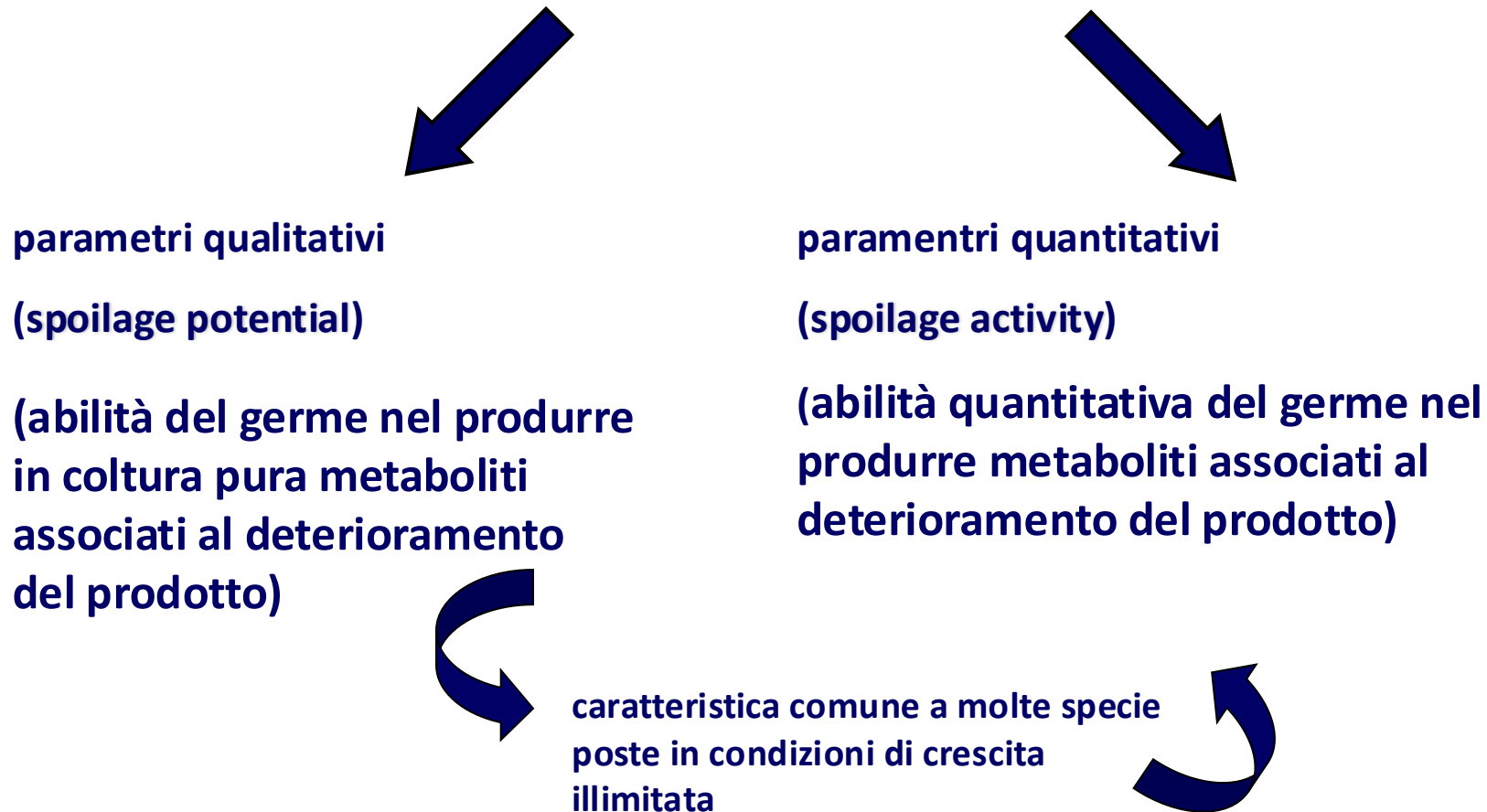


**ammine, solfuri, alcoli, aldeidi,
chetoni, acidi organici...**

... slime, decolorazione, colonie visibili

SSO

(specific spoilage organism)



... cosa fare per vedere se si è davvero di fronte ad un SSO?

... valutare se in un prodotto alimentare alterato

la sua carica è effettivamente in grado di giustificare

la produzione quantitativa dei metaboliti

associati al fenomeno

- Ecologia microbica,
- Tecniche molecolari,
- Chimica analitica,
- Analisi sensoriale,
- Modelli matematici.

caratterizzazione

**Specific Spoilage Organisms
SSOs**

referiti ad un prodotto specifico

Spoilage domain

range di condizioni ambientali (pH, temperatura, a_w , atmosfera) in cui un SSO può crescere e produrre metaboliti tipici del fenomeno alterativo

la conoscenza di questo limitato numero di parametri fisici e chimici permette, a fronte di una notevole variabilità iniziale, di prevedere con buona attendibilità quali specie microbiche saranno in grado di crescere e dominare un particolare prodotto alimentare

Studio alteranti

- | | |
|----------------|---|
| 1° fase | studio quali-quantitativo delle modificazioni
(organolettiche, microbiologiche, chimiche)
occorse durante il periodo di conservazione

variazioni nel tempo concentrazioni composto chimico target |
| 2° fase | isolamento e identificazione specie microbiche presenti al momento del rifiuto
sensoriale

valutazione capacità alteranti
su substrati specifici |
| 3° fase | valutazione azione deteriorante
ceppi selezionati sul prodotto |

Goal industria alimentare

- identificare gli SSOs**
- identificare i loro specifici “spoilage domains”**

implementazione metodiche

determinare

prevedere

estendere

shelf life alimenti

... facciamo alcuni esempi:

Pseudomonas spp e pochi altri batteri gram negativi psicrotrofi

→alimenti proteici conservati aerobicamente a temperature di refrigerazione

LIMITI

L'accertamento dello stato di alterazione di un prodotto alimentare ed il suo grado si basano su parametri sensoriali

Né la CMT né il livello di SSO possono di per sé essere utilizzati come indice della qualità sensoriale del prodotto

Il livello di SSO può tuttavia essere utile per prevedere la rimanente shelf life di un prodotto

... in aggiunta...

crescita ed attività degli SSOs sempre descritta e studiata in funzione dei parametri esposti ...

... tuttavia nel determinismo della comparsa dei fenomeni alterativi si raggiungono cariche di microrganismi tali da ritenere certa una loro interazione e influenza reciproca

Oggi sempre più chiara...

L'importanza del ruolo rivestito in alcuni casi dai...

rapporti di interazione tra diversi i microrganismi

- 1. Antagonismo**
- 2. Metabiosi**
- 3. Comunicazione tra cellule**

1. Antagonismo

e.g.

- LAB abbassamento pH e produzione batteriocine;
- alcuni alteranti Gram-negativi → NH_3 e TMA tossici per diverse specie e talvolta per se stessi
- Pseudomonadi → sostanze antibatteriche e antifungine (antibiotici) e competizione per il Fe

1. *Antagonismo*

competizione verso determinate sostanze (minerali, amino acidi, zuccheri,) presenti in quantità limitate.

Fe indispensabile al metabolismo batterico per
respirazione (vettore elettroni)
enzimi redox

molti batteri → sistemi altamente specializzati per captazione Fe → **siderofori**
(chelanti specifici secreti dalla cellula microbica)

1. *Antagonismo*

Substrati con Fe in basse concentrazioni (prodotti ittici)

Scarsa disponibilità → attivazione produzione siderofori

- Secrezione siderofori ambiente esterno;
- Formazione complesso sideroforo-Fe;
- Captazione complesso e sua introduzione all'interno della cellula;
- Liberazione del Fe nel citoplasma.

Pseudomonas spp. produttori di **siderofori** ad elevata capacità legante, soprattutto ceppi isolati da prodotti della pesca

1. Antagonismo

una specie microbica avvantaggiandosi di meccanismi utili a utilizzare sostanze presenti in quantità limitate nel substrato ...

... subisce un notevole impulso alla crescita (over growing);

... il raggiungimento dell'over growing inibisce una seconda specie contemporaneamente presente, sopprimendone la possibilità di raggiungere la densità cellulare massima possibile

e.g.

- *pseudomonadi e competizione per il Fe*
- *over growing (cariche dell'ordine di 10^8 ufc/g)*
- *inibizione Shewanella putrefaciens*

2. Metabiosi

rapporto di inter dipendenza tra microrganismi diversi

... nello specifico ...

“peculiare stato di un organismo che per la propria esistenza richiede un ambiente condizionato da un'altra forma di vita” (Zanichelli, 2002)

2. *Metabiosi* → alcuni esempi ...

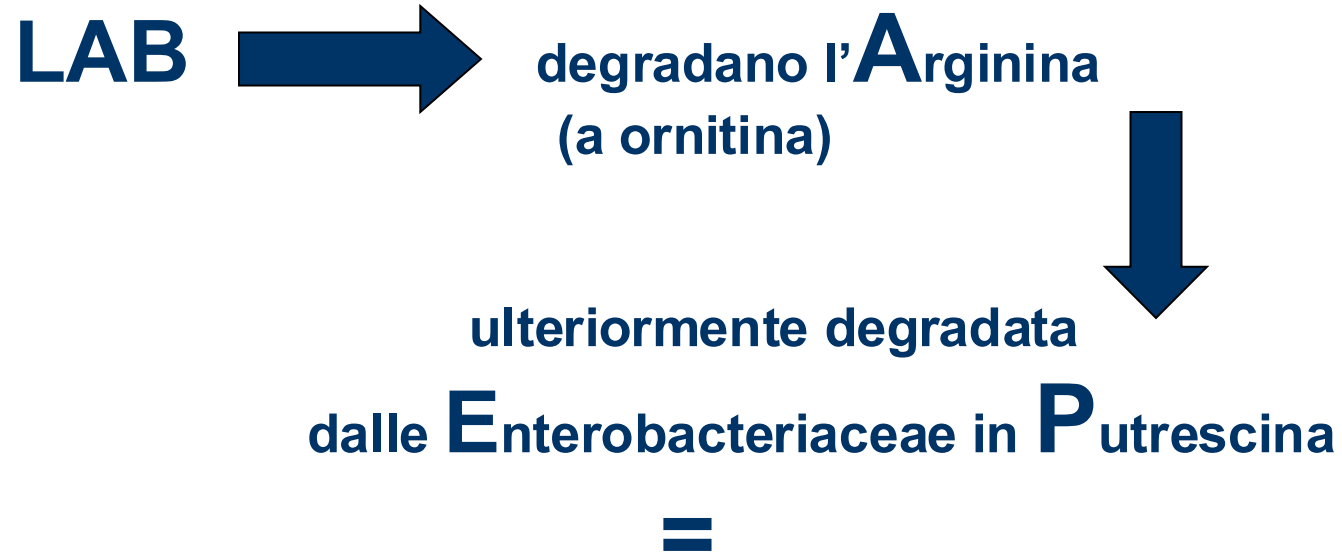
rimozione dell'O₂ da parte della microflora Gram-negativa → possibilità di crescita di microrganismi anaerobi come *Cl. botulinum*.

produzione da parte di una specie microbica di metaboliti utili alla crescita di un'altra specie
Es. presenza di *Pseudomonas* spp.

→ maggiore crescita ed acidificazione del mezzo da parte di batteri lattici nel latte.

→ maggiore crescita di *S. aureus*.

2. *Metabiosi* & *fenomeni alterativi*



Il livello di putrescina risulta 10-15 volte superiore
a quello che si evidenzia in assenza di associazione

(Dainty et al., 1986, Jorgensen et al., 2000)

2. *Metabiosi* & *fenomeni alterativi*: alcuni esempi

colture **LAB/Hafnia alvei** → cattivi odori riconducibili a carne alterata confezionata sotto vuoto, assenti nelle colture pure (Borch et al., 1996)

colture **Shewanella spp., Photobacterium spp. e Aeromonas spp.** → assenza cattivi odori in salmone affumicato a freddo; aggiunta **B. thermosphacta e Carnobacterium piscicola** → comparsa off-odours (Joffraud et al., 2001)

colture **Enterobacteriaceae (Yersinia intermedia) e P. putida** → aumentata produzione esteri responsabili di “odori di frutta” in latte pastorizzato rispetto alle colture pure (Whitfield et al., 2000)

S. putrefaciens (e altri aerobi) → aumentata produzione tossina **Cl. botulinum** tipo E (Huss et al., 1979)

3. Comunicazione tra cellule

espressioni fenotipiche microrganismi → governate da una stretta regolazione genica e influenzate da numerosi fattori (fase di crescita, nutrienti, stress, ...)

di notevole importanza: densità della popolazione

quorum sensing = *possibilità di regolare l'espressione di diversi geni in funzione della densità di popolazione*



il quorum sensing implica la capacità che i microrganismi comunichino tra loro attraverso segnali chimici (peptidi in molti Gram-negativi; N-acyl omoserin lattone – AHLs in molti Gram-negativi).

3. Comunicazione tra cellule

- **Molti Gram-negativi isolati da alimenti sono produttori di AHLs;**
- **su 148 ceppi di Enterobacteriaceae isolati da salmone affumicato e carni confezionate sottovuoto, solo 1 non produceva AHLs;**
- **in molti alimenti del commercio riscontrate grosse quantità di AHLs.**

queste ed altre ricerche permettono di affermare che ...

**la produzione di AHL è un fenomeno
molto diffuso tra i microrganismi alteranti**

temperatura

media: $< +10^{\circ}\text{C}$
acque oceaniche profonde: 0°C
Mediterraneo: $+13^{\circ}\text{C}$ (fondo)

salinità

media: 33-35 ‰
apporto acqua dolce, evaporazione
45‰ Mar Rosso, 7,4‰ Mar Baltico
Mediterraneo: 38 ‰

fattori non ancora ben conosciuti

fisico-chimici, biochimici, biologici

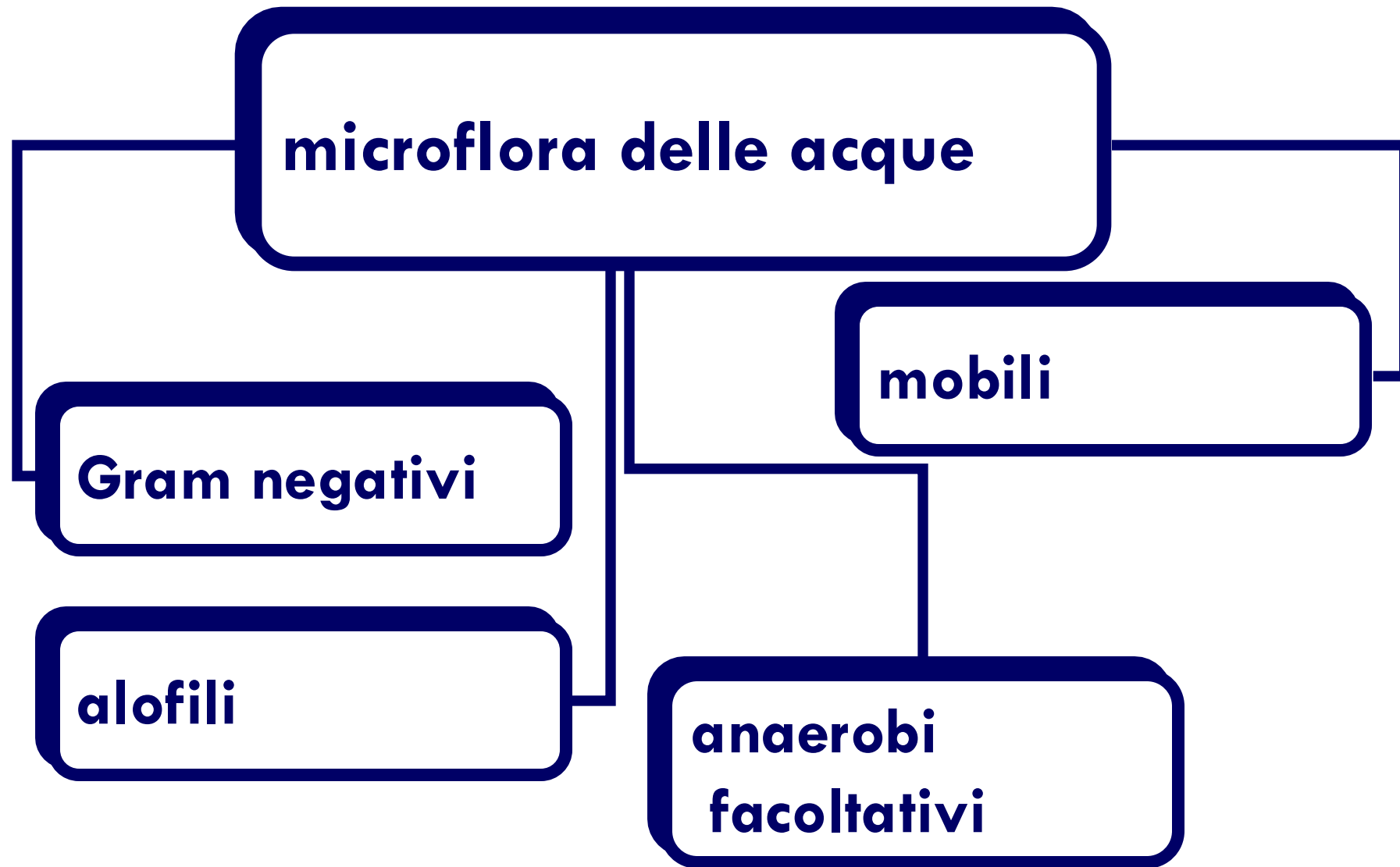
scomparsa molte specie microbiche

(+++ telluriche)

microflora “temporanea”

microflora “permanente”

microflora “ubiquitaria”



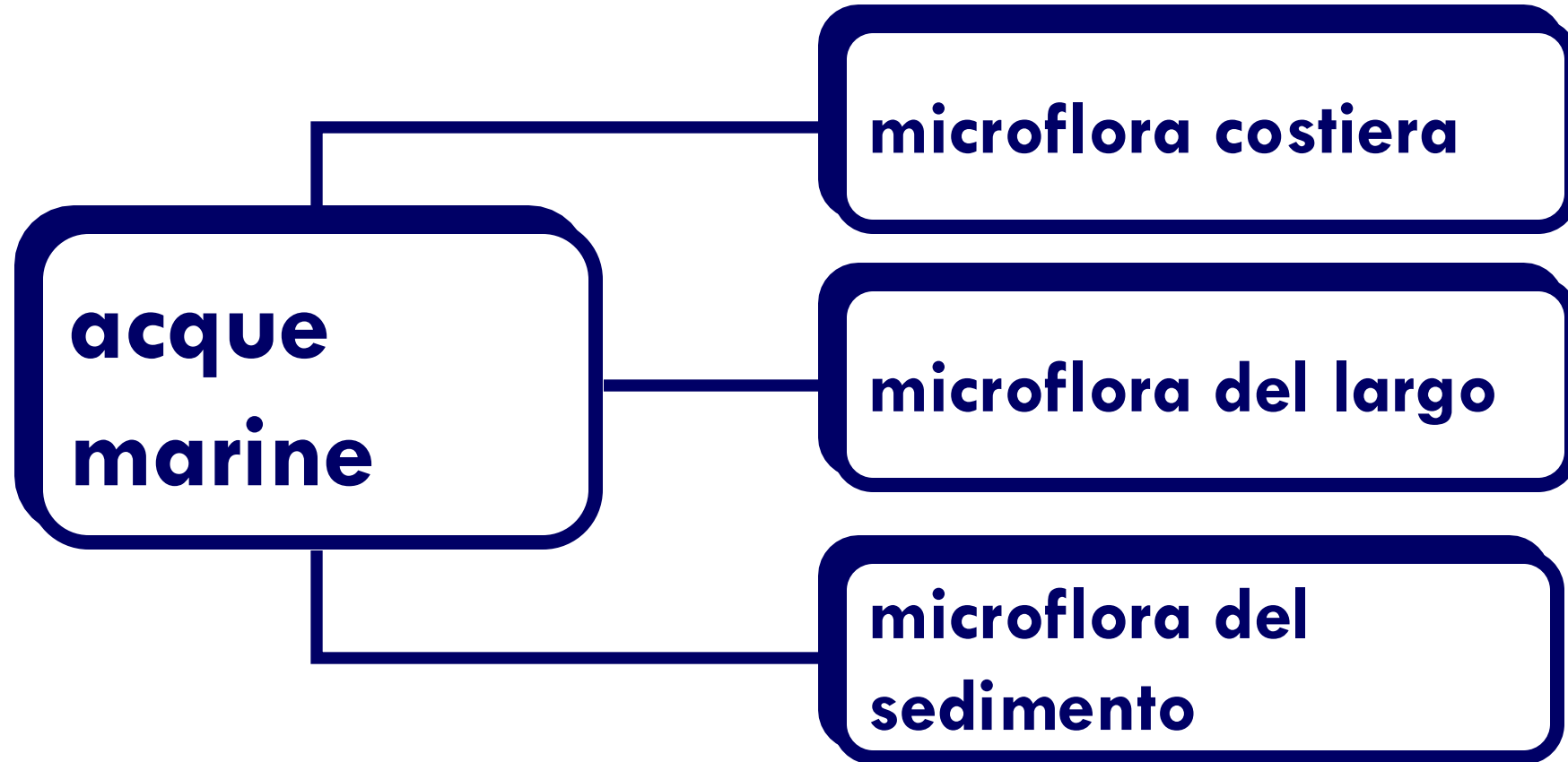
presso le coste → microflora tellurica → prevalenza Gram positivi

**acque
marine**

- **Vibrio**
- **Pseudomonas**
- **Moraxella**
- **Bacillus**
- **Acinetobacter**
- **Flavobacterium**

**acque
dolci**

- **Enterobacter**
- **Aeromonas**
- **Pseudomonas**
- **Acinetobacter**



Flora microbica presente al momento della pesca

germi psicrofili

- temperatura ottimale sviluppo: +15-20°C
sviluppo possibile tra -5 e +30°C
- temperatura media acque marine → inferiore a +10°C
- scarsa conservabilità del prodotto anche
a temperature prossime agli 0°C

CONTAMINAZIONE PRIMARIA – 17
microbiologia del pescato

cattura

```
graph TD; A[cattura] --> B[masse muscolari sterili]; B --> C[flora batterica localizzata a livello delle superfici esterne a contatto con l'ambiente (cute e branchie) e del tubo digerente];
```

masse muscolari sterili

**flora batterica localizzata a livello
delle superfici esterne a contatto
con l'ambiente (cute e branchie)
e del tubo digerente**



cute

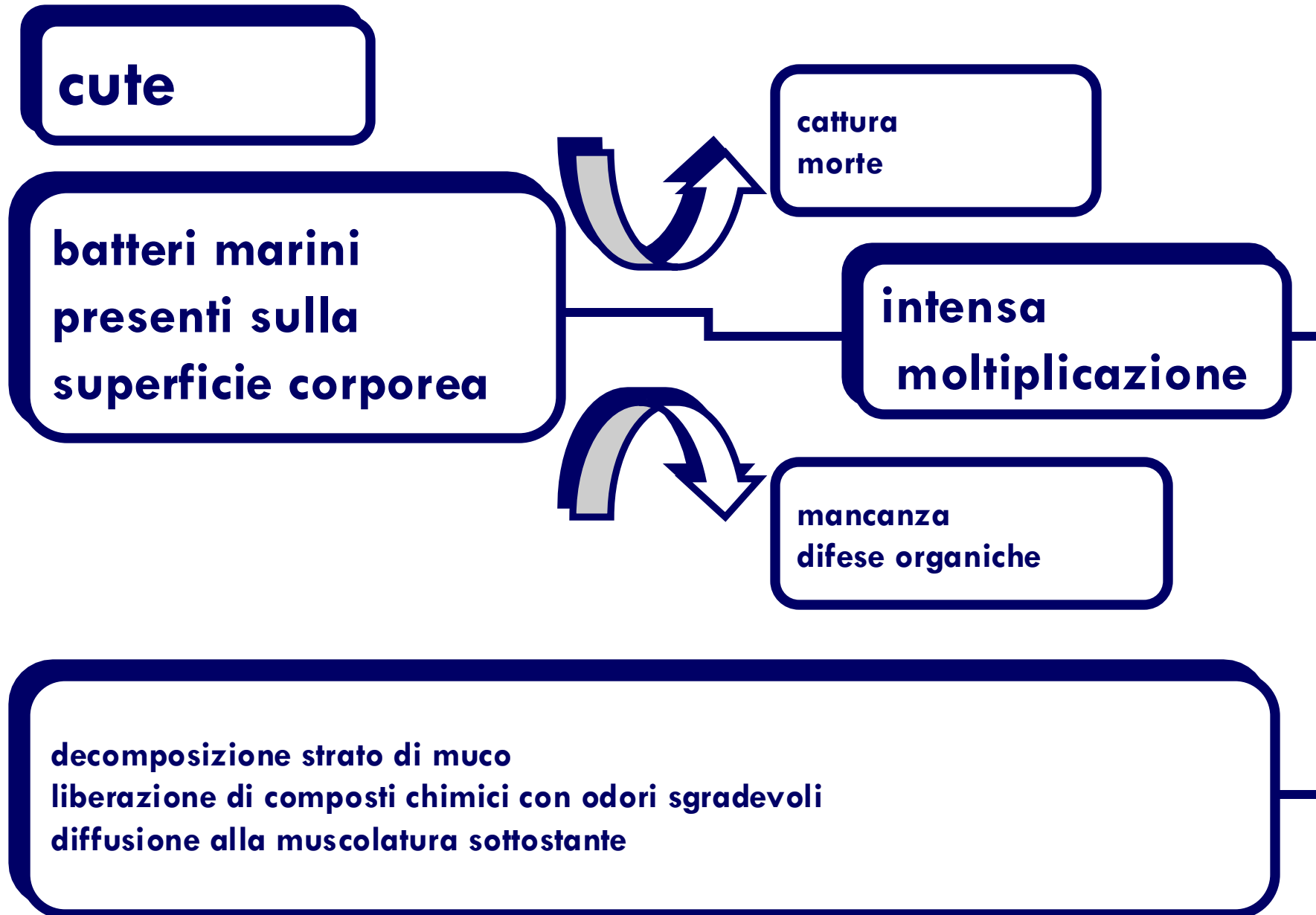
strato di muco

(mucopolisaccaridi e mucoproteine)

(ghiandole situate nello spessore della cute)

- diminuisce la resistenza dell'acqua durante il moto
- funzioni protettive (sostanze tossiche e parassiti)

**substrato adatto allo sviluppo dei batteri
presenti nell'ambiente idrico**



branchie

- sedi di localizzazione microrganismi acquatici
- punto cardine valutazione stato di conservazione
- all'inizio della fase logaritmica di crescita → decolorazione lamelle branchiali e presenza di odori sgradevoli

intestino

```
graph TD; A[intestino] --- B[flora batterica aspecifica  
grado di inquinamento ambientale  
qualità dell'alimento presente nell'ambiente]; B --- C[esame microbiologico intestini soggetti in migrazione  
stagionale → condizioni prossime alla sterilità]
```

flora batterica aspecifica

grado di inquinamento ambientale
qualità dell'alimento presente nell'ambiente

esame microbiologico intestini soggetti in migrazione
stagionale → condizioni prossime alla sterilità

intestino

```
graph TD; A[intestino] --> B[Gram -  
aerobi-anaerobi facoltativi, anaerobi stretti  
generi Vibrio, Pseudomonas, Flavobacterium,  
Alcaligenes, Xanthomonas]; B --> C[Gram +  
generi Micrococcus, Bacillus, Corynebacterium];
```

Gram –
aerobi-anaerobi facoltativi, anaerobi stretti
generi Vibrio, Pseudomonas, Flavobacterium,
Alcaligenes, Xanthomonas

Gram +
generi Micrococcus, Bacillus, Corynebacterium

cute

$10^3 - 10^5$

ufc/cm²

branchie

$10^3 - 10^5$

ufc/g

intestino

$10^2 - 10^9$

ufc/g

CONTAMINAZIONI SECONDARIE

- **contatto con altri pesci**
- **contatto con utensili vari**
- **contatto con i contenitori (cassette di legno)**
- **permanenza sui banchi di vendita**
- **contaminazioni durante la lavorazione**
- **contaminazioni ad opera delle maestranze**

MODIFICAZIONI DELLE CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE NEL CORSO DELLA CONSERVAZIONE E COMPARSA DEI FENOMENI ALTERATIVI

ridotta shelf-life prodotti della pesca

composizione chimica

tipo di flora contaminante

lunga agonia che precede la morte

Shewanella putrefaciens

Pseudomonas spp.

Shewanella putrefaciens
alcune caratteristiche

- **Responsabile del deterioramento di prodotti ittici provenienti da acque marine temperate**
- **Acido sensibile**
- **Eterogeneità fenotipica MA equivalenti capacità alteranti**
- **Azione deteriorativa = attacco di aminoacidi contenenti zolfo (L-cisteina) con produzione di composti volatili maleodoranti (H_2S)**

Pseudomonas
alcune caratteristiche

- Responsabile del deterioramento di prodotti ittici provenienti da zone tropicali sia d'acqua dolce che marina (con *S. putrefaciens*)
- Fenomeni alterativi = composti volatili (aldeidi, chetoni, esteri ecc.)

ASSENZA di H₂ S

Composti volatili (aldeidi, chetoni, esteri e solfuri)

Spoilage bacteria

Shewanella putrefaciens

***Photobacterium
phosphoreum***

S. putrefaciens - P. phosphoreum



Utilizzazione di ossido di trimetilammina (TMAO)

=

Formazione di trimetilammina (TMA)

Accumulo tipico in questa tipologia di prodotti



**COMPARSA DI ODORI
E SAPORI ANOMALI**

Photobacterium phosphoreum

quantitativi di TMA 10 –100 volte maggiori *S. putrefaciens*

Shewanella putrefaciens

maggiore capacità alterante per produzione H_2S

Interazione

S. putrefaciens / *P. phosphoreum*

La specie dominante
è probabilmente
funzione della
carica iniziale

Spoilage bacteria

Photobacterium phosphoreum
(acque temperate)

LAB e altri Gram + (acque tropicali e acque dolci)

Photobacterium phosphoreum

- particolarmente resistente alla azione della CO₂
- aumento fino al raggiungimento di cariche di 10⁷-10⁸ ufc/g
- ... ma deterioramento evidente già con cariche < 10⁷ ufc/g
- accumulo di TMA
- grosse dimensioni cellula batterica

Spoilage bacteria

Enterobacteriaceae

(es. *Hafnia alvei*, *Serratia liquefaciens*)

Photobacterium phosphoreum

LAB

LAB nei prodotti ittici



Identificazione fenotipica insufficiente

specie di più frequente isolamento

Lactobacillus sakei

Lactobacillus curvatus

Carnobacterium piscicula

(Gram et al 2002)

trota arcobaleno “gravad” conservata sotto vuoto

comparsa fenomeni alterativi

10⁴-10⁶ ufc/g T=+3C° Carnobacterium piscicula

10⁵-10⁷ ufc/g T=+8C° **Lactobacillus sakei**
Lactobacillus curvatus

Carnobacteri

particolarmente sensibili ad azione combinata sale+fumo

(Lyhs et al., 2002)

Interazione batterica

LAB



Produzione acido lattico → abbassamento pH substrato

Produzione batteriocine

Competizione utilizzazione substrato

Inibizione crescita altri microrganismi

Domande ???