



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

**CORSO DI LAUREA
SCIENZE BIOLOGICHE**

***Microorganismi responsabili del
deterioramento degli alimenti:
conseguenze e strategie di controllo***

*Microbial food spoilage: impact, causative
agents and control strategies*

Tesi di Laurea di:
Fasolino Gaetano

Docente Referente:
Prof.ssa Vignaroli Carla

Sessione: Autunnale (Dicembre 2024)
Anno Accademico: 2023/2024

RIASSUNTO

Snyder, A.B., Martin, N. & Wiedmann, M. *Microbial food spoilage: impact, causative agents and control strategies*. *Nat Rev Microbiol* 22, 528–542 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41579-024-01037-x>

Il deterioramento microbico degli alimenti è una delle principali cause di spreco alimentare, con impatti negativi sulla sostenibilità ambientale.

Si stima che il 15-20% del cibo venga sprecato, spesso a causa dell'azione di microrganismi come *Pseudomonas*, organismi sporigeni (*Bacillus*, *Clostridiales*) e funghi, che agiscono su diversi alimenti in base a condizioni ambientali quali ossigeno, attività dell'acqua o pH.

Per contrastare questo fenomeno, è fondamentale migliorare il controllo dei microrganismi nell'ambiente e nelle catene produttive, adottare strategie per eliminare o inibire i microrganismi e innovare nei processi produttivi. Strumenti innovativi, come modelli sistemici e tecnologie genomiche, aprono nuove prospettive per sviluppare soluzioni sostenibili volte a ridurre in modo efficace il deterioramento degli alimenti.

INTRODUZIONE

- Il deterioramento microbico degli alimenti comporta cambiamenti organolettici come cattivi odori, sapori indesiderati e alterazioni fisiche, rendendo il cibo inadatto al consumo.
- Questo fenomeno ha impatti negativi su economia, ambiente e percezione del consumatore, influenzata anche dall'utilizzo dei social media.
- È importante distinguere tra deterioramento e sicurezza alimentare: i cibi con patogeni spesso non mostrano segni visibili di deterioramento, mentre quelli deteriorati raramente causano malattie.
- Questo studio si concentra su batteri e funghi, microrganismi responsabili del deterioramento attraverso attività metaboliche e adattamenti ai trattamenti.
- La sfida principale è sviluppare strategie efficaci per prevenire e gestire il deterioramento degli alimenti, riducendo quindi le conseguenze negative in campo economico e ambientale.

CHE IMPATTO HA IL DETERIORAMENTO MICROBICO DEGLI ALIMENTI?

ECONOMICO

Perdita finanziaria globale

La perdita e lo spreco alimentare rappresentano un costo economico stimato di 1 trilione di dollari all'anno, secondo la FAO.

Crescita dei costi di produzione

I costi per prevenire, gestire o smaltire il cibo deteriorato pesano significativamente sull'industria alimentare.

Diminuzione delle vendite

Il deterioramento microbico influisce negativamente sulle vendite, in particolare nel settore alimentare, a causa di cibi che diventano invendibili o rifiutati dai consumatori.

AMBIENTALE

Emissioni di gas serra

Il deterioramento microbico contribuisce a 3,5 gigatonnellate di emissioni di CO₂ ogni anno, peggiorando la già non rosea situazione climatica, per un costo di circa 394 miliardi di dollari l'anno

Spreco di risorse idriche

La produzione di cibo che finisce inutilizzato comporta uno spreco di acqua, stimato in 164 miliardi di dollari annui di danni legati alla scarsità idrica.

Impatti sulla biodiversità

L'espansione agricola necessaria per compensare le perdite alimentari minaccia ecosistemi e specie selvatiche.

SOCIALE

Conflitti e instabilità

La scarsità di risorse causata dal deterioramento alimentare aumenta il rischio di conflitti e perdita di mezzi di sussistenza, con un costo sociale di 333 miliardi di dollari all'anno.

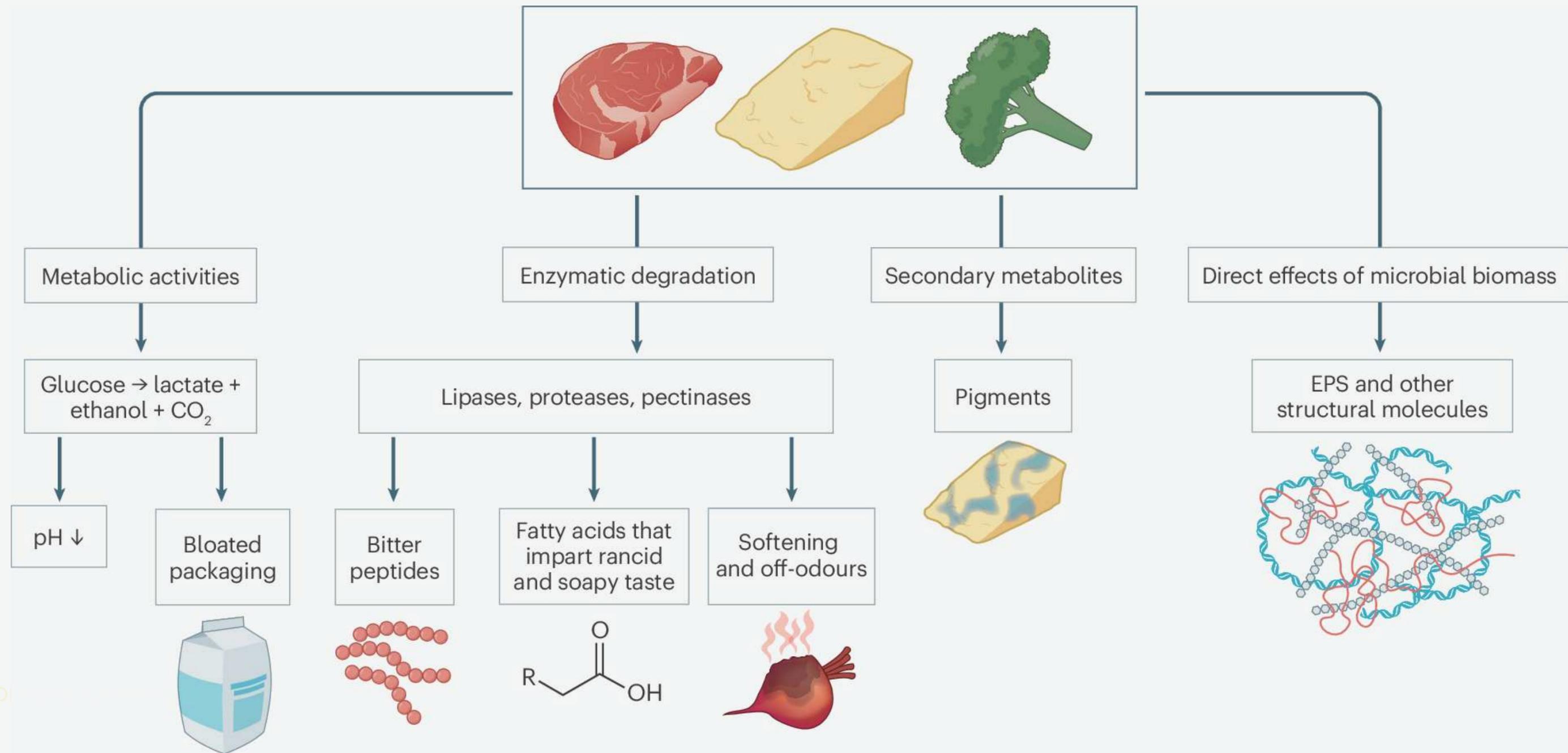
Conseguenze per la salute pubblica

Sebbene distinto dai rischi diretti di contaminazione, il deterioramento alimentare contribuisce a una dieta di qualità inferiore e a problemi nutrizionali globali.

Percezione del consumatore

Il deterioramento influisce negativamente sulla fiducia dei consumatori, amplificato dai social media, riducendo ulteriormente l'efficienza della filiera alimentare.

MECCANISMI DI DETERIORAMENTO



AGENTI RESPONSABILI

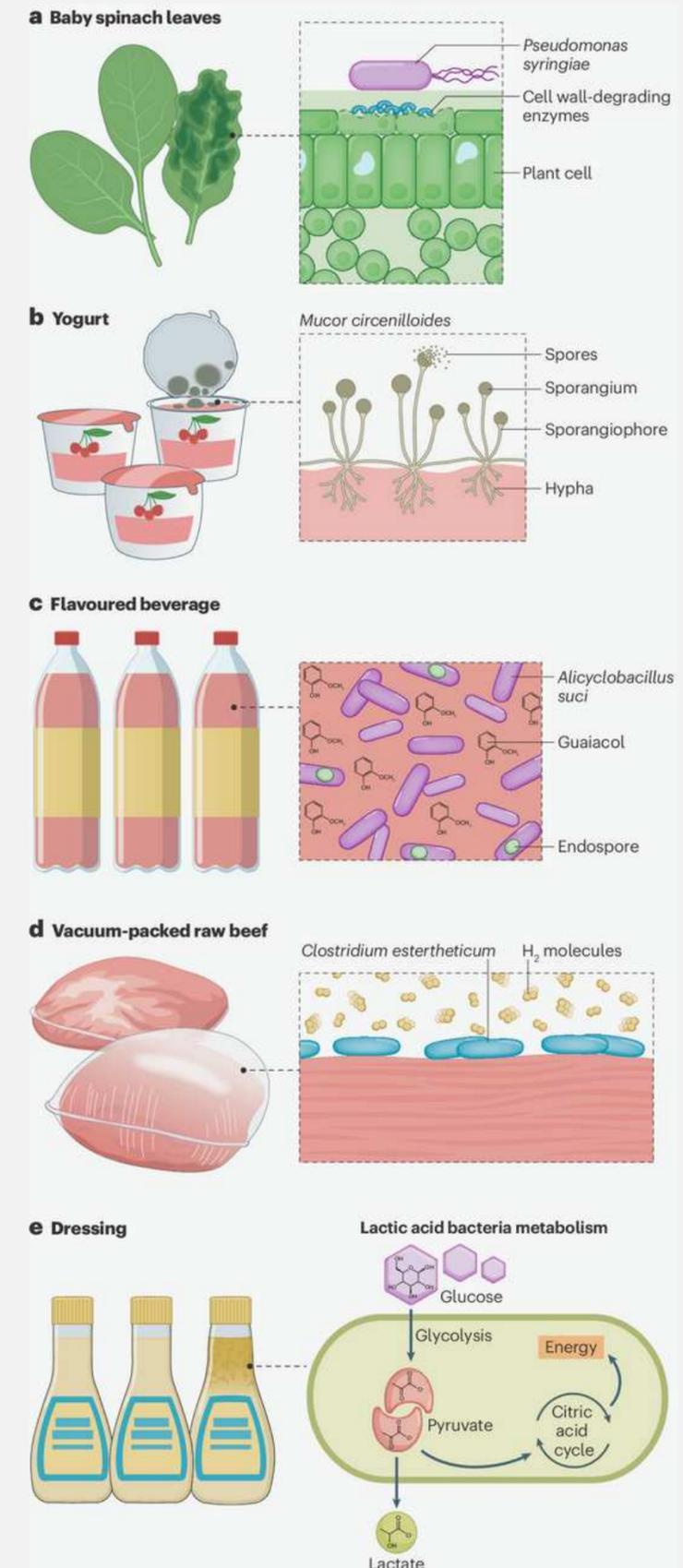
- 1. *Pseudomonas*:** batteri Gram- che crescono a basse temperature. (*P. fluorescens*, *P. putida*, *P. fragi*)
Deterioramento si verifica in alimenti refrigerati conservati aerobicamente.
Causano diversi tipi di deterioramento, tra cui alterazioni del colore dell'alimento o difetti di sapore, principalmente per azione enzimatica di proteasi e lipasi.
Possono agire su latte, carni/pesci freschi, frutta e verdura.
- 2. *Batteri sporigeni*:** organismi aerobi o anaerobi facoltativi. (*Bacillaceae*, *Alicyclobacillaceae*)
Nella forma di spora, risultano essere resistenti ai trattamenti dell'industria alimentare, come i processi termici.
Causano deterioramento in prodotti lattiero-caseari, prodotti da forno, cibi in scatola e contaminano gli alimenti attraverso le materie prime (latte crudo, cacao, prodotti agricoli...).
Le forme vegetative presentano una grande diversità nei fenotipi di crescita e differenziamento.
I membri psicotolleranti producono enzimi degradativi responsabili dei difetti di sapore e consistenza.
- 3. *Clostridiales*:** batteri Gram+ anaerobi e aerotolleranti. Sporigeni.. (*C. Botulinum*, *C. Sporogenes*, *C. Pasteurianum*)
Sono specie di notevole importanza nella sicurezza alimentare e responsabili del deterioramento.
Le specie proteolitiche causano putrefazione in alimenti ricchi di proteine confezionati in scatola o sottovuoto, con conseguente formazione di CO₂ e idrogeno che portano a gonfiore e distensione delle confezioni.

AGENTI RESPONSABILI

4. Batteri non sporigeni: variano da anaerobi ad aerotolleranti; termotolleranti. (*Streptococcus*, *Micrococcus*) Hanno un impatto sul deterioramento dei prodotti lattiero-caseari, birra, uova liquide e alimenti pronti. Sopravvivono alle alte temperature dei processi termici alimentari, come la pastorizzazione. Inoltre, formano un biofilm sulle attrezzature utilizzate prima e dopo la raccolta. Ne fanno parte i cosiddetti batteri LAB, i cui metaboliti chiave sono l'acido lattico e la CO₂. Causano cambiamenti enzimatici, di conseguenza difetti di sapore e consistenza dell'alimento.

5. Funghi: dimorfici, possono crescere sia come lieviti che come muffe. Negli alimenti sono presenti in una sola forma. Il deterioramento causato da lieviti può portare a rigonfiamento della confezione (produzione CO₂), scolorimenti, torbidità o cambiamenti di sapore/consistenza (azione enzimi degradativi). Il deterioramento causato da muffe è caratterizzato dalla produzione di micelio visibile a occhio nudo, con conseguente rigetto da parte dei consumatori.

Le spore sessuate di alcuni funghi sono altamente resistenti a stress ambientali, mentre quelle asessuate sono meno resistenti ma più adatte alla dispersione e alla contaminazione crociata.



RILEVAMENTO DEL DETERIORAMENTO

- **Metodo tradizionale:** rilevamento sensoriale, cambiamento delle caratteristiche sensoriali e visive del prodotto.
- **Metodi analitici:** conteggio totale dei microrganismi attraverso metodi microbiologici classici.

Il consumatore non percepisce la correlazione tra i livelli di quantitativo microbico e l'effettivo deterioramento. Da qui nasce la sfida per i metodi analitici di stabilire degli standard e dei criteri per cui controllare e ridurre il deterioramento.

- **Metodi rapidi:** basati sul DNA, con il problema che rilevano anche DNA di cellule morte dopo i processi di eliminazione (es.: trattamenti ad alte temperature)
- **Metodi multi-iper-spettrali:** rilevano caratteristiche dell'alimento specifiche del deterioramento.

STRATEGIE DI CONTROLLO

DETERIORAMENTO DA PRODUZIONI AGRICOLE

Le fonti di microrganismi deterioranti includono input agricoli (acqua di irrigazione, fertilizzanti, compost), ambiente e le attrezzature per la raccolta.

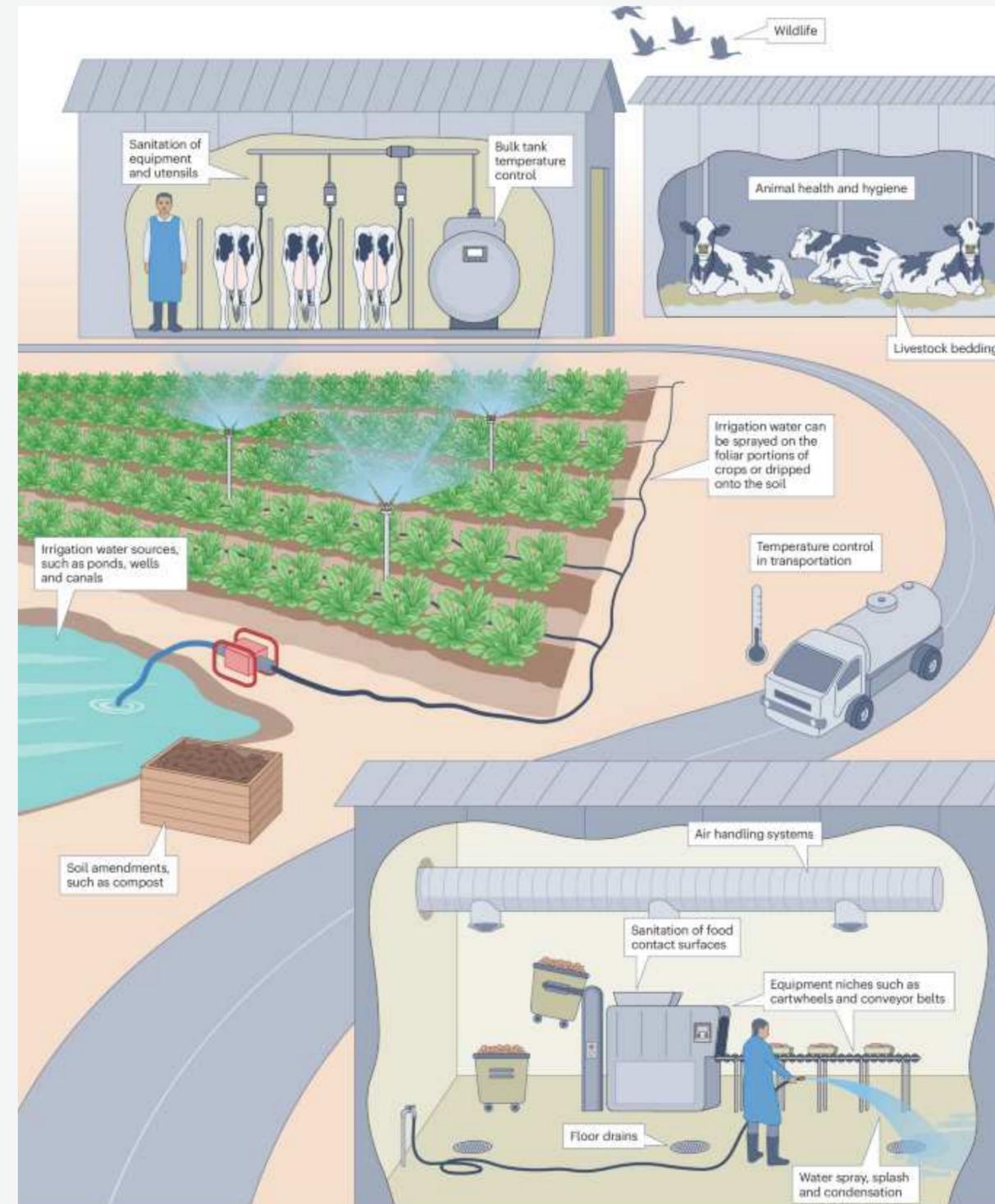
Anche i fattori ambientali e le condizioni create dall'uomo influenzano la contaminazione e la crescita microbica.

DETERIORAMENTO DAGLI IMPIANTI DI LAVORAZIONE

Batteri e funghi sono contaminanti transitori che vengono eliminati tramite sanificazione.

Possono persistere formando biofilm maturi resistenti.

Batteri e cellule fungine possono contaminare alimenti attraverso gli utensili, l'acqua o l'aerodispersione.



STRATEGIE PER RIDURRE IL DETERIORAMENTO

Trattamenti termici e non: progettati per eliminare patogeni alimentari.
Additivi antimicrobici: efficaci contro lieviti e muffe ma poco graditi dai consumatori (alternative: antimicrobici naturali, come per esempio olii essenziali).

USO DELLA MICROBIOLOGIA PREDITTIVA

Utilizzo di modelli predittivi per prevedere la crescita dei microrganismi, grazie alla disponibilità di database contenenti i dati di crescita per i diversi tipi di microrganismi associati agli alimenti.

STRUMENTI EMERGENTI DI CONTROLLO E RIDUZIONE DEL DETERIORAMENTO

Le **sfide principali** nella riduzione del deterioramento degli alimenti sono:

- *Identificare l'ampia varietà di organismi responsabili*
- *Individuare le fonti di contaminazione lungo tutta la filiera*
- Rispondere alla crescente domanda dei consumatori per *prodotti minimamente lavorati* e privi di antibiotici

I nuovi **strumenti molecolari** per identificare le fonti e le cause del deterioramento necessitano di un approccio sistematico:

- *modelli di simulazione* per prevedere e prevenire il deterioramento
- sviluppo di antimicrobici "*clean label*" e combinazioni sinergiche degli stessi
- *analisi comparativa* di campioni deteriorati e non mediante il sequenziamento del DNA e le tecniche di metagenomica shotgun
- *digitalizzazione dei sistemi alimentari* con utilizzo di *blockchain e database* per offrire miglior tracciabilità e monitoraggio della qualità

Università Politecnica delle Marche

Sessione: Autunnale (Dicembre 2024)

Anno Accademico: 2023/2024

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Gaetano Fasolino