

## [ Trattamento acque in avicoltura ]

Negli ultimi decenni, il consumo di carne è cresciuto in modo significativo in tutto il mondo. Ciò è stato determinato principalmente dal settore del pollame, che rappresenta i due terzi della carne aggiuntiva consumata. Attualmente, l'avicoltura è un mercato enorme: nel 2021 nel mondo sono state prodotte circa 100 milioni di tonnellate di carne di pollo, e nel 2022 è atteso un lieve incremento. In Europa è stato osservato un andamento simile, come rappresentato in Fig.1. Dopo gli USA, che nel 2021 hanno prodotto 20.4 milioni di tonnellate di carne di pollo, gli altri maggiori produttori sono Brasile e Cina, rispettivamente con 14.5 e 14.7 milioni di tonnellate. In Europa, il primo produttore è la Polonia (20% della produzione totale europea) seguita da Spagna, Francia, Germania e Italia, come mostrato in Fig. 2. La produzione di uova è ugualmente rilevante per l'allevamento di pollame: tra il 2000 e il 2015, la produzione mondiale di uova è aumentata del 39% circa, arrivando a 1338 miliardi di uova consumate all'anno.

Nei paesi industrializzati, ogni anno il 30% della popolazione è affetto da malattie trasmesse dagli alimenti. Solo in Italia, le stime sono di 300 000 casi all'anno, ma le statistiche sottovalutano l'incidenza effettiva di queste malattie (*World Health Organization*, report 2008). Per proteggere la salute pubblica, le autorità alimentari compiono un

**enorme sforzo per ridurre queste infezioni causate da diversi microrganismi e trasmesse all'uomo.** La gestione della sicurezza alimentare viene realizzata attraverso l'adozione di misure preventive volte a ridurre al minimo, per quanto possibile, la contaminazione e lo sviluppo di microrganismi patogeni in ogni fase della catena alimentare. Queste metodologie sono raccolte in sistemi generali di gestione della sicurezza alimentare – i più comuni sono HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) e GHPs (*Good Hygiene Practices*). La sicurezza alimentare è garantita solo se queste misure vengono applicate in ogni fase del processo produttivo: allevamento, trasporto, trasformazione, distribuzione, vendita e non ultima la preparazione per il consumo. Infatti, la contaminazione con agenti zoonotici può verificarsi in qualsiasi momento del processo, dal momento che sono necessari numerosi passaggi per portare il cibo “*from farm to fork*”, dalla fattoria alla tavola.

In questo documento ci concentreremo sull'allevamento di pollame, con particolare attenzione alle contaminazioni batteriche, a come prevenirle e gestirle. Negli allevamenti avicoli la presenza di

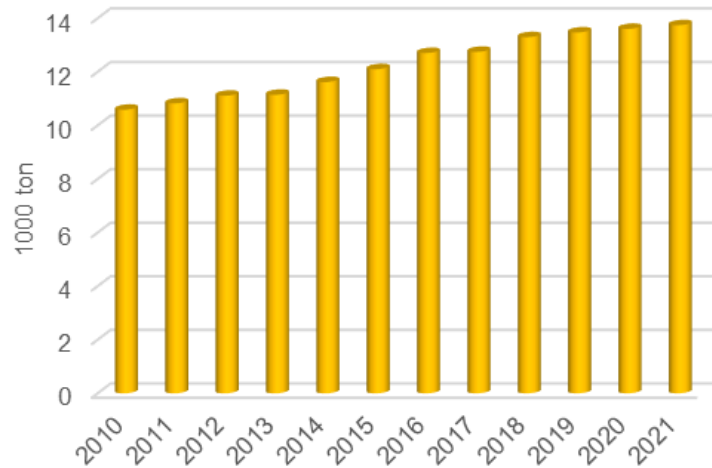


Figura 1: Produzione di carne di pollame in UE

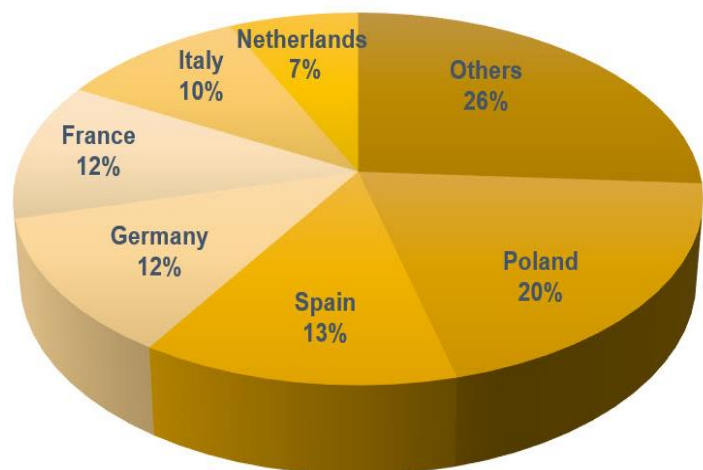


Figura 2: Principali produttori di pollame in UE

batteri è ubiquitaria e questo può causare la crescita di animali poco sani, con conseguenti ripercussioni sulla salute umana. Infatti, esistono malattie infettive chiamate “malattie zoonotiche” che possono essere trasmesse dagli animali all’uomo.

Tra le malattie zoonotiche, ad esempio, la campilobatteriosi, è una delle infezioni gastrointestinali di origine batterica più comuni al mondo; è causata da **Campylobacter**, un batterio spiraliforme (Fig.3). questa infezione può venire trasmessa all’uomo tramite il consumo di carne di pollo cruda o poco cotta. Rispetto ad altri agenti patogeni di origine alimentare, *Campylobacter* è sensibile alle condizioni ambientali e suscettibile a determinati parametri (temperatura maggiore di 45 °C, pH alcalino, concentrazione di ossigeno più alta rispetto a quella atmosferica). Tuttavia, nel pollame il *Campylobacter* trova ottime condizioni per la crescita. È stato stimato che, in tutto il mondo, il *Campylobacter* colpisca più di 2.4 milioni di persone ogni anno, in aumento nell’ultimo decennio. Sebbene sia raramente letale, è stato calcolato che, globalmente, il *Campylobacter* causi più di 120 decessi ogni anno. È evidente, quindi, che la campilobatteriosi rappresenti un problema di salute pubblica, con un impatto socio-economico considerevole, che risulta necessario affrontare. I dati riportati dalla EFSA (*European Food Safety Authority*) rilevano la presenza di questo patogeno in circa il 38% dei campioni di carne fresca di pollo analizzati. Analogamente, il FoodNet (*Foodborne Diseases Active Surveillance Network*) del Centro Controllo e Prevenzione Malattie ha trovato che, negli USA, il 40% dei prodotti avicoli risultavano contaminati da *Campylobacter*, e il 10% di questi ceppi mostrava resistenza alla ciprofloxacina. La resistenza antimicrobica (AMR) è una minaccia crescente per la salute umana e animale, in quanto riduce la capacità di trattare le infezioni batteriche e aumenta il rischio associato alla morbilità e alla mortalità causate da batteri resistenti. Garantire l’efficacia degli antimicrobici nel trattamento delle infezioni batteriche rimane un problema sanitario globale urgente. Infatti, il NIFA (*National Institute of Food and Agriculture*) ha recentemente investito una grande quantità di risorse per mitigare la resistenza antimicrobica lungo la catena alimentare.



Figura 3: *Campylobacter*, batterio spiraliforme

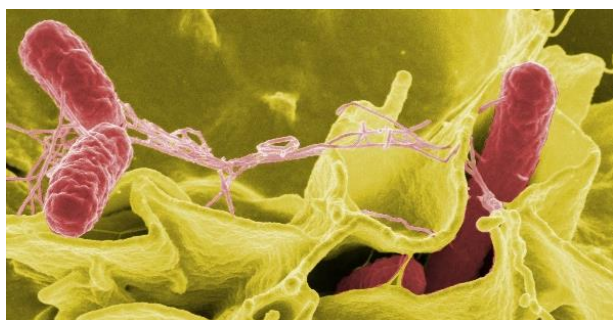


Figura 4: *Salmonella*, batterio a forma di bastoncello

La stessa attenzione va riservata a **Salmonella**, un batterio gram-negativo a forma di bastoncello (Fig.4) che è in grado di passare ad altri animali tramite le feci. I principali veicoli di trasmissione all’uomo sono rappresentati da una scorretta manipolazione e consumo di carne cruda e uova contaminate. Perciò il controllo di *Salmonella* nei mangimi animali e nell’acqua risulta fondamentale per proteggere l’intera catena alimentare umana, dal momento che questa contaminazione può viaggiare dagli animali vivi fino ai consumatori finali. Per ridurre la presenza di *Salmonella* nei

mangimi animali, durante la produzione e lo stoccaggio dei mangimi vengono solitamente applicati trattamenti termici e chimici, ma sfortunatamente ciò non garantisce la completa eliminazione del patogeno. Recentemente, il Servizio Ispezione per la Sicurezza Alimentare dell’ USDA (*U.S. Department of Agriculture*) ha dichiarato *Salmonella* un adulterante nei prodotti a base di pollo crudo impanati e ripieni. Il limite suggerito, che dovrebbe ridurre significativamente il rischio di malattie dovute al consumo di questi prodotti, è di 1 unità formante colonia (CFU) di *Salmonella* per grammo di carne. *Salmonella*, infatti, è l’agente batterico più diffuso nelle infezioni di origine alimentare, con

126 morti nel 2015 solo in Europa, e i prodotti a base di pollame sono responsabili della maggior parte delle infezioni umane. Uno dei principali problemi legati a questo patogeno è che *Salmonella* normalmente provoca infezioni intestinali asintomatiche negli uccelli nei primi 2 mesi, facilitando la diffusione di questo patogeno tra gli animali.

### Qualità dell'acqua negli allevamenti

Il consumo di acqua in un allevamento di pollame è molto elevato, perché l'acqua è necessaria per ridurre la temperatura dell'aria (compresi i pannelli di raffreddamento evaporativo e i sistemi di nebulizzazione), per la sanificazione degli impianti e, ovviamente, anche per il consumo degli animali. È stato stimato che i polli consumano circa da 1.6 a 2.0 volte più acqua che mangime in peso. L'acqua utilizzata negli allevamenti può avere diversa origine, le più comuni sono la rete idrica, le falde sotterranee e i corpi idrici superficiali. Ci sono alcuni punti critici in cui è più probabile che si verifichi una contaminazione batterica, come l'acqua di ricircolo usata per lavare le carcasse, chiamata "acqua rossa", oppure l'acqua dello "scaldere" – una vasca in cui i polli vengono immersi in acqua calda. Altri punti critici sono il "chiller" (raffreddatore) e, ovviamente, il sistema di acqua potabile (*Drinking Water System, DWS*), composto da molte tubazioni ramificate e centinaia di abbeveratoi.



Figura 5: il benessere degli animali è influenzato da molti fattori

Esistono molti fattori in grado di influenzare il benessere degli animali e, di conseguenza, le prestazioni dell'allevamento. I più rilevanti sono sicuramente spazio abitativo, pulizia, illuminazione, temperature, qualità dell'aria, ventilazione, cibo e acqua (in termini di disponibilità, quantità e qualità). Infatti, **mantenere la qualità dell'acqua potabile è essenziale per la salute del pollame** e svolge un ruolo chiave per ottenere prestazioni ottimali degli animali. Sottovalutare l'importanza di un approvvigionamento idrico pulito e sicuro rappresenta un enorme rischio per la salute e le prestazioni degli allevamenti, poiché l'acqua

contaminata causa svariati problemi. Purtroppo, l'acqua negli allevamenti avicoli soffre spesso di una carenza di monitoraggio della qualità microbiologica. Per i batteri eterotrofi presenti nell'acqua potabile, l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) indica un limite massimo consentito di 100 CFU/mL e, purtroppo, negli allevamenti questa concentrazione è spesso più alta.

La sicurezza o il rischio connessi all'acqua potabile sono determinati dalle sostanze presenti nel liquido e dalla loro concentrazione. L'EPA (*Environmental Protection Agency*) considera qualsiasi sostanza dissolta in acqua un contaminante, sebbene basse concentrazioni di alcuni composti possano essere utili per il nutrimento degli animali. D'altra parte, la presenza di batteri rappresenta un reale rischio, poiché può ridurre l'efficacia dei farmaci e dei vaccini somministrati attraverso le linee di abbeveraggio, può comportare una scarsa conversione del mangime e un aumento della mortalità.

Attualmente, la maggior parte delle industrie avicole negli Stati Uniti adotta sistemi di abbeveraggio totalmente chiusi, per ridurre il rischio di contaminazione. Per questo motivo il sistema idrico è considerato sicuro e il controllo della qualità dell'acqua è trascurato. Minerali, batteri, alghe, lieviti e funghi possono essere tutti presenti nell'acqua fornita, senza che l'allevatore ne sia a conoscenza. Questo è il primo errore che causa la proliferazione batterica.

Una cattiva gestione dell'acqua potabile del pollame consente ai batteri di depositarsi sulle superfici e dare origine a uno strato microbico noto come **biofilm**. Il biofilm è definito come una comunità di

batteri racchiusi in una matrice autoprodotta composta da sostanze esopolimeriche (EPS) e adesa ad una superficie (tubi, serbatoi, ecc.) All'interno del biofilm, le cellule batteriche sono molto più resistenti agli agenti fisici e chimici, perché l'EPS forma uno strato protettivo esterno che ripara i batteri.

Sfortunatamente, **la crescita di biofilm nei sistemi di acqua potabile è molto comune, poiché le condizioni sono favorevoli** - bassa portata, temperatura medio-alta, presenza di batteri e sostanze nutritive. Gli allevatori spesso usano additivi (miscele di gelatina aromatizzate, miscele di bevande in polvere, vitamine, elettroliti, zucchero e stabilizzanti) che sono una fonte di nutrimento per i batteri e promuovono la crescita di biofilm. Inoltre, il sistema di acqua potabile è comunemente usato negli allevamenti per la somministrazione di medicinali, per ragioni pratiche. Tali sostanze possono risultare sottodosate a causa della cattura e del consumo di particelle di medicinale da parte della matrice del biofilm e dei batteri stessi. Ciò può comportare un aumento del rischio per la salute degli animali e lo sviluppo di ceppi batterici resistenti.



Figura 6: nei sistemi di acqua potabile le condizioni sono favorevoli alla crescita di biofilm

**Il biofilm è anche l'ambiente perfetto per lo sviluppo di patogeni**, che all'interno del biofilm trovano nutrienti (carboidrati, grassi e proteine) e protezione dagli agenti esterni. È stato osservato che circa l'80% delle infezioni batteriche è correlato alla formazione di biofilm, poiché la struttura polimerica fornisce un riparo contro antibiotici e biocidi.

Considerato che batteri nocivi come *Legionella*, *Salmonella* o *Campylobacter* rappresentano un problema rilevante per la salute pubblica a livello globale, è di primaria importanza mantenere la catena alimentare libera da questi agenti patogeni. Poiché questi microrganismi sono in grado di persistere lungo l'intera filiera alimentare, grazie alla loro capacità di formare biofilm, è fondamentale comprenderne meglio il meccanismo di formazione, crescita e persistenza, al fine di prevenirlo ed eradicarlo. La capacità dei microrganismi di formare biofilm dipende da diversi fattori come le condizioni di crescita, la superficie di contatto e le specie o il tipo di ceppo. Sia *Salmonella* che *Campylobacter* hanno il macchinario genetico relativo ai propri programmi trascrizionali indispensabile per formare biofilm; questo è diverso rispetto al macchinario genetico dei batteri planctonici dello stesso ceppo. Questi meccanismi biochimici sono molto complessi e non ancora completamente compresi, ma sono stati condotti numerosi studi su questo argomento. Ad esempio, ricerche recenti hanno evidenziato che la formazione di biofilm sia un meccanismo di sopravvivenza di *Campylobacter* al di fuori dell'ospite. I batteri che crescono in un biofilm creano un'atmosfera microaerobica che consente loro di sopravvivere fino a quando non possono colonizzare un nuovo ospite.

### **Sanificazione dell'acqua negli allevamenti di pollame**

Il biofilm sulle superfici interne dei tubi ospita oltre il 90% del numero totale di batteri, che risultano i più difficili da eradicare, soprattutto se il biofilm è maturo (Fig. 7). I batteri flottanti, i più facili da eliminare, sono solo il 10% del totale e sono gli unici batteri rilevati attraverso il campionamento dell'acqua e l'analisi di laboratorio. In ogni caso, il campionamento e l'analisi di laboratorio sono

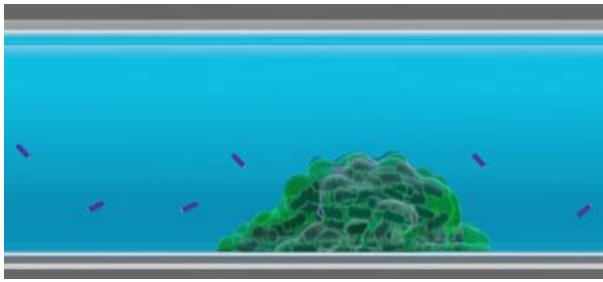
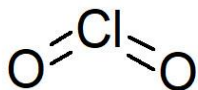
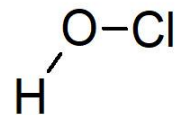


Figura 7: formazione di biofilm nella superficie interna di una tubazione

costosi, dispendiosi in termini di tempo e non affidabili per sistemi di acqua potabile ramificati ed estesi come quelli degli allevamenti di pollame. L'unico modo per tenere sotto controllo la crescita del biofilm è utilizzare un sensore specifico. In questa prospettiva, **la Tecnologia ALVIM permette di monitorare la formazione di biofilm in tempo reale**, con un approccio distribuito che può coprire l'intero sistema di acqua potabile.

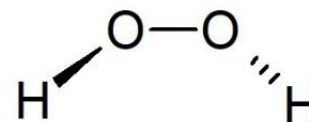
Per rimuovere efficacemente il biofilm, è necessario effettuare regolarmente un trattamento chimico e, per prevenirne la riformazione, è necessario sanificare l'acqua di approvvigionamento. La disinfezione con biocidi dell'acqua e della rete di distribuzione idrica, che spesso viene eseguita tra un lotto di produzione ed il successivo, non garantisce tuttavia la completa eliminazione dei microrganismi. In effetti, questi trattamenti sono raramente ottimizzati e i biocidi vengono comunemente dosati su base temporale predefinita, senza alcun controllo della loro reale efficacia. Uno studio recente ha evidenziato che, nonostante la regolare disinfezione con agenti ossidanti, la maggior parte delle superfici campionate all'interno del DWS dei polli mostrava conte microbiologiche elevate. Un altro studio condotto in un allevamento di pollame a San Paolo, in Brasile, ha rilevato che più della metà dei tamponi raccolti negli abbeveratoi presentava una contaminazione batterica con ceppi produttori di biofilm, nonostante il trattamento applicato (5 ppm di cloro a 37 °C per 12 ore e clorexidina 2%). I motivi per cui il trattamento non è stato efficace sono stati la cattiva distribuzione della sostanza chimica dal punto di iniezione agli abbeveratoi e la carenza di biocida dovuta alla sua reazione con la materia organica. Sulla base delle indicazioni fornite dai Sensori ALVIM, quando essi vengono impiegati in un impianto, risulta invece possibile dosare il cloro, o altri sanificanti, non appena il biofilm inizia a crescere, **massimizzando l'efficacia del biocida**, e **minimizzando il consumo di sostanze chimiche, i costi e la tossicità** sugli animali.

Negli allevamenti di pollame, il biocida più comunemente usato è **l'ipoclorito**, spesso come candeggina artigianale. È importante mantenere un residuo di cloro libero nell'acqua – preferibilmente da 3 a 5 ppm alla fine della linea, affinché un programma di sanificazione sia in qualche modo efficace. La richiesta totale di cloro per un chiller in un allevamento medio di pollame medio può essere notevolmente elevata – fino a 400 ppm. Ci sono due motivi per cui la concentrazione è così alta: l'elevato carico organico “consuma” il cloro, e i patogeni possono essere protetti dalla grande quantità di grassi e schiuma nell'acqua. Per questi ed altri motivi, anche un residuo di cloro non basta a garantire l'efficacia della sanificazione, come abbiamo discusso in [un precedente white paper](#).

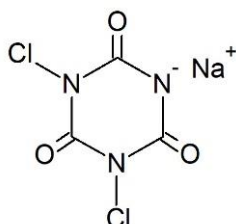


Negli ultimi anni anche il **biossido di cloro** (ClO<sub>2</sub>) ha guadagnato popolarità negli allevamenti di pollame, trattandosi di un disinfettante collaudato, rapido e ad ampio spettro, efficace a basse dosi e in un'ampia gamma di pH. Sebbene ClO<sub>2</sub> abbia un elevato potere ossidante, è meno corrosivo di altri biocidi e non forma sottoprodotti tossici della disinfezione, come i trialometani (THMs). Il biossido di cloro ha una dimostrata efficacia nella rimozione del biofilm dalle condotte idriche ed è adatto per impianti di acqua potabile, poiché non conferisce odore o sapore all'acqua. Un altro vantaggio dell'utilizzo di ClO<sub>2</sub> è la forte azione del biocida contro *Campylobacter*, dimostrata da diversi studi.

Un altro biocida utilizzato negli allevamenti di pollame per igienizzare il sistema di acqua potabile è H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e i suoi prodotti stabilizzati. Sono composti ossidanti molto forti, altamente efficaci contro il biofilm ma non facili da usare perché difficili da reperire e non semplici da maneggiare. È stato riscontrato che il **perossido di idrogeno** al 50%



a una concentrazione di 35 mg/L ha un effetto letale sui microrganismi indicatori come *Escherichia coli* (56.7%), *Staphylococcus aureus* (36.7%) e *Salmonella spp.* (26.7 %). L'azione antimicrobica sembra essere legata alla sua capacità di formare specie reattive dell'ossigeno come il radicale idrossile (OH·) e l'ossigeno di singoletto (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>), che danneggiano il DNA e i costituenti della membrana.



Anche il **dicloroisocianurato di sodio** (NaDCC), che contiene cloro attivo, è altamente raccomandato come disinfettante chimico in quanto efficace, stabile e facile da usare sotto forma di compresse. Nel trattamento igienico-sanitario dell'acqua potabile, viene comunemente applicato alla concentrazione di 1.6 mg/L.

Anche l'uso di **acidi organici** nell'acqua potabile è possibile negli allevamenti di suini o di pollame per sopprimere l'infezione da *Salmonella*, anche in periodi particolari come premacellazione, quando la suscettibilità all'infezione da agenti patogeni è probabile che sia maggiore. Acidificanti come l'acido citrico, acetico e propionico e il bisolfato di sodio abbassano il pH dell'acqua e sono efficaci disinfettanti per le linee idriche, ma non abbastanza forti da rimuovere un biofilm già presente nel sistema. Uno svantaggio per molti sistemi di acqua potabile è la corrosione causata su tubi zincati e abbeveratoi.

Lo iodio viene utilizzato come disinfettante per la linea dell'acqua così come altre soluzioni a base di bromo, acido perossiacetico e ozono. Questi prodotti sono forti ossidanti che uccidono batteri e virus in modo efficiente, garantendo la sicurezza dell'acqua potabile. Ci sono molti altri fattori da tenere a mente quando si considera un programma di sanificazione della linea idrica nel sistema di acqua potabile, tra cui:

- la sorgente dell'acqua con la possibile contaminazione batterica intrinseca e il contenuto minerale;
- il tipo di biocida, considerando i sottoprodotti di disinfezione che alla fine della rete idrica arrivano agli animali;
- se nell'impianto vengono dosati anche additivi, è fortemente raccomandato il risciacquo delle tubature subito dopo, al fine di eliminare i residui che potrebbero essere fonte di nutrimento per i batteri e favorire lo sviluppo di biofilm;
- il valore di pH. Ad esempio, nell'intervallo di pH 6.5 – 7.5 l'equilibrio acido ipocloroso/ipoclorito viene spostato verso l'anione ClO<sup>-</sup>, fino a 100 volte meno efficace del suo acido coniugato, quindi un trattamento biocida applicato a questo pH non è ottimizzato. Inoltre, l'acqua ad alto pH tende ad avere un sapore amaro che gli uccelli sono in grado di riconoscere, e questo può ridurre il consumo, mentre un pH inferiore a 5 può influire sulla loro salute intestinale. L'intervallo di pH 6.2-6.8 sembra essere il migliore per il sistema di acqua potabile.

## Conclusioni

Come abbiamo visto, le uova e la carne di pollame che arrivano al consumatore finale hanno subito diversi passaggi, in cui può verificarsi la proliferazione batterica. Se i prodotti a base di pollame non vengono manipolati e cotti correttamente, la contaminazione batterica può trasferirsi all'uomo, causando seri problemi per la salute pubblica. La presenza di microrganismi è ubiquitaria "from the farm to the fork": nei mangimi, nel sistema di acqua potabile, in ogni parte del pollaio e anche nell'industria alimentare. La capacità dei batteri di formare biofilm aggrava ulteriormente il problema perché, all'interno del biofilm, i patogeni sono protetti e più difficili da eradicare.



*Figura 8: la proliferazione batterica può avvenire in ogni fase della catena alimentare*

Per affrontare un problema così ampio, è evidente che occorre adottare un approccio complessivo. Esistono diverse strategie che possono essere applicate nelle diverse fasi della filiera alimentare, ma sicuramente la presenza di biofilm nei sistemi di acqua potabile e in altre parti degli allevamenti avicoli e la successiva lavorazione è un notevole problema che deve essere sempre preso in considerazione.

Poiché risulta impossibile prevenire completamente la formazione del biofilm, la sua crescita deve essere attentamente monitorata, per applicare trattamenti igienico-sanitari il prima possibile; non si può trattare adeguatamente ciò che non si controlla.

A tal fine, ALVIM ha sviluppato la sua innovativa tecnologia di monitoraggio del biofilm, basata su oltre 40 anni di ricerca scientifica. I Sensori ALVIM possono essere installati direttamente nell'impianto dell'acqua potabile, e rilevano in modo specifico l'attività biologica del biofilm batterico, sin dalla sua prima fase. Questo è molto importante, perché prima viene trattato il biofilm, più facilmente viene rimosso. Questo tipo di approccio consente anche notevoli risparmi, rendendo possibile **l'applicazione dei biocidi solo quando realmente necessario, riducendo sia i costi che l'impatto ambientale del trattamento.**

**Hai un problema simile con il biofilm? Contatta i nostri esperti e chiedi una consulenza gratuita su misura, riceverai maggiori informazioni riguardo i prodotti ed i servizi ALVIM.**

Il sistema ALVIM per il Monitoraggio del Biofilm rappresenta uno strumento affidabile per la rilevazione precoce della crescita batterica sulle superfici, in linea ed in tempo reale, in impianti industriali, acque di raffreddamento, etc.

La Tecnologia ALVIM è stata sviluppata in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Marine, ed è attualmente utilizzata in tutto il mondo, in svariati settori applicativi.

**ALVIM Srl | +39 0108566345 | [info@alvim.it](mailto:info@alvim.it) | [www.alvim.it](http://www.alvim.it) | [www.linkedin.com/company/alvimbiosensors](https://www.linkedin.com/company/alvimbiosensors)**