

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di AGRONOMIA ANIMALI
ALIMENTI RISORSE NATURALI E AMBIENTE

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie

Prodotti alternativi agli antibiotici nell'allevamento degli avicoli

Relatore
Prof. Luigi Gallo

Laureando
Mattia Bombieri
Matricola n. 2008705

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

RIASSUNTO

L'allevamento degli avicoli ha inizio molti anni fa, si fa riferimento al periodo dell'impero romano, periodo in cui l'attività agricola subì un'importante crescita, seguita da un boom determinato alla prima Rivoluzione Industriale. Negli ultimi cinquant'anni, per far fronte alla richiesta sempre maggiore di cibo, risulta molto importante affinare le tecniche di allevamento per poter riuscire a produrre di più ma in tempi sempre più brevi. Questo però comporta l'insorgenza di problematiche dovute all'aumento delle attività di patogeni, in parte imputabili a condizioni di allevamento subottimali (densità, ritmi forzati, ecc). Per ovviare a questo problema, sempre di più sono stati utilizzati degli antibiotici che oltre ad aiutare sotto questo aspetto, risultavano molto buoni anche come promotori di crescita se usati in quantità sub-terapeutiche. Ad oggi però, l'uso eccessivo di questi prodotti, ha portato allo svilupparsi di resistenze che, oltre a minacciare la salute dell'animale, minacciano pure la salute dell'uomo. Per questo motivo, da oltre 15 anni, l'uso di antibiotici a scopo auxinico è stato del tutto bandito.

Negli ultimi decenni sono state effettuate delle ricerche con lo scopo di trovare alternative naturali agli antibiotici che contengano le medesime proprietà dei prodotti da sempre utilizzati. Alcune proposte sono state studiate e testate, producendo dei risultati molto interessanti, anche se non si sono ancora raggiunti i punti di forza degli antibiotici. Queste alternative riguardano l'utilizzo di probiotici e prebiotici, batteriofagi, sostanze botaniche, peptidi, acidi organici e sostanze fitochimiche.

Ad oggi l'utilizzo di quelle sostanze come sostitute degli antibiotici non è ancora del tutto praticabile, in quanto devono prima essere effettuate delle ricerche più approfondite sugli eventuali punti di debolezza di queste novità.

ABSTRACT

Poultry farming began many years ago, referring to the period of the Roman Empire, a period in which agricultural activity underwent significant growth, followed by a boom brought about by the first Industrial Revolution. Over the last fifty years, to meet the ever-increasing demand for food, it has been very important to refine breeding techniques in order to be able to produce more but in ever shorter times. However, this leads to the onset of problems due to the increase in pathogen activity, partly attributable to suboptimal farming conditions (density, forced rhythms, etc.). To overcome this problem, antibiotics have been increasingly used which, in addition to helping in this aspect, were also very good as growth promoters if used in sub-therapeutic quantities. To date, however, the excessive use of these products has led to the development of resistance which, in addition to threatening the health of animals, also threatens human health. For this reason, for over 15 years, the use of antibiotics for auxin purposes has been completely banned.

In recent decades, research has been carried out with the aim of finding natural alternatives to antibiotics that contain the same properties as the products that have always been used. Some proposals have been studied and tested, producing very interesting results, even if the strengths of antibiotics have not yet been reached. These alternatives involve the use of probiotics and prebiotics, bacteriophages, botanicals, peptides, organic acids and phytochemicals.

To date, the use of those substances as substitutes for antibiotics is not yet entirely practicable, as more in-depth research must first be carried out on any weak points of these innovations.

INDICE

1.	STORIA DELL'ALLEVAMENTO E DELLA PRODUZIONE AVICOLA	6
1.1.	L'inizio degli allevamenti avicoli.....	6
1.2.	L'allevamento del pollo a livello industriale.....	7
2.	PRODUZIONE AVICOLA ATTUALE.....	8
2.1.	A livello mondiale.....	8
2.2.	A livello europeo	9
2.3.	A livello italiano	10
2.4.	Prospettive future della produzione avicola	11
3.	SISTEMI ATTUALI DI PRODUZIONE DEL POLLO DA CARNE.....	12
3.1.	Tipologie di allevamento	12
3.2.	Descrizione di un ciclo produttivo	13
4.	UTILIZZO DEGLI ANTIBIOTICI NELLA FASE DI PRODUZIONE	16
4.1.	Cosa sono gli antibiotici e i loro principali utilizzi nell'allevamento.....	16
4.2.	Problematiche legate all'abuso degli antibiotici.....	17
5.	ALTERNATIVE AGLI ANTIBIOTICI	19
5.1.	Batteriofagi	19
5.2.	Vaccini	21
5.3.	Probiotici	21
5.4.	Prebiotici	22
5.5.	Attività simbiotiche	23
5.6.	Enzimi	24
5.7.	Peptidi antimicrobici	25
5.8.	Acidi organici.....	26
5.9.	Sostanze fitochimiche.....	27
5.10.	Alternative botaniche.....	27
5.10.1.	Oli essenziali	29
6.	SOSTENIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROPOSTE	31
6.1.	Sostenibilità a livello ambientale e valutazione inquinanti principali.....	31
6.2.	Consumo di carne antibiotic-free	32
7.	CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE	34
8.	BIBLIOGRAFIA.....	35
	RINGRAZIAMENTI	38

1. STORIA DELL'ALLEVAMENTO E DELLA PRODUZIONE AVICOLA

L'allevamento degli avicoli, per la quasi totalità del pollo, risale a molti anni fa. Si presume che il pollo domestico trovato nelle aree mediterranee, discenda da una delle razze che abitavano nell'Asia sudorientale. La data della sua addomesticazione non è certa. Si presume che la prima addomesticazione sia avvenuta in Cina nel 1400 a.C. (D. G. M. Wood-Gush, 1958).

Da quel momento l'addomesticazione del pollo iniziò a diffondersi un po' dappertutto, arrivando anche in Italia, ma senza poter avere una data precisa del suo arrivo nei bacini mediterranei. L'arrivo del pollo nelle Americhe, avvenne prima della scoperta da parte di Colombo, infatti l'animale era già presente in molte aree ed era ben integrato nella cultura delle persone che abitavano quelle zone. (D. G. M. Wood-Gush, 1958).

1.1. L'inizio degli allevamenti avicoli

La modifica del concetto di utilizzo del pollo da semplice animale da cortile a vero e proprio sistema di produzione alimentare sfruttandone le sue potenzialità in termini di produttività è da attribuire agli antichi romani, i quali erano molto ferrati nella conoscenza dell'agricoltura come una vera scienza. Infatti, leggendo gli scritti di Columella, si rimane subito colpiti dalla complessità dell'industria avicola del mondo greco-romano. Lo studio era tutto centrato nello sviluppo di razze specializzate e all'attenzione ai minimi dettagli nella fase di allevamento (D. G. M. Wood-Gush, 1958).

Secondo Columella, i Romani erano veri e propri imprenditori, ed il loro interesse era principalmente focalizzato al ritorno economico dall'allevatore; i Greci invece allevavano l'animale per poi poterlo utilizzare in manifestazioni che risaltavano le qualità combattive dell'animale in questione.

Tuttavia, con il declino e la scomparsa dell'Impero Romano, venne a mancare anche questa spiccata conoscenza nell'allevamento di pollo su larga scala, ridimensionando il tutto per ritornare al conosciuto pollo da cortile. Con l'avvento del 19° secolo, l'allevamento avicolo comincia a prendere piede e a venire nuovamente proposto come un'impresa specializzata, questo soprattutto in Gran Bretagna a seguito della prima rivoluzione industriale (D. G. M. Wood-Gush, 1958).

1.2. L'allevamento del pollo a livello industriale

E' a partire dal 1940 che l'allevamento del pollo inizia a svilupparsi come una vera e propria industria, (Williams, T. L., 2011).

L'avvento dell'allevamento intensivo portò molti benefici in termini di quantità di prodotto e sotto forma di costi di produzione, i quali diminuirono decisamente. Nel 1960 iniziarono i primi spot televisivi e sulla stampa, rendendo i marchi produttori di pollo molto popolari, (Williams, T. L., 2011).

Nel 1970 furono introdotti nuovi regolamenti e nuove leggi atte a tutelare il bestiame e gli allevatori a diretto contatto, in quanto le persone diventarono più istruite sui valori nutrizionali sul pollame e le relative malattie, (Williams, T. L., 2011).

Nel 1980 vennero introdotti sul mercato preparati a base di carne avicola, come ad esempio i chicken nuggets (bocconcini di pollo), che ebbero fin da subito un successo enorme, soprattutto nei fast-food, arrivando ad aumentare le vendite del 200% dagli anni 90 del 20° secolo al 2003, (Williams, T. L., 2011).

Ad oggi i costi di produzione risultano essere molto meno elevati rispetto al passato e la quantità di prodotto ben maggiore, dovuta anche al mangime distribuito che riesce a migliorare notevolmente l'indice di conversione. Sono migliorate anche la qualità del lavoro e la pulizia dei luoghi di lavoro, questo grazie a normative specifiche (Williams, T. L., 2011).

2. PRODUZIONE AVICOLA ATTUALE

Negli ultimi anni, la produzione di carne avicola risulta essere uno dei settori più in crescita. Secondo uno studio effettuato dalla FAO (Food and Agriculture Organization) in collaborazione con l'Organisation for Economic Co-operation Development (OECD), la carne avicola, in particolar modo la carne di pollo, si trova in testa alla classifica dei consumi di carne con poco margine di vantaggio rispetto a quella suina. Le previsioni per i prossimi anni riportano un rafforzamento di questo primato, dovuto a una costante crescita di produzione di carne avicola. Segue al terzo posto la carne bovina. Questa costante crescita è dovuta alla semplicità e all'ampia versatilità della carne avicola, ai suoi costi ridotti, alla velocità di produzione a seguito di cicli brevi e alla limitata presenza di grassi a discapito della parte proteica, (Report Unaitalia, 2021).

2.1. A livello mondiale

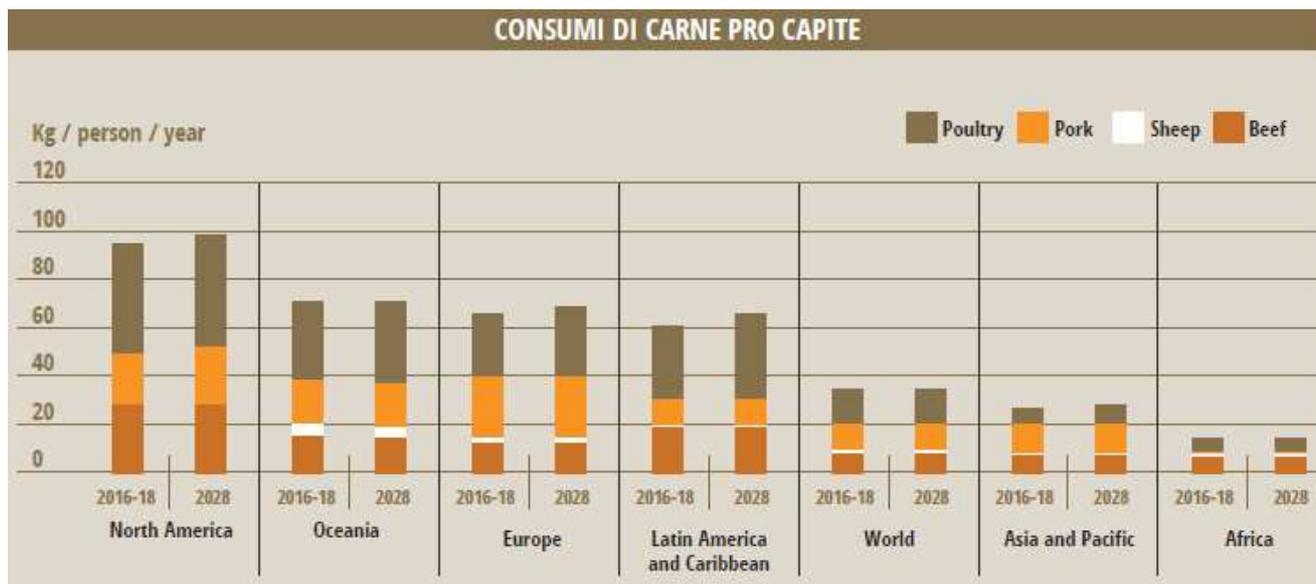
Il dato della produzione di carne avicola a livello mondiale nell'anno 2020, è stato condiviso da Unaitalia (associazione di categoria che tutela e promuove le filiere agroalimentari italiane delle carni e delle uova), attestando che il valore si aggira attorno ai 133,5 milioni di tonnellate, registrando un aumento del 1,3% rispetto all'anno precedente. In testa alla classifica troviamo gli Stati Uniti d'America con 23 milioni di tonnellate, seguono la Cina con 22 milioni e il Brasile con 14 milioni di tonnellate, (Report Unaitalia, 2021).

Nella figura 1, è possibile osservare i dati riguardo il consumo di carne pro capite relativi agli anni 2016-18 confrontati con stime future al 2028 nel mondo (Report Unaitalia, 2021).

Come si può notare il maggiore consumatore di carne nel mondo è l'America del Nord, seguita da Oceania, Europa ed America Latina, mentre il continente che consuma il minor quantitativo di carne è l'Africa. La media mondiale si aggira attorno ai 35 kg di carne pro capite, di cui 13kg di carne avicola, 12,7 kg di carne suina, 7,5 kg di carne bovina e 1,5 kg di carne ovina.

La carne avicola risulta essere la più consumata in America del Nord, Oceania, Europa e America Latina, mantenendo la leadership a livello mondiale.

Figura 1: Consumi di carne pro capite nel mondo.



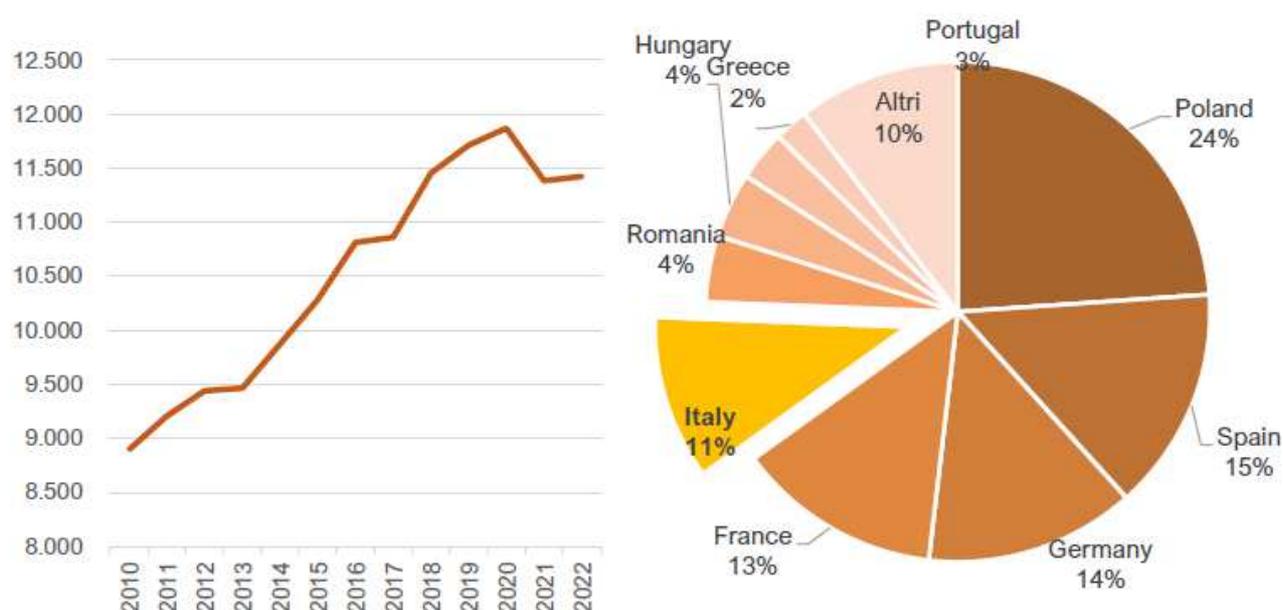
2.2. A livello europeo

Per quanto riguarda l'andamento europeo, nel 2022, la produzione di carne avicola ha toccato gli 11,4 milioni di tonnellate, superando di uno 0,3% il valore dell'anno precedente (figura 2), classificandosi al terzo posto come produttore di carne avicola a livello mondiale. Questi numeri garantiscono all'UE la piena autosufficienza relativamente alla carne avicola (Ismea, 2023).

La prima grande produttrice a livello europeo è la Polonia con il 24%, seguita da Spagna e Germania. Quinto posto per l'Italia con l'11% della produzione europea, preceduta dalla Francia (figura 2), (Ismea, 2023).

Figura 2: Produzione europea di carne avicola e quote dei principali Paesi produttori.

Dinamica della produzione europea di carni avicole (000 tons) e quote dei principali paesi produttori 2022(%)

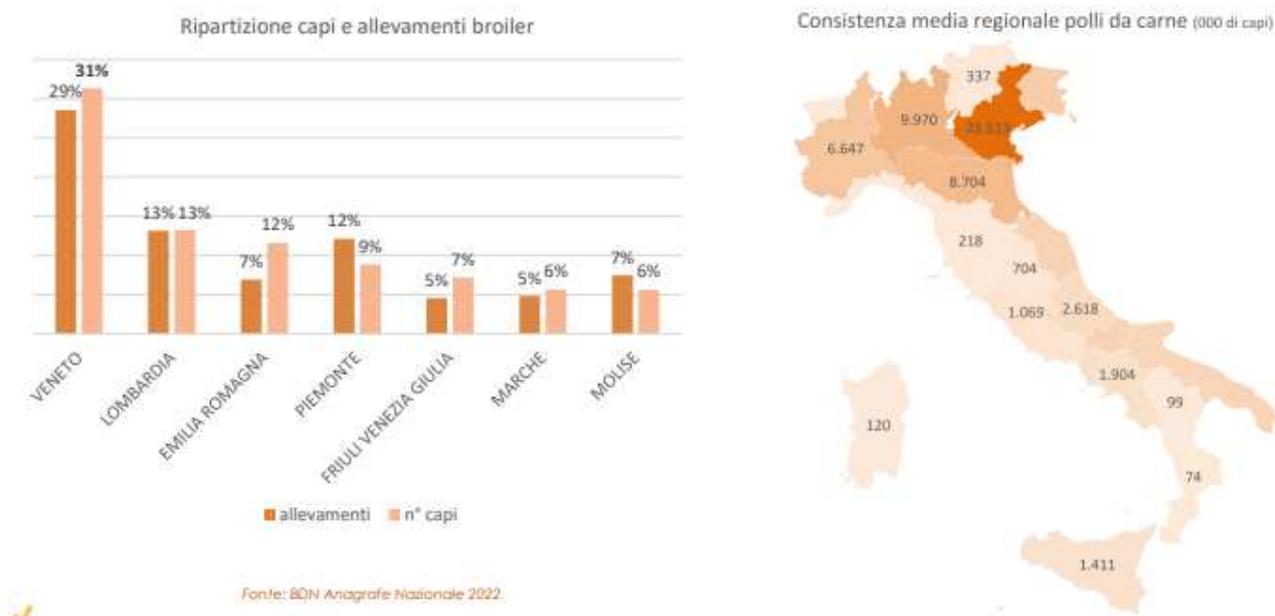


2.3. A livello italiano

Nel nostro Paese la produzione di carne avicola ha raggiunto nel 2020 1,39 milioni di tonnellate, con un aumento di quasi il 2% rispetto all'anno precedente, grazie al leggero aumento registrato per la produzione della carne di pollo e all' aumento più deciso di quella di tacchino (+ 4,17%), (Report Unaitalia, 2021).

La distribuzione degli allevamenti e dei capi si concentra soprattutto al Nord, dove vengono allevati circa l'80% dei broiler censiti nel nostro territorio. Troviamo oltre 6800 allevamenti con circa 148 milioni di capi in allevamento, che occupano oltre 38000 addetti. Capolista il Veneto con il 30% in n° di allevamenti e n° di capi, seguono la Lombardia e l'Emilia Romagna che assieme arrivano a toccare il 20% in n° di allevamenti e il 25% in n° di capi allevati (Figura 3), (Ismea, 2022). Questi dati ci indicano la grande presenza di un settore avicolo ben definito , che consente di superare per l'Italia l'autosufficienza piena, con un autoapprovvigionamento del 105% per il pollo, mentre per quanto riguarda le carni di tacchino, il dato è ancora maggiore, facendo segnare un valore del 118%, (Report Unaitalia, 2021).

Figura 3: Localizzazione degli allevamenti avicoli e relativo n° di capi allevati in Italia.



2.4. Prospettive future della produzione avicola

Le previsioni per questo settore su scala globale sono orientate verso una crescita, dovuta anche all'aumento progressivo della popolazione. Si stima che nel 2050 ci saranno 9,6 miliardi di persone e la domanda alimentare di origine animale potrebbe crescere del 70% tra il 2005 e il 2050, (Alexandratos e Bruinsma, 2012). La crescita maggiore riguarderà la richiesta della carne di pollo (+ 121%).

Anche se la richiesta sarà così elevata, la produzione avrà un aumento seguendo un ritmo più lento, si stima una crescita circa del 2% a livello globale. Il continente che più soddisferà questa richiesta sarà l'Asia; infatti l'OCSE/FAO (2016) stima che la produzione di carne in Asia aumenterà di 1,8 milioni di tonnellate entro il 2025, (A. Mottet e G. Tempio, 2017).

Sono state previste pure diminuzioni dei prezzi globali delle carni in seguito alla diminuzione dei prezzi dei mangimi, ai cicli di produzione sempre brevi e all'elevata efficienza dell'assunzione dei mangimi da parte dell'animale, così da garantire ottime rese, (Alexandratos e Bruinsma, 2012).

3. SISTEMI ATTUALI DI PRODUZIONE DEL POLLO DA CARNE

A differenza di quanto riportato nel capitolo 1, al giorno d'oggi la produzione della carne di pollo si è adattata alle nuove necessità globali, per far fronte a nuove tendenze alimentari. Non si tratta più di un allevamento costituito da pochi capi capace di soddisfare i bisogni familiari, viceversa si è arrivati ad aumentare in modo esponenziale la produzione, per poter garantire e soddisfare il bisogno alimentare della popolazione mondiale odierna.

L'attività di selezione e miglioramento genetico e il largo ricorso all'incrocio hanno consentito di ottenere linee di pollo caratterizzate da elevate rese in carne al minor costo possibile, costi che derivano per la maggior parte dalla fase di allevamento e ingrasso, (S. Bogosavljević-Bošković, *et al.*, 2012).

Negli ultimi decenni, la richiesta da parte dei consumatori della carne di pollo, si sta concentrando sulla possibilità di avere accesso a maggior disponibilità di carne derivante da sistemi di allevamento meno intensivi.

3.1. Tipologie di allevamento

I sistemi di allevamento per la produzione di carne avicola, nella fattispecie quella di pollo, ad oggi utilizzati sono principalmente due: il sistema intensivo e il sistema estensivo.

Come dice la parola, per intensivo si intende intensificare la produzione in un luogo confinato, così da avere una densità maggiore e sfruttare al massimo le risorse disponibili. Per estensivo invece, si intende una modalità di allevamento con più ampio spazio dove gli animali possono muoversi; questo comporta la presenza di maggior superficie da utilizzare per poter attenersi ai regolamenti europei in termini di densità.

In base al modello che si intende intraprendere, molte variabili vengono a cambiare a partire dalla scelta del genotipo del pollo, infatti per la produzione di carne da pollo allevato in un ambiente confinato si tende ad indirizzarsi verso un genotipo che riesca a svilupparsi in tempi più brevi, accorciando l'età di macellazione e sviluppando un programma dietetico adatto per soddisfare queste esigenze. Al contrario, in un sistema estensivo, l'intenzione è quella di ridurre la densità di bestiame all'interno del pollaio e di fornire all'animale una dieta che riesca a portare alla macellazione dello stesso in tempi più lunghi, così come prevede la scelta del genotipo, (S. Bogosavljević-Bošković, *et al.*, 2012).

Ristić (2003) ha indicato come dato per l'intero ciclo di produzione, circa 42 giorni se si parla di allevamenti intensivi, mentre se parliamo dei non intensivi, si deve aggiungere un fabbisogno di ingrasso che varia dai 10 ai 32 giorni in più rispetto al dato precedente. Questi dati vengono riferiti agli Stati Uniti d'America. Ad oggi i dati sono rimasti pressoché invariati, infatti l'età media di un pollo da carne alla macellazione è di circa 48 giorni.

Per i produttori europei di pollo seguendo le modalità non intensive, attenendosi alle normative dell'UE (Regolamento (CE) n. 889/2008), il peso di macellazione deve essere raggiunto dopo gli 81 giorni d'età, questo perché la scelta del genotipo ricade su uno a crescita più lenta.

Oltre all'età, variano anche altri aspetti tra le due modalità sopra citate, per esempio il peso corporeo a parità di età risulta essere 1.667 kg nei polli allevati all'aperto e 1.820 kg per i polli allevati intensivamente, (Pavlovski *et al.*, 2009).

Diverso è anche il rapporto di conversione del mangime che risulta 2,98 nei polli allevati estensivamente, contro l'1,97 nei polli confinati.

Queste due modalità di allevamento, in Italia, vengono utilizzate entrambe; al Nord si predilige l'allevamento intensivo, mentre al Sud troviamo per la maggior parte allevamenti estensivi.

3.2. Descrizione di un ciclo produttivo

Un ciclo di produzione del pollo da carne seguendo un metodo di allevamento intensivo, è caratterizzato dal breve periodo di raggiungimento del peso di macellazione, oltre a tutte le altre caratteristiche precedentemente descritte.

Si parla di un ciclo che ha durata media di 45 giorni, dopo i quali gli animali vengono macellati per produrre carne.

Il cosiddetto ciclo, inizia con la fase di pulizia delle zone interessate all'allevamento. Questa fase comprende la rimozione della pollina presente dal ciclo precedente, una seguente fase di spazzatura della pavimentazione utilizzando delle spazzatrici progettate per poter essere collegate alla trattrice e alla fine un lavaggio completo della struttura e delle attrezzature utilizzate. Quest'ultima fase viene eseguita attraverso un lavaggio ad alta pressione tramite l'utilizzo di macchine idro pulitrici. In seguito viene effettuato un processo di disinfezione generale dell'allevamento, in modo da garantire un maggiore livello di pulizia ed igiene.

Dopodiché, segue la preparazione del locale. Sopra al pavimento viene disteso uno strato di

lettiera, la quale può essere composta da vari prodotti, tra i quali truciolo, paglia, lolla di riso e fibra di cocco. Dopo la stesura della lettiera, vengono messe in posizione le attrezzature utili per l'approvvigionamento e per l'abbeveramento degli animali. Si tratta di più linee longitudinali suddivise in linee da mangiatoia e linee da abbeveratoi.

Prima dell'arrivo dei polli, il capannone viene portato ad una temperatura ambientale di circa 31°C per permettere ai pulcini di poter trovare le condizioni ottimali per iniziare la loro carriera. Per mantenere questa temperatura ambientale, si fa utilizzo di lampade a gas che indirizzano il calore in un determinato punto, in modo che i pulcini riescano a trovare una sorta di conforto materno. Un utilizzo maggiore di queste lampade viene fatto nelle stagioni sfavorevoli. All'arrivo dei pulcini, inizia la fase di svezzamento o più comunemente chiamata pulcinaia, una fase che dura all'incirca sette giorni. In questa fase i pulcini vengono mantenuti solo in una parte di capannone, in quanto il contrario comporterebbe lo scarso adattamento al nuovo habitat. Il compito dell'operatore è quello di controllare il giusto andamento in termini di temperature e umidità.

Segue poi la fase più lunga, ovvero quella da ingrasso che porta il pulcino a diventare un pollo dal peso di quasi 3 kg all'età di circa 48/50 giorni. Durante la fase di ingrasso, il pollo accresce giornalmente in modo lineare fino ad arrivare ad un valore di circa 85/90 grammi al giorno, valore che mantiene fino a fine carriera. Risulta comunque impossibile stabilire un valore certo, in quanto fattori ambientali e/o possibili malattie in corso, influiscono molto su questo dato. Importante è anche l'acqua che, come riportato in figura 4, deve mantenere dei livelli ben definiti di calcio, rame, sodio, pH e molti altri. Anche la durezza dell'acqua va monitorata in quanto un valore troppo elevato può comportare problemi ai reni. Il rapporto acqua/mangime durante tutto il ciclo è di circa 2:1; questo rapporto è solito a cambiare in base all'andamento stagionale.

In questa fase il compito dell'allevatore è quello del controllo del giusto funzionamento in termini di alimentazione, controllare i livelli di temperature, umidità, CO₂ e NH₃.

La fase finale è quella del carico, la quale consiste nel trasporto dei polli maturi dall'allevamento al macello, luogo in cui avvengono tutti i processi e i tagli per la differenziazione della carne prodotta. Il peso del pollo al carico varia in base alla destinazione che avrà. Per esempio un pollo destinato alla rosticceria, sarà macellato ad un peso di circa 1,5kg assumendo il nome di pollo leggero e in questo caso il peso si raggiunge in circa 35 giorni. Per poter destinare il pollo ad altri scopi come i vari tagli, si devono aspettare pesi maggiori, come i 2,2kg raggiunti in circa 40 giorni, fino ai 2,9/3 kg all'età di circa 50 giorni. Se si superano i 55 giorni di età, il peso del pollo continua ad aumentare fino al raggiungimento del pollo pesante, intervallato da un peso di 3,5/4,5 kg.

L'indice di conversione alimentare, dato dal rapporto tra kg di mangime utilizzato e kg di carne prodotta, non è caratterizzato da un valore fisso, infatti il dato varia in base alla performance del pollo stesso. Si possono raggiungere valori attorno all'1,6 in condizioni ottimali, mentre in condizioni più sfavorevoli il rapporto aumenta, questo causato dalla poca carne prodotta.

Figura 4: Livelli raccomandati per l'acqua di bevanda in allevamenti di broiler

Parametro	Livelli consigliati*
Calcio	60 - 75 mg / L
Rame	0,6 - 1 mg / L
Ferro	0,2 - 0,3 mg / L
Magnesio	50 - 75 mg / L
Manganese	0,1 mg / L
Nitrato	15 mg / L
pH	6 - 8
Fosforo	0,1 mg / l
Potassio	250 - 500 mg / L
Sodio	50 mg / L
Solfato	100 - 200 mg / L
Durezza	60 - 180 mg / L

4. UTILIZZO DEGLI ANTIBIOTICI NELLA FASE DI PRODUZIONE

Durante la fase di allevamento, risulta un tassello importante il campo che riguarda le malattie dell'animale. Negli allevamenti intensivi la diffusione risulta più rapida essendo vicini tra di loro, mentre in ambiente esterno, l'animale può essere soggetto a maggiori rischi derivanti dalla maggior esposizione all'ambiente esterno ed essendo meno soggetto a condizioni di ambiente controllato come nel caso dell'allevamento confinato, (Abreu R., *et al.*, 2023).

Dalla scoperta dei primi antibiotici, lo sviluppo che c'è stato è risultato enorme in campo della medicina. Soluzioni molto importanti sono arrivate anche in campo animale, utilizzando proprio degli antibiotici per sconfiggere alcune malattie batteriche che risultano difficili da debellare, consentendo migliore qualità di vita e riducendone la percentuale di mortalità, (Mohr, K.I., 2016).

4.1. Cosa sono gli antibiotici e i loro principali utilizzi nell'allevamento

Gli antibiotici vengono definiti come sostanze naturali, semi sintetiche o sintetiche che interagiscono con i batteri, nello specifico interferiscono con la crescita degli stessi e ne riducono la sopravvivenza, così da prevenire o curare le infezioni che possono svilupparsi, (Mohr, K.I., 2016).

Queste sostanze nel corso degli anni sono state studiate sempre di più, così da poter arrivare ad oggi con una conoscenza molto approfondita di quest'ultime. La loro funzione riesce a garantire un aumento delle aspettative di vita, una riduzione della mortalità e una conseguente sicurezza alimentare se si utilizzano nel campo delle produzioni di cibo, (Mohr, K.I., 2016).

Queste positività vengono prese in considerazione se l'uso di questi prodotti viene effettuato nei modi opportuni. In termini di sicurezza alimentare, la possibilità di trovare residui antibiotici all'interno del cibo, in maggior caso in alimenti come latte, uova o carne, risulta possibile a causa di errori di vario tipo, come la non conformità con i periodi di attesa imposti, provocando seri problemi a livello salutare del consumatore. Tale problema viene a mancare se vengono seguite in modo corretto le condizioni d'uso e se vengono rispettati i periodi di sospensione di tali prodotti.

In campo avicolo, gli antibiotici vengono utilizzati da oltre cinquant'anni con diversi scopi: possono essere utilizzati come agente terapeutico per curare l'animale da un malessere, oppure come agente di promotore della crescita, oggi non più possibile. Quest'ultimi, chiamati AGP

(Antimicrobial Growth Promoters), sono di fatto degli antibiotici veri e propri che vengono somministrati in dosi sub terapeutiche, ovvero a dosi molto basse non riuscendo così a trattare una malattia.

L'obiettivo principale era dunque quello di modificare la flora intestinale dell'animale con lo scopo di ottenere prestazioni migliori, selezionando i batteri intestinali, riducendone la concorrenza per i nutrienti riuscendo a migliorare i tassi di crescita degli animali, (Abreu R., *et al.*, 2023). Queste sostanze venivano introdotte nei mangimi e il risultato era molto interessante, in quanto anche assumendo le medesime quantità di mangime, l'animale riscontrava una maggiore efficienza alimentare ed un maggiore incremento nella crescita in termini di tempo e di peso, (Abreu R., *et al.*, 2023).

4.2. Problematiche legate all'abuso degli antibiotici

Le utilizzazioni sopra proposte, a lungo andare, hanno portato all'evoluzione e alla diffusione di AMR (Antimicrobial resistance), ovvero la capacità dei microrganismi di resistere ai trattamenti antimicrobici.

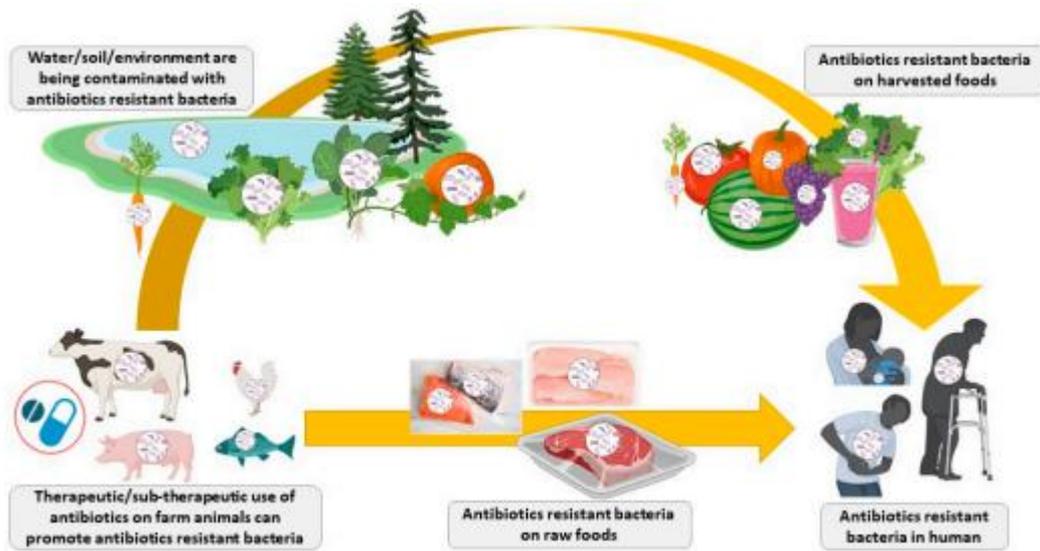
Dal 1° gennaio 2006, l'Unione Europea ha vietato l'utilizzo di alcuni AGP ancora in commercio, decisione presa col Regolamento (CE) N. 1831/2003. Il motivo rispecchia quanto detto precedentemente: in continuo utilizzo ha portato a riscontrare una certa resistenza e ad avere poi delle problematiche nell'utilizzo di antibiotici per scopi terapeutici. Per questo, con il ritiro di tutti gli AGP, da oltre 15 anni l'uso di queste sostanze non è più possibile.

Questa resistenza creatasi in seguito agli abusi antibiotici, è stata indotta dal favorirsi della selezione di ceppi resistenti, a discapito di quelli più suscettibili. Tale resistenza è stata poi trasmessa ai discendenti clonali e ad altri membri di specie batteriche, (Abreu R., *et al.*, 2023).

Oltre a questo problema, sono stati presi in considerazione anche l'ambiente e il consumatore finale. Aspetto che ha rilevato molta importanza in questi studi, è stato il rilascio di batteri resistenti nell'ambiente attraverso feci e urine, il quale comporta il trasferimento dei geni di resistenza nell'ambiente e all'uomo in seguito. Inoltre il rilascio di queste piccole sostanze nell'ambiente, può favorire processi di mutazione che potrebbe comportare una completa resistenza agli antibiotici, (Lorenzo-Rebenaques L. *et al.*, 2022).

Nella figura 5, è stato riportato uno schema riassuntivo di quanto appena discusso, in modo tale da capire in maniera più completa il percorso e il pericolo della resistenza agli antibiotici.

Figura 5: Diffusione dei batteri resistenti agli antibiotici, dagli animali da allevamento all'uomo, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).



5. ALTERNATIVE AGLI ANTIBIOTICI

La produzione della carne derivante dal pollo viene da anni associata all'eccessivo utilizzo di antibiotici che, come descritto nel capitolo precedente, possono portare a lungo andare a delle resistenze a queste sostanze, così da rendere più difficile il processo di allevamento e mettendo a serio rischio la vita dell'uomo. Per limitare questo abbondante utilizzo si sta sempre di più cercando una via alternativa che consente di poter far uso di sostanze diverse dagli antibiotici, mantenendo però una buona risposta in caso di problematiche che si potrebbero affrontare. Negli ultimi anni, sono stati eseguiti degli studi a tale proposito con l'obiettivo di cercare delle alternative efficaci, sostenibili e che non rechino problemi né all'animale né all'uomo. Sono state prese in considerazione diverse alternative e sono state provate all'interno degli allevamenti per verificarne il loro reale utilizzo e la loro modalità d'azione. Altro punto preso in considerazione è quello della possibilità di diventare in un futuro, sostanze resistenti, così come ora stanno iniziando a diventarlo gli antibiotici. Si riportano di seguito alcune possibili alternative che sono state testate in allevamento, anche se la ricerca è ancora in buona misura in corso.

5.1. Batteriofagi

I batteriofagi sono dei virus il quale compito è quello di infettare esclusivamente le cellule batteriche. Sono stati utilizzati in Europa per molti anni per altri scopi, in quanto hanno attirato la loro attenzione grazie all'abbondanza in natura, alla loro spiccata specificità e alla loro non tossicità. Diverso per gli Stati Uniti dove questi fagi non sono ancora stati ben accettati, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Questi batteriofagi sono composti da proteine, le quali vanno a formare la struttura del capsido, il quale mantiene all'interno e protegge il materiale genetico, sia esso DNA o RNA. Al capsido viene legata una coda anch'essa formata da proteine, più specificatamente da una complessa struttura multi proteica la quale ha il compito di riconoscere l'ospite batterico, risulta molto utile nell'attaccamento a quest'ultimo, effettua il processo di penetrazione della parete cellulare dell'ospite e funge da canale per poter depositare all'interno dell'ospite, il materiale genetico

contenuto all'interno del capsido. Quando il materiale genetico riesce ad arrivare all'interno della cellula, inizia a replicarsi all'interno del citoplasma con conseguente rottura della parete della cellula infetta. Dopo la rottura di quest'ultima, i virioni vengono rilasciati nell'ambiente e possono infettare altri batteri che si trovano nell'ambiente circostante, (Richards P.J. *et al.*, 2019).

Nel campo degli allevamenti avicoli, questi fagi possono essere utilizzati per ridurre la presenza di *Campylobacter jejuni* nei polli, senza andare ad influenzare la flora intestinale presente. Oltre a ciò, la riduzione di tale batterio, aumenta la prevenzione in umana e le conseguenti malattie derivanti da prodotti di polli contaminati.

L'uso di questi virus nella fase di allevamento del pollame è stato per molto tempo discusso e studiato, con conseguente risultato che ne afferma il loro grande potenziale come possibili alternative agli antibiotici. Gli studi però non sono conclusi, infatti si stanno realizzando ulteriori ricerche per comprendere meglio alcuni aspetti come le interazioni virus – batterio e i vari meccanismi di coevoluzione tra i due, (Popescu M. *et al.*, 2021).

Nonostante ciò, l'utilizzo di questa alternativa è possibile facendo attenzione alle modalità di utilizzo, in particolar modo alle quantità di batteriofagi da inserire nel prodotto finito, in quanto queste quantità variano da prodotto a prodotto. Non è dunque possibile ottenere uno standard utilizzabile per le diverse problematiche da affrontare (Regolamento delegato (UE) 2021/805).

Tutti i processi di attaccamento, replicazione e lisi della cellula batterica, avvengono all'interno del tratto intestinale dell'animale. I batteriofagi possono influire sulla stabilità del microbiota intestinale ed hanno l'abilità di modulare le capacità immunologiche e metaboliche dell'intestino. Un lato più negativo che riguarda le possibili minacce da parte di questi virus, riguarda la possibilità di poter trasportare con sé la resistenza agli antibiotici acquisita nella cellula ospite, in seguito alla moltiplicazione ed alla diffusione dei virioni nell'ambiente. Andando poi quest'ultimi ad infettare nuove cellule e trasportando con sé il fattore resistenza, si può andare a peggiorare la situazione attuale. Altre problematiche in fase di studio riguardano i dosaggi ottimali, le vie di somministrazione, la frequenza e la durata del trattamento. Non è uno studio così semplice in quanto per l'eliminazione degli agenti patogeni nei polli, comporta l'utilizzo di un gran numero di fagi che possano intaccare le cellule ospiti. Un ulteriore aspetto da prendere in considerazione, è la possibile insorgenza di resistenze agli stessi batteriofagi. Ricerche approfondite hanno esposto dei risultati a riguardo, le quali promuovono l'unione di due o più batteriofagi sotto forma di "cocktail" da somministrare agli animali. La certezza non è completa in quanto questi studi sono ancora in fase di test e in fase di raccolta dati per poi trarre conclusioni più certe, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

5.2. Vaccini

Il vaccino è un composto biologico che viene prodotto allo scopo di conferire l'immunità contro un particolare tipo di infezione ai soggetti a cui viene somministrato. In seguito alla somministrazione, i vaccini possono inibire lo sviluppo e l'attacco da parte di agenti patogeni, andando ad instaurare dei meccanismi di difesa del sistema immunitario, migliorando così le condizioni di salute e diminuendo il rischio di infezione. Nella fase di allevamento dei polli, i vaccini vengono utilizzati già da parecchi anni. Tuttavia questi prodotti hanno una specificità estremamente elevata, quindi lo sviluppo di nuovi vaccini richiede molto tempo e le regole di somministrazione dei vaccini, richiede un'ottima competenza e conoscenza del patogeno, nonché del vaccino stesso, (Z Tabashsum, *et al.*, 2023).

Non risulta essere una via vantaggiosa sia in termini di tempo, sia in termini economici, in quanto per ogni tipo di malattia servirebbe uno specifico vaccino.

Inoltre i vaccini vengono utilizzati come profilassi e questa motivazione unita ai costi elevati per lo sviluppo, allontanano gli allevatori a prendere in considerazione questa alternativa rispetto all'uso degli antibiotici, (Z Tabashsum, *et al.*, 2023).

Rimane comunque il fatto che si parla di prodotti specifici, però molto funzionanti, infatti rispondono in maniera molto buona sia come sostanza per l'eliminazione del patogeno, sia come prodotto di prevenzione da un possibile attacco futuro, (Z Tabashsum, *et al.*, 2023).

5.3. Probiotici

Tra tutte le alternative proposte, i probiotici sono una di quelle più prese in considerazione. Si tratta di microrganismi vivi che se somministrati in quantità adeguate, conferiscono un beneficio alla salute dell'ospite. Questi microrganismi svolgono delle funzioni in molti campi, rendendo così i probiotici molto versatili. Possono essere utilizzati in seguito ad un trattamento antibiotico per poter rinforzare e ri-colonizzare la microflora intestinale che potrebbe essere indebolita, parecchi studi hanno dimostrato che ceppi selezionati possono aumentare notevolmente l'assunzione media giornaliera di mangime, garantendo un ottimo indice di conversione alimentare, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Come detto precedentemente, il ruolo che svolgono a livello intestinale è molto concreto, in quanto garantiscono un aumento di popolazione dei microrganismi benefici. Oltre a questo

riescono a modificare e a migliorare le risposte immunitarie intestinali. Altro aspetto positivo a livello intestinale riguarda l'assorbimento dei nutrienti, in quanto i probiotici interagiscono aumentando la struttura delle cripte e l'altezza dei villi intestinali. Inoltre la capacità di produrre enzimi digestivi o di promuoverne la secrezione, comporta un'ulteriore vantaggio in termini di digestione e assorbimento. Tutti questi aspetti benefici, comportano un miglioramento a livello fisiologico, evitando diarree e disturbi intestinali, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Tanti sono gli aspetti positivi, ma il retro della medaglia nasconde delle possibili minacce. Infatti sono state sollevate alcune domande e alcuni dubbi riguardo la possibilità di insorgenza di resistenza agli antibiotici, in quanto alcuni ceppi di probiotici contengono geni per l'immunità verso alcuni antimicrobici e geni per la resistenza agli antibiotici, i quali potrebbero essere trasmessi ai batteri patogeni presenti nel tratto intestinale, attraverso il trasferimento genico orizzontale. Questo problema può essere risolto attraverso dei test che verificano se un particolare ceppo probiotico contiene o no questi geni potenzialmente trasferibili, (Alayande K.A., *et al.*, 2020).

Altri importanti punti di debolezza come il livello di pH, formulazioni batteriche facilmente inattivabili e l'attenta somministrazione ai soggetti più piccoli, rendono questi probiotici un'alternativa molto interessante, ma altrettanto difficile da mettere in atto.

Inoltre la loro recente comparsa in questo settore, unita alla mancanza di leggi che ne determinano le dosi minime, massime o suggerite da poter somministrare, rendono molto complicato il loro utilizzo, con la possibilità di poterne influenzare l'efficacia, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Al fine di poter migliorare il livello di garanzia di tali prodotti, si stanno svolgendo degli studi caratterizzati dalla possibilità di creare prodotti formati da una simbiosi di due o più probiotici, oppure un'associazione con alcuni prebiotici.

5.4. Prebiotici

I prebiotici sono composti la cui funzione è quella di fertilizzante o componente alimentare per i microrganismi benefici che si trovano nel tratto intestinale, con conseguente stimolazione in termini di crescita a livello di popolazione, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Si tratta di carboidrati non digeribili, formati da catene corte di monosaccaridi, gli oligosaccaridi. I due oligosaccaridi più studiati a livello prebiotico sono i FOS (fruttooligosaccaridi) e i MOS

(mannanoligosaccaridi), ma ne esistono molti altri, come i galattani, lattulosio, ecc.

Risultati interessanti sono stati riscontrati nell'uso dei prebiotici all'interno dei mangimi, in particolare l'uso dei FOS ha aumentato il numero di *Lactobacilli* nell'intestino grazie alle attività delle amilasi e delle proteasi. Oltre a questo, si sono conclusi in modo positivo altri studi in merito al disturbo da stress da caldo, in quanto l'utilizzo dei prebiotici riesce a ridurre alcuni effetti dannosi in merito, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Molti altri sono gli effetti positivi, come l'abbassamento del pH intestinale, l'aumento dell'altezza dei villi intestinali con conseguente aumento dell'assorbimento nutrizionale e l'inibizione dei ceppi patogeni. Molta attenzione va fatta sulla somministrazione di questi composti, in quanto un dosaggio troppo elevato può portare a gonfiori, diarrea ed altri effetti collaterali, (Roth N., *et al.*, 2019).

5.5. Attività simbiotiche

Per simbiosi si intende uno stretto rapporto di coesistenza tra due elementi diversi. In questo caso con attività simbiotiche intendiamo una combinazione tra probiotici e prebiotici, i quali sono stati studiati per associarsi per far fronte a nuove sfide legate alla sopravvivenza dei probiotici nell'intestino. Questa associazione ha riscontrato molti aspetti positivi, primo fra tutti a livello intestinale dove si è verificata una crescita maggiore del microbiota intestinale con questa simbiosi, rispetto all'utilizzo di probiotici o prebiotici in separata sede, (Ślizewska K., *et al.*, 2020).

Oltre ad una maggiore crescita in termini di popolazione, migliorie vengono riscontrate anche sulla salute della microflora, risultando anch'esso un aspetto che vede queste associazioni come un vero e proprio aiuto a livello intestinale. Inoltre un aspetto molto importante dei benefici, riguarda lo sviluppo della resistenza agli antibiotici, in quanto i simbionti ne limitano fortemente la possibilità di esprimersi, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Questa simbiosi lavora in modo connesso tra prebiotici e probiotici: i primi incoraggiano e inducono la crescita dei batteri probiotici, i secondi che fermentano i prebiotici per poi andare ad utilizzare il risultato come fonte di cibo per potersi sviluppare maggiormente e per poter amplificare i benefici che i batteri probiotici possono portare nell'intestino animale, evitando sempre di più le infezioni intestinali che portano alla morte. Esempi concreti dei benefici sono la riduzione della diarrea, aumento della digeribilità e dell'assorbimento degli alimenti con conseguente incremento in peso dell'animale e la promozione di ceppi batterici benefici che

comporta un maggiore equilibrio della microflora intestinale, (Cobb L.H., *et al.*, 2019).

Tuttavia gli studi su questa nuova possibilità sono ancora in fase di sviluppo, si stanno effettuando esperimenti per la somministrazione di questi simbionti insieme al mangime.

5.6. Enzimi

Gli enzimi sono delle proteine biologicamente attive che possono accelerare le reazioni chimiche. Il loro compito è quello di rompere specifici legami chimici andando a formare composti più piccoli, così da garantire una migliore digestione e un migliore assorbimento dei mangimi che vengono distribuiti al pollame, fungendo da additivi ad enzimi già presenti nell'animale. Alcuni enzimi utilizzati nei mangimi per l'alimentazione animale, sono: fitasi, lipasi, proteasi, pectinasi, xilanasi, alfa-amilasi, beta-glucanasi e molti altri, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Il corretto funzionamento degli enzimi si ha quando questi ultimi si legano a degli specifici substrati, comportando una conseguente modifica dei specifici siti di reazione.

Le modalità d'azione che sono state studiate e sperimentate riguardano principalmente la digeribilità degli alimenti, includendo la scomposizione delle sostanze che ostacolano la digestione corretta degli alimenti, una maggiore disponibilità di alimenti in seguito alla rottura della barriera incapsulante e un miglioramento in termini di capacità digestive, soprattutto negli animali più giovani. Tutte queste modalità d'azione degli enzimi, sono fortemente condizionate da fattori esterni, come la temperatura ambientale, l'umidità del mangime, pH, il tempo d'impiego degli enzimi di interagire con il substrato, la composizione della dieta e molti altri, (Torres-Pitarch, A, *et al.*, 2017).

Con l'utilizzo di questi enzimi, si migliora in modo molto concreto l'efficienza alimentare, riducendo di gran lunga i costi di alimentazione. Tuttavia questa soluzione soffre di uno scarso controllo di qualità e di una mancanza di informazioni riguardanti le condizioni d'uso e le concentrazioni, (Jang, J., *et al.*, 2020).

Altri punti deboli che possono comportare seri problemi riguardano la possibilità di interagire con batteri intestinali benefici provocando la loro morte, con conseguente promozione di batteri patogeni.

Alcune vie da intraprendere potrebbero essere la distribuzione di un enzima selettivo per animali giovani e un altro enzima per i capi adulti. Una certezza che è stata studiata, riguarda i dosaggi di

utilizzo; è stato verificato che l'utilizzo di dosaggi elevati non comporta un impatto negativo sulla produzione, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

5.7. Peptidi antimicrobici

Un'importante famiglia delle proteine viene rappresentata dai peptidi antimicrobici (AMP), noti anche peptidi di difesa dell'ospite. Si tratta di catene corte di amminoacidi (circa 100) i quali sono un pilastro importante della difesa immunitaria nella maggior parte degli organismi, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Essendo queste catene studiate da oltre 80 anni, le ricerche e i risultati ottenuti hanno fatto ben sperare in una possibile alternativa agli antibiotici nell'industria della produzione alimentare animale.

Nel campo degli allevamenti avicoli, in particolare nella produzione del pollo da carne, sono state effettuate numerose ricerche utilizzando diversi peptidi. Uno in particolare ha avuto un grande successo nel reparto alimentare mangimistico; si tratta della batteriocina microcina J25, un peptide che integrato nel mangime ha portato numerosi vantaggi, come il miglioramento delle prestazioni dell'animale in termini di aumento di peso, una ridotta infiammazione sistemica, un miglioramento della microflora a livello fecale e una riduzione del tasso di infezione da parte della salmonella. È stato osservato inoltre che questo peptide è in grado di attenuare malattie infiammatorie intestinali derivanti da agenti patogeni enterici, diminuendo quindi il rischio di diarree, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Questa soluzione che porta tanti benefici, porta con se anche dei fattori di negatività, uno fra tutti la possibilità che i batteri possano evolversi e sviluppare una resistenza agli AMP, così come succede per gli antibiotici. Tuttavia, anche se dovesse crearsi una resistenza a tali prodotti, rimane limitata la possibilità di un ipotetico trasferimento di una resistenza antibiotica associata ad una resistenza agli AMP, questo perché le modalità d'azione dei due prodotti sono differenti (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Nel settore degli animali, l'uso di queste sostanze richiede ancora del tempo per essere studiata più a fondo sotto l'aspetto dell'utilizzo come promotori di crescita, così da inquadrare meglio tutti gli effetti positivi e quelli negativi che potrebbero instaurarsi al fine di migliorarne le prestazioni e l'impatto benefico nell'animale. Per aumentare gli effetti benefici, sono state studiate delle sinergie con acidi organici e/o sostanze fitochimiche, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

5.8. Acidi organici

Nel gruppo degli acidificanti, troviamo gli acidi organici, delle molecole contenenti il gruppo funzionale carbossilico (COOH). I principali acidi organici sono l'acido benzoico, citrico, lattico, formico e propionico, uniti alle loro componenti saline come il calcio, potassio e sodio, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Queste molecole vengono utilizzate da parecchi anni nel campo dell'allevamento avicolo, infatti dal 1972 gli acidificanti sono stati riconosciuti come sicuri e sono stati utilizzati sia nelle diete, sia nell'acqua potabile, con conseguenti risposte positive sull'utilizzo e sulle prestazioni, (Guo Y. *Et al.*, 2022), (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

Di questi acidificanti sono state individuate e prese in considerazione tre principali modalità d'azione che riguardano l'utilizzo degli acidi organici come additivi del mangime. Gli effetti che sono stati notati e i risultati ottenuti riguardano la riduzione dei batteri patogeni con conseguente inibizione dei processi infiammatori connessi, la modulazione delle secrezioni derivanti dal pancreas e la morfologia delle mucose intestinali, (Ferronato G. *et al.*, 2020).

Queste positività hanno portato migliorie a livello di digestione e assorbimento dei nutrienti, andando ad aumentare l'altezza e la larghezza dell'area dei villi del duodeno, digiuno e dell'ileo, riducendo così la persistenza di cibo indigeribile, (Gómez-GarcioSono, *et al.*, 2019).

Altri punti di forza che caratterizzano questi acidificanti, riguardano la possibilità di produrli su ampia scala, l'inibizione della microflora patogena e una migliore conservazione del mangime, (Nowak P., *et al.*, 2021).

Ad oggi però le modalità d'impiego di queste molecole non sono ancora state studiate in modo approfondito, infatti si necessita di ulteriori studi e di ulteriori esperimenti per determinare il corretto impiego, valutando le condizioni ottimali di utilizzo, e le risposte da parte degli animali. Oltre alle varie modalità d'impiego, ulteriori studi si stanno concentrando riguardo la possibilità di innescare una resistenza, in quanto a lungo andare, i batteri potrebbero resistere a determinate dosi e un ulteriore aumento di concentrazione degli acidi organici nella dieta, comporterebbe altri danni, come un danneggiamento in tutto il tratto digestivo, specialmente esofago e stomaco, una minore appetibilità della dieta ed una possibilità che le apparecchiature possano subire corrosioni da continuo contatto con il mangime, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

5.9. Sostanze fitochimiche

Nel campo biologico, con sostanze fitochimiche intendiamo quei composti chimici che vengono prodotti dalle piante con lo scopo di acquisire un sistema di difesa contro le varie avversità biotiche e abiotiche, come insetti, microbi, animali, ma anche temperature e irradiazioni ultraviolette. Si tratta comunque di sostanze non nutritive che non vanno quindi ad interferire con il processo di acquisizione di nutrienti da parte della pianta stessa, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022). Per le loro proprietà antinfiammatorie e antiossidanti, i fitochimici hanno avuto una grande importanza nella scoperta e nello sviluppo di numerosi farmaci, ed oggi questa tendenza non si è fermata.

L'efficacia di queste sostanze come alternative agli antibiotici, è stata dimostrata appunto nell'allevamento dei polli da carne. La loro attività antimicrobica è dovuta alla capacità di legare e danneggiare le membrane dei patogeni e di ridurre al minimo la divisione cellulare inibendo la sintesi del materiale genetico. Alcune miscele di queste sostanze sono state testate come promotori di crescita, provocando nel pollo dei benefici in termini di prestazioni, attività antiossidanti, attività digestiva e risposta immunitaria, (Navarro M. *et al.*, 2015).

Anche per queste sostanze, la possibilità di innescare una resistenza è concreta, infatti i batteri patogeni potrebbero svilupparsi per poter resistere a questi fitochimici. Oltre a questo, altri sono gli aspetti negativi che possiamo riscontrare con l'uso di queste sostanze. Parliamo di una necessità di utilizzo di dosi elevate per poter ottenere risultati concreti, le quali però aumentano notevolmente i rischi di tossicità e di altri effetti avversi. Inoltre il loro utilizzo all'interno della formulazione dei mangimi, comporta modificazioni organolettiche al prodotto finale, in quanto si vanno ad instaurare odori sgradevoli che incidono sull'appetibilità del cibo, (Rahman, M.R.T., *et al.*, 2022).

5.10. Alternative botaniche

Un'ulteriore alternativa all'utilizzo degli antibiotici negli allevamenti è l'utilizzo di sostanze botaniche, come erbe, spezie ed estratti vegetali da integrare direttamente nei mangimi degli avicoli. Questi prodotti vengono definiti "Generally Recognized as Safe" (GRAS) dalla Food and Drug Administration (FDA) e per tale ragione sono considerati come buoni candidati per l'impiego nell'allevamento avicolo, (Diaz-Sanchez *et al.*, 2014)

Le sostanze botaniche vengono definite come fitobiotici, una classe di sostanze che possono essere classificate in quattro gruppi:

1. Erbe aromatiche
2. Prodotti botanici
3. Oli essenziali
4. Oleoresine

Le sostanze botaniche possiedono diverse proprietà che le rendono adatte all'impiego nell'allevamento avicolo come sostituenti agli antibiotici. Tra queste proprietà troviamo (Diaz-Sanchez et al., 2014):

- **Proprietà antimicrobiche:** Alcuni studi in vitro hanno verificato che certe specie botaniche, come per esempio origano, timo, chiodo di garofano, mostarda, cannella e aglio, mostrano attività contro batteri patogeni, ma lo spettro di attività della loro componente microbica non è ancora del tutto chiara. Il loro meccanismo d'azione antimicrobico, anche se poco chiaro, comprende un intervento di modificazione della superficie cellulare che incide sull'idrofobicità e dunque sulla capacità di infezione, la disgregazione delle membrane dei patogeni, la promozione dello sviluppo dei batteri con attività benefica, la stimolazione del sistema immunitario e la protezione della mucosa intestinale dalla colonizzazione dei patogeni.
- **Proprietà antiossidanti:** Durante la manipolazione della carne si possono riscontrare fenomeni di ossidazione lipidica che influisce sulla qualità della carne stessa. La carne avicola è infatti ricca di acidi grassi polinsaturi che li rende suscettibili all'ossidazione. Un modo per contrastare l'ossidazione dei lipidi è quindi quello di utilizzare sostanze fitobiotiche, in particolar modo gli oli essenziali che possiedono proprietà redox, struttura chimica e gruppi fenolici adatti a svolgere tale ruolo, (Diaz-Sanchez et al., 2014).
- **Proprietà sensoriali:** Un elemento importante da considerare per quanto riguarda i fitobiotici è l'appetibilità nei confronti degli avicoli che si nutrono dei mangimi contenenti queste sostanze botaniche; alcune erbe sono maggiormente appetibili di altre, e ciò comporta un aumento di assunzione di mangime da parte del pollo e di conseguenza ne aumenta la sua crescita, (Diaz-Sanchez et al., 2014).
- **Effetti sul processo di digestione:** Alcuni studi riportano che i fitobiotici comportano anche la promozione della crescita del pollame, ma la modalità di azione è ancora sconosciuta.

Ciò nonostante, si pensa che questi promotori agiscano sulla comunità del microbiota intestinale stabilizzandola e ne consegue un migliore utilizzo dei nutrienti per aumentare la crescita del pollo, (Diaz-Sanchez et al., 2014).

Si analizza nel paragrafo successivo la classe di sostanze fitobiotiche maggiormente discussa in letteratura, gli oli essenziali.

5.10.1. Oli essenziali

Gli oli essenziali sono un'altra alternativa formata da composti a base botanica, derivanti da diverse piante. In concreto si tratta di una miscela liquida di diverse componenti derivante da metodi di fermentazione, estrazione e distillazione a vapore. Queste miscele vengono prodotte in modo specifico facendo attenzione ad alcuni aspetti, come la tipologia di alimentazione somministrata e alla digeribilità della stessa, (Abd El-Hack, M. E, *et al.*, 2021).

Gli oli essenziali agiscono portando vari benefici come la stimolazione dell'attività degli enzimi digestivi intensificando la digestione prececale, così da migliorare il livello di assorbimento e il transito intestinale. Importante funzione viene svolta garantendo la riduzione di batteri patogeni, favorendo la crescita microbica benefica nell'intestino e il miglioramento della risposta immunitaria, pertanto l'integrazione alimentare di oli essenziali nel pollame, potrebbe migliorare enormemente la loro qualità di vita.

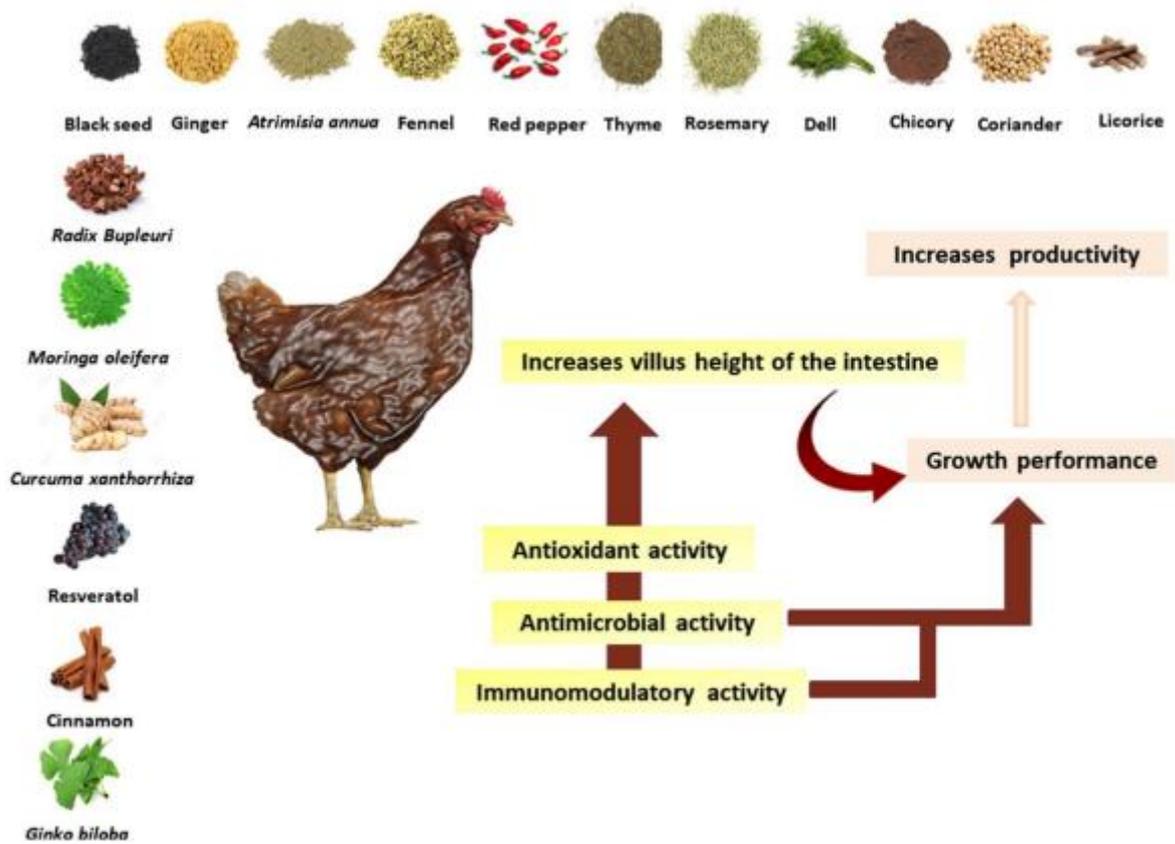
La loro somministrazione comporta un aumento dell'appetito con un conseguente incremento del peso vivo del pollo, il quale si stima comportare un plus che varia dall'8 al 16%.

A livello della qualità della carne, gli oli essenziali possiedono proprietà antiossidanti, le quali garantiscono una maggiore stabilità nella conservazione della carne cruda o precotta durante la conservazione.

Un fattore limitante nell'uso di queste miscele come alternative agli antibiotici, riguarda in modo specifico la loro elevata volatilità e termolabilità, (Abd El-Hack, M. E, *et al.*, 2021).

A causa di questi problemi, gli oli essenziali tendono ad ossidarsi molto facilmente quando vengono esposti a fattori come calore, aria e umidità. Questo problema ne riduce in modo significativo tutte le qualità sopra descritte, non per altro si stanno studiando nuove soluzioni per poter ovviare a questo problema, (Abd El-Hack, M. E, *et al.*, 2021).

Figura 6: Proprietà degli oli essenziali, (Abd El-Hack, M. E, *et al.*, 2021).



6. SOSTENIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROPOSTE

Le alternative sopra descritte riguardanti le possibili alternative agli antibiotici utilizzabili in allevamento, si basano principalmente sullo sviluppo di una protezione e una prevenzione nello sviluppo di nuove malattie, attuando dei meccanismi, quali possono essere l'aumento dell'altezza e della dimensione di villi intestinali o l'aumento della flora batterica benefica nell'intestino. Tutte queste alternative proposte non hanno nulla a che fare con gli antibiotici, infatti si tratta di utilizzare sostanze già presenti in natura come sostituti. Si fa riferimento a composti proteici, composti acidi, composti a base di erbe e microrganismi.

Tutte queste nuove possibilità sono frutto di ricerche che ne hanno svelato l'utilizzo, sono stati effettuati esperimenti che hanno portato risultati e ne sono state tratte le conclusioni.

Al momento queste soluzioni vengono utilizzate in quantità molto basse e non essendo ancora finiti gli studi a riguardo, la determinazione di un'offerta economica per valutare i pro o i contro sotto questo punto di vista, è tutt'ora indefinita.

Sebbene gli aspetti negativi di molte sostanze sono ancora da definire in modo concreto, soprattutto le possibili minacce a lungo termine, gli aspetti positivi che sono stati raccolti risultano essere molto competitivi per poter accantonare l'uso eccessivo di antibiotici. Altro aspetto importante riguarda il futuro di questi composti. Come detto poco fa, le risposte a lungo termine sono ancora da decifrare, quindi ne risulta difficile accennare delle conclusioni concrete. Un aspetto che accomuna molte di queste proposte, è l'insorgere di possibili resistenze a queste nuove sostanze, cosa che succede oggi con gli antibiotici. Questo aspetto però è tutto da valutare attraverso studi approfonditi e non si nega la possibilità che questi studi comportino la scoperta di nuove alternative più promettenti.

6.1. Sostenibilità a livello ambientale e valutazione inquinanti principali

A livello ambientale, per quanto riguarda le alternative sopra citate, non troviamo particolari problematiche, in quanto si tratta di alternative anche naturali che possiamo già trovare nell'ambiente. A differenza degli antibiotici, questi prodotti non rilasciano residui nell'ambiente. Le molecole che richiedono più attenzione, sono quelle che ne derivano dall'intero processo di allevamento. Parliamo di molecole come la CO₂, CH₄ altre molecole volatili, (Bist R.B. *et al.*, 2023).

Tra tutte, la più inquinante è l'ammoniaca (NH₃) la quale viene prodotta in maniera molto significativa negli allevamenti avicoli. Risulta quindi essenziale il monitoraggio e il controllo delle condizioni climatiche interne, in quanto valori troppo elevati di ammoniaca possono recare danni sia all'animale, sia all'operatore che si trova a diretto contatto con l'ambiente.

Valori elevato di NH₃ (> 25ppm) possono provocare delle problematiche come irritazione alle mucose, aumentare la suscettibilità a problemi respiratori e, per quanto riguarda l'animale, possono influenzare l'assunzione di cibo con conseguente deficit nel rapporto di conversione e possono causare persino la morte, (Bist R.B. *et al.*, 2023).

Fattori che possono aumentare questo problema sono il pH, la temperatura e l'umidità, i quali, a livelli elevati, favoriscono le emissioni di ammoniaca dalla lettiera del pollame. Il ricircolo dell'aria e il mantenimento di valori entro i limiti delle variabili appena citate, sono fondamentali per diminuire il più possibile le emissioni di questo inquinante molto pericoloso, (Liu et al., 2019).

6.2. Consumo di carne antibiotic-free

Le alternative viste nel capitolo precedente, vengono ad oggi utilizzate in campo dell'allevamento di animali per la produzione di carne antibiotic-free, prodotto che negli ultimi anni sta avendo un incremento di richiesta significativo; si stima che dal 1990 le vendite di alimenti privi di antibiotici, siano aumentate del 20% all'anno. Questo aumento di richiesta è dovuto al fatto che il consumatore finale è sempre costantemente alla ricerca di cibo sano e il più naturale possibile, (Cervantes H.M., 2015).

I produttori di carni di pollo antibiotic-free, non potendo fare uso di sostanze antibiotiche, devono contare su varie combinazioni di strategie, con lo scopo di minimizzare gli effetti negativi che si riscontrano principalmente sulle prestazioni dell'intestino, (Cervantes H.M., 2015).

Condizioni fondamentali per mantenere una buona fitness dell'animale, consistono nel controllo e nel mantenimento delle condizioni ottimali delle variabili più comuni, quali temperatura e umidità dell'aria, ventilazione, stato di nutrizione, fornitura di acqua e mangime con conseguente valutazione delle materie prime utilizzate.

Ulteriori pratiche sulle quali porre particolare attenzione sono: (Cervantes H.M., 2015):

1. utilizzo dei probiotici nelle prime fasi di vita
2. utilizzo di composizioni nel mangime differenti rispetto al convenzionale, integrando con cereali integrali ed estratti di oli essenziali, sorgo, piselli, farina di soia decorticata, mangimi

a base di semi di girasole decorticati e oli vegetali di soia

3. formulazione di diete ad alta digeribilità, utilizzando fibre più solubili, grassi ed amidi altamente digeribili e migliorando la digeribilità intestinale degli AA, così da evitare problemi nella parte finale dell'intestino
4. diminuzione della densità e aumentare il ricircolo d'aria
5. Mantenere le buone pratiche di gestione seguendo e rispettando le pratiche di biosicurezza

La produzione di questo prodotto, richiedendo sforzi maggiori, sarà seguito da un aumento dei prezzi condizionato dal maggiore costo di produzione. In media questo aumento è di circa il 26%/kg di carne rispetto ai prodotti tradizionali, (Jahanabadi E.A., 2023).

7. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

Nel loro insieme, questa gamma di soluzioni che vengono proposte, studiate e sviluppate per poter agire come promotori di crescita in alternativa agli antibiotici, stanno sempre più prendendo piede nella formulazione delle razioni per polli da carne. In questa tesi ne sono state prese in considerazione alcune, ma altre sono in fase di studio e in fase di sperimentazione e in un futuro potrebbero presentarsi come possibili alternative valide.

Ad oggi nessuna alternativa può sostituire completamente gli antibiotici anche se i benefici da esse riportate sono buoni ed interessanti. I problemi principali della maggior parte delle soluzioni alternative, riguardano l'affidabilità del prodotto, la diversità d'azione e di utilizzo tra una specie e l'altra, i loro prezzi e le difficoltà per la realizzazione.

Ad esempio un'alternativa potrebbe funzionare meglio in una specie rispetto ad un'altra e la performance migliore o peggiore potrebbe variare in funzione del dosaggio che viene utilizzato, il quale potrebbe essere troppo basso oppure troppo alto, generando nuove problematiche. Altro punto molto importante riguarda la qualità dei prodotti e delle materie prime, in quanto se contaminati o non testati, potrebbero avere un'ampia voce in capitolo nella ben riuscita o no dell'uso di questi prodotti.

Rimangono ancora in parte sconosciute le possibili minacce, come, per esempio, la tossicità del prodotto stesso. Fattori di tossicità che potrebbero incidere sulla fertilità, sulla riproduzione, potrebbero causare infiammazioni, problemi al sistema nervoso e, in casi più estremi, potrebbero portare anche a mutazioni genetiche in seguito a rotture dei filamenti di DNA. Poiché al momento non risulta esserci una soluzione che riesca a debellare in modo completo l'uso di antibiotici, vengono prese in considerazione le combinazioni di più prodotti, i quali agendo in modo sinergico, potrebbero aumentare gli effetti positivi. Tuttavia anch'essi non sono esenti da possibili problematiche, che devono essere definite e, nel caso, risolte attraverso sperimentazione specifica.

Mentre perseguiamo l'obiettivo di ridurre al minimo l'uso degli antibiotici sostituendoli con varie sostanze alternative, risulta parallelamente sempre di più importante sensibilizzare in questo senso chi opera nel settore, in modo tale da trasmettere agli operatori interessati la conoscenza delle problematiche connesse all'uso eccessivo degli antibiotici e l'esistenza di nuove strade che si possono percorrere. Si auspica nello stesso momento che i ricercatori riescano in tempi limitati a completare il quadro generale sull'utilizzo di nuovi prodotti, indicando in modo chiaro tutti i pro e i contro.

8. BIBLIOGRAFIA

- Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Salem, H. M., Ashry, N. M., Ghanima, M. M. A., ... & El-Tarabily, K. A.** (2022). Essential oils and their nanoemulsions as green alternatives to antibiotics in poultry nutrition: a comprehensive review. *Poultry science*, *101*(2), 101584. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101584>
- Abreu, R., Semedo-Lemsaddek, T., Cunha, E., Tavares, L., & Oliveira, M.** (2023). Antimicrobial Drug Resistance in Poultry Production: Current Status and Innovative Strategies for Bacterial Control. *Microorganisms*, *11*(4), 953. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040953>
- Alayande, K. A., Aiyegoro, O. A., & Ateba, C. N.** (2020). Probiotics in animal husbandry: Applicability and associated risk factors. *Sustainability*, *12*(3), 1087. <https://doi.org/10.3390/su12031087>
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J.** (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Doi: 10.22004/ag.econ.288998
- Bist, R. B., Subedi, S., Chai, L., & Yang, X.** (2023). Ammonia emissions, impacts, and mitigation strategies for poultry production: A critical review. *Journal of Environmental Management*, *328*, 116919. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116919>
- Bogosavljević-Bošković, S., Rakonjac, S., Dosković, V., & Petrović, M. D.** (2012). Broiler rearing systems: a review of major fattening results and meat quality traits. *World's Poultry Science Journal*, *68*(2), 217-228. doi:10.1017/S004393391200027X
- Cervantes, H. M.** (2015). Antibiotic-free poultry production: is it sustainable?. *Journal of Applied Poultry Research*, *24*(1), 91-97. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv006>
- Cobb, L. H., Park, J., Swanson, E. A., Beard, M. C., McCabe, E. M., Rourke, A. S., ... & Priddy, L. B.** (2019). CRISPR-Cas9 modified bacteriophage for treatment of *Staphylococcus aureus* induced osteomyelitis and soft tissue infection. *PLoS One*, *14*(11), e0220421. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220421>
- Diaz-Sanchez, S., D'Souza, D., Biswas, D., & Hanning, I.** (2015). Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry science*, *94*(6), 1419-1430. <https://doi.org/10.3382/ps/pev014>
- Ferronato, G., & Prandini, A.** (2020). Dietary supplementation of inorganic, organic, and fatty acids in pig: A review. *Animals*, *10*(10), 1740. <https://doi.org/10.3390/ani10101740>
- Gómez-García, M., Sol, C., de Nova, P. J., Puyalto, M., Mesas, L., Puente, H., ... & Carvajal, A.** (2019). Antimicrobial activity of a selection of organic acids, their salts and essential oils against swine enteropathogenic bacteria. *Porcine health management*, *5*(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40813-019-0139-4>

- Guo, Y. J., Wang, Z. Y., Wang, Y. S., Chen, B., Huang, Y. Q., Li, P., ... & Chen, W.** (2022). Impact of drinking water supplemented 2-hydroxy-4-methylthiobutyric acid in combination with acidifier on performance, intestinal development, and microflora in broilers. *Poultry science*, *101*(3), 101661. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101661>
- Ismea**, (2022). Avicoli e uova, ottobre 2022.
- Ismea**, (2023). Tendenze e dinamiche recenti. Avicoli, aprile 2023.
- Jahanabadi, E. A., Mousavi, S. N., Moosavihaghighi, M. H., & Eslami, M. R.** (2023). Consumers' willingness to pay for antibiotic-free chicken meat: application of contingent valuation method. *Environment, Development and Sustainability*, 1-22.
- Jang, J. C., Kim, K. H., Kim, D. H., Jang, S. K., Hong, J. S., Heo, P. S., & Kim, Y. Y.** (2020). Effects of increasing levels of palm kernel meal containing β -mannanase to growing-finishing pig diets on growth performance, nutrient digestibility, and pork quality. *Livestock Science*, *238*, 104041. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104041>
- Liu, S., Ni, J. Q., Heber, A. J., & Liang, W. Z.** (2019). Modeling of Dynamic Ammonia Concentrations in Two Commercial Layer Hen Houses. *Journal of Environmental Informatics*, *33*(1).
- Lorenzo-Rebenaque, L., Malik, D. J., Catalá-Gregori, P., Torres-Boncompte, J., Marin, C., & Sevilla-Navarro, S.** (2022). Microencapsulated bacteriophages incorporated in feed for Salmonella control in broilers. *Veterinary Microbiology*, *274*, 109579. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2022.109579>
- Luiken, R. E., Van Gompel, L., Munk, P., Sarrazin, S., Joosten, P., Dorado-García, A., ... & Schmitt, H.** (2019). Associations between antimicrobial use and the faecal resistome on broiler farms from nine European countries. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, *74*(9), 2596-2604. <https://doi.org/10.1093/jac/dkz235>
- Mohr, K. I.** (2016). History of antibiotics research. *How to Overcome the Antibiotic Crisis: Facts, Challenges, Technologies and Future Perspectives*, 237-272. https://doi.org/10.1007/82_2016_499
- Navarro, M., Stanley, R., Cusack, A., & Sultanbawa, Y.** (2015). Combinations of plant-derived compounds against *Campylobacter* in vitro. *Journal of Applied Poultry Research*, *24*(3), 352-363. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv035>
- Nowak, P., Zaworska-Zakrzewska, A., Frankiewicz, A., & Kasproicz-Potocka, M.** (2021). The effects and mechanisms of acids on the health of piglets and weaners—a review. *Annals of Animal Science*, *21*(2), 433-455. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0088>
- Pavlovski, Z., Škrbić, Z., Lukić, M., Petričević, V., & Trenkovski, S.** (2009). The effect of genotype and housing system on production results of fattening chickens. *Biotechnology in Animal Husbandry*, *25*(3-4), 221-229. DOI: 10.2298/BAH0904221P

- Popescu, M., Van Belleghem, J. D., Khosravi, A., & Bollyky, P. L.** (2021). Bacteriophages and the immune system. *Annual Review of Virology*, *8*, 415-435. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-091919-074551>
- Rahman, M. R. T., Fliss, I., & Biron, E.** (2022). Insights in the development and uses of alternatives to antibiotic growth promoters in poultry and swine production. *Antibiotics*, *11*(6), 766. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11060766>
- Richards, P. J., Connerton, P. L., & Connerton, I. F.** (2019). Phage biocontrol of *Campylobacter jejuni* in chickens does not produce collateral effects on the gut microbiota. *Frontiers in microbiology*, *10*, 476. Volume 10 - <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00476>
- Ristić, M.** (2003) Fleishqualität von broiler aus der ökologischer produktion. *Biotechnology in Animal Hysbandry* *19* (5-6): 335-343.
- Roth, N., Hofacre, C., Zitz, U., Mathis, G. F., Moder, K., Doupovec, B., ... & Domig, K. J.** (2019). Prevalence of antibiotic-resistant *E. coli* in broilers challenged with a multi-resistant *E. coli* strain and received ampicillin, an organic acid-based feed additive or a synbiotic preparation. *Poultry Science*, *98*(6), 2598-2607. <https://doi.org/10.3382/ps/pez004>
- Śliżewska, K., Markowiak-Kopeć, P., Żbikowski, A., & Szeleszczuk, P.** (2020). The effect of synbiotic preparations on the intestinal microbiota and her metabolism in broiler chickens. *Scientific reports*, *10*(1), 4281. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61256-z>
- Stamp Dawkins, M., Donnelly, C. A., & Jones, T. A.** (2004). Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature*, *427*(6972), 342-344. <https://doi.org/10.1038/nature02226>
- Tabashsum, Z., Scriba, A., & Biswas, D.** (2023). Alternative approaches to therapeutics and sub-therapeutics for sustainable poultry production. *Poultry Science*, 102750. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102750>
- Torres-Pitarch, A., Hermans, D., Manzanilla, E. G., Bindelle, J., Everaert, N., Beckers, Y., ... & Lawlor, P. G.** (2017). Effect of feed enzymes on digestibility and growth in weaned pigs: A systematic review and meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, *233*, 145-159. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.024>
- Unaitalia**, (2021). Relazione annuale 2021.
- Williams, T. L.** (2011). *The Complete Guide to Raising Chickens: Everything You Need to Know Explained Simply*. Atlantic Publishing Company.
- Wood-Gush, D. G. M.** (1959). A history of the domestic chicken from antiquity to the 19th century. *Poultry Science*, *38*(2), 321-326. <https://doi.org/10.3382/ps.0380321>

RINGRAZIAMENTI

Arrivato alla fine di questo percorso durato tre anni, ritengo doveroso spendere delle parole per chi mi ha affiancato e sostenuto in tutto questo tempo, senza dei quali non sarebbe stata la stessa cosa.

Un sincero e sentito ringraziamento lo rivolgo al mio relatore Gallo Luigi per avermi dato la possibilità di svolgere questo elaborato e per la tempestività delle risposte alle mie richieste. Sono consapevole che i tempi per la scrittura erano molto brevi così come i tempi di correzione, per questo tengo a porre un doppio ringraziamento.

Ringrazio infinitamente la mia famiglia per tutto il supporto costante che mi ha dato, in particolare tengo a ringraziare ogni componente, perché ognuno di loro mi ha trasmesso qualcosa di diverso. La mamma e il papà per tutti gli insegnamenti, per la possibilità di frequentare gli studi che ho scelto e per la costante consapevolezza del vostro aiuto in qualsiasi momento; il nonno che pur essendo estraneo al mondo universitario, faceva sentire il suo interesse, soprattutto nelle sessioni d'esame; infine mia sorella che mi ha inondato di consigli utili, si è sempre preoccupata per me anche al di fuori del contesto universitario e anche in questo ultimo scalino della stesura della tesi, si è fatta avanti per aiutarmi. Grazie a tutti e quattro, non desidererei famiglia migliore.

Questo mio percorso non è stato così semplice e non lo è stato neanche per i miei coetanei. La pandemia che ha travolto il mondo intero in questi anni, ha reso molto più difficile la possibilità di conoscerci a livello umano. Nonostante ciò non ci siamo persi d'animo e siamo riusciti lo stesso a creare nuovi rapporti di amicizia. Per questo vorrei ringraziare chi mi ha tenuto compagnia e chi ha condiviso con me momenti indelebili che rimarranno sempre nei miei ricordi.

In primis Matteo, compagno di avventure dalla prima superiore e con il quale ho condiviso otto anni della mia vita. Senza di te le lezioni sarebbero state molto più noiose e lo sarebbero stati anche i momenti d'attesa sui mezzi pubblici. Tutte le nostre chiacchierate le porterò sempre con me. Matteo con il quale ho condiviso i periodi di studio antecedenti agli esami, insieme ad Alessandra, ragazza molto solare con la quale purtroppo ho condiviso poco tempo rispetto a quanto avrei voluto. Insieme a loro due le serate pre esami erano dedicate al ripasso generale.

Oltre a loro ci sono stati altri compagni con cui ho avuto il piacere di passare del tempo assieme durante le lezioni, gli esami e i pranzi in mensa. Menzione obbligatoria ai miei compagni delle

superiori con i quali ho condiviso pensieri e momenti di risate durante questi tre anni. Vi ringrazio tutti, dal primo all'ultimo.

Oltre ai compagni di università, pure tutto il gruppo degli amici della mia zona ha avuto un ruolo importante in questo percorso. Grazie a loro sono riuscito a vivermi questi momenti con molta serenità. Ci tenevo a ringraziare Fabio (Febio), Luca (Bera) e Francesco (Tarzan) con i quali le serate assumevano una piega più scherzosa data dai nostri caratteri, ma nonostante ciò, i momenti di confronto, di interesse e di consiglio non sono di certo mancati. Un grazie anche alle donzelle del gruppo "3:40", Giulia, Giada, Shadia e Anna. Gli "In bocca al lupo" prima degli esami mi caricavano e allo stesso tempo mi tranquillizzavano molto. Tra queste ragazze, una in particolare si è avvicinata a me instaurando un rapporto oltre all'amicizia. Un grazie di cuore a te Giulia per tutti i momenti in cui ti sei proposta per aiutarmi, per tutti i momenti più riflessivi e per il sostegno costante che percepisco da te ogni giorno.

Ribadisco i miei più sentiti ringraziamenti a tutti voi, per me siete la mia seconda famiglia.

Un caloroso pensiero lo voglio spendere a chi, nonostante la distanza, si sia interessato sul mio percorso di studi e a chi mi ha spronato a dare il meglio di me.

Alla fine di tutto, mi faccio i complimenti da solo dandomi una pacca sulla spalla, non sarò di certo lo studente modello, ma sono fiero del mio percorso, della mia persona e sono contento di poter essere affiancato da coloro che fanno uscire il meglio di me.

Un caloroso ringraziamento a tutti, Mattia Bombieri