

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dip. Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

Corso di Laurea Triennale in Scienze e Tecnologie Animali

**GESTIONE DELLE PROBLEMATICHE NEGLI
ALLEVAMENTI AVICOLI CON APPROCCIO
SINERGICO DEGLI ADDITIVI**

**MANAGEMENT OF ISSUES IN POULTRY FARMING WITH A
SYNERGISTIC APPROACH TO ADDITIVES**

Relatrice:
Prof.ssa Lucia Bailoni
Correlatrice:
Dott.ssa Giulia Pretto

Laureanda
Benedetta Martinelli
Matricola n° 2067660

ANNO ACCADEMICO 2024-2025

INDICE

RIASSUNTO	5
ABSTRACT	6
1) INTRODUZIONE	7
1.1 L'allevamento avicolo in Italia: importanza economica e principali sfide	7
1.2 Genetica	10
1.3 Principali linee genetiche in Italia e categorie produttive	15
1.4 Tipologie di allevamenti	18
1.5 Benessere e alimentazione	21
2) OBIETTIVO DELLA TESI	25
3) PANORAMICA DELLE PROBLEMATICHE AVICOLE PRINCIPALI	27
3.1 Patologie gastrointestinali, parassitarie e contaminazioni alimentari	27
3.1.1 Campylobacter	27
3.1.2 Coccidiosi	28
3.1.3 Enterite necrotica	29
3.1.4 Enterite emorragica del tacchino	31
3.1.5 Enterococcus cecorum	32
3.1.6 Escherichia coli	33
3.1.7 Istomoniasi	34
3.1.8 Micotossine	35
3.1.9 Pidocchio rosso	36
3.1.10 Salmonella spp.	38
3.1.11 Tenie e ascaridi	39
3.2 Disturbi metabolici	41
3.2.1 Ipovitaminosi D, ipocalcemia, rachitismo e osteoporosi	41
3.2.2 Fatty Liver Hemorrhagic Syndrome (FLHS)	43
3.2.3 White striping e Wooden Brest	44
3.3 Stress fisiologico e comportamentale	46
3.3.1 Cannibalismo	46
3.3.2 Sindrome della morte improvvisa nei broiler	47
4) MATERIE PRIME FUNZIONALI E ATTIVE: PROPRIETA' E MECCANISMI D'AZIONE	49
4.1 Estratti vegetali e composti funzionali	51
4.1.1 Estratto di cannella (Cinnamomum spp.)	52
4.1.2 Estratto di carciofo (Cynara scolymus)	53

4.1.3 Estratto di cardo mariano (<i>Sylibum marianum</i>)	53
4.1.4 Estratto di melissa (<i>Melissa officinalis</i>)	54
4.1.5 Estratto di passiflora (<i>Passiflora incarnata</i>)	54
4.1.6 Estratto di quillaja (<i>Quillaja saponaria</i>)	55
4.1.7 Estratto di salice bianco (<i>Salix alba</i>)	55
4.1.8 Estratto di ulmaria (<i>Filipendula ulmaria</i> L.)	56
4.1.9 Estratto di valeriana (<i>Valeriana officinalis</i>)	57
4.1.10 Estratto di yucca (<i>Yucca schidigera</i>)	57
4.2 Gli oli essenziali	58
4.2.1 Olio essenziale di cannella	59
4.2.2 Olio essenziale di origano	60
4.2.3 Olio essenziale di rosmarino	60
4.2.4 Olio essenziale di timo	61
4.3 Acidi organici	62
4.4 Oligoelementi	64
4.5 Altri additivi funzionali	66
4.5.1 Additivi adsorbenti (bentonite, silice, zeolite, terra di diatomee)	66
4.5.2 Lievito di birra (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) e pareti cellulari	67
4.5.3 Tannini	67
4.5.4 Vitamine	68
5) GESTIONE DELLE PROBLEMATICHE AVICOLE: APPLICAZIONE SINERGICA DEGLI INGREDIENTI ATTIVI	70
6.1 Innovazioni e ricerche emergenti sugli additivi di nuova generazione	81
6.1.1 Active D	81
6.1.2 Estratto di curcuma (<i>Curcuma longa</i>)	82
7) CONCLUSIONI	85
8) BIBLIOGRAFIA	87
9) SITOGRAFIA	97
RINGRAZIAMENTI	98

RIASSUNTO

La presente tesi si propone di esaminare, attraverso la ricerca bibliografica, alcune proprietà funzionali di materie prime utilizzate in alimentazione e integrazione della dieta negli allevamenti avicoli italiani.

Attraverso un'indagine del settore mondiale e nazionale, vengono approfondite le principali categorie produttive, le linee genetiche e le tipologie di allevamento, considerando l'importanza economica crescente del settore e le difficoltà gestionali in termini di igiene delle filiere, biosicurezza e benessere animale. Vengono descritte le infrastrutture e i principali impianti impiegati negli stabilimenti avicoli e riportate le tecniche standard di alimentazione, in relazione alle esigenze di macronutrienti essenziali nei volatili.

Viene poi dedicata particolare attenzione agli additivi che si utilizzano attualmente in zootecnia come ad esempio fitoestratti, oli essenziali, acidi organici, oligominerali e diversi altri, con l'obiettivo di stabilirne l'eventuale impiego come ingredienti in prodotti specifici sottoforma di principi attivi capaci di modulare l'incidenza delle principali criticità presenti nell'avicoltura italiana.

Vengono quindi analizzate le problematiche sanitarie più comuni, tra cui disbiosi gastrointestinali, parassitosi, disturbi metabolici, stress fisiologico e carenze nutrizionali, che possono manifestarsi nelle fasi di crescita critiche del ciclo produttivo dei principali ibridi allevati.

La tesi, che è stata concepita durante lo svolgimento del tirocinio presso l'azienda Tecnozoo s.p.a., specializzata nella produzione, nella ricerca e nello sviluppo di prodotti per l'integrazione nutrizionale e la gestione delle carenze degli animali negli allevamenti, ha inoltre l'obiettivo di esplorare le proprietà aggiuntive che alcuni additivi e principi attivi sviluppano se utilizzati in sinergia tra di loro, con uno sguardo sempre rivolto alle principali sfide attualmente presenti nel contesto avicolo quali antibiotico-resistenza, divieto di utilizzo di sostanze promotrici della crescita, salubrità dei mangimi e assenza di residui chimici nei prodotti alimentari. Attraverso questa collaborazione è dunque possibile valorizzare le materie prime, soprattutto quelle di origine naturale, le loro proprietà, le sostanze innovative e pioniere con le loro potenziali applicazioni future.

ABSTRACT

This thesis aims to examine, through bibliographic research, some functional properties of raw materials used in feeding and dietary integration in Italian poultry farming.

Through a survey of the global and national sector, the main production categories, genetic lines and types of breeding are examined in depth, considering the growing economic importance of the sector and the management difficulties in terms of supply chain hygiene, biosecurity and animal welfare. The infrastructures and main systems used in poultry farms are described and standard feeding techniques are reported, in relation to the needs of essential macronutrients in birds.

Particular attention is then paid to the additives currently used in animal husbandry such as phytoextracts, essential oils, organic acids, trace elements and various others, with the aim of establishing their possible use as ingredients in specific products in the form of active ingredients capable of modulating the incidence of the main critical issues present in Italian poultry farming.

The most common health problems are then analyzed, including gastrointestinal dysbiosis, parasitosis, metabolic disorders, physiological stress and nutritional deficiencies, which can occur in the critical growth phases of the production cycle of the main bred hybrids.

The thesis, developed during an internship at Tecnozoo S.p.A., specialized in the production, research and development of products for nutritional supplementation and management of animal deficiencies in farms, also aims to explore the additional properties that certain additives and active compounds may develop when used synergistically. This is done with constant attention to the main current challenges in the poultry sector, such as antibiotic resistance, the ban on growth-promoting substances, feed safety, and the absence of chemical residues in food products. Through this collaboration, it is therefore possible to enhance the value of raw materials— especially those of natural origin, their properties, innovative and pioneering substances, and their potential future applications.

1) INTRODUZIONE

1.1 L'allevamento avicolo in Italia: importanza economica e principali sfide

Al giorno d'oggi, l'avicoltura intensiva mondiale rappresenta il settore della zootecnia che sta evolvendo più rapidamente in termini di quantità prodotta, grazie all'aumento esponenziale della domanda da parte dei consumatori negli ultimi decenni, all'accesso a risorse genetiche sempre più analizzabili e alla velocità dei cicli di accrescimento e commercializzazione. Nel 2023, il settore della carne avicola si è confermato al primo posto per quantità consumata, seguito dalle produzioni suinicole, bovine e ovine. Anche la produzione di uova ha registrato un graduale aumento, raddoppiando rispetto a due decenni fa (U.N.A., 2024).

A livello nazionale, il settore della carne avicola è l'unico ad aver raggiunto un'autosufficienza del 105,5%. Tale dato posiziona l'Italia al quinto posto come produttore europeo per questa tipologia di allevamento. Il consumo di uova invece presenta un autoapprovvigionamento del 97,4%, ma il *trend* attuale suggerisce la futura indipendenza produttiva anche per questa categoria alimentare. A livello europeo, l'Italia risulta la quarta maggiore produttrice di uova nel 2023 (U.N.A., 2024).

Come è facile dedurre, l'avicoltura italiana ricopre un ruolo importante della zootecnia nazionale ed è in continua evoluzione. Lo scorso anno, sono state consumate 1.342.000 tonnellate di carne avicola. Di queste, il 78% sono polli, il 18,4% tacchini e la parte restante proviene dall'allevamento di altre specie domestiche. Per quanto riguarda le uova, dove la media consumata si aggira attorno alle 214,5 uova pro capite, il settore non riesce a raggiungere per ora l'autosufficienza anche se fornisce 798.000 tonnellate/anno. Il consumo medio del 2023 è stato pari a 12 miliardi 652 milioni di pezzi, dei quali un milione e mezzo è stato importato. Il comparto nel suo complesso fattura annualmente sette miliardi e mezzo di euro, offrendo lavoro a più di sessantatré mila persone. (U.N.A., 2024).

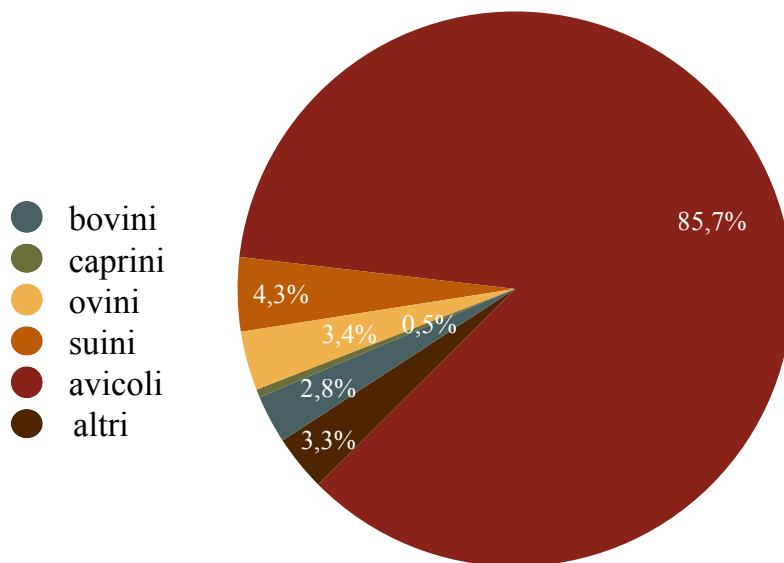


Figura 1 Patrimonio nazionale di bestiame suddiviso per specie al 1° dicembre 2020, (Istat, 2021).

In riferimento alle statistiche pubblicate dall'Istat attraverso la settima edizione del Censimento Generale dell'Agricoltura che ha avuto inizio nel 2021, la Figura 1 mostra la concentrazione percentuale di animali allevati in Italia in relazione alla specie considerata. Come si osserva dal diagramma a torta, l'allevamento avicolo rappresenta la fetta più importante in termini di numerosità di animali allevati. Al 1° dicembre del 2020 risultano 57.035 le aziende agricole impegnate in questo ramo della zootecnia (Istat 2021).

Alla base dell'aumento della richiesta di prodotti avicoli da parte dei consumatori e la conseguente evoluzione complessiva del comparto vi sono motivazioni che ne caratterizzano la filiera. (U.N.A., 2024). Innanzitutto si tratta di fonti proteiche che possiedono un alto valore biologico. Questo parametro misura l'efficienza con cui l'azoto presente negli alimenti viene utilizzato per sintetizzare composti e tessuti corporei; in particolare, rappresenta la frazione dell'azoto introdotto con l'alimentazione che viene effettivamente trattenuta dall'organismo, sottraendo la parte eliminata attraverso le feci e le urine. (McDonald *et al.*, 2011).

In secondo luogo, i derivati dell'allevamento avicolo non sono sottoposti a limitazioni di tipo dottrinale e religioso, come la carne suina per l'Islam. Fanno parte della tradizione culinaria di tutto il mondo e per questo motivo sono commercializzati ad un prezzo inferiore e competitivo. Da ultimo, la versatilità, la qualità dietetica e la facilità

di conservazione, li rendono preferibilmente utilizzabili da una grande fetta di popolazione (Cavani *et al.*, 2008).

Considerando le odierne criticità che gli allevatori riscontrano nelle loro realtà, esistono leggi europee e nazionali che tutelano le produzioni e ne stabiliscono le linee guida di gestione. Nello specifico, le Direttive 2007/43/CE e 1999/74/CE del Consiglio, stabiliscono rispettivamente le norme minime per la protezione dei polli allevati per la produzione di carne e delle galline ovaiole. Le sopracitate disposizioni, trattano approfonditamente anche le peculiarità delle strutture impiegate in avicoltura, le norme specifiche sul benessere animale dei volatili domestici e le forme e le modalità di allevamento riproposte anche nel Regolamento (UE) n. 853/2004. Altre leggi europee si concentrano invece sulla biosicurezza negli ambienti di lavoro e sui controlli di filiera da parte degli enti certificatori (Regolamento (UE) n. 625/2017). L'elenco degli alimenti e degli additivi utilizzabili all'interno della razione al seguito delle epidemie di BSE e *Salmonella enteritidis* è riportato nei regolamenti dedicati (CE n. 999/2001) (CE n. 2160/2003). A questo proposito, la Direttiva 2003/99/CE interviene nel monitoraggio di tutte le potenziali zoonosi conosciute in ambito zootecnico.

Vi sono altri fattori economici e ambientali che influenzano le produzioni avicole. Si parla principalmente di competizione internazionale in merito al prezzo ridotto del materiale estero, sia per quel che riguarda le materie prime implementate nell'alimentazione, sia dal punto di vista della commercializzazione dei tagli di carne. L'opinione pubblica fa pressione sul settore agroalimentare per quel che concerne l'antibiotico-resistenza sviluppata dal bestiame (Scarafile, 2016) e l'eliminazione del sistema di allevamento a batterie di gabbie entro il 2027 (Majewski *et al.*, 2024).

La difficoltà ulteriore nel gestire i punti vulnerabili della filiera risiede nel cambiamento climatico e nell'impatto ambientale delle produzioni, aspetti largamente dibattuti e estremamente attuali.

1.2 Genetica

La filiera avicola, nei suoi vari indirizzi e categorie, necessita molto ricambio di bestiame selezionato, a causa della rapidità con la quale si concludono i cicli di accrescimento e di sviluppo. Le fasi di ingrasso e ovodeposizione sono considerate le principali della catena produttiva dal punto di vista remunerativo, ma a monte esistono altri importanti attori che forniscono beni e servizi capaci di soddisfare la domanda degli allevamenti avicoli e delle imprese di trasformazione (U.N.A., 2024).

La genetica è quindi l'aspetto fondamentale per comprendere e studiare l'ereditabilità dei caratteri che si trasmettono dalle generazioni parentali alla progenie. Attraverso la selezione dei riproduttori si ottengono le risorse genetiche dalle quali partire (Tallentire *et al.*, 2016).

Storicamente, l'impegno dei genetisti ha permesso di definire gli aspetti caratterizzanti la genetica degli esseri viventi e i metodi con la quale essa si manifesta esternamente. La prima suddivisione che ne deriva riguarda la differenza tra genotipo e fenotipo. Si parla di "genotipo" per definire le caratteristiche intrinseche del DNA di ogni individuo. Queste ultime, sono date dalla mutazione puntiforme che può avvenire negli alleli materni e paterni formanti i cromosomi omologhi del corredo genetico e danno come risultato tre situazioni in particolare: omozigosi normale, mutata oppure eterozigosi. Nel primo caso, non è avvenuto nessun tipo di modifica in corso di divisione meiotica (aa); nell'omozigosi mutata invece, entrambi gli alleli parentali sono cambiati (a'a'). L'eterozigosi infine, si manifesta quando l'alterazione avviene solamente su un allele, sia questo materno o paterno (aa').

Generalmente, queste tre possibilità sono visibili e differenziabili esternamente in quanto danno origine a tre fenotipi distinti. Il tutto si riassume nei risultati osservabili, o fenotipo, di un determinato genotipo in un individuo, ottenuti attraverso la riproduzione sessuata, in presenza di fattori ambientali che ne determinano ulteriori variazioni indipendenti (Klose, 1999).

Fatta questa distinzione è bene riportare che ciascuna cellula di un organismo possiede lo stesso numero di cromosomi nel nucleo e che l'insieme di questi si compone di autosomi, detti omologhi e eterosomi, che determinano il sesso del nascituro. Ciascuna

specie è caratterizzata da un numero diverso di cromosomi accoppiati. Nel pollo (*Gallus gallus*), i cromosomi sono trentanove paia, di forme e dimensioni varie. Nel tacchino (*Meleagris gallopavo*) diversamente, le coppie sono 41 e via dicendo. Il codice genetico presente in ogni animale è il sistema che unisce i quattro nucleotidi (Adenina, Timina, Citosina e Guaina) in sessantaquattro diverse triplette, non tutte codificanti per i venti aminoacidi che ne derivano. La principale funzione di questi ultimi è quella di combinarsi dando origine a proteine e enzimi utili per il metabolismo dell'individuo (Cavani *et al.*, 2008).

In particolare, un cromosoma si divide in porzioni chiamate loci, ciascuno dei quali possiede al massimo due alleli. Questi ultimi sono varianti di uno stesso gene che codifica per un determinato carattere. Possono essere:

- dominanti: nel caso in cui il singolo allele posizionato sul *locus*, è sufficiente a manifestare il suo carattere corrispondente attraverso il fenotipo;
- recessivi: nel caso in cui dev'essere presente in forma doppia per venire osservato esternamente.

Durante la divisione meiotica dello zigote, nella riproduzione sessuata, l'unione tra i patrimoni genetici dei genitori determina l'incrocio complesso di alleli, formulando di volta in volta un codice genetico unico nel suo genere. Il genotipo ereditato dall'individuo è il frutto di combinazioni che alterano, in base a dominanza o recessività dei geni, il fenotipo osservabile esternamente. Si considera come esempio l'espressione del piumaggio barrato, condizione che si manifesta attraverso la presenza di strisce di colori diversi alternate lungo le piume. Nel caso in cui l'animale possieda nel *locus* specifico uno solo o entrambi gli alleli dominanti, l'apparato tegumentario presenterà bande alternate sulle penne (BB, Bb, bB). Solo nell'eventualità in cui entrambi gli alleli recessivi codificanti per questo carattere si uniscano nel gene (bb), allora le piume non saranno barrate (Tabella 1)(Cavani *et al.*, 2008).

		Piumaggio barrato (Dominante)	
		B	b
Piumaggio non barrato (Recessivo)	B	BB	Bb
	b	bB	Bb

Tabella 1 Calcolo delle probabilità di genotipo e fenotipo dall'accoppiamento di due soggetti eterozigoti per il carattere "Piumaggio barrato o non barrato" (Cavani et al., 2008).

In tassonomia, il Regno degli Uccelli comprende un vasto *pool* genetico, ossia il l'insieme di tutti i geni e le mutazioni presenti all'interno di una popolazione che si è via via ampliato nel corso dei millenni dando origine, a soggetti unici, di seguito categorizzati in moltissime specie di volatili che si sono differenziate tra di loro.

Con ereditabilità di un carattere genetico si identifica quindi la probabilità percentuale che un determinato gene parentale venga trasmesso alla progenie, che esso sia visibile esternamente o meno. Questo parametro è fondamentale per la genetica applicata alla zootecnia perché è uno degli unici che permettono di fare selezione nella popolazione degli animali. L'ereditabilità viene espressa attraverso un valore che va da zero a uno, dove più ci si avvicina a uno, più aumenta la possibilità che quel carattere sia presente all'interno del genotipo dell'F1. Nel caso degli avicoli, i caratteri quantitativi oggetto di selezione riguardano le caratteristiche produttive delle varie razze, se si parla di animali da carne o uova, le caratteristiche riproduttive se essi vengono utilizzati per propagare la specie oppure caratteristiche fenotipiche a scopo ornamentale. I caratteri legati alla fitness come ad esempio la fertilità oppure il numero di uova deposte sono generalmente poco ereditabili e inoltre in competizione spesso, uno con l'altro. L'esempio principale è la fertilità, contrapposta alla produttività di un individuo. Entrambi risultano importanti per raggiungere gli scopi aziendali ed avere un ritorno economico ma spesso il miglioramento di uno dei due implica il peggioramento dell'altro. Ereditabilità medio-alta invece si ha nell'espressioni di caratteri somatici come peso alla macellazione o accumulo di grasso. La Tabella 2 riporta i principali genotipi di interesse avicolo e la relativa ereditabilità in percentuale (Cavani *et al.*, 2008).

Ibrido	Carattere	Ereditabilità (h²)
Pollo da carne	Petto allo spolpo	0,10
	ICA 8 sett.	0,35
	Peso 8 sett.	0,45
	Accumulo di grasso	0,50
	Consumo totale alimento	0,70
Ovaiola	Fertilità	0,05
	Vitalità pulcino	0,05
	Schiudibilità uova fertili	0,10
	Vitalità adulto	0,10
	Tracce di sangue nelle uova	0,15
	Produzione uova	0,15
	Lunghezza carena	0,20
	Qualità dell'albume	0,25
	Struttura del tronco	0,25
	Caratteristiche del guscio	0,25
	Età maturità sessuale	0,25
	Peso dell'uovo	0,55
	Peso adulto	0,55
	Forma dell'uovo	0,60

Tabella 2 Coefficiente di ereditabilità (h²) calcolato per alcuni caratteri in ibridi selezionati per la produzione di carne e uova (Cavani et al., 2008).

Considerata l'ereditabilità dei caratteri utili per l'allevamento, è importantissimo stabilire quali sono in pratica, gli obiettivi produttivi e di miglioramento che ciascuna impresa cerca di perseguire attraverso la selezione. Questo perché, a diverse finalità imprenditoriali, corrispondono obiettivi di selezione specifici, che tengono in considerazione geni diversi, cercando di preservarli nella propagazione della specie.

Nel pool genetico delle popolazioni esistono geni ereditabili legati al sesso che hanno un ruolo fondamentale nella selezione. Questi ultimi vengono detti *sex linked* e si collocano sui cromosomi sessuali. Negli avicoli la determinazione del sesso è data dal contributo del genitore femmina che possiede due eterosomi sessuali diversi (Z e W), viceversa rispetto ai Mammiferi, dove è il maschio che possiede cromosomi sessuali eterogenei (x e y). Anche se la probabilità che il pulcino sia maschio oppure femmina è statisticamente simile nella popolazione, i geni sex linked dominanti sono più frequenti nei maschi che nelle femmine. L'esempio più semplice riguarda il gene recessivo sex linked del nanismo nei polli da carne (dw), situato sul cromosoma sessuale Z. Quest'ultimo è responsabile della significativa diminuzione del peso delle galline adulte, con un calo fino al 30%. Incrociando femmine nane con genotipo omozigote recessivo ZW con maschi normali con genotipo eterozigote ZZ, si ottengono individui maschi con accrescimento standard e femmine nane, utilizzate successivamente come riproduttori (Merat, 1984). Questa combinazione permette ancora oggi di ridurre i costi di mantenimento delle galline riproduttrici di polli, senza intaccare sulla vera fonte remunerativa degli allevamenti da carne, ossia i polli maschi, per il loro maggiore ICA rispetto alle femmine ma soprattutto per il peso che riescono a raggiungere a fine ciclo (Cavani *et al.*, 2008).

1.3 Principali linee genetiche in Italia e categorie produttive

L'aumento esponenziale della consumazione di prodotti avicoli e derivati ha come conseguenza diretta la variazione degli obiettivi aziendali delle principali società impegnate in avicoltura. L'aumento della quantità di animali allevati inoltre, contrapposta alla riduzione delle spese complessive delle imprese e allo spazio disponibile che ciascuna di esse dispone, rendono necessaria una rapida selezione e propagazione del materiale genetico da allevare. Va da sé, come per le altre specie domestiche di interesse zootecnico, che l'utilizzo di linee genetiche pure o razze locali tradizionali, non è mai consigliato, a causa della scarsa variabilità genetica che possiedono e la possibilità di lavorare con un'unica banca di geni.

Per le sopracitate ragioni, vengono utilizzati ad oggi ibridi commerciali le quali prestazioni produttive e riproduttive riescono a sostenere le necessità del mercato.

È detto "ibrido", un qualsiasi individuo derivante da incrocio tra linee pure o sintetiche realizzate per esaltare caratteri specifici (Cavani *et al.*, 2008).

Gli incroci che avvengono nei centri specializzati prevedono solitamente l'unione di tre o quattro linee genetiche iniziali. È importante evidenziare come la linea maschile sia selezionata per i caratteri produttivi, mentre quella femminile, principalmente per i riproduttivi, dove entrambe constano di soggetti maschi e individui femmine, per effettuare l'intersezione a tre o a quattro vie.

Un'altra importante distinzione va fatta sulle categorie produttive che si ottengono dall'unione dei riproduttori. Ciascun insieme raggruppa tutti gli animali, di razza diversa, il quale allevamento ha una funzione finale specifica. In avicoltura esistono tre tipologie principali: la riproduzione, dove vengono allevati maschi e femmine per la propagazione degli ibridi commerciali; gli animali da carne, che comprendono tutte le razze e gli incroci allevati per la suddetta produzione e animali da uova, femmine che vengono selezionate con l'obiettivo di aumentare la loro produttività in termini di ovodeposizione.

L'Italia, da sempre allevatrice di specie avicole, possiede una vasta popolazione di razze locali con caratteristiche davvero peculiari, anche di interesse produttivo. Per questo

motivo, alcune di esse sono state negli anni selezionate ed incrociate con altre razze internazionali, ottenendo come risultato gli ibridi attualmente in uso.

Ad oggi vi sono ancora allevamenti locali che mantengono le razze tipiche della penisola, ma la loro importanza economica è poco rilevante all'interno della filiera.

Le Tabelle 3 e 4 riassumono le caratteristiche principali degli ibridi da carne e da uova più utilizzati a livello italiano.

Ibrido commerciale	Origine	Caratteristiche peculiari	Categoria produttiva	Diffusione
Ross 308	Alabama, Stati Uniti (Aviagen)	Il più diffuso. Crescita rapida, alta resa in petto e bassa conversione alimentare	Broiler	Il più diffuso
Cobb 500	Arkansas, Stati Uniti (Cobb-Vantress)	Tra i più diffusi per la carne bianca. Crescita veloce e alta efficienza alimentare.	Broiler	Quasi al pari di Ross 308
Hubbard Redbro	Alabama, Stati Uniti (Aviagen)	Specifico per produzioni estensive, biologiche o di qualità superiore, caratterizzato da una crescita più lenta.	Broiler	Utilizzato principalmente per allevamenti estensivi, all'aperto e biologici
Hubbard Flex	Alabama, Stati Uniti (Aviagen)	Tra i principali ibridi per produzioni alternative, come biologico e allevamenti all'aperto.	Broiler	Utilizzato principalmente per allevamenti estensivi, all'aperto e biologici

Tabella 3 Ibridi commerciali da carne più diffusi in Italia, in ordine di importanza (<https://www.cobbgenetics.com/>; <https://aviagen.com/>)

Ibrido commerciale	Origine	ICA (kg alimento/kg uova)	Peso medio delle uova (60-72 settimane di età)	Resistenza del guscio (g/cm ³)	Categoria produttiva	Diffusione
Isa Brown/White	Boxmeer, Paesi Bassi (Hendrix Genetics)	2,14	64,5 g	4000	Ovaiola	Leader mondiale degli ibridi da uova a guscio bianco e marrone
Hy-Line Brown	Iowa, Stati Uniti (Hy-Line International)	2,06	64,3 g	4235	Ovaiola	Diffuse per la produzione di uova marroni. Questa linea è nota per l'elevata capacità produttiva e la longevità.
Dekalb Brown	Boxmeer, Paesi Bassi (Hendrix Genetics)	2,19	64,2 g	4050	Ovaiola	Altamente produttive e resistenti, apprezzate per l'efficienza alimentare e la qualità delle uova.
Dekalb White	Boxmeer, Paesi Bassi (Hendrix Genetics)	2,01	61,9 g	4100	Ovaiola	
Lohmann White	Cuxhaven, Germania (Lohmann Tierzucht)	2,00	62,6 g	4079	Ovaiola	Produzione costante di uova di buona qualità e per l'ottima resistenza delle galline.
Bowonce	Boxmeer, Paesi Bassi (Hendrix Genetics)	2,08	62,2 g	4100	Ovaiola	Linea robusta e adattabile, anche in condizioni meno intensive.

Tabella 4 Ibridi commerciali da ovodeposizione più diffusi in Italia, in ordine di importanza (<https://www.hendrix-genetics.com/en/>; <https://www.hyline.com/>; <https://lohmann-breeders.com/>)

Per quanto concerne l'allevamento dei tacchini, esso è generalmente meno sviluppato dal punto di vista genetico. Esistono infatti razze che nel tempo sono state migliorate, principalmente per la resa alla macellazione. Ad oggi, l'Europa alleva quasi

esclusivamente razze pesanti, dove il maschio raggiunge i 20 kg al macello, mentre la femmina arriva all'incirca a 10 kg. Alcuni esempi sono la Broad Breasted Bronze (BBB) o Bronzata gigante oppure la Broad Breasted White (BBW), la Bianca gigante. Vi sono anche razze medie e leggere, che vengono allevate in maniera estensiva o a scopi ornamentali. Sono infine stati selezionati alcuni ibridi specializzati da carne che hanno sostituito in parte le razze locali come ad esempio gli ibridi B.U.T. (British United Turkeys) e Nicholas (Cavani *et al.*, 2008).

La produzione di anatre e oche da carne mantiene le specie e le razze tipiche a livello territoriale, anch'esse migliorate negli anni ma senza incorrere in incroci e produzione di ibridi. Nel 2023 la quota delle carni di tacchino sul totale si attesta attorno al 18,4%, in leggera crescita rispetto al 2022 (16,8%) mentre diminuisce leggermente quella delle altre carni, tra cui quella di anatra (da 3,1% a 3,0%) (U.N.A., 2024).

1.4 Tipologie di allevamenti

Nel seguente paragrafo verranno descritti nel dettaglio i ricoveri avicoli, le strutture e le attrezzature più diffusi nell'allevamento. È necessario comprendere come viene gestito il settore dal punto di vista organizzativo. In avicoltura infatti, si parla di sistema a integrazione verticale, dove gli stadi di produzione della filiera sono coordinati da più imprese che operano in fasi diverse. Questo sistema può essere diretto, quando l'impresa integrante è proprietaria di tutte le attività dei vari stadi della filiera, sulla quale esercita un controllo totale. Vi è poi l'integrazione verticale indiretta, dove il controllo dell'azienda integrante sull'integrata è parziale e ciascuna di loro conserva la propria identità giuridica. Attualmente, il 90% degli allevamenti da carne e il 70 % di quelli da uova è organizzato tramite sistema di integrazione verticale, aspetto che garantisce maggior qualità organolettica e igienico-sanitaria della produzione nonché riduzione dei rischi economici e maggior stabilità degli approvvigionamenti. Un altro vantaggio che ne deriva è la possibilità di spuntare un prezzo più competitivo sul mercato dal momento che le aziende integranti, solitamente mangimifici, possiedono più potere sul mercato rispetto ai singoli allevatori (Cavani *et al.*, 2008).

I sistemi di allevamento degli avicoli sono diversi, la scelta di una tipologia rispetto ad un'altra va valutata attentamente in base alla categoria produttiva che si desidera inserire all'interno dei capannoni, agli obiettivi imprenditoriali e alle direttive di allevamento fornite dalle aziende integranti. Il sistema aviario è il più diffuso ed è composto da strutture che creano piani diversificati raggiungibili da tutti i polli/ovaiole. Se parliamo invece di capannoni dove gli avicoli sono allevati a terra e all'aperto, abbiamo dei passaggi che danno sull'esterno fruibili da tutti gli animali. Ci sono infine altri sistemi come quello a terra dove non ci sono piani, nel quale solitamente avviene la fase iniziale di accrescimento dei pulcini. Il sistema a gabbie è ormai quasi del tutto inutilizzato in Italia e nell'Unione Europea perché considerato obsoleto rispetto ai precedenti nonché fortemente criticato dall'opinione pubblica.

I ricoveri avicoli hanno perciò dimensioni abbastanza standardizzate rispetto ad altre strutture zootecniche. La pianta è generalmente rettangolare con pareti in muratura o cemento prefabbricato. Quest'ultime sono provviste a volte di finestrate che permettono di regolare la ventilazione e l'illuminazione dell'ambiente interno nel corso della giornata. Il tetto è di solito composto da due falde, con pendenza del 25-30%. Questo permette di raggiungere un'altezza di 5-6 metri al colmo, considerando almeno 3 metri l'altezza in gronda (pareti laterali dalle quali partono i travi del tetto) per consentire un facile accesso ai mezzi agricoli che occorrono per pulire l'intera struttura alla fine di ciascun ciclo produttivo. La larghezza del capannone si aggira attorno ai 14-16 metri, mentre la lunghezza può variare in relazione allo spazio disponibile e alla concentrazione di animali che si desidera inserire. Esternamente, può essere presente una zona recintata dove gli animali allevati tramite il sistema "*free range*" possono scorrazzare durante il giorno. La pavimentazione interna del ricovero è generalmente in cemento. Nei giorni precedenti all'inizio di un nuovo ciclo di accrescimento, viene posizionato un materiale di origine naturale che fungerà da lettiera permanente per tutto il periodo di allevamento. Le materie prime più comuni sono la torba, una tipologia di terriccio proveniente da zone paludose, formata dalla degradazione della sostanza organica. Molto diffuso è anche il truciolo di legno chiaro come quello di abete, privo di tannini che causano problemi podali negli avicoli, ottimo per la sua capacità assorbente e la poca polverosità. In alternativa, alcune zone prediligono la paglia trinciata, materiale poco costoso e molto efficiente. La maggior parte delle volte, l'ambiente

interno è controllato artificialmente, sia per quanto riguarda la ventilazione che l'illuminazione, ma anche la temperatura e l'umidità. La costruzione di strutture troppo ampie può peggiorare l'efficacia degli impianti di controllo del microclima, riducendo l'omogeneità delle condizioni climatiche nell'intero stabulare (Cavani *et al.*, 2008).

La gestione delle condizioni ambientali è una parte fondamentale delle norme sul benessere animale e sulla biosicurezza dei sistemi aviari. Le performance produttive di ciascuna categoria dipendono dal microclima nella quale gli animali vengono cresciuti in ciascuna fase del ciclo vitale. Deiezioni, polverosità della lettiera e presenza di gas nocivi in una certa concentrazione possono causare un grave peggioramento del clima interno, influenzato spesso anche dall'elevata densità di allevamento (animali/m²). La ventilazione è perciò un aspetto fondamentale (Kocaman *et al.*, 2006). L'impianto più diffuso comprende dei ventilatori in grado di estrarre l'aria dall'interno, accoppiati ad aperture posizionate sulle pareti e sul tetto, dalle quali l'aria entra in modo passivo. Il principio prevede l'estrazione dell'aria da un punto dove si crea depressione che viene compensata dall'entrata di aria dalle finestrate laterali o frontali. Esse sono regolabili in apertura in modo da poterne usufruire sia nei mesi estivi sia durante l'inverno. È necessario regolare le alette delle prese d'aria in entrata per direzionare l'aria verso l'alto. In questo modo la corrente calda e umida all'interno viene portata in alto e esce dal condotto centrale. Se il flusso avvenisse al contrario l'aria fredda arriverebbe direttamente sugli animali, compromettendo la temperatura e con il rischio di insorgenza di malattie. E' inoltre possibile installare ventilatori che spostano l'aria in direzione longitudinale come nelle stalle di bovini (Cavani *et al.*, 2008). L'illuminazione invece influenza le attività fisiologiche produttive e riproduttive di entrambi i sessi, per questa ragione è bene gestire le ore di luce sia dal punto di vista del fotoperiodo ma anche come intensità luminosa nel corso della giornata. Ogni categoria produttiva presenta schemi standard collaudati di illuminazione quotidiana e anche in base alla fase del ciclo. In generale, è necessaria la luce artificiale per sostituire quella naturale, che essendo tale, può avere grande variabilità. L'impianto di illuminazione dev'essere automatizzato e capace di aumentare e diminuire l'intensità luminosa in modo continuativo. Ciascun ciclo di allevamento possiede infatti periodi dove l'intensità della luce rimane attorno ai 10 lux e fasi, come quella prima dell'inizio dell'ovodeposizione

dove sono necessari almeno 25-30 lux per stimolare l'attività riproduttiva delle galline. La luce è fornita da lampade a incandescenza o fluorescenza (meno consumo di energia elettrica). In ogni step di crescita, da pulcino a animale adulto, la temperatura va sempre monitorata e gestita stagionalmente in relazione al clima esterno. È un parametro strettamente correlato all'umidità, anch'essa basilare a livello gestionale. Le combinazioni di temperatura e umidità variano da zona a zona ma l'importante è trovare un equilibrio tra un ambiente caldo e umido dove vi è un eccessivo sviluppo di microorganismi e patogeni e uno secco e polveroso che causa problemi respiratorio ai capi stabulati (umidità relativa compresa tra 60-70%) (Kocaman *et al.*, 2006). Le attrezzature per l'alimentazione verranno descritte nel paragrafo 1.5 dedicato al benessere e all'alimentazione.

1.5 Benessere e alimentazione

Il concetto di benessere animale esprime l'assenza di privazioni rispetto alle cinque libertà fondamentali quali: libertà dalla fame e dalla sete; dal dolore e dalle lesioni; dalla paura e dalla sofferenza mentale; libertà di fruire di ambienti fisici adeguati e libertà di manifestare il proprio repertorio comportamentale specie-specifico. Fin dal principio, il benessere animale è stato un argomento pieno di controversie a causa delle opinioni contrastanti su come gli animali avrebbero dovuto effettivamente essere allevati e trattati (Meseret, 2016). Ad oggi ha un ruolo trasversale in tutte le fasi della filiera, come anche nelle attività e nella gestione quotidiana dei capi. Esso è regolato da normative sempre più stringenti e specifiche che riguardano vari aspetti come l'alimentazione, la densità di allevamento, le condizioni ambientali e la biosicurezza, la situazione igienico-sanitaria e al monitoraggio della salute degli animali, fino alla macellazione.

Come è stato descritto nel paragrafo 1.2 (Genetica), il materiale genetico utilizzato attualmente negli allevamenti di polli da carne e di galline ovaiole, è vagliato per tutti i caratteri produttivi e riproduttivi. Va da sé che l'eccessiva selezione in questo senso rende gli ibridi commerciali estremamente più fragili e predisposti ad altre

problematiche come i disequilibri metabolici, le patologie podali e l'osteoporosi, collegate alla riduzione della longevità e della rusticità nel loro complesso. Questo avviene in quanto, a volte, la manifestazione di determinati geni in un individuo va in competizione con altri, spesso fisiologicamente più importanti in natura (Meseret, 2016). Le normative vigenti a livello europeo (direttiva 2007/43/CE per i polli da carne e la direttiva 1999/74/CE per le galline ovaiole) sanciscono le norme minime per il rispetto e la protezione degli avicoli. Comprendono una descrizione dettagliata degli attuali sistemi di allevamento concessi in avicoltura con le relative strutture e dimensioni, come anche le densità di allevamento per ciascuna categoria, le condizioni ambientali in generale, il controllo sanitario e le principali misure contro la mutilazione. Anche l'utilizzo responsabile degli antibiotici è considerato benessere animale e per questo motivo esiste un Regolamento dell'UE dedicato, il Reg. (UE) n. 6/2019 sui medicinali veterinari che comprende delle disposizioni sull'uso prudente degli antibiotici per contrastare la resistenza antimicrobica. Esiste poi il Reg. (CE) 1099/2009 che stabilisce i requisiti di benessere degli animali al momento della macellazione, nel quale sono descritte anche le pratiche relative ai polli e alle ovaiole.

Per quel che concerne l'alimentazione degli avicoli, questa ricopre almeno il 60% dei costi di allevamento ed è differenziata per categoria produttiva, per fase del ciclo e in funzione degli obiettivi di ciascun allevatore/azienda integrante. Gli alimenti utilizzati sono materie prime complesse e ricche di elementi organici e biochimici diversificati (Tabella 5). All'interno della dieta dei polli e delle ovaiole è necessario bilanciare in maniera corretta i macronutrienti e i micronutrienti in modo da soddisfare i fabbisogni giornalieri di ciascuno di essi, mantenendo un certo quantitativo di razione.

Categoria di alimento	Percentuale di inclusione (standard)	Esempi di materie prime
Concentrati energetici	40-60% di mais con aggiunta di 5-10% di altri cereali	Cereali come mais (più diffuso), orzo, avena, sorgo, crusconi di frumento, manioca; melasso
Concentrati proteici	5-10%	Farina di estrazione di soia (anche 40% della razione), f.e. di girasole, f.e. di arachide, f.e. di cotone, f.e. di colza; farina glutinata di mais, farina di erba medica disidratata
Acidi grassi essenziali	5-10%	Lipidi solidi o liquidi di origine vegetale (oli) o grassi di origine animale (sego bovino e strutto suino)
Integratori minerali	0,5-1%	Carbonato di Calcio (0,5-3%), Fosfato bicalcico (0,5-1%), Cloruro di sodio (0,3-0,5%), ossido di magnesio
Integratori vitaminici	0,5-1%	Liposolubili (vitamine A, D, C, E) o idrosolubili (gruppo B, K, H)
Additivi (necessaria autorizzazione a livello europeo e inserimento in cartellino con specifico nome dell'additivo, codice di riconoscimento, nome della sostanza attiva e dosaggio per kg di mangime)	Dosaggio variabile, solitamente non più di qualche mg/kg	Antiossidanti (butilidrossitoluene), antifungini, leganti, pigmentanti (xantofille 30 mg/kg di mangime), prebiotici (MOS e FOS), probiotici, enzimi, aromi e coloranti

Tabella 5 *Categorie di alimenti essenziali in avicoltura, con la relativa % di inclusione standardizzata e alcuni esempi di materie prime (Cavani et al., 2008)*

La somministrazione dell'alimento ai volatili avviene sottoforma di frantumato. Il mangime viene distribuito tramite mangiatoie collegate a una tramoggia. Queste ultime possono essere di tipo circolare e vengono riempite con una coclea che convoglia velocemente lo sbriciolato lungo tutto lo stabilimento. L'acqua di abbeverata viene invece distribuita tramite tubi che convogliano l'acqua in abbeveratoi appositi che la fanno cadere sottoforma di gocce in quanto gli avicoli non possiedono guance e perciò l'acqua deve arrivare direttamente nell'esofago. Le strutture di alimentazione e abbeveraggio sono rialzate dal terreno e sollevabili da argani al momento del bisogno, in modo tale da ridurre gli sprechi e la contaminazione con le feci. In conclusione esse devono essere facilmente lavabili per semplificare le operazioni di sanificazione a fine ciclo (Cavani et al., 2008).

Nei programmi alimentari di polli e galline ovaiole vi sono delle similitudini per quanto riguarda le materie prime che servono per soddisfare i fabbisogni energetici e proteici. Ciascuna categoria sfrutta l'alimento per il fabbisogno di mantenimento e poi in maniera diversa, i polli per l'accrescimento mentre le ovaiole per l'ovodeposizione. Il dosaggio di ciascun elemento della dieta viene definito in base alle necessità intrinseche degli ibridi e successivamente, una volta costruita la razione standard vengono apportate alcune sostituzioni secondo l'obiettivo produttivo che si intende raggiungere.

Come citato in precedenza, l'alimentazione degli avicoli può essere gestita secondo programmi diversificati e percentuali di *feed* variabili. Ciò che negli ultimi decenni non può più mancare è però l'integrazione della razione tramite additivi e elementi nutritivi singoli o miscelati di diverse tipologie. Tra le loro funzioni troviamo infatti quella di andare a soddisfare le carenze nutrizionali che molto spesso troviamo nella disomogeneità della composizione degli alimenti standard. Inoltre, gli additivi e gli integratori minerali possiedono molteplici altre peculiarità come aumentare l'assimilabilità di alcuni elementi nutritivi oppure influenzare favorevolmente la flora gastrointestinale, oltre a migliorare la digeribilità e le funzionalità dell'intero tratto digestivo. Il razionamento senza una buona integrazione risulta ormai poco efficace nel sostenere la produzione intensiva che la popolazione mondiale richiede attualmente (Alagawany *et al.*, 2021). Su questo importante aspetto ho deciso di sviluppare il mio elaborato di tesi, concentrandomi principalmente sugli additivi di origine naturale, gli integratori vitaminici e minerali, nonché sul loro potenziale utilizzo in sinergia per gestire le principali dismetabolie che influenzano negativamente la produttività e la resa in ambito avicolo.

2) OBIETTIVO DELLA TESI

Il seguente elaborato ha l'obiettivo di esaminare le proprietà funzionali e le componenti biochimiche degli additivi alimentari utilizzati in avicoltura, con un particolare approfondimento sulla sinergia che questi ultimi possono sviluppare tra di loro all'interno dell'organismo per modulare l'incidenza di problematiche relative alle sfere dei disturbi gastrointestinali, delle turbe metaboliche e dello stress fisiologico e comportamentale. Per ciascuna complicanza presa in esame, la tesi porta un esempio di integrazione con additivi, che dal punto di vista bibliografico risultano avere attività antisettica nei confronti degli agenti infettivi, capacità di azione sugli squilibri fisiologici e modulazione dei fenomeni di stress psico-fisico.

3) PANORAMICA DELLE PROBLEMATICHE AVICOLE PRINCIPALI

In questo capitolo vengono descritte le complicità più ricorrenti negli allevamenti avicoli italiani, dal punto di vista fisiopatologico, con un focus sulle cause che le scatenano e le conseguenze sui sistemi e gli apparati anatomici degli animali, nonché sulla sicurezza igienico-sanitaria e sulla qualità del prodotto finale. Al fine di redigere l'elaborato, sono state selezionate le principali problematiche, riportate di seguito.

3.1 Patologie gastrointestinali, parassitarie e contaminazioni alimentari

3.1.1 Campylobacter

Campylobacter spp. sono batteri gram-negativi di dimensione variabile che generalmente si presentano in forma elicoidale. Sono microrganismi aerobi obbligati e, proprio per questa caratteristica, inizialmente si riteneva che non rappresentassero un rischio rilevante in ambito zootecnico. Tuttavia, la loro elevata capacità di sopravvivenza lungo l'intera filiera avicola li ha resi, ad oggi, patogeni di interesse prioritario per il monitoraggio e il controllo sanitario. Ve ne sono diverse sottospecie, alcune delle quali colpiscono anche l'uomo. Il settore avicolo è il più rischioso dal punto di vista della trasmissione della malattia. Infatti, la contaminazione avviene a partire da acqua e alimento ma anche dalla pavimentazione (lettieria e feci) e attraverso aria e superfici aziendali. La sopravvivenza di questo batterio è favorita anche da alcune associazioni tra *Campylobacter spp.*, muffe e lieviti normalmente presenti negli allevamenti. La contaminazione delle uova infine, avviene a causa delle feci nell'ovidutto oppure a seguito dell'espulsione dell'uovo, tramite penetrazione del guscio. Anche la ventilazione, la temperatura e l'umidità relativa dell'aria possono favorire l'ingresso di *Campylobacter spp.* proveniente dall'esterno dell'allevamento.

I principali sintomi che si manifestano negli animali prevedono l'alterazione della barriera intestinale e conseguente diarrea, nonché l'invasione delle cellule neutrofile del sistema immunitario (es. macrofagi) e secrezione di tossine con effetti nocivi (Hakeem e Lu, 2021).

3.1.2 Coccidiosi

La coccidiosi è una malattia parassitaria causata da protozoi, chiamati per l'appunto coccidi. Essi appartengono al phylum *Apicomplexa* e alla famiglia degli *Eimeriidae*. La maggioranza delle specie che interessano il pollame appartengono ai generi *Eimeria* e *Isospora*. Essi hanno la capacità di infettare tratti differenti dell'intestino. Questa patologia ha una grande rilevanza negli allevamenti specialmente in quello dei polli. La gran parte degli studi che sono stati effettuati su questa problematica provengono infatti dagli allevamenti commerciali di polli da carne dove si riscontrano molteplici danni in concomitanza con altri fattori ambientali come le condizioni igienico-sanitarie della lettiera oppure le densità di allevamento (Peek e Landman, 2011).

Il ciclo vitale dei coccidi è di tipo oro-fecale e si divide in due fasi, una esterna (sporogonia) e una interna agli animali allevati (gametogonia). Le uova del parassita, che rappresentano l'elemento infettante primario, vengono espulse con le feci e in condizioni ambientali ottimali sporulano dando origine a strutture infette formate da quattro *sporozoiti* (sporogonia). L'animale, razzolando sulla lettiera e nutrendosi di ciò che trova al suolo, ingerisce questi organismi. Nello stomaco, i succhi gastrici degradano le *oocisti* liberando gli sporozoiti infetti che raggiungono la mucosa intestinale e ne invadono le cellule epiteliali, replicandosi all'interno delle stesse (gametogonia). In seguito alla divisione dei gameti si formano altre *oocisti* che vengono espulse con le feci e il ciclo ricomincia. L'infezione interna danneggia la parete intestinale e ne compromette l'assorbimento dei nutrienti. Questo comporta inoltre insorgenza di diarrea, perdita di peso, scarso incremento ponderale del peso, calo di uniformità nelle carcasse e nel peggiore dei casi la morte dell'individuo. Altri sintomi evidenti possono essere letargia, piumaggio arruffato e creste pallide. (López-Osorio *et al.*, 2020).

Com'è stato detto in precedenza, specie diverse di *Eimeria*, prediligono per la propria replicazione specifici tratti dell'intestino. Nella Tabella 6 si osservano le principali specie di coccidi rilevate nei polli con le relative porzioni dell'intestino che attaccano e le lesioni che effettuano su di esse (Abebe e Gugsa, 2018).

Specie di <i>Eimeria</i>	Parte dell'intestino colpita	Lesioni
<i>E. necatrix</i>	Intestino mediano	Emorragia grave con essudato mucoso, macchie biancastre e rosse sulla parete dell'intestino
<i>E. maxima</i>	Intestino mediano	Intestino disteso con macchie emorragiche, e essudato mucoso
<i>E. brunetti</i>	Metà bassa dell'intestino	Parete intestinale assottigliata, essudato mucoso su lesioni necrotiche, distensione dell'intestino
<i>E. tenella</i>	Ceco	Emorragia grave con macchie bianche e rosse sulla parete intestinale
<i>E. acervulina</i>	Parte alta dell'intestino	Macchie biancastre sulla superficie sierosa, striature emorragiche e lesioni biancastre sulla superficie intestinale, enterite mucoide
<i>E. praecox</i>	Duodeno	Nessuna lesione evidente, ma aspetto leggermente emorragico della superficie intestinale del duodeno con lieve e sudato mucoso

Tabella 6 Lesioni dei tratti dell'intestino ad opera delle varie specie di Eimeria spp. (Saxena et al., 1998)

Di quelli sopra descritti, *E. necatrix* e *E. tenella* rappresentano i più pericolosi per gli avicoli in quanto causano spesso severe emorragie dei tratti che infettano (Kahn, 2008). Alla base della coccidiosi esistono però fattori ambientali e gestionali che ne favoriscono la presenza in allevamento. La scarsa disinfezione ambientale durante il cambio del ciclo produttivo ad esempio, oppure l'elevata umidità relativa della lettiera. Essa infatti, se eccessiva, aumenta considerevolmente la permanenza di coccidi sulla pavimentazione dei capannoni. Anche alcune scelte di razionamento che favoriscono la defecazione più umida degli animali influenzano negativamente l'umidità della lettiera come l'eccessiva somministrazione di proteine e sali minerali nel mangime, che stimolano l'animale ad assumere più acqua di abbeveramento (Abebe e Gugsu, 2018).

3.1.3 Enterite necrotica

È una batteriosi che colpisce il tratto intestinale di numerose specie avicole ed è oggi una delle patologie più impattanti in avicoltura anche in relazione alla progressiva richiesta di diminuzione dell'utilizzo di antimicrobici nei mangimi e sostanze promotrici della crescita, che storicamente ne modulavano l'incidenza (Paiva e McElroy, 2014).

L'agente eziologico è il batterio gram-positivo e anaerobico *Clostridium perfringens* (tipo A o tipo C), presente in forma commensale a basse concentrazioni nell'intestino.

Se supera la sua soglia di presenza nel tratto digerente però (10^5 UFC/g) (Paiva e McElroy, 2014), inizia a colonizzare porzioni dell'intestino, estendendo i tessuti enterici tramite la liberazione di gas, producendo tossine e causando la tossicosi enterica (McDevitt *et al.*, 2006).

Il batterio, naturalmente presente nella flora intestinale, non è sufficiente per causare la malattia. Necessita dunque di fattori che ne favoriscano la crescita incontrollata quali: fattori dietetici, stato immunitario e stress, fisiopatologia intestinale e coccidiosi.

Per quel che riguarda il razionamento, la presenza eccessiva di polisaccaridi non amidacei può aumentare la viscosità del contenuto intestinale e favorire la crescita batterica nonché l'accelerazione della replicazione del patogeno. Anche l'eccesso di proteina fa da substrato per la proliferazione del *C. perfringens*. Alcuni minerali poi, come zinco e calcio modificano le condizioni chimico-ambientali del tratto digerente, agevolando la diffusione del batterio (Paiva e McElroy, 2014).

L'immunodeficienza è una condizione morbosa nella quale si ha una diminuzione temporanea o costante della risposta immunitaria di un animale. In avicoltura, le malattie che la provocano sono molteplici, tra le quali ricordiamo la coccidiosi, il virus della malattia di Marek, la virosi dell'anemia del pulcino e quella della bursite infettiva. Queste ultime, possono aumentare l'incidenza di un'infezione secondaria di enterite necrotica che difficilmente viene controllata dal sistema immunitario, che risulta compromesso. Anche lo stress ambientale come l'*heat stress* e quello gestionale come il cambio di alimentazione improvviso oppure la variazione del programma luce hanno gli stessi effetti delle patologie immunosoppressive indicate in precedenza. Un'altra condizione che porta alla proliferazione del *C. perfringens* è la stasi intestinale che rallenta il transito dell'alimento nel tratto digerente e aumenta la disponibilità dei nutrienti per la flora intestinale, permettendo al batterio dell'enterite necrotica di prevalere sugli altri. Infine, la coccidiosi, descritta nel paragrafo 3.1.1, arreca un grave danno alla mucosa enterica che riversa nel lume intestinale aminoacidi, fattori di crescita, proteine e vitamine che fungono da substrato per il *C. perfringens* (Paiva e McElroy, 2014).

Tra i segni clinici prevalenti si evidenzia il peggioramento del rapporto di conversione alimentare e la scarsa digestione che portano al dimagrimento, alla disidratazione e alla riduzione delle prestazioni produttive. Esternamente l'animale presenta piumaggio arruffato e risulta poco attivo a causa dello stato depressivo nel quale si trova. A livello anatomico, il tenue risulta pieno di gas, con pareti sottili e fragili mentre al microscopio è evidente l'infiammazione cellulare, la congestione vascolare e la necrosi grave delle porzioni colpite dell'intestino. I casi più gravi di enterite necrotica portano alla morte dell'animale (Paiva e McElroy, 2014).

3.1.4 Enterite emorragica del tacchino

Diversamente rispetto all'enterite necrotica (paragrafo 3.1.3), l'enterite emorragica del tacchino è causata da un adenovirus, l'*Haemorrhagic enteritis virus (HEV)*, potenziale patogeno zoonotico. Esso colpisce principalmente i tacchini tra le sei e le undici settimane di vita andando ad alterare l'immunità cellulare di organi quali intestino, milza e borsa di Fabrizio (Dhama *et al.*, 2017).

La principale via di trasmissione è quella oro-fecale, dove il virus raggiunge facilmente l'intestino e entra nel flusso sanguigno. Qui, raggiunge milza e borsa di Fabrizio, dove inizia a replicarsi all'interno delle cellule del sistema immunitario, parassitizzandole. Infatti è considerato un virus linfocitopatico, ciò significa che entra nei linfociti B e causa immunosoppressione. Nella milza, causa iperplasia (ingrossamento dell'organo) dovuta al tentativo di difesa da parte degli anticorpi. Una volta presente l'infezione primaria, il virus colonizza porzioni di intestino tenue, danneggiando mucose e causando emorragie, anche molto estese. Nei casi più gravi, l'animale si presenta in evidente stato depressivo, con escrezioni ematose che lo portano velocemente alla morte (Figura 2).

Gli animali colpiti da HEV sono successivamente più suscettibili a colibacillosi da *E. coli* e altre patologie derivanti da microorganismi opportunisti (Dhama *et al.*, 2017).

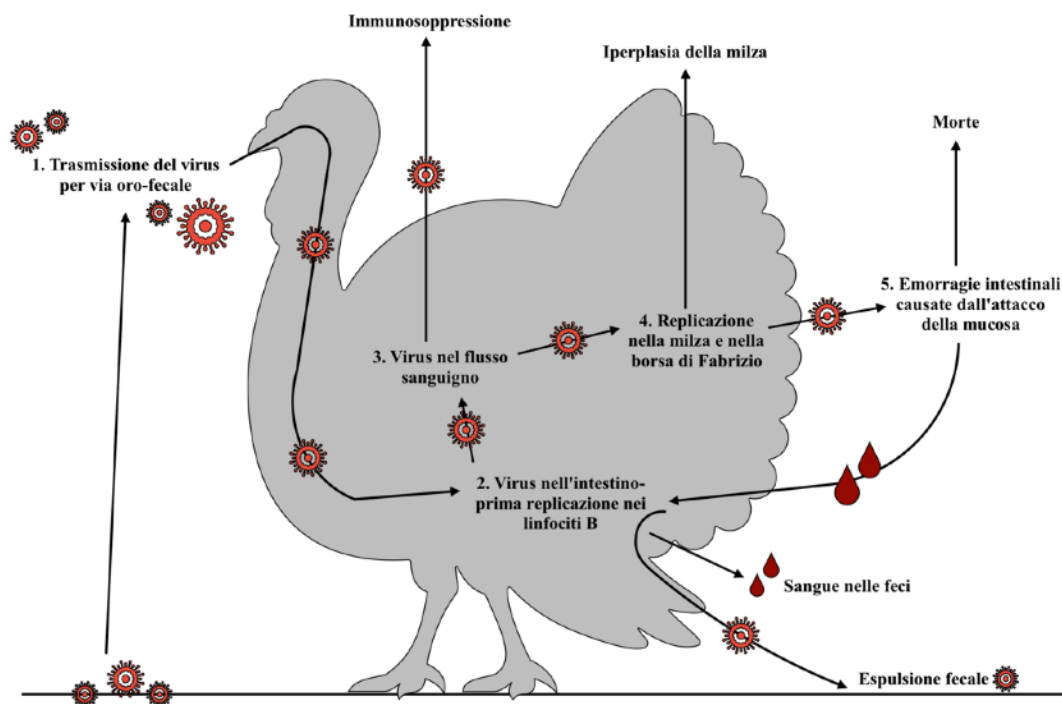


Figura 2 Schema semplificato della patogenesi e dei segni clinici dell'infezione da HEV (Dhama et al., 2017)

3.1.5 Enterococcus cecorum

Questo genere di batteri è sempre stato considerato un componente benefico della flora intestinale. Sono gram-positivi e producono per la maggior parte acido lattico. A partire dalle 12 settimane dell'animale, risultano essere predominanti nella popolazione del microbiota. Nel 2002 però è stata isolata una specie, l'*Enterococcus cecorum* patogeno come responsabile di diverse problematiche negli allevamenti avicoli come l'osteomielite della testa del femore e della vertebra toracica libera, la spondilite enterococcica (Suyemoto *et al.*, 2017) oppure la BCO (Condronecrosi batterica con osteomielite) (Giovagnoni *et al.*, 2019). Queste disbiosi causano appunto la necrosi della cartilagine delle ossa e dell'infiammazione del midollo osseo della spina dorsale, comportando zoppie e rallentamento della crescita dalle 5 alle 8 settimane di vita dell'animale. Nel peggiore dei casi, in presenza di spondilite enterococcica, si ha la paralisi di entrambe le gambe dovuta alla compressione del midollo spinale causata

dall'inflammation e la morte dell'animale dovuta all'impossibilità di autoalimentarsi (Suyemoto *et al.*, 2017).

L'*Enterococcus cecorum* patogeno, comincia la sua diffusione dall'intestino, laddove si ha una scarsa barriera immunitaria, già nei primi giorni di vita dell'animale. Subito dopo, entra nel circolo sanguigno e raggiunge altre zone del corpo, come la milza. La seconda fase della malattia colpisce il sistema scheletrico, in particolare la colonna vertebrale dove provoca un ascesso spinale, un'inflammation che causa l'accumulo di pus in questa zona. Qui, il materiale infetto comprime il midollo osseo interferendo con il sistema nervoso e causando la paralisi delle parti del corpo sottostanti (Figura 3) (Jung *et al.*, 2018).



Figura 3 Polli colpiti da infezione clinica di *Enterococcus cecorum*. Presentano la tipica posizione con il calcagno seduto e le zampe posteriori estese verso l'alto a causa della paralisi degli arti posteriori (Jung *et al.*, 2018).

3.1.6 *Escherichia coli*

Le colibacillosi causate dal batterio *Escherichia coli*, del ceppo patogeno aviare (APEC), sono importanti zoonosi batteriche che colpiscono il settore dell'allevamento degli uccelli. Vi sono molteplici fattori che predispongono gli avicoli a questa malattia come un'infezione di *Eimeria spp.*, la malattia di New Castle oppure alcune carenze nutrizionali (Lutful Kabir, 2010). Questo tipo di patologia colpisce gli animali di tutte le età. Il batterio è in grado di penetrare anche il guscio delle uova infettando il sacco vitellino e aumentando l'incidenza della mortalità in fase di schiusa. L'infezione parte dall'intestino dei volatili, nel quale questi batteri, entro certi limiti, sono naturalmente presenti. Si è osservato che se la carica microbica fecale è di 10^9 UFC/gr di feci, 10^6 UFC/gr sono batteri del genere *Escherichia coli* (Lutful Kabir, 2010). Vi sono moltissimi fattori che influenzano la patogenicità del batterio ma purtroppo il

meccanismo di azione non è ancora del tutto conosciuto. Il ceppo patogeno APEC è responsabile di moltissime disbiosi e problematiche in allevamento, ciascuna delle quali presenta meccanismi e vettori di trasmissione della malattia diversificati. Tra quelle principali riporto la salpingite, un'infezione delle trombe di Falloppio che indirettamente trasmette il batterio all'uovo nel momento in cui quest'ultimo passa dalla cloaca, ossia l'ultima porzione del retto delle galline, nella quale si congiungono il tratto digerente, le vie urinarie e l'ovidotto (Lutful Kabir, 2010). Questa modalità è la principale via di infezione delle uova, che causerà poi mortalità durante la schiusa. Altre colibacillosi causate dal ceppo APEC sono la dermatite necrotica che infiamma le zone sottocutanee dell'epidermide oppure la setticemia, infezione del sangue dovuta a organismi patogeni. Quest'ultima prevale sulle altre disbiosi e causa frequentemente depressione, febbre e raramente anche osteomielite.

3.1.7 Istomoniasi

L'istomoniasi, comunemente chiamata “*blackhead disease*” colpisce principalmente i tacchini (*Meleagris gallopavo*) ma può raggiungere un'elevata morbilità anche nei polli con mortalità del 10-20%. Il patogeno che la causa è il protozoo flagellato *Histomonas meleagridis*, un parassita con un ciclo vitale molto complesso. Esistono infatti molti organismi che fungono da vettore di questo patogeno, che possono proteggerlo dall'ambiente esterno anche per un lungo periodo (lombrichi, insetti e mosche). Il vettore principale però è il verme cecale *Heterakis gallinarum*.

L'infezione può avvenire tramite l'ingestione da parte degli avicoli di uova o larve infette di *H. gallinarum* oppure tramite l'assunzione di materiale contaminato proveniente dalla cloaca (fenomeno del “*cloacal drinking*”). Nel primo caso, il patogeno viene rilasciato nei cechi intestinali in seguito alla schiusa delle uova di *H. gallinarum* (Clark e Kimminau, 2017). Da qui, raggiunge il circolo sanguigno e di conseguenza il fegato, dove crea necrosi centrale e infiammazione dei margini. Nei casi più gravi il fegato viene compromesso. (McDougald, 2005). Nel “*cloacal drinking*” invece, il patogeno bypassa il tratto digerente, tipicamente acido, entrando nel circolo sanguigno per assorbimento di liquidi dalla cloaca (Clark e Kimminau, 2017).

Altre lesioni macroscopiche interessano il cieco, nel quale si notano di tessuto necrotico che vengono comunemente chiamati “cecali caseosi”. I sintomi invece che si notano nell’osservazione dell’animale comprendono letargia, debolezza, feci di colore giallo-zolfo ma nei polli il danno economico principale è rappresentato dalla perdita significativa di fertilità nei riproduttori (McDougald, 2005).

3.1.8 Micotossine

Contrariamente agli antigeni descritti finora, le micotossine sono sostanze prodotte da funghi dei generi *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*. Si trovano più nei mangimi e negli alimenti ad uso zootecnico che non sono stati manipolati e conservati con le dovute attenzioni. Derivano però da diverse fonti e per questo motivo non è sempre possibile eliminarle dalla razione. Possono causare stress ossidativo e danneggiare le cellule e nutrienti come i lipidi e le proteine (Okasha *et al.*, 2024).

Le principali che sono state studiate in ambito avicolo sono:

- **Aflatossina B1 (AFB1):** deriva da *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. È la più tossica tra quelle riportate e come principali bersagli ha il fegato e il sistema immunitario. A livello epatico causa fragilità, necrosi, epatomegalia (ingrossamento del fegato), fibrosi epatica e colorazione giallastra dei tessuti. Riduce la risposta immunitaria e aumenta la suscettibilità a altri patogeni come *C. perfringens*;
- **Deossinivalenolo (DON):** metabolita prodotto da *Fusarium graminearum* e *Fusarium culmorum*. Anch’essa provoca disfunzioni immunitarie. È poco assorbibile nell’intestino e per questo rimane al suo interno danneggiandone le mucose. Inoltre, ha effetti sul peso corporeo e sull’efficienza alimentare, nonché sul metabolismo osseo;
- **Ocratossina A (OTA):** è altamente tossica per gli organi interni e il sistema immunitario. Viene prodotta da *Aspergillus ochraceus* e *Penicillium verrucosum*. È carcinogena e mutagena. Ha effetti negativi sulla crescita e nell’intestino distrugge la barriera intestinale compromettendo l’assorbimento dei nutrienti. Riduce la risposta immunitaria delle IgA (anticorpi di classe A) facilitando le infiammazioni. Infine può causare stress ossidativo nei reni e riducendo le sostanze antiossidanti al loro interno;

- **Fumonisine (FBs):** principalmente presenti nei semi del mais ma potenzialmente si trovano anche negli altri cereali (sorgo, grano, orzo e soia), le più comuni sono la **B1** e la **B2**. Derivano dal genere *Fusarium*. Sono facilmente espulse dal sangue ma la loro tossicità si accumula nel tempo. Infatti, lesionano principalmente il cuore e il fegato, ma anche gli organi immunitari come la borsa di Fabrizio e la milza, atrofizzandoli. Anch'esse riducono la crescita e la risposta immunitaria;
- **Zearalenone (ZEN):** Appartengono al genere *Fusarium* e hanno proprietà estrogeniche. Agiscono sulla regolazione ormonale e sulla morfologia degli apparati riproduttori, alterandone la funzionalità e la fertilità. Sono tossiche a livello epatico e possono aumentare l'incidenza dei coccidi (Okasha *et al.*, 2024).

I sintomi di tossicità che si evidenziano negli animali colpiscono tutto l'organismo. In particolare la riduzione dell'assunzione di cibo e dell'incremento giornaliero, danni alla sfera riproduttiva e indebolimento del sistema immunitario. Nei casi più gravi, le micotossine hanno un ruolo chiave nell'aumento della mortalità e nella compromissione degli organi e delle loro funzioni fisiologiche (Okasha *et al.*, 2024).

Per determinarne la presenza negli alimenti, cereali principalmente, esistono metodi analitici collaudati. Tuttavia, questi metaboliti dei funghi possono reagire e formare altre sostanze chiamate "micotossine mascherate" che spesso non si riesce a rilevare con le analisi chimiche convenzionali. Queste strutture si legano alle proteine e ai carboidrati e nel tratto digerente sono molto più biodisponibili. Possono ritornare alla forma originale e causare danni negli animali. Il rischio principale è infatti quello di non riuscire a rilevarle nei mangimi e sottovalutare la contaminazione degli stessi. Alcuni esempi di micotossine mascherate includono ZEN-14-solfato e DON-3-glucoside (Okasha *et al.*, 2024).

3.1.9 Pidocchio rosso

Questo parassita è considerato la minaccia più pericolosa negli allevamenti intensivi di galline ovaiole in Europa. Ad oggi, alcuni studi riportano che l'83% degli allevamenti europei è infestato da questo acaro (Sigognault Flochlay *et al.*, 2017). Il suo nome

scientifico è *Dermanyssus gallinae*, ha una lunghezza di 1,5 mm e in base all'alimentazione assume colorazione che va dal grigio al rosso/marrone (Sparagano *et al.*, 2014). Causa importantissime perdite economiche, nonché peggioramento del benessere animale e della stabulazione nelle strutture di allevamento. Inoltre, influenza negativamente la salubrità delle uova da consumo.

Alla base dell'esponenziale aumento della sua presenza, vi sono le regole sulle strutture di allevamento della Direttiva 1999/74/CE che, se da un lato migliorano le condizioni ambientali e il benessere degli animali, dall'altro prevedono un sistema di allevamento complesso che favorisce *D. gallinae*. Le gabbie arricchite, attualmente in uso, sono strutture nelle quali il pidocchio rosso riesce ad annidarsi nelle prime fasi del suo ciclo vitale e ripararsi dai trattamenti (Sigognault Flochlay *et al.*, 2017).

Il pidocchio rosso si sviluppa con temperature tra 10 e 35 °C e umidità relativa maggiore del 70%. Dalla nascita, impiega all'incirca due settimane per svilupparsi completamente. Le femmine depongono gruppi di uova (4-8 uova) alla volta che dopo 2-3 giorni schiudono, permettendo la fuoriuscita delle larve. Queste, non si alimentano fino alla loro prima muta ma, raggiunto lo stadio di protoninfa, cominciano ad attaccare l'ospite (Figura 4).

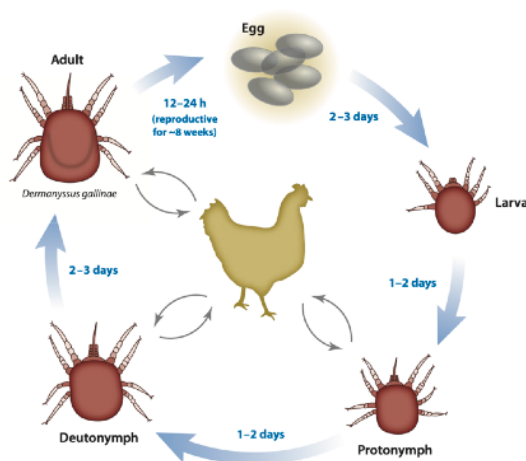


Figura 4 Ciclo vitale di *D. gallinae* (Sparagano *et al.*, 2014)

Una volta sull'ospite (da 25.000 a 500.000 esemplari/gallina), gli acari si nutrono in modo intermittente durante le ore di buio, mordendo la superficie dell'epidermide e causando anemia sub-acuta, primo segno clinico dell'infestazione. In una notte infatti, un'ovaiola può perdere fino al 3% del suo volume sanguigno. Altri sintomi prevedono

comportamenti aggressivi quali cannibalismo o pizzicamento delle piume (*feather-pecking*).

D. gallinae funge anche da vettore per infezioni quali *E. coli*, *Salmonella spp.* e virus dell'influenza aviaria. La pericolosità del pidocchio rosso risiede nella sua capacità di resistere per lunghi periodi in condizioni estreme di digiuno, tra un ciclo produttivo e quello successivo (Sigognault Flochlay *et al.*, 2017).

3.1.10 Salmonella spp.

Tra le potenziali zoonosi più pericolose è bene inserire l'insieme delle infezioni causate dai batteri gram-negativi del genere *Salmonella spp.* Queste specie possiedono un ampio spettro di ospiti, alcune delle quali causano importanti danni anche all'uomo (Mariotti *et al.*, 2022). Secondo numerose ricerche, i prodotti avicoli infatti sono responsabili del 47% delle infezioni, rappresentano quindi una delle fonti principali di trasmissione delle salmonellosi agli esseri umani (Pontin *et al.*, 2021).

Attualmente, la specie emergente che reca più danno negli allevamenti di polli da carne italiani è la *Salmonella infantis* (Alba *et al.*, 2020), sierotipo ad elevata virulenza che presenta una notevole resistenza ad antibiotici e disinfettanti (Montoro-Dasi *et al.*, 2023).

Tra i sierotipi che infettano l'uomo troviamo la *Salmonella enteritidis*, che come caratteristica principale ha la capacità di formare biofilm su diversi tipi di superfici, aderendo alle cellule che la ospitano e seguire la filiera alimentare fino all'assunzione da parte dell'uomo (Pontin *et al.*, 2021).

Salmonella gallinarum e *Salmonella pullorum* possiedono una caratteristica peculiare rispetto alle precedenti: non sono mobili, perché privi di flagelli. Tuttavia arrecano gravi danni al pollame, causando rispettivamente il tifo aviario e la malattia di Pullorum. Entrambe entrano nell'organismo per via orale, arrivando all'interno dell'intestino e attaccando i macrofagi. Successivamente invadono fegato e milza dove si moltiplicano e colonizzano i tessuti. Alterano geni importanti per i processi metabolici degli organismi (Farhat *et al.*, 2023).

Le salmonellosi in generale, appartengono alle problematiche più dannose anche a livello globale. I ceppi che colonizzano l'intestino possono entrare in contatto con gli

organi riproduttivi e contaminare le uova delle ovaiole e di conseguenza essere assunti dall'uomo. Nel caso delle uova prodotte per dare origine a polli da carne invece, gli animali che sopravvivono all'infezione nelle prime fasi di crescita possono diventare portatori sani della malattia e trasmetterla ad altri nel corso del ciclo di accrescimento. In altri casi è possibile avere la contaminazione delle carcasse durante la macellazione (Lutful Kabir, 2010). La sintomatologia caratteristica del genere *Salmonella spp.* comprende diarrea, febbre e dolori addominali derivanti dall'infezione intestinale. Nei casi più gravi si arriva alla necrosi intestinale e all'indebolimento del sistema immunitario con apoptosi delle sue cellule (induzione alla morte dei macrofagi) (Akpabio, 2015).

3.1.11 Tenie e ascaridi

Come ultime problematiche del tratto gastrointestinale è bene riportare **tenie e ascaridi**. Questi parassiti appartengono ad un gruppo zoologico, gli Elminti, che a sua volta si divide in Phylum diversi. Le tenie sono classificate come Cestodi mentre gli ascaridi sono Nematodi (Figura 5).

Le specie di tenie più presenti negli allevamenti appartengono al genere *Raillietina* e sono *R. echinobothrida*, *R. tetragona*, e *R. cesticillus*. Tra queste *R. tetragona* è quella che può raggiungere dimensioni più importanti, anche 25 cm di lunghezza. In primis, danneggiano e infiammano le cellule epiteliali degli organi interni, poi interferiscono con l'assorbimento degli alimenti causando dimagrimento e conseguente calo della produzione e dell'accrescimento (Panich e Chontanarith, 2021).

A differenza delle tenie, i nematodi rappresentano il gruppo di Elminti più importante dal punto di vista della pericolosità e dalla quantità di specie classificate come tali. I generi principali sono *Capillaria*, *Heterakis* e *Ascaridia*. Il nematode più comune è *Ascaridia galli*, cilindrico e di colore bianco, tendente al trasparente. Vi sono differenze intraspecifiche tra esemplari maschi e femmine, come l'incurvatura della coda, o la dimensione. Attaccano tutti gli animali ma i danni peggiori si notano nei giovani sotto le 12 settimane di età. Tra i sintomi clinici troviamo la riduzione della produzione e dell'accrescimento, nonché perdita di peso. L'infezione più grave comporta ostruzione

intestinale con conseguente presenza dei vermi nelle feci. *A. galli* è in grado di penetrare l'ovidotto e entrare nelle uova. Degli esemplari appartenenti al genere *Heterakis* ho diffusamente parlato nel paragrafo riguardante l'istomoniasi (3.1.7) in quanto, la specie *Heterakis gallinarum* funge da vettore principale della malattia (Al-Badrani e Al-Muffti, 2023).

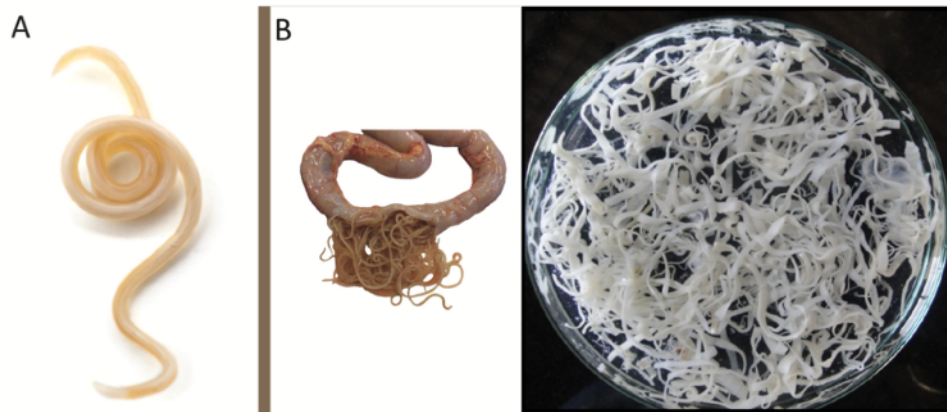


Figura 5 esemplare di A. galli (A); ostruzione dell'intestino da A. galli (B) (Höglund et al., 2023); esemplari adulti di Raillietina spp. estratti dall'intestino di un pollo (10x) (Javaregowda et al., 2016).

3.2 Disturbi metabolici

Considerato un altro gruppo di disturbi ricorrenti a livello globale, le dismetabolie e le problematiche associate alla diminuzione della produttività degli animali rappresentano la fetta più importante di problematiche aviarie che causano la maggior parte delle perdite economiche aziendali. I fattori predisponenti di questi disturbi nascono tutti dall'intensivizzazione degli allevamenti. Ad oggi infatti, gli animali sono spinti oltre le loro produttività attraverso diete che ne accelerano il metabolismo, aumentano l'accrescimento giornaliero e la produttività di uova all'interno del ciclo di ovodeposizione. Tuttavia, i sistemi corporei degli animali sottoposti a uno sforzo produttivo eccessivo, non sempre resistono al carico di lavoro e cedono, causando importanti perdite economiche, quasi sempre al picco di produzione o di accrescimento (Julian, 2005).

Di seguito la descrizione delle più frequenti negli allevamenti italiani:

3.2.1 Ipovitaminosi D, ipocalcemia, rachitismo e osteoporosi

Tra i processi fisiologici più importanti in avicoltura troviamo il metabolismo del calcio. Quest'ultimo è presente in diverse forme all'interno dell'organismo, ma quello fisiologicamente attivo è il calcio ionizzato (Ca^{+}) che svolge importanti funzioni di omeostasi, calcificazione delle ossa e del guscio delle uova, ma anche coagulazione del sangue e conduzione a livello muscolare e sinaptico. La presenza di questo elemento all'interno dell'organismo è regolata da due ormoni principali, il paratormone (PTH) e la Calcitonina (CT), assieme ai metaboliti della vitamina D3. Essi agiscono secondo la necessità dell'organismo.

La diminuzione del calcio a livello plasmatico, stimola le ghiandole paratiroidi a secernere il PTH che viene immediatamente inviato agli organi bersaglio. In questo modo, il calcio viene riassorbito a livello intestinale diminuendo quindi l'espulsione di questo elemento tramite le urine. Nel sistema scheletrico invece, il PTH agisce mobilitando calcio dalle ossa, aumentandone la disponibilità e la concentrazione nel sangue. Al contrario, la Calcitonina secreta dalla ghiandola tiroide, entra in circolo quando si ha un eccesso di calcio a livello ematico. Ha funzioni inverse rispetto al PTH

e ristabilisce i livelli normali di calcio plasmatico. In questo processo, i metaboliti della vitamina D hanno il compito di stimolare l'assorbimento agendo su fegato, reni e intestino. L' 1,25-diidrossicolecalciferolo (1,25-(OH)₂-D₃) in particolare è la forma di vitamina D₃ che agisce più attivamente in questo meccanismo di regolazione (de Matos, 2008).

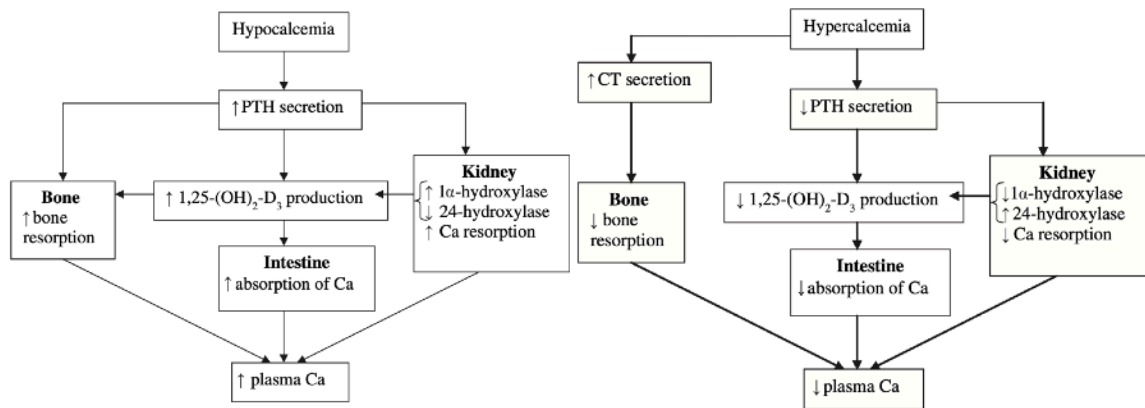


Figure 6 e 7 Metabolismo del calcio nei volatili, con riferimenti specifici alle funzioni di PTH, CT e metaboliti della vitamina D₃ (de Matos, 2008).

Tra le cause primarie di ipocalcemia troviamo quindi gli errori nutrizionali, come un eccesso di fosforo nella dieta, che essendo antagonista del calcio, ne abbassa i livelli ematici (rapporto Ca:P inadeguato). La carenza di vitamina D e quindi dei suoi metaboliti secondari, impedisce l'assorbimento intestinale e di conseguenza la regolazione nel suo complesso (Figura 6 e 7) (de Matos, 2008).

Per quanto riguarda i sintomi osservabili troviamo il rachitismo negli animali giovani, mentre negli adulti l'osteomalacia e l'osteoporosi. Nel primo caso, sono frequenti deformità scheletriche in accrescimento, fratture e crescita anomala. Questi sintomi rimangono anche negli esemplari adulti. Per quanto riguarda le ovaiole in produzione, l'ipocalcemia causa uova deformi con guscio poco resistente e diminuzione importante della produzione se la carenza persiste o si aggrava. In tutti i casi si evidenzia debolezza e difficoltà di coordinazione dei movimenti (atassia)(de Matos, 2008).

È bene fare un piccolo riferimento anche all'omeostasi del fosforo, che segue meccanismo simili a quella del calcio. Tuttavia, si trova principalmente stoccato nelle ossa con un rapporto 1:2 con il calcio nell'idrossiapatite, il composto principale del tessuto osseo. Come riportato in precedenza, un rapporto inadeguato tra calcio e fosforo

può favorire l'insorgenza di ipocalcemia e problematiche connesse (Adedokun e Adeola, 2013).

3.2.2 Fatty Liver Hemorrhagic Syndrome (FLHS)

Questa patologia colpisce sia le ovaiole in deposizione sia i polli in accrescimento. È correlata all'omeostasi lipidica dei volatili e la sua manifestazione causa la rottura dei vasi sanguigni che si trovano all'interno del fegato, oltre ad un accumulo di lipidi a livello epatico. In breve tempo poi, l'animale va incontro alla morte. L'insieme delle cause alla base di questa dismetabolia non è del tutto chiaro ma sicuramente ve ne sono di nutrizionali che riguardano principalmente la lipogenesi (Figura 8) (Tan *et al.*, 2021). La sintesi degli acidi grassi nei volatili è un processo fisiologico fondamentale. Nelle ovaiole serve per la formazione del tuorlo mentre nei polli è una caratteristica nutrizionale della carne, che influisce sulla carcassa e sulla resa finale. La lipogenesi avviene principalmente nel fegato ma parte dall'intestino. Qui, i lipidi alimentari vengono assorbiti e di seguito idrolizzati dalla lipasi intestinale (enzima). Dopodiché, i trigliceridi si ricompongono e entrano nel sistema circolatorio trasportati da protomicroni (piccole lipoproteine). Questo processo aumenta con l'apporto di carboidrati nella dieta, perché è strettamente collegato alla presenza dell'acetil-CoA in circolo. L'eccessivo contenuto di energia nella razione quindi, va ad aumentare lo stoccaggio di lipidi nel fegato che senza una dose corretta di proteine, quindi un'equilibrata sintesi amminoacidica (es. carenza di metionina), sovraccarica l'organo. Anche le vitamine e i minerali sono fattori che giocano un ruolo fondamentale nella degradazione dei lipidi. Per questo motivo, le loro carenze possono rivelarsi davvero dannose. Tra i principali, riporto colina, vitamine B9 e B12 e carenza di ferro. Tra i sintomi principali della FLHS troviamo emorragie al fegato e nei reni, statosi epatica e nei casi più gravi, la morte improvvisa dell'animale (Moon, 2018).

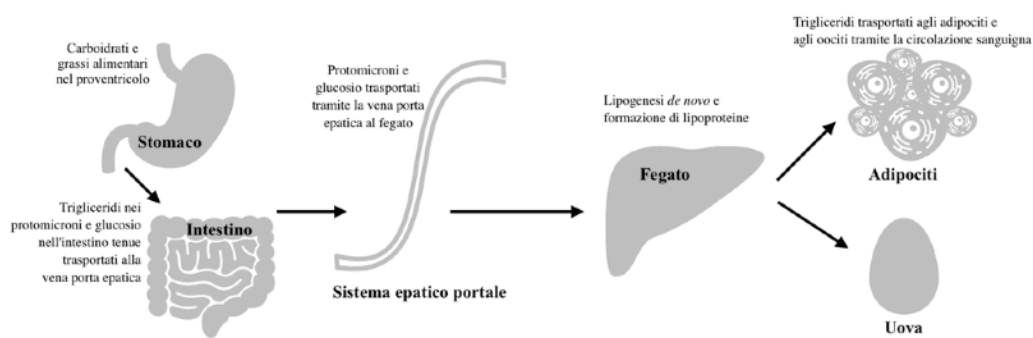


Figura 8 Metabolismo lipidico degli avicoli (Moon, 2018).

3.2.3 White striping e Wooden Brest

Il *White striping* è considerato una miopatia ormai comune negli allevamenti dei broiler. È caratterizzata dall'infiltrazione di grasso a livello muscolare dovuta all'alterazione dei processi fisiologici di formazione dei tessuti corporei causata dall'elevata selezione di animali a crescita rapida. Tra le principali cause troviamo la carenza di sostanze antiossidanti a livello cellulare che comportano stress ossidativo e malfunzionamento dei processi biochimici come il ciclo di Krebs. Inoltre, si pensa che un insufficiente apporto di calcio possa influire (Lee e Mienaltowski, 2023).

In situazioni normali, la crescita muscolare avviene per proliferazione e distensione delle cellule che, raggiunta la fase di mioblasto, si fondono diventando fibre muscolari (miogenesi). In contemporanea, vasi sanguigni e nervi si instaurano nel muscolo, strutture fondamentali per mantenere l'omeostasi e trasportare i nutrienti nelle varie porzioni del tessuto muscolo-scheletrico.

Le cellule deputate alla miogenesi necessitano tempistiche adeguate per costruire le masse muscolari in maniera efficiente. Spesso, nei broiler ad accrescimento veloce, non sono in grado di accelerare la loro proliferazione e distensione. Questa situazione crea infiammazione a livello del tessuto muscolare che richiama macrofagi negli interstizi. Se consideriamo inoltre l'apparato respiratorio, che in questi casi risulta sottosviluppato, capiamo che la mancanza di ossigeno sufficiente per la respirazione cellulare comporta assenza di ATP e incapacità di sintetizzare le proteine necessarie per l'accrescimento. L'insieme di questi eventi porta a lesioni necrotiche e infiltrazione di collagene (fibrosi). I macrofagi, ingerendo lipidi, aggravano la miopatia cambiando la consistenza esterna

del muscolo e formando strisce bianche che seguono la direzione delle fibre muscolari (Figura 9). L'aumento calorico della carne, il deprezzamento a causa della presenza di difetti nella carcassa e la diminuzione dell'apporto proteico sono tutte conseguenze del *white striping* (Lee e Mienaltowski, 2023).

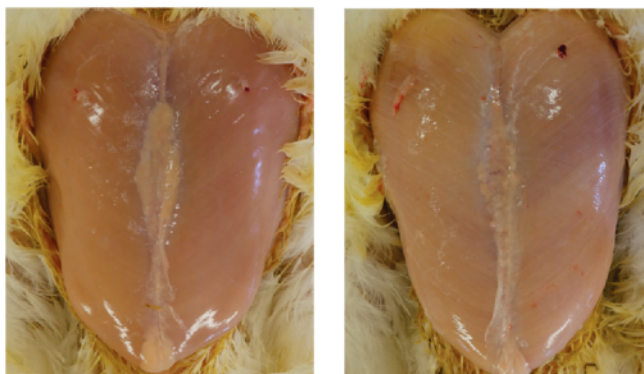


Figura 9 Differenza tra petto di pollo conoscenza di white striping e petto con white striping severo (Kuttappan et al., 2016).

Contrariamente al *white striping*, il fenomeno del **Wooden breast (WB)** non possiede ancora eziologia e patogenesi del tutto chiare. Molti studi però suggeriscono una sua similarità al diabete di tipo 2 nei mammiferi a causa delle alterazioni nel metabolismo di glucosio e lipidi. Nei polli infatti, l'iperglicemia porta spesso all'insorgenza del petto legnoso (Lake e Abasht, 2020).

Tra le cause accertate di WB troviamo sicuramente un eccessivo apporto di grassi nell'alimentazione che si accumulano a livello tissutale. I broiler selezionati per una crescita rapida vanno facilmente incontro a stress ossidativo delle loro cellule muscolari, come descritto nel *white striping*. Questo evento causa disfunzioni nei processi di glicolisi e glicogenesi anche se il glucosio prelevato dal sangue risulta costante o addirittura aumentato. Quest'ultimo infatti segue altre vie metaboliche causando fibrosi e ipertrofia a livello del muscolo *pectoralis major* (Lake e Abasht, 2020).

3.3 Stress fisiologico e comportamentale

3.3.1 Cannibalismo

Attualmente, il cannibalismo non è considerato una vera e propria patologia degli allevamenti avicoli, bensì più un insieme di comportamenti anormali dovuti a diversi fattori nutrizionali, ambientali e spesso, anche patologici. In natura, questo evento accade normalmente nella determinazione delle gerarchie nei greggi. Negli allevamenti però, l'insieme di questi atteggiamenti può essere memorizzato dagli esemplari che assistono a momenti di cannibalismo tra i loro simili, arrecando ingenti perdite di capi e instaurando un ambiente di allevamento che va oltre ogni regola sul benessere animale. Questa condizione può verificarsi indipendentemente dalla specie, in ciascuna fascia di età e in tutte le categorie produttive. Alcune ovaiole ad esempio, assumono atteggiamenti cannibali nei confronti delle loro compagne di gabbia/nido, in modo tale da aumentare il proprio spazio vitale (Sethy *et al.*, 2018).

Tra le cause principali troviamo lo stress psicologico degli uccelli, che può dipendere da vari fattori come il sovraffollamento degli ambienti di allevamento ma anche l'insufficiente quantitativo di alimento in mangiatoia, o dall'incapacità da parte degli animali di alimentarsi correttamente che instaura fenomeni di pica (assunzione di sostanze non alimentari per noia o per carenze nutrizionali). Il tutto parte quindi da una gestione incorretta dell'allevamento che influisce in maniera diretta sullo stato psichico degli animali. Lo stress è il fattore principale che aumenta l'aggressività tra gli animali e la conseguente manifestazione di comportamenti anomali come l'azione di beccare piume, cresta, arti e persino il ventre dei propri simili.

Tra i vari comportamenti, l'eccessivo stacco di piume è considerato uno degli stadi più gravi perché espone la pelle dei volatili a perdite di calore, parassiti (es. acari) e potenziali lesioni fisiche. Queste ultime, se provocate da altri animali, influenzano l'intero gregge che vi assiste e aggrava l'incidenza del cannibalismo nell'intero gregge. Anche le lesioni al ventre sono pericolose in quanto, nelle ovaiole ad esempio, causano spesso prolasso dell'ovidutto e rottura dei tessuti. In ogni caso, la perdita di sangue porta l'animale colpito a uno stato di grave anemia e alla morte per dissanguamento (Sethy *et al.*, 2018).

3.3.2 Sindrome della morte improvvisa nei broiler

Non è ancora del tutto chiaro l'insieme dei fattori che portano all'insorgenza di questa patologia ma si pensa che le carenze nutrizionali, gli squilibri metabolici ad esse correlati e le tecniche di gestione degli animali in allevamento possono contribuire in maniera impattante all'aumento della cosiddetta **Sudden death syndrome (SDS)** dei polli da carne. Questa problematica colpisce gli animali di tutte le età ed è più comune negli esemplari maschi.

Tra le principali cause accertate troviamo un eccessivo apporto di grasso nella dieta, che oltre a creare squilibri a livello epatico influisce in maniera negativa sul sistema cardio-circolatorio. Questa sindrome infatti, si manifesta principalmente attraverso la morte per insufficienza cardiaca, motivo per il quale si pensa che anche carenze di elettroliti come sodio (Na⁺), cloro (Cl⁻) e potassio (K⁺) siano fattori di insorgenza importanti. La presenza di troppo glucosio nella dieta instaura meccanismi fermentativi che lo trasformano in acido lattico, aumentandone la concentrazione nel sangue e di conseguenza il rischio di SDS (Siddiqui *et al.*, 2009).

Dal punto di vista genetico, si è compreso che animali selezionati per l'accrescimento rapido e la macellazione nel più breve tempo possibile, prediligono lo sviluppo di massa muscolare a discapito degli organi interni quali cuore, polmoni e reni. Questa condizione causa ipossia e in seguito insufficienza cardiaca, sintomi tipici della SDS. Per concludere è bene accennare i principali fattori manageriali che influiscono su questa problematica. Si è notata la correlazione tra un'alta intensità luminosa in allevamento e l'incremento dell'eccitabilità e dello stress degli animali. Essendo questi ultimi segni clinici esterni che possono portare alla *sudden death*, anche la corretta gestione dei programmi luce è da tenere in considerazione. Animali contenuti in aree con elevata densità di allevamento, sono più esposti a fenomeni di stress e cannibalismo, condizioni che sfavoriscono il benessere animale e creano stress a ciascun individuo (Siddiqui *et al.*, 2009).

4) MATERIE PRIME FUNZIONALI E ATTIVE: PROPRIETA' E MECCANISMI D'AZIONE

Le materie prime naturali con funzione nutraceutica sono definite come “*sostanze prodotte in forma purificata o estratte e somministrate per via orale ai pazienti per fornire agenti utili alla normale struttura e funzione del corpo, con l'intento di migliorare la salute e il benessere degli animali*”. Possono quindi essere considerate dei nutrienti con funzioni farmaceutiche (Pandey *et al.*, 2019).

Da sempre molto sfruttate per la cura degli organismi viventi, sono ad oggi molto studiate, grazie alla loro accessibilità economica e alla maggiore reperibilità. Inoltre, rispetto alle molecole di sintesi chimica utilizzate come antibiotici, gli estratti e i derivati dei vegetali ad esempio possiedono meno effetti collaterali a livello corporeo.

Generalmente i composti in questione presentano sostanze attive che agiscono ad ampio spettro sull'organismo intervenendo in diversi processi metabolici, con molteplici organi bersaglio. La loro peculiarità è quindi quella di possedere diverse proprietà, tra le quali troviamo spesso potere antiossidante e anti-infiammatorio, capacità immunomodulatrice, funzioni sedative e adattogene (Pandey *et al.*, 2019).

Esistono diverse classificazioni che suddividono le materie prime in relazione alla loro funzione o alle loro caratteristiche. La Tabella 7 riporta le categorie di additivi di interesse per questa tesi suddivise secondo la regolamentazione attuale della Commissione Europea (Pandey *et al.*, 2019). Alcuni di essi verranno in seguito approfonditi.

Tipologia	Definizione	Esempi
Additivi sensoriali/ organolettici	Gruppo di additivi utilizzati per migliorare le caratteristiche sensoriali dei mangimi, come il sapore o l'odore e l'appetibilità	Aromi e dolcificanti (estratto di vaniglia), coloranti naturali, etc.
Additivi zootecnici	Hanno l'obiettivo di migliorare le prestazioni produttive e il benessere degli animali, nonché lo stato nutrizionale favorendo l'utilizzo efficiente dei nutrienti presenti nella dieta	Probiotici, prebiotici, enzimi e fitoestratti
Additivi nutrizionali	Mirano a soddisfare i bisogni nutrizionali degli animali. Nella maggior parte dei casi, tali additivi sono forme concentrate di nutrienti già presenti nella dieta.	Vitamine, oligoelementi, aminoacidi, urea e loro derivati
Additivi tecnologici	Insieme di additivi utilizzati per migliorare le caratteristiche fisiche e la conservazione dei mangimi	Conservanti, antiossidanti, emulsionanti, stabilizzanti, additivi per il controllo della contaminazione microbiologica, addensanti, leganti e pigmentanti
Coccidiostatici e istomonostatici	Sostanze usate per prevenire infezioni da coccidi o istomonadi negli animali d'allevamento, specialmente nei volatili. Non sono classificati come antibiotici	/

Tabella 7 *Classificazione degli additivi per mangimi zootecnici secondo la Commissione Europea (Pandey et al., 2019).*

4.1 Estratti vegetali e composti funzionali

Alcuni estratti vegetali, in virtù del loro contenuto in composti fitochimici bioattivi, sono stati autorizzati come additivi per mangimi secondo la normativa europea (Reg. CE 1831/2003). Tali estratti possono svolgere funzioni aromatiche, antiossidanti o di supporto digestivo, e rientrano nella categoria degli additivi sensoriali o zootecnici, a seconda dell'effetto esercitato.

I fitochimici sono metaboliti secondari naturali prodotti dalle piante, spesso responsabili delle loro proprietà aromatiche, coloranti o difensive. Pur non essendo nutrienti essenziali, essi svolgono numerose attività farmacologiche, antimicrobiche e antiossidanti. Nella pianta hanno un ruolo protettivo contro agenti biotici e abiotici, mentre in ambito zootecnico possono essere sfruttati per migliorare il benessere animale e supportare il metabolismo digestivo e immunitario dei capi allevati. Tra i principali composti fitochimici di interesse si annoverano tannini, polifenoli, flavonoidi, alcaloidi, gomme e resine (Pandey *et al.*, 2019).

I metodi di estrazione dei composti fitochimici sono numerosi e comprendono sia tecniche convenzionali sia metodologie più recenti. La più semplice è sicuramente **la macerazione** che consiste nell'ammollare per tre giorni il materiale vegetale tagliato grossolanamente all'interno di un solvente specifico. Al termine del periodo di estrazione, il liquido viene filtrato e purificato e si ottiene il fitoestratto (Bitwell *et al.*, 2023). Un'altra tecnica è **la digestione**, simile alla macerazione ma con la differenza che la componente della pianta viene immersa nel solvente riscaldato fino ad un massimo di 50 °C per velocizzare la fuoriuscita dei composti senza intaccare le proprietà degli attivi. Esiste poi **l'infusione** che avviene in solvente bollente per circa quindici minuti. Ciò che si ottiene viene poi separato dal residuo solido. Altra metodologia molto diffusa è **l'estrazione con l'apparato di Soxhlet** che prevede di far gocciolare il solvente caldo all'interno di un filtro di carta dove è stato posto il materiale tritato. Il ciclo di filtraggio viene effettuato più volte ottenendo una soluzione concentrata dove è presente la sostanza fitochimica. Queste tecniche non sono però del tutto efficienti. In alcuni casi si rischia di perdere le proprietà dei composti oppure di dover utilizzare grandi volumi di solvente per poter estrarre poche quantità di sostanze attive (Bitwell *et al.*, 2023).

Per queste ragioni si è trovata una tecnica che prevede **l'estrazione accelerata tramite solvente (ASE)**. Questa viene effettuata in pressione e a temperature elevate ma i tempi di estrazione sono molto ridotti rispetto a macerazione e tecnologia Soxhlet. Il materiale vegetale viene inserito all'interno di una vasca in acciaio e stratificato con silice inerte e filtri in cellulosa. Successivamente viene aggiunto il solvente e la cella viene chiusa. Il sistema va in pressione e raggiunge la temperatura prefissata per un certo quantitativo di tempo. L'estratto viene fatto percolare in fiale. Altre tecniche di recente scoperta utilizzano gli ultrasuoni che hanno la capacità di far espandere e contrarre i tessuti cellulari, favorendo l'estrazione (Bitwell *et al.*, 2023).

4.1.1 Estratto di cannella (*Cinnamomum spp.*)

La pianta della cannella appartiene al genere *Cinnamomum spp.*, ma solamente alcune specie hanno importanza rilevante nell'industria avicola, tra cui *Cinnamomum zeylanicum*, *Cinnamomum cassia* e *Cinnamomum burmanni*, sono le principali. Queste ultime, contengono diversi composti bioattivi, che vengono ad oggi isolati e purificati con diverse tecniche. Disidratando l'estratto si può ottenere una polvere contenente i principi attivi (Ali *et al.*, 2021). Tuttavia, il composto che possiede effetti migliori è l'olio essenziale di cannella, del quale riservo una descrizione specifica nel paragrafo dedicato (paragrafo 4.2.1).

Tra i metaboliti secondari principali troviamo fenoli, fitosteroli, saponine, terpenoidi e molti altri, i quali possiedono una potente capacità antiossidante. La cannella aiuta a moderare lo stress ossidativo cellulare. I due composti principali sono la **cinnamaldeide** (55-78%) e l'**eugenolo** (59-78%), rispettivamente estratti da corteccia e foglie (Ali *et al.*, 2021).

Tutti gli elementi, in sinergia fra di loro, favoriscono la produzione di enzimi digestivi, aumentano la barriera epiteliale dell'apparato gastrointestinale, inibiscono la proliferazione dei batteri diminuendo le infiammazioni interne. Inoltre, hanno un ruolo importantissimo nel aumento dei batteri commensali che a loro volta sono in grado di sintetizzare vitamine, acidi organici e sostanze antimicrobiche. Tutto ciò aumenta notevolmente la salute intestinale (Ali *et al.*, 2021).

4.1.2 Estratto di carciofo (*Cynara scolymus*)

Tra le piante medicinali più utilizzate al mondo, il carciofo è conosciuto per le sue proprietà farmaceutiche anche nell'allevamento dei volatili domestici. I fitochimici principalmente attivi sono i polifenoli, i flavonoidi, gli acidi fenolici e lignani (Khazaei *et al.*, 2024). Tra questi, cito l'acido clorogenico (5-O-caffeilchinico), la cinarina e **l'acido caffeico**, polifenoli con proprietà antibatteriche, e antifungine. L'estratto di carciofo è un potente antiossidante grazie all'acido caffeico, che in parte favorisce anche la riduzione dei batteri coliformi. È considerato una delle sostanze più epatoprotettive nell'integrazione animale, con effetti positivi in caso di steatosi epatica, accumulo di grasso e tossicità di aflatoxina B1 (Khazaei *et al.*, 2024).

Molte ricerche riportano che i metaboliti del carciofo migliorano le prestazioni produttive, la resilienza allo stress e i parametri chimici principali dell'apparato digerente. Nei polli da carne, modera il colesterolo e aumenta la risposta immunitaria (Khazaei *et al.*, 2024).

4.1.3 Estratto di cardo mariano (*Sylibum marianum*)

Tra gli estratti con attività nutraceutica maggiore troviamo quello derivato dalla pianta di cardo mariano (Bendowski *et al.*, 2022), appartenente alla famiglia delle Asteraceae (Abd El-Ghany, 2022) e ubiquitaria nelle zone del Mediterraneo. Le parti della pianta più ricche di attivi sono i frutti (achenii) e i semi (Bendowski *et al.*, 2022). Questi ultimi sono ricchi di **silimarina**, complesso di flavonoidi e flavonolignani come la taxifolina oppure la silibina (50-60% sul totale della silimarina) (Abd El-Ghany, 2022). L'insieme di questi composti ha potere antinfiammatorio e epatoprotettivo, oltre a migliorare l'appetito e la produzione di succhi gastrici a livello del digerente. La *S. marianum* ha una forte influenza positiva sul sistema cardiocircolatorio e sui processi metabolici del fegato. I semi contengono una grande quantità di vitamina E che funge da potente antiossidante nel tratto digestivo (Bendowski *et al.*, 2022). La somministrazione di *S. marianum* attraverso la dieta, può essere effettuata tramite mangime (panello, farina, semi o estratto) oppure costituendo una soluzione di abbeverata. In questo caso particolare, si è notato un indice di benessere migliore nei polli alla quale è stata somministrata l'infusione con il cardo mariano. Vi sono differenze significative nei pesi

delle carcasse alla macellazione oltre alle rese produttive, nettamente superiori. L'aggiunta di questo estratto nell'acqua di abbeverata ha diminuito l'ossidazione delle fibre dei muscoli pettorali, elevando il valore qualitativo della carcassa. Si pensa inoltre, che questo estratto abbia effetti positivi anche sulla pododermatite plantare. Si è notato infatti un calo dell'incidenza nel gruppo trattato rispetto al gruppo di controllo (Bendowski *et al.*, 2022).

4.1.4 Estratto di melissa (*Melissa officinalis*)

Originaria dell'Europa centro-meridionale, la *Melissa officinalis*, è una pianta aromatica erbacea da molto tempo considerata utile in ambito curativo. Contiene **acido caffeico**, come il *Cynara scolymus*, catechina (flavonoli) e altri acidi con potere antimicrobica e antiossidante (Poorghasemi *et al.*, 2017). L'estratto di melissa si ottiene dalle foglie della pianta che vengono essiccate e in seguito private delle loro proprietà (Travel *et al.*, 2021). Nell'allevamento di broiler, l'aggiunta di una certa concentrazione di estratto di melissa, può avere effetti positivi sulla qualità della carne, in quanto riduce l'incidenza di *White striping* e *Wooden breast* nella carcassa (Travel *et al.*, 2021). In altri casi si nota l'incremento di acidi grassi polinsaturi e una migliore conversione alimentare dei nutrienti assunti attraverso la dieta (Poorghasemi *et al.*, 2017). Altri studi hanno evidenziato che la supplementazione di melissa con una miscela di altre piante (*Urtica dioica* L., *Salvia officinalis* L.; *Galega officinalis* L.) effettuata a partire dagli ultimi sette giorni del ciclo produttivo di ingrasso, può alleviare lo stress da sovraffollamento e di trasporto degli animali nel corso delle pratiche di macellazione (Poorghasemi *et al.*, 2017). La bibliografia moderne suggerisce che l'estratto di melissa possiede notevoli proprietà ipoglicemizzanti e ipolipidemizzanti oltre a ribadire le funzioni ansiolitiche e spasmolitiche (Travel *et al.*, 2021).

4.1.5 Estratto di passiflora (*Passiflora incarnata*)

Nota per le sue proprietà calmanti, la *Passiflora incarnata* viene utilizzata anche in avicoltura sottoforma di estratto (solitamente polvere), derivante dalle foglie di questa pianta (Brass *et al.*, 2025). Come abbiamo spesso ritrovato negli altri estratti vegetali, anche la *P. incarnata* contiene polifenoli, carotenoidi, steroidi e flavonoidi (Pacheco *et*

al., 2021). Tuttavia viene spesso miscelata con altri composti o estratti che possiedono la stessa funzione, in modo tale da enfatizzarne le proprietà e gli effetti benefici sui grandi gruppi di animali presenti in allevamento. Diverse ricerche attestano che prodotti contenenti l'estratto di *P. incarnata* possono ridurre lo stress animale e l'aggressività tra gli individui. Uno studio in particolare, effettuato somministrando un prodotto contenente questo estratto vegetale ad un gruppo di galline ovaiole allevate all'aperto, ha rilevato la diminuzione di fenomeni legati al cannibalismo come il *feather pecking* (beccaggio del piumaggio) durante il trattamento all'interno dell'allevamento (Brass *et al.*, 2025).

4.1.6 Estratto di quillaja (*Quillaja saponaria*)

Questa pianta arborea, originaria del Cile, viene spesso impiegata assieme alla *Yucca schidigera*, specialmente nell'allevamento delle galline ovaiole. L'estratto secco si ottiene dalla corteccia della quillaja, per poi essere somministrato in concentrazione adeguata nella razione avicola (Souza *et al.*, 2023). Il composto che si ottiene dall'estrazione contiene diversi metaboliti attivi, tra cui **saponine** con struttura triterpenoidica che moderano le infiammazioni microbiche delle membrane e delle cellule. Tra le altre componenti troviamo vari polifenoli (acido vanillico e acido piscidico) con funzione antiossidante. Alcuni studi attestano che l'implementazione di una miscela di yucca e quillaja in razione alimentare mantiene costante la resa produttiva in uova, andando a migliorare la resistenza del guscio e della sua cuticola, riducendo gli scarti e gli elementi contaminati, lungo l'intera filiera (Souza *et al.*, 2023).

4.1.7 Estratto di salice bianco (*Salix alba*)

Il salice bianco, nome scientifico *Salix alba* appartiene appunto al genere *Salix*, gruppo di piante arboree dalle spiccate proprietà medicinali (Khayyal *et al.*, 2005). Tra le principali ricordiamo *Salix nigra*, *Salix purpurea* e *Salix fragilis*.

La principale molecola responsabile degli effetti benefici del salice è **la salicina** (Figura 10)($C_{13}H_{18}O_7$), contenuta nella corteccia di questa pianta ed estratta facilmente tramite acqua o solventi idroalcolici (etanolo 80%). Si è concluso che un buon estratto di salice

debba avere almeno il 5% di composti salicilici totali (Saracila *et al.*, 2018). Questo metabolita secondario possiede potentissime proprietà antipiretiche e analgesiche, nonché antinfiammatorie. Altri composti presenti nella corteccia come polifenoli, flavonoidi e acidi organici (acido caffeico) conferiscono capacità antiossidanti, battericide e antiparassitarie all'estratto di *S. alba* (Saracila *et al.*, 2018).

Alcuni esperimenti effettuati in campo attestano che l'inclusione dell'estratto di corteccia del salice bianco all'interno di una dieta per polli da carne può ridurre notevolmente il numero di *Enterobacteriaceae* e *E. coli* favorendo la proliferazione di batteri commensali benefici come i Lattobacilli, anche in condizioni di elevato stress da caldo (Saracila *et al.*, 2018).

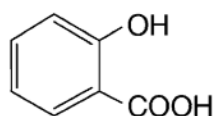


Figura 10 Formula di struttura dell'acido salicilico, forma attiva della salicina negli organismi viventi (Croubels et al., 2005).

4.1.8 Estratto di ulmaria (*Filipendula ulmaria* L.)

Appartenente alla famiglia delle Rosaceae, la *Filipendula ulmaria* L., è diffusa in tutta Europa. L'estratto può essere ottenuto da diverse porzioni di pianta (foglie, fiori, rizomi, etc.) in relazione alla composizione in composti attivi che si desidera ottenere (Yildirim *et al.*, 2024). Anch'essa contiene flavonoidi come catechina e quercetina e tannini idrolizzati, ma molto spesso viene impiegata per il suo contenuto in acidi fenolici come **l'acido salicilico**, **l'acido caffeico** e l'acido gallico. L'insieme di queste molecole, in parte descritte in precedenza, hanno effetti benefici in termini di potere antinfiammatorio e antiossidante, oltre ad un'importante azione immunomodulatrice. Alcuni di essi possiedono poi effetto epatoprotettivo e gastroprotettivo generalizzato. L'inclusione della *Filipendula ulmaria* nella razione avicola aiuta a gestire un ampio raggio di batteri tra cui *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter cloacae* e molti altri (Yildirim *et al.*, 2024).

4.1.9 Estratto di valeriana (*Valeriana officinalis*)

Pur non essendoci evidenze scientifiche rilevanti in merito all'utilizzo della *Valeriana officinalis* nell'integrazione avicola per gestire stress da sovraffollamento e episodi di aggressività tra simili, questa pianta, il cui estratto deriva principalmente dalla radice, ha dimostrato le sue proprietà calmanti in diversi studi effettuati su altre specie animali. **L'acido valerianico ($C_5H_{10}O_2$)**, è il principio attivo per il quale la *V. officinalis* viene distillata. Questo composto è impiegato specialmente come ansiolitico o contro l'insonnia, anche negli esseri umani. Nei ratti, l'estratto di valeriana è in grado di ridurre lo stress agendo su determinati recettori neuronali, inibendone l'attività (Murphy *et al.*, 2010). Sono stati effettuati diversi esperimenti anche su quaglie giapponesi in accrescimento, ma l'elaborazione dei risultati ottenuti ha suggerito che il singolo utilizzo della *V. officinalis* non sia sufficiente per dare effetti significativi (Gravena *et al.*, 2010). L'impiego combinato ad altri estratti invece, come l'estratto di *Passiflora incarnata* è sembrato più efficace e per questo motivo spesso questi due composti vengono associati (Groot *et al.*, 2011).

4.1.10 Estratto di yucca (*Yucca schidigera*)

Come ultimo fitoestratto di interesse ricordare la *Yucca schidigera*, che in avicoltura viene impiegata per moderare il contenuto di ammoniaca nelle feci e quindi il potenziale inquinamento dovuto agli allevamenti. Questa pianta è ricca di saponine e composti fenolici attivi che aumentano l'assorbimento intestinale dei nutrienti, modificano il microbiota e hanno effetti positivi su tutta la digestione. In particolare, l'assunzione di questo estratto migliora le prestazioni produttive in termini di consumazione di azoto e aumento dell'assunzione di cibo. Intervendendo su questi processi, la *Y. schidigera* riduce notevolmente la fuoriuscita di ammoniaca per via fecale migliorando le condizioni ambientali della lettiera e la concentrazione di NH_3 nell'aria (Saeed *et al.*, 2018).

4.2 Gli oli essenziali

Gli **oli essenziali** sono essenze volatili dalla consistenza oleosa contenute nei tessuti di alcune piante. A temperatura ambiente si possono trovare in diverse forme fisiche, tipicamente allo stato liquido, spesso sottoforma di resina. Ciascuno possiede le proprie peculiarità e caratteristiche specifiche di colorazione e aroma (Tabella 8). Possono essere contenuti in tutte le componenti di un vegetale, nello stelo e all'interno delle foglie, nei frutti e nei semi, alcune volte persino nei fiori. Fin dall'antichità sono stati utilizzati in campo terapeutico per le loro proprietà battericide e antimicrobiche (Bassolé e Juliani, 2012).

Sono composti complessi formati generalmente da idrocarburi derivati dall'isoprene, i terpeni, legati a componenti aromatiche o alifatiche come i fenoli, gli esteri oppure alcuni eteri. Ad oggi, i loro effetti sono molto studiati e nell'alimentazione animale vengono sfruttati per le loro proprietà antimicrobiche e antinfiammatorie (Bassolé e Juliani, 2012). Se assunti nell'organismo hanno la capacità di stimolare il rilascio di secreti a livello intestinale e favorire la circolazione sanguigna. Hanno funzione antiossidante e migliorano il sistema immunitario (Brenes e Roura, 2010).

Ciascun olio essenziale possiede una componente principale dalla quale derivano le proprietà terapeutiche, ma essendo un composto naturale, la sinergia tra i suoi costituenti rende più efficiente l'azione negli organismi viventi (Bassolé e Juliani, 2012).

Esistono diversi metodi di estrazione degli oli essenziali dalle componenti botaniche dei vegetali ma la scelta del processo da utilizzare varia in relazione alle caratteristiche intrinseche delle componenti degli oli. Il metodo di ottenimento infatti, può andare a degradare e rovinare le singole unità, compromettendone la funzione (Aziz *et al.*, 2018).

Tra i metodi convenzionali troviamo **l'idrodistillazione** che prevede l'inserimento del materiale vegetale in un recipiente pieno d'acqua che viene portato ad ebollizione. Vi è annesso un condensatore dove passa il vapore prima di essere decantato e separato nelle sue componenti, la soluzione acquosa e la frazione oleosa. Tramite questo metodo non si riscontrano particolari problematiche di denaturalizzazione degli oli, che protetti dall'acqua non vengono modificati dal calore. Negli anni, la tecnologia ha portato a

diminuire le tempistiche di distillazione tramite utilizzo di microonde e correnti ohmiche.

Un'altra tecnica molto diffusa è **la distillazione in corrente di vapore**. In questo caso il materiale vegetale viene posto sopra una corrente di vapore proveniente da una caldaia. Il calore sprigionato dal vapore, rompe le strutture vegetali, facendo fuoriuscire gli oli e gli aromi, che vengono recuperati a parte. Questo metodo permette di estrarre fino al 93% dell'olio essenziale contenuto in una pianta.

Tramite **idrodifusione** invece, il vapore viene convogliato in pressione all'interno di un contenitore chiuso dove è stato inserito il materiale essiccato. Questo per poter ridurre la temperatura di ebollizione sotto i 100 °C e evitare di degradare le componenti biologiche della pianta.

Per l'estrazione da materiale fragile, come nel caso dei fiori, si utilizzano infine dei **solventi** come l'etanolo o l'acetone che vengono miscelati e leggermente riscaldati con le componenti della pianta. A questo punto il solvente viene fatto evaporare e viene separato dall'olio essenziale tramite filtrazione. Di tutte quelle che sono state riportate, questa tecnica è la più lunga e la più onerosa dal punto di vista economico (Aziz *et al.*, 2018).

Pianta	Famiglia botanica	Composizione fitochimica
<i>Cinnamomum spp.</i>	Lauraceae	Cinnamaldeide ; monoterpeni (limonene, pinene, etc.) e sesquiterpeni
<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	Carvacrolo ; o-cimofenolo, linalolo, timolo, cariofillene, limonene, β -pinene
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae	Acido rosmarinico ; acido carnosico, carnosolo, acido 12-O-metilcarnosico, genkwanina, isoscutellareina-7-O-glucoside
<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	Timolo , fenolo monoterpenco derivato dal cimene

Tabella 8 Nome scientifico, famiglia botanica e metaboliti secondari con proprietà antisettiche degli oli essenziali di interesse in avicoltura (Pandey *et al.*, 2019; Figiel *et al.* 2010; Bolechowski *et al.* 2011).

4.2.1 Olio essenziale di cannella

Ottenuto prevalentemente dalla corteccia e dalle foglie, l'olio essenziale di cannella è ricco di composti organici molto utili. Tra i principali troviamo cinnamaldeide,

eugenolo e le loro forme acetate. Un'altra specie di cannella, la *C. altissimum Kosterm* contiene anche terpeni come il limonene e linalolo. La **cinnamaldeide** è considerato il suo principale costituente (C_9H_8O), possiede il tipico aroma speziato dell'albero dalla quale deriva ed ha proprietà antibatteriche e antifungine (Figura 11). La sua forma acetata invece contrasta molto bene le infestazioni degli insetti (acetato di cinnamile). Per quanto riguarda l'eugenolo invece, ha potere antinfiammatorio, antisettico e analgesico. Inoltre riduce il dolore a livello gastrico e inibisce la formazione di batteri e funghi. L'acetato di eugenolo è antiossidante (Pandey *et al.*, 2019).

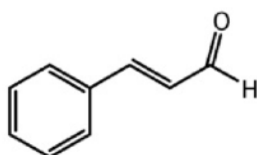


Figura 11 Formula di struttura della cinnamaldeide (Shreaz *et al.*, 2016).

4.2.2 Olio essenziale di origano

La pianta di origano, caratteristica delle zone mediterranee, viene utilizzata come erba aromatica. Il suo olio essenziale contiene decine di composti che in sinergia hanno un grande potere antiossidante, nonché proprietà antifungine e citotossiche. Tra i composti principali che conferiscono le sopracitate caratteristiche all'olio essenziale riporto il **carvacrolo** e il **timolo**, due isomeri con formula chimica $C_{10}H_{14}O$ (Figura 12) (Pandey *et al.*, 2019).

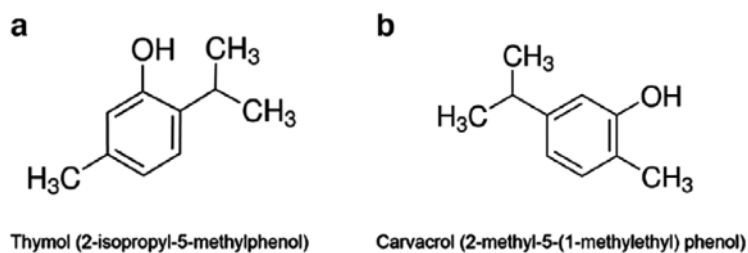


Figura 12 Formule strutturali di timolo e carvacrolo (Gholami-Ahangaran *et al.*, 2022).

4.2.3 Olio essenziale di rosmarino

Come terza essenza volatile è bene riportare l'olio essenziale di rosmarino, ottenuto dalle foglie e dai fiori di questa pianta aromatica, originaria anch'essa delle zone

mediterranee. Il fitocomposto più rilevante dal punto di vista nutraceutico è l'**acido rosmarinico** (C₁₈H₁₆O₈) (Figura 13), ma questa pianta è ricca di molte altre sostanze tra cui monoterpeni come il cingolo, la canfora e l' α -pinene. Fin dall'antichità il *R. officinalis* è stato impiegato contro l'alopecia, come depurante del fegato e pianta capace di ridurre la concentrazione di cortisolo a livello ematico. L'olio essenziale ha un potente effetto antiossidante che aiuta a proteggere la mucosa dell'intestino dall'attacco dei patogeni (Pandey *et al.*, 2019).

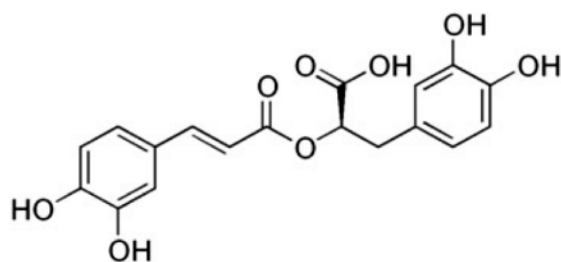


Figura 13 Formula di struttura dell'acido rosmarinico (Pandey et al., 2019)

4.2.4 Olio essenziale di timo

Vi sono più di 150 varietà di *Thymus vulgaris*, la maggior parte possiedono un grande potere medicinale. Generalmente, l'olio essenziale che ne deriva contiene dal 12% al 61% di **timolo**, la molecola più rilevante dal punto di vista curativo. Vi è anche un'importante quota di carvacrolo. Il timolo ha potere antifungino e antisettico, assieme al carvacrolo risulta inoltre antiossidante. Tra le altre proprietà, la bibliografia suggerisce che il timo abbia effetti antispasmodici, sedativi, antinfiammatori e che riduca l'ipertensione (Pandey *et al.*, 2019).

4.3 Acidi organici

Tra i composti più diffusi nell'integrazione animale, troviamo gli **acidi organici** e i loro derivati. Per oltre trent'anni sono stati utilizzati come conservanti per mangimi in grado di ridurre la carica microbica e la potenziale contaminazione di muffe e tossine (Hajati, 2018).

Sono sostanze formate da un gruppo carbossilico (COOH) legato ad un gruppo funzionale R (es. gruppo chetonico, gr. amminico o gr. idrossilico) (Tabella 9). Tuttavia, solamente quelli a corta catena (C1-C7) presentano effetti antimicrobici e regolatori dell'intestino, in quanto possiedono un range di pKa tra il 3 e il 5. Questo parametro permette di determinare a che livello di pH l'acido risulta parzialmente dissociato e quindi potenzialmente attivo nell'organismo. Ogni acido agisce su un range di pH e quindi su una serie di patogeni ben definita. L'acido propionico ad esempio, contrasta molto bene funghi e lieviti (Hajati, 2018).

Generalmente, l'integrazione di acidi organici nella dieta avviene per via orale, vengono infatti inseriti direttamente nei mangimi o nell'acqua di abbeverata. Ciononostante, il limite di questi acidi è la loro rapida metabolizzazione a livello dei primi tratti del digerente che impedisce spesso il raggiungimento degli organi bersaglio. Per questo motivo si preferisce utilizzare i derivati salini degli acidi organici oppure miscele di acidi carbossilici che agiscono in sinergia (Hajati, 2018).

Molte ricerche dimostrano che i blend di acidi organici favoriscono l'assorbimento e la digeribilità delle proteine andando ad aumentare l'attività della pepsina a livello gastrico, con tutti i benefici che ne conseguono sull'accrescimento e sull'efficienza di utilizzazione degli alimenti. Inoltre, le miscele di acidi controllano la competizione nutritiva tra ospite e microrganismi, regolando la proliferazioni di questi ultimi. Favoriscono la secrezione di succhi pancreatici e l'assorbimento di minerali fondamentali per i processi fisiologici e per la produzione (Mirza e Mukhtar, 2016).

Acido	Formula chimica	Organi bersaglio	Proprietà	Bibliografia
Acido acetico	CH ₃ COOH	Tratto gastrointestinale	<ul style="list-style-type: none"> - In sinergia con l'acido lattico aumentano le globuline sieriche - Aumenta ritenzione di Ca e P a livello sierico 	(Hajati, 2018); (Mirza e Mukhtar, 2016)
Acido butirrico	C ₄ H ₈ O ₂	Cieco; piccolo intestino	<ul style="list-style-type: none"> - Riduce la conta di <i>Escherichia coli</i> - Aumento efficienza villi intestinali - Riduce la conta totale di <i>Salmonella enteritidis</i> 	(Hajati, 2018); (Mirza e Mukhtar, 2016)
Acido citrico	C ₆ H ₈ O ₇	Tratto gastrointestinale	<ul style="list-style-type: none"> - Riduce il pH dell'intero tratto digerente - Aumenta la densità di linfociti - Aumenta l'attività di enzimi che liberano azoto in forma amminica e zuccheri riducenti - Aumenta ritenzione di Ca, P e Zn 	(Hajati, 2018); (Mirza e Mukhtar, 2016)
Acido formico	HCOOH	Intestino	<ul style="list-style-type: none"> - Riduce pH cecale - Battericida contro <i>Salmonella spp.</i> - Aumenta efficienza villi intestinali - In sinergia con ac. acetico e ac. propionico riduce la carica totale di <i>Campylobacter</i> 	(Hajati, 2018); (Mirza e Mukhtar, 2016);
Acido lattico	C ₃ H ₆ O ₃	Intestino	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta accrescimento - Aumenta ritenzione di Ca e P a livello sierico 	(Hajati, 2018)
Acido propionico	C ₃ H ₆ O ₂	Porzione cecale dell'intestino; piccolo intestino	<ul style="list-style-type: none"> - Riduce la conta di <i>Escherichia coli</i> - Utilizzato come fonte di energia 	(Hajati, 2018); (Mirza e Mukhtar, 2016)
Acido sorbico	C ₆ H ₈ O ₂	Intestino	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta l'efficienza alimentare 	(Hajati, 2018)

Tabella 9 Caratteristiche degli acidi organici principalmente utilizzati in integrazione alimentare avicola (Hajati, 2018; Mirza e Mukhtar, 2016)

4.4 Oligoelementi

Si dicono **oligoelementi** quelle molecole minerali fondamentali per i processi metabolici dell'organismo che vengono assunte in piccole quantità. Il termine “*oligo-*” infatti deriva dal greco e significa “poco”. Tra questi troviamo sicuramente lo zinco e il selenio, ma anche cloro, boro, rame, fluoro, ferro, iodio, magnesio e zolfo. Tutti intervengono all'interno dei processi anabolici e catabolici dei macronutrienti (carboidrati, proteine, lipidi) e molto spesso nella formazione di nuove cellule dell'organismo (Carvalho *et al.*, 2015). Anche se in quantità esigua, gli oligominerali sono cruciali per l'accrescimento del pollame, per questa ragione vanno monitorati e se carenti, implementati con la dieta (Zaharia *et al.*, 2021).

Vi sono molteplici fonti alimentari ricche di oligoelementi (cereali, foraggi verdi, etc.) ma spesso la formulazione delle diete viene effettuata bilanciando il contenuto dei macronutrienti e degli elementi minerali fondamentali, senza considerare i fabbisogni dei microelementi (Zaharia *et al.*, 2021). La Tabella 10 riporta i principali utilizzati in avicoltura.

Oligoelementi	Fonti	Proprietà
Ferro	<ul style="list-style-type: none"> - Carbonato di ferro - Solfato di ferro monoidrato - Ossido di ferro 	<ul style="list-style-type: none"> - Formazione emoglobina e mioglobina - Trasporto ossigeno nel sangue - Interviene nella produzione di energia perché componente di molti enzimi
Manganese	<ul style="list-style-type: none"> - Carbonato di manganese - Solfato di manganese monoidrato - Ossido di manganese 	<ul style="list-style-type: none"> - Componente di diversi enzimi - Formazione della cartilagine
Rame	<ul style="list-style-type: none"> - Carbonato di rame monoidrato basico - Solfato di rame pentaidrato - Ossido di rame 	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilitazione del ferro per la sintesi dell'emoglobina - Sintesi del collagene - Partecipazione enzimatica ai processi biologici - Rigidità delle ossa
Selenio	<ul style="list-style-type: none"> - Selenato di sodio - Selenito di sodio 	<ul style="list-style-type: none"> - Interviene nei processi metabolici sottoforma di selenocisteina (forma attiva) - Importante per il sistema immunitario - Antiossidante (Alagawany <i>et al.</i>, 2021)
Zinco	<ul style="list-style-type: none"> - Carbonato di zinco - Solfato di zinco monoidrato - Ossido di zinco 	<ul style="list-style-type: none"> - Divisione cellulare - Immunità cellulare - Agente antiossidante - Metabolismo macronutrienti - Componente degli ormoni - Presente in centinaia di enzimi dell'organismo

Tabella 10 Fonti di oligoelementi (Zaharia *et al.*, 2021) e l'importanza che questi ultimi ricoprono nella fisiologia degli organismi viventi (Carvalho *et al.*, 2015; Abd El-Hack *et al.*, 2017).

Gli oligoelementi lavorano in sinergia ad altri composti più importanti come le vitamine e gli acidi organici nella gestione delle patologie all'interno degli allevamenti avicoli. Spesso vengono impiegati sottoforma di sali, che li rendono più disponibili all'interno degli organismi. Nel quarto capitolo verranno riportati gli effetti e i meccanismi d'azione che inibiscono i patogeni attraverso il loro utilizzo, combinato ad altre tipologie di materie prime e integratori.

4.5 Altri additivi funzionali

Vi sono moltissime altre categorie di sostanze che possiedono effetti benefici sul metabolismo del pollame e sulla prevenzione delle malattie più frequenti negli allevamenti. Alcune di queste rivestono ruoli fondamentali nei processi metabolici, in accoppiata con gli acidi organici e gli oligoelementi (McDonald *et al.*, 2011). Altre invece occorrono per far sì che l'insieme degli ingredienti attivi di un prodotto o di un integratore non perdano le loro proprietà a causa di agenti esterni come umidità e luce. Espongo di seguito le principali:

4.5.1 Additivi adsorbenti (bentonite, silice, zeolite, terra di diatomee)

Tra gli additivi tecnologici più sfruttati, fondamentali sono quelli che possiedono proprietà adsorbente. Questi ultimi sono in grado quindi di trattenere molecole biochimiche sulla propria superficie, senza modificarne la composizione. Questa caratteristica permette inoltre di moderare la contaminazione microbiologica dei mangimi (es. micotossine) ma la loro presenza eccessiva può andare a sequestrare altri nutrienti come vitamine e minerali essenziali, inattivandoli (Ghazalah *et al.*, 2021).

Le materie prime in questione sono spesso utilizzate in miscela di concentrazione diversa. Alcuni studi effettuati su diversi gruppi di broiler nella prima fase di crescita, attestano che la miscela di nanosilice e bentonite ad esempio abbia effetti benefici sulle prestazioni di crescita e sugli effetti collaterali dati dalle micotossine presenti nella razione. Dal punto di vista chimico, bentonite e zeolite possiedono capacità di scambio cationico e polarità in grado di attirare le micotossine e inibirne l'attività. Altre categorie di additivi adsorbenti sono i minerali argillosi di origine naturale, in grado di migliorare l'attività enzimatica nel tratto digerente, aumentando l'assorbimento della frazione proteica e riducendo così l'espulsione di ammoniaca attraverso le feci (Ghazalah *et al.*, 2021). In avicoltura, viene spesso utilizzata anche la terra di diatomee, detta "*kieselguhr*", una roccia silicea tenera di origine sedimentaria ricca di minerali (silicio, magnesio, ferro e sodio) e con elevata porosità. Anch'essa presenta capacità adsorbente nei confronti della micotossicosi combinata e possiede proprietà antiagglomerante,

fondamentale per alcuni tipi di alimenti utilizzati nella razione del pollame (Pattar *et al.*, 2020).

4.5.2 Lievito di birra (*Saccharomyces cerevisiae*) e pareti cellulari

Il *Saccharomyces cerevisiae* è un lievito estremamente diffuso in tutto il mondo, in diverse catene produttive e agroalimentari. In alimentazione e integrazione animale è considerato sia un prebiotico che un probiotico e viene utilizzato principalmente per la composizione biochimica delle sue pareti cellulari. Queste ultime infatti sono costituite da polisaccaridi e oligosaccaridi come β -glucani e mannan-oligosaccaridi (MOS). Di seguito, nella Figura 14, lo schema riassuntivo delle funzioni di *Saccharomyces cerevisiae* nel pollame (Qui, 2023).



Figura 14 Effetti benefici di *Saccharomyces cerevisiae* in integrazione avicola (Qui, 2023).

4.5.3 Tannini

Definiti dalla scienza come metaboliti secondari presenti in molte piante in grado di far precipitare la matrice proteica all'interno degli organismi, i **tannini** sono composti polifenolici che assumono varie strutture e che si dividono in diverse categorie. Alcuni esempi sono l'acido tannico, l'acido gallico e l'acido ellagico. In avicoltura, vengono spesso adoperati tannini derivanti dal castagno, distillati dagli scarti dell'edilizia (Choi e Kim, 2020). Inizialmente furono classificati come agenti antinutrizionali, infatti, la loro assunzione diminuiva l'ingestione di alimento da parte degli animali allevati, con conseguente calo della crescita e delle rese produttive. Ad oggi, sono considerati additivi nutrizionali con proprietà antiossidante e antinfiammatoria, caratterizzati da

facile reperibilità e sostenibili dal punto di vista ambientale. Agiscono su un ampio spettro di patogeni aviari, tra cui *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, ma l'effetto maggiore è riscontrato nella gestione delle coccidiosi. Questi composti sono in grado di formare complessi di enzimi parassitari e ioni metallici essenziali per i coccidi. Inoltre, la supplementazione con i tannini aumenta la risposta immunitaria a livello intestinale, diminuisce la conta delle oocisti nelle feci e migliora la conversione alimentare della razione, incrementando l'efficienza del tratto digerente. Possiedono proprietà antiossidante che ripristina la mucosa intestinale attaccata dalle specie di *Eimeria spp* (Choi e Kim, 2020).

Una caratteristica dei tannini molto apprezzata è poi la loro capacità di neutralizzare le specie reattive dell'ossigeno. In allevamento, lo stress da caldo influisce negativamente sulla crescita e sul benessere dei polli e delle ovaiole. Le elevate temperature accelerano i processi metabolici di respirazione mitocondriale, aumentando lo stress ossidativo cellulare e la secrezione di ROS (specie reattive dell'ossigeno). Lo stress ossidativo debilita le pareti intestinali e induce una condizione di infiammazione generalizzata. La proprietà antiossidante dei tannini aiuta a modulare questo fenomeno con effetti maggiori in confronto alle classiche vitamine antiossidanti (principalmente la E e la C) (Choi e Kim, 2020).

4.5.4 Vitamine

All'interno della dieta del pollame, le vitamine possono essere naturalmente presenti negli alimenti oppure aggiunte alla razione sottoforma di integratori concentrati. Queste possono essere idro solubili oppure liposolubili, in relazione all'affinità di legame che possiedono con le altre molecole presenti nell'organismo.

Come è stato descritto nel caso dell'ipovitaminosi D (paragrafo 3.2.1), l'assenza dei composti vitaminici causa problematiche spesso molto impattanti sulla salute dei capi allevati, come del resto, l'eccesso di essi può dare origine a tossicità (McDonald *et al.*, 2011). Nella Tabella 11 sono elencate le vitamine più rilevanti in avicoltura, la loro attività nell'organismo e gli organi/strutture corporee interessate.

Categoria	Vitamina	Organo bersaglio	Attività
Liposolubili	Vitamina A (retinolo)	<ul style="list-style-type: none"> - Occhi - Cute - Scheletro - Sistema immunitario 	<ul style="list-style-type: none"> - Stimola la risposta immunitaria; - Sviluppo organi riproduttivi; - Performance produttiva migliore; - Integrità tessuto epiteliale; - Riduce la perossidazione lipidica in condizioni di stress da caldo.
	Vitamina D (calciferolo)	<ul style="list-style-type: none"> - Scheletro - Sistema immunitario - Tratto intestinale - Ovidotto 	<ul style="list-style-type: none"> - Vitamina D3 fondamentale per l'omeostasi del calcio; - Sviluppo corretto del sistema scheletrico e del guscio delle uova.
	Vitamina E (tocoferolo)	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema immunitario - Tratto digerente - Tessuti e cellule del corpo 	<ul style="list-style-type: none"> - Riduce la perossidazione lipidica; - Neutralizza i radicali liberi; - Stimola la produzione di anticorpi.
	Vitamina K (fillochinone)	<ul style="list-style-type: none"> - Sangue - Scheletro 	<ul style="list-style-type: none"> - Componente di fattore coagulanti del sangue come la protrombina e altri coinvolti nell'arresto delle emorragie; - Rimodernamento osseo e calcificazione scheletrica delle ovaiole durante la deposizione.
Idrosolubili	Vitamina B1 (tiamina)	<ul style="list-style-type: none"> - Metabolismo macronutrienti 	<ul style="list-style-type: none"> - Metabolita essenziale per la secrezione di acetil-CoA.
	Vitamina B2 (riboflavina)	<ul style="list-style-type: none"> - Metabolismo energetico - Cellule 	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento essenziale per coenzimi dello sviluppo e della crescita, nonché per le funzioni cellulari e metabolismo di steroidi e lipidi.
	Vitamina B6 (piridossina)	<ul style="list-style-type: none"> - Sintesi proteica, di carboidrati e degli acidi grassi 	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento essenziale per cofattori del ciclo dell'acido citrico all'interno dell'organismo.
	Vitamina B12 (cobalamina)	<ul style="list-style-type: none"> - Metabolismo basale - Sistema immunitario - Fegato - Cervello - Sintesi energetica 	<ul style="list-style-type: none"> - Metabolita fondamentale presente in processi fisiologici e in diversi enzimi; - Normale funzionamento del sistema nervoso.
	Vitamina C (acido ascorbico)	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema immunitario - Apparato riproduttivo - Sangue - Cellule 	<ul style="list-style-type: none"> - Rafforza risposta anticorpale; - Migliora espressione di deposizione, fecondazione e schiudibilità delle uova; - Aumenta l'assorbimento di Fe ematico; - Mitigare lo stress ossidativo.

Tabella 11 *Integrazione vitaminica in avicoltura, organi interessati e partecipazione ai processi metabolici dell'organismo (Alagawany et al., 2021)*

5) GESTIONE DELLE PROBLEMATICHE AVICOLE: APPLICAZIONE SINERGICA DEGLI INGREDIENTI ATTIVI

Dopo aver descritto le principali problematiche sanitarie e patologiche che si riscontrano attualmente negli allevamenti avicoli italiani e aver riportato le principali caratteristiche degli additivi che ad oggi vengono impiegati per gestirle, in questo capitolo si analizza l'effetto sinergico dell'associazione di additivi di differenti categorie, che insieme hanno dimostrato efficacia scientifica nel trattamento delle diverse complicanze.

1) *Campylobacter*

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Acido acetico	Barriera intestinale, ovidotto, sistema immunitario	Grazie al potere acidificante riducono la conta totale di <i>Campylobacter</i>	(Hajati, 2018; Mirza e Mukhtar, 2016)
Acido formico			
Acido propionico			
Oli essenziali (cinnamaldeide, timolo, eugenolo e carvacrolo)	<i>Campylobacter</i> cecale	Riducono significamente la conta totale di <i>Campylobacter</i> cecale in vitro	(Micciche <i>et al.</i> , 2019)
MOS	<i>Campylobacter</i>	I MOS, integrati ad una certa dose nel mangime, riducono significamente <i>Campylobacter</i>	(Arsi <i>et al.</i> , 2015)
Fitoestratto di curcuma	Intestino	Antinfiammatoria e immunostimolante	(Laganá <i>et al.</i> , 2019)

Tabella 12 Esempio di gestione di Campylobacter mediante sinergia di additivi

2) Coccidiosi

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Olio essenziale di origano	Cellule enteriche dell'epitelio intestinale	Controllano la competizione nutritiva tra ospite e microrganismi, regolando la proliferazioni di questi ultimi	(Mirza e Mukhtar, 2016)
Olio essenziale di rosmarino			
Olio essenziale di timo			
Zinco		Immunità cellulare	(Abd El-Hack <i>et al.</i> , 2017)

Tabella 13 Esempio di gestione della coccidiosi mediante sinergia di additivi

3) Enterite necrotica e enterite emorragica del tacchino

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Fitoestratto di salice bianco	Infiammazione intestinale	Antiossidante, analgesico e antipiretico	(Saracila <i>et al.</i> , 2018)
Fitoestratto di Ulmaria	Infiammazione intestinale	Modula lo stress da caldo perché antiossidante e antinfiammatorio	(Yildirim <i>et al.</i> , 2024)
Olio essenziale di cannella	Infiammazione intestinale	Antiossidante, antibatterico e antinfiammatorio	(Pandey <i>et al.</i> , 2019)
Acido citrico	<i>C. perfringens</i> e <i>Haemorrhagic enteritis virus (HEV)</i>	Antimicrobici e regolatori dell'intestino, in quanto possiedono un range di pKa tra il 3 e il 5	(Hajati, 2018)
Acido formico			
Acido lattico			
Acido propionico			

Tabella 14 Esempio di gestione dell'enterite necrotica e dell'enterite emorragica del tacchino mediante sinergia di additivi

Commento: Fondamentale la prevenzione sulle coccidiosi per ridurre l'incidenza di infezioni secondarie come queste (Paiva e McElroy, 2014).

4) Enterococcus cecorum

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Acidi organici (citrico, benzoico, butirrico, sorbico, etc.)	<i>Enterococcus cecorum</i> nell'intestino	Lavorano in sinergia, modulando la proliferazione di <i>E. cecorum</i> a livello intestinale	(Giovagnoni <i>et al.</i> , 2019)
Fitochimici di origine vegetale (timolo, vanillina, eugenolo, carvacrolo)			

Tabella 15 Esempio di gestione di *Enterococcus cecorum* mediante sinergia di additivi

5) Escherichia coli

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Acido butirrico	<i>Escherichia coli</i> nel piccolo intestino e nel cieco	Riducono la conta totale andando ad agire sull'ambiente intestinale, acidificandolo fino a pH incompatibili con la sopravvivenza di <i>E. coli</i>	(Hajati, 2018; Mirza e Mukhtar, 2016)
Acido propionico			
Acido formico	Contaminazione di <i>E. coli</i> nell'ingluvie	L'aggiunta di acido formico a pH 3 nell'acqua di bevanda riduce significativamente la carica batterica di <i>E. coli</i>	(Khan e Iqbal, 2016)
Miscele di acidi organici (acido fumario, propionato di calcio, formato di calcio, sorbato di potassio, etc.)	<i>E. coli</i> intestinale	Si sono rivelate più efficaci di alcuni promotori di crescita per la riduzione della conta batterica	(Hassan <i>et al.</i> , 2010)
Olio essenziale di origano	<i>E. coli</i> intestinale	In sinergia con gli acidi organici, riduce <i>E. coli</i> nelle feci. Stimola la produzione di immunoglobuline e funge da promotore della crescita	(Dong <i>et al.</i> , 2024)
Olio essenziale di chiodi di garofano	<i>E. coli</i> intestinale	In sinergia con l'acido formico, inibisce <i>E. coli</i>	(Fernandes <i>et al.</i> , 2025)
Fitoestratto di <i>Filipendula ulmaria</i>	Intestino	L'inclusione della <i>F. ulmaria</i> nella razione avicola aiuta a gestire un ampio raggio di batteri tra cui <i>E. coli</i>	(Yildirim <i>et al.</i> , 2024)
Fitoestratto di salice bianco (<i>Salix alba</i>)	Intestino	Flavonoidi e acidi organici contenuti nella corteccia hanno funzione battericida e antiossidante	(Saracila <i>et al.</i> , 2018)

Tabella 16 Esempio di gestione di *Escherichia coli* mediante sinergia di additivi

6) Istomoniasi

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Oli essenziali (timo, limone, rosmarino, cannella e aglio)	<i>H. meleagridis</i>	L'azione di questi oli essenziali è significativa contro <i>H. meleagridis</i>	(Ahmad <i>et al.</i> , 2022)
Fitoestratti di <i>Aloe ferox</i> Mill., <i>Flemingia vestita</i> L., <i>Senna occidentalis</i> L.	<i>H. meleagridis</i>	I loro metaboliti secondari (terpenoidi, flavonoidi, tannini, etc.) agiscono efficacemente contro <i>H. meleagridis</i>	(Ahmad <i>et al.</i> , 2023).

Tabella 17 Esempio di gestione dell'istomoniasi mediante sinergia di additivi

7) Micotossine

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Fitoestratto di carciofo	Aflatossina B1 nel fegato	Epatoprotettivo	(Khazaei <i>et al.</i> , 2024)
Fitoestratto di cardo mariano	Micotossine nel fegato	Epatoprotettivo	(Bendowski <i>et al.</i> , 2022)
Bentonite Zeolite	Micotossine nell'organismo e nell'alimento	Possiedono capacità di scambio cationico in grado di attirare le micotossine e inibirne l'attività	(Ghazalah <i>et al.</i> , 2021)
Vitamina B1	Aflatossina B1	Riduce in maniera significativa la produzione di Aflatossina B1	(Nazemi <i>et al.</i> , 2015)

Tabella 18 Esempio di gestione delle micotossine mediante sinergia di additivi

8) Pidocchio rosso

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Olio essenziale di timo (<i>Thymus vulgaris</i>)	Mucose, epidermide	Antiossidante per le cellule, aiuta a mantenere lo stato fisiologico delle mucose e dell'epidermide. Antinfiammatorio e antisettico.	(Pandey <i>et al.</i> , 2019)
Olio essenziale di artemisia (<i>Artemisia spp.</i>)	<i>Dermanyssus gallinae</i>	Acaricida tossico per contatto, che a determinate concentrazioni (maggiori di 2 µg/cm ³) risulta letale	(Tabari <i>et al.</i> , 2017)
Olio essenziale di <i>Euphorbia globulus</i>	<i>Dermanyssus gallinae</i>	Possibile impiego come repellente contro il pidocchio rosso, che ha evidenziato attività significativa	(Mandal, 2024)
Carbonato di magnesio	<i>Dermanyssus gallinae</i>	Aumentano la mortalità del patogeno tramite contatto, rispettivamente del 96,7% e del 53,3%, dopo sei giorni dalla somministrazione	(Hwang e Chae, 2025)
Carbonato di calcio	<i>Dermanyssus gallinae</i>		

Tabella 19 Esempio di gestione del pidocchio rosso mediante sinergia di additivi

Commento: Uno dei fattori predisponenti all'attacco di *D. gallinae* è sicuramente lo stress da sovraffollamento e le sue conseguenze. Tra queste, ricordiamo il cannibalismo, e la pica, che se non vengono gestiti in maniera preventiva possono accelerare in maniera significativa la diffusione di questo patogeno (Sigognault Flochlay *et al.*, 2017).

9) Salmonella spp.

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Acido butirrico	<i>Salmonella spp.</i> nell'intestino	Riducono la conta totale andando ad agire sull'ambiente intestinale, acidificandolo fino a pH incompatibili con la sopravvivenza di <i>Salmonella spp.</i>	(Hajati, 2018; Mirza e Mukhtar, 2016)
Acido formico			
Miscele di acidi organici (acido fumario, propionato di calcio, formato di calcio, sorbato di potassio, etc.)	<i>Salmonella spp.</i> intestinale	Si sono rivelate più efficaci di alcuni promotori di crescita per la riduzione della conta batterica	(Hassan <i>et al.</i> , 2010)
Fitoestratto di salice bianco (<i>Salix alba</i>)	Intestino	Flavonoidi e acidi organici contenuti nella corteccia hanno funzione battericida e antiossidante	(Saracila <i>et al.</i> , 2018)
Olio essenziale di chiodi di garofano	<i>S. typhimurium</i> , <i>S. enteritidis</i> e <i>S. gallinarum</i> intestinale	In sinergia con l'acido formico, inibisce <i>S. typhimurium</i> , <i>S. enteritidis</i> e <i>S. gallinarum</i>	(Fernandes <i>et al.</i> , 2025)
Olio essenziale di origano	Intestino	In sinergia con gli acidi organici e altri oli essenziali, ha funzione antibatterica, modulatrice del pH e aumenta la capacità digestiva	(Dong <i>et al.</i> , 2024)
Tannini	<i>Salmonella spp.</i>	Molti studi in vitro dimostrano la capacità battericida dei tannini contro <i>Salmonella spp.</i>	(Choi e Kim, 2020)

Tabella 20 Esempio di gestione di *Salmonella spp.* mediante sinergia di additivi

10) Tenie e ascaridi

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Fitoestratto di aglio (<i>Allium sativum L.</i>)	<i>Ascaridia galli</i>	I loro metaboliti secondari agiscono efficacemente contro <i>Ascaridia galli</i>	(Ahmad <i>et al.</i> , 2023).
Fitoestratto di menta (<i>Mentha longifolia L.</i>)			
Zinco	Cellule enteriche dell'epitelio intestinale	Immunità cellulare	(Abd El-Hack <i>et al.</i> , 2017)
Oli essenziali (timo, rosmarino, origano e curcuma)	Attività su vermi adulti	Antiparassitari e antielmintici, specie l'olio essenziale di <i>Curcuma longa</i>	(Matté <i>et al.</i> , 2023)

Tabella 21 Esempio di gestione di tenie e ascaridi mediante sinergia di additivi

11) Ipovitaminosi D, ipocalcemia, rachitismo e osteoporosi

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Vitamina D3 (1,25-diidrossicolecalciferolo)	Metabolismo osseo, accrescimento dei giovani animali e ovodeposizione	Fattore determinante per l'omeostasi del calcio. Durante l'accrescimento o il periodo di picco produttivo, l'integrazione con vitamina D3 in forma biodisponibile aiuta a gestire le carenze di calcio derivanti dalla dieta	(Alagawany <i>et al.</i> , 2021)
Miscela di vitamine e minerali	Accrescimento dei giovani animali e ovodeposizione	L'integrazione con diverse vitamine e minerali in accrescimento e ovodeposizione aiuta a gestire le carenze derivanti dalla razione alimentare	(Alagawany <i>et al.</i> , 2021)
Calcio pidolato	Sistema scheletrico e metabolismo dei minerali	Migliora la resistenza ossea e modula l'assorbimento dei minerali	(Aguilon <i>et al.</i> , 2024)
Manganese	Accrescimento e sistema scheletrico	Carenze di questo elemento in particolare aumentano l'incidenza di anomalie scheletriche, ritardi nella crescita e fallimento riproduttivo. È inoltre molto importante per la formazione della cartilagine	(McDonald <i>et al.</i> , 2011; Carvalho <i>et al.</i> , 2015; Abd El-Hack <i>et al.</i> , 2017)

Tabella 22 Esempio di gestione dell'ipovitaminosi D e dell'ipocalcemia mediante sinergia di additivi

12) White striping e Wooden Brest

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Calcio pidolato	Sistema muscolare (es. muscoli pettorali)	Agiscono sulla conversione alimentare della dieta, evitando fibrosi muscolare e infiltrazione adiposa nei muscoli	(Bertechini <i>et al.</i> , 2024).
Solfato di lisina (Lys-SO₄)			
Vitamina E	Tessuto muscolare e cellule del corpo	Antiossidante cellulare, aiuta a mantenere lo stato fisiologico delle cellule muscolari. Ha un effetto anche sulla riduzione della perossidazione lipidica delle membrane cellulari	(Alagawany <i>et al.</i> , 2021)
Selenio	A livello cellulare	Sottoforma di sali di sodio, ha un effetto antiossidante a livello cellulare	(Alagawany <i>et al.</i> , 2021)

Tabella 23 Esempio di gestione di White striping e Wooden Brest mediante sinergia di additivi

13) Fatty Liver Hemorrhagic Syndrome (FLHS)

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Fitoestratto di cardo mariano	Fegato	Ha potere antinfiammatorio e epatoprotettivo. Inoltre ha una forte influenza sui processi metabolici del fegato. I suoi semi contengono molta vitamina E	(Bendowski <i>et al.</i> , 2022)
Fitoestratto di curcuma	Fegato	Epatoprotettiva e antinfiammatoria	(Laganá <i>et al.</i> , 2019)
Olio essenziale di origano	Fegato e epatociti	Antiossidante cellulare, aiuta a mantenere lo stato fisiologico delle cellule grazie al metabolita secondario carvacrolo (C ₁₀ H ₁₄ O)	(Pandey <i>et al.</i> , 2019)
Vitamina E	Tessuto e cellule del corpo	Antiossidante cellulare, aiuta a mantenere lo stato fisiologico delle cellule. Ha un effetto anche sulla riduzione della perossidazione lipidica delle membrane cellulari	(Alagawany <i>et al.</i> , 2021)
Selenio	A livello cellulare	Sottoforma di sali di sodio, ha un effetto antiossidante a livello cellulare. Viene utilizzato in sinergia con la vitamina E	(Alagawany <i>et al.</i> , 2021)
Vitamine del gruppo B (B4 e B12)	Metabolismo epatico	La colina (B4) ha dimostrato efficacia nel miglioramento della funzionalità epatica. La cobalamina (B12) invece, è essenziale per la sintesi interna di colina	(Navarro-Villa <i>et al.</i> , 2019)

Tabella 24 Esempio di gestione di Fatty Liver Hemorrhagic Syndrome mediante sinergia di additivi

14) Cannibalismo

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Fitoestratto di melissa	Sistema nervoso e situazioni di stress di vario tipo	Miscela di estratti con potere distensivo, calmante e rilassante per alleviare stress da affollamento, cannibalismo e <i>feather pecking</i>	(Poorghasemi <i>et al.</i> , 2017)
Fitoestratto di passiflora			(Brass <i>et al.</i> , 2025)
Fitoestratto di valeriana			(Murphy <i>et al.</i> , 2010)

Tabella 25 Esempio di gestione del fenomeno del cannibalismo mediante sinergia di additivi

15) Sindrome della morte improvvisa nei broiler

Additivi	Bersaglio	Meccanismo di azione	Bibliografia
Fitoestratto di melissa	Gestione dello stress	Miscela di estratti con potere distensivo, calmante e rilassante per alleviare stress da affollamento, cannibalismo e <i>feather pecking</i>	(Poorghasemi <i>et al.</i> , 2017)
Fitoestratto di passiflora			(Brass <i>et al.</i> , 2025)
Fitoestratto di valeriana			(Murphy <i>et al.</i> , 2010)
Sali di Cl, Na e K	Trasporto di membrana, principalmente per movimenti muscolari cardiaci	Gestione delle carenze di elettroliti come Na ⁺ , Cl ⁻ e K ⁺	(Siddiqui <i>et al.</i> , 2009)

Tabella 26 Esempio di gestione della Sudden Death mediante sinergia di additivi

Commento: Per quanto riguarda la prevenzione di questa sindrome, da tenere in considerazione è sicuramente la gestione aziendale per quanto riguarda l'alimentazione. Come spiegato in precedenza vi sono fattori esterni che predispongono questo tipo di problematica come un eccessivo apporto di grasso nella dieta, la selezione genetica che sceglie genotipi a rapido accrescimento, nonché lo stress derivante da programmi di illuminazione troppo intensi in allevamento (Siddiqui *et al.*, 2009).

6) PROSPETTIVE FUTURE NELL'USO DI SOLUZIONI NUTRIZIONALI

6.1 Innovazioni e ricerche emergenti sugli additivi di nuova generazione

Sebbene esistano già innumerevoli materie prime e composti, anche di origine naturale, classificati come additivi ad uso avicolo, la scienza si propone in continuazione di ricercare altre sostanze compatibili con gli alimenti, che possano dare benefici dal punto di vista sanitario e da quelli produttivo e riproduttivo, agli animali da allevamento.

Per questa ragione, esistono ad oggi diversi preparati in fase di sperimentazione, alcuni dei quali offrono risultati davvero positivi.

È dunque fondamentale che gli esperti riescano a trovare nuovi principi attivi in grado di gestire dal punto di vista sanitario le problematiche più incidenti negli allevamenti e che comprendano l'eventuale sinergia che queste sostanze possiedono se addizionate agli alimenti e ad altri additivi, per rendere il loro impiego, il più possibile multifunzionale (Pirgozliev *et al.*, 2019).

Di seguito, sono riportati due esempi di materie prime, selezionate in accordo con l'azienda Tecnozoo s.p.a, che seppur non ancora molto impiegati, possiedono alcuni studi che ne attestano l'efficacia. Pertanto, si presume che le loro proprietà, ad oggi ancora poco sfruttate dall'azienda, rivestiranno in futuro, un ruolo chiave nell'integrazione avicola.

6.1.1 Active D

Questo prodotto contiene farina d'erba e frumento, ed è stato sviluppato per mantenere costante la produzione nel periodo di deposizione e per migliorare il processo di formazione del guscio dell'uovo. All'interno di questo preparato vi sono 10 mg/kg di vitamina D in forma attivata (**calcitriolo glicosidato 1,25-OH-D3**). Questa è naturalmente presente in alcune piante, tra le quali l'Avena dorata (*Trisetum spicatum*). Come sappiamo, la vitamina D riveste un ruolo fondamentale nell'omeostasi del calcio ed è quindi un fattore primario per l'ovodeposizione. La sua forma attiva risulta più

biodisponibile nell'organismo (McDonald *et al.*, 2011). Oltre a questa vitamina, la premiscela per mangimi Active D contiene anche acido ursolico, utile per la sua capacità antiossidante e antinfiammatoria (Do Nascimento *et al.*, 2014) e acido oleanolico che riduce lo stress ossidativo delle cellule dell'intestino, modifica il microbiota cecale e possiede capacità antiossidante (Tu *et al.*, 2024).

Attualmente, Active D è inserita all'interno di un prodotto Tecnozo, lo Strong D. Viene utilizzata in sinergia con l'alga marina *Lithothamnium calcareum*, ad oggi indicata per aumentare la durezza del guscio e il peso dell'uovo (Badecca *et al.*, 2022). Inoltre, sono presenti due **minerali chelati**, lo zinco e il manganese, entrambi cofattori essenziali nel processo di formazione del guscio all'interno dell'ovidotto. In particolare, lo zinco partecipa alla sintesi dello ione carbonato (CO_3^{2-}), mentre il manganese è coinvolto nella produzione di mucopolisaccaridi e glicoproteine, la matrice organica del guscio d'uovo (Londero *et al.*, 2020). In aggiunta a i precedenti, è inserita una certa dose di **carbonato di calcio** (CaCO_3), componente principale del guscio dell'uovo (94-95%), con funzione integrante in caso di carenze nell'organismo (Londero *et al.*, 2020).

6.1.2 Estratto di curcuma (*Curcuma longa*)

La curcuma è un'erba perenne originaria dell'Asia tropicale, appartenente alla famiglia delle Zingiberaceae. La principale specie di interesse zootecnico è la *Curcuma longa*, della quali si essiccano i rizomi per poter successivamente estrarne i composti bioattivi, tramite solventi organici (es. acetone). Esiste anche l'olio essenziale che si ottiene dalle foglie.

I metaboliti funzionali nell'integrazione animale sono i **curcuminoidi** (Figura 15), gruppo di composti derivati dalla curcumina. Di seguito riporto la formula di struttura generica dei curcuminoidi (EFSA *et al.*, 2020).

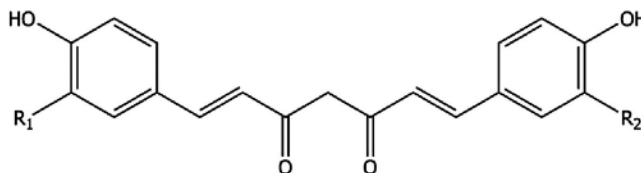


Figura 15 Formula di struttura generica dei curcuminoidi. R1 e R2 variano in relazione alla tipologia di composto (EFSA *et al.*, 2020).

La polvere che si ottiene è poco solubile in acqua, risulta igroscopica e ricca di aroma tipico della curcuma. Il colore può essere variabile, solitamente giallo-arancione (EFSA *et al.*, 2020).

Questo additivo può essere utilizzato come colorante e aromatizzante, ma possiede notevoli capacità epatoprotettive e antisettiche. È in grado di ridurre le infiammazioni e può avere effetti immunostimolanti (Laganá *et al.*, 2019).

L'inclusione della curcuma all'interno della dieta (0,5-2% sul totale) ha effetti positivi anche sulla produzione delle uova e della carne in quanto la sua proprietà antiossidante riduce la degradazione dei lipidi del tuorlo e aumenta la conversione alimentare del mangime (Laganá *et al.*, 2019).

Alcuni studi hanno evidenziato che la sinergia tra curcuma e il fieno greco (*Trigonella foenum-graecum*), possa sviluppare maggiormente la profondità delle cripte intestinali, aumentandone la superficie a contatto con l'alimento durante la digestione e aumentando di conseguenza l'efficienza dei villi e la loro rigenerazione. Un'altra proprietà della curcuma consiste nella prevenzione dei coccidi e della proliferazione di batteri a livello intestinale (Laganá *et al.*, 2019).

Anch'essa è presente all'interno di un prodotto per avicoli sviluppato da Tecnozoo, il Poultry FlamFluid, consigliato in allevamento in caso di stress psicofisico degli animali (in particolare heat stress e stress ossidativo). La curcuma viene mescolata con altri estratti vegetali, noti per le loro proprietà antinfiammatorie e antiossidanti. Tra questi ricordiamo i fitoestratti di *Salix alba* e di *Spiraea ulmaria*, dei quali ho descritto le proprietà nei rispettivi paragrafi (4.1.7 e 4.1.8).

7) CONCLUSIONI

L'integrazione della dieta negli allevamenti avicoli italiani attraverso additivi e sostanze attive, risulta ad oggi essenziale per poter sostenere la richiesta produttiva del mercato nazionale e mondiale. Tuttavia, esistono fattori intrinseci appartenenti a ciascun animale, nonché all'ambiente in cui esso viene allevato, che modificano e variano la bio-disponibilità delle molecole che vengono somministrate come supplemento alla razione.

È fondamentale che la gestione dell'allevamento riguardi in maniera trasversale tutte le buone norme e le regole che vengono suggerite e imposte dalle direttive, per quanto riguarda l'igiene delle strutture, la biosicurezza, la formazione degli operatori, lo scarico e il carico degli animali e la salubrità dell'ambiente, nonché le sue caratteristiche fisiche (clima, temperatura, umidità relativa, etc.). Per quanto riguarda l'alimentazione, questa va bilanciata in relazione alle esigenze dei capi allevati e continuamente ricalibrata durante le varie fasi del ciclo produttivo.

L'integrazione tramite additivi non va per nessuna ragione considerata sostituibile alla razione alimentare e non rappresenta la soluzione più rapida nel caso di insorgenza di problematiche all'interno degli allevamenti, bensì lo step aggiuntivo che permette di aumentare la produttività e le performance riproduttive degli animali laddove la gestione dell'allevamento a monte è integrata in maniera efficiente e razionale, durante l'intero ciclo vitale dei capi.

L'efficacia dei principi attivi, anche di origine naturale, è ampiamente dimostrata dalla bibliografia, che spesso paragona le loro capacità alle sostanze promotrici della crescita. Questo aspetto è davvero interessante perché conferma le potenzialità della Natura e delle sue componenti intrinseche. Sarà dunque determinante in futuro, il ruolo della scienza nella ricerca di nuove materie prime e composti, il quale utilizzo in alimentazione zootecnica sarà sempre più cruciale.

Infine, la sinergia che gli additivi hanno fra di loro, come fitoestratti, acidi organici e oli essenziali, è e sarà in futuro, posta alla base dell'innovazione nel settore della nutrizione animale, come approccio multifunzionale di controllo e di contrasto alle sfide sanitarie future, in tutta la filiera avicola.

8) BIBLIOGRAFIA

1. Abd El-Ghany, W. A. (2022). The potential uses of silymarin, a milk thistle (*Silybum marianum*) derivative in poultry production system. *Online J. Anim. Feed Res*, 12, 46-52;
2. Abd El-Hack, M. E., Alagawany, M., Arif, M., Chaudhry, M. T., Emam, M., Patra, A. (2017). Organic or inorganic zinc in poultry nutrition: a review. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 904-915;
3. Abebe, E., Gugsa, G. (2018). A review on poultry coccidiosis. *Abyssinia Journal of Science and Technology*, 3(1), 1-12;
4. Adedokun, S. A., Adeola, O. (2013). Calcium and phosphorus digestibility: Metabolic limits. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(3), 600-608;
5. Aguilon, L. D., Purnamasari, L., Olarve, J. P., dela Cruz, J. F. (2024). Efficacy of Calcium Pidolate Supplementation on the Growth Performance, Tibial Breaking Strength and Income over Feed Cost of Broiler Chickens. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 34(2), 203-213;
6. Ahmad, S., Humak, F., Ahmad, M., Altaf, H., Qamar, W., Hussain, A., Ashraf, U., Zahid Abbas, R., Siddique, A., Ashraf, T., Mughal, M. A. S. (2023). Phytochemicals as alternative anthelmintics against poultry parasites: a review, 34-45;
7. Ahmad, S., Rizwan, M., Saeed, Z. (2022). Alternative therapeutic strategies for histomonosis: a review, 238-245;
8. Akpabio, U. (2015). Epidemiology of poultry salmonellosis: A review. *J. Vet. Adv*, 5(5), 902-906;
9. Al-Badrani, M. A., Al-Muffti, S. A. (2023). Poultry Farming: New Perspectives and Applications Chapter–Parasitic Diseases of Chickens. In *Poultry Farming-New Perspectives and Applications*;
10. Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yatoo, M. I., Karthik, K., Michalak, I., Dhama, K. (2021). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health—a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 41(1), 1-29;
11. Alba, P., Leekitcharoenphon, P., Carfora, V., Amoruso, R., Cordaro, G., Di Matteo, P., Ianzano, A., Iurescia, M., Diaconu, E. L., Pedersen, S. K., Guerra, B.,

- Hendriksen, R. S., Franco, A., Battisti, A. (2020). Molecular epidemiology of *Salmonella* *Infantis* in Europe: insights into the success of the bacterial host and its parasitic pESI-like megaplasmid. *Microbial genomics*, 6(5), 1-12;
12. Ali, A., Ponnampalam, E. N., Pushpakumara, G., Cottrell, J. J., Suleria, H. A., Dunshea, F. R. (2021). Cinnamon: A natural feed additive for poultry health and production—A review. *Animals*, 11(7), 2026;
 13. Arsi, K., Donoghue, A. M., Woo-Ming, A., Blore, P. J., Donoghue, D. J. (2015). The efficacy of selected probiotic and prebiotic combinations in reducing *Campylobacter* colonization in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(3), 327-334;
 14. Aziz, Z. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., Rafatullah, M., Ganash, M., Kamal, M. A., Ashraf, G. M. (2018). Essential oils: extraction techniques, pharmaceutical and therapeutic potential-a review. *Current drug metabolism*, 19(13), 1100-1110;
 15. Badeca, R., Valentim, J., Garcia, R., Eberhart, B., Serpa, F., Pereira, I., Aparecida Felix, G., de Castro Burbarelli, F., Komiyama, C. M., Bock Correa, E., Mendes-Fernandes, A. R. (2022). *Lithothamnium calcareum* in the diet of Japanese quails improves the external quality of eggs, 494-501;
 16. Bassolé, I. H. N., Juliani, H. R. (2012). Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17(4), 3989-4006;
 17. Bendowski, W., Michalczyk, M., Józwick, A., Kareem, K. Y., Łozicki, A., Karwacki, J., Bień, D. (2022). Using milk thistle (*Silybum marianum*) extract to improve the welfare, growth performance and meat quality of broiler chicken. *Animals*, 12(9), 1085;
 18. Bertechini, A. G., Clemente, A. H. S., Carvalho, A. C., Ramos, A. L. S., Silva, E. A. (2024). Dietary nutritional density, calcium pidolate, and lysine source on performance, occurrence of myopathies and other carcass quality properties in broilers. *Livestock Science*, 280, 105403;
 19. Bitwell, C., Indra, S. S., Luke, C., Kakoma, M. K. (2023). A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. *Scientific African*, 19;

20. Bolechowski, A., Moral, R., Bustamante, M. A., Paredes, C., Agulló, E., Bartual, J., Carbonell-Barrachina, A. A. (2011) Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by the use of winery-distillery composts. *J Essent Oil Res* 23, 32–38;
21. Brass, E., O'Sullivan, J., Gray, H. (2025). Research note: The effect of passionflower supplementation on feather pecking in laying hens. *Poultry Science*, 105102;
22. Brenes, A., Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal feed science and technology*, 158(1-2), 1-14;
23. Carvalho, D. C., Coelho, L. M., Acevedo, M. S. M., Coelho, N. M. (2015). The oligoelements. *Handbook of mineral elements in food*, 109-122;
24. Cavani C., Castellini C., Cerolini S., Cesari V., Dal Bosco A., Finzi A., Gualtierio L. Guarino M., Guidobono Cavalchini L., Marzoni Fecia di Cossato M., Marelli S. P., Marongiu L., Meluzzi A., Petracci M., Romboli I., Schiavone A., Sicuro B. Toschi I., Trocino A., Xiccato G., Zaniboni L., Zoccarato I., *Avicoltura intensiva e statistiche di produzione, Avicoltura e conigliocultura*, Milano 2008;
25. Choi, J., Kim, W. K. (2020). Dietary application of tannins as a potential mitigation strategy for current challenges in poultry production: A review. *Animals*, 10(12), 2389.
26. Clark, S., Kimminau, E. (2017). Critical review: future control of blackhead disease (histomoniasis) in poultry. *Avian Diseases*, 61(3), 281-288;
27. Croubels, S., Maes, A., Baert, K., De Backer, P. (2005). Quantitative determination of salicylic acid and metabolites in animal tissues by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Analytica chimica acta*, 529(1-2), 179-187;
28. de Matos, R. (2008). Calcium metabolism in birds. *Veterinary clinics of North America: exotic animal practice*, 11(1), 59-82;
29. Dhama, K., Gowthaman, V., Karthik, K., Tiwari, R., Sachan, S., Kumar, M. A., Palanivelu, M., Singh Malik, Y., Kumar Singh, R., Munir, M. (2017). Haemorrhagic enteritis of turkeys—current knowledge. *Veterinary Quarterly*, 37(1), 31-42;
30. Do Nascimento, P. G., Lemos, T. L., Bizerra, A. M., Arriaga, Â. M., Ferreira, D. A., Santiago, G. M., Braz-Filho, R., Costa, J. G. M. (2014). Antibacterial and antioxidant activities of ursolic acid and derivatives. *Molecules*, 19(1), 1317-1327;

31. Dong, Y., Gao, X., Qiao, C., Han, M., Miao, Z., Liu, C., Yan, L., Li, J. (2024). Effects of mixed organic acids and essential oils in drinking water on growth performance, intestinal digestive capacity, and immune status in broiler chickens. *Animals*, 14(15), 2160;
32. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP), Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M. D. L., Christensen, H., Kos Durjava, M., Kouba, M., Lòpez-Alonzo, M., Lòpez Puente, S., Marcon, F., Mayo, B., Pechovà, A., Petrova, M., Ramos, F., Sanz, Y., Villa, R. E., Woutersen, R., Brantom, P., Chesson, A., Westendorf, J., Gregoretta, L., Manini, P., Dusemund, B. (2020). Safety and efficacy of turmeric extract, turmeric oil, turmeric oleoresin and turmeric tincture from *Curcuma longa* L. rhizome when used as sensory additives in feed for all animal species. *Efsa Journal*, 18(6);
33. Farhat, M., Khayi, S., Berrada, J., Mouahid, M., Ameer, N., El-Adawy, H., Fellahi, S. (2023). *Salmonella enterica* serovar Gallinarum biovars Pullorum and Gallinarum in poultry: Review of pathogenesis, antibiotic resistance, diagnosis and control in the genomic era. *Antibiotics*, 13(1), 23;
34. Fernandes, B. P., Girardini, L. K., Prestes, A. M., Kominkiewicz, M., Maciel, J. M., da Costa, M. M., Santos Tavares, M. R., da Motta, A. D. S. (2025). Evaluation of the Bioactive Properties of Essential Oils Associated with Organic Acids Applied in Poultry Nutrition. *ACS omega*, 10(11), 11525-11533;
35. Figiel A, Szumny A, Gutièrrez-Ortíz A et al (2010) Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. *J Food Eng* 98(2), 240–247;
36. Ghazalah, A. A., Abd-Elsamee, M. O., Moustafa, K. E. M., Khattab, M. A., Rehan, A. E. A. (2021). Effect of nanosilica and bentonite as mycotoxins adsorbent agent in broiler chickens' diet on growth performance and hepatic histopathology. *Animals*, 11(7), 2129;
37. Gholami-Ahangaran, M., Ahmadi-Dastgerdi, A., Azizi, S., Basiratpour, A., Zokaei, M., Derakhshan, M. (2022). Thymol and carvacrol supplementation in poultry health and performance. *Veterinary Medicine and Science*, 8(1), 267-288;
38. Giovagnoni, G., Tugnoli, B., Piva, A., Grilli, E. (2019). Organic acids and nature identical compounds can increase the activity of conventional antibiotics against

- Clostridium perfringens* and *Enterococcus cecorum* in vitro. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 1398-1407;
39. Giovagnoni, G., Tugnoli, B., Piva, A., Grilli, E. (2019). Organic acids and nature identical compounds can increase the activity of conventional antibiotics against *Clostridium perfringens* and *Enterococcus cecorum* in vitro. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 1398-1407;
40. Gravena, R. A., Marques, R. H., Silva, J. D. T., Hada, F. H., Silva, V. K., Malheiros, R. D., Moraes, V. D. (2010). Physiologics and behavioral effects of the use of valeriana extract in diet of the quail in growing, 408-415;
41. Groot, M., Asseldonk, T. V., Puls-van der Kamp, I. (2011). Natural poultry health.
42. Hajati, H. (2018). Application of organic acids in poultry nutrition. *Int. J. Avian Wildl. Biol*, 3(4), 324-329;
43. Hakeem, M. J., Lu, X. (2021). Survival and control of *Campylobacter* in poultry production environment. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 615049;
44. Hassan, H. M. A., Mohamed, M. A., Youssef, A. W., Hassan, E. R. (2010). Effect of using organic acids to substitute antibiotic growth promoters on performance and intestinal microflora of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(10), 1348-1353;
45. Höglund, J., Daş, G., Tarbiat, B., Geldhof, P., Jansson, D. S., Gauly, M. (2023). *Ascaridia galli*-An old problem that requires new solutions. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 23, 1-9;
46. Hwang, E. T., Chae, M. (2025). Magnesium carbonate for physical control of poultry red mites. *Surfaces and Interfaces*, 64, 106335;
47. Javaregowda, A. K., Kavitha Rani, B., Revanna, S. P., Udupa, G. (2016). Prevalence of gastro-intestinal parasites of backyard chickens (*Gallus domesticus*) in and around Shimoga. *Journal of parasitic diseases*, 40, 986-990;
48. Julian, R. J. (2005). Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry—a review. *The Veterinary Journal*, 169(3), 350-369;
49. Jung, A., Chen, L. R., Suyemoto, M. M., Barnes, H. J., Borst, L. B. (2018). A review of *Enterococcus cecorum* infection in poultry. *Avian diseases*, 62(3), 261-271;

50. Kahn, C. M. (2008). *The Merck Veterinary Manual* (9th ed.). White house station, N.J., USA: Merck and CO., INC, 2201-2206;
51. Khan, S. H., Iqbal, J. (2016). Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of applied animal research*, 44(1), 359-369;
52. Khayyal, M. T., El-Ghazaly, M. A., Abdallah, D. M., Okpanyi, S. N., Kelber, O., Weiser, D. (2005). Mechanisms involved in the anti-inflammatory effect of a standardized willow bark extract. *Arzneimittelforschung*, 55(11), 677-687;
53. Khazaei, R., Seidavi, A., Bouyeh, M., Ogbuagu, N. E., González, D. N. T., Elghandour, M. M. M. Y., Salem, A. Z. M. (2024). Effects of varying levels of *Cynara scolymus* powder on growth performance, carcass characteristics, intestinal microbiota, immune and haemato-biochemical parameters in female quails. *Research in Veterinary Science*, 169, 105162;
54. Klose, J. (1999). Genotypes and phenotypes. *ELECTROPHORESIS: An International Journal*, 20(4-5), 643-652;
55. Kocaman, B., Esenbuga, N., Yildiz, A., Laçin, E., Macit, M. (2006). Effect of environmental conditions in poultry houses on the performance of laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 5(1), 26-30;
56. Kuttappan, V.A.; Hargis, B.M.; Owens, C.M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: A review. *Poult. Sci.* (2016), 95, 2724-2733;
57. Laganá, C., Saldanha, E. S. B., Sartori, J. R., Turco, P. H. N., Gonzales, E., Luciano, R. L., Zanatta, G., Fascina, V. B. (2019). Turmeric on poultry production: A Review. *Agricultural Sciences*, 10(12), 1592;
58. Lake, J. A., Abasht, B. (2020). Glucolipototoxicity: a proposed etiology for wooden breast and related myopathies in commercial broiler chickens. *Frontiers in physiology*, 11, 169;
59. Lee, J., Mienaltowski, M. J. (2023). Broiler white striping: a review of its etiology, effects on production, and mitigation efforts. *Poultry*, 2(2), 292-304;
60. Londero, A., Rosa, A. P., Luiggi, F. G., Fernandes, M. O., Guterres, A., de Moura, S., Hettwer Pedroso, N., Santos, N. (2020). Effect of supplementation with organic and inorganic minerals on the performance, egg and sperm quality and, hatching characteristics of laying breeder hens. *Animal Reproduction Science*, 215, 106309;

61. López-Osorio, S., Chaparro-Gutiérrez, J. J., Gómez-Osorio, L. M. (2020). Overview of poultry *Eimeria* life cycle and host-parasite interactions. *Frontiers in veterinary science*, 7, 384;
62. Lutful Kabir, S. M. (2010). Avian colibacillosis and salmonellosis: a closer look at epidemiology, pathogenesis, diagnosis, control and public health concerns. *International journal of environmental research and public health*, 7(1), 89-114;
63. Majewski, E., Potori, N., Sulewski, P., Waś, A., Mórańska, M., Gębska, M., Malak-Rawlikowska, A., Grontkowska, A., Szili, V., Erdős, A. (2024). End of the Cage Age? A Study on the Impacts of the Transition from Cages on the EU Laying Hen Sector. *Agriculture*, 14(1), 111;
64. Mandal, I. (2024). Chapter-2 Botanicals: As Alternate to Synthetic Insecticides for Insects Pest Management. *ENTOMOLOGY*, 33;
65. Mariotti, M., Lombardini, G., Rizzo, S., Scarafile, D., Modesto, M., Truzzi, E., Benvenuti, S., Elmi, A., Bertocchi, M., Fiorentini, L., Gambi, L., Scozzoli, M., Mattarelli, P. (2022). Potential applications of essential oils for environmental sanitization and antimicrobial treatment of intensive livestock infections. *Microorganisms*, 10(4), 822;
66. Matté, E. H. C., Luciano, F. B., Evangelista, A. G. (2023). Essential oils and essential oil compounds in animal production as antimicrobials and anthelmintics: an updated review. *Animal Health Research Reviews*, 24(1), 1-11;
67. McDevitt, R. M., Brooker, J. D., Acamovic, T., Sparks, N. H. C. (2006). Necrotic enteritis; a continuing challenge for the poultry industry. *World's Poultry Science Journal*, 62(2), 221-247;
68. McDonald P., Edwards R. A., Greenhalgh J. F. D., Morgan C. A., Sinclair L. A., Wilkinson R. G., *Animal nutrition*, Pearson, 2011, seventh edition;
69. McDougald, L. R. (2005). Blackhead disease (histomoniasis) in poultry: a critical review. *Avian diseases*, 49(4), 462-476;
70. Merat, P. (1984). The sex-linked dwarf gene in the broiler chicken industry. *World's Poultry Science Journal*, 40(1), 10-18;
71. Meseret, S. (2016). A review of poultry welfare in conventional production system. *Livestock Research for Rural Development*, 28(12), 234;

72. Micciche, A., Rothrock Jr, M. J., Yang, Y., Ricke, S. C. (2019). Essential oils as an intervention strategy to reduce *Campylobacter* in poultry production: a review. *Frontiers in microbiology*, 10, 1058;
73. Mirza, M. W., Mukhtar, N. (2016). Use of organic acids as potential feed additives in poultry production. *Journal of World's Poultry Research*, 6(3), 105-116;
74. Montoro-Dasi, L., Lorenzo-Rebenaque, L., Marco-Fuertes, A., Vega, S., Marin, C. (2023). Holistic strategies to control *Salmonella Infantis*: an emerging challenge in the European broiler sector. *Microorganisms*, 11(7), 1765;
75. Moon, Y. S. (2018). Lipid metabolism and fatty liver in poultry. *Korean Journal of Poultry Science*, 45(2), 109-118;
76. Murphy, K., Kubin, Z. J., Shepherd, J. N., Ettinger, R. (2010). *Valeriana officinalis* root extracts have potent anxiolytic effects in laboratory rats. *Phytomedicine*, 17(8-9), 674-678;
77. Navarro-Villa, A., Mica, J. H., De los Mozos, J., Den Hartog, L. A., García-Ruiz, A. I. (2019). Nutritional dietary supplements to reduce the incidence of fatty liver syndrome in laying hens and the use of spectrophotometry to predict liver fat content. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(2), 435-446;
78. Nazemi, L., Kordbacheh, P., Ghazvini, R. D., Moazeni, M., Dana, M. A., Rezaie, S. (2015). Effects of thiamine on growth, aflatoxin production, and aflr gene expression in *A. parasiticus*. *Current Medical Mycology*, 1(1), 26;
79. Okasha, H., Song, B., Song, Z. (2024). Hidden hazards revealed: Mycotoxins and their masked forms in poultry. *Toxins*, 16(3), 137;
80. Pacheco, A. C., Feba, L. G. T., Serra, E. G., Takata, W. H. S., Gorni, P. H., Yoshida, C. H. P. (2021). The use of animal manure in the organic cultivation of *Passiflora incarnata* L. increases the content of phenolic compounds in the leaf and the antioxidant activity of the plant. *Organic Agriculture*, 11(4), 567-575;
81. Paiva, D., McElroy, A. (2014). Necrotic enteritis: applications for the poultry industry. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(3), 557-566;
82. Pandey, A. K., Kumar, P., Saxena, M. J. (2019). Feed additives in animal health. *Nutraceuticals in veterinary medicine*, 345-362;

83. Panich, W., Chontanarith, T. (2021). Molecular detection of three intestinal cestode species (*Raillietina echinobothrida*, *R. tetragona*, *R. cesticillus*) from poultry in Thailand. *Avian Pathology*, 50(4), 321-326;
84. Pattar, J., Shridhar, N. B., ML, S. K. S. (2020). Protective role of diatomaceous earth (DAE) on combined mycotoxicosis of aflatoxin B1 and ochratoxin a in coloured broiler (RAJA II) chickens. *J Entomol Zool Stud*, 8, 1424-1429;
85. Peek, H. W., Landman, W. J. M. (2011). Coccidiosis in poultry: anticoccidial products, vaccines and other prevention strategies. *Veterinary quarterly*, 31(3), 143-161;
86. Pirgozliev, V., Rose, S. P., Ivanova, S. (2019). Feed additives in poultry nutrition;
87. Pontin, K. P., Borges, K. A., Furian, T. Q., Carvalho, D., Wilsmann, D. E., Cardoso, H. R. P., Kopp Alves, A., Zottis Chitolina, G., Tadeu Pippi Salle, C., de Souza Moraes, H. L., do Nascimento, V. P. (2021). Antimicrobial activity of copper surfaces against biofilm formation by *Salmonella Enteritidis* and its potential application in the poultry industry. *Food Microbiology*, 94;
88. Poorghasemi, M., Seidavi, A., Mohammadi, M., Simões, J., Laudadio, V., Tufarelli, V. (2017). Effect of dietary inclusion of lemon balm (*melissa officinalis* L.) extract on performance, gut microflora, blood parameters, immunity and carcass traits of broilers. *The Journal of Poultry Science*, 54(4), 263-270;
89. Qui, N. H. (2023). Baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and its application on poultry's production and health: a review, 213-221;
90. Saeed, M., Arain, M. A., Naveed, M., Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Bhutto, Z. A., Bednarczyk, M., Kakar, M. U., Abdel-Latif, M., Chao, S. (2018). *Yucca schidigera* can mitigate ammonia emissions from manure and promote poultry health and production. *Environmental Science and Pollution Research*, 25;
91. Saracila, M., Tabuc, C., Panaite, T. D., Papuc, C., Olteanu, M., Criste, R. D. (2018). Effect of the dietary willow bark extract (*Salix alba*) on the caecal microbial population of broilers (14-28 days) reared at 32 C. In *Agric. Life Life Agric. Conf. Proc*, Vol. 1, pp. 155-161;
92. Saxena, B. C., Rainy, P., Shrivastava, P. V. (1998). *Veterinary post mortem examination*, Delhi: Vikas Publishing House PVT LTD, p. 135;

93. Scarafile, G. (2016). Antibiotic resistance: current issues and future strategies. *Reviews in Health Care*, 7(1), 3-16;
94. Sethy, K., Dash, R., Vaidantika, V., Priyadarshinee, P., Dhaigude, V., Dwibedy, P., Adhikary, P. D. (2018). Cannibalism: A threat to poultry industry. *INDIAN FARMER*, 5, 357-370.
95. Shreaz, S., Wani, W. A., Behbehani, J. M., Raja, V., Irshad, M., Karched, M., Karched, M., Ali, I., Siddiqi, W. A., Hun, L. T. (2016). Cinnamaldehyde and its derivatives, a novel class of antifungal agents. *Fitoterapia*, 112, 116-131;
96. Siddiqui, M. F. M. F., Patil, M. S., Khan, K. M., Khan, L. A., Mafsu, A. M. (2009). Sudden death syndrome—an overview. *Veterinary World*, 2(11), 444-447;
97. Sigognault Flochlay, A., Thomas, E., Sparagano, O. (2017). Poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) infestation: a broad impact parasitological disease that still remains a significant challenge for the egg-laying industry in Europe. *Parasites & Vectors*, 10, 1-6;
98. Souza, O. F., Adams, C. B., Agilar, J. C., Biselo, V., Mello, R. O., Gomez, L. G., Bonaspetti. S., Stefanello, C. (2023). Assessments of productive performance, eggshell quality, excreta moisture, and incubation traits of laying breeder hens fed a proprietary blend of Quillaja and Yucca. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1069295;
99. Sparagano, O. A. E., George, D. R., Harrington, D. W. J., Giangaspero, A. (2014). Significance and control of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Annual review of entomology*, 59, 447-466;
100. Suyemoto, M. M., Barnes, H. J., Borst, L. B. (2017). Culture methods impact recovery of antibiotic-resistant Enterococci including *Enterococcus cecorum* from pre- and postharvest chicken. *Letters in Applied Microbiology*, 64(3), 210-216;
101. Tabari, M. A., Youssefi, M. R., Benelli, G. (2017). Eco-friendly control of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (Dermanyssidae), using the α -thujone-rich essential oil of *Artemisia sieberi* (Asteraceae): toxic and repellent potential. *Parasitology research*, 116, 1545-1551;
102. Tallentire, C. W., Leinonen, I., Kyriazakis, I. (2016). Breeding for efficiency in the broiler chicken: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1-16;

103. Tan, X., Liu, R., Zhang, Y., Wang, X., Wang, J., Wang, H., Zhao, G., Zheng, M., Wen, J. (2021). Integrated analysis of the methylome and transcriptome of chickens with fatty liver hemorrhagic syndrome. *BMC genomics*, 22, 1-9;
104. Travel, A., Petit, A., Barat, P., Collin, A., Bourrier-Clairat, C., Pertusa, M., Skiba, F., Crochet, S., Cailleau-Audouin, E., Chartrin, P., Guillory, V., Bellenot, D., Guabiraba, R., Guilloteau, L. A. (2021). Methodologies to assess the bioactivity of an herbal extract on immunity, health, welfare and production performance in the chicken: The case of *Melissa officinalis* L. extract. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 759456, 1-17;
105. Tu, J., Kang, M., Zhao, Q., Xue, C., Bi, C., Dong, N. (2024). Oleanolic acid improves antioxidant capacity and the abundance of *Faecalibacterium prausnitzii* in the intestine of broilers. *Poultry Science*, 103(12), 104340, 1-13;
106. Yildirim, A. B., Cimen, A., Baba, Y., Turker, A. (2024). Natural-and in vitro-grown *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim: evaluation of pharmaceutical potential (antibacterial, antioxidant and toxicity) and phenolic profiles. *Prospects in Pharmaceutical Sciences*, 22(1), 1-10;
107. Zaharia, R., Frunză, N. D., Pop, I. M., Radu-Rusu, C., Postolache, A. N. (2021). Effects of different dietary levels of vitamins and oligoelements on broilers performance, 172-176;

9) SITOGRAFIA

1. <https://aviagen.com/>
2. <https://lohmann-breeders.com/>
3. <https://www.cobbgenetics.com/>
4. <https://www.hendrix-genetics.com/en/>
5. <https://www.hyline.com/>
6. <https://www.istat.it/>
7. <https://www.unaitalia.com/>

RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzitutto esprimere la mia sincera gratitudine a tutte le persone che hanno preso parte al mio percorso formativo in questo settore, fin dal principio.

Ringrazio il dott. Gianluca Favaro e la dott.ssa Giulia Pretto per avermi dato l'opportunità di effettuare un periodo di tirocinio presso l'azienda Tecnozoo s.p.a, per avermi guidato fin dall'inizio nell'integrazione animale e per avermi in seguito dato l'opportunità di scrivere questo elaborato in collaborazione con Tecnozoo s.p.a., seguendomi durante tutto il percorso di stesura, consigliandomi e revisionando gli scritti.

Un ringraziamento particolare va alla prof.ssa Lucia Bailoni, mia relatrice per questa tesi, per avermi seguito durante il percorso e per essere sempre stata prontamente a disposizione per chiarire qualsiasi mio dubbio.

Un grazie di cuore va alla mia famiglia, ai miei genitori e ai miei fratelli, senza i quali non avrei saputo e potuto affrontare questo percorso. Grazie per essermi vicini in ogni momento, per avermi consigliato e assecondato in ogni mia scelta. Sono molto fortunata ad avere voi nella mia vita.

Un ringraziamento affettuoso va alle mie nonne, Assunta e Marisa, che sono le mie più grandi fortune. Grazie nonna Assunta per aver badato alla mia piccola fattoria mentre ero lontana, grazie per avermi insegnato cos'è la pazienza e la cura delle cose. Grazie nonna Marisa per avermi spronato sempre a fare del mio meglio, per avermi fatto capire che gli obiettivi, se si vogliono raggiungere, non sono mai impossibili, nemmeno se sei da sola.

Un ringraziamento speciale va alla mia adorata Abrypollo, il gruppo di amici più insolito che io abbia mai avuto. Grazie perché avete reso questi miei tre anni a Legnaro, davvero indimenticabili!

Grazie per avermi fatto capire che alcune opportunità vanno prese al volo, per avermi spronato a partire ogni volta che ne avevo l'occasione, per avermi fatto uscire di casa quando l'attaccamento al mio bel Trentino Alto Adige, cercava di riportarmi alle radici. Mi avete sempre fatto tornare il sorriso, siete stati fondamentali in questo percorso e ognuno di voi ha saputo insegnarmi qualcosa.

Infine, un grazie va a tutti i miei amici, quelli genuini, quelli con cui non ho mai dovuto fingere di essere qualcun'altro, che mi sanno capire e che mi sono sempre accanto. Vi ringrazio per l'affetto e la gentilezza con la quale mi avete sempre sostenuto!

