



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti
Risorse Naturali e Ambiente

Corso di Laurea Triennale in Scienze Tecnologie Animali

Fonti proteiche alternative per l'alimentazione del pollo da carne: effetti su prestazioni produttive e salute intestinale

Relatore: Prof.ssa Angela Trocino
Correlatori: Dott. Mattia Pravato
Prof.ssa Vittoria Giannini

Laureanda: Lara Volpato

Matricola n. 2111815

ANNO ACCADEMICO 2025/2026

Indice

RIASSUNTO	3
ABSTRACT.....	5
INTRODUZIONE.....	7
Mercato delle carni avicole attuale e prospettive future	7
L'allevamento del pollo da carne	9
Alimentazione convenzionale del pollo da carne	12
Materie prime proteiche alternative: effetti su prestazioni e salute intestinale	18
OBIETTIVI DELLA TESI	31
MATERIALI E METODI.....	32
Descrizione dell'allevamento	32
Animali e diete sperimentali	33
Rilievi in vivo.....	43
Campionamento e Analisi morfologica dell'intestino	43
Analisi chimiche	44
Analisi statistica	44
RISULTATI E DISCUSSIONE.....	45
Prestazioni produttive	45
Analisi morfometrica	48
CONCLUSIONI.....	52
BIBLIOGRAFIA	53

RIASSUNTO

Il settore avicolo globale è in continua espansione e, trainato dalla continua crescita di produzione e consumi, si conferma uno dei comparti più dinamici della zootecnia moderna. Tuttavia, questa filiera è fortemente condizionata dalla variabilità dei costi delle materie prime utilizzate per l'alimentazione degli animali e da una marcata dipendenza dalle importazioni, in particolare per la farina di estrazione di soia. Quest'ultima rappresenta la fonte proteica di riferimento per il contenuto proteico e l'elevato valore biologico, ma mostra criticità in termini di sostenibilità economica e impatto ambientale. In questo scenario, la ricerca di fonti proteiche alternative, locali e sostenibili, è fondamentale per ridurre l'impatto ambientale del settore e valorizzare le produzioni lungo l'intera filiera. Fatta questa premessa, la presente tesi sperimentale ha valutato l'impatto dell'impiego di tre fonti proteiche alternative alla soia (i.e., favino, lupino e girasole) al 10% di inclusione rispetto alla dieta controllo sulle prestazioni produttive e lo stato della mucosa intestinale di polli da carne. La prova ha utilizzato 624 polli maschi Ross 308, monitorati dalla schiusa fino a 36 giorni d'età. Gli animali sono stati suddivisi in 4 gruppi sperimentali (6 recinti per trattamento, con 26 soggetti ciascuno): un gruppo di controllo (C), alimentato con una dieta standard a base di soia; e tre gruppi sperimentali alimentati con una dieta costituita con il 90% della dieta di controllo e 8,5% di farina di girasole (dieta G), o favino (dieta F), o lupino (dieta L). Sono state misurate settimanalmente le prestazioni zootecniche nel corso di tutta la prova e sono stati caratterizzati a 24 giorni di età campioni del tratto prossimale del digiuno per le valutazioni morfologiche di altezza dei villi, profondità delle cripte e rapporto villi/cripte, oltre al conteggio delle cellule caliciformi mucipare tramite colorazione Alcian-PAS. I polli hanno raggiunto un peso vivo finale medio di 2566 g con un indice di conversione alimentare medio di 1,60. I polli alimentati con la dieta controllo hanno mantenuto performance superiori per l'intero ciclo, raggiungendo un peso finale maggiore (2845 g vs. 2402 g, 2569 g, 2449 g; $P<0,001$) e un indice di conversione più favorevole (1,45 vs. 1,66, 1,64, 1,66; $P<0,001$) rispetto ai polli alimentati con le diete contenenti farina di girasole, lupino e favino. Tra le fonti proteiche alternative, i polli alimentati con la dieta con il favino hanno mostrato una crescita compensativa nella fase finale di crescita, che ha portato gli animali ad un peso finale superiore (2569 g vs. 2402 g, 2449 g; $P<0,001$) rispetto agli altri gruppi che hanno ricevuto la dieta con girasole o con lupino. Gli animali alimentati con la dieta a base di girasole hanno mostrato minore ingestione alimentare giornaliera (109 g/d vs. 113 g/d, 115 g/d, 111 g/d; $P<0,001$) a causa dell'elevato tenore di fibra grezza rispetto a quelli alimentati con la dieta controllo, la dieta F e la dieta L. Per quanto riguarda la morfologia del digiuno, la dieta a base di soia ha indotto un maggior sviluppo dei villi (1084 μm vs. 1031 μm , 1020 μm , 1078 μm nei polli alimentati con la dieta C rispetto agli altri alimentati con le diete G, F, L; $P<0,001$) e un maggiore rapporto villi/cripte (8,98 vs. 7,83, 7,99, 8,76; $P<0,001$). L'inclusione delle fonti proteiche

alternative ha significativamente modificato la morfologia intestinale: i polli alimentati con la dieta F hanno mostrato la minore altezza dei villi e il maggiore numero di cellule mucipare rispetto alle altre diete (25,4 μm con la dieta F vs. 22,0 μm , 24,3 μm , 24,6 μm con le diete C, G, L, rispettivamente; $P=0,001$); i polli alimentati con la dieta G hanno mostrato la massima profondità delle cripte (143 μm con la dieta G vs. 136 μm , 137 μm , 132 μm con le diete C, F, L, rispettivamente; $P=0,018$) e il minore rapporto villi/cripte. Al contrario, il lupino si è rivelato come la fonte proteica locale più promettente rispetto alle caratteristiche della mucosa intestinale a fine ciclo. In conclusione, sebbene la dieta a base di soia si sia confermata come la migliore per indici produttivi e caratteristiche morfologiche della mucosa intestinale, il lupino e il favino si sono mostrati come fonti strategiche per garantire uno sviluppo eco-sostenibile della filiera avicola pur essendo necessaria la messa a punto di programmi alimentari più bilanciati. Per valorizzare il potenziale di queste proteine alternative senza compromettere le performance degli ibridi commerciali, i piani di razionamento futuri dovranno prevedere livelli di inclusione variabili nelle diverse fasi del ciclo, modulando le percentuali in base alla fase di crescita dei polli con inclusioni maggiori specialmente nella fase di finissaggio. Risulta inoltre importante valutare la possibilità di associare a tali formulazioni trattamenti tecnologici intesi a migliorare l'utilizzazione digestiva dell'alimento (come la micronizzazione o la decorticazione) oltre che l'eventuale integrazione di additivi con funzioni digestive.

ABSTRACT

The global poultry sector is constantly expanding and, driven by steady growth in production and consumption, remains one of the most dynamic sectors of modern animal husbandry. However, this industry is heavily influenced by fluctuations in the costs of raw materials used for animal feed and by a marked dependence on imports, particularly for soybean meal. The latter represents the benchmark protein source due to its protein content and high biological value, but it presents significant challenges in terms of economic sustainability and environmental impact. In this context, the search for alternative, local, and sustainable protein sources is essential to reduce the sector's environmental impact and enhance production value throughout the entire supply chain. With this in mind, the present experimental thesis evaluated the impact of using three alternative protein sources to soy (i.e., field beans, lupins, and sunflowers) at a 10% inclusion rate relative to the control diet on the production performance and intestinal mucosal traits of broiler chickens. The study utilized 624 male Ross 308 broilers, monitored from hatching until 36 days of age. The animals were divided into 4 experimental groups (6 pens per treatment, with 26 birds each): a control group (C), fed a standard soy-based diet; and three experimental groups fed a diet consisting of 90% of the control diet and 8.5% sunflower meal (diet G), or field bean meal (diet F), or lupin meal (diet L). Production performance was measured weekly throughout the trial, and samples from the proximal jejunum were collected at 24 days of age for morphological assessments of villus height, crypt depth, and villus-to-crypt ratio, as well as for counting goblet cells via Alcian-PAS staining. Broiler chickens showed a mean final live weight of 2566 g and a mean feed conversion ratio of 1.60. Chickens fed the control diet maintained the best performance throughout the entire cycle, reaching a higher final weight (2845 g vs. 2402 g, 2569 g, 2449 g; $P<0.001$) and a more favourable feed conversion ratio (1.45 vs. 1.66, 1.64, 1.66; $P<0.001$) compared to chickens fed diets containing sunflower meal, lupin, and field bean. Among the alternative protein sources, chickens fed the field bean diet showed compensatory growth in the final phase, leading the animals to a higher final weight (2569 g vs. 2402 g, 2449 g; $P<0.001$) compared to the other groups that received the sunflower or lupin diet. Animals fed the sunflower-based diet showed lower daily feed intake (109 g/d vs. 113 g/d, 115 g/d, 111 g/d; $P<0.001$) due to the high crude fiber content compared to the other protein sources. Regarding jejunal morphology, the soybean-based diet induced greater villus development (1084 μm vs. 1031 μm , 1020 μm , 1078 μm in chickens fed diet C compared to those fed diets G, F, and L; $P<0.001$) and a higher villi-to-crypt ratio (8.98 vs. 7.83, 7.99, 8.76; $P<0.001$). The inclusion of alternative protein sources significantly altered intestinal morphology: chickens fed diet F showed the lowest villus height and the highest number of mucus-secreting cells compared to the other diets (25.4 μm with diet F vs. 22.0 μm , 24.3 μm , 24.6 μm with diets C, G, and L, respectively; $P=0.001$); chickens fed diet G showed the greatest

crypt depth (143 μm with diet G vs. 136 μm , 137 μm , 132 μm with diets C, F, and L, respectively; $P=0.018$) and the lowest villus-to-crypt ratio. Conversely, lupin emerged as the most promising local protein source in terms of intestinal mucosa characteristics at the end of the cycle. In conclusion, although the soy-based diet was confirmed as the best in terms of production indices and morphological characteristics of the intestinal mucosa, lupin and field beans emerged as strategic sources for ensuring the eco-sustainable development of the poultry industry, although the development of more balanced feeding programs is necessary. To maximize the potential of these alternative proteins without compromising the performance of commercial hybrids, future feeding plans must include variable inclusion levels across the different phases of the cycle, adjusting the percentages based on the chickens' growth stage with higher inclusions, especially during the finishing phase. It is also important to evaluate the possibility of combining these formulations with technological treatments aimed at improving feed digestibility (such as micronization or dehulling) in addition to the possible addition of additives that aid digestion.

INTRODUZIONE

Mercato delle carni avicole attuale e prospettive future

Il mercato delle carni avicole è un settore rilevante dell'agroalimentare rappresentato da diverse fasi organizzate tra loro in un sistema di filiera: allevamento, macellazione, trasformazione, distribuzione e consumazione. È definito un settore moderno caratterizzato da diversi punti di forza come l'elevata diffusione in tutto il mondo, la qualità della carne ed un costo contenuto dovuto dall'utilizzo di ibridi commerciali a crescita rapida caratterizzati da un buon indice di conversione alimentare (Unaitalia, 2025).

La carne avicola rappresenta oggi una delle principali fonti proteiche consumate a livello globale grazie al buon profilo nutrizionale, l'elevata digeribilità proteica, la sua diffusione e l'accessibilità economica rispetto ad altre carni (FAO, 2025).

La produzione globale è in costante crescita, tanto che nel 2024 si è avuto un aumento del 2,6% pari a 150 milioni di tonnellate di carne, grazie all'aumento importante della domanda di carni bianche e alla riduzione dei costi dei mangimi ed energia e nonostante il fatto che l'influenza aviaria ad alta patogenicità (HPAI) continua a rappresentare un problema di particolare importanza per gli allevamenti (Unaitalia, 2025).

Negli ultimi vent'anni la produzione europea è stata in costante crescita. Ad oggi l'Unione Europea conferma la posizione di esportatore netto con un grado di autosufficienza superiore al 108% e una produzione di circa 13 milioni di tonnellate di carni avicole (Figura 1).

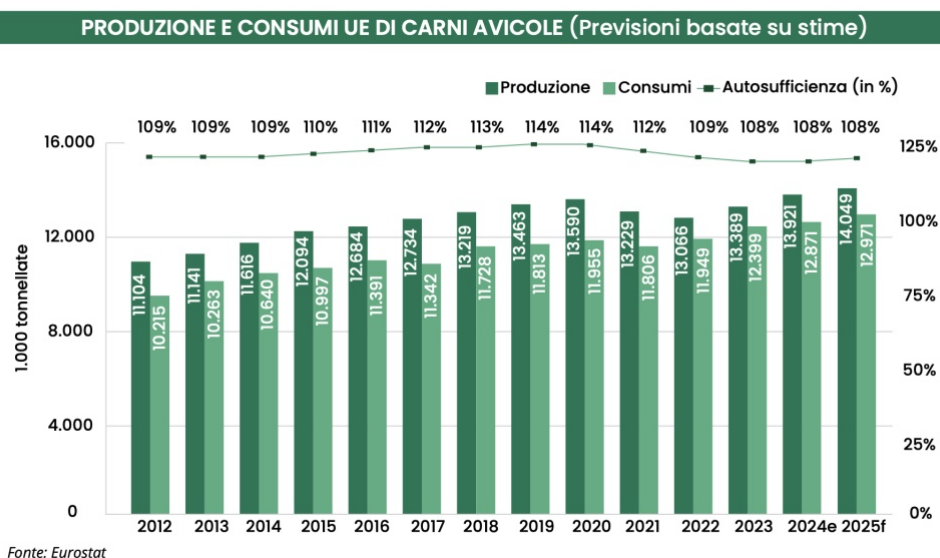


Figura 1. Produzione e consumi UE di carni avicole (Previsioni basate su stime) (Unaitalia, 2025).

L'Unione europea è il quarto produttore mondiale (dopo USA, Brasile, Cina) e uno dei principali player commerciali a livello globale (ISMEA, 2025). I principali produttori europei sono Polonia, Spagna Francia, Germania, Italia e Olanda che rappresentano circa il 73% della produzione totale (Unaitalia, 2025). L'Italia si colloca al quinto posto con il 10% della produzione europea; è in leggera flessione in quanto, negli ultimi anni, ha puntato su innovazione, differenziazione e miglioramento degli standard qualitativi degli allevamenti e delle carni (ISMEA, 2025). L'Italia mantiene un livello di autoapprovvigionamento del 105,6% con un volume complessivo di 1.373.019 tonnellate di carne avicola (Figura 2).

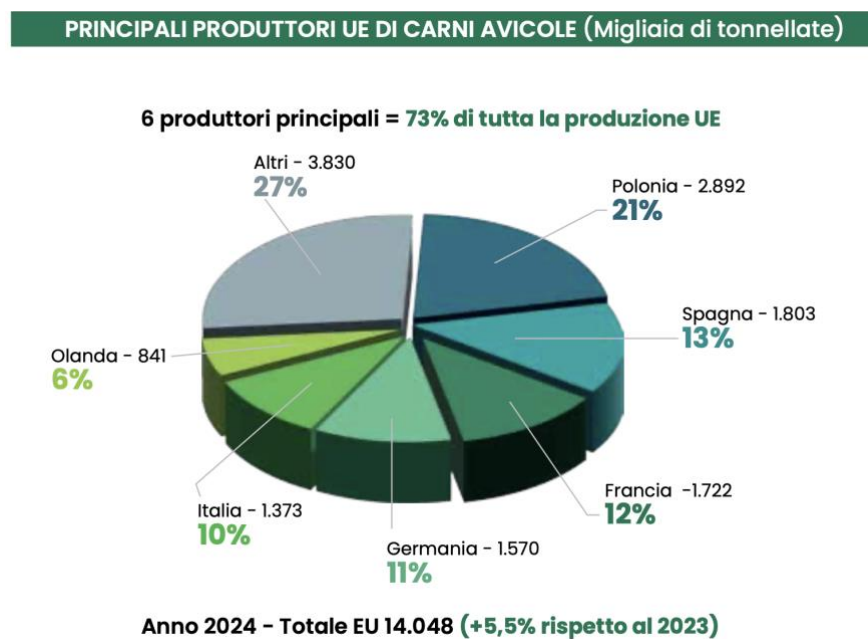


Figura 2. Principali produttori Ue di carni avicole (Migliaia di tonnellate) (Unaitalia, 2025).

Il sistema di integrazione verticale mediante il quale è organizzata la filiera garantisce una produzione del 97,3%, di cui il 77,3% è rappresentato dal pollo da carne e il 20% dal tacchino (Unaitalia, 2025). Al giorno d'oggi il consumatore è sempre più attento alle scelte alimentari, preferendo fonti proteiche derivanti da carni bianche. Questo ha portato ad un aumento del consumo di carne di pollo, soprattutto nelle famiglie con figli in casa. Il consumo pro capite nel 2024 si aggira attorno ai 22,05 kg (Unaitalia, 2025).

Il taglio di carne più pregiato del pollo risulta essere il petto, in quanto è rappresentato da una maggior percentuale di fibre bianche e un minor contenuto di grassi. Il petto prevale sugli acquisti registrando anche un aumento del prezzo del 17% nel corso degli ultimi quattro anni per i quali sono disponibili i dati, i.e., 2021-2024 (ISMEA, 2025).

Per quanto riguarda le prospettive future, la Commissione europea ha pubblicato il rapporto sulle prospettive agricole "EU agricultural out-look 2024-2035" che presenta le proiezioni del mercato per

il settore agroalimentare dell'UE fino al 2035 (ISMEA, 2025). Si prevede che il settore contribuirà alla sicurezza alimentare globale adattandosi ai cambiamenti climatici e alle preferenze dei consumatori. Solo per la carne avicola è previsto un aumento dei consumi, con una domanda verso i prodotti più pregiati, correlato ad un aumento della produzione di 770.000 tonnellate entro il 2035. Per rendere possibili queste previsioni è necessario che il settore sia gestito in modo responsabile tenendo in considerazione le problematiche che si possono presentare lungo tutta la filiera, come l'influenza aviaria ad alta patogenicità. Per questa, alcuni paesi stanno sperimentando la vaccinazione, mentre in Italia si punta soprattutto sulle misure di biosicurezza e la variazione dei prezzi delle materie prime che possono essere influenzati negativamente da questioni geopolitiche e rischi meteorologici (ISMEA, 2025).

L'allevamento del pollo da carne

L'evoluzione del settore avicolo ha contribuito alla definizione di modelli standardizzati per quanto riguarda l'allevamento intensivo del pollo da carne. Il miglioramento genetico ha portato alla creazione di ibridi commerciali caratterizzati da ottime performance di crescita. Queste linee genetiche vengono proposte da imprese di selezione avicola che, oltre a formare i programmi di selezione, illustrano gli obiettivi di produzione e le condizioni ideali di allevamento per permettere all'ibrido selezionato di esprimere in modo ottimale il proprio potenziale genetico (Cerolini, 2015a). In Italia i principali ibridi commerciali allevati sono ROSS e COBB prodotti dalle ditte selezionatrici Aviagen e Cobb Vantress. L'allevamento del pollo da carne è organizzato secondo un sistema a ciclo aperto ad integrazione verticale dove la ripartizione della filiera è regolata da contratti di soccida tra le aziende. La tipologia di produzione è diversa con il sesso degli animali e dipende dalla durata del ciclo di produzione. (Tabella1)

Tabella 1. Produzione nazionale del pollo da carne in funzione del prodotto commerciale finale (busto= carcassa) completamente eviscerata; sfilato = carcassa parzialmente eviscerata) (Cerolini, 2015a).

Categoria	Età (settimane)	Peso vivo (kg)	Sesso	Prodotto Commerciale
Broiler leggero	3	0,7	M e F	busto
Broiler tradizionale	5	1,7-1,8	F	busto
Broiler pesante	5-6	2,2-2,6	M e F	porzioni
Roaster	7-8	3,4-4,0	M	busto o sfilato
Roaster pesante	8-9	4,0-4,4	M	sfilato

Il ciclo di allevamento del pollo da carne può essere suddiviso in tre periodi, svezzamento, crescita e finissaggio. Nel susseguirsi dei cicli è fondamentale che venga rispettata la regola del “tutto pieno-tutto vuoto”, prevista dal piano di profilassi sanitaria. Il vuoto sanitario è obbligatorio tra un ciclo produttivo e il successivo che deve essere di almeno due settimane, nel corso delle quali avvengono il lavaggio e la sanificazione dell’ambiente.

L’allevamento a terra su lettiera permanente è la principale forma di gestione del pollo da carne in Italia; la scelta del materiale di lettiera posto sulla pavimentazione piena dell’allevamento viene effettuata in base al costo e alla sua reperibilità. Solitamente si usano il truciolo di legno bianco, la pula o la lolla di riso. La lettiera deve essere mantenuta asciutta e friabile, con un’umidità del 30-35%, per evitare che imbrattamento degli animali e l’insorgenza di fenomeni infiammatori agli arti o di vesciconi pettorali.

La gestione dell’ambiente di allevamento è un aspetto importante da considerare prima e dopo l’accasamento (Cerolini, 2015a). Solitamente gli animali vengono accasati per gruppi omogenei ad un giorno di vita. Nei giorni successivi alla schiusa, fino a due settimane di vita, il pulcino ha una limitata capacità di termoregolazione; per questo è importante che nel periodo prima e dopo l’accasamento l’ambiente venga riscaldato e mantenuto ad una temperatura adeguata alle esigenze dell’animale mediante l’utilizzo di lampade ad infrarossi o stufe radianti. Oltre al riscaldamento anche il sistema di aerazione deve essere attivo per favorire i ricambi d’aria che devono apportare ossigeno ed aria di buona qualità e ridurre la presenza di polvere e adeguati a dissipare il calore (Cerolini, 2015a).

Per abbassare la temperatura all’interno dell’allevamento, soprattutto nel periodo estivo, negli allevamenti più efficienti viene utilizzato il sistema di raffrescamento “cooling system”.

La gestione alimentare è un altro fattore importante per questo tipo di allevamento. La distribuzione del mangime deve essere rapida, uniforme ed automatica per permettere il riempimento e l’accesso contemporaneo in mangiatoia evitando competizione alimentare fra gli individui. Le mangiatoie circolari con tramoggia centrale, collegata al sistema di distribuzione automatica, sono le più utilizzate. Queste mangiatoie vanno regolate ad un’altezza corrispondente alla linea dorsale del pollo per garantire una corretta posizione all’animale durante l’assunzione ed evitare gli sprechi (Cerolini, 2015a).

L’acqua di abbeverata viene considerata come un alimento vero e proprio, oltre ad essere uno strumento di somministrazione di vaccini e integratori alimentari. È importante che venga sempre messa a disposizione in quanto i volatili ne consumano molta; il fabbisogno giornaliero medio di un pollo; infatti, è di circa 100 ml/kg di peso vivo.

Il consumo di acqua e quello di alimento sono correlati tra loro, il primo corrisponde a circa 1,8/2 volte il consumo di mangime (Cerolini, 2015a); gli abbeveratoi più utilizzati sono quelli a goccia (detti anche nipples), con o senza tazzina, oppure a campana. Essi devono essere regolati in base alla crescita degli animali così come le mangiatoie; inoltre, all'accasamento e durante i primi giorni, è consigliato l'utilizzo di attrezzature supplementari per permettere ai pulcini di adattarsi rapidamente all'ambiente di allevamento dopo il trasporto.

Per favorire le performance di crescita e rispettare il benessere animale, è importante che durante l'intero ciclo di allevamento i principali parametri ambientali, temperatura, umidità relativa (UR), luce e qualità dell'aria, siano mantenuti nei range considerati ottimali per gli animali nelle diverse fasi come si seguito specificato.

La temperatura varia in base all'età del pollo. Nelle prime 24-48 ore va mantenuta attorno ai 30-32°C dopodiché va diminuita progressivamente, fino ad arrivare a 21°C circa al 27° giorno di età. Alla quarta settimana di vita va mantenuta costante al valore di 20-21°C.

L'umidità permette un corretto sviluppo della livrea se mantenuta attorno al 60-80%.

Il programma luce deve rispettare i requisiti imposti dalla direttiva europea 2007/43/CE la quale, definisce che il fotoperiodo deve essere costituito da 18 ore di luce e 6 ore di buio, delle quali almeno 4 devono essere consecutive. L'intensità luminosa deve essere di almeno 20 lux con eventuali variazioni in base allo stato degli animali.

La qualità dell'aria viene valutata in base alla concentrazione di gas nocivi: ammoniac, biossido e monossido di carbonio, presenti in allevamento, possono danneggiare le vie respiratorie riducendo, di conseguenza, le performance produttive degli animali (Cerolini, 2015a). L'ammoniaca è il fattore più importante prodotto dalla fermentazione della lettiera. I valori soglia limite si aggirano attorno ai 20 ppm. Per l'uomo questi valori determinano fastidio a naso, occhi e gola mentre, per i polli valori superiori aumentano il rischio di malattie respiratorie.

Un altro fattore da tenere in considerazione per garantire benessere animale è la densità di allevamento. Secondo quanto stabilito dalla Direttiva 2007/43/CE, recepita in Italia con il Decreto Legislativo 7 luglio 2011 n.181, la densità massima stabilita è di 33 kg peso vivo/m² con possibilità di aumentare fino a 39 kg peso vivo/m² e 42 kg/m² solo se l'autorità sanitaria lo permette (Cerolini, 2015a).

Oltre al rispetto delle normative di biosicurezza da parte degli allevatori, per garantire un adeguato stato sanitario, il benessere e la piena espressione delle performance degli ibridi da carne, è necessario adottare un efficace programma vaccinale, che in parte ha inizio già nei riproduttori, i quali trasmettono l'immunità alla progenie (Cerolini, 2015a).

Alimentazione convenzionale del pollo da carne

L'alimentazione rappresenta uno dei fattori chiave dell'allevamento del pollo da carne in quanto influenza le prestazioni produttive e la salute degli animali, oltre ad essere la principale voce di costo. Il miglioramento genetico ha permesso di ottenere ibridi selezionati con un'elevata capacità di ingestione, tassi ottimali di crescita e un rapido sviluppo muscolare. Per realizzare questo potenziale genetico, oltre all'attività gestionale, sono necessarie formulazioni e programmi alimentari che si adattano a durata del ciclo di allevamento, sesso e tipologia del prodotto finale.

Per una corretta formulazione della dieta, si dovrebbe tener conto di alcuni fattori chiave come: disponibilità e costo delle materie prime, allevamento a sessi separati, peso vivo e tassi di crescita richiesti dal mercato, valore della carne e resa delle carcasse, qualità reologiche ed organolettiche della carne e capacità di produzione dei mangimi.

Il mangime deve essere formulato per fornire energia, proteine, amminoacidi, minerali e acidi grassi essenziali che favoriscono un corretto sviluppo del sistema scheletrico, gastrointestinale, immunitario e muscolare.

L'energia è il nutriente necessario per il mantenimento delle funzioni metaboliche e la crescita. Viene espressa in energia metabolizzabile (EM) calcolata al netto delle perdite fecali ed urinarie ed è influenzata dal contenuto di nutrienti presente in ogni alimento e il suo contenuto varia con l'età dell'animale (Aviagen, 2025b) laddove i fabbisogni energetici del pollo da carne si aggirano attorno alle 3000–3500 kcal EM/kg (Cerolini, 2015b). I cereali, quali mais, orzo, avena, sorgo, frumento, segale, tritcale, miglio, panico e riso, rappresentano la principale fonte di energia nei mangimi risultando fondamentali nella formulazione delle diete per i broiler. Tra questi il mais (*Zea mays*) costituisce la fonte energetica più utilizzata grazie alla sua elevata digeribilità ed ampia disponibilità nel mercato. Questo è caratterizzato da un elevato contenuto energetico ed una ridotta quantità di fibre; il tenore proteico si attesta mediamente tra l'8 e l'11%. Inoltre, è una buona fonte di acido linoleico. Il valore energetico medio è di circa 3400 kcal di EM/kg. Esistono diverse varietà di mais che differiscono per la capacità di adattamento e valore nutritivo. In particolare, il mais giallo è ricco di carotenoidi, utili a migliorare la colorazione della pelle e come precursori della vitamina A, mentre il mais bianco viene preferito quando si desiderano carni di colorazione più chiara. È fondamentale prestare attenzione alle condizioni di conservazione al fine di prevenire la contaminazione da micotossine.

L'orzo (*Hordeum vulgare*) rappresenta un altro cereale comunemente impiegato per modulare il livello energetico delle razioni. Il suo utilizzo è tuttavia limitato dalla presenza di β -glucani, polisaccaridi non amilacei che aumentando la viscosità del contenuto intestinale, riducendo l'assorbimento dei nutrienti. Anche l'avena (*Avena sativa*) contiene β -glucani (3-7%) e presenta

analoghi effetti antinutrizionali, che possono essere contrastati mediante l'aggiunta di enzimi specifici, come le β -glucanasi. Tuttavia, l'elevato contenuto di fibra grezza dell'avena (circa 12%) ne limita l'impiego in avicoltura, sebbene presenti un interessante contenuto proteico di buon valore biologico e rappresenti una fonte di acidi grassi come acido oleico e linoleico. Il frumento (*Triticum aestivum*) è il cereale che più frequentemente può sostituire il mais nelle diete avicole. Presenta un contenuto proteico relativamente elevato (10-13%), ma contiene una quota significativa di arabinoxilani che aumentano la viscosità dell'ingesta, con possibili effetti negativi sulla digestione. Nelle diete starter si consiglia un'inclusione non superiore al 30% della miscela. Anche in questo contesto, l'aggiunta di enzimi, come le xilanasi, consente di ridurre gli effetti indesiderati (Cerolini, 2015b).

Le proteine svolgono un ruolo fondamentale nella sintesi dei tessuti e, una volta digerite, vengono scisse nei rispettivi amminoacidi, che rappresentano le unità funzionali utilizzate dall'organismo. Il loro valore nutrizionale non dipende esclusivamente dalla quantità totale, ma soprattutto dal contenuto e dalla digeribilità degli amminoacidi essenziali, che determinano il reale livello proteico dell'alimento. Per la valutazione della qualità proteica si fa riferimento al profilo amminoacidico ideale, espresso in rapporto alla lisina, che rappresenta l'amminoacido di riferimento. I mangimi, dunque, devono essere formulati utilizzando proteine di alta qualità al fine di evitare un'eccessiva escrezione di azoto, che potrebbe determinare alterazioni metaboliche o compromettere il benessere animale (Aviagen, 2025a). L'apporto proteico costituisce, infatti, un fattore determinante per le prestazioni produttive.

Le principali fonti proteiche utilizzate in avicoltura derivano dai sottoprodotti dell'industria olearia. Dai semi oleosi, ricchi in proteine e lipidi, l'olio viene estratto mediante processi meccanici o chimici, dando origine rispettivamente al pannello e alla farina di estrazione. Il pannello presenta un contenuto residuo di grassi superiore rispetto alla farina di estrazione, ottenuta mediante solventi. La farina di estrazione di soia rappresenta la fonte proteica maggiormente impiegata nell'alimentazione avicola. Il suo valore nutritivo varia in funzione dei trattamenti subiti dal seme prima dell'estrazione: nel caso di semi decorticati si ottiene un prodotto con elevato contenuto proteico (49-50%) e basso contenuto in fibra grezza (3-4%), mentre da semi integrali si ricava una farina con un contenuto proteico inferiore (43-44%) e una maggiore quota di fibra grezza (7-8%). Questa è ricca di lisina e triptofano, ma risulta carente di amminoacidi solforati, in particolare metionina e cisteina. Tra le altre fonti proteiche, i residui dell'estrazione dell'amido di mais (glutine di mais) sono ampiamente utilizzati sia per il loro elevato contenuto proteico sia per la presenza di carotenoidi e xantofille che contribuiscono alla pigmentazione (Cerolini, 2015b).

Attualmente, nella formulazione dei mangimi vengono impiegati amminoacidi di sintesi, quali lisina, metionina, glicina, serina e prolina, al fine di soddisfare in modo preciso i fabbisogni amminoacidici. Il corretto bilanciamento degli amminoacidi consente di migliorare l'indice di conversione alimentare, ottimizzare le prestazioni produttive e ridurre la mortalità (Cerolini, 2015b).

In assenza di tali integrazioni, si ricorre spesso ad un aumento della proteina grezza attraverso una maggiore inclusione di farina di soia, con possibili effetti negativi sulla salute intestinale e sulla qualità della lettiera.

In un contesto di attenzione verso l'ambiente e verso la necessità di ridurre la dipendenza da fonti proteiche prodotte in altri continenti, risultano di crescente interesse fonti proteiche alternative sia vegetali che animali, quali lupino, girasole, favino, alghe, insetti, che potrebbero ridurre la dipendenza dalla soia per la formulazione delle diete (Aviagen, 2024). Il livello di inclusione delle fonti proteiche ed energetiche nei mangimi è fortemente influenzato dall'andamento dei prezzi di mercato che rappresenta un fattore determinante nelle scelte di formulazione.

I grassi sono aggiunti come fonte di energia. Il loro livello di inclusione varia dal 2% al 5% così da ottenere una percentuale di grasso totale che può raggiungere il 6,5-10 % nella razione. I grassi aggiunti sono inoltre importanti oltre che nel processo di pellettizzazione, poiché oltre a fungere da isolante, rappresentano una fonte energetica alternativa ai carboidrati e vengono aggiunti ai mangimi nei periodi di stress da caldo, in quanto più digeribili.

Le fonti lipidiche più utilizzate in avicoltura sono prevalentemente di origine vegetale. In generale, si ricorre a miscele di oli diversi, contenenti acidi grassi saturi ed insaturi al fine di bilanciare l'apporto di acidi grassi essenziali. Tra questi, gli oli di palma e di soia risultano i più impiegati. In generale, un'inclusione minima dell'1-2% di oli nella razione favorisce l'assorbimento delle vitamine liposolubili e dei carotenoidi (Cerolini, 2015b).

Ai fini della formulazione è fondamentale utilizzare grassi di elevata qualità, prestando particolare attenzione alle modalità di conservazione e all'eventuale uso di conservanti che ne preservano la qualità evitando l'ossidazione. I mangimi starter e di accrescimento contengono generalmente una maggiore quota di acidi grassi insaturi rispetto ai mangimi di finissaggio, poiché questi ultimi possono influenzare negativamente la conservabilità e determinare una maggiore untuosità della carcassa (Aviagen, 2025a).

La fibra è costituita da polisaccaridi non amilacei, oligosaccaridi, emicellulosa, cellulosa e lignina e può essere caratterizzata come solubile o insolubile. La fibra solubile aumenta la viscosità intestinale riducendo la capacità di assorbimento dei nutrienti mentre quella insolubile ha effetti benefici sulla funzionalità dell'intestino. I residui della lavorazione dei cereali sono gli ingredienti che apportano buoni quantitativi di fibra nelle diete per polli. Le farinette e il farinaccio sono sottoprodotti della

lavorazione del frumento che apportano un livello moderato di fibra grezza e possono essere integrati nelle diete per polli da carne senza compromettere la digeribilità e la consistenza delle feci (Cerolini, 2015b).

I macrominerali che devono essere considerati nella formulazione delle diete sono calcio, sodio, fosforo, magnesio, potassio e cloruro. Il calcio è indispensabile in quanto contribuisce a crescita, sviluppo osseo, salute delle zampe, efficienza alimentare, funzionalità nervosa e del sistema immunitario. Solitamente viene incluso nelle diete sotto forma di carbonato di calcio ad una percentuale che varia dal 0,95% al 0,55% in base allo stadio di crescita e al peso vivo target. Anche il fosforo svolge un ruolo importante nella crescita e nello sviluppo osseo; i quantitativi nella dieta si aggirano generalmente tra lo 0,30-0,50%. La sua disponibilità dipende dalla fonte da cui deriva: se si tratta di fosforo inorganico è assimilabile al 100% mentre se proviene da fonti organiche la sua disponibilità si aggira intorno al 33%. Quando il fosforo è apportato da fonti vegetali, si trova principalmente sotto forma di fitati, che risultano indisponibili per l'animale; è quindi utile introdurre fitasi nella dieta per favorirne l'assorbimento. Sodio, potassio e cloro vengono inclusi nelle diete solitamente come cloruro di sodio, bicarbonato di sodio, sesquicarbonato di sodio e solfato di sodio entro limiti definiti in quanto un eccesso provoca un aumento del consumo di acqua con conseguente imbrattamento della lettiera, mentre una carenza influisce su crescita, pH ematico ed assunzione del cibo. Gli oligoelementi sono utili per la salute degli animali e vengono somministrati sia in forma inorganica che organica.

Le vitamine sono coinvolte in diverse funzioni metaboliche. Vengono somministrate attraverso l'utilizzo di integratori multivitaminici (Aviagen, 2025a). La colina, per esempio, è una vitamina fondamentale che viene aggiunta nei mangimi in quanto oltre a migliorare le prestazioni di crescita, regola il metabolismo lipidico riducendo la deposizione di grasso corporeo (Ramalho de Lima et al., 2024).

Le diete per gli avicoli possono contenere diversi additivi, definiti dal Regolamento CE 1831/2003, art.2 come sostanze, microrganismi o preparati, diversi dai mangimi e dalle premiscele, aggiunti intenzionalmente ai mangimi o all'acqua per migliorarne le caratteristiche o le prestazioni nutrizionali.

Per legge, gli additivi sono classificati in cinque categorie:

- gli additivi tecnologici, che comprendono antiossidanti, leganti e conservanti e hanno lo scopo di modificare le proprietà tecnologiche del mangime;
- gli additivi organolettici, come coloranti e aromatizzanti, che migliorano le proprietà del mangime, aumentandone l'appetibilità;

- gli additivi nutrizionali, come vitamine e amminoacidi, utili a soddisfare le esigenze degli animali;
- coccidiostatici ed istomonostatici in grado di controllare la crescita di parassiti intestinali;
- gli additivi zootecnici, come gli enzimi, che agiscono su substrati specifici (carboidrati, proteine e fitato-P), migliorando la disponibilità dei nutrienti. Rientrano in questa categoria anche probiotici, prebiotici ed acidi organici, i quali apportano benefici al sistema immunitario e alla salute intestinale dell'animale. Tali additivi risultano fondamentali, in quanto consentono una maggiore flessibilità nella scelta delle materie prime al momento del razionamento.

Anche l'acqua è considerata un nutriente fondamentale, spesso sottovalutato. La sua qualità e il corretto rapporto con il mangime risultano essenziali per la salute e le prestazioni degli animali. Numerosi sono i parametri qualitativi da considerare, tra cui il colore, la torbidità, la durezza, il contenuto di ferro, il pH (6,5-8), i solidi sospesi totali, il contenuto di azoto, la presenza di metalli, microrganismi, nonché l'ossigeno disciolto (7-14 ppm). Per ciascuno di questi parametri sono definiti valori di riferimento, oltre i quali si registra un aumento del rischio di contaminazioni o effetti negativi sullo stato di salute dell'animale (Cerolini, 2015b).

Nel momento in cui si conoscono i fabbisogni nutrizionali, è necessario formulare un piano alimentare che includa i nutrienti necessari in funzione dello stadio di sviluppo degli animali (Tabella 2).

Tabella 2. Fabbisogni di polli da carne dalla nascita a dimensione finale target di 2 – 3,5 kg (Aviagen, 2022).

	Starter	Crescita	Finissaggio 1	Finissaggio 2
Età dell'animale, giorni	0 – 10	11 – 24	25 – 39	40 – fine ciclo
Energia metabolizzabile (EM), Kcal/kg	2975	3050	3100	3125
Proteina Grezza (PG), %	23,0	21,5	19,5	18,0
EM/PG	129,3	141,9	159,0	173,6
Calcio, %	0,95	0,75	0,65	0,60
Fosforo disponibile, %	0,5	0,42	0,36	0,34
Lisina, %	1,32	1,18	1,08	1,02
Metionina + cistina, %	1,00	0,92	0,86	0,82
Treonina, %	0,88	0,79	0,72	0,68
Acido linoleico, %	1,25	1,20	1,00	1,00
Vitamina A, UI/kg	13000	11000	10000	10000
Vitamina D ₃ , UI/kg	5000	4500	4000	4000
Vitamina E, UI/kg	80	65	55	55

La dieta starter viene solitamente somministrata dall'accasamento fino al 10° giorno allo scopo di favorire un corretto sviluppo dell'apparato gastrointestinale mantenendo come target finale il raggiungimento di un peso corporeo di almeno 4,5 volte il peso iniziale del pulcino. Si tratta di una fase molto critica dove l'animale deve adattarsi all'utilizzo dei nutrienti forniti dal mangime. Pertanto, un mangime starter dovrebbe contenere: ingredienti altamente digeribili; livelli ottimali di amminoacidi digeribili che consentono una crescita precoce ottimale all'animale; vitamina E; zinco; pre e probiotici acidificanti e stimolanti immunitari ed alimentari (Aviagen, 2025a).

Il mangime di accrescimento viene somministrato dal 11° al 24° giorno di vita. In questa fase si favorisce una crescita compensativa del pollo, permettendo di raggiungere un peso finale ottimale in funzione dell'età di macellazione. Solitamente questi obiettivi si raggiungono con il razionamento del mangime; non si tratta più di alimentazione *ad libitum* come nel periodo starter ma *ad libitum* con mangimi diluiti o, talvolta, razionando i tempi di accesso in mangiatoia mediante la variazione del programma luce. In questa fase è importante monitorare l'andamento dei pesi mediante il calcolo del coefficiente di variazione che determina l'uniformità (Cerolini, 2015b).

Il passaggio tra questi due mangimi deve essere graduale e solitamente comporta una variazione della consistenza da sbriciolato a pellet di varia dimensione, che influenza l'assunzione di mangime e la crescita dell'animale (Aviagen, 2025b).

Il mangime di finissaggio, somministrato dal 25° giorno di vita, può variare di tipologia in base a peso, età di macellazione e disponibilità delle materie prime. Se vengono utilizzati farmaci e/o coccidiostatici risulta necessario introdurre un mangime di sospensione prima della macellazione, per eliminare il rischio di residui nella carne. Il mangime di finissaggio viene somministrato fino a 8-12 ore prima della macellazione per favorire lo svuotamento gastrico ed evitare eventuali contaminazioni della carcassa (Cerolini, 2015b).

Le analisi nutrizionali degli ingredienti sono richieste in quanto la loro composizione è soggetta a continue variazioni dovute a diversi fattori quali: clima, stagione e metodo di lavorazione. La corretta conservazione sia delle materie prime che del prodotto finale è fondamentale poiché l'insorgenza di muffe e la presenza di micotossine possono compromettere gravemente la salute dell'animale, aumentandone il rischio di eliminazione.

Oltre al loro profilo nutrizionale, è importante conoscere anche gli effetti anti-nutrizionali delle materie prime, al fine di definire i livelli di inclusione più appropriati.

Le diverse tipologie di mangimi devono essere adattate in base alle esigenze e allo stato fisiologico degli animali. Vanno inoltre considerati i fattori ambientali che influenzano il livello di assunzione dell'alimento. Le temperature elevate hanno un effetto negativo e, per questo motivo, oltre a intervenire sul condizionamento termico, è necessario curare anche la qualità fisica e chimica dei mangimi, poiché essa influisce sulla risposta dei polli da carne allo stress da caldo (Aviagen, 2025a). Una tecnica alternativa utilizzata soprattutto in Europa, Canada, Nuova Zelanda e Australia è l'alimentazione integrale. Essa consiste nella somministrazione di cereali integrali in aggiunta ai mangimi per ridurre i costi di produzione, ottenere una transizione più graduale nel passaggio tra il mangime starter e di finissaggio, migliorare la microflora intestinale, la funzionalità intestinale e l'efficienza digestiva (Aviagen, 2025a). I cereali utilizzati vengono controllati e trattati per contenere la *Salmonellae species pluralis*.

Materie prime proteiche alternative: effetti su prestazioni e salute intestinale

L'alimentazione nell'allevamento del pollo da carne rappresenta uno dei fattori determinanti per supportare gli elevati tassi di crescita, l'utilizzo efficiente del mangime (indice di conversione, IC) e la resa delle carcasse. Gli ibridi commerciali del pollo da carne richiedono diete ricche di nutrienti e ben bilanciate. Le proteine sono la componente principale per favorire lo sviluppo muscolare, le funzioni enzimatiche e il sistema immunitario. Ad oggi la principale fonte proteica impiegata nei mangimi risulta essere la farina di soia caratterizzata da un elevato contenuto proteico (44-48%) e una composizione amminoacidica bilanciata con prevalenza di lisina (Anand, 2025).

La produzione zootecnica europea è fortemente dipendente dalle importazioni di soia, questo comporta diverse criticità legate a sostenibilità ambientale, volatilità dei prezzi e competizione tra mangimi e alimenti (Lanza, et al., 2025).

Il prezzo della soia rappresenta una quota importante che influenza la spesa per i mangimi, superando spesso il 60-70% dei costi (Anand, 2025).

Per far fronte a queste pressioni, la ricerca scientifica negli ultimi anni ha effettuato diversi studi per valorizzare l'utilizzo di fonti proteiche alternative anche locali, vegetali o animali, utili a migliorare la sostenibilità ambientale ed economica della produzione zootecnica europea.

I principali sostituti proteici studiati risultano essere le materie prime proteaginose quali girasole, favino, lupino, oltre a fonti proteiche non convenzionali come alghe ed insetti.

Il loro impiego viene valutato in base alla composizione chimica e agli effetti che hanno sulla salute e performance dell'animale nonché all'influenza sulla qualità del prodotto finale. In alcuni casi, grazie a specifici micronutrienti e composti bioattivi, queste fonti agiscono come ingredienti funzionali in quanto sono un elemento importante che influenza la salute intestinale (Lanza et al., 2025).

Ad oggi, le leguminose da granella, nonostante i benefici nutrizionali ed ambientali, risultano ancora poco coltivate in Europa. Esse vengono generalmente classificate in due categorie: legumi destinati al consumo umano e colture proteiche impiegate nell'alimentazione animale; tra queste ultime rientrano, ad esempio, il lupino e il favino (Lanza et al., 2025).

Le varietà di lupino a supporto della filiera agrozootecnica, al momento principalmente coltivate nell'Italia meridionale, sono *Lupinus angustifolius*, *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* (Figura 3). In particolare, i lupini presentano ottime caratteristiche nutrizionali. Sono caratterizzati da un elevato contenuto proteico, compreso tra il 35 e il 40% sulla sostanza secca, e da una quota significativa di carboidrati non fibrosi, pari a circa il 28-30% sul secco.

Tuttavia, il lupino contiene anche una frazione rilevante di polisaccaridi non amidacei (NSP), tra cui cellulosa, emicellulosa e β -glucani, oltre a una quota lipidica compresa tra il 6,5 e il 10% (Lanza et al., 2025). Il profilo fibroso complessivo della dieta risulta un fattore chiave nel determinare l'efficienza di utilizzazione della dieta, in particolar modo per quanto riguarda l'assorbimento degli amminoacidi.

Come evidenziato nello studio condotto da Szczurek e Świątkiewicz (2022), la presenza di NSP solubili nella dieta per polli da carne può limitare la digestione e l'assorbimento dei nutrienti. Ciò è dovuto all'aumento della viscosità del contenuto di alimento nell'intestino tenue, che compromette la digestione proteica, riducendo così la disponibilità degli amminoacidi (Konieczka e Smulikowska, 2018). In questo contesto, l'età degli animali ha un ruolo importante: all'aumentare dell'età aumenta

nei polli la stabilità e funzionalità intestinale e questo li rende meno sensibili agli effetti negativi degli NSP solubili (Szczurek e Świątkiewicz, 2022).

D'altra parte, la fibra presente nel lupino in quantità maggiori rispetto alla farina di soia, svolge un ruolo importante, in quanto favorisce lo sviluppo intestinale ottimizzandone l'assorbimento dei nutrienti. È emerso che la sostituzione fino al 50% della farina di soia con il lupino nelle diete per polli a duplice attitudine (Sasso T44), di 180 giorni, in tutte le fasi alimentari può migliorare le prestazioni dell'animale, aumentando il peso corporeo e migliorando le caratteristiche della carcassa, oltre a ridurre i costi dei mangimi (Tiruneh et al., 2025).

Dal punto di vista nutrizionale, il lupino presenta un contenuto energetico compreso tra 11,8 e 16,5 MJ/kg di sostanza secca ed è caratterizzato da un elevato contenuto di arginina oltre che dalla presenza di diversi composti bioattivi (Lanza et al., 2025). Tra questi, i tannini per esempio svolgono un ruolo dose-dipendente dove una bassa concentrazione comporta ad un miglioramento della digestione (Crépon et al., 2010).

Anche i processi di lavorazione possono influenzare gli effetti della materia prima integrata nel mangime.

Questi aspetti evidenziano che la scelta del livello di integrazione del lupino nell'alimentazione avicola non dipende esclusivamente dalla sua composizione chimica, ma anche dalla quota di frazione fibrosa, dalla presenza di composti antinutrizionali e dalle tecnologie di lavorazione. Nel complesso, il lupino risulta una buona fonte proteica in grado di modificare la qualità del prodotto finale.



Figura 3. Fiori di *Lupinus albus* L. (lupino bianco), *Lupinus angustifolius* L. (lupino blu) e semi di Lupino.

(<https://www.agraria.org/coltivazionierbacee/lupino.htm>)

(<https://www.sanitainformazione.it/estratto-di-semi-di-lupini-in-aiuto-per-regolare-la-glicemia/>)

La fava (*Vicia faba* var. *major*) (Figura 4) è un'altra leguminosa ricca di proteine ed energia, studiata come fonte alternativa per l'alimentazione animale. Ci sono diverse varietà distinguibili principalmente in base al contenuto di fattori antinutrizionali, tra cui: tannini, presenti nei tegumenti, e vicine e convicine, presenti nei cotiledoni. Un basso contenuto di questi composti è associato a effetti benefici sulle prestazioni e sulla digeribilità del pollo da carne. Tra le strategie nutrizionali e tecnologiche volte a migliorare l'utilizzo della fava, la pellettatura aumenta l'energia metabolizzabile, migliorando la digeribilità di amido e proteine, contribuendo a contrastare gli effetti dei fattori antinutrizionali (Lacassagne et al., 1988).

Per quanto riguarda invece il fattore antitripsinico, il suo contenuto risulta generalmente basso (<1 TIU mg di SS), rendendo possibile l'impiego dei semi anche crudi senza effetti negativi (Nalle et al., 2010).

Dal punto di vista del profilo amminoacidico, la fava è ricca di arginina, acido glutammico e lisina, ma presenta livelli bassi di metionina, cisteina e triptofano. Per questo motivo, è spesso necessario associarla ad altre fonti proteiche al fine di soddisfare i fabbisogni amminoacidici dell'animale.

Ad oggi le cultivar prodotte in Europa presentano ancora un elevato tasso di questi fattori antinutrizionali, che ne limitano l'impiego su larga scala. Tuttavia, i recenti programmi di miglioramento genetico sono orientati alla riduzione del contenuto di tannini, con l'obiettivo di migliorarne la digeribilità a tal punto che la fava potrebbe sostituire la soia ed essere inclusa fino al 25% nelle diete per polli da carne (Crépon et al., 2010).

Nel complesso, le fave sono una valida fonte proteica alternativa, che non presenta effetti negativi su prestazioni e sviluppo del tratto digerente degli animali. Inoltre, presentano una buona digeribilità media degli amminoacidi e contribuiscono a migliorare la qualità degli escrementi, anche grazie al loro basso contenuto di carboidrati non amidacei solubili rispetto alla soia (Nalle et al., 2010).



Figura 4. *Vicia Faba major* (fava): pianta e bacelli
(<https://www.agraria.org/coltivazionierbacee/fava.htm>)

Il favino (*Vicia faba* var. *minor*) (Figura 5) rappresenta un'importante alternativa proteica. È caratterizzato da un elevato contenuto di proteina (circa 26%) e di amido (30% circa). Come la fava, però, il suo valore nutrizionale è compromesso dalla presenza di fattori antinutrizionali, come vicina e convicina, e da un basso contenuto di amminoacidi solforati (Dal Bosco et al., 2013) oltre che da una ridotta digeribilità proteica (Perella et al., 2009).

Il trattamento termico è in grado di rimuovere o distruggere solo alcuni fattori antinutrizionali termolabili, responsabili del peggioramento dell'efficienza alimentare e della crescita, migliorando la qualità della materia prima (Dal Bosco et al., 2013). Tuttavia, vicina e convicina, essendo

termostabili, rimangono presenti in quantità variabile. I valori ottimali non dovrebbero superare lo 0,15% per la vicina e lo 0,05% per la convicina (Perella et al., 2009). Dal Bosco et al. (2013) hanno dimostrato che l'estrusione non riduce il livello di questi glucosidi. Al contrario secondo Laudadio et al., (2011), la decorticazione e la micronizzazione riducono il contenuto di vicina e convicina, attenuandone gli effetti antinutrizionali. Anche la presenza di tannini riduce la digeribilità dell'energia e delle proteine. Questi effetti negativi sono stati confermati da Dal Bosco et al. (2013), che hanno evidenziato una riduzione delle prestazioni nei polli giovani a lenta crescita (Gaina, Avicola Berlanda, Padova, Italia) alimentati con una dieta a base di fava al 16% sulla SS, fino a 120 giorni di vita dove l'incremento di peso è risultato compromesso (Tabella 3).

Il favino non soddisfa completamente le esigenze nutrizionali dei soggetti giovani, causando una depressione della crescita. Con l'avanzare dell'età gli animali compensano questa riduzione, essendo meno sensibili agli effetti dei fattori antinutrizionali (Dal Bosco et al., 2013).

Per quanto riguarda la qualità della carne, l'alimentazione con favino ha leggermente ridotto il contenuto di acidi grassi polinsaturi (PUFA) e antiossidanti, senza compromettere la qualità e la conservabilità (Dal Bosco et al., 2013). Lo studio di Perella et al. (2009) ha dimostrato che l'introduzione di favino al 16% dopo il periodo di crescita iniziale può soddisfare le esigenze nutrizionali dei polli a lenta crescita (Gaina, Avicola Berlanda, Padova, Italia) fino a 120 giorni di età, anche con diete non integrate con amminoacidi sintetici.



Figura 5. *Vicia faba var. minor* cultivar “Tiffany” (favino).

Tabella 3. Effetto dell'inclusione di favino (*Vicia faba* var. *minor*) nell'alimentazione dei polli da carne (Milczarek, 2024).

Materia prima	Livello di inclusione	di Periodo	Risultati	Riferimenti
Favino a basso contenuto di tannini cv.: PGGTic, Spec Tic, South Tic, Board	20%	Fino a 21 giorni di età	Incremento del peso, senza alterare significativamente l'assunzione di alimento né l'efficienza di conversione alimentare	Nalle et al., 2010
Favino crudo	16%	Da 0-21 giorni e 22- 120 giorni	Peggioramento di crescita e indice di conversione alimentare	Dal Bosco et al., 2013
Favino cv.Olga	25%	0-42 giorni	Riduzione del peso corporeo del 19% e dell'indice di conversione alimentare del 29%; aumento del consumo di alimento del 3%	Biessek et al., 2020
Favino crudo e Favino estruso	30%	Da 8 a 35 giorni	Nessuna variazione di peso corporeo, consumo alimentare e indice di conversione	Konieczka et al., 2020

Il girasole (*Helianthus annuus*) (Figura 6) è una coltura oleaginosa ampiamente coltivata, caratterizzata da un costo contenuto, da un buon contenuto proteico, da amminoacidi essenziali, in particolare solforati, e dall'assenza di fattori antinutrizionali (Tewelde et al., 2026). Tuttavia, il suo utilizzo nelle diete per polli da carne è limitato dall'elevato contenuto di fibre (12%-25%) che varia in funzione della cultivar, del metodo di lavorazione e del grado di decorticazione. Questo influisce negativamente sul contenuto energetico rispetto alla soia e sulla disponibilità di alcuni amminoacidi come treonina e lisina.

I semi di girasole sono ricchi di acidi grassi essenziali che possono contribuire a migliorare la qualità nutrizionale del prodotto avicolo finale. L'olio di girasole contiene inoltre flavonoidi, potenti antiossidanti, che supportano le funzioni immunitarie, stimolano il metabolismo, favoriscono le funzionalità del tratto digerente e migliorano l'assorbimento dei nutrienti (Tewelde et al., 2026).

Gli studi di Mbukwane et al. (2022) evidenziano che il pannello di girasole decorticato può essere incorporato fino al 13-13,5% nelle diete per polli da carne, in questo caso Ross308, come fonte

energetica e proteica, in sostituzione alla soia, senza effetti negativi sul consumo di mangime, sull'indice di conversione alimentare o sul peso corporeo.

Nello studio condotto da Tewelde et al. (2026), sono state confrontate due diete a base di semi di girasole con basso e alto contenuto di fibre. I risultati hanno mostrato che l'inclusione della farina di girasole fino al 30% non ha influenzato la resa delle carcasse e la percentuale di grasso addominale in polli da carne. Per quanto riguarda la digeribilità dei nutrienti, l'inclusione della farina di girasole ha avuto un effetto positivo sulla digestione dei grassi e sull'energia metabolizzabile (AM), mentre ha ridotto la digeribilità dell'amido. Inoltre, la fibra presente nei semi ha contribuito ad una riduzione della sintesi ed escrezione di acido urico. La frazione di fibra insolubile ha inoltre migliorato la motilità intestinale, riducendo la viscosità del contenuto dell'apparato digerente.

Infine, è importante considerare che gli effetti dell'inclusione della farina di girasole dipendono non solo dal contenuto di fibre e dal tasso di inclusione nella dieta, ma anche dall'età degli animali (Tewelde et al., 2026). Per questo motivo, nella formulazione delle razioni è utile distinguere le tre fasi alimentari, starter, accrescimento e finissaggio, adattando i quantitativi di girasole in base ai fabbisogni e alle capacità digestive dei polli.



Figura 6. *Helianthus annuus* (girasole): fiore e semi.
(<https://www.agraria.org/coltivazionierbacee/girasole.htm>)

Le alghe sono riconosciute come vegetali in grado di fissare la CO₂, assorbire la radiazione solare e i nutrienti in modo efficiente rispetto alle piante terrestri (Lanza et al., 2025). La loro coltivazione non richiede lo sfruttamento di aree coltivabili ed acqua potabile, rendendole una risorsa sostenibile che non entra in competizione con la produzione alimentare umana, nonostante gli elevati costi di produzione (El-Wahab et al., 2025). Ad oggi oltre il 90% della produzione mondiale di alghe è rappresentata da due specie principali: *Chlorella* sp. e *Spirulina* (*Arthrospira*). Queste microalghe presentano un elevato contenuto proteico (50-70% sulla sostanza secca), una quota di carboidrati pari al 15-25% e un profilo amminoacidico equilibrato arricchito da composti bioattivi con proprietà immunitarie ed antiossidanti, anticoagulanti, antitumorali e antipertensive (Lanza et al., 2025). La *Spirulina* sp. (Figura 7) risulta particolarmente digeribile, in quanto essendo priva di pareti cellulari rigide e quindi priva di cellulosa, emicellulosa e lignina. Il contenuto lipidico varia dal 4% al 10% ed è per lo più caratterizzato da acidi grassi polinsaturi (PUFA). Le alghe contengono inoltre grandi quantità di calcio, fosforo, potassio e ferro, facilmente assorbibili, grazie all'assenza di fitati e ossalacetati, e sono ricche di carotenoidi importanti per la qualità nutrizionale e il colore della carne (Lanza et al., 2025). Nell'alimentazione avicola, le alghe vengono somministrate sgrassate e/o essiccate. La *Spirulina* può essere integrata nei mangimi fino al 20%, contribuendo a migliorare la colorazione della carne mentre la *Chlorella* sp viene solitamente utilizzata come additivo a livelli molto bassi, inferiori al 2-3%, a causa del suo prezzo elevato e della concentrazione di composti bioattivi (Lanza et al., 2025). La carne dei polli alimentati con questa alga presenta miglioramenti in termini di colore, sapore, tenerezza, pH e capacità di ritenzione idrica. Per quanto riguarda le prestazioni di crescita, l'uso di *Chlorella vulgaris* ha mostrato effetti positivi solo a dosaggi fino al 1% (Lanza et al., 2025) (Tabella 4). La *Spirulina* contiene un'elevata quantità di antiossidanti, utili per promuovere la salute e l'immunità nei polli da carne, riducendo lo stress ossidativo. Essa conserva proprietà immunostimolanti, antibatteriche ed antivitali contribuendo a mantenere un sistema immunitario sano ed un microbiota equilibrato, riducendo la necessità di antibiotici in allevamento. Uno degli aspetti più importanti dell'integrazione di alghe nelle diete per polli da carne riguarda l'influenza positiva sul microbioma intestinale, in quanto migliorano la salute digestiva e l'assorbimento dei nutrienti (Abdel-Wareth et al., 2024). L'integrità strutturale e funzionale dell'intestino è fondamentale per il benessere degli animali e il rapporto altezza villi/profondità cripte rappresenta un indicatore della capacità di assorbimento dei nutrienti. Studi dimostrano che alcune specie algali, come *Chlorella* e *Arthrospira*, esercitano effetti prebiotici sulla salute intestinale (El-Wahab et al., 2025).

Nonostante le alghe siano considerate preziose sia in termini nutrizionali che a livello di sostenibilità ambientale, presentano alcuni svantaggi: è necessaria una gestione rigorosa della coltivazione e un’attenta caratterizzazione analitica per garantire la sicurezza del prodotto finale (Lanza et al., 2025).



Figura 7. Alga Spirulina
(<https://www.unionesarda.it/3-minuti-con/spirulina-il-cibo-del-futuro-mmw8ocot>)

Tabella 4. Effetto dell’impiego di microalghe nell’alimentazione dei polli da carne (modificato da Lanza et al., 2025).

Materia prima	Livello di inclusione	Animali	Risultati	Riferimenti
<i>Spirulina</i>	Sostituzione del 50% di soia per 35 giorni	Pulcini maschi di 1 giorno	Aumento di pH e WHC della carne; riduzione del sapore metallico	Toyomizu et al., 2001
<i>Spirulina</i>	Sostituzione del 50-75% di soia per 35 giorni	Pulcini di 1 giorno	Aumento del colore della carne e l'ossidazione lipidica senza effetti sulle caratteristiche sensoriali	Altmann et al., 2022
<i>Chlorella</i>	Da 2,5 a 7,5% per 35 giorni	Pulcini di 1 giorno	Migliore tasso di crescita, risposta immunitaria ed equilibrio della microflora intestinale	Kang et al., 2017
<i>Chlorella</i>	0,2-1,0% per 35 giorni	Pulcini di 1 giorno	L'inclusione all'1% ha migliorato performance di crescita, indice di conversione e stato sanitario.	Choi et al., 2018

Gli insetti rappresentano una fonte proteica sostenibile, in quanto sono in grado di convertire i rifiuti organici in proteine di alta qualità, con una elevata efficienza di conversione alimentare e una ridotta produzione di gas serra (Lanza et al., 2025). Oltre alle proteine, forniscono energia, amminoacidi, acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi, vitamine e minerali, essendo in questo modo ingredienti preziosi per mangimi ben bilanciati (Belhadj Slimen, 2023).

La Commissione Europea ha autorizzato l'uso di queste farine nell'alimentazione commerciale dei polli da carne, suini e pesci tramite il regolamento 1372/2021. Le proteine animali derivate possono provenire da sette specie di insetti: mosca soldato nera (*Hermetia illucens*), mosca domestica comune (*Mosca domestica*), tarma della farina (*Tenebrio molitor*), verme della farina minore (*Alphitobius diaperinus*), grillo domestico (*Acheta domesticus*), grillo fasciato (*Grylloides sigillatus*) e grillo campestre (*Gryllus assimilis*) (Lanza et al., 2025) (Figura 8).

La mosca soldato nera è l'insetto maggiormente diffuso e studiato per l'alimentazione avicola (Gasco et al., 2019): la farina ottenuta contiene tra il 35 e il 57% di proteina grezza e oltre il 28% di estratto etereo, nonché quantità significative di calcio e fosforo. La composizione dipende dal metodo di allevamento, dall'alimentazione e dai trattamenti meccanici o termici, come pressatura e sgrassatura. La mosca domestica presenta anch'essa buoni quantitativi di proteine e grassi grezzi, con un profilo amminoacidico ricco di metionina e lisina, essenziali per i polli (Belhadj Slimen, 2023).

In generale, gli insetti sono una fonte alimentare ricca di nutrienti e amminoacidi essenziali, in particolare la lisina, che integra efficacemente le diete a base di cereali, tipicamente carenti. Il loro contenuto energetico varia in funzione della quantità di grassi grezzi, correlata all'età dell'insetto.

La digeribilità delle farine di insetti dipende dalla specie, dall'età, dal livello di inclusione, dal metodo di allevamento e dal processo di lavorazione (Belhadj Slimen, 2023). I trattamenti applicati alle farine riducono il rischio di contaminazioni microbiche, ma possono modificare leggermente il valore nutritivo. L'elevata quantità di chitina può ridurre la digeribilità (Gasco et al., 2019).

Le farine di insetti contengono anche sostanze bioattive, tra cui peptidi antimicrobici, acidi grassi e polisaccaridi. I peptidi antimicrobici modulano la microflora intestinale, migliorano l'altezza dei villi duodenali e svolgono una funzione antibatterica. Gli acidi grassi, come l'acido laurico maggiormente disponibile nelle larve intere o prepupe di mosca soldato, migliorano il microbiota cecale e favoriscono l'aumento del peso corporeo nei polli. Tra i polisaccaridi, la chitina ha effetti antimicrobici e antiparassitari oltre ad essere ipolipemizzante e ipocolesterolemizzante, così da ridurre il grasso nella carne ottenendo un prodotto più magro (Belhadj Slimen, 2023).

Studi hanno mostrato che la sostituzione della farina di soia con il 10% di farina di larve di mosca soldato nera può migliorare le performance dei polli da carne maschi di 35 giorni, riducendo lo stress da caldo e i batteri intestinali negativi (Mazlan et al., 2024). Le tarme della farina, se somministrate

a livelli crescenti di inclusione (maggiori al 5%), possono aumentare il peso corporeo e l'assunzione di cibo, ma ridurre l'efficienza alimentare e alterare la morfologia intestinale (Biasato et al., 2018) (Tabella 5).

In sintesi, gli insetti sono un alimento proteico alternativo che può svolgere un ruolo fondamentale nei mangimi in quanto fonte ricca di amminoacidi essenziali facilmente digeribili, acidi grassi polinsaturi (PUFA) e monoinsaturi (MUFA), macro e microelementi fondamentali per la crescita degli animali e composti bioattivi che stimolano la salute degli animali (Belhadj Slimen, 2023).

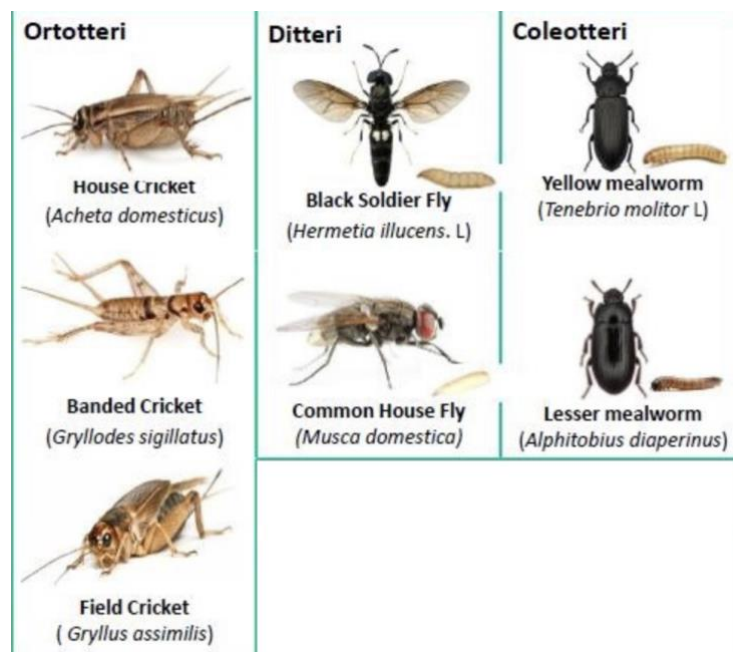


Figura 8. Alcuni insetti utilizzati nell'alimentazione avicola

(<https://www.rivistadiagraria.org/articoli/anno-2021/gli-insetti-delle-nuove-fonti-sostenibili-nutrire-pianeta/>).

Tabella 5. Effetto dell'impiego di insetti nell'alimentazione dei polli da carne (modificato da Lanza et al., 2025).

Materia prima	Livello di inclusione	Animali	Risultati	Riferimenti
Mosca soldato nera (BM)	0, 5 e 10 %	Pulcini maschi di 1 giorno Cobb 500	Le performance di crescita e il tasso di mortalità non hanno mostrato variazioni significative. BM fino al 10% ha contribuito a ridurre lo stress da caldo e la quantità di batteri patogeni intestinali.	Mazlan et al., 2024
Mosca soldato nera (BM)	0, 15 e 30% della proteina della soia	Pulcini di 1 giorno Ross 308	Il livello di sostituzione del 15% ha preservato le performance di crescita, l'assunzione di alimento, la salute intestinale e le caratteristiche della carcassa. Al 30% di sostituzione, si è osservata una riduzione del peso corporeo.	Hartinger et al., 2021
<i>Tenebrio molitor</i> (TM)	0, 5, 10 e 15 %	Pulcini maschi di 1 giorno Ross 708	Una bassa inclusione di TM ha migliorato il peso corporeo e l'assunzione di alimento. L'elevata inclusione (TM 15%) ha ridotto l'efficienza di conversione alimentare,	Biasato et al., 2018
<i>Tenebrio molitor</i> (TM)	0, 2, 4 e 8%	Pulcini di 1 giorno Ross 308	L'inclusione di TM ha incrementato il peso corporeo, l'incremento medio giornaliero e l'indice di conversione alimentare, mostrando una crescita ottimale al livello del 4%.	Elahi et al. 2020

OBIETTIVI DELLA TESI

Al giorno d'oggi, il settore avicolo si trova a dover revisionare le proprie strategie alimentari, cercando di creare un equilibrio tra l'efficienza produttiva e la sostenibilità ambientale. In questo contesto, le proteine rappresentano la componente più critica della dieta, in quanto fondamentali per sostenere la crescita degli ibridi commerciali.

Attualmente, la copertura di questo fabbisogno dipende fortemente dalla soia, il cui impiego risulta critico a causa del forte impatto ambientale e dell'elevata volatilità dei prezzi sul mercato globale. L'utilizzo di materie prime alternative di origine locale, come le leguminose, rappresenta una soluzione interessante per ridurre l'impronta ambientale dell'allevamento, rendendolo allo stesso tempo meno dipendente dalle importazioni.

Tuttavia, l'introduzione di nuovi alimenti nella dieta dei polli da carne richiede una valutazione attenta che vada oltre le semplici prestazioni di crescita. Risulta infatti essenziale studiare la risposta dell'apparato digerente, in quanto la salute e la morfologia intestinale sono fattori determinanti dell'efficienza alimentare; solo un sistema digerente in condizioni ottimali può garantire l'adeguato assorbimento dei nutrienti e il benessere dell'animale.

Per tali ragioni, la presente tesi sperimentale si è focalizzata sull'uso di diverse fonti proteiche vegetali, analizzandone l'impatto sia sulle prestazioni di crescita che sui parametri intestinali con l'obiettivo di valutare l'effetto dell'inclusione del 10% su una dieta controllo di farine alternative alla soia come farina di lupino, favino e girasole su prestazioni produttive e morfologia intestinale in polli da carne a veloce accrescimento.

MATERIALI E METODI

Descrizione dell'allevamento

La prova è stata svolta durante i mesi di ottobre-novembre 2025 presso lo stabulario per avicoli di DAFNAE dell'Azienda Agraria Sperimentale L. Toniolo dell'Università degli Studi di Padova, dopo un periodo di vuoto sanitario di circa 6 mesi. I giorni precedenti all'arrivo dei pulcini lo stabulario è stato adeguatamente pulito e sanificato.

Per la prova sono stati allestiti 24 recinti di rete metallica rigida di 3 m² (1,20 m × 2,50 m e pareti alte 1,20 m). All'interno di ogni recinto erano presenti 5 abbeveratoi a goccia con tazzina salvagoccia, regolabili in base alla grandezza degli animali nei diversi stadi di crescita. Le mangiatoie circolari, di diametro 37 cm e a riempimento manuale, erano sospese e regolabili in altezza, poste in prossimità dell'entrata e collegate a celle di carico per rilevare i consumi alimentari giornalieri degli animali. Per i primi giorni, dopo l'accasamento, sono stati disposti a livello della lettiera, vicino alla mangiatoia, alcuni fogli di carta ricoperti di mangime per permettere ai pulcini di alimentarsi con facilità (Figura 9).

Lo stabulario era dotato di sistema di riscaldamento, sistema di raffrescamento cooling system, ventilazione forzata ad estrazione, illuminazione centralizzata con effetto alba-tramonto e finestre ad oscuramento completo.

Ciascun recinto aveva una pavimentazione piena in cemento su cui è stato posizionato uno strato di lettiera di truciolo depolverato di legno di spessore 6-8 cm (2,5 kg/m²). Durante la prova la lettiera è stata settimanalmente lavorata e sostituita nel caso fosse eccessivamente sporca o bagnata per garantire agli animali un maggior comfort.

Prima dell'arrivo dei pulcini, la temperatura ambientale dello stabulario è stata portata a circa 26°C e ogni recinto dotato di lampade ad infrarossi poste ad una altezza di circa 40 cm dalla pavimentazione, in modo da garantire la temperatura di 30°C a livello dei pulcini. Ogni 2-3 giorni dopo l'accasamento degli animali, le fonti di calore sono state progressivamente alzate e a 10 giorni d'età sono state definitivamente rimosse mantenendo la temperatura ambientale intorno ai 20-22 °C. Per consentire un adeguato ricircolo dell'aria, la ventilazione dei locali abbinata al sistema di raffrescamento cooling system è stata regolata ad un livello minimo e gradualmente aumentata in base all'età degli animali. Il programma luce è stato impostato per garantire 24 ore di luce ininterrotte nei primi due giorni e, a partire dal terzo giorno, le ore di buio sono state progressivamente aumentate al fine di raggiungere le 6 ore consecutive di buio dai 12 giorni in poi.



Figura 9: Interno dello stabulario (a sinistra) e recinto all'arrivo dei pulcini (a destra).

Animali e diete sperimentali

La prova è durata 36 giorni. Un totale di 624 polli maschi, ibridi commerciali appartenenti al tipo genetico Ross 308, sono stati trasportati con un mezzo autorizzato presso la stalla avicoli dell'Università di Padova lo stesso giorno della schiusa (giorno 0). I polli erano vaccinati contro Malattia di Marek, IBDV, IB, e NDV.

All'arrivo i pulcini sono stati accasati in 24 recinti alla densità iniziale di 26 animali per recinto (di cui 2 riserve da utilizzare per sostituzioni iniziali o per sostituire i contro-sessi e 2 animali da utilizzare per prelievi per microbiota e istologia dell'intestino). Sono stati formati 4 gruppi sperimentali (4 trattamenti alimentari, 6 recinti per gruppo: controllo, favino, lupino, girasole), omogenei per peso vivo iniziale.

Nel corso della prova sono stati utilizzati tre mangimi di base come controllo completi commerciali sotto forma di sbriciolato prodotti da un'azienda mangimistica:

- mangime di primo periodo, somministrato dal giorno 0 a 12 giorni di età (con coccidiostatico);
- mangime di secondo periodo, somministrato da 13 a 22 giorni di età (con coccidiostatico);
- mangime di terzo periodo, somministrato da 23 a 36 giorni di età (con coccidiostatico tempo di sospensione 0 giorni).

I trattamenti alimentari sperimentali (Tabelle 6-8) sono stati ottenuti ricorrendo a un'integrazione supplementare sulla dieta C con il mais in proporzioni diverse come di seguito specificato e successivamente dettagliato nelle Tabelle 9 e 10:

- Dieta Controllo (C) con soia (dieta base);
- Dieta Girasole (G): 91,5% [dieta C+mais] + 8,5% di f.e. girasole;
- Dieta Favino (F): 90,0% [dieta C+mais] + 10% farina di seme di favino;
- Dieta Lupino (L): 90,0% [dieta C+mais] + 10% farina di seme di lupino.

La farina di girasole è stata acquistata dalla ditta “Cortal Extrasoy S.p.A.” (Padova, Italia); i semi di lupino (*Lupinus angustifolius* L. cultivar “Boregine”) presso “Padana Sementi s.r.l.” (Padova, Italia); e il favino (*Vicia faba* var. *minor* cultivar “Tiffany”) è stato acquistato presso “Norddeutsche Pflanzenzucht” (NPZ) (Holtsee, Germania).

Una volta arrivate in azienda, le materie prime sono state sottoposte a macinazione tramite un mulino a martelli dotato di crivello con diametro superiore a 1 mm. Le farine ottenute sono state miscelate alla dieta base per ottenere le diverse formulazioni che sono state somministrate ai polli dal primo giorno di vita fino alla macellazione (36 d) utilizzando un miscelatore.

La composizione chimica delle diete sperimentali utilizzate è riportata nelle Tabelle 11-13.

Tabella 6. Formula delle diete controllo commerciali usate nei tre periodi di prova (starter, accrescimento e finissaggio).

Ingredienti	Dieta Controllo	Dieta Controllo	Dieta Controllo
	starter	accrescimento	finissaggio
	(0–12 d)	(13–22 d)	(23–36 d)
	C1	C2	C3
Mais, %	35,08	33,11	15,00
Frumento, %	20,00	25,00	48,50
Soia f.e. 48% PG, %	33,00	26,00	20,00
Seme di soia tostata, %	3,00	5,00	5,00
Girasole f.e. 36% PG, %	3,00	4,00	4,00
Olio di soia, %	2,50	0,00	0,00
Grasso animale, %	0,00	4,00	5,20
Integratore vit-min ¹ , %	1,05	0,94	0,00
Integratore vit-min ² , %	0,00	0,00	1,03
Fosfato bicalcico, %	1,35	0,95	0,30
Carbonato di calcio, %	0,52	0,58	0,70
Bicarbonato di sodio, %	0,20	0,15	0,00
Sale marino, %	0,25	0,22	0,22
Maxiban G 160, %	0,050	0,050	0,00
Sacox 120, %	0,00	0,00	0,05

C1: dieta base somministrata durante il primo periodo (1-12 g); C2: dieta base somministrata durante il secondo periodo (13 - 22 g); C3: dieta base somministrata durante il terzo periodo (23 - 36 g).

¹Integratore vit-min per kg di mangime: vit. A, 11,000 IU; vit. D3, 5000 IU; vit. E, 55 mg; Mn, 75 mg; Zn, 73 mg; Fe, 45 mg; Cu, 12 mg; I, 2 mg; Se, 0.32 mg; Endo-Beta-Xylanase, 2400 EPU; Fitasi, 1600 FTU.

²Integratore vit-min per kg di mangime: vit. A, 9000 IU; vit. D3, 4500 IU; vit. E, 25 mg; Mn, 65 mg; Zn, 70 mg; Fe, 30 mg; Cu, 9 mg; I, 1 mg; Se, 0.30 mg; Endo-Beta-Xylanasi, 2500 EPU; Fitasi, 1500 FTU.

Tabella 7. Composizione chimica calcolata (% t.q.) delle diete controllo usate nei tre periodi di prova (starter, accrescimento e finissaggio).

Composizione	Dieta Controllo	Dieta Controllo	Dieta Controllo
	starter	accrescimento	finissaggio
	(0–12 d)	(13–22 d)	(23–36 d)
	C1	C2	C3
Sostanza secca, %	88,0	88,0	88,0
EM, Mcal/kg	2,96	3,08	3,16
Proteina grezza, %	23,3	21,2	19,7
Grassi grezzi, %	4,99	6,72	7,57
Fibra grezza, %	3,53	3,69	3,59
Ceneri, %	5,21	4,65	3,91
Calcio, %	0,672	0,587	0,461
Fosforo totale, %	0,668	0,587	0,466
Fosforo assimilabile, %	0,598	0,500	0,400
Sodio, %	0,171	0,148	0,117
Potassio, %	1,05	0,955	0,851
Magnesio, %	0,205	0,198	0,178
Metionina, %	0,694	0,613	0,580
Metionina+Cistina, %	1,05	0,951	0,909
Lisina, %	1,39	1,25	1,17
Treonina, %	0,986	0,889	0,827
Valina, %	1,05	0,958	0,871
Arginina, %	1,54	1,39	1,24
Triptofano, %	0,278	0,255	0,241

Tabella 8. Composizione chimica (% t.q.) delle materie prime usate per la preparazione delle diete sperimentali (Analisi laboratorio LaChi, Dafnae).

Composizione	F.e. girasole	Mais	Favino	Lupino
Sostanza secca, %	89,8	87,9	87,6	90,4
EM, Mcal/kg ¹	1,73	3,28	2,50	1,95
Proteina grezza, %	35,0	7,14	26,6	28,2
Grassi grezzi, %	1,05	2,19	0,77	5,46
Fibra grezza, %	18,7	2,15	7,76	11,5
Ceneri, %	6,21	1,18	3,54	3,11
Calcio, %	0,42	0,01	0,10	0,30
Fosforo totale, %	1,41	0,35	0,57	0,48
Sodio, %	0,012	0,001	0,004	0,006
Potassio, %	1,12	0,27	1,27	0,95
Magnesio, %	0,51	0,08	0,12	0,16

¹FEDNA (2010).

Tabella 9. Ingredienti (%) delle diete sperimentali usate nei tre periodi di prova (starter: da 0 a 12 giorni di età, accrescimento: da 13 a 22 giorni di età e finissaggio: da 23 a 36 giorni di età).

Ingredienti	Dieta starter (0–12 d)				Dieta accrescimento (13–22 d)				Dieta finissaggio (23–36 d)			
	Soia	Girasole	Favino	Lupino	Soia	Girasole	Favino	Lupino	Soia	Girasole	Favino	Lupino
Dieta starter C1, %	100	83,0	83,0	83,0								
Dieta accrescimento C2, %					100	83,0	83,0	83,0				
Dieta finissaggio C3, %									100	83,0	83,0	83,0
Mais, %		8,50	5,00	7,00		8,50	5,00	7,00		8,50	5,00	7,00
F.e. girasole (tit. 36%), %		8,50	2,00			8,50	2,00			8,50	2,00	
Favino, %			10,0				10,0				10,0	
Lupino, %				10,0				10,0				10,0

Tabella 10. Formulazione (ingredienti, %) delle diete sperimentali usate nei tre periodi della prova (starter: da 0 a 12 giorni di età, accrescimento: da 13 a 22 giorni di età e finissaggio: da 23 a 36 giorni di età).

Ingredienti	Diete starter (0–12 d)				Diete accrescimento (13–22 d)				Diete finissaggio (23–36 d)			
	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)
Mais, %	35,1	37,6	34,1	36,1	33,1	36,0	32,5	34,5	15,0	21,0	17,5	19,5
Frumento, %	20,0	16,6	16,6	16,6	25,0	20,8	20,8	20,8	48,5	40,3	40,3	40,3
Soia f.e. 48% PG, %	33,0	27,4	27,4	27,4	26,0	21,6	21,6	21,6	20,0	16,60	16,6	16,6
Seme di soia tostata, %	3,00	2,49	2,49	2,49	5,00	4,15	4,15	4,15	5,00	4,15	4,15	4,15
Girasole f.e. 36% PG, %	3,00	11,0	4,49	2,49	4,00	11,8	5,32	3,32	4,00	11,82	5,32	3,32
Favino, %	0,00	0,00	10,0	0,00	0,00	0,00	10,0	0,00	0,00	0,00	10,0	0,00
Lupino, %	0,00	0,00	0,00	10,0	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	10,0
Olio di soia, %	2,50	2,07	2,07	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grasso animale, %	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	3,32	3,32	3,32	5,20	4,32	4,32	4,32
Premix broiler 1, %	1,05	0,87	0,87	0,87	0,95	0,78	0,78	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00
Premix broiler 2, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,86	0,86	0,86
Fosfato bicalcico, %	1,35	1,12	1,12	1,12	0,95	0,79	0,79	0,79	0,30	0,25	0,25	0,25
Carbonato di calcio, %	0,52	0,43	0,43	0,43	0,58	0,48	0,48	0,48	0,70	0,58	0,58	0,58
Bicarbonato di sodio, %	0,20	0,17	0,17	0,17	0,15	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Sale marino, %	0,25	0,21	0,21	0,21	0,22	0,18	0,18	0,18	0,22	0,18	0,18	0,18
Maxiban G 160, %	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Sacox 120, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,04	0,04

C: Dieta di controllo (100% dieta base); G: 91,5% dieta base + 8,5% di farina di estrazione di girasole; F: 90% dieta base + 10% di farina di Favino; L: 90% dieta base + 10% di farina di Lupino.

Tabella 11. Composizione chimica tipo e contenuto di amido (% t.q.) delle diete sperimentali usate nei tre periodi di prova (starter: da 0 a 12 giorni di età, accrescimento: da 13 a 22 giorni di età e finissaggio: da 23 a 36 giorni di età) (Analisi laboratorio LaChi, Dafnae).

Composizione	Dieta starter				Dieta accrescimento				Dieta finissaggio			
	(0–12 d)				(13–22 d)				(23–36 d)			
	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)
Sostanza secca, %	89,4	89,3	89,1	89,2	89,7	89,6	89,4	89,5	89,8	89,5	89,3	89,7
Proteina grezza, %	22,1	21,0	22,4	21,1	21,3	20,1	21,2	20,8	20,4	20,3	20,2	20,3
Estratto etereo, %	4,57	4,11	3,72	4,61	6,44	5,52	5,00	5,17	5,87	6,56	5,91	7,53
Fibra grezza, %	3,18	4,29	4,03	3,79	1,90	3,65	3,40	4,07	3,04	4,71	3,77	3,82
Ceneri, %	4,45	4,11	4,36	4,26	4,32	4,10	3,83	3,65	3,87	3,66	3,36	3,61
Amido, %	33,7	32,9	34,9	33,5	36,3	37,0	33,8	35,4	37,5	34,4	33,4	34,4

C: Dieta di controllo (100% dieta base); G: 91,5% dieta base + 8,5% di farina di estrazione di girasole; F: 90% dieta base + 10% di farina di Favino;

L: 90% dieta base + 10% di farina di Lupino.

Tabella 12. Composizione minerale delle diete sperimentali (% t.q.) usate nei tre periodi di prova (starter: da 0 a 12 giorni di età, accrescimento: da 13 a 22 giorni di età e finissaggio: da 23 a 36 giorni di età) (Analisi laboratorio LaChi, Dafnae).

Composizione	Dieta starter				Dieta accrescimento				Dieta finissaggio			
	(0–12 d)				(13–22 d)				(23–36 d)			
	Soia (C1)	Girasole (G1)	Favino (F1)	Lupino (L1)	Soia (C2)	Girasole (G2)	Favino (F2)	Lupino (L2)	Soia (C3)	Girasole (G3)	Favino (F3)	Lupino (L3)
Calcio, %	0,644	0,547	0,514	0,510	0,540	0,495	0,492	0,463	0,374	0,423	0,401	0,465
Fosforo tot., %	0,616	0,626	0,576	0,556	0,557	0,540	0,556	0,498	0,414	0,480	0,433	0,443
Sodio, %	0,123	0,114	0,108	0,112	0,092	0,109	0,110	0,107	0,050	0,060	0,059	0,087
Potassio, %	1,067	0,986	1,061	0,943	0,958	0,891	0,974	0,889	0,926	0,975	0,973	0,932
Magnesio, %	0,181	0,201	0,170	0,165	0,166	0,177	0,169	0,152	0,168	0,206	0,171	0,174

C: Dieta di controllo (100% dieta base); G: 91,5% dieta base + 8,5% di farina di estrazione di girasole; F: 90% dieta base + 10% di farina di Favino; L: 90% dieta base + 10% di farina di Lupino

Tabella 13. Composizione acidica (% AG totali) delle diete sperimentali usate nei tre periodi di prova (starter: da 0 a 12 giorni di età, accrescimento: da 13 a 22 giorni di età e finissaggio: da 23 a 36 giorni di età) (Analisi laboratorio LaChi, Dafnae).

Composizione	Dieta starter (0–12 d)				Dieta accrescimento (13–22 d)				Dieta finissaggio (23–36 d)			
	Soia (C1)	Girasole (G1)	Favino (F1)	Lupino (L1)	Soia (C2)	Girasole (G2)	Favino (F2)	Lupino (L2)	Soia (C3)	Girasole (G3)	Favino (F3)	Lupino (L3)
C14:0	0,13	0,12	0,12	0,13	1,01	0,92	0,93	0,87	1,12	1,13	1,12	1,09
C16:0	11,9	12,0	11,9	11,7	18,2	17,7	17,7	17,1	19,1	19,1	18,9	18,6
C18:0	3,10	3,35	3,31	3,34	7,03	6,86	6,89	6,68	7,46	7,47	7,37	7,21
C20:0	0,34	0,42	0,42	0,41	0,24	0,26	0,27	0,30	0,20	0,20	0,20	0,21
Altri SFA	0,95	0,99	1,04	1,08	1,23	1,02	1,10	1,21	1,20	1,20	1,25	1,30
C16:1n9	0,18	0,22	0,17	0,17	2,05	1,86	1,90	1,77	2,36	2,38	2,33	2,28
C18:1n9	24,4	26,1	25,6	25,4	31,0	31,3	31,3	31,0	30,5	30,5	30,5	30,5
C18:1n7	1,23	1,23	1,22	1,16	1,88	1,79	1,79	1,69	2,09	2,09	2,06	2,03
Altri MUFA	1,10	1,04	1,10	0,91	3,16	2,86	3,01	2,77	3,70	3,72	3,68	3,63
C18:3n3	5,46	4,75	4,90	5,00	2,64	2,48	2,54	2,73	2,65	2,64	2,57	2,53
C18:2n6	51,1	49,8	50,2	50,7	32,6	34,0	33,6	34,8	30,6	30,6	30,9	31,5
Altri PUFA n-3	0,10	0,07	0,08	0,09	0,24	0,23	0,24	0,27	0,49	0,50	0,50	0,49
Altri PUFA n-6	0,22	0,15	0,18	0,14	0,73	0,65	0,67	0,61	0,90	0,92	0,93	0,92
Totale SFA	16,4	16,9	16,8	16,6	27,7	26,7	26,8	26,1	29,1	29,1	28,8	28,4
Totale MUFA	26,8	28,4	27,9	27,5	36,0	36,0	36,1	35,4	36,3	36,3	36,3	36,2
Totale PUFA	56,9	54,8	55,3	55,9	36,25	37,3	37,1	38,5	34,7	34,6	34,9	35,4
Totale n-3	5,56	4,82	4,97	5,08	2,88	2,71	2,77	3,00	3,14	3,14	3,07	3,02
Totale n-6	51,3	50,0	50,4	50,8	33,37	34,6	34,3	35,5	31,5	31,5	31,9	32,4
Rapporto n-6/n-3	9,23	10,4	10,1	10,0	11,6	12,8	12,4	11,8	10,0	10,0	10,4	10,7

C: Dieta di controllo (100% dieta base); G: 91,5% dieta base + 8,5% di farina di estrazione di girasole; F: 90% dieta base + 10% di farina di Favino; L: 90% dieta base + 10% di farina di Lupino.

SFA: acidi grassi saturi; MUFA: acidi grassi monoinsaturi; PUFA: acidi grassi polinsaturi.

Rilievi in vivo

Gli animali sono stati monitorati per tutta la durata della prova, dall'accasamento fino alla macellazione. Giornalmente venivano controllate la qualità della lettiera, le condizioni di salute degli animali, il corretto funzionamento e posizionamento delle mangiatoie e degli abbeveratoi, le condizioni climatiche dello stabulario. Attraverso le celle di carico collegate alle mangiatoie, ogni giorno sono stati registrati i consumi alimentari; con cadenza settimanale, inoltre, si è proceduto alla misurazione e alla registrazione dei pesi individuali che sono stati immediatamente trasferiti in un file Excel al fine di monitorare l'accrescimento degli animali. L'etichetta identificativa posta sulla zampa destra è stata sostituita a partire dalla seconda settimana d'età con un'etichetta posta sull'ala destra.

Campionamento e Analisi morfologica dell'intestino

Per le valutazioni istologiche, a 24 giorni di età (i.e. 2 giorni dopo il cambio del mangime), 2 polli per recinto (2 polli per 6 recinti per 4 gruppi sperimentali; 48 animali/campioni) sono stati utilizzati per il prelievo di un segmento di 1 cm dal tratto prossimale del digiuno, campionato a metà distanza tra l'ansa duodenale e il diverticolo di Meckel (Pascual et al., 2020; Zardinoni et al., 2025).

I campioni di tessuto intestinale sono stati fissati in formalina al 10% a 4°C per 16 ore, lavati in PBS (phosphate-buffered saline 0,1 M, pH 7,4), disidratati in soluzioni a concentrazione crescente di etanolo e infine inclusi in paraffina. Da ciascun blocchetto sono state ottenute sezioni del diametro di 4 µm mediante l'uso di microtomo (Leica RM2035).

Per ogni vetrino sono state allestite 6 sezioni, sottoposte a colorazione con ematossilina-eosina per l'analisi morfometrica e con Alcian-PAS a pH 2,5 per l'individuazione e il conteggio delle cellule caliciformi. I preparati istologici così colorati sono stati digitalizzati tramite lo scanner per vetrini Axioscan 7 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Germania). Le successive misurazioni sono state eseguite impiegando il software di analisi d'immagine QuPath (versione 0.4.3). Nello specifico, per ciascun animale un operatore ha misurato l'altezza di 20 villi e la profondità di 20 cripte, mentre il conteggio delle cellule caliciformi è stato condotto su dieci villi differenti, prendendo come riferimento una porzione di epitelio lungo 300 µm.

Analisi chimiche

I campioni di mangimi sono stati sottoposti a determinazione di contenuto di sostanza secca, ceneri, proteina grezza ed estratto etereo mediante metodi AOAC (2000). Per l'analisi del profilo degli acidi grassi degli stessi campioni, il grasso è stato estratto mediante un sistema di estrazione accelerata con solventi (ASE®, Dionex, Sunnyvale, CA, USA; Application Note 334). I campioni sono stati successivamente analizzati tramite gas cromatografia utilizzando uno strumento 7820A Gas Chromatograph (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) e Supelco OMEGAWAX™ 250 (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Gli acidi grassi sono stati identificati confrontando i tempi di ritenzione dei FAMES (esteri metilati di acidi grassi) con quelli di uno standard (Supelco 37-component FAME Mix, 47885- U). I singoli acidi grassi sono stati espressi come percentuale dell'area totale.

Per la determinazione dei minerali nei campioni, la mineralizzazione è stata eseguita con la tecnica a microonde utilizzando lo strumento MILESTONE START D (Milestone Srl Sorisole, Bergamo, Italia) operante alla potenza di 1200 watt; dotato di ROTORE SK-10 ad alta pressione (64 bar). Il campione è stato pesato (0,25 g di liofilizzato), addizionato con 7 ml di acido nitrico 67% superpuro a 2 ml di perossido di idrogeno 30% e quindi mineralizzato con un programma in tre fasi (1. Temperatura 200° C per 15 minuti; 2. Temperatura 200° C per 18 minuti; 3. Raffreddamento fino a 35° C). Dopo la mineralizzazione, il campione è stato portato a volume (25 ml) con acqua demineralizzata. La determinazione dei minerali è stata effettuata tramite ICP-OES (analisi in spettrometria al plasma; SPECTRO ARCOS, SPECTRO Analytical Instruments GmbH, Kleve, Germania).

Analisi statistica

I dati individuali di prestazioni produttive (peso vivo, accrescimento medio giornaliero) sono stati sottoposti ad analisi della varianza con la dieta come effetto principale e il recinto come effetto casuale, utilizzando la procedura PROC MIXED del SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA). I dati di recinto relativi a consumi alimentari e indici di conversione e quelli individuali di analisi morfometriche intestinali (media delle sei misurazioni per pollo) sono stati sottoposti ad analisi della varianza utilizzando la procedura PROC GLM del SAS con la dieta come effetto principale. Le differenze fra le medie con $P \leq 0,05$ sono state considerate statisticamente significative, mentre quelle con $0,05 \leq P \leq 0,10$ sono state considerate come indicative di una tendenza.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Prestazioni produttive

Nella Tabella 14 sono riportati i risultati delle prestazioni produttive degli animali alimentati con diete contenenti favino, lupino o girasole in sostituzione della soia dalla schiusa fino alla macellazione commerciale a 36 giorni di età.

Complessivamente, al termine della prova, i polli hanno raggiunto un peso vivo medio di 2566 g, con un accrescimento medio giornaliero di 70,1 g/d, un consumo medio di mangime di 112 g/d e un indice di conversione alimentare medio di 1,60.

L'analisi statistica ha evidenziato differenze significative e marcate tra i gruppi già a partire dal 15° giorno di età, quando i polli alimentati con la dieta controllo a base di soia hanno mostrato un peso vivo significativamente superiore rispetto ai polli alimentati con le altre diete (583 g vs. 516 g, 530 g, 515 g con le diete C, G, F e L, rispettivamente; $P < 0,001$). Tale differenza si è mantenuta costante per l'intera durata del ciclo, portando il gruppo di controllo ad un peso finale di 2845 g, valore nettamente superiore rispetto agli altri gruppi sperimentali. Come evidenziato nelle linee guida Aviagen (2025), la soia garantisce standard di crescita superiori grazie all'elevata digeribilità della proteina e ad un buon profilo amminoacidico in grado di sostenere la crescita rapida degli animali.

D'altra parte, se anche al 22° giorno la differenza tra la dieta di controllo e le altre fonti alternative è risultata elevata (1173 g vs. 1020 g, 1081 g, 1047 g con le diete C, G, F e L, rispettivamente; $P < 0,001$), a partire dal 29° giorno gli animali alimentati con la dieta a base di favino hanno mostrato un recupero e un peso vivo medio finale superiore rispetto a quelli alimentati con le diete a base di lupino e girasole, pur rimanendo inferiori rispetto alla dieta di controllo (1946 g vs. 1674 g, 1794 g, 1715 g con le diete C, G, F e L, rispettivamente; $P < 0,001$). Questo recupero tardivo può essere correlato ad una maggior capacità di adattamento dell'animale adulto ai fattori antinutrizionali tipici di questa leguminosa (vicina e convicina), che tendono a penalizzare la crescita nelle fasi iniziali (Dal Bosco et al., 2013). Al 36° giorno gli animali alimentati con la dieta di controllo hanno mantenuto un peso vivo superiore rispetto alle altre diete sperimentali (2845 g vs. 2402 g, 2569 g, 2449 g; $P < 0,001$) e quelli alimentati con il favino hanno mantenuto un peso intermedio superiore rispetto alle altre fonti proteiche.

Per quanto riguarda l'accrescimento medio giornaliero i soggetti alimentati con la dieta a base di soia hanno registrato performance superiori rispetto a quelli alimentati con le altre diete, mentre il favino ha registrato valori intermedi (77,8 g/d vs. 65,5 g/d, 70,2 g/d, 66,8 g/d con le diete C, G, F e L, rispettivamente; $P < 0,001$).

Analizzando l'efficienza alimentare, il gruppo alimentato con la dieta a base di girasole ha mostrato un'ingestione media giornaliera inferiore (109 g/d vs. 113 g/d, 115 g/d, 111 g/d con le diete G, C, F

e L, rispettivamente; $P < 0,001$). Nonostante il girasole sia una fonte ricca di amminoacidi solforati, le minori prestazioni osservate nel nostro caso potrebbero essere attribuite al maggiore quantitativo di fibra grezza, soprattutto nelle diete di finissaggio che riduce la densità energetica della razione. Questo ingombro fisico della fibra a livello gastrointestinale ha reso inefficiente il meccanismo di regolazione chemiostatica dell'appetito, che in presenza di diete meno energetiche inducono l'animale a mangiare di più per soddisfare i propri fabbisogni; gli animali si trovano così ad ingerire meno energia di quanto necessario a sostenere la crescita. Questo andamento trova pieno riscontro con i risultati ottenuti dallo studio di Al-molah et al. (2023) su 360 pulcini di un giorno Ross 308 alimentati secondo un disegno fattoriale (4×2), in cui la farina di soia è stata sostituita con farina di girasole decorticata a diversi livelli di inclusione (0%, 33%, 66% e 100%) in combinazione con l'aggiunta dell'enzima endo-1,4- β -xilanasi (3.2.1.8). I risultati ottenuti evidenziano che livelli di inclusione più elevati (66% e 100%) hanno provocato un crollo del consumo totale di mangime: nello specifico dell'8,62 e dell'8,39% nell'inclusione al 66% (con e senza enzima) e del 14,13% e del 15,03% nella dieta al 100% (con e senza enzima). Gli autori giustificano infatti tale diminuzione associandola ai limiti fisici imposti dalla frazione fibrosa. I risultati del presente studio si differenziano invece da quanto riscontrato da Tewelde et al. (2026) in 624 polli maschi di un giorno (Ross 308) alimentati con diete isocaloriche ed isoazotate contenenti inclusioni di farina di girasole al 20% e 30% (sia a basso che alto tenore di fibra). In questo studio, l'inclusione al 30% di farina di girasole ad alto contenuto di fibra ha aumentato l'ingestione dell'8,07% nella fase di finissaggio rispetto alla dieta di controllo. Gli autori hanno attribuito tale incremento all'aggiunta di olio di girasole (ricco in flavonoidi) il quale avrebbe stimolato la funzionalità intestinale, favorendo così il consumo alimentare. D'altra parte, i soggetti alimentati con la dieta a base di favino hanno mostrato consumi maggiori. In conclusione, per quanto riguarda l'indice di conversione alimentare la dieta a base di soia ha dato i migliori risultati rispetto alle altre diete sperimentali (1,45 vs. 1,66, 1,64, 1,66 con la dieta C rispetto alle diete G, F e L; $P < 0,001$).

Sebbene l'impiego delle fonti proteiche alternative testate rappresenti una strategia per migliorare la sostenibilità della filiera avicola e ridurre la dipendenza dalle importazioni, i risultati della presente prova confermano che la loro inclusione richiede una formulazione attenta, capace di compensare le carenze amminoacidiche e soddisfare i fabbisogni degli ibridi commerciali.

Tabella 14. Effetto dell'inclusione di favino, lupino e girasole su peso vivo, accrescimento e indice di conversione (LS means) fino a 36 giorni d'età.

	Dieta				Prob.	DSR
	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)		
Polli, n	120	139	134	137		
Peso vivo (g)						
Giorno 0 ¹	43,4	43,1	43,0	43,1	0,72	2,87
Giorno 15 ¹	583 ^b	516 ^a	530 ^a	515 ^a	<0,001	64,0
Giorno 22 ¹	1173 ^b	1020 ^a	1081 ^a	1047 ^a	<0,001	117
Giorno 29 ¹	1946 ^c	1674 ^a	1794 ^b	1715 ^a	<0,001	189
Giorno 36 ¹	2845 ^c	2402 ^a	2569 ^b	2449 ^a	<0,001	258
Accrescimento giornaliero ¹	77,8 ^c	65,5 ^a	70,2 ^b	66,8 ^a	<0,001	7,16
Ingestione alimentare ² , g/d	113 ^{ab}	109 ^a	115 ^b	111 ^{ab}	<0,001	2,62
Indice di conversione alimentare ²	1,45 ^a	1,66 ^b	1,64 ^b	1,66 ^b	<0,001	0,050

C: 100% dieta base (controllo); G: 91,5% di dieta base + 8,5% di farina di girasole; F: 90% dieta base + 10% di farina di favino; L: 90% dieta base + 10% di farina di lupino.

Abbreviazioni: DSR, Deviazione Standard Residua. ¹ Dato individuale. ² Dato del recinto. ^{a, b, c} Lettere diverse all'interno di una riga indicano una differenza significativa fra le medie ($P < 0,05$).

Analisi morfometrica

I risultati dell'analisi morfometrica del digiuno effettuata sugli animali a 24 giorni d'età sono riportati nella Tabella 15. I dati evidenziano variazioni significative tra i gruppi sperimentali, confermando come la scelta della fonte proteica influenzi la condizione intestinale. L'integrità e il corretto sviluppo del tratto gastrointestinale rappresentano un fattore determinante per garantire un corretto assorbimento dei nutrienti e supportare le performance degli animali (Lanza et al., 2025).

In particolare, l'altezza dei villi (Figura 10) è risultata superiore nel gruppo alimentato con la dieta a base di soia rispetto ai polli alimentati con le altre diete sperimentali (1084 μm vs. 1031 μm , 1020 μm , e 1078 μm nella dieta controllo rispetto alle diete G, F, L, rispettivamente; $P < 0,001$). Poiché l'altezza dei villi è correlata ad una maggior attività enzimatica e ad un miglior assorbimento dei nutrienti, in quanto si ha una maggior superficie utile alla digestione (Fonsatti et al., 2025), lo sviluppo riscontrato negli animali alimentati con la soia è correlato con le loro migliori performance di crescita e l'efficienza alimentare. Al contrario, l'inclusione delle proteine alternative ha determinato una riduzione di questa variabile, in particolare per i polli alimentati con le diete a base di girasole e favino.

Per quanto riguarda la profondità delle cripte, gli animali alimentati con il girasole hanno mostrato un valore massimo (143 μm vs 136 μm , 137 μm , 132 μm con la dieta G rispetto alle diete C, F, e L, rispettivamente; $P = 0,018$). Questo risultato indica un aumento del ricambio e della proliferazione cellulare (Fonsatti et al., 2025) e risulta associato a una riduzione del rapporto villi/cripte, il quale ha invece registrato il picco massimo nel gruppo di controllo. Questo risultato potrebbe essere correlato alla quantità e al tipo di fibra presente nel girasole (Tewelde et al., 2026) e nelle diete contenenti girasole, con un aumento del turn-over cellulare e una riduzione dell'efficienza alimentare.

Il numero di cellule mucipare (Figura 11) è risultato inferiore negli animali alimentati con la dieta di controllo rispetto a quelli che hanno ricevuto le altre diete sperimentali, dove gli individui alimentati con il favino hanno registrato il valore massimo (25,4 μm vs. 22,0 μm , 24,3 μm , 24,6 μm con la dieta F rispetto alle diete C, G, e L, rispettivamente; $P = 0,001$). Gli stessi polli alimentati con il favino hanno mostrato un'altezza dei villi inferiore e la presenza di questi due risultati (più cellule mucipare, minore altezza dei villi) potrebbe essere attribuita alla presenza di fattori antinutrizionali, quali vicina e convicina. Come riportato in letteratura, infatti, questi composti possono compromettere lo sviluppo del tratto gastrointestinale e indurre una depressione della crescita nei soggetti giovani (Dal Bosco et al., 2013).

Dal punto di vista fisiologico, l'effetto antinutrizionale dei composti del favino sulla mucosa intestinale potrebbe aver causato un danno cellulare, portando ad un accorciamento dei villi; l'apparato digerente risponde a tale stimolo stressogeno incrementando l'attività e la differenziazione

delle cellule mucipare. Questo incremento rappresenta un meccanismo di difesa volto a preservare l'integrità strutturale del tessuto intestinale (Fonsatti et al., 2025).

In linea con quanto sostenuto da Szczurek e Świątkiewicz (2022), i risultati della seguente prova confermano che a 36 giorni d'età gli animali hanno superato la sensibilità intestinale iniziale ai polisaccaridi non amidacei (NSP) solubili e il lupino non produce differenze marcate nella morfologia intestinale rispetto alla dieta controllo. Tuttavia, per definire con precisione la condizione intestinale e avere un quadro più completo dell'effetto delle fonti proteiche alternative alla soia, sarà opportuno integrare questi dati con ulteriori indagini a livello molecolare e microbiologico, quali l'analisi della risposta trascrittomica e la caratterizzazione del microbiota intestinale.

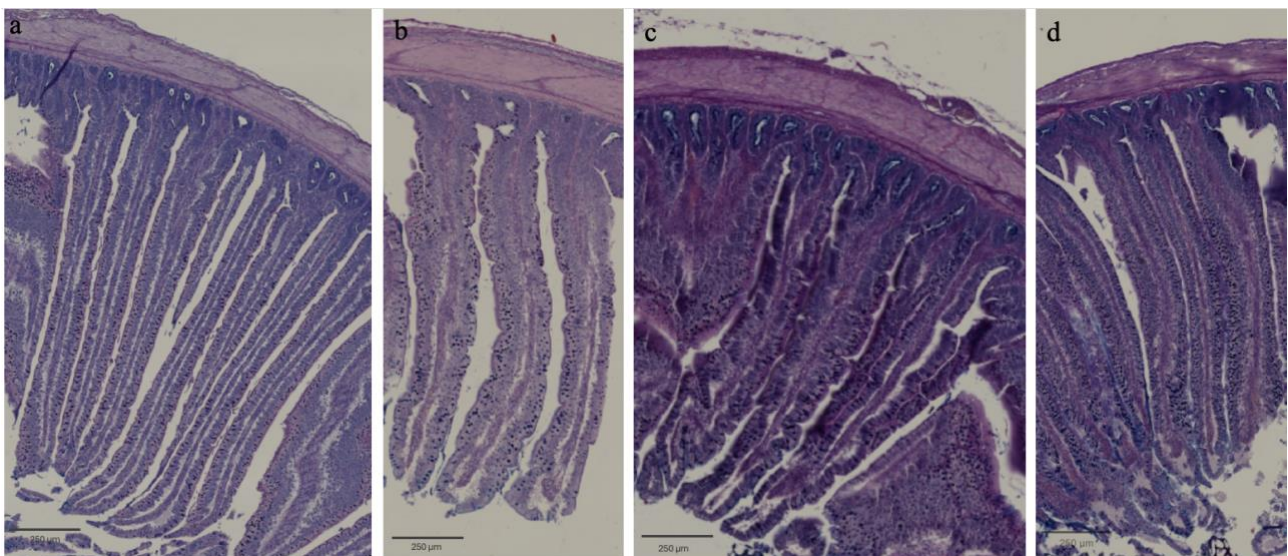


Figura 10. Misurazioni morfologiche dei villi e cripte con colorazione Alcian-PAS pH 2,5 dei polli alimentati con a) dieta di controllo (100% dieta base); b) 92% dieta base + 8.5% di farina di estrazione di girasole; c) 90% dieta base + 10% di farina di favino; d) 90% dieta base + 10% di farina di lupino. Scale bar 50 µm.

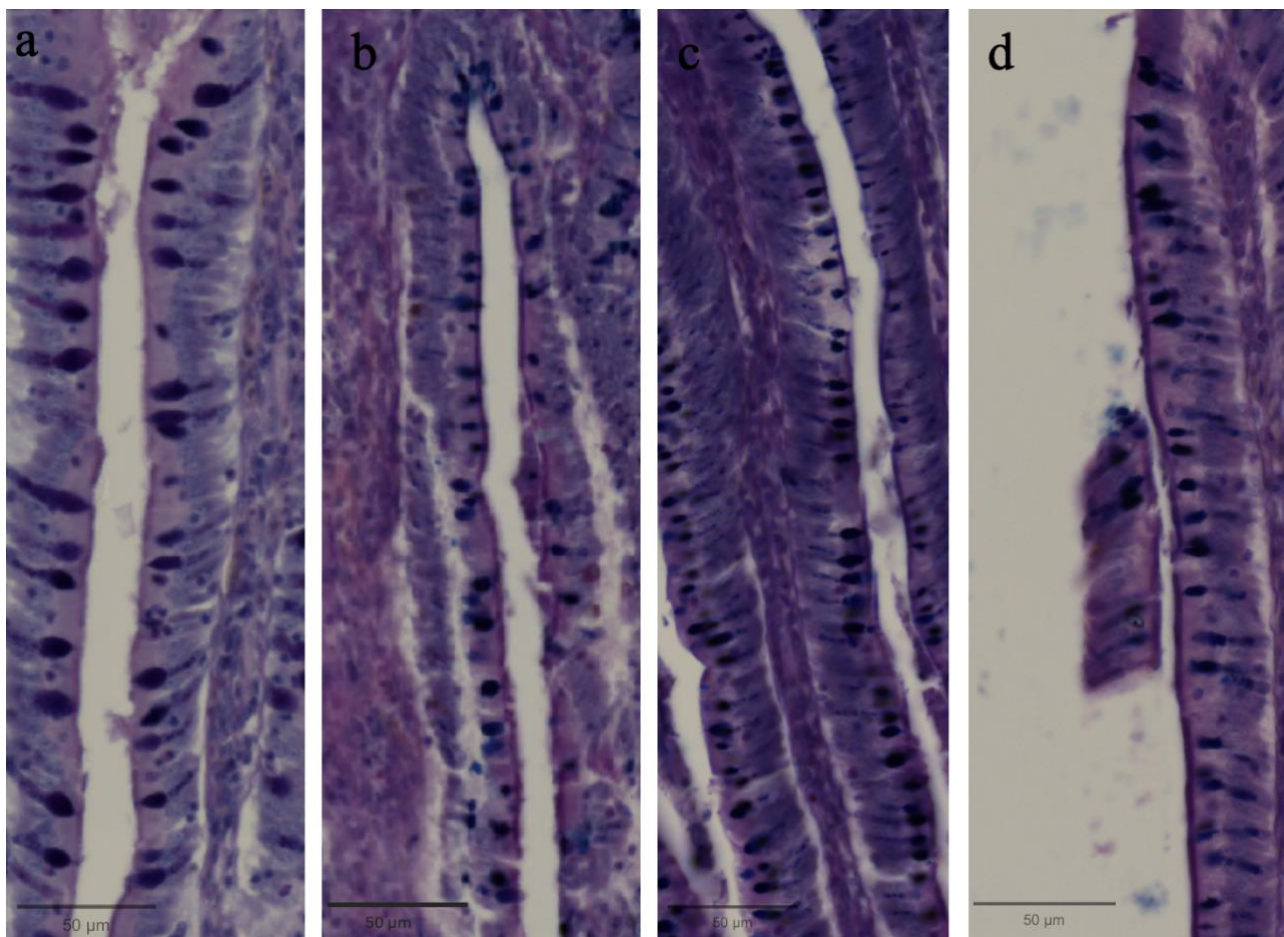


Figura 11. Cellule mucipare colorazione Alcian-PAS pH 2,5 di polli alimentati con a) dieta di controllo (100% dieta base); b) 92% dieta base + 8.5% di farina di estrazione di girasole; c) 90% dieta base + 10% di farina di favino; d) 90% dieta base + 10% di farina di lupino. Scale bar 50 μ m.

Tabella 15. Effetto dell'inclusione di favino, lupino e girasole sulla morfologia e la conta delle cellule mucipare del digiuno in polli da carne a 24 giorni d'età.

Variabili	Diete sperimentali				Prob.	DSR
	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)		
Polli, n	14	12	12	12		
Altezza villi, μm	1084 ^b	1031 ^a	1020 ^a	1078 ^b	<0,001	239
Profondità cripte, μm	136 ^{ab}	143 ^b	137 ^{ab}	132 ^a	0,018	40,7
Mucipare, μm	22,0 ^a	24,3 ^b	25,4 ^b	24,6 ^b	0,001	5,77
Villi/cripte	8,98 ^b	7,83 ^a	7,99 ^a	8,76 ^{ab}	<0,001	3,54

C: 100% dieta base (controllo); G: 91,5% di dieta base + 8.5% di farina di girasole; F: 90% dieta base + 10% di farina di favino; L: 90% dieta base + 10% di farina di lupino.

Abbreviazioni: DSR, Deviazione Standard Residua. ^{a, b, c} Lettere diverse all'interno di una riga indicano una differenza significativa fra le medie ($P < 0,05$).

CONCLUSIONI

La domanda mondiale di carne di pollo è in continua espansione. Per sostenere l'aumento della produzione avicola e ridurre la dipendenza dalle importazioni, la ricerca è indirizzata verso lo studio di nuove fonti proteiche locali e sostenibili in alternativa alla soia. In questo contesto la presente tesi ha valutato l'impatto dell'inclusione di favino, lupino, e girasole su prestazioni produttive e salute intestinale del pollo da carne.

Le evidenze sperimentali ottenute dimostrano che la dieta a base di soia si conferma lo standard di riferimento ottimale per soddisfare i fabbisogni del pollo da carne. Tra le fonti proteiche alternative, il favino si è distinto per le migliori performance nel lungo periodo: a fronte di un iniziale deficit dovuto probabilmente ai fattori antinutrizionali, gli animali hanno evidenziato una crescita compensativa, registrando pesi finali superiori rispetto a lupino e girasole, evidenziando a livello istologico un aumento delle cellule mucipare in risposta agli eventi stressogeni.

Per quanto riguarda la salute intestinale, il lupino è risultato la fonte più interessante, evidenziando un rapporto villi/cripte migliore, correlato ad una maggior capacità di adattamento verso l'effetto dei polisaccaridi non amidacei (NSP) solubili. Al contrario, l'elevato tenore di fibra grezza del girasole ha ridotto l'ingestione alimentare e ha aumentato la profondità delle cripte a causa dell'alto turn-over cellulare.

In prospettiva, pur non eguagliando i risultati produttivi della soia, queste fonti proteiche locali restano una risorsa strategica per garantire la sostenibilità della filiera. Per valorizzare il loro potenziale, l'impiego ottimale dovrebbe rispettare livelli di inclusione più flessibili nei periodi più idonei, supportato, se necessario, dall'integrazione di trattamenti tecnologici o l'integrazione con additivi volti a mitigare l'effetto dei fattori antinutrizionali e della fibra grezza a livello intestinale.

BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Wareth, A. A. A., Williams, A. N., Salahuddin, M., Gadekar, S., Lohakare, J. 2024. Algae as an alternative source of protein in poultry diets for sustainable production and disease resistance: Present status and future considerations. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1382163.
- Al-molah, M. I., Kloor, I. S., Al-Tae, R. N. D. 2023. The effect of adding xylanase enzyme to diets of broilers containing de-hulled sunflower meal as a substitute for soybean meal on growth, gastrointestinal mass, biology, and intestinal morphology, blood serum biochemical traits. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1262, 7, 072008.
- Anand, K. B. 2025. Impact of alternative protein sources on growth and feed efficiency in broiler birds: A review. *International Journal of Agriculture and Food Science*, 7, 11–19.
- AOAC. 2000. International Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Arlington, VA USA. Association of Official Analytical Chemists.
- Aviagen 2022. Ross Broiler Nutrition Specifications. Disponibile a https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Italian_TechDocs/Ross_BroilerNutritionSpecifications2022_IT.pdf Accesso :11/03/2026.
- Aviagen 2024, Optimizing Nutrition Of Modern Broilers. Disponibile a: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Resources_Tools/AviagenBriefOptimizingNutritionOfModernBroilers-24-EN.pdf Accesso: 11/03/2026.
- Aviagen 2025a. Ross Broiler Nutrition Supplement. Disponibile a https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Aviagen_Ross_BroilerNutritionSupplement.pdf Accesso :11/03/2026.
- Aviagen 2025b. ROSS Broiler Handbook. Disponibile a https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Aviagen-ROSS-Broiler-Handbook-EN.pdf Accesso : 11/03/2026.
- Belhadj Slimen, I., Yerou, H., Ben Larbi, M., M'Hamdi, N., Najjar, T. 2023. Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: A review. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1200031.
- Biasato, I., Gasco, L., De Marco, M., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S., Capucchio, M. T., Biasibetti, E., Tarantola, M., Sterpone, L., Cavallarin, L., Gai, F., Pozzo, L., Bergagna, S., Dezzutto, D., Zoccarato, I., Schiavone, A. 2018. Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae inclusion in the diets of male broiler chickens: Effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. *Poultry Science*, 97, 540–548.
- Cerolini, S. 2015a. Avicoltura, Allevamento del Pollo da Carne. In I. Romboli, M. Marzoni Fecia Di Cossato, A. Schiavone, L. Zaniboni, S. Cerolini (Eds.), *Avicoltura e Coniglicoltura. Le Point Veterinaire Italie*, Milano, Italy, 10, 279-291.

- Cerolini, S. 2015b. Avicoltura, Nutrizione e alimentazione degli avicoli. In I. Romboli, M. Marzoni Fecia Di Cossato, A. Schiavone, L. Zaniboni, S. Cerolini (Eds.), Avicoltura e Coniglicoltura. Le Point Veterinaire Italie, Milano, Italy, 8, 223-236.
- Crépon, K., Marget, P., Petronet, C., Carrouée, B., Arese, P., Duc, G. 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L) seeds for feed and food. Field Crops Research, Faba Beans in Sustainable Agriculture, 115, 329–339.
- Dal Bosco, A. D., Ruggeri, S., Mattioli, S., Mugnai, C., Sirri, F., Castellini, C. 2013. Effect of faba bean *Vicia Faba* Var. Minor) inclusion in starter and growing diet on performance, carcass and meat characteristics of organic slow-growing chickens. Italian Journal of Animal Science, 12, 76.
- Direttiva 2007/43/CE. Direttiva 2007/43/CE del Consiglio, del 28 giugno 2007, che stabilisce norme minime per la protezione dei polli allevati per la produzione di carne (Testo rilevante ai fini del SEE). Gazzetta ufficiale n. L 182/19 del 12/07/2007.
- El-Wahab, A. A., Schubert, D.-C., Starke, S., Ahmed, M. F. E., Krischek, C., Visscher, C., Lingers, J. B. 2025. Effects of different dietary algal species on growth performance, meat quality, and intestinal morphology in broilers. Poultry Science, 104, 106013.
- Fonsatti, E., Bortoletti, M., Birolo, M., Bordignon, F., Xiccato, G., Trocino, A., Bertotto, D., Vascellari, M., Radaelli, G., Ballarin, C. 2025. Histochemical and immunohistochemical evaluation of the effects of a low-Input diet on different chicken breeds. Animals, 15,696.
- Gasco, L., Biasato, I., Dabbou, S., Schiavone, A., Gai, F. 2019. Animals fed insect-based diets: state-of-the-art on digestibility, performance and product quality. Animals, 9, 170.
- ISMEA. Tendenze avicoli 2025. Disponibile a: <https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/13480> Accesso: 05/03/2026.
- Lacassagne, L., Francesch, M., Carré, B., Melcion, J. P. 1988. Utilization of tannin-containing and tannin-free faba beans (*Vicia faba*) by young chicks: Effects of pelleting feeds on energy, protein and starch digestibility. Animal Feed Science and Technology, 20, 59–68.
- Lanza, M., Battelli, M., Gallo, L., Soglia, F., Bovera, F., Giunta, F., Primi, R., Biondi, L., Giannuzzi, D., Zampiga, M., Addeo, N. F., Cannas, A., Danieli, P. P., Ronchi, B., Crovetto, G. M. 2025. Sustainability of animal production chains: alternative protein sources as an ecological driver in animal feeding: a review. Animals, 15, 3245.
- Laudadio, V., Ceci, E., Tufarelli, V. 2011. Productive traits and meat fatty acid profile of broiler chickens fed diets containing micronized faba beans (*Vicia faba* L. var. Minor) as the main protein source. Journal of Applied Poultry Research, 20, 12–20.

L'unione sarda 2021. Disponibile a: <https://www.unionesarda.it/3-minuti-con/spirulina-il-cibo-del-futuro-mmw8ocot> Accesso: 6/06/2026

Mazlan, N. A. F., Miswan, N. A., Ahmad, S., Hassim, H. A., Jamien, E. S., Wei Ee, H., Kumari Ramiah, S., Idrus, Z. 2024. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal for heat-stressed broiler chicken: Its effects on gut health, stress biomarkers, and growth performance. *Italian Journal of Animal Science*, 23, 1391–1402.

Mbukwane, M. J., Nkukwana, T. T., Plumstead, P. W., Snyman, N. 2022. Sunflower meal inclusion rate and the effect of exogenous enzymes on growth performance of broiler chickens. *Animals*, 12, 253.

Milczarek, A. 2024. Faba beans (*Vicia faba* var. Minor) in broiler chickens feeding. *Journal of Central European Agriculture*, 25, 633–646.

Nalle, C. L., Ravindran, V., Ravindran, G. 2010. Nutritional value of faba beans (*Vicia faba* L.) for broilers: Apparent metabolisable energy, ileal amino acid digestibility and production performance. *Animal Feed Science and Technology*, 156, 104–111.

OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034. Disponibile a: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-2025-2034_601276cd-en.html Consultato il: 05/03/2026.

Pascual, A., Pauletto, M., Giantin, M., Radaelli, G., Ballarin, C., Birolo, M., Zomeño, C., Dacasto, M., Bortoletti, M., Vascellari, M., Xiccato, G., e Trocino, A. 2020. Effect of dietary supplementation with yeast cell wall extracts on performance and gut response in broiler chickens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 40.

Perella, F., Mugnai, C., Bosco, A. D., Sirri, F., Cestola, E., Castellini, C. 2009. Faba bean (*Vicia faba* var. minor) as a protein source for organic chickens: performance and carcass characteristics. *Italian Journal of Animal Science*, 8, 575–584.

Ramalho de Lima, M., Kaneko, I. N., de Lima, A. V., de Melo, L. N., de Lima, M. C., de Brito, A. N. E. F., Marimuthu, S. 2024. Choline supplementation: impact on broiler chicken performance, steatosis, and economic viability from from 1 to 42 days. *Plos one*, 19, 0295488.

Regolamento (CE) n. 1831/2003 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 settembre 2003, sugli additivi destinati all'alimentazione animale (Testo rilevante ai fini del SEE) Disponibile a: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/ALL/?uri=CELEX%3A32003R1831> Accesso: 20/04/2026.

Regolamento (CE) n. 1372/2021 del Parlamento europeo e del Consiglio 2002. Disponibile su: <http://data.europa.eu/eli/reg/2002/178/oj/ita> Accesso: 20/04/2026.

Rivista Agraria. Disponibile

a: <https://www.agraria.org/coltivazionierbacee/fava.htm> Accesso: 07/05/2026.

Rivista Agraria. Disponibile

a: <https://www.agraria.org/coltivazionierbacee/girasole.htm> Accesso: 07/05/2026.

Rivista di Agraria. Disponibile a: <https://www.rivistadiagraria.org/articoli/anno-2021/gli-insetti-delle-nuove-fonti-sostenibili-nutrire-pianeta/> Accesso: 2/06/2026.

Rivista Agraria. Disponibile

a: <https://www.agraria.org/coltivazionierbacee/lupino.htm> Accesso: 07/05/2026.

Tewelde, K. G., Kiss, B., Csiszér, T., Pál, L., Such, N., Bartos, Á., Dublec, K. 2026. Feeding low- and high-fibre sunflower meal to broiler chickens—effects of Inclusion Rate and Age of birds on the production traits, carcass composition, nutrient digestibility, gut viscosity, and caecal short-chain fatty acid content. *Animals*, 16, 162.

Tiruneh, B. B., Chekol, Y. M., Limenih, B. A. (2025). Effect of substituting soybean meal with sweet lupine on the performance of sasso T44 dual purpose chicken. *Scientific Reports*, 15, 13997.

Unaitalia 2025. Relazione Annuale. Disponibile a https://www.unaitalia.com/wp-content/uploads/2025/07/RelazioneAnnuale_2025_Unaitalia-1.pdf Accesso :11/03/2026

Sanità Informazione. Disponibile a: <https://www.sanitainformazione.it/estratto-di-semi-di-lupini-in-aiuto-per-regolare-la-glicemia/> Accesso: 2/06/2026

Szczurek, W., Świątkiewicz, S. 2022. Effects of broiler chicken age and dietary protease on the standardised ileal digestibility of amino acids in seeds from two lupin species. *Annals of Animal Science*, 22, 1351–1362.

Zardinoni G., Huerta A., Boskovic Cabrol M., Bordignon F., Trocino A., Fonsatti E., Ballarin C., Birolo M., Stevanato P., Julian D., Xiccato G. 2025. Gut response to the dietary supplementation with sodium butyrate in broiler chickens: morphology and microbiota composition and predictive functional groups. *Italian Journal of Animal Science*, 24, 123-136.