



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti
Risorse Naturali e Ambiente

Corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie

Effetto dell'integrazione nella dieta con favino, lupino e
girasole su prestazioni produttive e qualità del prodotto in
polli da carne

Relatore

Prof. ssa Angela Trocino

Correlatore

Dott. Mattia Pravato

Prof. ssa Vittoria Giannini

Laureando

Mattia Trevisan

Matricola n. 2160084

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

Indice

Riassunto	ii
Abstract	iv
Introduzione.....	1
Mercato delle carni avicoli attuale e prospettive future.....	1
L'allevamento convenzionale del pollo da carne.....	3
Metodi alternativi di allevamento del pollo da carne	5
Sostenibilità e impatti dell'allevamento avicolo	9
Alimentazione del pollo da carne e fabbisogni nutrizionali	11
Materie prime convenzionali	12
Materie prime proteiche	14
Girasole.....	14
Favino	15
Lupino.....	16
Microalghe.....	19
Insetti	20
Obbiettivi.....	22
Materiali e metodi.....	23
Descrizione dell'allevamento	23
Animali e diete sperimentali.....	24
Rilievi in vivo	33
Macellazione commerciale e dissezione delle carcasse.....	33
Caratteristiche delle carcasse e qualità della carne.....	34
Analisi chimiche.....	36
Analisi statistica.....	37
Risultati	38
Prestazioni produttive.....	38
Risultati di macellazione	40
Presenza di miopatie.....	40
Qualità della carne.....	40
Discussione.....	44
Conclusioni.....	47
Bibliografia.....	48

Riassunto

Il comparto avicolo occupa un ruolo di primo piano nell'ambito delle produzioni zootecniche mondiali e continua a espandersi in risposta all'aumento del fabbisogno di alimenti ricchi di proteine ad elevato valore biologico. Tale crescita è sostenuta dalla capacità del settore di garantire produzioni efficienti e competitive. Tuttavia, tale sviluppo ha determinato e sottintende un aumento della richiesta di materie prime proteiche per l'alimentazione animale, tra cui la soia, che costituisce la principale fonte proteica utilizzata nelle diete dei polli da carne. L'elevata dipendenza dell'Europa dalle importazioni di soia, unita alle problematiche economiche e ambientali associate alla sua produzione, ha incentivato la ricerca di fonti proteiche alternative più sostenibili e reperibili a livello locale. Tra queste, lupino, favino e girasole rappresentano potenziali alternative in grado di contribuire alla riduzione della dipendenza dalla soia importata. In questo contesto, la presente tesi sperimentale ha avuto l'obiettivo di valutare l'effetto dell'inclusione di una quota (8,5-10%) di farine di lupino, favino e girasole in sostituzione della soia nelle diete di polli da carne, analizzandone l'impatto sulle prestazioni produttive, sui risultati alla macellazione e sulla qualità della carne. A questo scopo sono stati allevati 624 polli maschi Ross 308 da 1 a 36 giorni di età. Gli animali sono stati collocati in 24 recinti presso lo stabulario dell'Università di Padova (26 polli per recinto) e assegnati a 4 trattamenti alimentari: C (dieta controllo, 100% mangime base), G (91,5% mangime base + 8,5% f.e. di girasole), F (90% mangime base + 10% farina di favino) e L (90% mangime base + 10% farina di lupino). I polli alimentati con la dieta controllo a base di soia hanno mostrato le migliori performance produttive, raggiungendo il peso vivo finale più elevato (2836 g vs. 2402 g, 2569 g, 2449 g; $P<0,001$) rispetto ai polli alimentati con le diete girasole, favino, lupino. L'accrescimento medio giornaliero è stato maggiore negli animali alimentati con la dieta soia (77,8 g/d vs. 65,5 g/d, 70,2 g/d, 66,8 g/d; $P<0,001$), con un indice di conversione alimentare minore rispetto alle diete girasole, favino, lupino (1,46 vs. 1,64, 1,66, 1,66; $P<0,001$). Gli animali alimentati con la dieta girasole hanno mostrato i minori consumi giornalieri rispetto ai polli alimentati con le diete soia, favino, lupino (109 g/d vs. 113 g/d, 115 g/d, 111 g/d; $P<0,001$). Di conseguenza, gli animali alimentati con la dieta soia hanno mostrato carcasse più pesanti rispetto ai polli alimentati con le diete a base di girasole, favino e lupino (1995 g vs. 1858 g vs. 1753 g, 1712 g; $P<0,001$). Le carcasse dei polli alimentati con la dieta a base di favino hanno mostrato una maggiore resa del petto rispetto alle diete a base di soia, girasole e lupino (40,4% vs. 39,7%, 37,4%, 38,6%; $P<0,001$). Al contrario, gli animali alimentati con la dieta a base di girasole hanno mostrato aumento della resa in arti posteriori rispetto a quelli alimentati con le diete a base di soia, favino e lupino (32,6% vs. 31,0%, 30,8% e 31,8%; $P<0,001$). Per quanto riguarda gli indici di colore misurati sulla carne del petto, l'indice di luminosità

(L*) è risultato più elevato nei polli alimentati con la dieta girasole rispetto a quelli alimentati con le diete soia, favino, lupino (50,8 vs. 53,9, 50,7, 51,1; $P<0,001$), mentre l'indice del giallo (b*) è risultato più alto nei polli alimentati con la dieta girasole rispetto a quelli alimentati con le diete soia, favino e lupino (11,3 vs. 11,0, 9,7, 10,5; $P<0,001$). Infine, il contenuto proteico della carne è risultato più elevato nei gruppi alimentati con favino e lupino rispetto ai trattamenti con soia e girasole (21,4% e 21,4% vs. 20,6% e 20,5%; $P=0,01$).

Nel complesso, i risultati ottenuti indicano che l'impiego di fonti proteiche alternative alla soia può rappresentare una strategia valida per ridurre la dipendenza da questa materia prima. Tra gli ingredienti valutati, il favino si è distinto come l'alternativa più interessante, in grado di garantire buoni livelli produttivi e caratteristiche qualitative della carne comparabili o, per alcuni aspetti, superiori a quelle ottenute con la dieta convenzionale a base di soia.

Abstract

The poultry sector plays a leading role in global livestock production and continues to expand in response to the growing demand for foods rich in high-biological-value proteins. This growth is supported by the sector's ability to ensure efficient and competitive production. However, this development has led to, and implies, an increasing demand for protein feedstuffs for animal nutrition, among which soybean meal remains the primary protein source used in broiler diets. Europe's heavy reliance on soybean imports, together with the economic and environmental issues associated with soybean production, has stimulated research into alternative protein sources that are more sustainable and locally available. Among these, lupin, faba bean, and sunflower meal represent promising alternatives that could contribute to reducing dependence on imported soybean. Within this context, the present experimental thesis aimed to evaluate the effect of including lupin, faba bean, and sunflower meals (8.5–10%) as partial substitutes for soybean meal in broiler diets, assessing their impact on productive performance, slaughter traits, and meat quality. To this end, 624 male Ross 308 broilers were reared from 1 to 36 days of age. Birds were housed in 24 pens at the animal facility of the University of Padova (26 birds per pen) and assigned to four dietary treatments: C (control diet, 100% basal feed), G (91.5% basal feed + 8.5% sunflower meal), F (90% basal feed + 10% faba bean meal), and L (90% basal feed + 10% lupin meal). Broilers fed the soybean-based control diet showed the best productive performance, achieving the highest final body weight (2836 g vs. 2402 g, 2569 g, and 2449 g; $P<0.001$) compared with birds fed the sunflower, faba bean, and lupin diets, respectively. Average daily gain was also greater in birds fed the soybean diet (77.8 g/d vs. 65.5 g/d, 70.2 g/d, and 66.8 g/d; $P<0.001$), while feed conversion ratio was lower than that observed with the sunflower, faba bean, and lupin diets (1.46 vs. 1.64, 1.66, and 1.66; $P<0.001$). Birds fed the sunflower diet exhibited the lowest daily feed intake compared with those fed the soybean, faba bean, and lupin diets (109 g/d vs. 113 g/d, 115 g/d, and 111 g/d; $P<0.001$).

Consequently, birds fed the soybean diet produced heavier carcasses than those fed the sunflower-, faba bean-, and lupin-based diets (1995 g vs. 1858 g, 1753 g, and 1712 g; $P<0.001$). Carcasses from birds fed the faba bean diet showed a higher breast yield than those from birds fed the soybean, sunflower, and lupin diets (40.4% vs. 39.7%, 37.4%, and 38.6%; $P<0.001$). In contrast, birds fed the sunflower diet exhibited a higher leg yield than those fed the soybean, faba bean, and lupin diets (32.6% vs. 31.0%, 30.8%, and 31.8%; $P<0.001$).

Regarding breast meat colour indices, lightness (L^*) was higher in birds fed the sunflower diet than in those fed the soybean, faba bean, and lupin diets (53.9 vs. 50.8, 50.7, and 51.1; $P<0.001$), while yellowness (b^*) was also greater in the sunflower group (11.3 vs. 11.0, 9.7, and 10.5; $P<0.001$).

Finally, meat protein content was higher in the faba bean and lupin groups than in the soybean and sunflower groups (21.4% and 21.4% vs. 20.6% and 20.5%; $P=0.01$).

Overall, the results indicate that the use of protein sources alternative to soybean meal may represent a viable strategy to reduce dependence on this raw material. Among the ingredients evaluated, faba bean emerged as the most promising alternative, capable of maintaining good productive performance and providing meat quality characteristics that were comparable to, or in some aspects superior to, those obtained with the conventional soybean-based diet.

Introduzione

Mercato delle carni avicole attuale e prospettive future

Il mercato delle carni avicole rappresenta oggi uno dei settori più dinamici e in espansione della produzione zootecnica mondiale. Negli ultimi anni il consumo di carne di pollo e di altri prodotti avicoli è aumentato costantemente, grazie soprattutto alla loro capacità di fornire proteine animali di elevato valore nutrizionale a un prezzo relativamente accessibile rispetto ad altre tipologie di carne. Questo aspetto, unito all'elevata efficienza produttiva degli allevamenti, contribuisce a rendere le carni avicole particolarmente competitive e diffuse a livello globale.

La loro ampia diffusione è favorita anche da altre caratteristiche apprezzate dai consumatori, come la versatilità e la facilità di preparazione, oltre all'assenza di particolari restrizioni di carattere religioso, che ne permette il consumo in molte culture e tradizioni alimentari. Per questi motivi le carni avicole rappresentano oggi una delle principali fonti di proteine animali consumate in ambito domestico. Tra le diverse specie, il pollo domina nettamente i consumi, arrivando a rappresentare circa il 77% delle carni avicole consumate (UnaItalia, 2025).

Il raggiungimento di circa 150 milioni di tonnellate di carne avicola prodotte nel 2024 testimonia il consolidamento del settore a livello internazionale. A sostenere questa dinamica hanno contribuito condizioni produttive più favorevoli, legate alla diminuzione dei costi di alimentazione e dell'energia, insieme al persistente incremento dei consumi. Tra i Paesi che hanno registrato l'aumento più significativo della produzione si distingue la Cina, dove la diminuzione del prezzo delle materie prime per l'alimentazione animale, in particolare farina di soia e mais, ha contribuito a sostenere l'espansione del settore.

Nonostante questa crescita, il comparto deve affrontare alcune criticità. Una delle principali è rappresentata dai focolai di influenza aviaria ad alta patogenicità, che negli ultimi anni hanno colpito diversi tra i maggiori Paesi produttori, causando perdite produttive e restrizioni commerciali.

Nonostante tali difficoltà, le carni avicole continuano a mantenere il primato tra le diverse tipologie di carne per diffusione e consumo a livello globale (Figura 1).

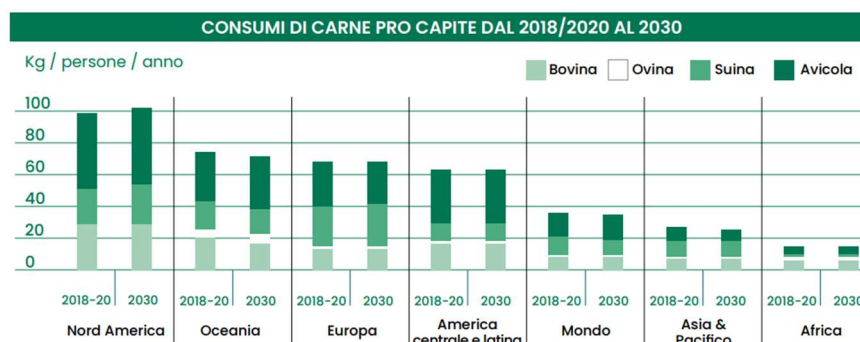


Figura 1. Consumi pro-capite di carne (UnaItalia, 2025).

Grazie all'espansione produttiva osservata nel 2024, la filiera avicola europea ha superato i 13 milioni di tonnellate di carne prodotta. Il livello raggiunto risulta sufficiente non solo a coprire il fabbisogno del mercato comunitario, ma anche a sostenere una quota significativa di esportazioni verso Paesi terzi. (ISMEA, 2025).

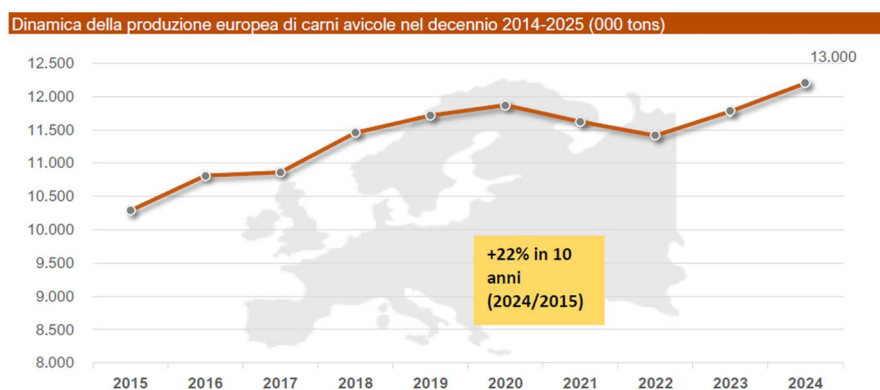


Figura 2. Produzione Europea di carne avicola (ISMEA, 2025).

L'UE è il quarto produttore mondiale (dopo USA, Brasile e Cina). Le esportazioni riguardano principalmente tagli di scarsa qualità, mentre vengono importati prevalentemente tagli pregiati, generalmente petti (ISMEA, 2025).

La crescita del settore delle carni avicole è sostenuta dai paesi dell'est dove il miglioramento delle condizioni economiche ha consentito un aumento della produzione di carne avicola. Il principale attore europeo è la Polonia che detiene un quinto della produzione totale dell'UE. La Francia negli ultimi anni ha incrementato notevolmente la sua produzione superando la Germania e attestandosi al terzo posto. Al quinto posto invece troviamo l'Italia che detiene 11% della produzione totale (Figura 3), anche se la crescita della produzione avviene più lentamente rispetto agli altri stati europei in quanto si è preferito puntare su innovazione, differenziazione e miglioramento degli standard qualitativi di allevamento e carne (ISMEA, 2025).

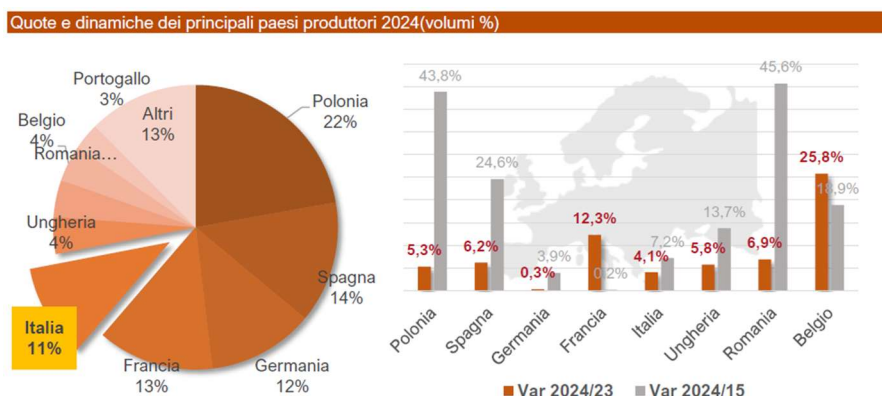


Figura 3. Quote di produzione di carne avicola in UE (Ismea, 2025).

A livello nazionale la produzione di carne avicola torna da allinearsi ai livelli pre-Covid (+10% sul 2022). Si riducono le importazioni che erano leggermente aumentate rispetto alla media degli anni precedenti; al contrario le esportazioni tornano a crescere, segnando un +29% sul 2022 (pari a +30.000 tonnellate di carne). La domanda interna resta sempre attiva anche grazie all'aumento del consumo pro-capite con una media di 21,4 kg a persona nel 2023 (ISMEA, 2025).

In Italia sono presenti oltre 6.800 allevamenti professionali. Nel 2023 sono stati allevati più di 560 milioni di polli e 25 milioni di tacchini. I capi sono concentrati prevalentemente in tre regioni: Veneto, Emilia-Romagna e Lombardia. Solo il Veneto detiene il 31% degli avicoli nazionali. Questa capacità produttiva giustifica il fatto che il comparto avicolo è l'unico comparto zootecnico pienamente autosufficiente, con un grado di autosufficienza del 105% (ISMEA, 2025).

L'allevamento convenzionale del pollo da carne

Nel corso degli anni l'avicoltura ha subito una costante evoluzione che ha portato alla standardizzazione del sistema di allevamento intensivo del pollo con lo scopo di garantire agli animali le condizioni ottimali per esprimere al massimo le loro performance produttive (Cerolini, 2015).

Gli animali comunemente impiegati sono ibridi commerciali ottenuti da linee pure con alto tasso di omozigosi. L'ibrido commerciale maggiormente utilizzato in Italia è il "ROSS" (Aviagen Group, Huntsville, AL, USA), polli a veloce accrescimento in grado di raggiungere velocemente un elevato peso corporeo con un basso indice di conversione alimentare (Cerolini, 2015).

La produzione nazionale inoltre prevede una diversificazione del prodotto in base al sesso e alla durata del ciclo di allevamento. In Italia la durata media del ciclo di allevamento è compresa tra i 35 e i 42 giorni (in base al prodotto che si vuole ottenere), consentendo di fatto di effettuare più cicli in un anno seguendo la regola del "tutto pieno-tutto vuoto", che prevede un periodo di vuoto sanitario di almeno 2 settimane tra la fine di un ciclo e l'inizio del successivo, fondamentale dal punto di vista della biosicurezza per evitare la trasmissione di malattie (Cerolini, 2015).

In Italia l'allevamento dei polli avviene in strutture chiuse con un sistema di stabulazione a terra con lettiera. Il materiale di lettiera utilizzato può variare tra paglia, truciolo di legno o lolla di riso. Fondamentale mantenere la lettiera asciutta e friabile durante l'intero ciclo per evitare l'insorgenza di infiammazioni e lesioni alla cute delle zampe.

Il numero di animali presenti all'interno della struttura è regolato dalla direttiva europea 2007/43/CE che prevede una densità di allevamento pari a 33 kg/m² di pavimento. Questo valore può essere aumentato a 39 kg/m² o 42 kg/m² solo se vengono rispettate delle specifiche condizioni di seguito descritte (Cerolini, 2015).

La temperatura di allevamento varia in base all'età degli animali. Il giorno dell'accasamento bisogna garantire ai pulcini una temperatura di 30-32°C per i primi 2 giorni, procedendo poi a ridurla fino a 21°C nelle ultime settimane del ciclo. È fondamentale nei primi giorni garantire un'ulteriore fonte di calore, per esempio con lampade a infrarossi, in quanto i pulcini non sono in grado di termoregolare. Il range ideale dell'umidità relativa è tra il 60 e il 70%. L'umidità influisce indirettamente sulla qualità dell'aria rendendo meno polveroso l'ambiente. Soprattutto nelle prime fasi è fondamentale non scendere sotto il 50% di UR per evitare la disidratazione dei pulcini.

La luce assume un ruolo fondamentale nell'allevamento in quanto influisce sulle performance di accrescimento e sul benessere animale. Il programma luminoso (ore di luce e intensità) deve rispettare le disposizioni della direttiva 2007/43/CE, che prevede di adottare un fotoperiodo composto da 18 ore di luce e 6 ore di buio (delle quali almeno 4 continue). Variazione di questi parametri sono ammessi la prima settimana di allevamento per favorire l'adattamento dei pulcini all'ambiente di allevamento (Cerolini, 2015).

Un altro parametro fondamentale è la qualità dell'aria che viene garantita grazie alla ventilazione che ha la funzione di allontanare calore, vapore acqueo e gas nocivi (ammoniaca e anidride carbonica) riducendo allo stesso tempo la polverosità dell'ambiente. La velocità di ventilazione varia da valori bassi, che servono a garantire il ricambio dell'aria, a valori più alti con lo scopo di ridurre temperature o valori di umidità troppo elevati. Vanno in ogni caso evitate correnti d'aria dirette sugli animali.

Nell'allevamento dei polli l'alimentazione riveste un ruolo fondamentale per garantire corrette performance di crescita e uniformità del gruppo. Risulta fondamentale dimensionare adeguatamente le mangiatoie affinché il maggior numero di animali possa accedervi contemporaneamente, evitando l'instaurarsi di gerarchie e competizione che possono portare ad una crescita non uniforme all'interno del gruppo di animali allevati. Per la prima settimana di vita è possibile utilizzare fogli di carta su cui è sparso del mangime per favorire l'assunzione di mangime dei pulcini (Cerolini, 2015).

Correlato al consumo di alimento, troviamo il consumo d'acqua. Un pollo consuma in media 100 ml/kg di peso vivo. Il consumo d'acqua è un ottimo indicatore dello stato di salute degli animali. La

disponibilità d'acqua fresca e pulita deve essere sempre garantita, come deve essere garantita la qualità dell'acqua che deve essere priva di batteri e senza eccessi di sali minerali. Particolare attenzione va prestata alla presenza di nitrati che possono indicare una contaminazione da fertilizzanti (Cerolini, 2015).

Metodi alternativi di allevamento del pollo da carne

Negli ultimi decenni è aumentata la sensibilità dei consumatori nei confronti delle tematiche ambientali, in particolare nei Paesi sviluppati. Questo cambiamento si è tradotto in una maggiore disponibilità a pagare per prodotti alimentari ottenuti attraverso sistemi di produzione considerati etici, rispettosi dell'ambiente e del benessere animale.

Anche il settore dell'allevamento avicolo è interessato da queste nuove esigenze. Di conseguenza, diventa sempre più importante adottare e valorizzare lungo tutta la filiera produttiva pratiche gestionali in grado di rispondere alle principali criticità sollevate dai consumatori, in particolare per quanto riguarda il miglioramento degli standard di benessere animale (ISMEA, 2025).

Il focus viene posto essenzialmente sul rapido accrescimento degli animali e sulla densità di allevamento.

L'allevamento avicolo convenzionale si basa esclusivamente sull'uso di genotipi a rapido accrescimento. Dagli anni 60' questi animali sono stato oggetto di un'intensa selezione genetica mirata principalmente all'aumento della velocità di crescita, al miglioramento dell'efficienza alimentare e all'incremento della resa in petto (Zuidhof et al., 2014). Questo processo ha portato ad un aumento della capacità di accrescimento superiore al 400% rispetto ai ceppi di partenza (Figura 4) con una riduzione del 50% dell'indice di conversione. Ciò significa che i moderni genotipi raggiungono velocemente il peso di macellazione (2,5-3 kg a 42 d). Dal punto di vista della composizione della carcassa la resa del *pectoralis major* è aumentata in media dell'80% e allo stesso tempo è diminuita la presenza di grasso addominale (Zuidhof et al., 2014).

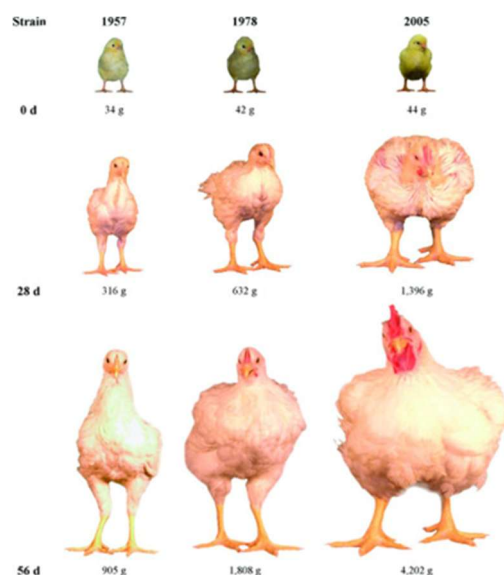


Figura 4. Evoluzione dei genotipi utilizzati in allevamento (Zuidhof et al., 2014).

Tuttavia, questo risultato ha avuto un costo dal punto di vista fisiologico con il verificarsi di malattie scheletriche e miopatie. Per miopia si intende un'alterazione del tessuto muscolare che compromette la qualità della carne, con conseguenti perdite economiche, pur non comportando alcun rischio per la salute pubblica. I fattori responsabili dell'aumento dell'incidenza delle miopatie sono principalmente riconducibili al rapido tasso di accrescimento, all'aumento del peso corporeo e all'incremento del peso e della resa del petto (Bošković Cabrol et al., 2025).

A livello scheletrico si possono manifestare problemi di zoppia, deformazione e infiammazione (di ossa e cartilagini) e dermatite. Questi problemi sono legati al rapido aumento di peso, che induce l'animale a ridurre l'attività locomotoria e a passare molto tempo seduto, e ad un peggioramento qualitativo della lettiera. Nei casi più gravi l'animale può perdere la capacità di deambulare in maniera continuativa con conseguente difficoltà ad accedere ad acqua e cibo (Meluzzi e Sirri, 2009).

Alla luce di queste considerazioni, possiamo affermare che ridurre il tasso di crescita comporta un aumento del benessere animale (van der Eijk et al., 2025). Per fare ciò, si può intervenire sulla riduzione del contenuto proteico della dieta in modo da rallentare l'accrescimento. Questa soluzione ha dimostrato buoni risultati quando viene applicata nell'allevamento di genotipi a rapido accrescimento. In questo caso, la riduzione del tasso di accrescimento comporta un minor stress a carico del sistema scheletrico, migliora la mobilità degli animali riducendo così il tempo che passano da seduti; inoltre un minor apporto di proteina da origine ad una minor escrezione di azoto che comporta un miglioramento generale della qualità della lettiera (van der Eijk et al., 2025).

Per migliorare le condizioni di vita degli animali possono essere impiegati genotipi a lento accrescimento. La principale differenza rispetto a quelli a rapido accrescimento riguarda la durata del ciclo di allevamento: il genotipo a lento accrescimento ha un ciclo di allevamento che dura 52-81 giorni, mentre quello a rapido accrescimento dura 35-42 giorni (Dixon, 2020).

I genotipi a lento accrescimento sono stati sviluppati per sistemi alternativi di allevamento, come il biologico, nel quale la normativa europea richiede l'impiego di tali genotipi, o per metodi di allevamento con accesso all'esterno, come l'allevamento certificato *Label Rouge* in Francia. In questi sistemi le modalità produttive richiedono un allungamento del ciclo di allevamento (Fanatico et al., 2005). Oltre alla presenza di vincoli normativi, i genotipi convenzionali non possono essere utilizzati in queste tipologie produttive perché superata l'età del normale ciclo di allevamento, presentano frequentemente problemi locomotori dovuti all'elevato peso corporeo, con conseguente peggioramento del benessere animale (Moyle et al., 2014). Inoltre, la taglia raggiunta risulterebbe eccessiva per il mercato di nicchia legato a prodotti considerati dai consumatori di alta qualità. Per limitarne gli effetti sarebbe necessaria una restrizione alimentare, pratica tuttavia poco accettata dal consumatore.

In termini di qualità della carne, i genotipi a lento accrescimento hanno mostrato un minor grado di miopatie. In particolare, in uno studio è stato osservato che il genotipo a lento accrescimento Hubbard JA757 macellato a 60 giorni d'età presentava una percentuale più elevata di animali con assenza o con bassi punteggi di white striping e wooden breast rispetto ? (Dixon, 2020).

Il genotipo condiziona inoltre la ripartizione delle rese dei tagli commerciali; in particolar modo la resa del petto risulta inferiore nei genotipi a lento accrescimento determinando una distribuzione più equilibrata degli altri tagli (Fanatico et al., 2005).

Un altro aspetto su cui i consumatori concentrano particolare attenzione è la densità di allevamento, strettamente correlata al sistema produttivo adottato. In generale, un livello più elevato di benessere animale viene associato a pratiche che prevedono l'accesso a un'area esterna di pascolo e/o una riduzione della densità degli animali all'interno delle strutture, rispetto ai sistemi di allevamento intensivo (de Jonge e van Trijp, 2013).

La disponibilità di un numero crescente di consumatori a pagare prezzi più alti per prodotti animali ottenuti con metodi rispettosi dell'ambiente e del benessere animale ha favorito anche l'affermarsi dell'allevamento biologico (Sundrum, 2001).

In Europa l'allevamento biologico del pollo da carne è regolamentato dal *Regolamento (UE) 2018/848* nel quale si trovano le norme che stabiliscono le linee guida dell'allevamento.

I punti chiave della normativa sono riportati di seguito:

- spazi e accesso all'esterno: l'allevamento deve disporre di uno spazio esterno al quale gli animali devono avere accesso per almeno un terzo della loro vita; tale accesso deve essere garantito fin dalla giovane età, salvo eventuali restrizioni per motivi sanitari. Il pascolo deve garantire una superficie minima di 4 m² per animale. La densità all'interno del ricovero, quando gli animali non usufruiscono dell'area esterna, non deve superare 21 kg/m² e ciascuna unità di produzione non deve superare 1.600 m². All'interno del ricovero devono inoltre essere presenti trespoli e sistemi di illuminazione naturale;
- programma di luce: la luce naturale può essere integrata con illuminazione artificiale per mantenere la luminosità fino a un massimo di 16 ore giornaliere, garantendo comunque un periodo continuo di riposo notturno senza luce artificiale di almeno 8 ore;
- alimentazione: sono ammessi esclusivamente mangimi ottenuti da materie prime biologiche, preferibilmente prodotti nella stessa azienda per almeno il 30%, oppure nella stessa regione. È vietato l'uso di organismi geneticamente modificati (OGM) e la somministrazione preventiva di antibiotici;
- razze e ciclo di vita: è consigliato l'utilizzo di razze a lento accrescimento; in alternativa possono essere utilizzate le razze comunemente impiegate negli allevamenti, purché venga rispettata una durata minima del ciclo di allevamento di 81 giorni.

L'allevamento biologico rappresenta una valida opzione per promuovere il benessere animale, in quanto valorizza il normale comportamento specie-specifico degli animali e contribuisce a garantire migliori condizioni di salute (Rasmussen et al., 2024). Le tecniche di allevamento adottate favoriscono una maggiore attività motoria degli animali, contribuendo a uno sviluppo più equilibrato della massa muscolare e a una riduzione della deposizione di grasso (Castellini et al., 2002). Dal punto di vista comportamentale, i polli allevati con metodo biologico risultano generalmente più attivi ed energici e mostrano con maggiore frequenza comportamenti specie-specifici, grazie ai maggiori stimoli e alle opportunità offerte dall'ambiente di allevamento (Rasmussen et al., 2024).

Molto simile all'allevamento biologico è l'allevamento all'aperto, detto anche *free-range*. Questo rappresenta un segmento di mercato distinto rispetto al biologico, poiché non richiede il rispetto dei requisiti normativi previsti per la produzione biologica. Ad esempio, non vi sono particolari vincoli riguardo all'origine delle materie prime dei mangimi, che possono anche essere OGM. Tuttavia, condivide con l'allevamento biologico l'obbligo di accesso a un pascolo esterno con costante copertura vegetale, una densità di allevamento inferiore rispetto al sistema convenzionale, sebbene meno restrittiva rispetto a quella prevista per il biologico, e un ciclo produttivo più lungo.

Analogamente a quanto avviene per il biologico, anche questo sistema di allevamento sta acquisendo crescente rilevanza, poiché i consumatori mostrano un interesse sempre maggiore per il benessere

animale e la trasparenza dei processi produttivi. Il *free-range* può quindi rappresentare un buon compromesso tra allevamento biologico e convenzionale, in quanto mantiene alcune caratteristiche migliorative rispetto al sistema intensivo senza imporre tutti i vincoli normativi del biologico, che potrebbero scoraggiare i produttori nella conversione dal convenzionale (Vorel et al., 2026).

Analogamente a quanto osservato nell'allevamento biologico, anche nel sistema *free-range* gli animali, al termine degli 81 giorni di allevamento, hanno mostrato un peso vivo inferiore rispetto a quelli allevati in modo convenzionale, probabilmente a causa della maggiore attività motoria e del conseguente aumento del dispendio energetico. Tuttavia, le proporzioni tra i diversi tagli commerciali risultavano più equilibrate e la carne più consistente, con minori perdite durante la cottura (Vorel et al., 2026).

Sostenibilità e impatti dell'allevamento avicolo

Con sostenibilità dell'allevamento si fa riferimento a un concetto multidimensionale che integra tre ambiti tra loro interconnessi: ambientale, sociale ed economico (Vaarst et al., 2015):

- ambientale: riguarda l'impatto ambientale associato all'allevamento, in particolare rispetto all'impronta di carbonio e l'efficienza energetica;
- sociale: concerne la tutela dei diritti dei lavoratori, la garanzia di adeguate condizioni di sicurezza sul lavoro e, più in generale, gli effetti del processo produttivo sulla comunità locale;
- economico: fa riferimento alla capacità del processo produttivo di generare valore economico e di mantenere nel tempo la propria sostenibilità finanziaria.

Nel contesto della sostenibilità dell'allevamento, è possibile considerare anche una quarta dimensione rappresentata dal benessere animale. Questo concetto comprende il corretto funzionamento biologico dell'organismo, lo stato di salute dell'animale e la possibilità di esprimere i propri comportamenti naturali (Vorel et al., 2026).

Negli ultimi anni l'attenzione si è concentrata principalmente sull'impatto ambientale degli allevamenti, poiché il settore zootecnico compete sempre più per risorse limitate, come terra, acqua ed energia, oltre ad avere ripercussioni sulla qualità dell'aria e dell'acqua (de Vries e de Boer, 2010). L'allevamento avicolo è uno dei sistemi di allevamento più efficienti, poiché è in grado di sfruttare diverse tipologie di materie prime per l'alimentazione (anche scarti agro-industriali), garantendo così sicurezza alimentare e reddito, soprattutto nelle aree rurali dei paesi in via di sviluppo. Pur essendo relativamente efficiente, questo sistema può causare effetti negativi sull'ambiente (Gržinić et al., 2023).

In primo luogo, questo sistema di allevamento richiede grandi quantità di mangime, le cui materie prime, come cereali e soia, spesso devono essere importate da paesi terzi. Considerevole è anche il

consumo di acqua, sia per l'allevamento sia per la produzione dei mangimi; tuttavia, l'impronta idrica dell'allevamento avicolo risulta inferiore rispetto ad altri tipi di allevamento, come quello bovino.

Un altro fattore responsabile dell'impatto ambientale è rappresentato dalla gestione della lettiera e del letame che, se non effettuata correttamente, può influenzare negativamente acqua, aria e suolo. Le grandi quantità prodotte possono infatti risultare superiori ai normali fabbisogni di fertilizzazione dei terreni locali; di conseguenza, una distribuzione eccessiva di pollina può causare un accumulo di nutrienti che, venendo dilavati, possono contaminare le acque superficiali e di falda. È inoltre necessario valutare attentamente la presenza, nel materiale di scarto, di microrganismi patogeni e residui di farmaci veterinari, che possono contribuire alla contaminazione dell'ambiente (Gržinić et al., 2023).

La gestione e la manipolazione degli escrementi possono rappresentare un'ulteriore fonte di inquinamento, in quanto associate all'emissione di gas come ammoniaca, protossido di azoto e metano. Questi gas, oltre a contribuire ai fenomeni di cambiamento climatico, possono generare emissioni odorose che arrecano disturbo alle comunità locali.

Un ulteriore aspetto da non sottovalutare è la produzione di polveri sottili che, se inalate, possono provocare infiammazioni alle vie respiratorie e, più in generale, effetti negativi sulla qualità della vita degli animali, dei lavoratori e delle comunità che vivono nelle aree circostanti gli allevamenti (Gržinić et al., 2023) (Figura 5).

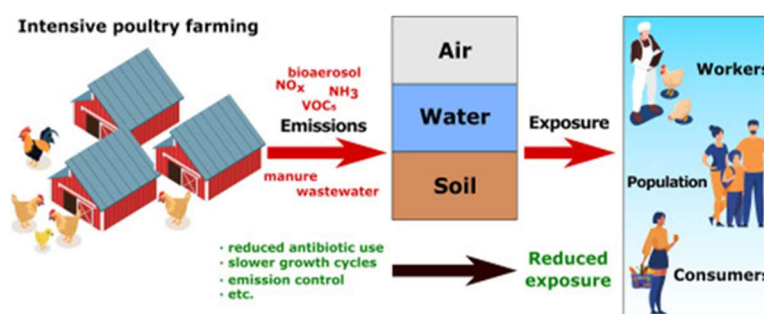


Figura 5. *Impatto ambientale dell'allevamento intensivo (Gržinić et al., 2023).*

Per ridurre gli impatti ambientali e migliorare il benessere animale, negli ultimi anni stanno acquisendo sempre maggiore importanza sistemi di allevamento definiti estensivi, come quelli biologici o all'aperto. Questi sistemi sono caratterizzati da minori densità di animali, dall'utilizzo di razze a crescita più lenta e da un maggiore impiego di mangimi prodotti localmente. Se gestiti correttamente, tali sistemi possono contribuire a rendere la produzione avicola più sostenibile dal punto di vista ambientale, economico e sociale; tuttavia, per valutarne la reale sostenibilità è necessario considerare congiuntamente aspetti ambientali, economici, sociali e normativi.

Attualmente la principale contraddizione di questi sistemi alternativi riguarda l'utilizzo di razze a lento accrescimento. Risulta infatti che l'uso di razze a rapido accrescimento è più sostenibile a livello ambientale, poiché gli animali impiegano meno tempo ad arrivare al peso di macellazione grazie ad un'elevata conversione alimentare (Dixon, 2020).

Alimentazione del pollo da carne e fabbisogni nutrizionali

In avicoltura, l'alimentazione gioca un ruolo chiave nel raggiungimento degli obiettivi produttivi, influenzando anche la qualità finale del prodotto; inoltre, incide sulla sostenibilità economica dell'allevamento, poiché rappresenta una delle principali voci di costo nel bilancio aziendale arrivando fino al 75% dei costi aziendali (Bailey, 2020).

La gestione dell'alimentazione ha come obiettivo principale il raggiungimento del peso di macellazione in tempi rapidi con una conversione alimentare ottimale. Per questo motivo, negli ultimi anni alimentazione e selezione genetica si sono evolute di pari passo: una corretta alimentazione, infatti, consente agli animali di esprimere pienamente il proprio potenziale genetico.

Le aziende che si occupano di miglioramento genetico forniscono e aggiornano periodicamente i manuali tecnici che contengono indicazioni sulle formulazioni dei mangimi e raccomandazioni per la corretta gestione dell'alimentazione (Schiavone, 2008).

Nella formulazione delle diete si devono considerare i diversi principi nutritivi e le possibili integrazioni.

Le diete per il pollame vengono formulate principalmente sulla base dell'energia metabolizzabile (EM). Questo parametro rappresenta l'energia effettivamente disponibile per l'animale dopo aver sottratto le perdite energetiche associate a feci e urine. L'energia introdotta con la dieta deve essere sufficiente a coprire sia i fabbisogni di mantenimento sia quelli produttivi. I fabbisogni di mantenimento comprendono l'energia necessaria per il metabolismo basale, per il movimento spontaneo e per la termoregolazione. A questi si aggiunge il fabbisogno energetico legato alla produzione. Nel caso dei polli, tale energia è destinata principalmente all'accrescimento della massa muscolare (Schiavone, 2008).

Il contenuto energetico della dieta è il principale fattore che influenza il consumo di mangime giornaliero (Bailey, 2020). Per questo motivo l'alimentazione dei polli segue uno schema ben preciso, caratterizzato dalla suddivisione del ciclo di allevamento in diversi periodi. A ciascun periodo viene associato un tipo specifico di mangime (Schiavone 2008).

In generale si distinguono e si usano tre tipi principali di mangime:

- mangime starter, utilizzato nel primo periodo di vita. Presenta un contenuto di energia metabolizzabile (EM) pari a circa 3000–3200 kcal/kg tal quale (tq) e 20–22% di proteina grezza;
- mangime di accrescimento (grower), impiegato nel secondo periodo. Ha valori di EM e di proteina simili allo “starter”, ma differisce per i rapporti tra amminoacidi, macroelementi e microelementi;
- mangime di finissaggio (finisher), utilizzato nell’ultimo periodo prima della macellazione. Presenta un contenuto di EM superiore a 3200 kcal/kg t.q. e 18–20% di proteina grezza.

Nella formulazione del mangime è necessario considerare attentamente anche l’apporto proteico, evitando sia eccessi sia carenze, poiché entrambi possono incidere negativamente sulla sostenibilità dell’allevamento. Come nel caso dell’energia, anche i fabbisogni proteici si distinguono in fabbisogni di mantenimento, dovuti esclusivamente al turnover delle proteine corporee; fabbisogni di accrescimento (che, nel caso dei polli da carne, risultano funzionali alla produzione); e fabbisogni riproduttivi, riferiti agli animali destinati alla produzione di uova o alla riproduzione.

Nei polli da carne, tuttavia, risulta più corretto parlare di fabbisogni amminoacidici, poiché solo il soddisfacimento del fabbisogno di ciascun amminoacido consente di ottenere gli incrementi ponderali attesi. Dal punto di vista nutrizionale, gli amminoacidi si suddividono in essenziali, che gli animali non sono in grado di sintetizzare e che devono quindi essere forniti con la dieta, e non essenziali, che possono invece essere sintetizzati dall’organismo.

La qualità della proteina è determinata principalmente dalla sua composizione amminoacidica: quanto più questa è simile al profilo richiesto dai fabbisogni dell’animale, tanto maggiore sarà la qualità della proteina stessa. Il concetto di proteina ideale fa riferimento a una proteina alimentare in grado di soddisfare pienamente i fabbisogni di amminoacidi, in particolare di quelli limitanti (Schiavone, 2008).

Materie prime convenzionali

La dieta dei polli è costituita da una miscela bilanciata di alimenti zootecnici, in cui le fonti energetiche rappresentano la componente principale, seguite dalle fonti proteiche di origine vegetale. I cereali svolgono un ruolo fondamentale come fonti energetiche all’interno della razione.

Il mais è l’alimento caratterizzato dal più elevato livello di inclusione nella dieta, grazie alla sua elevata digeribilità e alla sua ampia disponibilità sul mercato. Esso presenta un contenuto di energia metabolizzabile pari a 3500-3600 kcal/kg di sostanza secca e un basso livello di fibra grezza (2-3% sulla s.s.). Il contenuto proteico è relativamente modesto (8-10% sulla s.s.) e con scarso valore

biologico. In funzione della varietà, possono variare il contenuto in olio e in xantofille, quest' ultime responsabili della pigmentazione della pelle e del tuorlo. Considerato il suo largo impiego, è fondamentale prestare attenzione alla qualità della materia prima, poiché il mais è particolarmente suscettibile alla contaminazione da micotossine, come aflatossine e zearalenone.

Tuttavia, alla luce della crescente pressione sulla disponibilità delle materie prime convenzionali e della necessità di migliorare la sostenibilità delle produzioni, è possibile ricorrere a fonti energetiche alternative al mais, privilegiando risorse maggiormente disponibili a livello locale.

Il frumento presenta un valore di energia metabolizzabile leggermente inferiore rispetto al mais (3200 kcal/kg di s.s.), ma si distingue per un contenuto proteico superiore (10–13% s.s.), risultando quindi un valido sostituto, soprattutto nei contesti in cui il mais è poco coltivato o scarsamente disponibile. L'elevato contenuto in amido conferisce al frumento una certa viscosità, caratteristica che può essere sfruttata per migliorare la durezza del pellet. Tuttavia, esso è povero di xantofille.

L'orzo, rispetto al mais, è caratterizzato da un minore contenuto energetico (2700-3100 kcal/kg di s.s.) e da un più elevato contenuto di fibra grezza (4-7% s.s.), risultando utile nelle diete in cui si voglia limitare l'apporto energetico. Il contenuto proteico varia tra il 6 e il 12%. Tuttavia, la presenza di β -glucani ne riduce la digeribilità negli avicoli. Inoltre, il suo profilo amminoacidico e vitaminico non soddisfa pienamente i fabbisogni degli animali, rendendo consigliabile il suo impiego in associazione con altri alimenti.

Il sorgo è ampiamente utilizzato nelle aree in cui le condizioni climatiche e la scarsità idrica rendono difficoltosa la coltivazione di mais e frumento. Tra le diverse varietà disponibili, quelle a basso contenuto di tannini sono le più adatte all'alimentazione animale. Il sorgo rappresenta una valida alternativa al mais grazie al buon valore energetico (3300-3800 kcal/kg di s.s.) e a un contenuto proteico leggermente superiore (10–13%).

L'avena trova un impiego limitato nell'alimentazione avicola a causa dell'elevato contenuto di fibra (10-11% della s.s.), che ne riduce la digeribilità. Tuttavia, è importante sottolineare l'elevato valore biologico delle sue proteine.

Infine, nella dieta per avicoli possono essere inclusi anche sottoprodotti dell'industria agroalimentare, come le borlande essiccate di cereali, le trebbie di birra, le vinacce, derivanti da processi fermentativi e di distillazione, o sottoprodotti dell'industria molitoria. Tali ingredienti vengono generalmente utilizzati in quantità limitate, a causa dell'elevato contenuto di fibra.

Per quanto riguarda le fonti proteiche, la farina di estrazione di soia rappresenta l'alimento maggiormente impiegato in avicoltura. Si tratta di un sottoprodotto ottenuto dal processo di estrazione dell'olio dai semi di soia decorticati. È caratterizzata da un elevato contenuto proteico (44–48% di proteina grezza) e da un basso contenuto di fibra grezza (3–4%). Il valore biologico della proteina è

elevato, grazie al significativo contenuto di amminoacidi essenziali, in particolare lisina e triptofano. I fattori anti-nutrizionali presenti nel seme di soia vengono in gran parte inattivati durante il processo di estrazione dell'olio, poiché sono termolabili.

Materie prime proteiche

La soia rappresenta la principale fonte proteica di origine vegetale utilizzata nell'alimentazione animale, con il settore avicolo che ne è il maggiore consumatore rispetto agli altri comparti zootecnici (Van Gelder et al., 2008). Tuttavia, l'Europa dipende fortemente dall'importazione di soia, poiché la produzione interna risulta poco competitiva rispetto a quella estera (Van Krimpen et al., 2013). Questa dipendenza, destinata ad aumentare con la crescente domanda di carne avicola, espone il sistema a rischi per la sicurezza alimentare, legati a distorsioni commerciali, volatilità dei prezzi globali e possibili carenze di approvvigionamento.

Inoltre, la produzione di mangimi rappresenta il principale punto critico dal punto di vista ambientale per l'industria avicola. In particolare, l'uso di soia importata dal Sud America può compromettere gli obiettivi di sostenibilità, in quanto spesso associato a coltivazioni in vaste monoculture su terreni ottenuti da deforestazione, con conseguenti impatti negativi sugli ecosistemi e sul clima (Van Krimpen et al., 2013).

Per far fronte alla crescente richiesta di proteine vegetali e ridurre la dipendenza dalla soia importata, sono state individuate e proposte diverse materie prime proteiche alternative, analizzandone sia l'impatto sulle prestazioni produttive degli animali sia la loro digeribilità. Tra le materie prime alternative si annoverano diverse leguminose non oleaginose (Tabella 1) ampiamente coltivate in Europa come per esempio fava, favino, lupino e pisello (Olukosi et al., 2019), ma anche fonti innovative quali insetti e microalghe.

Girasole

Il girasole (*Helianthus annuus*) è una delle principali colture utilizzate per l'estrazione di olio vegetale, dopo soia, cotone e colza; la sua coltivazione è diffusa a livello mondiale (Singh, 2006). Dall'estrazione dell'olio si ottiene, come sottoprodotto, la farina di girasole.

La farina di girasole presenta un contenuto proteico medio pari al 32%. La proteina presenta generalmente una buona digeribilità poiché non è strettamente associata alla parete cellulare. Tuttavia, i coefficienti di digeribilità della proteina e degli amminoacidi tendono a diminuire all'aumentare del contenuto in fibra della farina. Dal punto di vista amminoacidico, la proteina del girasole è carente in lisina, metionina, cistina e tirosina ma presenta contenuti relativamente elevati di amminoacidi

solforati e triptofano, caratteristica che ne favorisce la complementarità con altre fonti proteiche vegetali, in particolare le leguminose (FEDNA, 2010a).

Uno dei principali limiti nell'utilizzo della farina di girasole è rappresentato dall'elevato contenuto di fibra (21%), in particolare cellulosa e lignina, che ne riduce il valore energetico e la digeribilità che tuttavia può essere migliorata con l'impiego di enzimi. La farina di girasole è generalmente considerata una materia prima altamente appetibile e caratterizzata da un basso contenuto di fattori antinutrizionali. Tuttavia è importante considerare anche la presenza di composti fenolici, che possono ridurre la disponibilità e la digeribilità delle proteine, pur non esercitando effetti tossici (Alagawany et al., 2015), o la presenza di acido clorogenico che a livelli compresi tra l'1 e il 3% può ridurre l'attività di alcuni enzimi digestivi (FEDNA, 2010a). L'impiego della farina di girasole come sostituto della farina di soia nella dieta dei polli da carne, fino a livelli di inclusione pari al 10–12%, non determina effetti significativi sulle performance produttive né sul consumo di alimento (Sangsoponjit et al., 2017). FEDNA (2010a) riporta che l'integrazione della farina di girasole nelle diete dei broiler a livelli pari al 4% sia nella fase starter (0–18 giorni) sia nella fase di accrescimento-finissaggio (18–45 giorni) non evidenzia particolari criticità nutrizionali. Tuttavia, livelli di inclusione più elevati possono influire negativamente sulle prestazioni.

Nella fase iniziale di crescita (fino a 21 giorni), livelli di sostituzione compresi tra il 33% e il 67% determinano un aumento del consumo di mangime e un miglioramento dell'incremento di peso giornaliero; al contrario, la sostituzione totale della farina di soia (100%) con quella di girasole comporta una riduzione significativa della crescita (Rama Rao et al., 2006). A 42 giorni, il peso finale non risulta compromesso a nessun livello di sostituzione, ma con la sostituzione al 67% si osserva un progressivo peggioramento dell'efficienza alimentare rispetto alle diete convenzionali. La ridotta digeribilità è attribuibile all'elevato contenuto di fibra insolubile della farina di girasole, che accelera il transito intestinale, riduce l'assorbimento dei nutrienti e induce adattamenti morfologici, come l'aumento del peso dell'intestino (Rama Rao et al., 2006). Per quanto riguarda la resa alla macellazione a 42 giorni, non si osservano effetti negativi fino al 33% di sostituzione, mentre livelli superiori possono determinarne una riduzione (Rama Rao et al. 2006).

Favino

Il favino (*Vicia faba var. minor*) è una leguminosa particolarmente adatta al clima mediterraneo. La granella è apprezzata soprattutto per il suo elevato contenuto di amido (37-44% sulla s.s.), che la rende una buona fonte energetica, e per il discreto livello di proteina grezza, pari mediamente al 29%. Dal punto di vista amminoacidico, il favino rappresenta una buona fonte di amminoacidi essenziali, in particolare di lisina, mentre risulta carente in metionina e cisteina.

Il principale limite al suo utilizzo è rappresentato dalla presenza di fattori anti-nutrizionali, come i glucosidi (in particolare vicina e convicina), gli inibitori della tripsina e i tannini, che possono influire negativamente sulla produttività degli animali. Tuttavia, trattandosi di composti termolabili, trattamenti termici come l'estrusione possono ridurne significativamente l'attività, migliorando così la digeribilità e il valore nutrizionale del favino (Alonso et al., 2000; Diaz et al., 2006). Per quanto riguarda i tannini, un'alternativa efficace è rappresentata dall'impiego di varietà a basso contenuto tannico. Le concentrazioni di tannini risultano infatti fortemente influenzate dalla varietà botanica: le varietà a granella chiara presentano livelli sensibilmente inferiori rispetto a quelle a granella scura, caratteristica che comporta una migliore digeribilità ileale degli amminoacidi e a un maggiore valore nutrizionale complessivo del favino (Woyengo e Nyachoti, 2012).

Nella fase iniziale dell'allevamento (fino a 21 giorni d'età), il favino può essere incluso fino al 20% senza influenzare le performance di accrescimento né il corretto sviluppo del tratto digestivo (Nalle et al., 2010a).

Altri studi (Gous, 2011; Ivarsson e Wall, 2017) confermano che un livello di inclusione del 20-25% non comporta grosse differenze negli accrescimenti rispetto a una dieta convenzionale, a condizione che il favino venga sottoposto a un trattamento termico, come la pellettatura o la tostatura, in grado di eliminare buona parte dei fattori anti-nutrizionali.

Al contrario, quando il favino è somministrato semplicemente macinato, tali fattori rimangono presenti, determinando una riduzione dell'incremento giornaliero e dell'efficienza alimentare rispetto a una dieta convenzionale.

Con l'utilizzo di varietà a basso contenuto di tannini, l'inclusione può arrivare fino al 40-45% senza compromettere le performance produttive di polli macellati a 42 giorni d'età (Smit et al., 2021; Kopmels et al., 2020).

Lupino

Il lupino appartiene alla famiglia delle leguminose. Al mondo esistono più di 300 specie di lupino, ma cinque sono quelle maggiormente coltivate; tra queste, la troviamo il lupino bianco (*Lupinus albus*), il lupino giallo (*Lupinus luteus*) e il lupino a foglia stretta o lupino blu (*Lupinus angustifolius*) (Figura 6).

I semi di lupino rappresentano un'ottima alternativa alla soia grazie all'elevato contenuto proteico, con livelli di proteina grezza compresi tra il 20% e il 42% sul secco. Dal punto di vista del profilo amminoacidico, il lupino risulta carente in metionina, cisteina e triptofano (David et al., 2024). Il lupino presenta inoltre un contenuto moderato di fibra (10,5–16,2%), localizzata principalmente nel tegumento. L'endosperma è caratterizzato da un elevato contenuto di polisaccaridi non amilacei

(NSP) e da una quantità trascurabile di amido. La composizione chimica del lupino varia considerevolmente tra le diverse specie, in particolare, il lupino blu (*Lupinus angustifolius*) presenta generalmente un contenuto proteico e lipidico inferiore e una quota di fibra superiore rispetto al lupino bianco (*Lupinus albus*), caratteristiche che possono influenzarne il valore nutrizionale e l'utilizzo nelle diete dei monogastrici (FEDNA, 2010b).

Il principale fattore anti-nutrizionale del lupino è rappresentato dagli alcaloidi, sostanze amare che all'aumentare della loro concentrazione riducono l'assunzione di mangime e, di conseguenza, l'accrescimento degli animali. In casi estremi, possono causare sintomi neurologici (debolezza, paralisi, incoordinazione, torcicollo), bradicardia e mortalità.

In base al contenuto di alcaloidi, le cultivar di lupino si suddividono in:

- lupino amaro, con alto contenuto di alcaloidi (>50 g/kg);
- lupino dolce, con basso contenuto di alcaloidi (<0,5 g/kg).

L'utilizzo del lupino nella dieta dei polli rappresenta una valida alternativa alla farina di soia. L'inclusione del 25% nelle diete per polli da carne (0–35 giorni) non risulta avere effetti negativi; al contrario, favorisce l'incremento ponderale giornaliero e il consumo di alimento e riduce l'indice di conversione rispetto a una dieta convenzionale (Hejdysz et al., 2019). Secondo Kaczmarek et al. (2016), invece, all'aumentare dell'integrazione di lupino (dal 10% fino a 30% nella dieta nel periodo 0-35 giorni) si osservano una riduzione dell'incremento di peso giornaliero e del consumo di alimento, nonché un peggioramento dell'indice di conversione alimentare, soprattutto con livelli di sostituzione superiori al 10%. Il peggioramento delle performance è dovuto principalmente alla presenza di polisaccaridi non amilacei solubili che aumentano la viscosità del contenuto intestinale, riducendo così l'assorbimento dei nutrienti e l'energia metabolizzabile. In questo contesto, il lupino blu risulta essere meno performante proprio a causa del suo maggiore contenuto di polisaccaridi non amilacei (Olkowski et al., 2001) che possono rappresentare fino al 20% della sostanza secca (FEDNA, 2010b).



Figura 6. Da destra a sinistra in ordine di elenco; Granella di: lupino bianco (Alamy, 2019), lupino giallo (ProDiGus, 2025), lupino blu (Canadian food inspection agency, 2024).

Tabella 1. Effetto dell'inclusione di pisello (*Pisum sativum*), fava (*Vicia Faba*) e ceci (*Cicer arietinum*) nell'alimentazione del pollo da carne.

Specie	Livello d'inclusione	Animali	Risultati	Bibliografia
Pisello (<i>Pisum sativum</i>)	20% o 30% di pisello in forma pellettata nel mangime starter (0-21 d) e finisher (21-42 d).		Livelli di inclusione fino a 25–30% non determinano effetti negativi significativi sulle prestazioni produttive.	(Farrell et al., 1999)
	Sostituzione della farina di soia pari al 10–15% nel mangime <i>starter</i> 0-21 giorni, incremento al 20–25% per il mangime <i>grower</i> 22-35 giorni.	Broiler ROSS 308.	Nessun effetto negativo sulle performance di accrescimento e di resa.	(Janocha et al., 2022)
Fava (<i>Vicia faba var. major</i>)	4 diete contenenti 20% s.s. con 4 cultivar diverse di fava. Le diete somministrate da 0 a 21 giorni.	Broiler ROSS 308	Sostituzioni del 20%, non manifestano effetti negativi sulle performance produttive.	(Nalle et al. 2010b)
	3 livelli di sostituzione della farina di soia con farina di fava (cv “Tattoo”): 10%, 20% e 30%. Durata dell'esperimento 35 d.	Broiler ROSS 308	La sostituzione fino al 20% senza incidere sulle performance produttive è possibile qualora la farina di fave venga somministrata in forma pellettata, poiché il trattamento termico associato al processo di pellettizzazione consente una parziale riduzione dei fattori anti nutrizionali.	(Ivarsson e Wall 2017)
Ceci (<i>Cicer arietinum</i>)	3 livelli di inclusione di ceci crudi (cv kabuli): 15%, 30% e 45%. 2 livelli d'inclusione di ceci autoclavati (cv Desi): 7,5% e 15,0%. Durata di entrambe le prove: 28 giorni.		L'impiego dei ceci nella dieta dei broiler non risulta conveniente, in quanto è associato a un significativo peggioramento delle performance produttive.	(Viveros et al. 2001)
	5%, 10% e 15%.	Broiler ROSS 308	Un livello di inclusione pari al 10% non ha evidenziato differenze significative con la dieta controllo.	(Algam et al. 2012)

Microalghe

Le microalghe sono organismi prevalentemente unicellulari che vivono in ambienti acquatici sia dolci che salati. Hanno un'elevata capacità fotosintetica che le porta a produrre elevate quantità di biomassa. Sono un'ottima fonte proteica (60-70% sulla sostanza secca) con un profilo amminoacidico ben bilanciato e superiore a quello della soia, tuttavia non va trascurato anche il contenuto di carboidrati, sali minerali, vitamine e carotenoidi. L'interesse verso questo alimento è cresciuto negli ultimi anni. Le due specie maggiormente utilizzate nell'alimentazione dei polli da carne sono spirulina (*Arthrospira*) e chlorella (*C. vulgaris*) (Alemu e Abrar, 2025).

Chlorella è una microalga verde unicellulare ed è considerata una potenziale fonte di proteina grazie ad un contenuto proteico del 60% sulla sostanza secca. L'inclusione di *C. vulgaris* nella dieta dei polli ha mostrato effetti contrastanti su performance produttive e qualità della carne. Il livello più elevato (6%) ha ridotto le prestazioni di crescita (peso finale, incremento giornaliero e ingestione), pur migliorando l'indice di conversione nella fase iniziale e aumentando la resa del petto, oltre a ridurre l'incidenza di *wooden breast*. Parallelamente, la microalga ha influenzato le caratteristiche della carne: all'aumentare del livello si è osservata una diminuzione della luminosità e un aumento delle tonalità rosse e gialle, insieme a variazioni nella texture, mentre la composizione chimica è rimasta invariata. Inoltre, soprattutto al 6%, si è registrato un miglioramento del profilo lipidico, suggerendo un potenziale beneficio nutrizionale della carne nonostante il calo delle performance di crescita (Bošković Cabrol et al., 2024).

La spirulina è un cianobatterio, noto anche come alga blu-verde, caratterizzato da un elevato contenuto di minerali, in particolare sodio e potassio (Batista et al., 2013). Il contenuto proteico varia generalmente tra il 55% e il 70%, anche se può risultare inferiore in funzione delle condizioni di coltivazione. Dal punto di vista lipidico, è ricca di acidi grassi ω -6 (Grosshagauer et al., 2020).

La sostituzione della soia con spirulina fino al 50% non sembra influire negativamente sulle prestazioni di crescita dei polli broiler (Altmann et al., 2018; Evans et al., 2015); tuttavia, Zampiga et al. (2023) hanno osservato che livelli di inclusione superiori al 5% possono ridurre le performance produttive dei broiler dai 0 ai 22 giorni d'età, mentre al 5% non si registrano variazioni significative, se non una riduzione dell'indice di conversione alimentare. L'integrazione della spirulina nelle diete per avicoli comporta inoltre una riduzione delle perdite durante la conservazione e la cottura, migliorando la qualità complessiva della carne. Un aspetto particolarmente evidente è l'intensificazione del colore dei petti, che risultano più scuri, rossi e gialli, probabilmente a causa dell'elevato contenuto di carotenoidi della spirulina (Altmann et al., 2018).

Insetti

Gli insetti rappresentano un promettente sostituto della farina di soia nell'alimentazione animale. Il loro interesse deriva principalmente dall'elevato contenuto proteico e da un profilo amminoacidico comparabile, se non in alcuni casi superiore, a quello delle proteine di origine vegetale, risultando quindi ben adattato ai fabbisogni nutrizionali degli animali. Un ulteriore elemento di rilievo è la capacità degli insetti di alimentarsi utilizzando substrati organici di scarto o a basso valore biologico, contribuendo così a migliorare la sostenibilità dei sistemi produttivi.

Attualmente, le principali specie impiegate nell'alimentazione avicola includono *Tenebrio molitor*, *Musca domestica* e *Hermetia illucens*. Le larve di *Tenebrio molitor* (tarma della farina) presentano una composizione nutrizionale variabile in funzione delle condizioni di allevamento; il contenuto di proteina grezza può oscillare tra il 45% e il 60%, la loro somministrazione sottoforma di farina di larve essicate nella dieta dei broiler in sostituzione alla soia migliora le performance produttive e l'indice di conversione alimentare. Le larve di *Musca domestica* (mosca domestica) risultano particolarmente ricche di proteine (circa il 64%) e lipidi (circa il 24%) (Hwangbo et al., 2009); rispetto alla soia, mostrano un contenuto superiore di alcuni amminoacidi essenziali, quali lisina e arginina, ma risultano carenti in metionina e cisteina; il loro utilizzo nella dieta sottoforma di larve fresche o di farina di larve anche ad alti livelli di sostituzione (60%) ha migliorato il peso e la resa di macellazione con effetti positivi anche sul profilo amminoacidico della carne del petto (Khan et al., 2018). Le larve di *Hermetia illucens* (mosca soldato nera) possono essere somministrate vive, tritate oppure essiccate e macinate, presentano un contenuto di proteina grezza compreso tra il 41% e il 44% e costituiscono una valida fonte energetica (Arango Gutiérrez et al., 2004), il loro utilizzo nella dieta dei broiler fino ad un livello del 10% migliora le performance di accrescimento.

Di seguito, nella Tabella 2, sono riportati alcuni studi relativi all'impiego di farine di insetti in sostituzione della farina di soia nell'alimentazione animale, con i principali risultati ottenuti.

Tabella 2. Effetto dell'inclusione di Larve di *Tenebrio molitor*, *Musca domestica* e *Hermetia illucens* nell'alimentazione dei broiler

Specie	Livello d'inclusione	Animali	Risultati	Bibliografia
Larve di <i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	2%; 4% e 8% di farina di larve essiccate.		Con inclusione al fino 4% migliorano le performance produttive. Non si hanno differenze significative sulla qualità della carne.	(Elahi et al., 2020)
	0,5%; 1%; 2%; 10%.	Broiler "Ross 308".	Miglioramento del peso finale e dell'indice di conversione a partire dall'inclusione all'1%.	(Ballitoc e Sun, 2013)
<i>Musca domestica</i> (mosca domestica)	Larve di <i>M. domestica</i> utilizzate come supplemento al mangime base . 5%; 10%; 15%; 20%.	Broiler "Ross 308".	Con inclusione tra il 10 e il 15% il peso e la resa di macellazione sono migliorati. Qualsiasi livello di integrazione ha manifestato un aumento della deposizione di lisina e triptofano nel petto.	(Hwangbo et al., 2009)
	Farina di larve di <i>M. domestica</i> utilizzate in sostituzione alla soia al: 40%; 50% e 60%.	Broiler "Ross 308".	A qualsiasi livello di sostituzione il consumo di alimento si è ridotto mentre l'indice di conversione alimentare e il peso finale sono nettamente migliorati rispetto alla dieta controllo.	(Khan et al., 2018)
<i>Hermetia illucens</i> (Mosca soldato)	Larve di <i>H. illucens</i> utilizzate in sostituzione alla soia: 0,5%; 10%; 15%		Sostituzioni attorno al 10% migliorano le performance di accrescimento soprattutto nelle prime settimane di vita. Livelli superiori portano ad un peggioramento dell'efficienza alimentare	(Dabbou et al., 2018)

Obbiettivi

La carne di pollo è la più consumata al mondo, poiché rappresenta un'ottima fonte di proteine ad alto valore biologico a costi relativamente contenuti. Di conseguenza, l'allevamento avicolo è in costante crescita. Questo incremento comporta un aumento della domanda di materie prime utilizzate per la produzione dei mangimi, con un conseguente maggiore utilizzo di suolo agricolo destinato all'alimentazione animale. In particolare, la coltivazione della soia, principale fonte di proteine vegetali nei mangimi, è spesso associata a problematiche ambientali, tra cui inquinamento e deforestazione.

Per questi motivi, sono attualmente in fase di studio fonti proteiche alternative di elevata qualità, con l'obiettivo di aumentare la sostenibilità dell'allevamento. Tali strategie mirano a favorire la produzione locale di materie prime, a sfruttare terreni marginali o non idonei alle colture tradizionali e a ridurre la dipendenza dai paesi terzi.

Queste tematiche ambientali sono particolarmente sentite dai consumatori che, unitamente alla crescente attenzione per il benessere animale, si dimostrano disposti a pagare un prezzo maggiore per carne di pollo ottenuta nel rispetto dell'ambiente e degli standard di welfare.

Fatte queste premesse, la presente tesi sperimentale ha avuto come obiettivo quello di valutare l'effetto dell'inclusione del 10% nella dieta, di farine alternative alla soia come farina di lupino, favino e girasole su digeribilità della dieta, prestazioni produttive, risultati alla macellazione e qualità della carne.

Materiali e metodi

Descrizione dell'allevamento

La prova è stata condotta nei mesi di ottobre e novembre 2025 presso lo stabulario avicolo del DAFNAE, situato presso l'Azienda Agraria Sperimentale "L. Toniolo" dell'Università degli Studi di Padova, successivamente a un periodo di vuoto sanitario della durata di circa 6 mesi. Nei giorni precedenti l'arrivo dei pulcini, le strutture sono state sottoposte a un accurato intervento di pulizia e sanificazione.

Per l'allestimento della prova sono stati predisposti 24 recinti realizzati in rete metallica rigida, ciascuno con superficie di 3 m² (1,20 × 2,50 m) e pareti alte 1,20 m. All'interno di ogni unità sperimentale sono stati collocati cinque abbeveratoi a goccia dotati di tazzina salvagoccia, regolabili in funzione della crescita degli animali nelle diverse fasi di allevamento. Le mangiatoie circolari (diametro 37 cm), a riempimento manuale e sospese con possibilità di regolazione in altezza, sono state posizionate in prossimità dell'ingresso dei recinti e collegate a celle di carico per la registrazione giornaliera dei consumi alimentari. Nei primi giorni post-accasamento, al fine di facilitare l'ingestione dell'alimento, sono stati inoltre distribuiti fogli di carta posti sulla lettiera e cosparsi di mangime. Il pavimento di ciascun recinto era costituito da una superficie in cemento ricoperta da lettiera in truciolo di legno, con spessore compreso tra 6 e 8 cm (pari a circa 2,5 kg/m²). Durante lo svolgimento della prova, la lettiera è stata sottoposta a rimescolamento settimanale e sostituita quando risultava eccessivamente umida o sporca, al fine di garantire adeguate condizioni di benessere. Lo stabulario era equipaggiato con sistemi di riscaldamento e raffrescamento (cooling system), ventilazione forzata ad estrazione e un impianto di illuminazione centralizzato con simulazione dell'effetto alba-tramonto, oltre a finestre completamente oscurabili. La temperatura interna dello stabulario è stata stabilizzata intorno ai 26 °C. prima dell'arrivo degli animali. Ogni recinto era dotato di lampade a infrarossi posizionate a circa 40 cm dal pavimento, tali da assicurare una temperatura di circa 30 °C a livello dei pulcini (Figura 7). Le fonti di calore sono state progressivamente sollevate ogni 2–3 giorni e rimosse definitivamente al decimo giorno di età. Successivamente, la temperatura ambientale è stata gradualmente ridotta fino a valori compresi tra 20 e 22 °C. La ventilazione, integrata con il sistema di raffrescamento, è stata mantenuta inizialmente a livelli minimi e successivamente incrementata in funzione dell'età degli animali per garantire un adeguato ricambio d'aria. Il programma luminoso prevedeva 24 ore di luce continua nei primi due giorni di vita; a partire dal terzo giorno, le ore di buio sono state progressivamente aumentate fino al raggiungimento di 6 ore giornaliere a partire dal dodicesimo giorno.



Figura 7. Recinto dello stabulario all'arrivo dei pulcini.

Animali e diete sperimentali

La durata complessiva della prova è stata pari a 36 giorni. Sono stati utilizzati 624 pulcini di sesso maschile appartenenti alla linea genetica “ROSS 308” (Aviagen Ltd.), acquistati a un giorno di vita presso un incubatoio commerciale. Gli animali risultavano vaccinati in incubatoio contro la malattia di Marek, la bronchite infettiva e la malattia di Newcastle. Il trasporto fino allo stabulario dell'Università degli Studi di Padova è avvenuto nella stessa giornata della schiusa mediante mezzo autorizzato. Al momento dell'arrivo, ciascun soggetto è stato pesato singolarmente e identificato mediante applicazione di un'etichetta plastificata numerata sulla zampa destra (Figura 8). Successivamente, i pulcini sono stati distribuiti nei 24 recinti sperimentali, con una densità di 26 animali per unità, includendo due soggetti di riserva per eventuali sostituzioni iniziali o per la gestione di eventuali contro-sessi. La suddivisione è stata effettuata in modo da costituire quattro gruppi sperimentali corrispondenti ai diversi trattamenti alimentari (controllo, favino, lupino e girasole), ciascuno replicato in sei recinti, garantendo l'omogeneità dei gruppi in termini di peso vivo iniziale.



Figura 8. Pulcini pesati all'arrivo e identificati con etichetta.

Nel corso della prova sono stati utilizzati come base tre mangimi completi commerciali sotto forma di sbriciolato prodotti da un'azienda mangimistica (Tabella 3, Tabella 4):

- mangime di primo periodo (C1), somministrato dal giorno 0 a 12 giorni di età (con coccidiostatico);
- mangime di secondo periodo (C2), somministrato da 13 a 22 giorni di età (con coccidiostatico);
- mangime di terzo periodo (C3), somministrato da 23 a 36 giorni di età (con coccidiostatico tempo di sospensione 0 giorni).

I trattamenti alimentari sperimentali sono stati ottenuti miscelando al mangime di base una quota di farina di girasole, favino o lupino con un'integrazione supplementare di mais in diverse proporzioni (Tabella 5, Tabella 6) come di seguito specificato:

- Dieta C con soia, 100% dieta base;
- Dieta G con f.e di girasole, 91,5% dieta base+ 8,5% di f.e. girasole;
- Dieta L con lupino, 90% dieta base+ 10% di lupino;
- Dieta F con favino, 90% dieta base+ 10% di favino.

La farina di girasole è stata fornita dalla ditta "Cortal Extrasoy s.p.A." (Padova, Italia), i semi di lupino di varietà "Boregine" sono stati acquistati presso la ditta "Padana Sementi s.r.l." (Padova, Italia) e i semi di favino di varietà "Tiffany" sono stati acquistati presso la ditta "Norddeutsche Pflanzenzucht (Holtsee, Germania)" (NPZ).

Le materie prime acquistate sono state macinate presso l'azienda sperimentale dell'Università di Padova con un mulino a martelli con crivello con diametro > 1 mm. Le diete sperimentali sono state

ottenute miscelando la dieta base con le farine ottenute. Dal primo giorno fino alla macellazione (36 d), i polli sono stati alimentati con le diete sperimentali di cui sopra.

Ai risultati delle analisi di laboratorio (Tabella 7), il contenuto di proteina grezza è risultato pari a 35%, 7,14%, 26,6% e 28,2% per f.e. di girasole, mais, favino e lupino. La composizione chimica e il contenuto di amido delle diete sperimentali (C, G, F e L) è indicato in Tabella 8. Nella Tabella 9 sono riportati i risultati dell'analisi della composizione minerale delle diete; nella Tabella 10 è riportato il profilo degli acidi grassi delle diete sperimentali.

Nello specifico le diete sperimentali somministrate durante il primo periodo presentavano un contenuto medio di proteina, grassi, ceneri e amido rispettivamente pari a 21,7%, 4,25%, 4,3%, 33,8%. Per quanto riguarda le diete sperimentali del secondo periodo il contenuto medio di proteina, grassi, ceneri e amido era pari a 20,8%, 5,5%, 4%, 35,6%. Infine, per le diete sperimentali del terzo periodo avevano un contenuto medio di proteina, grassi, ceneri e amido pari a 20,3%, 6,5%, 3,6% e 35%.

Tabella 3. Ingredienti (%) delle diete basali usate nei tre periodi di prova (starter, accrescimento e finissaggio).

Ingredienti	Dieta starter (0–12 d)	Dieta accrescimento (13–22 d)	Dieta finissaggio (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 4. Composizione chimica calcolata (% t.q.) delle diete basali usate nei tre periodi di prova (starter, accrescimento e finissaggio).

Composizione	Dieta starter (0–12 d)	Dieta accrescimento (13–22 d)	Dieta finissaggio (23–36 d)
	C1	C2	C3
Umidità, %	12,0	12,0	12,0
Sostanza Secca, %	88,0	88,0	88,0
EM, Volatili, 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

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).

Tabella 5. Ingredienti (%) delle diete sperimentali usate nei tre periodi di prova (starter, accrescimento e finissaggio).

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 6. Formulazione (ingredienti, %) delle diete sperimentali usate nei tre periodi della prova (1-starter, 2-accrescimento: e 3-finissaggio).

Ingredienti	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)
Mais, %	35,08	37,62	34,12	36,12	33,10	35,98	32,48	34,48	15,00	20,95	17,45	19,45
Frumento, %	20,00	16,60	16,60	16,60	25,00	20,75	20,75	20,75	48,50	40,25	40,25	40,25
Soia f.e. 48% PG, %	33,00	27,39	27,39	27,39	26,00	21,58	21,58	21,58	20,00	16,60	16,60	16,60
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	10,99	4,49	2,49	4,00	11,82	5,32	3,32	4,00	11,82	5,32	3,32
Favino, %	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00
Lupino, %	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	10,00
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
Integratore vit-min 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
Integratore vit-min 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 7. 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, Volatili, 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 8. Composizione chimica tipo e contenuto di amido (% t.q.) delle diete sperimentali usate nei tre periodi di prova (starter:, accrescimento e finissaggio) (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)
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 etero, %	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: 91,52% 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 9. Composizione minerale delle diete sperimentali (% t.q.) usate nei tre periodi di prova (starter, accrescimento e finissaggio) (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)
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: 91,52% 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 10. Composizione acidica (% AG totali) delle diete sperimentali usate nei tre periodi di prova (starter, accrescimento e finissaggio) (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	11,88	11,98	11,88	11,68	18,23	17,65	17,66	17,08	19,07	19,12	18,90	18,61
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	24,44	26,11	25,60	25,40	30,99	31,36	31,31	30,98	30,48	30,47	30,52	30,53
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	51,08	49,82	50,19	50,69	32,64	33,95	33,62	34,84	30,64	30,57	30,94	31,48
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	16,39	16,85	16,76	16,63	27,73	26,69	26,84	26,12	29,05	29,11	28,82	28,42
Totale MUFA	26,76	28,38	27,91	27,47	36,03	36,00	36,11	35,44	36,27	36,28	36,25	36,18
Totale PUFA	56,85	54,78	55,34	55,91	36,25	37,31	37,05	38,45	34,68	34,62	34,93	35,41
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	51,30	49,96	50,37	50,83	33,37	34,60	34,28	35,45	31,54	31,49	31,86	32,39
Rapporto n-6/n-3	9,23	10,37	10,13	10,00	11,59	12,77	12,38	11,84	10,04	10,04	10,38	10,74

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

Durante l'intero periodo sperimentale, gli animali sono stati costantemente seguiti dall'accasamento fino al termine della prova e alla successiva macellazione. Quotidianamente veniva controllato lo stato della lettiera, le condizioni sanitarie dei soggetti, il corretto funzionamento e la disposizione di mangiatoie e abbeveratoi, nonché le condizioni microclimatiche interne allo stabulario (Figura 9). I consumi alimentari sono stati rilevati giornalmente tramite celle di carico collegate alle mangiatoie, mentre i pesi individuali degli animali sono stati registrati con cadenza settimanale. I dati raccolti sono stati immediatamente archiviati in formato elettronico (Excel) per consentire il monitoraggio continuo dell'accrescimento. Per quanto riguarda l'identificazione, le etichette applicate inizialmente sulla zampa destra sono state sostituite, a partire dalla seconda settimana di vita, con un sistema di marcatura posizionato sull'ala destra.

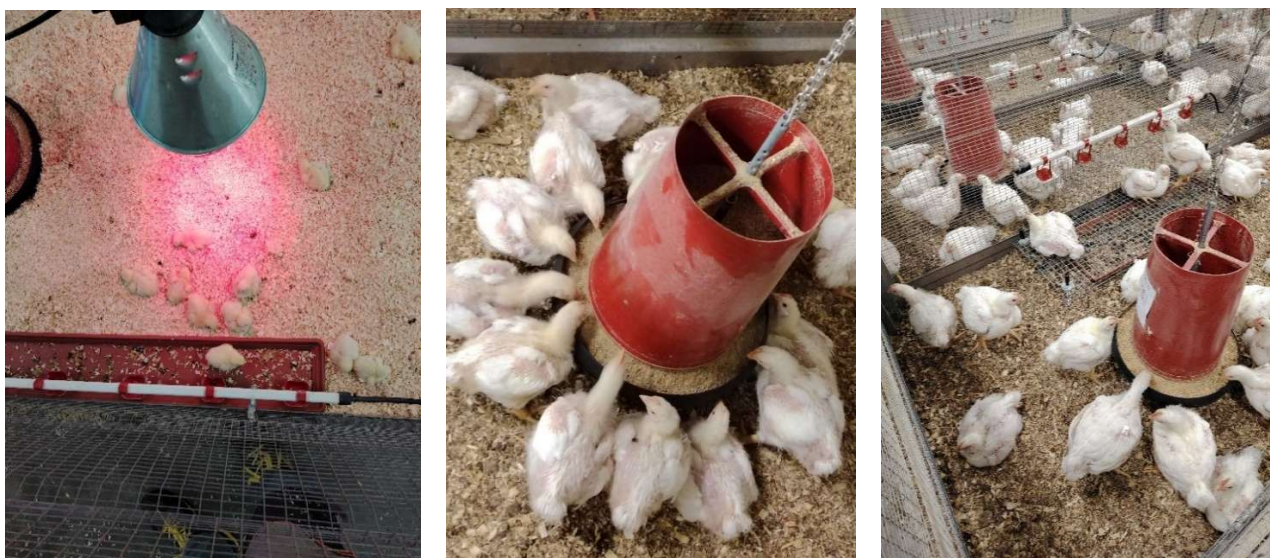


Figura 9. Stabulazione degli animali durante il periodo di accrescimento.

Macellazione commerciale e dissezione delle carcasse

Tutti gli animali presenti a fine ciclo sono stati macellati all'età di 36 giorni presso una struttura commerciale di macellazione a Ponte San Nicolò (PD). Gli animali sono stati macellati secondo le procedure standard dopo un digiuno alimentare di 7 ore e un digiuno idrico di 4 ore. I polli sono stati pesati individualmente prima del carico e gli è stata posta un'etichetta identificativa sulla zampa destra. Gli animali di ogni recinto sono stati catturati manualmente e posti all'interno delle gabbie da trasporto. All'arrivo al macello (dopo 15 minuti di trasporto), gli animali sono stati scaricati e macellati secondo le procedure standard da parte del personale del macello, lasciando le carcasse munite di zampe per permettere l'identificazione individuale delle carcasse all'uscita del tunnel di refrigerazione. All'uscita dal tunnel di refrigerazione, dopo 2 ore, tutte le carcasse sono state pesate individualmente per la determinazione della resa di macellazione (Working group 5, World's Poultry

Science Association, 1984). Quindi, 144 carcasse, rappresentative per peso vivo medio e variabilità dei 24 recinti (6 animali per recinto), sono state trasportate per le analisi di qualità della carcassa e della carne al laboratorio La.Chi, DAFNAE, dell'Università di Padova.

Caratteristiche delle carcasse e qualità della carne

All'arrivo in laboratorio, tutte le carcasse sono state esaminate visivamente per valutare la presenza di miopatie a livello del petto. Il *m. pectoralis major* è stato analizzato per la presenza di white striping e il relativo grado di severità (normale con codice 0, moderato con codice 1, severo con codice 2 ed estremo con codice 3; Kuttapan et al., 2016); per la presenza o assenza di wooden breast (Sihvo et al., 2014) e per l'eventuale presenza di *spaghetti meat* (Baldi et al., 2018) (Figura 10).

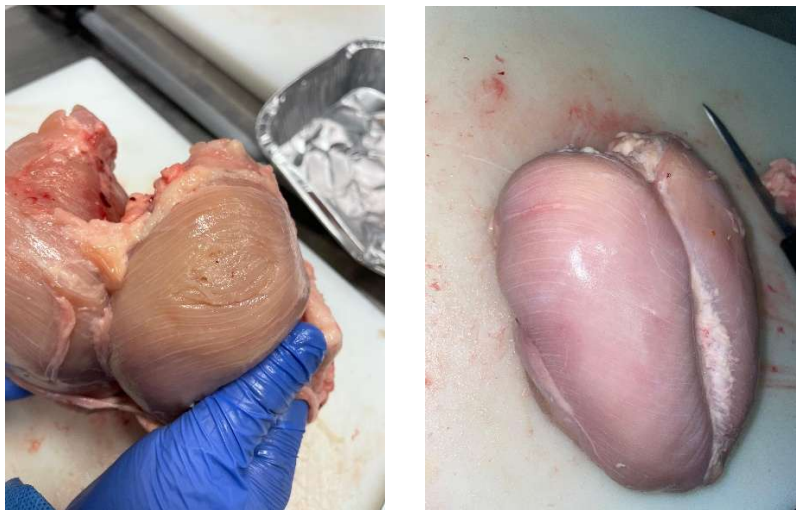


Figura 10. Presenza di *spaghetti meat* (a sinistra) e *white striping* (a destra).

Le carcasse sono state quindi sezionate per ottenere il peso e la resa dei principali tagli quali petto, cosce, sovracosce e ali sull'intera carcassa (Working group 5, World's Poultry Science Association, 1984) (Figura 11).

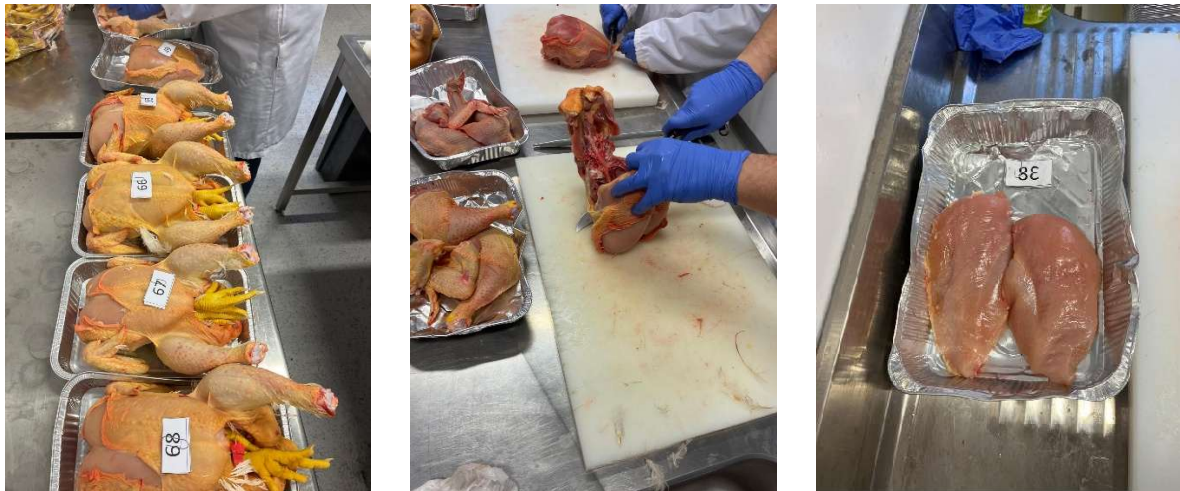


Figura 11. Carcasse prima della dissezione (a sinistra), dissezione e petti separati per le analisi (a destra).

Il petto è stato utilizzato per le principali analisi di qualità della carne (Petracci e Baéza, 2011). Il pH di ogni *p. major* è stato misurato in tre punti sul lato ventrale mediante un pH-metro (Sension portatile, Hanch Company/Hanch Lance s.r.l., Svizzera) dotato di elettrodo specifico per la penetrazione della carne e di una sonda con controllo automatico della temperatura. Il colore è stato misurato mediante colorimetro Minolta Spectrophotometer CM-508 C (Minolta, Milano) e con la misura di luminosità (L^*), indice del rosso (a^*) e indice del giallo (b^*) (Figura 12).



Figura 12. A sinistra rilevazione del pH, a destra misurazione del colore con colorimetro.

Di seguito, dal *p. major* destro è stato prelevato un campione di dimensioni pari a 8 cm × 4 cm x 3 cm che è stato pesato, confezionato in sacchetti sottovuoto e sottoposto a una cottura a bagnomaria per 50 minuti, fino al raggiungimento della temperatura interna di 80 °C. Al termine della cottura,

sono state determinate le perdite di cottura ed è stata separata una porzione di 4 cm × 2 cm × 1 cm di spessore. Il campione ottenuto è stato sottoposto alla determinazione dello sforzo massimo di taglio con dinamometro mono-colonna (modello LS5, Lloyd Instruments Ltd, Bognor Regis, UK) con cella di carico da 500 kg (risoluzione 1 g, accuratezza 0,5%), velocità di taglio di 250 mm/min e dispositivo Allo-Kramer a 10 lame dello spessore di 2 mm e distanza tra le lame di 5 mm (Mudalal et al., 2015) (Figura 13).

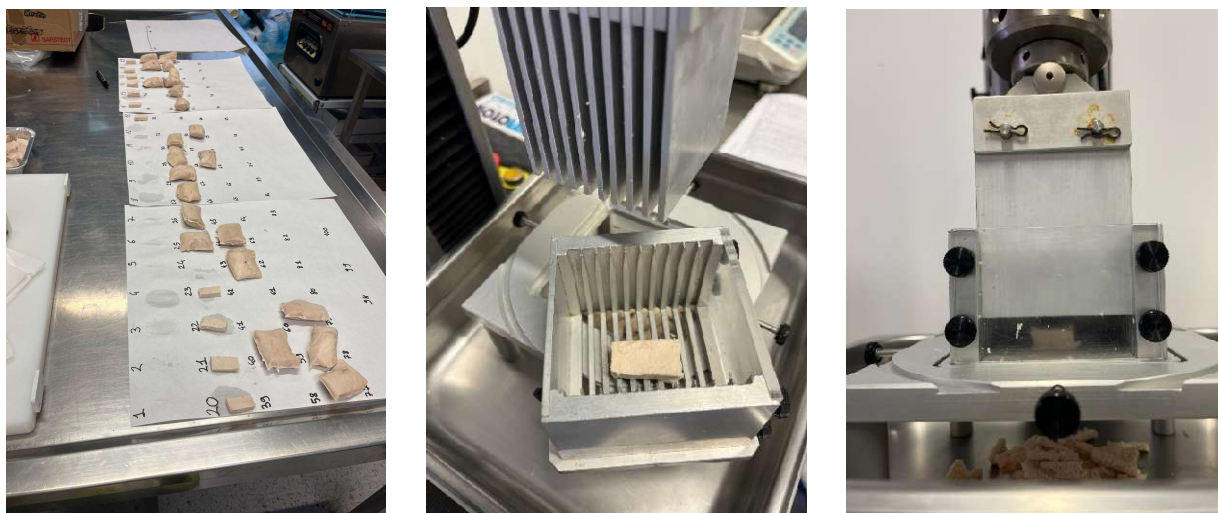


Figura 13. Campioni di *p. major* dopo la cottura da utilizzare per misura tenerezza (a sinistra), dinamometro durante le misurazioni (a destra).

Analisi chimiche

Dopo dissezione, il muscolo *p. major* destro residuo è stato macinato mediante Grindomix GM 200 (Retsch GmbH, Haan, Germany) e confezionato per la successiva liofilizzazione.

I campioni di mangimi e *p. major* liofilizzato sono stati utilizzati per la determinazione di contenuto di sostanza secca, ceneri, proteina grezza, estratto etereo ed amido 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) (Gratta et al., 2019). 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) 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, Germany).

Analisi statistica

I dati individuali di prestazioni produttive (peso vivo, accrescimento medio giornaliero), qualità della carcassa e della carne 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 sono stati sottoposti ad analisi della varianza utilizzando la procedura PROC GLM del SAS con la dieta come effetto principale. Infine, i dati relativi alla mortalità ed alla presenza di miopatie nelle carcasse dei polli sono stati analizzati con analisi della varianza, considerando come effetto fisso la dieta, utilizzando la procedura PROC CATMOD del SAS.

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

Prestazioni produttive

Nella Tabella 7 sono riportati i risultati delle prestazioni produttive degli animali alimentati con diete contenenti favino, lupino o girasole rispetto alla dieta controllo a base di soia dalla schiusa fino alla macellazione a 36 giorni di età. Al termine della prova, gli animali hanno raggiunto mediamente un peso vivo di 2566 g, con un accrescimento giornaliero di 70,1 g/d. Il consumo medio giornaliero di mangime è risultato pari a 112 g/d, mentre l'indice di conversione alimentare medio è stato di 1,60.

A partire da 8 giorni di età, il peso vivo degli animali è risultato superiore nei polli alimentati con la dieta controllo a base di soia (227 g vs. 202 g, 204 g, 199g; $P<0,001$) rispetto a quelli alimentati con la dieta girasole, lupino o favino. Tale differenza si è mantenuta per l'intera durata della prova, determinando a fine ciclo un peso vivo medio nettamente superiore nei polli della dieta controllo rispetto ai polli alimentati con le altre diete contenenti girasole, favino, lupino (2836 g vs. 2402 g, 2569 g, 2449 g; $P<0,001$).

A partire dal 29° giorno di età, i polli alimentati con la dieta a base di soia hanno sempre mostrato il peso vivo medio più elevato rispetto alle diete girasole, favino, lupino (1946g vs. 1674g, 1794 g, 1715 g; $P<0,001$), ma gli animali alimentati con la dieta a base di favino hanno mostrato valori intermedi e superiori rispetto a quelli alimentati con le diete a base di girasole e lupino.

Per quanto riguarda l'accrescimento medio giornaliero nell'intero periodo di prova, gli animali alimentati con la dieta controllo hanno mostrato performance nettamente superiori rispetto a quelli alimentati con le diete girasole, favino, lupino (77,8 g/d vs. 65,5 g/d, 70,2 g/d, 66,8 g/d; $P<0,001$). A seguire, la dieta a base di favino ha evidenziato risultati migliori rispetto alle diete a base di lupino e girasole.

Gli animali alimentati con la dieta a base di girasole hanno registrato i minori consumi giornalieri durante l'intero ciclo sperimentale (109 g/d vs. 113 g/d, 115 g/d, 111 g/d; $P<0,001$) rispetto ai polli alimentati con le diete controllo, favino, lupino rispettivamente. Al contrario i soggetti alimentati con la dieta a base di favino hanno mostrato consumi maggiori. Gli animali alimentati con la dieta controllo a esclusiva base di soia hanno evidenziato il miglior indice di conversione alimentare rispetto agli altri gruppi sperimentali (1,46 vs. 1,64, 1,66, 1,66; $P<0,001$).

Tabella 7. Effetto dell'inclusione di favino, lupino e girasole su peso vivo, accrescimento e indice di conversione (LS means) in polli da carne fino a 36 giorni d'età.

Variabili	Dieta				Prob.	DSR
	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)		
Polli, n	136	139	134	137		
Peso vivo (g)						
Giorno 0 ¹	43,4	43,1	43,0	43,1	0,72	2,87
Giorno 8 ¹	227 ^b	202 ^a	204 ^a	199 ^a	<0,001	23,1
Giorno 15 ¹	585 ^b	516 ^a	530 ^a	515 ^a	<0,001	64,0
Giorno 22 ¹	1172 ^b	1020 ^a	1081 ^a	1047 ^a	<0,001	117
Giorno 29 ¹	1943 ^c	1674 ^a	1794 ^b	1715 ^a	<0,001	189
Giorno 36 ¹	2836 ^c	2402 ^a	2569 ^b	2449 ^a	<0,001	258
Accrescimento medio giornaliero ¹ (g/d)	77,6 ^c	65,5 ^a	70,2 ^b	66,8 ^a	<0,001	7,16
Consumo alimentare giornaliero ² (g/d)	113 ^{ab}	109 ^a	115 ^b	111 ^{ab}	<0,001	2,62
Indice di conversione alimentare ²	1,46 ^a	1,66 ^b	1,64 ^b	1,66 ^b	<0,001	0,05
Mortalità %	5,56	3,47	6,94	4,86	0,611	-

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. DSR: Deviazione standard residua. ¹Dato individuale dell'animale. ²Dato del recinto

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

Risultati di macellazione

Nella Tabella 8 sono riportati i dati relativi ai risultati della macellazione. Mediamente, i polli hanno avuto una resa di macellazione del 72% con un peso medio della carcassa fredda pari a 1830 g. La resa media del petto si è attestata al 39%.

Le differenze nel peso vivo finale, già discusse, si sono mantenute anche nel peso delle carcasse dopo la macellazione: gli animali alimentati con la dieta a base di soia hanno mostrato le carcasse più pesanti, seguiti dagli animali alimentati con la dieta a base di favino, con pesi superiori rispetto ai polli alimentati con le diete a base di girasole e lupino (1995 g vs. 1858 g vs. 1753 g e 1712 g, rispettivamente; $P<0,001$).

La dieta non ha invece modificato la resa di macellazione della carcassa.

Diversamente, i polli alimentati con la dieta favino hanno mostrato una maggiore resa del petto (40,4% vs. 39,7%, 37,4%, 38,6%; $P<0,001$) rispetto a quelli alimentati con le diete soia, girasole e lupino, mentre l'andamento della resa in arti posteriori è stato opposto. Gli animali alimentati con la dieta girasole hanno mostrato una minore resa del petto e una maggiore resa in arti posteriori (32,6% vs. 31,0%, 30,8% e 31,8%; $P<0,001$) rispetto a quelli alimentati con le diete soia, favino e lupino.

Presenza di miopatie

La dieta ha influenzato significativamente l'incidenza delle miopatie come “*white striping*” e “*wooden breast*” (Tabella 8). La presenza di *white striping* (25,0% vs. 2,8%, 16,7%, 13,9%; $P<0,05$) e *wooden breast* (13,9% vs. 0,0%, 5,6%, 0,0%, $P<0,01$) è risultata più frequente negli animali alimentati con la dieta controllo rispetto a quelli alimentati con le diete girasole, favino e lupino. Non sono state registrate differenze significative per quanto riguarda la presenza di “*spaghetti meat*”.

Qualità della carne

In Tabella 9 sono riportati i dati relativi alla qualità della carne. La dieta ha influenzato la qualità della carne del petto: i polli alimentati con la dieta girasole hanno registrato un pH del petto più basso rispetto ai polli diete soia, favino e lupino (5,67 vs. 5,85, 5,78, 5,76; $P<0,001$); l'indice di luminosità (L^*) è risultato più elevato nella carne dei polli alimentati con la stessa dieta girasole rispetto a quelli che hanno ricevuto le diete soia, favino, lupino (50,8 vs. 53,9, 50,7, 51,1; $P<0,001$), mentre l'indice del giallo (b^*) è risultato più alto nei polli alimentati con la dieta girasole (11,3 vs. 11,0, 9,7, 10,5; $P<0,001$) rispetto alle diete soia, favino e lupino.

Per quanto riguarda la composizione chimica del petto, il contenuto d'acqua è risultato maggiore negli animali alimentati con le diete controllo e girasole rispetto a quelli alimentati con favino e lupino (75,4% e 75,4% vs. 74,7% e 74,8%; $P=0,01$), mentre il contenuto proteico è risultato più elevato nei

gruppi alimentati con favino e lupino rispetto ai trattamenti con soia e girasole (21,4% e 21,4% vs. 20,6% e 20,5%; $P=0,01$).

Tabella 8. Effetto dell'inclusione nella dieta di favino, lupino e girasole su rese di macellazione e dissezione delle carcasse (LS means) in polli da carne macellati a 36 giorni d'età

Variabili	Dieta				P-value	DSR
	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)		
Polli, n	36	36	36	36		
Peso carcassa fredda (g)	1995 ^c	1712 ^a	1858 ^b	1753 ^{ab}	<0,001	171
Resa Carcassa (% PV)	71,6	71,3	72,7	72,0	0,15	2,75
Dissezione della carcassa						
Resa Petto ¹ (% CF)	39,7 ^{bc}	37,4 ^a	40,4 ^c	38,6 ^{ab}	<0,001	2,06
<i>Pectoralis major</i> (% CF)	26,4 ^{bc}	24,0 ^a	26,9 ^c	25,4 ^b	<0,001	1,82
Ali (% CF)	11,0	10,2	9,7	9,9	0,50	3,77
Arti Posteriori (% CF)	31,0 ^a	32,6 ^b	30,8 ^a	31,8 ^{ab}	<0,001	2,05
Frequenza di miopatie (%)						
White striping	25,0 ^b	2,8 ^a	16,7 ^{ab}	13,9 ^{ab}	<0,05	-
Wooden breast	13,9 ^b	0,0 ^a	5,6 ^{ab}	0,0 ^a	<0,01	-
Spaghetti meat	2,8	0,0	0,0	2,8	0,42	-

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. Abbreviazione: DSR, Deviazione standard residua. ¹Con osso e pelle.

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

Tabella 9. Effetto dell'inclusione nella dieta di favino, lupino e girasole su caratteristiche reologiche del *Pectoralis major* e composizione chimica dei muscoli del petto (LS means) in polli da carne macellati a 36 giorni d'età.

Variabili	Dieta				P-value	DSR
	Soia (C)	Girasole (G)	Favino (F)	Lupino (L)		
<i>Pectoralis major</i> , n	36	36	36	36		
pH	5,85 ^b	5,67 ^a	5,78 ^b	5,76 ^b	<0,001	0,13
L*	50,8 ^a	53,9 ^b	50,7 ^a	51,1 ^a	<0,001	2,35
a*	0,10	-0,09	-0,06	-0,01	0,19	0,41
b*	11,0 ^{cb}	11,3 ^c	9,7 ^a	10,5 ^b	<0,001	1,09
Perdite di scongelamento (%)	11,2	16,0	12,5	12,8	0,06	4,07
Perdite di cottura (%)	25,9	25,6	25,3	24,3	0,39	2,74
Sforzo di taglio (kg/g)	1,82	2,25	1,90	1,84	0,06	0,49
<i>Pectoralis major</i> , n						
Acqua, %	75,4 ^b	75,4 ^b	74,7 ^a	74,8 ^a	0,01	0,64
Proteina grezza (%)	20,6 ^a	20,5 ^a	21,4 ^b	21,4 ^b	0,01	0,61
Estratto etereo (%)	2,56	2,56	2,63	2,39	0,91	0,82
Ceneri (%)	1,17	1,15	1,17	1,17	0,20	0,03

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.

Abbreviazione: DSR, Deviazione standard residua.

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

Discussione

L'inclusione di fonti proteiche alternative rispetto a una dieta controllo a base di sola soia ha determinato una generale penalizzazione delle prestazioni produttive, con differenze rilevabili già a partire dal quindicesimo giorno di età degli animali; tali differenze si sono mantenute fino al termine della prova. L'inclusione del 10% di farina di favino ha comportato un minor peso vivo finale, associato ad un maggiore consumo di mangime rispetto agli altri trattamenti sperimentali. Di conseguenza, l'indice di conversione alimentare è risultato peggiore rispetto a quello della dieta controllo, pur mantenendosi in linea con i valori osservati nelle altre diete formulate con fonti proteiche alternative. Il peggioramento delle prestazioni produttive osservato nella dieta a base di favino è coerente con quanto riportato da Gous (2011), il quale ha evidenziato che l'aumento del livello di inclusione della farina di favino nella dieta dei polli da carne determina una riduzione del tasso di crescita e un peggioramento dell'indice di conversione alimentare, accompagnati da un incremento del consumo di alimento. Tali effetti sono molto probabilmente attribuibili alla presenza di fattori antinutrizionali nella farina. L'utilizzo del favino, anche a livelli di inclusione superiori al 10%, è possibile solo a seguito di un trattamento termico in grado di ridurre o eliminare gran parte dei composti termolabili, come vicina e convicina (Ivarsson e Wall, 2017; Diaz et al., 2006; Alonso et al., 2000). I risultati ottenuti nella presente tesi rafforzano quanto già evidenziato nello studio di Gous (2011), confermando che l'impiego di favino non sottoposto a trattamento termico limita la possibilità di utilizzare elevati livelli di inclusione senza effetti negativi sulle performance di crescita. Nelle nostre condizioni, tuttavia, tra le materie prime proteiche alternative utilizzate nella prova, il favino è risultato quello in grado di garantire le migliori prestazioni complessive.

Per quanto riguarda il lupino, l'inclusione al 10% ha determinato un peggioramento del peso vivo finale rispetto alla dieta controllo. Analogamente a quanto osservato nello studio di Hejdysz et al. (2019), il consumo giornaliero di alimento è risultato comparabile a quello della dieta controllo, mentre l'indice di conversione alimentare è stato nettamente peggiore. Risultati simili sono stati riportati anche in un altro studio (Kaczmarek et al., 2016), nel quale l'inclusione di lupino a livelli compresi tra il 10% e il 30% ha determinato una riduzione delle performance di accrescimento e dell'efficienza di conversione alimentare in polli da carne alimentati con le diete sperimentali dall'età di 0 giorni fino alla macellazione a 35 giorni. Il peggioramento delle performance produttive è probabilmente attribuibile alla presenza di polisaccaridi non amilacei, che aumentano la viscosità del contenuto intestinale e riducono la digeribilità della dieta, limitando di conseguenza l'assorbimento dei nutrienti. In particolare, nello studio condotto da Olkowski (2018), il "*Lupinus angustifolius*" è

risultato la specie meno performante proprio a causa del maggiore contenuto di polisaccaridi non amilacei.

Infine, nel nostro studio, l'inclusione dell'8,5% di farina di girasole ha determinato risultati molto simili a quelli ottenuti con il lupino per quanto riguarda il peso vivo finale e l'indice di conversione alimentare, tuttavia, gli animali appartenenti a questo gruppo sperimentale hanno mostrato il minor consumo alimentare giornaliero tra tutti i trattamenti. Il minor consumo alimentare, unitamente alla ad una carenza di lisina nella dieta, ha determinato un peggioramento delle performance di accrescimento rispetto alla dieta controllo. Studi precedenti hanno invece evidenziato come l'inclusione di farina di girasole a livelli compresi tra il 4 e il 14%, in sostituzione alla farina di soia non determini effetti negativi sulle prestazioni produttive dei polli da carne "ROSS 308" (Nassiri Moghaddam et al., 2012) o "Arbor Acre" (Alagawany et al., 2015) allevati fino a 42 giorni di età e alimentati con diete isocaloriche e isoproteiche rispetto alla dieta controllo, senza aggiunta di enzimi. D'altra parte, l'integrazione di lisina o l'utilizzo di farine ottenute da semi decorticati nelle altre prove considerate e discusse potrebbero spiegare le discrepanze tra i risultati ottenuti nella presente prova e quelli riportati in bibliografia. Infatti, secondo Tavernari et al. (2008), l'integrazione del 20% di farina di girasole è possibile solo con l'aggiunta di lisina.

Le differenze di peso rilevate durante la presente prova si sono mantenute anche a livello della carcassa; tuttavia, la dieta non ha influenzato la resa di macellazione che è risultata molto simile tra i gruppi e in linea con quanto riportato in bibliografia (Rama Rao et al., 2006; Perella et al., 2009; Nalle et al., 2010a; Sangsoponjit et al., 2017; Olkowski, 2018).

I risultati ottenuti risultano in linea con le rese riportate nel manuale di Aviagen (2022), ad eccezione degli animali alimentati con la dieta contenente girasole, nei quali la riduzione della resa in petto rispetto ai valori attesi potrebbe essere attribuita a una carenza di lisina, amminoacido essenziale per la deposizione muscolare del *pectoralis major*. Le diete sperimentali erano infatti bilanciate per la proteina grezza e non erano state integrate con amminoacidi sintetici.

Per quanto riguarda la presenza di miopatie, gli animali alimentati con la dieta controllo a base di soia hanno evidenziato la maggiore incidenza di *white striping* e *wooden breast*, probabilmente come conseguenza del più elevato tasso di crescita degli stessi animali. Questo risultato è in accordo con precedenti studi (Trocino et al., 2015; Vanhatalo et al., 2021), i quali indicano che il rapido accrescimento caratteristico delle moderne linee genetiche rappresenta uno dei principali fattori predisponenti all'insorgenza di queste miopatie. Al contrario, la somministrazione della dieta girasole, associata ai minori consumi di mangime e a un accrescimento degli animali più contenuto, ha determinato la minore incidenza di *white striping* e *wooden breast*, in linea con quanto riportato

da Livingston et al. (2019). Questi autori hanno evidenziato come strategie nutrizionali in grado di modulare la crescita possano influenzare la comparsa delle miopatie del petto.

Per quanto riguarda le proprietà reologiche della carne, la dieta a base di girasole ha influenzato significativamente il pH del petto, che ha mostrato valori inferiori rispetto a quelli dei polli alimentati con le altre diete, mentre l'indice di luminosità (L^*) è risultato più elevato. Questi due parametri sono strettamente correlati, poiché una più intensa acidificazione post-mortem del muscolo determina una maggiore denaturazione proteica e una riduzione della capacità di ritenzione idrica della carne, di conseguenza si verifica un maggiore rilascio di essudati sulla superficie del muscolo, che aumenta la riflessione della luce e conferisce alla carne un aspetto più luminoso come riportato da Van Laack et al. (2000). La riduzione del pH potrebbe essere dovuta ad una carenza di lisina della dieta come indicato nello studio di Berri et al. (2008).

Per quanto riguarda l'indice del giallo (b^*), il maggiore valore osservato nella carne del gruppo alimentato con girasole potrebbe essere associato non tanto al contenuto totale di lipidi della materia prima, inferiore rispetto a soia e lupino (Tabella 6), quanto alla presenza di pigmenti apportati dalla quota aggiuntiva di mais nella dieta. Inoltre, il minor pH osservato nel petto potrebbe aver modificato le proprietà ottiche della carne, aumentando la riflessione della luce e accentuando le tonalità giallastre.

Conclusioni

La domanda di prodotti avicoli è in costante aumento. In particolare, la carne di pollo è sempre più apprezzata dai consumatori per la sua versatilità di preparazione, l'elevato contenuto proteico e il prezzo d'acquisto relativamente contenuto. Per far fronte a questa crescente richiesta, è aumentata la produzione e, di conseguenza, il fabbisogno di materie prime proteiche, soprattutto della soia, la cui produzione è spesso associata a problematiche ambientali ed è concentrata in un numero limitato di Paesi. Risulta pertanto fondamentale individuare e valutare risorse proteiche alternative che siano sostenibili e di elevata qualità.

Sulla base dei risultati ottenuti nel presente studio, la soia si conferma la materia prima proteica in grado di determinare le migliori performance dei polli da carne in termini di prestazioni produttive e conseguente resa della carcassa. Rispetto alle fonti proteiche alternative testate, risultano particolarmente interessanti i risultati ottenuti con l'inclusione del 10% di favino che, pur determinando performance inferiori rispetto alla dieta a base di soia, ha consentito di ottenere una buona resa della carcassa e del petto. L'inclusione dell'8,5% di girasole può rappresentare una valida strategia alimentare per ridurre la velocità di accrescimento dei moderni genotipi avicoli, nell'ottica di promuovere un maggiore benessere animale. Per quanto riguarda la qualità della carne, l'inclusione di fonti proteiche alternative alla soia ha influenzato la presenza di miopatie, riducendole, senza effetti di rilievo sulle altre variabili testate.

I risultati ottenuti evidenziano il potenziale impiego di favino, lupino e girasole come fonti proteiche alternative alla soia nelle diete per polli da carne, contribuendo a ridurre la dipendenza dalla soia. L'utilizzo di queste materie prime può rappresentare una strategia interessante per incrementare la sostenibilità delle produzioni; saranno tuttavia necessari ulteriori approfondimenti per valutare in modo più completo gli effetti di tali fonti proteiche sugli aspetti produttivi, qualitativi e fisiologici dell'animale, al fine di individuare soluzioni alimentari in grado di coniugare efficienza produttiva, benessere animale e sostenibilità ambientale.

Bibliografia

- Alamy 2019. Semi di lupino bianco. Disponibile a: <https://www.alamy.it/fotos-immagini/semi-di-lupino-sfondo-bianco.html?sortBy=relevant> Accesso il 14/04/2026.
- Alagawany, M., Farag, M. R., El-Hack, M. E. A., Dhama, K. 2015. The practical application of sunflower meal in poultry nutrition. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 3, 634–648.
- Alemu, S. B., Abrar, B. 2025. Utilization of algae based-meal as an alternative protein source in poultry nutrition: a review. *American Journal of Zoology*, 8, 50–59.
- Algam, T. A., Abdel Atti, K. A., Dousa, B. M., Elawad, S. M., Fadel Elseed, A. M. 2012. Effect of dietary raw chick pea (*Cicer arietinum* L.) seeds on broiler performance and blood constituents. *International Journal of Poultry Science*, 11, 294–297.
- Alonso, R., Aguirre, A., Marzo, F. 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*, 68, 159–165.
- AOAC. 2000. International official methods of analysis of AOAC international. 17th ed. Arlington, VA, USA. Association of Official Analytical Chemists.
- Altmann, B. A., Neumann, C., Velten, S., Liebert, F., Mörlein, D. 2018. Meat quality derived from high inclusion of a micro-alga or insect meal as an alternative protein source in poultry diets: A pilot study. *Foods*, 7, 34.
- Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., Mejía Vélez, H. 2004. Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) at Angelópolis - Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57, 2491–2500.
- Aviagen 2022. Broiler performance. Disponibile a: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Italian_TechDocs/RossxRoss308_BroilerPerformanceObjectives2022_IT.pdf. Accesso il 29/04/2026.

- Bailey, C. A. 2020. Precision poultry nutrition and feed formulation. *Animal Agriculture*, 21, 367–378.
- Baldi G., Soglia F., Mazzoni M., Sirri F., Canonico L., Babini E., Laghi L., Cavani C., Petracci M. 2018. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*, 12: 164–173.
- Ballitoc, D. A., Sun, S. n.d. Ground yellow mealworms (*Tenebrio molitor* L.) feed supplementation improves growth performance and carcass yield characteristics in broilers.
- Batista, A. P., Gouveia, L., Bandarra, N. M., Franco, J. M., Raymundo, A. 2013. Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Research*, 2, 164–173.
- Berri, C., Besnard, J., Relandeau, C. 2008. Increasing dietary lysine increases final pH and decreases drip loss of broiler breast meat. *Poultry Science*, 87, 480–484.
- Bošković Cabrol, M., Huerta, A., Bordignon, F., et al. 2024. Dietary supplementation with *Chlorella vulgaris* in broiler chickens submitted to heat-stress: effects on growth performance and meat quality. *Poultry Science*, 103, 103828.
- Bošković Cabrol, M., Pauletto, M., Giantin, M., Dacasto, M., Xiccato, G., Trocino, A. 2025. Comparative transcriptome analysis of pectoralis major muscles affected by white striping, wooden breast and spaghetti meat in male and female broiler chickens. *BMC Genomics*, 26, 768.
- Canadian food inspection agency 2024. Semi di lupino blu. Disponibile a: https://seedidguide.idseed.org/fact_sheets/lupinus-angustifolius-l/ Accesso il 14/04/2026
- Castellini, C., Mugnai, C., Dal Bosco, A. 2002. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, 60, 219–225.
- Cerolini, S. 2015. 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.

- Dabbou, S., Gai, F., Biasato, I., et al. 2018. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9, 49.
- David, L. S., Nalle, C. L., Abdollahi, M. R., Ravindran, V. 2024. Feeding value of lupins, field peas, faba beans and chickpeas for poultry: an overview. *Animals*, 14, 619.
- De Jonge, J., Van Trijp, H. C. M. 2013. The impact of broiler production system practices on consumer perceptions of animal welfare. *Poultry Science*, 92, 3080–3095.
- De Vries, M., De Boer, I. J. M. 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128, 1–11.
- Diaz, D., Morlacchini, M., Masoero, F., Moschini, M., Fusconi, G., Piva, G. 2006. Pea seeds (*Pisum sativum*), faba beans (*Vicia faba var. minor*) and lupin seeds (*Lupinus albus var. multitalia*) as protein sources in broiler diets: effect of extrusion on growth performance. *Italian Journal of Animal Science*, 5, 43–53.
- Dixon, L. M. 2020. Slow and steady wins the race: The behaviour and welfare of commercial faster growing broiler breeds compared to a commercial slower growing breed. *Plos One*, 15, 0231006.
- Elahi, U., Wang, J., Ma, Y. B., et al. 2020. Evaluation of yellow mealworm meal as a protein feedstuff in the diet of broiler chicks. *Animals*, 10, 224.
- Evans, A. M., Smith, D. L., Moritz, J. S. 2015. Effects of algae incorporation into broiler starter diet formulations on nutrient digestibility and 3 to 21 d bird performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 24, 206–214.
- Fanatico, A. C., Pillai, P. B., Cavitt, L. C., Owens, C. M., Emmert, J. L. 2005. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: Growth performance and carcass yield¹. *Poultry Science*, 84, 1321–1327.
- Farrell, D. J., Perez-Maldonado, R. A., Mannion, P. F. 1999. Optimum inclusion of field peas, faba beans, chick peas and sweet lupins in poultry diets. II. Broiler experiments. *British Poultry*

Science, 40, 674–680.

FEDNA 2010a. Sunflower meal, 32% CP. Disponibile a:
https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-extracci%C3%B3n-de-girasol-32-pb. Accesso il 19/03/2026

FEDNA 2010b. Australian lupin. Disponibile a:
https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/altramuz-australiano. Accesso il 19/03/2026

Gous, R. M. 2011. Evaluation of faba bean (*Vicia faba* cv. *Fiord*) as a protein source for broilers. South African Journal of Animal Science, 41, 71–78.

Grosshagauer, S., Kraemer, K., Somoza, V. 2020. The true value of spirulina. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68, 4109–4115.

Gratta, F., Fasolato, L., Birolo, M., Zomeño, C., Novelli, E., Petracci, M., Pascual, A., Xiccato, G., Trocino, A. 2019. Effect of breast myopathies on quality and microbial shelf life of broiler meat. Poultry Science, 98, 2641–2651

Gržinić, G., Piotrowicz-Cieślak, A., Klimkowicz-Pawlas, A., Górny, R. L., Ławniczek-Wałczyk, A., Piechowicz, L., Olkowska, E., Potrykus, M., Tankiewicz, M., Krupka, M., Siebielec, G., Wolska, L. 2023. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. Science of The Total Environment, 858, 160014.

Hejdysz, M., Kaczmarek, S. A., Rogiewicz, A., Rutkowski, A. 2019. Influence of graded levels of meals from three lupin species on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. British Poultry Science, 60, 288–296.

Hwangbo, J., Hong, E. C., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W., Park, B. S. 2009. Utilization of house fly maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. Journal of Environmental Biology, 30, 609–614.

ISMEA Mercati 2025. Tendenze Avicoli. Disponibile a:
<https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/13480>. Accesso

il 17/03/2026

- Ivarsson, E., Wall, H. 2017. Effects of toasting, inclusion levels and different enzyme supplementations of faba beans on growth performance of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 26, 467–475.
- Janocha, A., Milczarek, A., Głuchowska, J. 2022. Efficiency of peas in broiler chicken feeding. *Animal Science and Genetics*, 18, 11-23.
- Kaczmarek, S. A., Hejdysz, M., Kubiś, M., Rutkowski, A. 2016. Influence of graded inclusion of white lupin (*Lupinus albus*) meal on performance, nutrient digestibility and intestinal morphology of broiler chickens. *British Poultry Science*, 57, 364–374.
- Khan, M., Chand, N., Khan, S., Khan, R. U., Sultan, A. 2018. Utilizing the house fly (*Musca domestica*) larva as an alternative to soybean meal in broiler ration during the starter phase. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 20, 9–14.
- Kopmels, F. C., Smit, M. N., Cho, M., He, L., Beltranena, E. 2020. Effect of feeding 3 zero-tannin faba bean cultivars at 3 increasing inclusion levels on growth performance, carcass traits, and yield of saleable cuts of broiler chickens. *Poultry Science*, 99, 4958–4968.
- Kuttappan, V. A., Brewer, V. B., Apple, J. K., Waldroup, P. W., Owens, C. M. 2012. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, 91, 2677–2685.
- Livingston, M. L., Landon, C., Barnes, H. J., Brake, J. 2019. White striping and wooden breast myopathies of broiler breast muscle is affected by time-limited feeding, genetic background, and egg storage. *Poultry Science*, 98, 217–226.
- Meluzzi, A., Sirri, F. 2009. Welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 8, 161–173.
- Moyle, J. R., Arsi, K., Woo-Ming, A., Arambel, H., Fanatico, A., Blore, P. J., Clark, F. D., Donoghue, D. J., Donoghue, A. M. 2014. Growth performance of fast-growing broilers reared under different types of production systems with outdoor access: implications for organic and

- alternative production systems. *Journal of Applied Poultry Research*, 23, 212–220.
- Mudalal, S., Lorenzi, M., Soglia, F., Cavani, C., Petracci, M. 2015. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 9, 728–734.
- Nalle, C. L., Ravindran, V., Ravindran, G. 2010b. Evaluation of faba beans, white lupins and peas as protein sources in broiler diets. *International Journal of Poultry Science*, 9, 567–573.
- Nalle, C. L., Ravindran, V., Ravindran, G. 2010a. 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.
- Nassiri Moghaddam, H., Salari, S., Arshami, J., Golian, A., Maleki, M. 2012. Evaluation of the nutritional value of sunflower meal and its effect on performance, digestive enzyme activity, organ weight, and histological alterations of the intestinal villi of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 21, 293–304.
- Olkowski, A. A., Olkowski, B. I., Amarowicz, R., Classen, H. L. 2001. Adverse Effects of Dietary Lupine in Broiler Chickens. *Poultry Science*, 80, 621–625.
- Olkowski, B. 2018. Feeding high lupine based diets for broiler chickens: effect of soybean meal substitution with yellow lupine meal at various time points of growth cycle. *Livestock Science*, 218, 114–118.
- Olukosi, O. A., Walker, R. L., Houdijk, J. G. M. 2019. Evaluation of the nutritive value of legume alternatives to soybean meal for broiler chickens. *Poultry Science*, 98, 5778–5788.
- Perella, F., Mugnai, C., dal Bosco, A., 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.
- Petracci, M., Baéza, E. 2011. Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features. *World's Poultry Science Journal*, 67, 137–153.
- Prodigus 2025. Semi di lupino giallo. Disponibile a: <https://www.prodigus.it/articoli/la-scelta->

consapevole/il-lupino Accesso il 14/04/2026.

- Rama Rao, S. V., Raju, M. V. L. N., Panda, A. K., Reddy, M. R. 2006. Sunflower seed meal as a substitute for soybean meal in commercial broiler chicken diets. *British Poultry Science*, 47, 592–598.
- Rasmussen, S. N., Wurtz, K. E., Erasmus, M., Riber, A. B. 2024. Animal-based methods for the assessment of broiler chicken welfare in organic and conventional production systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 276, 106300.
- Regolamento (CE) n. 848/2018 del Parlamento europeo e del Consiglio 2018. Disponibile a: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848>. Accesso il 03/04/2026
- Sangsoponjit, S., Suphalucksana, W., Srikijkasemwat, K. 2017. Effect of Feeding Sunflower Meal on the Performance and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. *Chemical Engineering Transactions*, 58, 841–846.
- SAS Institute 2013. *The SAS/STAT 9.4 User's Guide*. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Schiavone, A. 2008. Nutrizione e alimentazione degli avicoli. *Avicoltura e Coniglicoltura* 8, 179-262.
- Sihvo, H.-K., Immonen, K., Puolanne, E. 2014. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology*, 51, 619–623.
- Singh, R. J. 2006. Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oilseed Crops, 5, 103-166.
- Smit, M. N., He, L., Beltranena, E. 2021. Feeding different cultivars and quality levels of faba bean to broiler chickens. *Translational Animal Science*, 5, 094.
- Sundrum, A. 2001. Organic livestock farming: A critical review. *Livestock Production Science*, 67, 207–215.
- Tavernari, F. C., Albino, L. F. T., Morata, R. L., Dutra Júnior, W. M., Rostagno, H. S., Viana, M. T. S. 2008. Inclusion of sunflower meal, with or without enzyme supplementation, in broiler

- diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 10, 233–238.
- Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M., et al. 2015. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. *Poultry Science*, 94, 2996–3004.
- UNAITALIA 2025. Relazione annuale. Disponibile a: https://www.unaitalia.com/wp-content/uploads/2025/07/RelazioneAnnuale_2025_Unaitalia-1.pdf Accesso il 17/03/2026
- Vaarst, M., Steenfeldt, S., Horsted, K. 2015. Sustainable development perspectives of poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 71, 609–620.
- Van der Eijk, J. A. J., Van Harn, J., Gunnink, H., Van Hattum, T., Wolthuis-Fillerup, M., Melis, S., te Beest, D. E., De Jong, I. C. 2025. Growth rate, either through genetics or diet, mainly determines the outcome concerning broiler welfare. *animal*, 19, 101431.
- Van Gelder, J. W., Kammeraat, K., Kroes, H. 2008. Soy consumption for feed and fuel in the European Union. Disponibile a: <http://www.foeeurope.org/agrofuels/FFE/Profundo%20report%20final.pdf>. Accesso il 13/04/2026.
- Van Krimpen, M. M., Bikker, P., van der Meer, I. M., van der Peet-Schwering, C. M. C., Vereijken, J. M. 2013. Cultivation, processing and nutritional aspects for pigs and poultry of European protein sources as alternatives for imported soybean products. Wageningen UR Livestock Research. Disponibile a: https://orgprints.org/id/eprint/28180/1/Cultivation_processing_and_nutritional%20aspects.pdf Accesso il 23/04/2026.
- Van Laack, R. L. J. M., Liu, C.-H., Smith, M. O., Loveday, H. D. 2000. Characteristics of Pale, Soft, Exudative Broiler Breast Meat. *Poultry Science*, 79, 1057–1061.
- Vanhatalo, O. E., Henderson, J. D., De La Torre, U., et al. 2021. Research note: Evaluation of the incidence of white striping and underlying myopathic abnormalities affected by fast weight gain in commercially fed broiler chickens. *Poultry Science*, 100, 101020.

- Viveros, A., Brenes, A., Elices, R., Arija, I., Canales, R. 2001. Nutritional value of raw and autoclaved kabuli and desi chickpeas (*Cicer arietinum* L.) for growing chickens. *British Poultry Science*, 42, 242–251.
- Vorel, J., Krunt, O., Chodová, D., Krunťová, L., Hofmanová, A., Zita, L. 2026. Rearing Housing System as a Determinant of Chicken Muscle Morphology and Technological Meat Properties. *Poultry*, 5, 1-13.
- World's Poultry Science Association. Working Group No. 5. 1984. Method of dissection of broiler carcasses and description of parts (ed. J. Fris Jensen), Frederiksberg Copenhagen, Denmark, Papworth Everard, Cambridge, UK.
- Woyengo, T. A., Nyachoti, C. M. 2012. Ileal digestibility of amino acids for zero-tannin faba bean (*Vicia faba* L.) fed to broiler chicks. *Poultry Science*, 91, 439–443.
- Zampiga, M., Brugaletta, G., Ceccaroni, F., Bonaldo, A., Pignata, S., Sirri, F. 2023. Performance response of broiler chickens fed diets containing dehydrated microalgae meal as partial replacement for soybean until 22 days of age. *Animal Feed Science and Technology*, 297, 115573.
- Zuidhof, M. J., Schneider, B. L., Carney, V. L., Korver, D. R., Robinson, F. E. 2014. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry Science*, 93, 2970–2982.