



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**FACOLTÀ DI AGRARIA E FACOLTÀ DI MEDICINA VETERINARIA**

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE ANIMALI  
Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

TESI DI LAUREA

**Effetto di tipo genetico, sesso e sistema di alimentazione  
su prestazioni produttive e qualità della carne nel broiler**

Relatore: DOTT.SSA ANGELA TROCINO

Correlatore: CH.MO PROF. GEROLAMO XICCATO

Laureando: CLAUDIA BOSCOLO "BRAGADIN"

Matricola n. 1033283

ANNO ACCADEMICO 2013-2014



# Indice

<b>Riassunto</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Introduzione</b> .....	<b>9</b>
<i>Produzioni, consumi e mercato avicolo</i> .....	9
<i>Evoluzione della produzione avicola italiana: da tradizionale a intensiva</i> .....	12
<i>Tecnica di allevamento del broiler</i> .....	15
Sistema di allevamento e condizioni ambientali .....	15
Gestione del ciclo e programma alimentare .....	17
<i>La qualità della carne avicola</i> .....	20
Dal muscolo alla carne .....	20
Qualità della carcassa e della carne di pollo .....	21
Fattori che modificano la qualità della carne .....	22
Difetti della carne di pollo .....	23
Relazioni tra difetti della carne e qualità del prodotto .....	25
<b>Obiettivi</b> .....	<b>27</b>
<b>Materiali e Metodi</b> .....	<b>29</b>
<i>Descrizione dell'allevamento</i> .....	29
<i>Animali, disegno sperimentale e rilievi</i> .....	32
<i>Macellazione commerciale e dissezione</i> .....	34
<i>Analisi statistica</i> .....	38
<b>Risultati e discussione</b> .....	<b>39</b>
<i>Effetto del sistema di alimentazione</i> .....	39
<i>Effetto del tipo genetico</i> .....	43
<i>Effetto del sesso</i> .....	48
<i>Effetto della presenza di miopatie</i> .....	49
<b>Conclusioni</b> .....	<b>51</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>53</b>



## Riassunto

Nel corso degli ultimi anni il miglioramento genetico ha portato alla selezione di polli da carne commerciali (broiler) caratterizzati da elevati tassi di crescita, pesi vivi finali e rese in petto. Tuttavia, queste caratteristiche potrebbero essere correlate alla manifestazione di miopatie (white striping e wooden breast) a livello dei muscoli pettorali. Queste miopatie implicano importanti cambiamenti nelle proprietà nutrizionali e reologiche della carne e sono causa di deprezzamento delle carcasse.

La presente sperimentazione ha inteso valutare l'effetto del sistema di alimentazione (*ad libitum* vs. razione), del tipo genetico (Ross 308 vs. Ross 708) e del sesso (femmine vs. maschi) su prestazioni produttive, caratteristiche della carcassa, qualità della carne e incidenza di white striping e/o wooden breast in broilers. Inoltre, si è inteso valutare le relazioni fra miopatie, prestazioni degli animali e qualità del prodotto finale. A tale scopo 768 polli sono stati accasati in 32 recinti da 24 animali ciascuno, suddivisi in 8 gruppi sperimentali secondo un disegno trifattoriale. Il razione alimentare è stato effettuato dal 13° al 21° giorno di vita ed è stato realizzato somministrando una quantità di mangime pari all'80% del consumo rilevato il giorno precedente negli animali alimentati *ad libitum*.

Alla macellazione, le differenze di peso tra gli animali razionati e alimentati a volontà sono risultate contenute (-1,6%), seppure significative ( $P < 0,01$ ). Nei polli razionati sono stati misurati minori accrescimenti (-1,70%) e consumi alimentari (-3,50 %) e migliori indici di conversione (-1,88%) rispetto agli animali alimentati a volontà ( $P < 0,001$ ). In questi ultimi, la resa di macellazione ( $P < 0,01$ ) e l'incidenza del petto sono risultate maggiori rispetto ai razionati ( $P = 0,06$ ), mentre è stata minore l'incidenza delle sovracosce ( $P < 0,05$ ). Il sistema di alimentazione ha influenzato anche la qualità della carne dei broiler, provocando un aumento del valore di pH nel muscolo *pectoralis major* nei polli razionati (5,89 vs. 5,85;  $P < 0,01$ ) e una lieve riduzione dell'indice di luminosità. Il razione alimentare ha inoltre tendenzialmente aumentato l'incidenza di white striping sul petto (69,5% vs. 79,5%;  $P = 0,07$ ).

I broiler Ross 308 hanno presentato pesi vivi finali maggiori rispetto ai Ross 708 (3207 g vs. 3130 g;  $P < 0,001$ ), grazie a elevati tassi di accrescimento e con un migliore indice di conversione (1,56 vs. 1,61;  $P < 0,001$ ). Queste differenze vanno per lo più ascritte alle migliori prestazioni di crescita delle femmine Ross 308 rispetto alle congeneri Ross 708, mentre i maschi dei due tipi genetici hanno evidenziato simili prestazioni produttive. Per quanto riguarda la qualità della

carne, i Ross 308 hanno presentato valori di pH del *P. major* superiori rispetto ai Ross 708 ( $P=0,04$ ), un indice di luminosità inferiore ( $L^*$ : 45,3 vs. 46,2;  $P=0,02$ ), e maggiori perdite di scongelamento ( $P<0,05$ ). In quanto alle miopatie, l'incidenza di white striping è risultata simile nei due tipi genetici (74-75%); tuttavia i Ross 308 hanno presentato una miopatia moderata nel 64,6% dei casi e grave nel 9,5%; mentre i Ross 708 una miopatia moderata nel 55,4% e grave nel 19,5% ( $P=0,07$ ).

Il sesso ha significativamente ( $P<0,001$ ) influenzato le prestazioni produttive degli animali: a fine ciclo le femmine hanno presentato pesi vivi (2845 g vs. 3492 g), accrescimenti medi giornalieri (62,8 g/d vs. 77,3 g/d) e consumi alimentari (102 g/d vs. 119 g/d) minori rispetto ai maschi, correlati a un peggiore indice di conversione (1,63 vs. 1,54). I maschi hanno anche presentato rese in carcassa superiori rispetto alle femmine (74,1% vs. 73,4%;  $P<0,001$ ), mentre la resa in petto è rimasta simile tra i due sessi (circa 40%). Al contrario la resa in cosce è stata superiore nei maschi (31,5% vs. 30,3%;  $P<0,001$ ). Anche l'incidenza del wooden breast è risultata diversa in funzione del sesso, essendo presente nel 16,3% dei maschi e nell'8% delle femmine ( $P=0,04$ ).

I petti affetti da white striping hanno mostrato un maggiore pH (5,83 vs. 5,87;  $P=0,04$ ) e minori indici del giallo e del rosso ( $P<0,05$ ). In presenza di wooden breast, pesi vivi, pesi delle carcasse e rese di macellazione sono risultati significativamente superiori rispetto agli animali non affetti dalla miopatia. I petti affetti da wooden breast hanno inoltre mostrato maggiori perdite di cottura (22,1% vs. 25,6%;  $P<0,001$ ) e, soprattutto, superiore sforzo di taglio della carne (2,84 kg/g vs. 4,23 kg/g;  $P<0,001$ ).

In conclusione, il white striping è risultato diffusamente presente in tutti i gruppi testati ed è stato favorito dal razionamento alimentare, che ha stimolato il tasso di crescita degli animali nell'ultimo periodo di prova, e da un tipo genetico piuttosto che un altro. Il wooden breast è risultato mediamente meno presente, maggiore nei maschi piuttosto che nelle femmine e correlato con il peso degli animali.

## Abstract

### Effect of genetic type, sex and feeding system on productive performance and meat quality in broiler chickens

Over the past few years genetic improvement has selected for commercial broiler chickens characterized by fast growth rates, high final live weights and high breast yields. However, these features may be related to the occurrence of myopathies (white striping and wooden breast) at the level of the pectoral muscles. These myopathies imply major changes in the nutritional and rheological properties of meat and may produce a negative impact on carcasses price and producers' profit.

The present study intended to evaluate the effect of feeding system (*ad libitum* vs. feed restriction), genetic type (Ross 308 vs. Ross 708) and sex (females vs. males) on productive performance, carcass and meat traits, and incidence of white striping and/or wooden breast in broiler chickens. Furthermore, the correlations among myopathies, growth performance, and carcass and meat quality were assessed. To this purpose, 768 chickens were housed in 32 pens (24 animals/pen) and assigned to 8 experimental groups according to a tri-factorial design. Restricted feeding was applied from the 13<sup>th</sup> to the 21<sup>st</sup> day of life providing animals a quantity of feed equal to 80% of the feed intake of the previous day in chickens fed *ad libitum*.

At slaughter, differences between weight of animals submitted to restriction and fed *ad libitum* were at a low rate (-1.6%), but significant ( $P < 0.01$ ). Restricted chickens showed lower growth rates (-1.7%) and feed consumption (-3.50%) and better feed conversion (-1.88%) compared to animals fed *ad libitum* ( $P < 0.001$ ). The carcasses of these latter animals had higher dressing percentage ( $P < 0.01$ ), breast yield ( $P = 0.06$ ) and lower thigh yield ( $P < 0.05$ ) compared to restricted chickens. The feeding system also affected the rheological meat traits with an increase of pH value in the *pectoralis major* (5.89 vs. 5.85;  $P < 0.01$ ) and a slight reduction of brightness index when chickens were restricted. Feed restriction, also, tended to increase the white striping incidence on breast (69.5% vs. 79.5%;  $P = 0.07$ ).

The Ross 308 broilers presented higher final live weights (3207 g vs. 3130 g;  $P < 0.001$ ), growth rates and feed conversion (1.56 vs. 1.61;  $P < 0.001$ ) than Ross 708. These differences were mostly due to the higher growth performance of the Ross 308 females (in the last growing period) in comparison with the Ross 708 females, while the males of the two genetic strains has similar performances. The Ross 308 chickens also showed higher meat pH values ( $P = 0.04$ ),

lower brightness index (45.3 vs. 46.2;  $P=0.02$ ), and thawing losses ( $P<0.05$ ) than the Ross 708. The incidence of white striping was similar in both genetic types (74-75%). However, the severity of myopathy presented some differences: 64.6% of the Ross 308 chickens showed moderate and 9.5% severe white striping; while 55.4% of the Ross 708 showed moderate and 19.5% severe white striping ( $P=0.07$ ).

The gender of chickens significantly ( $P<0.001$ ) influenced performance: at the end of the trial, females presented lower live weight (2845 g vs. 3492 g), daily growth (62.8 g/d vs. 77.3 g/d), and feed consumption (102 g/d vs. 119 g/d) compared to males, which was related to a worse feed conversion ratio (1.63 vs. 1.54). Also, males showed higher carcass yields than females (74.1 vs. 73.4;  $P<0.001$ ), while the breast yield was similar (about 40%). In contrast, leg yield was higher in male carcasses (31.5% vs. 30.3%;  $P<0.001$ ). The incidence of wooden breast was different between sexes, being present in 16.3% of males and 8.0% of females ( $P=0.04$ ).

White striped breasts showed higher pH (5.83 vs. 5.87;  $P=0.04$ ) and lower values of yellow and red indexes ( $P<0.05$ ) than breast without defects. Chickens affected by wooden breasts showed higher live weights, carcass weights and slaughter yields compared to animals not suffering from myopathy. Wooden breasts lost more water at cooking (22.1% vs. 25.6%;  $P<0.001$ ) and especially were harder to be sheared (2.84 kg/g vs. 4.23 kg/g;  $P<0.001$ ) than normal breasts.

In conclusion, white striping was widely present in the tested groups of broiler chickens and it was favoured by feed restriction, which caused the increase of growth rate in the last period of the trial, and also by a genetic type rather than the other. Wooden breast occurred at a lower rate than white striping, but it occurred more in males than in females and in heavier animals.

## Introduzione

### *Produzioni, consumi e mercato avicolo*

Nel corso degli anni, la carne avicola ha registrato impressionanti tassi di crescita a livello mondiale, sia per quanto riguarda la produzione che il consumo. Nel 1958 la produzione di carne avicola globale si aggirava intorno ai 15 milioni di tonnellate, nel 2013 ne sono state registrate quasi 104 milioni (AVEC, 2013).

Negli ultimi anni, la produzione di carne di tutte le specie allevate ha dovuto superare anche dei momenti difficili, che hanno compromesso l'immagine di questo alimento. In generale, è stato osservato un calo dei consumi di carni dovuto alla correlazione tra l'assunzione di elevate quantità di carne e l'insorgere di problemi di salute, come obesità, tumori, malattie cardiovascolari, ecc. (Schönfeldt e Gibson, 2008). Particolari effetti negativi sul mercato della carne sono stati causati dagli scandali associati ai problemi sanitari che hanno colpito le produzioni zootecniche, come la BSE, l'influenza aviaria e la diossina nelle carni. Nonostante ciò, il comparto avicolo è riuscito a mantenere la sua identità e ad affrontare con successo i problemi riscontrati.

I punti di forza di questo settore sono legati in parte alle caratteristiche della carne avicola (considerata un alimento funzionale), che presenta colore chiaro, sapore delicato e ottimi profili nutrizionali (Petracci e coll., 2014). È infatti caratterizzata da un buon contenuto di proteine (20-23%), di acidi grassi polinsaturi (PUFA), in particolare acido linoleico e arachidonico, di ferro e vitamina B12, e da un basso contenuto di lipidi totali (1,2% nel petto; 3,8% nella coscia), colesterolo (60-80 mg/100 g di carne) e sodio (Hernandez e Gondret, 2006; Cavani e Petracci, 2008; USDA, 2008).

Inoltre, la diffusione mondiale della produzione avicola e l'assenza di pregiudizi religiosi ed etnici sul consumo di carne avicola rappresentano certamente un vantaggio che ha contribuito ad incrementare lo sviluppo del settore.

L'offerta del mercato avicolo è suddivisa tra diverse specie (pollo, tacchino, oca, anatra, quaglia, ecc.), diverse categorie di produzione (in funzione del peso vivo e dell'età di macellazione) e diversi metodi di produzione (pollo industriale, biologico, intero, lavorato ecc.), laddove la carne di pollo (o broiler) è il prodotto più rappresentativo. I prodotti del settore avicolo sono caratterizzati da un'ampia versatilità gastronomica e soprattutto da prezzi convenienti. Il cambiamento dello stile di vita ha modificato la domanda dei consumatori, indirizzandola verso prodotti lavorati e trasformati, dove la carne avicola la fa da padrone (20% del totale dei prodotti avicoli). Di conseguenza anche l'industria avicola ha seguito questo andamento di mercato, investendo nel comparto della lavorazione.

Questi aspetti permettono alla carne avicola di collocarsi al secondo posto mondiale per quantità prodotta e consumata, dopo la carne suina, il cui consumo già da qualche anno è in lieve flessione. È quindi plausibile, in prospettiva futura, che la carne avicola raggiunga il primato mondiale (UNAITALIA, 2014). Secondo la FAO (2014), nel 2014, la produzione mondiale di carne avicola subirà una crescita del 1,6%, arrivando a 108,7 milioni di tonnellate. In futuro il consumo di carne avicola è destinato a crescere più velocemente rispetto al consumo di altre carni, tanto che, nel 2022 dovrebbe rappresentare il 46% della carne consumata a livello mondiale.

Nei Paesi industrializzati, i consumatori di carne avicola mantengono costante la domanda puntando a prodotti che rispettino uno sviluppo sostenibile, in accordo con le norme di benessere animale e di rispetto ambientale, mentre nelle aree del mondo in via di sviluppo, domanda e offerta continuano ad aumentare e l'80% dell'incremento globale delle produzioni avicole è realizzato in questi paesi.

Secondo i dati (AVEC, 2013), tra i maggiori produttori mondiali di carne avicola troviamo:

- al primo posto gli USA, con 19,7 milioni di t di carne (84% pollo);
- al secondo posto la Cina, con 18,0 milioni di t (71% pollo);
- al terzo posto il Brasile, con 13,2 milioni di t (95% pollo);
- al quarto posto l'UE, con una produzione di 12,7 milioni di t (77% pollo).

La produzione di carne avicola globale, nel 2013, ha sfiorato i 104 milioni di t con un valore stimato per produzione di carne di pollo di 91 milioni di t (AVEC, 2013). I dati affermano che l'UE è autosufficiente nel settore della carne avicola e la produzione e il consumo sono in costante aumento. Il consumo pro-capite annuo di carne di pollo è in media pari a 17,8 kg (Tabella 1).

**Tabella 1.** I numeri del settore avicolo nei Paesi dell'UE (AVEC, 2013).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Produzione interna lorda carni avicole <sup>1</sup>	11.279	11.523	11.666	12.207	12.453	12.745
Carne avicola esportata <sup>1</sup>	811	905	928	1.149	1.287	1.352
Carne avicola importata <sup>1</sup>	829	864	848	782	801	820
Consumo carne avicola <sup>1</sup>	11.070	11.585	11.560	11.526	11.572	11.620
Consumo pro capite carne avicola, kg	22,4	23,3	23,2	23,1	23,1	23,1
Consumo pro capite carne di pollo, kg	16,6	16,9	17,1	17,4	17,6	17,8
Autosufficienza, %	99,9	100,4	100,8	103,3	104,3	104,6

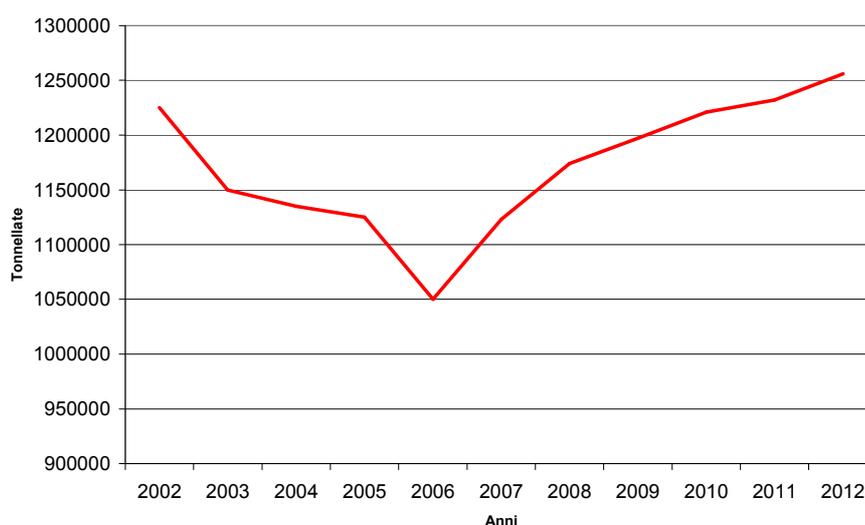
<sup>1</sup>Dati riportati in migliaia di tonnellate.

Tra i maggiori produttori in Europa di carni avicole troviamo Francia, Germania, Italia, Paesi Bassi, Spagna e Regno Unito (Tabella 2).

**Tabella 2.** Dati relativi a produzione e consumo di carne avicola dei principali Paesi europei (AVEC, 2013).

	Produzione di carne avicola (x 1000 t)	Produzione di carne di pollo (x 1000 t)	Consumo pro-capite di carne avicola (kg/anno)	Consumo pro-capite di carne di pollo (kg/anno)
Francia	1.849	1.080	25,5	15,6
Germania	1.676	1.150	18,5	11,0
Italia	1.256	808	18,5	11,7
Paesi Bassi	810	738	22,3	18,4
Gran Bretagna	1.610	1.400	28,7	22,2
Spagna	1.251	1.063	30,0	-

In Italia, la produzione di carne avicola ha superato il milione di tonnellate (1.258.000 t) dopo aver manifestato nell'ultimo decennio un andamento variabile, legato a scandali e problemi di tipo sanitario associati al consumo della carne avicola (come l'influenza aviaria nel 2006) (Figura 1).



**Figura 1.** Andamento della produzione di carne avicola in Italia nell'ultimo decennio (AVEC, 2013).

Le produzioni avicole in Italia nel 2013 (UNAITALIA, 2014) sono risultate suddivise in:

- 863.400 t di carne di pollo;
- 313.500 t di carne di tacchino;
- 30.000 t di carne provenienti da galline ovaiole a fine carriera;
- 51.100 t di altre carni avicole.

Negli anni, il comparto avicolo italiano ha dimostrato di saper seguire e adattarsi alle oscillazioni della domanda di mercato, legate alle problematiche di sicurezza alimentare in

seguito all'influenza aviaria nel 2006 e all'avvento della crisi economica nel 2007. Dagli anni 2006/2007 a oggi, il consumo di carne avicola ha comunque registrato un aumento del 9%, confermando come le produzioni avicole siano un settore strategico della zootecnia italiana.

Rispetto al 2012, nel 2013 si osserva una lieve diminuzione delle produzioni (-0,2%) e dei consumi (-0,3%) di carne avicola. La causa è da attribuire alla produzione e al consumo di carni avicole diverse da quella di pollo: in particolare, il tacchino ha registrato una diminuzione delle produzioni e dei consumi negli ultimi anni. Il consumo di carne di pollo ha invece registrato un aumento dell'1,3% rispetto al 2012 (UNAITALIA, 2014). Già da alcuni decenni in Italia, come nel resto d'Europa, il livello di autosufficienza per le carni avicole è positivo e superiore al 100%, in particolare +4,3 punti percentuali per le carni di pollo e +16,6 punti percentuali per le carni di tacchino.

Il 30% dei polli italiani sono allevati in Veneto, dove ha sede il 12% delle 4.700 aziende italiane che allevano avicoli da carne. Insieme, Emilia Romagna, Lombardia, Marche e Veneto producono l'80% del totale (Cerolini, 2008).

Le previsioni future del settore avicolo italiano confermano un leggero aumento delle produzioni, in particolare per il pollo. Come obiettivo futuro si cercherà di stabilizzare i costi produttivi, garantendo produzioni quantitativamente adeguate e migliorandone la qualità.

### ***Evoluzione della produzione avicola italiana: da tradizionale a intensiva***

Nella seconda metà degli anni cinquanta, con lo sviluppo dei Paesi industrializzati e il successivo aumento della domanda alimentare, iniziò una fase di evoluzione e di ricerca scientifica che portò ad un aumento progressivo del livello produttivo generale. Per stare al passo con il mercato, la produzione avicola di tipo rurale e tradizionale si è evoluta in quel periodo verso un modello razionale di tipo intensivo (Cerolini, 2008), incrementando più di dieci volte il volume di carne prodotta dal 1960 a oggi.

L'avicoltura intensiva ha come scopo primario quello di aumentare la produzione, puntando a migliorare non solo i metodi di selezione genetica degli animali da utilizzare, i metodi di riproduzione, alimentazione e stabulazione degli animali, ma anche l'organizzazione del sistema produttivo, caratterizzato oggi da un elevato grado di integrazione verticale.

In avicoltura, quando si parla di selezione, ci si riferisce al miglioramento genetico attraverso la produzione di ibridi commerciali destinati a un allevamento di tipo intensivo. Sono animali migliorati nel ritmo di crescita e in efficienza alimentare. Il settore avicolo è stato il primo comparto a utilizzare ibridi per migliorare le proprie performance produttive (Marelli, 2008), per arrivare ad una crescita produttiva che non ha eguali in altri settori zootecnici. Le performance produttive degli ibridi sono migliorate grazie al fenomeno dell'eterosi, esaltato

dall'incrocio di linee pure ad alto grado di omozigosi (che a loro volta esaltano specifiche caratteristiche produttive). Per la selezione degli ibridi da carne si utilizzano incroci a tre o quattro vie.

L'utilizzo di ibridi sempre più selezionati ha fortemente influenzato anche la durata del ciclo di allevamento, sempre più breve grazie alla spinta genetica e selettiva. Basti pensare che nel 1950 un pollo raggiungeva un peso vivo di 1,6 kg in 16 settimane con un indice di conversione pari a 3,75, mentre oggi lo stesso peso è raggiunto in 5 settimane, con un indice di conversione medio di 1,88 (Havenstein e coll., 2003).

Gli ibridi che oggi sono presenti negli allevamenti provengono principalmente da centri genetici specializzati. Le due linee genetiche di polli da carne più utilizzate sono i ROSS, prodotti dal gruppo Aviagen, e i COBB, selezionati dal gruppo americano COBB Vantress Incorporated (Cerolini, 2008; Aviagen, 2014; Cobb-Vantress, 2014). Per valorizzare le prestazioni produttive di questi animali, sono valutate caratteristiche produttive ben definite, tra cui l'andamento dell'accrescimento medio giornaliero, il consumo di mangime, giornaliero e cumulativo, e l'indice di conversione.

Maschi e femmine manifestano ritmi di crescita e indici di conversione differenti: le performance produttive sono nettamente migliori nei maschi in entrambe le linee genetiche (Tabella 3).

**Tabella 3.** Parametri di crescita maschili e femminili degli ibridi commerciali ROSS (modificato da Cerolini, 2008).

Età	Ibrido commerciale ROSS					
	Maschi			Femmine		
	Peso vivo (g)	Accrescimento settimanale (g/d)	Indice di conversione cumulativo	Peso vivo (g)	Accrescimento settimanale (g/d)	Indice di conversione cumulativo
1	56	14	-	57	-	-
7	184	20,3	0,880	180	19,7	0,889
14	471	41,0	1,151	439	37,0	1,149
21	920	64,1	1,308	828	55,6	1,322
28	1.505	83,6	1,442	1.318	70,0	1,487
35	2.173	95,4	1,572	1.869	78,7	1,648
42	2.867	99,1	1,702	2.436	81,0	1,811
49	3.541	96,3	1,830	2.986	78,6	1,973
56	4.162	88,7	1,958	3.493	72,4	2,135
63	4.712	78,6	2,088	-	-	-

Come detto in precedenza, l'allevamento si indirizza verso un sistema di tipo intensivo, così da poter massimizzare le prestazioni degli ibridi utilizzati. Si svolge in ricoveri chiusi, in cui è possibile uno stretto controllo delle condizioni microclimatiche interne, ed è caratterizzato da

elevate densità di allevamento (11–18 capi/m<sup>2</sup>) ed elevata meccanizzazione delle operazioni che permette una riduzione della manodopera e dei costi di produzione.

Dal 1950 la filiera di produzione avicola è organizzata secondo un sistema a integrazione verticale, consentendo di beneficiare appieno dei progressi scientifici in campo nutrizionale, genetico e sanitario (Fletcher, 2004). Oggi, in Italia, il 93% degli animali destinati alla produzione di carne avicola è allevato secondo un sistema di tipo intensivo a integrazione verticale studiata per coordinare al meglio tutte le fasi della produzione.

Esistono sistemi completamente integrati, in cui tutte le fasi del ciclo produttivo (riproduzione, incubazione, mangimificio, allevamento e macellazione, ed eventuale trasformazione e distribuzione) sono gestite e sono di proprietà di un unico soggetto integrante. Nella maggior parte dei casi si tratta di sistemi di integrazione parziale, dove tutte le fasi del ciclo si svolgono sotto la supervisione dall'integrante, rappresentato nella nostra realtà italiana dal produttore di mangimi, tranne quelle di produzione dei riproduttori di broiler (realizzata dalle ditte internazionali di genetica) e quella di allevamento (realizzata dall'allevatore). L'allevatore è legato al soggetto integrante tramite un contratto di soccida in cui l'azienda industriale (parte integrante) mette a disposizione i pulcini, il mangime, l'assistenza tecnica e sanitaria, mentre l'allevatore (parte integrata) fornisce strutture e attrezzature per il ricovero degli animali, la manodopera e le spese concernenti, oltre ai costi vivi quali acqua, luce e gas. Alla fine della fase di allevamento, l'integrante ritira gli animali di cui è proprietario e li consegna al macello (anch'esso in genere integrato). L'allevatore viene remunerato secondo l'indice di conversione alimentare realizzato.

Tale sistema presenta i seguenti vantaggi per l'allevatore:

- riduzione dei rischi economici (certezza di vendere il prodotto a un prezzo stabilito);
- assistenza tecnica da parte di personale altamente qualificato;
- innovazioni tecnologiche costantemente apportate dalla necessità di essere al passo con il mercato;
- riduzione dei costi;
- mantenimento di piccole aziende zootecniche destinate altrimenti a chiudere.

Tuttavia, il sistema a integrazione verticale presenta per l'allevatore alcuni svantaggi, poiché quest'ultimo “subisce” il prezzo di vendita della carne ed è limitato nelle iniziative imprenditoriali, rischiando così di non ammortizzare gli investimenti.

## ***Tecnica di allevamento del broiler***

### *Sistema di allevamento e condizioni ambientali*

In Italia, quasi tutti i polli da carne sono allevati a terra su lettiera permanente (Cerolini, 2008). Il ciclo di allevamento inizia con un'accurata preparazione e sanificazione del capannone. Innanzitutto viene asportata e smaltita la lettiera del ciclo precedente, in seguito si procede con la pulizia e disinfezione dell'ambiente e di tutte le attrezzature presenti all'interno del ricovero, compresi i sistemi di distribuzione del mangime e dell'acqua. Dopo la disinfezione viene effettuata anche la sanificazione dell'allevamento, seguita da un periodo di "vuoto sanitario" per un periodo di 7-15 giorni in funzione della programmazione del ciclo successivo. Questa pratica è prevista dal piano di profilassi sanitaria per evitare la propagazione di agenti patogeni fra i cicli successivi ed è attuabile grazie alla regola del "tutto pieno-tutto vuoto". In base alla zona geografica, i pulcini seguono un programma vaccinale. Nella regione del Veneto, i broiler sono vaccinati per la malattia di Marek, di Newcastle, per la bronchite infettiva e, nel periodo estivo, per il difterovaiolo.

Alla nascita i pulcini non hanno un sistema di termoregolazione efficiente, quindi è fondamentale che al momento dell'accasamento e per i giorni immediatamente successivi la temperatura sia sufficientemente alta (30-32°C), grazie al riscaldamento dell'intero capannone coadiuvato da cappe termiche. Per invogliare i pulcini a riconoscere e ad assumere l'alimento, si possono posizionare dei piattini o vassoi di cartone sulla lettiera, che verranno rimossi dopo qualche giorno. L'assunzione di cibo è strettamente correlata con l'assunzione di acqua, quindi la sua disponibilità è un requisito fondamentale per un buon ritmo di crescita. L'acqua è considerata un alimento a tutti gli effetti e il suo consumo determina anche lo stato di benessere degli animali. Deve essere garantita fresca e pulita 24 ore su 24, di buona qualità, senza eccessi minerali e carica batteriologica, con un pH che si aggira tra 6 e 8. La temperatura ottimale di somministrazione è attorno a 10-14°C. I consumi si aggirano su 1,8-2,0 litri di acqua per 1 kg di mangime, con temperature medie attorno ai 20°C. L'acqua è usata anche come via per somministrare farmaci o integratori agli animali.

Per ottenere performance produttive ottimali e mantenere condizioni di benessere adeguate, un altro aspetto importante è la gestione del microclima all'interno del ricovero, in termini di temperatura, umidità relativa, luce e qualità dell'aria durante tutto il ciclo, oltre che nelle fasi iniziali.

Nei giorni successivi all'accasamento, le cappe calde vengono progressivamente alzate e poi definitivamente spente in modo da ridurre progressivamente la temperatura a partire dai 32°C iniziali. La temperatura deve essere diminuita di 1°C ogni tre giorni, fino ad arrivare al 27° giorno di età a circa 21°C.

Un altro aspetto importante da considerare è il tasso di umidità relativa, il cui range ottimale per un broiler è tra il 60% e il 70%, in modo da favorire la crescita e il normale sviluppo del piumaggio (elemento fondamentale per i processi di termoregolazione).

La luce stimola gli animali all'assunzione di alimento, per cui in allevamento si adottano precisi programmi d'illuminazione. Il più consigliato in passato era caratterizzato da cicli ripetuti di luce e buio (cinque ore di luce e un'ora di buio), ripetuti quattro volte al giorno. Questo programma a fotoperiodi intermittenti offre diversi vantaggi:

- aumenta l'efficienza di utilizzo del mangime (stimolazione dell'appetito e minori sprechi);
- riduce l'attività fisica e l'aggressività degli animali;
- migliora lo stato di salute (diminuzione della mortalità);
- riduce i consumi elettrici.

Il programma sopra indicato non può più essere utilizzato a partire dall'entrata in vigore della direttiva sul benessere dei broiler in allevamento intensivo (Dir 2007/43/CE recepito nel DL 181 del 27/09/2010, in vigore dal 20/11/2010 in Italia) che stabilisce che gli animali devono ricevere almeno 6 ore di buio, di cui quattro somministrate in maniera consecutiva.

Oltre al numero delle ore di luce, è fondamentale anche l'intensità luminosa: all'accasamento, una luce troppo debole può disorientare gli animali; nei periodi successivi di allevamento, una luce troppo intensa può favorire fenomeni di aggressività, cannibalismo, riduzione delle prestazioni dovute ad eccessiva attività motoria. L'intensità luminosa deve seguire una curva decrescente: partendo dai 15–25 lux nei primi 7 giorni di allevamento, gradualmente decresce fino a 5–10 lux alla terza settimana, per poi mantenersi costante fino alla fine del ciclo di allevamento.

Per mantenere una qualità dell'aria adeguata, è necessario attuare una ventilazione proporzionata al carico di animali presenti (peso vivo e numero dei capi). Il ricambio d'aria permette di allontanare gli eccessi di gas nocivi (biossido e monossido di carbonio, azoto ammoniacale), di vapore acqueo e di calore. Le ventilazioni minima e massima sono calcolate attraverso una formula che tiene conto del peso metabolico (PM) e variano da un minimo di 0,70 a un massimo di  $7,20 \text{ m}^3 \text{ aria/h/kg PM}$ , in funzione della temperatura dell'aria.

La densità di allevamento varia in funzione al peso di macellazione, alla stagione, alle condizioni climatiche e al sistema di ventilazione (se artificiale: 15-18 polli/m<sup>2</sup>; se naturale 9-12 polli/m<sup>2</sup>). Valori di densità pari dai 30 ai 35 kg/m<sup>2</sup>, corrispondenti a 11-18 animali/m<sup>2</sup>, sono abbastanza comuni nei sistemi intensivi. Un aumento eccessivo della densità dei capi comporta un aumento della temperatura nello spessore della lettiera e il manifestarsi di disagi e stress da caldo negli animali sottoposti alle condizioni più estreme. Per questa ragione, la direttiva europea sul benessere dei broiler in allevamento intensivo e il decreto legge di recepimento della stessa,

stabiliscono una densità massima di allevamento pari a 33 kg/m<sup>2</sup>. Questo valore, penalizzante per i sistemi più intensivi, può tuttavia essere aumentato fino a 42 kg/m<sup>2</sup> qualora l'allevatore dimostri di controllare adeguatamente temperatura e gas nocivi all'interno del capannone, mortalità e incidenza di piaghe podali per più cicli di allevamento.

#### *Gestione del ciclo e programma alimentare*

Il ciclo di allevamento del broiler ha una durata che varia da un minimo di 3 settimane a un massimo di 10 settimane, in funzione del prodotto desiderato (Tabella 4).

**Tabella 4.** Categorie di pollo da carne in funzione del prodotto commerciale finale in Italia (modificata da Cerolini, 2008).

Categoria	Età (settimane)	Peso vivo (kg)	Sesso	Prodotto commerciale
Broiler leggero	3	0,7	M e F	Busto <sup>1</sup>
Broiler tradizionale	5	1,7–1,8	F	Busto <sup>1</sup>
Broiler pesante	6–7	2,2–1,8	M e F	Porzioni
Roaster	8–9	3,4–4,0	M	Busto o sfilato
Roaster pesante	9–10	4,0–4,4	M	Sfilato <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Carcassa completamente eviscerata. <sup>2</sup> Carcassa parzialmente eviscerata.

Il ciclo di allevamento del broiler tradizionale si divide in tre fasi: avviamento, crescita e finissaggio. La fase di avviamento comprende il momento dell'accasamento e le successive prime settimane di vita degli animali. Il ricovero deve essere pronto già 24 ore prima dell'arrivo degli animali, in modo da offrire condizioni ottimali ai pulcini, dopo il trasporto. Gli animali provengono tutti dalla stessa schiusa e hanno un giorno di vita. La valutazione delle loro condizioni fisiche al momento dell'accasamento è un importante indice di previsione sull'andamento della crescita. I pulcini devono essere di colore uniforme, avere un comportamento vivace con movimenti agili e avere peso uniforme (38-39 g). La ventilazione dovrebbe essere minima in questa fase per evitare di sottoporre i pulcini a correnti dirette. Nei primi giorni il mangime viene somministrato sbriciolato, in modo da facilitare l'assunzione di cibo. Anche l'acqua deve essere subito disponibile.

La fase di crescita corrisponde alla fase centrale dell'allevamento, periodo in cui si registrano i valori massimi di accrescimento giornaliero. In questa fase bisogna mantenere sotto controllo due variabili: il peso medio e l'uniformità di peso vivo degli animali. La distribuzione dei pesi vivi nel gruppo di allevamento dovrebbe essere il più omogenea possibile. Da questi dati (che vanno rapportati con gli standard forniti della ditta selezionatrice) si potrà prevedere l'andamento di crescita degli animali e le relative caratteristiche attese alla macellazione. Il peso

vivo e i fabbisogni nutritivi tra maschi e femmine presentano delle divergenze in funzione del diverso ritmo di crescita, quindi è consigliato l'allevamento a sessi separati soprattutto nel caso in cui si debba fare un pollo pesante.

La rapidità dello sviluppo muscolare apportata dagli ibridi commerciali comporta squilibri fisiologici e metabolici, favorendo patologie che possono colpire il sistema scheletrico (deformità, osteodistrofie, necrosi della testa del femore, ecc.), cardiovascolare (scarso apporto di ossigeno ai tessuti in rapida crescita) e immunitario oltre che patologie come la *sudden death syndrome* (o morte improvvisa). Per limitare questi scompensi bisogna controllare l'aumento del peso, in particolar modo tra il 7° e 21° giorno. Ad esempio adottando dei piani alimentari (diretti o indiretti) che prevedono un controllo dell'ingestione alimentare. Nel caso di piani diretti, viene somministrata una razione di mangime inferiore rispetto alla loro capacità di ingestione *ad libitum*; nel caso di piani indiretti vengono somministrati mangimi con ridotto contenuto energetico e proteico. Un altro metodo potrebbe essere quello di ridurre le ore di luce, dato che sono quelle in cui gli animali si alimentano. Con l'adozione di questi piani di restrizione alimentare, al fine di permettere comunque all'animale di sfruttare l'accrescimento compensativo che si realizza quando si ritorna all'alimentazione *ad libitum* e perché si possa raggiungere il peso standard di macellazione fissato, è opportuno che il ciclo di allevamento sia superiore ai 42 giorni.

La fase di finissaggio corrisponde all'ultima settimana del ciclo. È indispensabile che 5 giorni prima della macellazione venga somministrato un mangime senza medicinali, per evitare di trovarne tracce nelle carni. A 8–12 ore prima della macellazione va sospesa la somministrazione di mangime, per evitare che durante l'eviscerazione avvenga la fuoriuscita di alimento dal tubo digerente e la conseguente contaminazione microbica della carcassa. L'acqua va lasciata a disposizione fino al momento del carico.

Gli ibridi commerciali ad alte prestazioni produttive sono caratterizzati da un appetito vorace e elevate capacità di ingestione. Per calcolare la razione alimentare bisogna tener conto di:

- fabbisogni energetici: la somma dei fabbisogni di ciascuna attività metabolica (mantenimento, accrescimento, impennamento) definisce il fabbisogno globale di energia metabolizzabile ( $EM=EL$ —energia fecale e urinaria);
- fabbisogni proteici: dipendenti dalla digeribilità e dal valore biologico delle proteine assunte. Anche questi sono dati dalla somma dei fabbisogni di ciascuna attività metabolica;
- fabbisogni amminoacidici: basati sull'assunzione di amminoacidi essenziali (arginina, lisina, leucina, metionina, treonina e triptofano) e semi-essenziali (tirosina, cistina, idrossilisina). Vale la legge del minimo fattore: “la produttività globale è determinata dal fattore produttivo presente in concentrazione limitante”;

- fabbisogni minerali: con riferimento in primis a calcio, fosforo, ferro e zinco;
- fabbisogni vitaminici (liposolubili e idrosolubili).

Gli alimenti che vengono utilizzati per formulare i mangimi composti possono essere classificati dal punto di vista nutrizionale in: concentrati energetici, concentrati proteici, integratori minerale e vitaminici, acidi grassi essenziali. I mangimi possono anche contenere diversi additivi alimentari, tra i quali possiamo citare coccidiostatici, prebiotici e probiotici, enzimi, antiossidanti e pigmentanti. Gli additivi non hanno funzione nutritiva, ma sono in grado in migliorare le caratteristiche tecnologiche del mangime, la sua utilizzazione e appetibilità, oltre che le caratteristiche del prodotto finale.

Tra i diversi additivi, i carotenoidi possono essere addizionati alle diete per indurre una variazione dell'intensità di colorazione della cute e del grasso sottocutaneo verso il giallo, secondo le preferenze del consumatore. Mentre il colore della cute (giallo o bianco) è determinato geneticamente, l'intensità della colorazione della stessa e del grasso sottocutaneo e di deposito può essere incrementata mediante i carotenoidi inclusi o presenti nella dieta. Questi possono provenire da fonti naturali come il mais giallo (ricco di zeaxantina), la farina di erba medica (con luteina), i petali essiccati di *Tagetes erecta* e alcune microalghe (spiruline); oppure essere di sintesi come il beta-apo-8-carotenale.

Nella Tabella 5 è riportata la composizione chimica di due diete utilizzabili per il razionamento del pollo da carne secondo un programma basato su due mangimi, uno per il periodo di avviamento e uno per il periodo di finissaggio.

**Tabella 5.** Standard di razionamento per broiler (modificato da Schiavone, 2008).

	1° periodo-avviamento (0-4 settimane)	2° periodo-finissaggio (4 settimane-macellazione)
Energia metabolizzabile (EM), kcal/kg	3200	3300
Proteina grezza (PG), %	22	20
Rapporto EM/PG (kcal EM/% PG)	140	165
Calcio, %	1,0	0,9
Fosforo assimilabile, %	0,42	0,38
Lisina disponibile (85%), %	1,0	0,9
Metionina+Cistina disponibili (85%), %	0,75	0,65
Treonina, %	0,83	0,72
Acido linoleico, %	1,0	0,9
Vitamina A, UI/kg	12000	10000
Vitamina D3, UI/kg	2000	1500
Vitamina E, mg/kg	30	20

## ***La qualità della carne avicola***

### *Dal muscolo alla carne*

Nella fase *post mortem*, il muscolo subisce varie modificazioni che lo trasformano in carne. Il pH, la temperatura e le concentrazioni di ossigeno e anidride carbonica sono i responsabili di questo processo (Zaniboni e Cerolini, 2008). Con l'arresto del flusso sanguigno, l'apporto di ossigeno ai muscoli cessa, a favore della concentrazione di anidride carbonica. Per 30-60 minuti dopo la morte continua una lenta fosforilazione dell'ATP, sintetizzata grazie alle scorte del creatinfosfato e in minima parte dalla glicolisi, e il muscolo si presenta ancora morbido, elastico e reattivo agli stimoli. All'esaurimento del creatinfosfato, il processo di glicolisi non riesce a produrre quantità sufficienti di ATP; le fibre a questo punto vanno incontro a una contrazione muscolare permanente e irreversibile chiamata *rigor mortis*. In questa fase, abbiamo l'arresto della respirazione cellulare, una modificazione della struttura muscolare e la riduzione del pH, quest'ultimo determinato dall'accumulo di acido lattico. Nelle successive 5-8 ore dalla morte il muscolo esce dallo stato del *rigor mortis* grazie all'effetto degli enzimi proteolitici che degradano parzialmente le proteine miofibrillari. Vengono liberati enzimi lisosomiali, calpaine e catepsine che colpiscono a livello della linea Z della fibra muscolare, ottenendo così una frantumazione strutturale.

Generalmente il tessuto muscolare di un animale in vita presenta un pH che si aggira intorno a 7. Entro un'ora dalla morte il pH registra una rapida riduzione con valori attorno a 6,4, che può arrivare fino a un minimo di 5,7 dopo 2-4 ore. Nelle successive 24 ore alla macellazione, un pH nella norma registra valori compresi tra 5,7 e 6,4.

L'andamento del pH è in relazione con il flusso di calcio nel reticolo sarcoplasmatico, con l'attività ATPasica (e rispettivo contenuto di glicogeno), con il potere tampone del muscolo e con la temperatura dello stesso. La durata del declino del pH è determinata dalla conversione del glicogeno in acido lattico e dipende principalmente dal contenuto muscolare dello stesso al momento della macellazione. La riduzione del pH è influenzata anche dalla temperatura (Ito e coll., 1986): infatti negli Uccelli, con temperatura corporea maggiore, abbiamo una riduzione di pH più veloce rispetto ai Mammiferi, e di conseguenza anche le modificazioni ultrastrutturali del tessuto muscolare sono più rapide. La durata dei processi di degradazione proteica successivi al *rigor mortis* prende il nome di frollatura. Per la carne avicola parliamo di maturazione piuttosto che di frollatura dato che già 8 ore *post mortem* si raggiunge l'80% della tenerezza massima, rispetto ai 10 giorni necessari per la carne bovina.

La velocità della frammentazione delle fibre muscolari dipende dal tipo di muscolo, che presenta differenze per quanto riguarda la forza ionica e la curva di riduzione del pH (Ouaali e coll., 1990; Geensik e coll., 2000). Dopo 10-20 minuti *post mortem*, nei muscoli a metabolismo

prevalentemente glicolitico (che hanno elevata attività ATP-asi e di conseguenza contengono molto glicogeno), come il petto, il pH oscilla tra 6,2-6,8 favorendo una maturazione più veloce; mentre nei muscoli a metabolismo prevalentemente ossidativo, come la coscia, i processi di degradazione delle fibre muscolari sono leggermente più lenti a causa di livelli di pH attorno al 6,5-6,9.

La capacità di ritenzione idrica della carne cambia in base alla caduta del pH e alla conseguente modificazione strutturale delle proteine. Se la caduta del pH avviene in maniera troppo veloce la denaturazione parziale delle proteine, causata dall'acidificazione del muscolo ancora caldo, compatta la struttura miofibrillare e non lascia spazio alle molecole di acqua. Quando i valori del pH si avvicinano al punto isoelettrico delle proteine (pH 5,0-5,1), il numero di cariche elettriche disponibili è minore rispetto a pH neutri, e di conseguenza troveremo meno molecole di acqua legate alle fibre (Petracci e coll., 2009). Con l'uscita dallo stato di *rigor mortis* e col rispettivo aumento di pH anche la capacità di ritenzione idrica aumenta lentamente, grazie all'aumento delle cariche elettriche libere tra le catene peptidiche.

Il colore della carne è un'altra caratteristica che cambia in base al pH. In caso di pH bassi, l'adesione delle catene proteiche e la scarsa quantità di acqua tra di loro fanno sì che la luce non riesca a penetrare completamente tra le fibre e venga riflessa maggiormente. La carne in *rigor* avrà quindi un aspetto più chiaro. Quindi possiamo dire che più alto è il pH nel *post mortem*, più sarà lenta l'acidificazione della carne e maggiore risulterà la capacità di ritenzione idrica.

#### *Qualità della carcassa e della carne di pollo*

Le preferenze del consumatore nella scelta di un prodotto avicolo dipendono da diversi aspetti relativi alla carcassa e alla carne. I tratti distintivi della carcassa sono la qualità igienica, il peso della carcassa e dei tagli maggiori, l'apparenza data da colore e conformazione, la consistenza del tessuto adiposo, la resa di carne e la presenza/assenza di difetti. Le qualità attribuite alla carne sono rappresentate dall'insieme delle caratteristiche che la rendono più o meno idonea a un determinato utilizzo. Gli aspetti da prendere in considerazione sono molteplici, tra questi la qualità nutrizionale, tecnologica, igienico-sanitaria, sensoriale e l'apparenza (Petracci e coll., 2014).

Come già accennato, per quanto riguarda la *qualità nutrizionale*, le carni avicole in generale, e quella di pollo in particolare, sono un alimento sano grazie al basso contenuto di grasso, e all'elevato apporto di proteine facilmente digeribili. Le carni bianche sono considerate un "alimento funzionale", perché contengono sostanze bio-attive come l'acido linoleico coniugato (CLA), vitamine, antiossidanti e un rapporto equilibrato tra acidi grassi polinsaturi a lunga (PUFA) e corta catena che comportano benefici alla salute (Petracci e coll., 2014). La *qualità*

*tecnologica* comprende pH, capacità di ritenzione idrica, capacità legante acqua, colore, tessitura, tenerezza e sensibilità all'ossidazione (Zaniboni e Cerolini, 2008) e rappresenta l'attitudine del prodotto ad essere sottoposto a trasformazione. La *qualità sanitaria* dipende principalmente dalla flora saprofito, che causa il deterioramento del prodotto, e dai microrganismi patogeni, che possono costituire un rischio per la salute pubblica. Tra i patogeni più frequenti nelle carni avicole troviamo *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens* e *Staphylococcus aureus* (Tutzer, 2012). In ogni caso si tratta di problemi che possono manifestarsi in seguito al consumo di carne cruda e che quindi hanno prevalenza limitata nel caso dei prodotti avicoli che sono solitamente consumati previa cottura.

La *qualità sensoriale* si riferisce a sapore e aroma delle carni, percepite durante la degustazione e, nel caso delle carni avicole, si caratterizza per l'estrema gradevolezza delle stesse carni. I precursori del sapore derivano dai componenti presenti nel muscolo, ad esempio gli aromi derivati dalla lipolisi e dall'ossidazione dei fosfolipidi, che sono influenzati dalla glicolisi *post mortem*. Il gusto caratteristico della carne si sviluppa con la cottura, quando si verificano un gran numero di reazioni chimiche tra i numerosi composti non volatili della carne. Il grasso, sciogliendosi nel liquido di cottura, lascia all'interno della carne la giusta quantità d'acqua, preservandone la tenerezza e la succosità.

#### *Fattori che modificano la qualità della carne*

Tra i principali fattori produttivi che incidono sulle caratteristiche della carne analizzeremo la selezione genetica, l'alimentazione, il sistema di allevamento, la manipolazione pre-macellazione, la macellazione e la lavorazione:

- la selezione di ceppi a crescita elevata induce modificazioni istologiche e biochimiche dei tessuti muscolari (Barbut e coll., 2008);
- la manipolazione dell'alimentazione può cambiare le caratteristiche della carne. Ad esempio, per migliorare il rapporto tra acidi grassi polinsaturi a lunga catena (PUFA) si è intervenuti nell'alimentazione modificando la composizione degli acidi grassi somministrati. Aumentando la presenza di PUFA della serie n-3, aumenta anche la sensibilità all'ossidazione lipidica durante la conservazione e la cottura, che può portare alla perdita di valori nutrizionali e sensoriali. Sono stati testati numerosi antiossidanti per migliorare la stabilità ossidativa, come ad esempio carotenoidi, vitamina C e selenio, ma il più efficace si è dimostrato la vitamina E;
- allevare animali con sistemi di allevamento alternativi e meno intensivi porta ad una riduzione dei depositi di grasso e un aumento del contenuto di PUFA, che migliorano il profilo nutrizionale della carne seppure a discapito della stabilità ossidativa (Ponte e coll., 2008).

Inoltre allevando ceppi a lenta crescita e allungando il ciclo di allevamento si ottiene un'intensificazione del sapore delle carni (Fanatico e coll., 2005);

- la manipolazione, il trasporto e la temperatura di pre-macellazione possono determinare una importante riduzione della qualità della carne. Una attenta manipolazione può ridurre enormemente i principali difetti sulla carcassa come lividi, ossa rotte e emorragie. Oggigiorno ci sono sistemi di cattura meccanici per limitare i costi di manodopera e i traumi agli animali, ma è ancora preferita la cattura manuale. Le alte temperature, il periodo estivo, lo stress da manipolazione e trasporto sono fattori che possono favorire l'incidenza di difetti delle carni, quali PSE (*pale, soft and exudative*);
- anche nelle fasi di macellazione e di trasformazione è possibile ridurre gli effetti negativi sulle carni. I principali metodi di stordimento utilizzati sono riconducibili all'uso di gas o di corrente elettrica. Per questioni di benessere degli animali è preferibile l'impiego di gas, cosicché gli animali rimanendo nelle gabbie evitano stati di agitazione e movimentazione eccessiva, come lo sbattimento di ali, che può causare fratture e emorragie. Tuttavia, con questo metodo di stordimento, se si esegue il disossamento precoce (prima del completamento del *rigor mortis*) otterremo delle carni più dure rispetto allo stordimento elettrico. Riguardo la fase di trasformazione, la marinatura spicca come tecnica di lavorazione per migliorare la qualità della carne, intensificando il sapore, migliorando la tenerezza e allungando la conservabilità del prodotto (Cavani e coll., 2009).

#### *Difetti della carne di pollo*

Negli ultimi 30 anni, il miglioramento genetico ha portato alla selezione di ceppi con elevati tassi di crescita, ma che manifestano sempre più frequente anche difetti qualitativi dei principali tagli (petto) riconducibili a miopatie spontanee e da stress, che comportano declassamento della qualità dei prodotti freschi ma anche conseguenze negative sulle proprietà tecnologiche delle carni trasformate (Petracci e coll., 2014).

I tipi genetici attualmente utilizzati sono più sensibili allo stress durante lo sviluppo e ciò influenza notevolmente le modificazioni biochimiche e istologiche dei tratti muscolari (Petracci e Cavani, 2012). Quasi il 90% dei cambiamenti fisiologici osservati nel broiler commerciale sono correlati al progresso genetico (Havenstein e coll., 2003): l'aumento della taglia delle fibre muscolari determina una bassa capillarizzazione che limita la circolazione di ossigeno, metaboliti e prodotti di scarto, compromettendo il metabolismo delle fibre (Macrae e coll., 2006).

Tra le miopatie più comuni nel pollo da carne troviamo la PSE (*pale, soft and exudative*), la malattia del pettorale profondo (*deep pectoral disease*, DPM), le striature da *white striping* (WS) e il *wooden breast* (WB) (Sandercock e coll., 2009; Kuttappan e coll., 2009; Sihvo e coll., 2014).

La PSE è un difetto dei tessuti muscolari, caratterizzato da carni di colore chiaro e pallido, da una tessitura flaccida e da una bassa capacità di ritenzione idrica. Questo difetto, identificato e assai comune nelle carni di maiale, nelle ultime decadi è stato descritto anche per la carne di pollo (Barbut e coll., 2008). Questa anomalia ha un'incidenza attorno al 10% nei polli italiani (Petracci e coll., 2004), mentre a livello europeo tende a salire fino al 20% (Petracci e coll., 2009). È una miopatia causata da un forte stress pre-macellazione, che causa un rapido processo glicolitico e determina pH finali anche inferiori a 5,7 e 5,8 (Duclos e coll., 2007). La situazione si aggrava in caso di temperature elevate, dato che questi animali hanno poca capacità di termoregolazione rispetto agli animali non selezionati.

La malattia del pettorale profondo (DPM) non si presenta nei polli a crescita lenta e media, mentre ha un'incidenza variabile dal 3% al 17% nei polli con elevati tassi di crescita (Lien e coll., 2011). Colpisce più frequentemente i maschi rispetto alle femmine, rispettivamente già a 26 e 36 giorni d'età (Lien e coll., 2012). Questa malattia non crea problemi alla salute umana, ma presentando un muscolo strozzato e ischemico tutta la carcassa viene declassata.

Il *white striping* (WS) è caratterizzato da striature bianche parallele alle fibre muscolari nella faccia ventrale del petto del pollo (Kuttapan e coll., 2009). Istologicamente carni con WS presentano un incremento di fibre degenerative e atrofiche, perdita delle striature crociate, variabilità della taglia delle fibre, degenerazione o lisi delle fibre (Kuttapan e coll., 2013a). Il WS ha incidenza del 12% (Petracci e coll., 2013a), in prevalenza su petti di grosse dimensioni (Petracci e coll., 2014a). Gli effetti di questa anomalia sono simili a quelli della distrofia muscolare nutrizionale, causata da carenza di vitamina E. Sono state effettuate delle prove, introducendo questa vitamina nella dieta, ma non sono stati riscontrati effetti sull'incidenza del WS (Kuttapan e coll., 2012a).

Gli studi effettuati finora sulla comparsa del WS hanno evidenziato che alcuni fattori sembrano favorirne la comparsa e/o aumentarne l'incidenza:

- genotipo: l'incidenza è maggiore nei tipi genetici selezionati per elevate rese in petto (Petracci e coll., 2013a);
- sesso: maggiore nei maschi che nelle femmine (Kuttapan e coll., 2013b);
- tasso di crescita: incidenza massima con rapidi accrescimenti (Kuttapan e coll., 2012a, 2013b);

- dieta: i polli allevati con diete ad alto contenuto energetico manifestano un'incidenza di WS maggiore rispetto a quelli allevati con diete a basso contenuto calorico (76,6% vs. 52,5%) (Kuttapan e coll., 2012a);
- peso alla macellazione: gli animali che superano i 3 kg di peso vivo al momento del macello hanno un'incidenza superiore di WS rispetto a polli più leggeri (Kuttapan e coll., 2013b).

Il wooden breast (WB) è un'altra anomalia recentemente descritta che colpisce il petto del pollo, e non solo, caratterizzato da lesioni macroscopiche e istologiche. Le carni affette si presentano dure al tatto e rigide, con sporgenze esterne (*out bulging*), pallide e spesso accompagnate dal WS (Sihvo e coll., 2014). Istologicamente si notano diversi livelli di miodegenerazione polifasica con seguente rigenerazione, accompagnata da accumuli di connettivo interstiziale (fibrosi), molto simili alla WS. Non ci sono dati pubblicati sull'incidenza del WB, ma sembra che la sua incidenza sia simile a quella del WS.

#### *Relazioni tra difetti della carne e qualità del prodotto*

In presenza di DPM, una volta asportata la parte colpita, la rimanente porzione di petto può essere utilizzata come prodotto lavorato fresco o processato. Difetti come PSE, WS o WB, invece, limitano anche le qualità nutrizionali, tecnologiche e microbiologiche della carne come di seguito riportato sulla base della review di Petracci e coll. (2014).

#### Qualità nutrizionali

Parecchi studi affermano che il contenuto lipidico delle carni di pollo odierne è maggiore rispetto alle carni prodotte alcuni anni fa (Wang e coll., 2010). Infatti, l'aumento della percentuale di grasso nelle carni è derivato dalla selezione di animali pesanti, dall'uso di diete ad alto contenuto energetico, dall'alimentazione *ad libitum* e dalla scarsa attività fisica degli animali in condizioni di allevamento intensivo.

Tra le numerose anomalie, quella che maggiormente riduce la qualità nutritiva della carne è la WS. Il contenuto lipidico aumenta a discapito di quello proteico (Kuttapan e coll., 2012b), e di conseguenza cambia anche il contenuto energetico, proveniente per il 79% dalle proteine e per il 21% dai grassi, rispetto al rapporto di 93% e 7% riscontrato su carni non affette da WS (Petracci e coll., 2014a). La digeribilità di carni WS tende a diminuire a causa dell'aumento del collagene tra le fibre muscolari. I petti mediamente colpiti vengono solitamente venduti come ritagli freschi, anche se le caratteristiche nutrizionali non rispecchiano l'etichetta e le aspettative dei consumatori.

### Qualità tecnologiche e sensoriali

Per quanto riguarda la PSE, sappiamo che le carni affette presentano bassa capacità di ritenzione idrica e sfavorevoli caratteristiche sensoriali, come il pallore ad esempio. Le carni fortemente colpite vengono di solito lavorate con l'aggiunta di agenti alcalini, che modificano la capacità di ritenzione idrica.

Le carni fortemente colpite da WS e WB, oltre ad avere un aspetto che non invoglia il consumatore ad acquistare il petto (Kuttapan e coll., 2012c), presentano caratteristiche tecnologiche scadenti (Petracci e coll., 2013a) a causa di una bassissima capacità di ritenzione idrica, che comporta grosse perdite in cottura, oltre che di una tessitura molle e flaccida. Il WB presenta le stesse problematiche, talvolta ancora più accentuate.

In conclusione nei casi di WS e WB, oltre all'apparenza antiestetica, riscontriamo anche le scarse proprietà tecnologiche, mentre per la PSE è possibile utilizzare le carni per la trasformazione adottando alcuni accorgimenti.

### Qualità sanitaria

La durata della shelf-life microbica dipende dall'andamento *post mortem* del pH. Infatti se questo supera il valore di 6, la stabilità microbica della carne viene alterata (Barbut e coll., 2008), vengono modificati di conseguenza anche gusto, sapore e apparenza (Mallia e coll., 2000a, 2000b). Se il pH resta inferiore a 6, la proliferazione dei microrganismi deterioranti è limitata (Allen e coll., 1998).

Fino a qualche anno fa, l'insorgenza dei difetti della carne di pollo non era un problema rilevante, perché l'aumento delle rese oscurava le perdite causate dalle miopatie. Negli ultimi anni, l'insorgenza di nuove anomalie del petto ha determinato un forte declassamento della carne in questione sotto il profilo nutrizionale, sensoriale e tecnologico. Questo andamento, oltre ad andare controcorrente agli ideali di qualità e salubrità, non può essere sostenuto a lungo dalle industrie di trasformazione di carne avicola. Bisognerebbe rivedere i criteri di selezione genetica degli ibridi che si allevano, contenendo i tassi di crescita e i pesi finali di macellazione per limitare al massimo l'insorgenza di queste miopatie.

## Obiettivi

La produzione di pollame si basa sull'allevamento intensivo di tipi genetici a veloce accrescimento e con elevate rese in petto, accasati in gruppi numerosi in grandi capannoni con pavimentazione su lettiera, fornendo prodotti di elevata e costante qualità. Nonostante i consumatori siano soddisfatti delle proprietà sensoriali e nutrizionali della carne di pollo, gli stessi sono anche propensi ad "associare il basso contenuto etico" ai sistemi di produzione avicola per le modalità di allevamento e la spinta produttiva del sistema. Riguardo al comportamento, la bassa attività motoria, il comportamento inattivo sulla lettiera e l'alto livello di paura dei polli nei confronti dell'uomo sono considerati aspetti negativi. Riguardo alla salute animale, le limitazioni di cui sopra possono indurre stress e compromettere la risposta immunitaria dei polli che frequentemente presentano anomalie scheletriche, zoppie, dermatiti da contatto, ascessi e squilibri metabolici responsabili anche di mortalità improvvisa. Questi problemi di benessere e salute sono considerati strettamente associati all'intensità di allevamento e al tipo genetico, selezionato per alti tassi di crescita e elevate rese in petto.

La posizione critica verso una forte spinta selettiva è resa ancora più forte dall'ipotesi che gli elevati tassi di crescita e rese in petto siano correlati strettamente con la manifestazione di white striping e altre anomalie della carne sul muscolo pettorale maggiore, come il wooden breast. Istologicamente, il white striping è associato a miopatia degenerativa e implica cambiamenti nelle proprietà nutrizionali e tecnologiche della carne. L'impiego di una dieta a minore concentrazione energetica, come un razionamento alimentare precoce (nelle prime fasi di crescita) potrebbero ridurre il tasso di crescita e la presenza di miopatie.

La conferma della presenza e dell'elevata incidenza di queste e altre miopatie, la caratterizzazione delle proprietà nutrizionali e tecnologiche della carne affetta da miopatie, così come la definizione dei fattori in grado di controllare lo sviluppo delle stesse rappresentano elementi fondamentali per la scelta di decisioni tecniche adeguate nella filiera.

Pertanto, la presente Tesi di Laurea ha inteso valutare se una restrizione alimentare possa modificare prestazioni produttive, caratteristiche della carcassa e della carne e l'incidenza di white striping e/o wooden breast in broilers appartenenti a due tipi genetici selezionati per una resa in petto standard o alta e, separatamente, in maschi e femmine. Inoltre, si è inteso confrontare le stesse variabili di prestazione e qualità della carne in polli normali e in polli affetti dalle miopatie sopra elencate.



## Materiali e Metodi

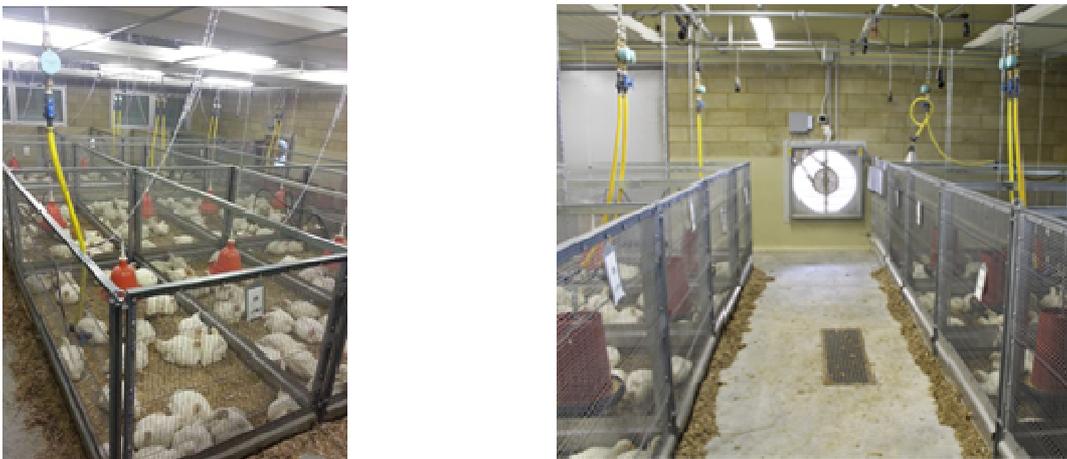
### *Descrizione dell'allevamento*

La prova si è svolta presso la stalla per avicoli dell'Azienda Agraria Sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova (Figura 2), durante i mesi di giugno e luglio 2014, successivamente a un lungo periodo di vuoto sanitario e dopo un'accurata pulizia dei locali e di tutte le attrezzature presenti con idropulitrice.



**Figura 2.** Esterno dello stabulario polli dell'Azienda Agraria Sperimentale dell'Università di Padova.

Lo stabulario presentava due locali separati da un'anticamera, entrambi dotati di sistema di raffrescamento (*cooling system*), ventilazione forzata ad estrazione, sistema di riscaldamento radiante, finestre a oscuramento completo e illuminazione programmata. Ogni camera disponeva di 16 recinti di rete metallica (1,20 x 1,60 m; 2,0 m<sup>2</sup>) con pareti di altezza pari a 120 cm e per un totale di 32 recinti (Figura 3).



**Figura 3.** Recinti per l'allevamento dei broiler e corridoio interno.

Ogni recinto era fornito di abbeveratoio circolare automatico (diametro 39 cm) e mangiatoia circolare (diametro 37 cm) per una distribuzione manuale del mangime (Figura 4). I recinti avevano pavimentazione piena in cemento su cui è stata posizionata una lettiera di truciolo di legno (5 cm di spessore per 2,5 kg/m<sup>2</sup>), 100% faggio, essiccato, depolverato e fornito di certificato di analisi chimica attestante la totale assenza di vernici, pesticidi, fertilizzanti aflatossine.



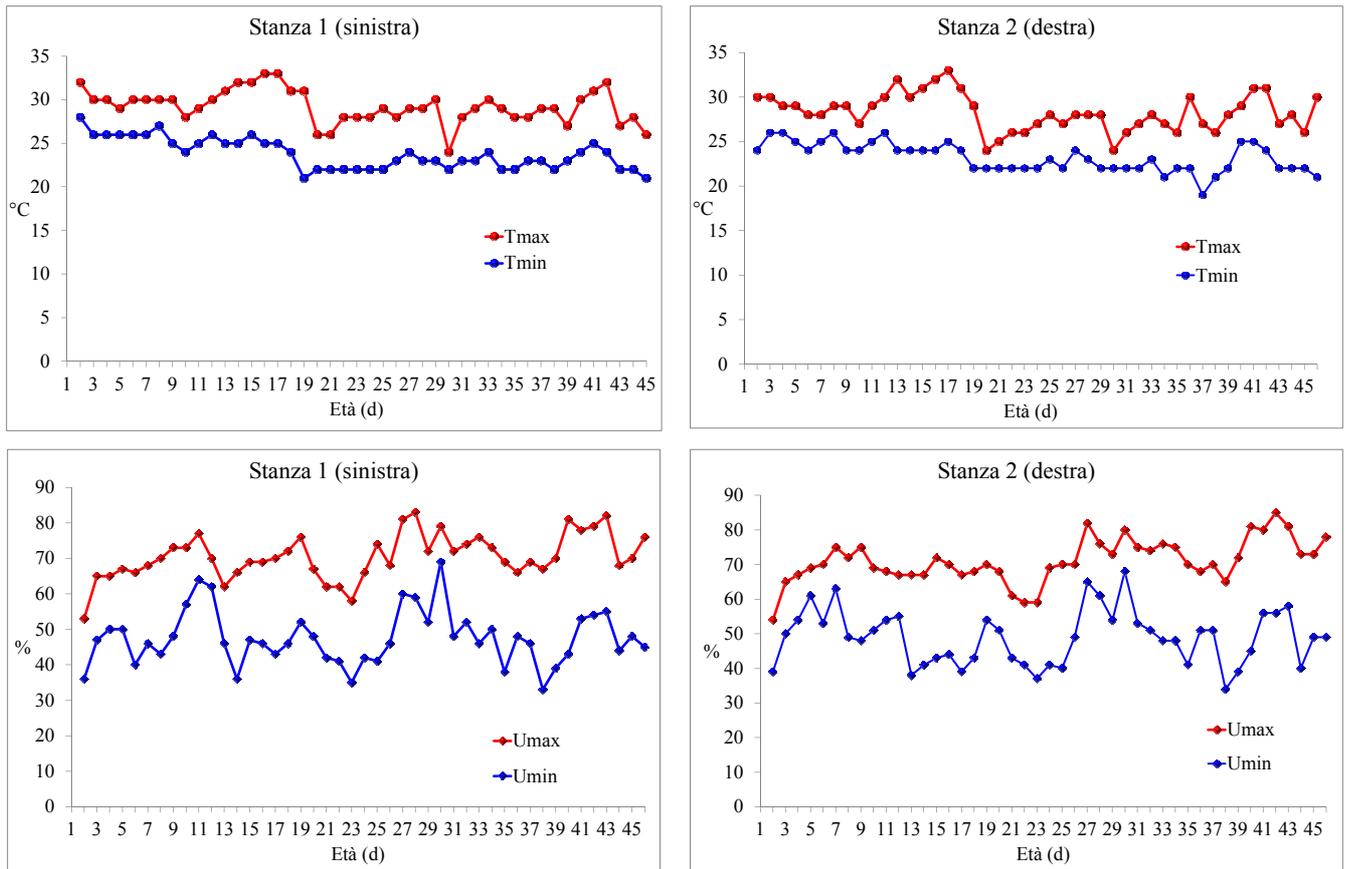
**Figura 4.** Particolare della mangiatoia e dell'abbeveratoio presenti nei recinti.

Prima dell'arrivo dei pulcini, i locali del capannone sono stati portati ad una temperatura ambiente di circa 26°C grazie al riscaldamento a conduzione. I recinti sono stati equipaggiati con lampada ad infrarossi posizionata in modo da assicurare una temperatura di 30°C a livello dei pulcini, una mangiatoia supplementare di facile accesso (costituita da un sottovaso di plastica di 30 cm di diametro) e un abbeveratoio supplementare adatto ai pulcini (con diametro di 25 cm) (Figura 5). Successivamente gli abbeveratoi e le mangiatoie supplementari sono stati rimossi a 3 e 8 giorni d'età, rispettivamente. Le lampade a infrarossi inizialmente sono state posizionate a 40 cm di altezza dalla pavimentazione; in seguito sono state progressivamente alzate ogni 2-3 giorni fino a 70 cm dalla pavimentazione, per essere definitivamente rimosse al 10° giorno d'età. Il programma luce adottato era caratterizzato da 24 ore di luce consecutive nei primi due giorni e da 2 ore di buio nel 3° giorno; dal 4° all'11° giorno è stato effettuato un aumento progressivo delle ore di buio (1 ora ogni due giorni) fino ad arrivare a 6 ore di buio consecutive dal 12° giorno in poi. La ventilazione forzata, combinata al sistema di raffrescamento *cooling system*, è stata avviata a partire dall'11° giorno di prova in maniera graduale fino ad arrivare al 19° giorno all'80% della capacità dei ventilatori e al 100% della stessa a partire dal 27° giorno, fino alla fine della prova, in maniera coerente con l'aumento della temperatura esterna.



**Figura 5.** Pulcini all'arrivo e disposizione dei recinti con abbeveratoio e mangiatoia supplementari e lampada a infrarossi.

Durante la prova, la temperatura è stata mantenuta relativamente costante e simile nelle due stanze dello stabulario, se si escludono due periodi in cui la temperatura esterna era particolarmente elevata e il controllo all'interno del capannone è risultato difficoltoso nonostante i ventilatori ad estrazione e il cooling system. Il primo periodo di aumento delle temperature si è verificato in un momento in cui gli animali non erano ancora in grado di termoregolare in maniera completa, a partire dagli 11 fino ai 17 giorni di vita, senza creare quindi particolari problemi di gestione (Figura 6). Il secondo periodo di rialzo termico si è verificato verso la fine della prova, dai 39 ai 41-42 giorni d'età, in un momento cui gli animali potevano essere più sensibili a stress da caldo. Il valore medio di temperatura massima è risultato simile nelle due stanze (29°C e 28°C nella prima e nella seconda stanza, rispettivamente) con una variazione praticamente sovrapponibile dai valori più alti a quelli più bassi (da 24°C a 33°C). Il valore medio di temperatura minima è risultato superiore nella prima stanza piuttosto che nella seconda (24°C e 23°C rispettivamente) poiché le temperature minime sono variate da un minimo a un massimo maggiore rispetto a quanto non sia accaduto nella seconda stanza (da 21°C a 28°C vs. da 19°C a 26°C) (Figura 6). In quanto all'umidità relativa, i valori massimi mediamente registrati sono risultati pari al 70% e al 71% nella prima e nella seconda stanza, rispettivamente. Il valore di umidità relativa massima è variato da un minimo del 53% a un massimo dell'83% nella prima stanza e dal 54% all'85% nella seconda stanza (Figura 6). Il valore di umidità relativa minima è variato da un minimo del 33% a un massimo del 69% nella prima stanza e dal 34% al 68% nella seconda stanza (Figura 6).



**Figura 6.** Variazione dei valori minimi e massimi di temperatura e umidità relativa all'interno delle due stanze dello stabulario nel corso della prova.

### ***Animali, disegno sperimentale e rilievi***

Un totale di 768 polli, ibridi commerciali, sono stati trasportati con un mezzo autorizzato presso la stalla avicoli dell'Università, lo stesso giorno della schiusa. Metà dei polli (384), appartenenti al tipo genetico Ross 708, a resa in petto elevata, sono stati forniti dall'incubatoio Euroagricola (Longiano, Forlì) e sono stati consegnati in stabulario dopo un trasporto di 2 ore e mezza. Gli altri 384 polli, appartenenti al tipo genetico Ross 308, a resa in petto standard, sono stati forniti dall'incubatoio di Agricola Berica Società Cooperativa Incubatoio (Montegalda, Vicenza) e sono stati consegnati in stabulario dopo un trasporto di 45 minuti. Sia i pulcini Ross 708 che i ROSS 308 sono stati forniti separati per sesso in scatole di cartone con 50 pulcini per scatola e previa vaccinazione in incubatoio mediante iniezione contro la malattia di Marek (bivalente, HVT + RISPENS) e mediante spray contro Bronchite infettiva e Pseudopeste aviaria.

Al momento dell'arrivo, i pulcini sono stati accasati in 32 recinti alla densità di 24 animali per recinto corrispondente a 12 animali/m<sup>2</sup>, e secondo gli otto gruppi sperimentali derivanti dall'interazione di 2 tipi genetici (308 vs. 708) × 2 sistemi di alimentazione (*ad libitum* vs.

razionato) × 2 sessi (femmine vs. maschi). Gli otto gruppi sperimentali sono stati collocati in maniera bilanciata nelle due stanze con due replicazioni per gruppo sperimentale per stanza (16 recinti per stanza) e randomizzati secondo lo schema seguente (Schema 1).

Stanza di sinistra					Stanza di destra					
	Pen 13 Razionati, 308 femmine	Pen 14 Razionati, 308 maschi	Pen 15 Razionati 708, femmine	Pen 16 Razionati, 708 maschi			Pen 32 Ad libitum 708 maschi	Pen 31 Ad libitum 708 femmine	Pen 30 Ad libitum 308, maschi	Pen 29 Ad libitum 308 femmine
	Pen 12 Ad libitum, 708 maschi	Pen 11 Ad libitum, 708 femmine	Pen 10 Ad libitum, 308 maschi	Pen 09 Ad libitum, 308 femmine			Pen 25 Razionati, 308 femmine	Pen 26 Razionati, 308 maschi	Pen 27 Razionati, 708 femmine	Pen 28 Razionati, 708 maschi
	Pen 05 Razionati, 308 femmine	Pen 06 Razionati, 308 maschi	Pen 07 Razionati, 708 femmine	Pen 08 Razionati, 708 maschi			Pen 24 Ad libitum, 708 maschi	Pen 23 Ad libitum, 708 femmine	Pen 22 Ad libitum, 308 maschi	Pen 21 Ad libitum, 308 femmine
	Pen 04 Ad libitum 708 maschi	Pen 03 Ad libitum 708 femmine	Pen 02 Ad libitum 308, maschi	Pen 01 Ad libitum 308 femmine			Pen 17 Razionati, 308 femmine	Pen 18 Razionati, 308 maschi	Pen 19 Razionati 708, femmine	Pen 20 Razionati, 708 maschi
					Ingresso					

**Schema 1.** Disposizione dei recinti e dei gruppi sperimentali nelle due stanze dello stabulario.

Gli animali sono giunti in stabulario il 27 maggio (martedì). All'arrivo sono stati rapidamente collocati nei recinti sotto lampada a infrarossi, in presenza di mangiatoie e abbeveratoi supplementari per facilitare l'assunzione di cibo e con 24 ore di luce. Gli animali sono stati pesati il giorno successivo al loro arrivo e identificati mediante l'apposizione di un anello di plastica sulla zampa riportante l'indicazione del numero di recinto e un numero progressivo da 1 a 24 (es. 01/01: recinto 01/animale 01).

Gli animali hanno ricevuto per tutto il periodo sperimentale diete commerciali prodotte dal Mangimificio Settecolli (Montegalda, Vicenza) e seguendo il programma alimentare tipico dell'azienda Agricola Berica (Monselice, Padova), azienda integrante del mangimificio stesso. I polli sono stati alimentati sempre *ad libitum* (gruppo L, *ad libitum*) o sottoposti a razionamento alimentare (gruppo R, razionati) dal 13° al 21° giorno di età. Il razionamento alimentare è stato fatto somministrando agli animali una quantità nota di mangime pari all'80% del consumo del giorno precedente degli animali alimentati *ad libitum*. L'80% è stato calcolato entro tipo genetico (308 o 708) e entro sesso (maschi o femmine).

Nel corso della prova sono state utilizzate quattro diete commerciali sotto forma di sbriciolato: la dieta MG0 è stata somministrata dall'arrivo ai 12 giorni di età; la dieta MG1 è stata utilizzata dai 13 ai 21 giorni di età; la dieta MG2 è stata somministrata dai 22 ai 35 giorni, mentre la dieta MG3 dai 35 giorni alla macellazione. Da cartellino, i quattro mangimi presentavano i seguenti valori nutrizionali:

- dieta MG0: proteina grezza 22,2%, estratto etereo 7,90%; fibra grezza 2,60%, calcio 1,00% e fosforo 0,70%;
- dieta MG1: proteina grezza 20,8%, estratto etereo 8,50%, fibra grezza 2,50%, calcio 1,00% e fosforo 0,65%;
- dieta MG2: proteina grezza 19,0%, estratto etereo 8,10%, fibra grezza 2,50%, calcio 0,95% e fosforo 0,60%;
- dieta MG3: proteina grezza 17,40%, estratto etereo 8,80%, fibra grezza 2,40%, calcio 0,85% e fosforo 0,60%.

Il consumo di alimento è stato misurato giornalmente per ogni recinto come differenza fra il peso delle mangiatoie del giorno prima e di quello successivo. Alle mangiatoie venivano quindi aggiunte quantità note di mangime fresco. Gli animali sono stati pesati una volta la settimana (ogni mercoledì) fino alla macellazione effettuata a 46 giorni di età, il giorno 12 luglio 2014 (sabato). Lo stato di salute è stato monitorato quotidianamente. Gli animali morti sono stati sottoposti a necropsia per la valutazione delle cause di morte presso la sala necropsia del Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione (BCA) dell'Università di Padova.

La mortalità totale nel corso della prova è risultata pari al 3,5% cui si sono aggiunti l'1,7% di animali esclusi dalla macellazione a causa di evidenti problemi di deambulazione, per un totale di perdite dall'inizio del ciclo pari al 5,2%.

### ***Macellazione commerciale e dissezione***

A 46 giorni di età, tutti i polli sani presenti in stabulario (728) sono stati macellati presso una struttura commerciale di macellazione nelle immediate vicinanze dello stabulario (Macello Scarso Romulado e figli, Ponte San Nicolò, Padova), dopo un digiuno alimentare di circa 7 ore e un digiuno idrico di circa 4 ore.

I polli sono stati individualmente pesati immediatamente prima del carico degli animali, avvenuto a partire dalle 7.30. Per il carico sono stati utilizzati 8 gabbioni suddivisi in 4 moduli, ciascuno in grado di contenere tutti gli animali di un box (max. 24 animali). I polli di ciascun recinto sono stati caricati all'interno di un unico modulo e seguendo il numero d'ordine dei

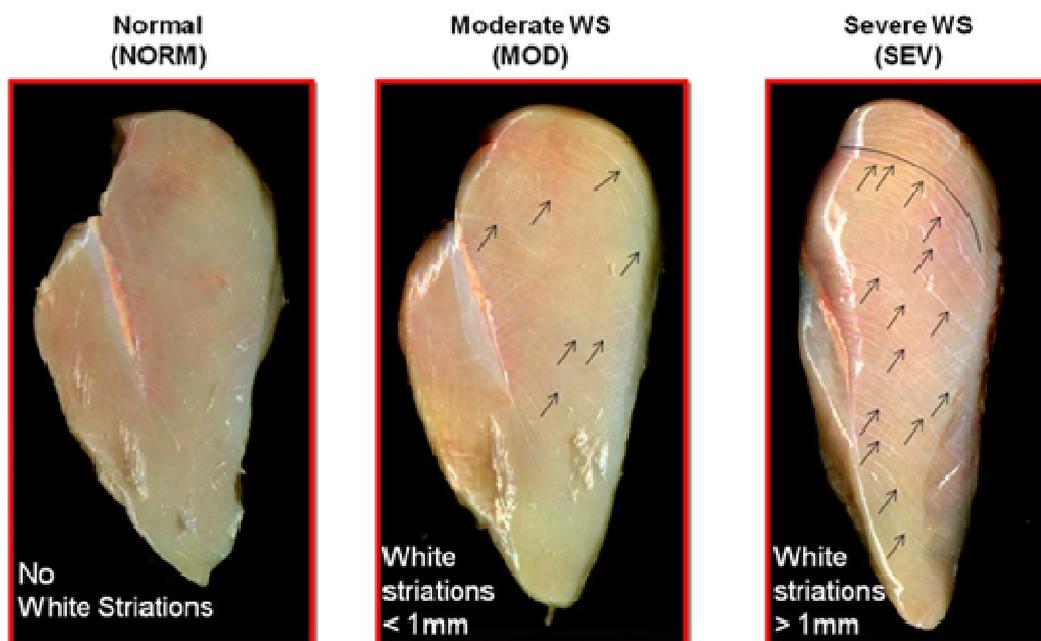
recinti, per un totale di 8 gabbioni e 32 moduli. Ciascun modulo presentava la dimensione di 160 cm di profondità × 62,5 cm di larghezza × 25,0 cm di altezza (superficie 1 m<sup>2</sup>) e una densità variabile da 20 a 24 animali (a seconda degli animali presenti nel recinto). I gabbioni di trasporto sono stati numerati per consentirne un'agevole identificazione al macello.

Le operazioni di carico sono durate circa un'ora. Il trasporto dallo stabulario al macello è stato effettuato in circa 15 minuti. L'attesa al macello prima dell'appendimento in catena è stata di circa 3 ore. Gli animali sono stati macellati come ultima partita della giornata, seguendo l'ordine di carico dei gabbioni (da 1 a 8). La macellazione è stata effettuata dal personale del macello, secondo le normali pratiche e lasciando le carcasse munite di zampe, per consentire l'identificazione delle carcasse all'uscita del tunnel di refrigerazione.

Dopo circa 2 ore di refrigerazione in tunnel, tutte le carcasse degli animali macellati, prive di penne, visceri, testa collo e grasso addominale, sono state individualmente identificate grazie all'etichetta sulle zampe e sono state pesate in modo da ottenere i dati relativi alle rese individuali a freddo (Working group 5, World's Poultry Science Association, 1984).

Le carcasse di 256 polli (8 animali per recinto), selezionati sulla base del peso finale al carico, in modo tale da essere rappresentativi del peso medio entro recinto, sono state sistemate in cassette di plastica e subito trasferite al laboratorio DAFNAE. Tutte le carcasse rimanenti sono state lasciate al macello per essere immesse del circuito commerciale.

Al loro arrivo in DAFNAE, tutte le carcasse sono state esaminate al fine di valutare la presenza di miopatie. A tal fine, la pelle del petto è stata sollevata e il muscolo *Pectoralis major* è stato esaminato esternamente per la presenza di WS, secondo la classificazione di Kuttappan e coll. (2012), come normale (NORM), moderata (MOD) e severa (SEV), oltre che per la presenza/assenza di wooden breast (Silvho e coll., 2013).

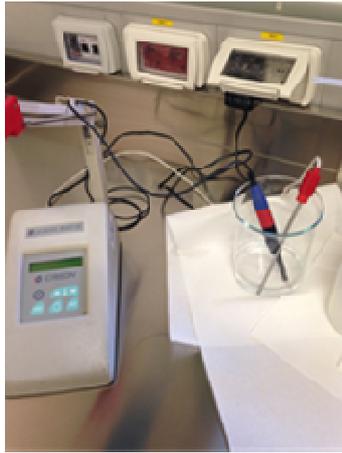


**Figura 7.** Classificazione del grado di white striping secondo Kuttappan e coll. (2012).

Successivamente, metà delle carcasse (128, 4 per recinto) sono state selezionate sulla base del peso e in modo da essere rappresentative, e conservate in cella frigo a 2°C per 48 ore prima di essere sottoposte alla dissezione per le analisi di qualità della carcassa e della carne.

A 48 ore dalla macellazione, le 128 carcasse sono state sezionate per ottenere i principali tagli (petto, ali, cosce, sovra-cosce) e la resa sulla carcassa (Working group 5, World's Poultry Science Association, 1984). Il petto è stato utilizzato per le principali analisi di qualità della carne (Petracci e Baéza, 2011). In particolare, dopo separazione del *P. major* è stato misurato il pH in tre punti sul lato ventrale, mediante un pH-metro (Basic 20, Crison Instruments Sa, Carpi, Italia) dotato di elettrodo specifico per la penetrazione nella carne e di sonda termica (Figura 8).

Sullo stesso muscolo e sempre sul lato ventrale è stato misurato il colore mediante colorimetro Minolta Spectrophotometer CM-508 C (Minolta, Milano) (Figura 8), secondo il metodo CIELab (1976) che prevede la misura di luminosità ( $L^*$ ), indice del rosso ( $a^*$ ) e indice del giallo ( $b^*$ ).



**Figura 8.** pH-metro e colorimetro.

A questo punto è stato prelevato un campione dal *P. major* di ciascun animale, dalla parte craniale del petto in direzione delle fibre, di dimensioni costanti e pari a  $8\text{ cm} \times 4\text{ cm} \times 3\text{ cm}$  di spessore, in modo tale da avere porzioni con caratteristiche e peso costante (90-100 g). Il campione prelevato è stato pesato, confezionato in sacchetti sottovuoto e congelato a  $-18^{\circ}\text{C}$  in modo da essere utilizzato in seguito, dopo circa una settimana, per la determinazione delle perdite di scongelamento prima, cottura poi e lo sforzo di taglio (Petracci e Baéza, 2011). A questo scopo, i campioni sono stati scongelati, estratti dai sacchetti, asciugati e pesati per determinare le perdite di scongelamento. Successivamente sono stati posti nuovamente in sacchetti sottovuoto e si è proceduto alla cottura a bagnomaria per 45 minuti, fino al raggiungimento della temperatura interna di  $80^{\circ}\text{C}$ . Terminata la cottura, i campioni sono stati estratti dai sacchetti, asciugati e pesati per misurare le perdite di cottura. Dopo il raffreddamento di circa 40 minuti, il muscolo cotto è stato rifilato dalle estremità craniale e caudale per una dimensione di  $4\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 1\text{ cm}$  di spessore (Figura 9). Il campione così ottenuto è stato pesato e sottoposto alla determinazione dello sforzo massimo di taglio, con dinamometro monocolonna (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.



**Figura 9.** Separazione del campione di *P. major* da utilizzare per misura tenerezza.

Al momento della dissezione e della separazione delle sovra-cosce dalla carcassa, le stesse sono state sottoposte a dissezione per separare le tibie dell'arto destro su cui misurare peso, lunghezza, diametro massimo e minimo nel punto medio, resistenza alla frattura. La tibia è stata sottoposta a frattura nel punto medio mediante dinamometro mono-colonna (modello: LS5, Lloyd Instruments Ltd, Bognor Regis, UK), utilizzando un dispositivo di piegatura a tre punti (*3 point bend fixture/3PBF*). La distanza utilizzata tra i punti di appoggio era di 40 mm e la velocità di discesa del cuneo di 2 mm/sec. Le dimensioni della tibia e la forza di frattura sono considerate indici di sviluppo scheletrico.

### ***Analisi statistica***

I dati individuali di prestazioni produttive, risultati di macellazione, spolpo delle carcasse e qualità della carne sono stati sottoposti ad analisi della varianza con un modello misto, che considerava come effetti fissi il genotipo, il sesso, il sistema di alimentazione e le loro interazioni e come effetto casuale il recinto, 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 con genotipo, sesso, sistema alimentare e loro interazioni come effetti principali, mediante la PROC GLM del SAS. Le differenze fra le medie con  $P < 0,05$  sono state considerate statisticamente significative, mentre quelle con  $0,05 < P < 0,10$  sono state considerate come indicative di un trend. La mortalità, le mobilità, l'incidenza di miopatie sono state analizzate mediante il test chi quadrato.

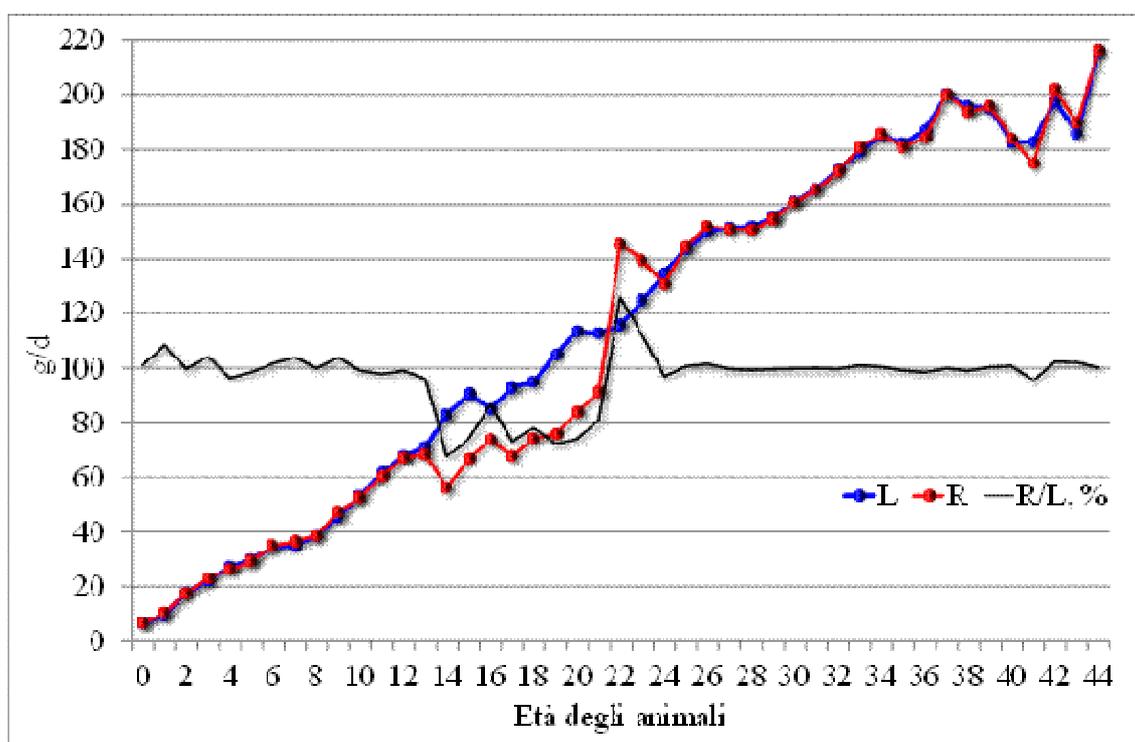
Infine, i dati individuali di prestazioni produttive, risultati di macellazione, spolpo delle carcasse e qualità della carne sono stati sottoposti ad analisi della varianza con un modello misto, che considerava come effetto fisso la presenza di miopatie (white striping o wooden breast) e come effetto casuale il recinto, utilizzando la procedura PROC MIXED del SAS.

## Risultati e discussione

### *Effetto del sistema di alimentazione*

Nelle Tabella 6 e 7 sono riportate le prestazioni produttive degli animali nel corso della prova, dall'accasamento alla macellazione, in funzione dei fattori sperimentali considerati. Mediamente, gli animali hanno manifestato appieno le loro potenzialità produttive, raggiungendo alla macellazione (a 46 giorni) un peso medio di 3168 g, con un accrescimento medio giornaliero di 70,1 g/d, un consumo alimentare di 111 g/d con un ottimo indice di conversione di 1,59 (Tabella 6).

In quanto all'effetto del sistema di alimentazione, metà degli animali sono stati sottoposti a razionamento alimentare, dai 13 ai 21 giorni di età, ed è stato realizzato somministrando una quantità di mangime pari all'80% del consumo rilevato il giorno precedente negli animali alimentati *ad libitum*. Questo ha prodotto alcune oscillazioni nell'effettivo livello di razionamento giornaliero (Figura 10), che in media, negli 8 giorni in cui è stato praticato, è stato pari al 76%.



**Figura 10.** Andamento dei consumi negli animali alimentati *ad libitum* (L) e razionati (R) nel corso della prova e livello di razionamento effettivo (R/L, %).

**Tabella 6.** Effetto del sistema di alimentazione, del tipo genetico e del sesso sulle prestazioni produttive <sup>a</sup>.

	Razionamento (A)		Tipo genetico (T)		Sesso (S)		Probabilità							DSR
	<i>ad libitum</i>	Razionati	Ross-308	Ross-708	Femmine	Maschi	A	T	S	A×T	A×S	T×S	A×T×S	
Polli, n	362	366	364	364	375	353								
Peso, g														
1 giorno	51	51	50	53	51	52	0,57	<0,001	0,32	0,37	0,97	0,79	0,95	4,5
22 giorni	1023	878	952	949	887	1014	<0,001	0,73	<0,001	0,61	0,15	0,61	0,61	94
46 giorni <sup>b</sup>	3194	3142	3207	3130	2845	3492	<0,01	<0,001	<0,001	0,13	0,24	<0,001	0,76	234
Primo periodo (fino a 22 d)														
Accrescimento giornaliero, g/d	46,3	39,4	43,0	42,7	39,8	45,9	<0,001	0,43	<0,001	0,57	0,15	0,61	0,61	4,4
Consumo alimentare, g/d	61,5	52,5	56,3	57,7	54,2	59,8	<0,001	<0,01	<0,001	0,91	0,09	0,62	0,63	1,41
Indice di conversione, g/d	1,33	1,33	1,31	1,34	1,35	1,30	0,90	0,03	<0,001	0,62	0,62	0,83	0,92	0,04
Secondo periodo (23-46 d)														
Accrescimento giornaliero, g/d	91,5	95,4	95,1	91,8	82,4	104	<0,001	<0,001	<0,001	0,04	0,50	<0,001	0,88	8,2
Consumo alimentare, g/d	166	168	166,4	166,7	153	181	0,14	0,81	<0,001	0,73	0,37	0,02	0,94	53,6
Indice di conversione, g/d	1,82	1,76	1,76	1,83	1,85	1,74	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	0,52	<0,01	0,74	0,04
Totale (1-46 d)														
Accrescimento giornaliero, g/d	70,7	69,5	71,0	69,2	62,8	77,3	<0,001	<0,001	<0,001	0,13	0,24	<0,001	0,76	5,2
Consumo alimentare, g/d	113	109	110	111	102	119	<0,001	0,29	<0,001	0,65	0,17	0,02	0,86	2,23
Indice di conversione, g/d	1,60	1,57	1,56	1,61	1,63	1,54	<0,01	<0,001	<0,001	0,06	0,99	0,06	0,98	0,03

<sup>a</sup> Pesì e accrescimenti: dati individuali; consumi e indici di conversione: dati medi di recinto.

<sup>b</sup> Interazione tipo genetico × sesso significativa, peso a 46 giorni: 2916 g e 3497 g per le femmine e i maschi ROSS308; 2774 g e 3487 g per le femmine e i maschi ROSS708.

Accrescimento del secondo periodo: 85,5 g/d e 104,5 g/d per le femmine e i maschi ROSS308; 79,3 g/d e 104,3 g/d per le femmine e i maschi ROSS708. Accrescimento in tutto il periodo: 64,4 g/d e 77,5 g/d per le femmine e i maschi ROSS308; 61,2 g/d e 77,2 g/d per le femmine e i maschi ROSS708.

**Tabella 7.** Effetto del sistema di alimentazione, del tipo genetico e del sesso sulle prestazioni produttive.

	Razionamento (A)		Tipo genetico (T)		Sesso (S)		Probabilità							DSR
	<i>ad libitum</i>	Razionati	Ross-308	Ross-708	Femmine	Maschi	A	T	S	A×T	A×S	T×S	A×T×S	
Recinti, n	362	366	364	364	375	353								
Accrescimento giornaliero <sup>1</sup> , g/d														
Settimana 1	21,8	22,5	21,6	22,7	21,7	22,6	0,02	<0,001	<0,001	0,85	0,87	<0,01	0,36	3,9
Settimana 2	46,7	44,0	45,6	45,0	42,7	48,0	<0,001	0,18	<0,001	0,36	0,74	0,28	0,83	5,7
Settimana 3	70,5	51,9	61,8	60,6	55,3	67,1	<0,001	<0,01	<0,001	0,05	<0,01	0,08	0,76	6,2
Settimana 4	91,7	99,4	95,3	95,7	84,4	106,7	<0,001	0,53	<0,001	0,03	0,16	0,03	0,75	8,8
Settimana 5	99,2	102,7	100,7	101,2	89,3	112,6	<0,001	0,57	<0,001	0,10	0,21	<0,001	0,24	10,2
Settimana 6 <sup>3</sup>	86,6	88,0	91,6	83,0	76,8	97,8	0,16	<0,001	<0,001	0,25	0,31	<0,001	0,49	14,0
Consumo alimentare <sup>2</sup> , g/d														
Settimana 1	25,1	25,4	24,9	25,6	24,6	25,9	0,58	0,19	0,02	0,39	0,22	0,13	0,96	1,52
Settimana 2	60,3	56,0	56,8	59,5	56,4	59,8	<0,001	<0,001	<0,001	0,50	0,63	0,74	0,22	1,73
Settimana 3	99,1	76,2	87,3	88,1	81,6	93,7	<0,001	0,31	<0,001	0,87	0,04	0,08	0,93	2,14
Settimana 4	138,8	144,8	141	143	128	155	<0,001	0,26	<0,001	0,92	0,59	0,75	0,58	3,63
Settimana 5	171,4	171,3	170	173	157	186	0,95	0,04	<0,001	0,18	0,62	0,01	0,89	4,01
Settimana 6 <sup>3</sup>	188,1	187,5	190	186	174	202	0,80	0,06	<0,001	0,83	0,32	0,03	0,34	6,48
Indice di conversione <sup>2</sup> , g/d														
Settimana 1	1,13	1,11	1,14	1,11	1,12	1,13	0,19	0,14	0,50	0,14	0,07	0,85	0,40	0,05
Settimana 2	1,28	1,27	1,24	1,31	1,31	1,24	0,29	<0,001	<0,001	0,19	0,60	0,65	0,60	0,04
Settimana 3	1,36	1,42	1,37	1,41	1,42	1,36	0,03	0,14	<0,01	0,25	0,64	0,68	0,91	0,06
Settimana 4	1,56	1,49	1,52	1,53	1,56	1,49	0,03	0,63	0,02	0,37	0,47	0,27	0,95	0,07
Settimana 5	1,72	1,67	1,68	1,71	1,74	1,65	<0,01	0,19	<0,001	0,02	0,60	0,05	0,31	0,05
Settimana 6 <sup>3</sup>	2,17	2,11	2,07	2,21	2,20	2,07	0,16	0,001	<0,001	0,72	0,80	0,08	0,15	0,11

<sup>1</sup>Dati individuali. <sup>2</sup>Dati di recinto. <sup>3</sup>Fino alla macellazione (10 giorni)

Alla fine del razionamento alimentare, a 22 giorni di età, gli animali razionati hanno mostrato un peso vivo significativamente inferiore rispetto a quelli alimentati sempre *ad libitum*: la riduzione del livello di alimentazione del 24% ha prodotto una riduzione del peso vivo degli animali del 14%. Alla fine del periodo di allevamento, a 46 giorni di età, le differenze di peso fra i polli alimentati *ad libitum* e quelli razionati sono risultate contenute (-1,6%), ma ancora statisticamente significative (tabella 6). Il razionamento alimentare ha ovviamente ridotto l'accrescimento giornaliero e il consumo di alimento nel primo periodo di allevamento, fino ai 21 giorni di età, quello in cui il razionamento era stato effettivamente praticato, pur senza effetti sull'indice di conversione. Nel secondo periodo, i polli precedentemente razionati hanno mostrato maggiori accrescimenti giornalieri a parità di consumi e, quindi, più favorevoli indici di conversione. Nell'intero periodo sperimentale (dall'accasamento alla macellazione), i polli razionati hanno fatto registrare un minore accrescimento giornaliero (-1,70%), un minore consumo di alimento (-3,50%) e un più favorevole indice di conversione (-1,88%) ( $P < 0,001$ ) (Tabella 6).

L'analisi dei dati settimanali (Tabella 7) ha evidenziato un accrescimento giornaliero nella prima settimana superiore nei polli successivamente sottoposti a razionamento alimentare ( $P = 0,02$ ). Tale risultato è dipendente da casuali differenze di risposta all'accasamento fra i pulcini nei primi giorni di prova. Successivamente, nella seconda e terza settimana, i polli razionati sono invece cresciuti meno a causa della limitazione alimentare (parziale nella seconda settimana essendo limitata agli ultimi due giorni della stessa, completa nella terza settimana), mentre già nella quarta settimana si è assistito ad un rapido recupero rispetto agli animali alimentati sempre *ad libitum*, che è proseguito nella quinta settimana di prova in virtù di un meccanismo di accrescimento compensativo. Nella sesta settimana, infine, il potenziale di recupero si è esaurito e la velocità di crescita dei due gruppi di animali è risultata simile. In quanto al consumo, le differenze fra i gruppi sono evidenti in seconda e terza settimana come conseguenza della limitazione del consumo e ovviamente a vantaggio degli animali alimentati sempre *ad libitum*, mentre in quarta settimana si è assistito ad un rimbalzo dei consumi a vantaggio dei gruppi prima razionati. Successivamente, quinta e sesta settimana, i consumi si sono riequilibrati e sono risultati simili nei due gruppi.

Nonostante le differenze di peso fra gli animali razionati e non, le caratteristiche della tibia, misurate come indice di sviluppo scheletrico degli animali, non sono risultate statisticamente diverse (Tabella 8).

I risultati di macellazione hanno esaltato le differenze fra animali alimentati *ad libitum* e animali sottoposti a razionamento alimentare: i primi hanno mostrato un peso della carcassa (con/senza zampe e dopo refrigerazione a 2°C per circa 2 ore) significativamente superiore rispetto agli animali sottoposti a razionamento, così come una maggiore resa di macellazione (Tabella 9). Le

differenze di resa risultano annullate dopo 48 ore (72,6% in media) e su un numero di animali inferiore rispetto ai primi rilievi. Alla dissezione delle carcasse, l'incidenza del petto è risultata superiore (40,6% vs. 39,5%;  $P=0,06$ ) e quella delle sovracosce minore (17,7% vs. 18,3%;  $P=0,02$ ) negli animali alimentati *ad libitum* rispetto agli animali sottoposti a razionamento alimentare (Tabella 9).

La qualità della carne è stata parzialmente influenzata dal sistema di alimentazione che ha determinato un aumento del pH della carne dei polli sottoposti a razionamento alimentare (5,85 vs. 5,89;  $P<0,01$ ), accompagnato da una tendenziale riduzione della luminosità ( $L^*$ , 46,1 vs. 45,4;  $P=0,10$ ), mentre non sono cambiati gli altri indici di colore o la capacità di ritenzione idrica (perdite di scongelamento e cottura) né la tenerezza della carne (Tabella 10).

In quanto all'effetto del sistema di alimentazione sulla presenza di miopatie, quando i dati di white striping sono stati analizzati considerandone il grado (normale, moderato e severo), l'incidenza della miopia nelle diverse classi non è risultata significativamente diversa in funzione del trattamento alimentare: tra gli animali alimentati *ad libitum*, il 30,5% non presentava la miopia, il 57,0% la presentava ad un grado moderato e il 12,5% ad un grado severo; tra quelli sottoposti a razionamento alimentare, il 20,5% non presentava la miopia, il 63,0% la presentava ad un grado moderato e il 16,5% ad un grado severo (Tabella 11). Quando i dati sono stati analizzati considerando solo la presenza o l'assenza della miopia, negli animali alimentati sempre *ad libitum* è stata riscontrata una minore incidenza della miopia rispetto a quelli sottoposti a razionamento, seppure a livello tendenziale (69,5% vs. 79,5%;  $P=0,07$ ) (Tabella 11).

Il sistema di alimentazione non ha invece modificato l'incidenza di wooden breast sul petto dei polli che è variata da un 13,3% degli animali alimentati *ad libitum* ad un 11,1% degli animali sottoposti a razionamento alimentare ( $P>0,10$ ) (Tabella 11).

### ***Effetto del tipo genetico***

Il peso iniziale dei pulcini Ross 308 è risultato minore al momento dell'accasamento (50 g vs. 53 g;  $P<0,001$ ), ma maggiore alla fine della prova (3207 g vs. 3130 g;  $P<0,001$ ) (Tabella 6). Le prestazioni dei due tipi genetici si sono differenziate nel corso della prova e nei due periodi: nel primo periodo i polli Ross 308 hanno manifestato minori consumi alimentari (56,3 g/d vs. 57,7 g/d;  $P<0,01$ ) e quindi migliori indici di conversione rispetto ai Ross 708 (1,31 vs. 1,34;  $P=0,03$ ) a parità di accrescimenti. Nel secondo periodo, i Ross 308 hanno mostrato un maggiore ritmo di accrescimento (95,1 g/d vs. 91,8 g/d;  $P<0,001$ ) e, a parità di consumi alimentari, un migliore indice di conversione (1,76 vs. 1,83;  $P<0,001$ ) (Tabella 6).

**Tabella 8.** Effetto del sistema di alimentazione, del tipo genetico e del sesso sulle caratteristiche della tibia.

	Razionamento (A)		Tipo genetico (T)		Sesso (S)		Probabilità						DSR	
	<i>Ad libitum</i>	Razionati	Ross-308	Ross-708	Femmine	Maschi	A	T	S	A×T	A×S	T×S		A×T×S
Polli, n	64	64	64	64	64	64								
Peso, g	22,6	23,0	23,0	22,6	19,1	26,5	0,46	0,38	<0,001	0,51	0,21	0,16	0,22	2,50
Lunghezza, mm	116	117	117	116	113	120	0,40	0,39	<0,001	0,31	0,56	0,97	0,42	3,99
Diametro massimo, mm	9,40	9,24	9,51	9,12	8,56	10,1	0,11	<0,001	<0,001	0,71	0,39	0,11	0,37	0,55
Diametro minimo, g	8,01	8,04	8,29	7,76	7,61	8,44	0,79	<0,001	<0,001	0,67	0,97	0,25	0,02	0,56
Forza di rottura, kg	44,6	46,8	45,5	45,8	41,9	49,4	0,13	0,83	<0,001	0,82	0,82	0,31	0,63	8,31

**Tabella 9.** Effetto del sistema di alimentazione, del tipo genetico e del sesso sulle caratteristiche della carcassa.

	Razionamento (A)		Tipo genetico (T)		Sesso (S)		Probabilità						DSR	
	<i>ad libitum</i>	Razionati	Ross-308	Ross-708	Femmine	Maschi	A	T	S	A×T	A×S	T×S		A×T×S
Carcasse al macello, n	362	366	364	364	365	363								
Peso carcassa fredda con zampe, g	2455	2407	2459	2404	2163	2700	<0,001	<0,001	<0,001	0,22	0,18	<0,01	0,46	186
Resa a freddo con zampe, %	77,0	76,7	76,8	76,9	76,2	77,5	0,04	0,12	<0,001	0,39	0,54	0,05	0,10	1,54
Carcasse al laboratorio, n	128	127	127	128	127	128								
Peso carcassa fredda senza zampe, g	2369	2322	2364	2326	2102	2589	0,03	0,07	<0,001	0,66	0,55	<0,01	0,46	165
Resa a freddo senza zampe, %	73,9	73,5	73,6	73,9	73,4	74,1	0,04	0,08	<0,001	0,78	0,54	0,23	0,03	1,41
Dissezione carcassa dopo 48 h, n	64	64	64	64	64	64								
Peso carcassa fredda a 48 h (CF), g	2330	2300	2335	2296	2073	2558	0,35	0,22	<0,001	0,78	0,98	0,06	0,48	180
Perdite di conservazione a 48 h, %	1,49	1,42	1,43	1,47	1,50	1,41	0,21	0,43	0,11	0,46	0,10	0,84	0,97	0,31
Resa a 48 h, %	72,6	72,5	72,5	72,7	72,1	73,1	0,68	0,63	<0,001	0,59	0,25	0,62	0,06	1,42
Petto, % CF	40,6	39,5	39,9	40,1	40,3	39,7	0,06	0,68	0,34	0,23	0,31	0,24	0,29	3,27
Sovra-cosce, % CF	17,7	18,3	18,3	17,7	17,6	18,4	0,02	<0,01	<0,01	0,73	0,14	0,71	0,81	1,27
Fusi, % CF	12,9	12,7	12,7	12,8	12,6	13,0	0,22	0,53	<0,01	0,56	0,09	0,26	0,24	0,91
Cosce, % CF	30,7	31,1	31,1	30,6	30,3	31,5	0,25	0,10	<0,001	0,96	0,81	0,36	0,40	1,67
Ali, % CF	9,6	9,6	9,7	9,5	9,5	9,7	0,80	0,11	0,07	0,06	0,50	0,91	0,35	0,77

**Tabella 10.** Effetto del sistema di alimentazione, del tipo genetico e del sesso sulle caratteristiche reologiche del muscolo *P. major*.

	Razionamento (A)		Tipo genetico (T)		Sesso (S)		Probabilità						DSR	
	<i>ad libitum</i>	Razionati	Ross-308	Ross-708	Femmine	Maschi	A	T	S	A×T	A×S	T×S		A×T×S
Polli, n	64	64	64	64	64	64								
Ph	5,85	5,89	5,89	5,85	5,85	5,89	<0,01	0,04	<0,01	0,07	0,02	0,61	0,14	0,09
L*	46,1	45,4	45,3	46,2	45,6	45,9	0,10	0,02	0,43	0,63	0,36	0,06	<0,01	2,18
a*	-0,78	-0,77	-0,70	-0,84	-0,79	-0,76	0,92	0,13	0,69	0,86	0,60	0,84	0,10	0,52
b*	14,0	13,6	14,0	13,6	14,2	13,4	0,30	0,16	0,02	0,27	0,75	0,05	0,45	1,83
Perdite di scongelamento, %	10,4	9,81	10,7	9,59	10,5	9,78	0,24	0,04	0,20	0,09	0,42	0,21	0,68	2,86
Perdite di cottura, %	23,7	24,1	23,5	24,3	23,5	24,4	0,56	0,19	0,14	0,76	0,09	0,85	0,64	3,49
Sforzo di taglio, kg/g	3,50	3,52	3,55	3,47	3,33	3,69	0,94	0,73	0,12	0,58	0,20	0,73	0,40	1,28

**Tabella 11.** Effetto del sistema di alimentazione, del tipo genetico e del sesso sull'incidenza delle principali miopatie del petto.

	Razionamento (A)		Tipo genetico (T)		Sesso (S)	
	<i>ad libitum</i>	Razionati	Ross-308	Ross-708	Femmine	Maschi
Polli, n	128	128	128	128	128	128
<i>White striping classe</i>						
Grado 0, %	30,5 (39)	20,5 (26)	26,0 (33)	25,0 (32)	24,6 (31)	26,4 (34)
Grado 1, %	57,0 (73)	63,0 (80)	64,6 (82)	55,4 (71)	61,1 (77)	58,9 (76)
Grado 2, %	12,5 (16)	16,5 (21)	9,5 (12)	19,5 (25)	14,3 (18)	14,7 (19)
Probabilità	0,17		0,07		0,93	
<i>Incidenza White striping</i>						
Presenza, %	69,5 (89)	79,5 (101)	74,0 (94)	75,0 (96)	75,4 (95)	73,6 (95)
Probabilità	0,07		0,86		0,75	
<i>Incidenza Wooden breast</i>						
Presenza, %	13,3 (17)	11,1 (14)	11,8 (15)	12,6 (16)	8,0 (10)	16,3 (21)
Probabilità	0,60		0,85		0,04	

Le pronunciate differenze osservate nel secondo periodo hanno condizionato i risultati nell'intero periodo sperimentale, traducendosi in un vantaggio per gli animali Ross 308 sui Ross 708 (Tabella 6).

Dall'analisi dei dati settimanali (Tabella 7), è possibile evincere che è nell'ultima settimana di prova (la sesta) che i Ross 308 sono riusciti a mantenere un ritmo di accrescimento decisamente superiore a quello dei Ross 708 (91,6 g/d vs. 83,0 g/d;  $P < 0,001$ ) condizionando così le prestazioni dell'ultimo periodo in maniera rilevante.

Le differenze di peso fra animali di diverso tipo genetico hanno ragionevolmente condizionato le differenze nello sviluppo scheletrico, di modo che i più pesanti Ross 308 hanno presentato tibie con un diametro minimo e massimo superiore rispetto ai Ross 708, tuttavia senza differenze nello sforzo di frattura (Tabella 8).

Alla macellazione, le differenze di peso vivo fra Ross 308 e Ross 708 si sono riscontrate anche nel peso della carcassa, ma non sono state evidenziate differenze nelle rese e nell'incidenza del petto (Tabella 9). Solo l'incidenza delle sovracosce è risultata significativamente superiore nei Ross 308 (18,3% vs. 17,7%;  $P < 0,01$ ).

Gli effetti del tipo genetico sulla qualità della carne si sono esplicitati in un maggiore pH del *pectoralis major* nel caso dei Ross 308 (5,89 vs. 5,85;  $P < 0,05$ ) accompagnato da una minore

luminosità (45,3 vs. 46,2;  $P<0,05$ ) e da maggiori perdite di scongelamento (10,7% vs. 9,59%;  $P<0,05$ ) (Tabella 10).

In quanto alle miopatie, la percentuale di polli senza white striping è variata dal 26% dei Ross 308 al 25% dei Ross 708, ma la gravità della miopia è risultata tendenzialmente ( $P=0,07$ ) diversa nei due tipi genetici, con una miopia moderata nel 64,6% dei Ross 308 e nel 55,4% dei Ross 708 e una miopia severa nel 9,5% dei Ross 308 e nel 19,5% dei Ross 708 (Tabella 11).

### ***Effetto del sesso***

L'effetto del sesso è risultato evidente già alla fine del primo periodo (Tabella 6) e fin dalle prime settimane (Tabella 7) mantenendosi sempre lo stesso trend: le femmine hanno mostrato minori accrescimenti medi giornalieri (in tutto il periodo 62,8 g/d vs. 77,3 g/d;  $P<0,001$ ), minori consumi alimentari (102 g/d vs. 119 g/d;  $P<0,001$ ) e peggiori indici di conversione (1,63 vs. 1,54;  $P<0,001$ ) (Tabella 6). Dall'inizio alla fine della prova, le differenze fra i due sessi sono state esaltate (Tabella 7).

Va tuttavia rilevato che le differenze fra i due sessi sono risultate diverse nei due tipi genetici (interazione significativa tipo genetico  $\times$  sesso; Tabella 6 e Tabella 7). In particolare, al momento della macellazione, il divario di peso tra maschi e femmine è risultato maggiore nei Ross 708 (+713 g) rispetto ai Ross 308 (+581 g). Infatti, mentre i maschi dei due tipi genetici hanno raggiunto pesi vivi finali simili (3487 e 3497 g), il peso vivo delle femmine Ross 708 è risultato pari a soli 2774 g rispetto ai 2916 g delle femmine Ross 308. Le differenze di peso sono state determinate quasi esclusivamente da differenze di accrescimento nel secondo periodo (85,5 g/d e 79,3 g/d per le femmine Ross 308 e Ross 708; 104,5 g/d e 104,3 g/d per i maschi) che hanno condizionato l'accrescimento medio in tutto il periodo (64,4 g/d e 61,2 g/d per le femmine Ross 308 e Ross 708; 77,5 g/d e 77,2 g/d per i maschi) (Tabella 6).

Naturalmente, i maschi più pesanti e più sviluppati hanno presentato tibie di dimensioni maggiori e con una maggiore resistenza alla frattura ( $P<0,001$ ) (Tabella 8).

Alla macellazione, i maschi sono risultati più pesanti delle femmine, con maggiori pesi delle carcasse e superiori rese di macellazione. La differenza di resa a 48 ore dalla macellazione ha raggiunto il punto percentuale (72,1% nelle femmine vs. 73,1% nei maschi;  $P<0,001$ ) (Tabella 9). Nonostante le differenze di peso, tuttavia, non è cambiata la resa in petto fra maschi e femmine (in media 40%), mentre è risultata superiore nei maschi la proporzione di sovracosce e fusi, e quindi delle cosce (30,3% vs. 31,5%;  $P<0,001$ ) (Tabella 9).

La qualità della carne è risultata abbastanza simile nei due sessi per gli indici di colore e le perdite di scongelamento e cottura (Tabella 10); solo il pH finale del *pectoralis major* è risultato superiore nei maschi (5,85 vs. 5,89;  $P<0,01$ ) e l'indice del giallo maggiore nelle femmine (14,2 vs. 13,4;  $P<0,05$ ).

Infine, mentre non sono state osservate variazioni significative nel grado e/o nell'incidenza di white striping sul petto, la presenza di wooden breast è risultata significativamente diversa in funzione del sesso degli animali e minore nelle femmine rispetto ai maschi (8,0% vs. 16,3%;  $P<0,05$ ) (Tabella 11).

### ***Effetto della presenza di miopatie***

I risultati di macellazione misurati sugli animali in prova non sono risultati significativamente correlati con la presenza o meno di white striping (Tabella 12): il peso degli animali è risultato simile così come le carcasse hanno presentato una simile incidenza dei principali tagli commerciali. Gli effetti sulla qualità della carne si sono esplicitati su pH e colore piuttosto che su caratteristiche tecnologiche della carne (Tabella 13). In particolare, sul *pectoralis major* dei polli non affetti da WS, il pH è risultato significativamente superiore rispetto ai polli con WS (5,83 vs. 5,87;  $P<0,05$ ), mentre sono stati misurati maggiori valori di indice del rosso (-0,59 vs. -0,81;  $P=0,05$ ) e indice del giallo (14,5 vs. 13,7;  $P<0,05$ ) (Tabella 13).

Più rilevanti sono risultate le differenze fra animali non affetti da wooden breast e animali con WB, sia in termini di caratteristiche delle carcasse che di qualità del petto. In particolare, gli animali senza WB hanno presentato inferiori pesi vivi (3117 g vs. 3310 g;  $P=0,06$ ), pesi delle carcasse (2239 g vs. 2419 g;  $P<0,05$ ) e rese di macellazione (72,3% vs. 73,4%;  $P<0,01$ ), anche se non è risultata significativamente diversa la resa in petto (39,3% vs. 40,6%;  $P>0,10$ ) (Tabella 12). D'altra parte, anche se non è cambiato il pH e il colore del *pectoralis major*, le perdite di cottura (22,1% vs. 25,6%;  $P<0,001$ ) sono risultate significativamente superiori negli animali con WB rispetto agli animali che non presentavano questo difetto (Tabella 13). Ma è soprattutto lo sforzo di taglio del muscolo *pectoralis major* a essere influenzato nelle carcasse con WB, con valori del 49% superiori rispetto alle carcasse esenti dal difetto (2,84 kg/g vs. 4,23 kg/g;  $P<0,001$ ). Va infine messo in evidenza il fatto che, fra i 17 animali che presentavano WB sul *pectoralis*, ben 14 (82,3%) avevano anche WS (dati non riportati in tabella).

**Tabella 12.** Effetto della presenza di white striping e di wooden breast sulle caratteristiche della carcassa.

	White striping (WS)		Wooden breast (WB)		Probabilità		DSR
	Assente	Presente	Assente	Presente	WS	WB	
Polli, n	29	99	111	17			
Peso macellazione, g	3186	3240	3117	3310	0,52	0,06	388
Peso carcassa fredda a 24h (CF), g	2308	2351	2239	2419	0,50	0,02	298
Perdite conservazione, %	1,29	1,46	1,38	1,37	0,01	0,90	0,3
Resa a 24h, %	72,8	72,8	72,3	73,4	0,99	<0,01	1,5
Dissezione carcassa							
Petto, % CF	39,6	40,3	39,3	40,6	0,28	0,16	3,3
Sovra-cosce, % CF	18,0	18,0	18,1	17,8	0,98	0,49	1,4
Fusi, % CF	12,5	12,7	12,8	12,4	0,27	0,15	0,9
Cosce, % CF	30,5	30,7	30,9	30,3	0,61	0,19	1,8
Ali, % CF	9,81	9,59	9,70	9,70	0,19	0,99	0,8

**Tabella 13.** Effetto della presenza di white striping e di wooden breast sulle caratteristiche reologiche del muscolo *P. major*.

	White striping (WS)		Wooden breast (WB)		Probabilità		DSR
	Assente	Presente	Assente	Presente	WS	WB	
Polli, n	29	99	111	17			
pH	5,83	5,87	5,84	5,85	0,04	0,67	0,10
L*	46,1	45,8	45,7	46,2	0,49	0,44	2,31
a*	-0,59	-0,81	-0,62	-0,77	0,05	0,27	0,51
b*	14,5	13,7	14,4	13,8	0,04	0,17	1,85
Perdite di scongelamento, %	11,2	10,2	10,3	11,1	0,12	0,31	2,9
Perdite di cottura, %	24,0	23,8	22,1	25,6	0,79	<0,001	3,5
Sforzo di taglio, kg/g	3,57	3,50	2,84	4,23	0,79	<0,001	1,27

## Conclusioni

L'intensa selezione genetica ha favorito un miglioramento degli indici di conversione e della redditività dell'allevamento avicolo, ma negli ultimi anni ha anche selezionato animali che presentano difetti qualitativi, a volte limitati all'aspetto dei tagli più importanti (vedi white striping), a volte in grado di compromettere in misura importante anche la presentazione del prodotto e la sua utilizzazione (vedi wooden breast).

La prova svolta ha evidenziato che i tipi genetici più utilizzati oggi in Italia presentano diffusamente problemi di qualità della carne, legati alla presenza di miopatie che arrivano ad interessare il 75% degli animali controllati per il white striping e il 12% degli animali controllati per il wooden breast (l'82% dei quali presenta contemporaneamente anche white striping). Inoltre, la presenza di white striping modifica il pH e il colore del muscolo *pectoralis major*, mentre in presenza di wooden breast il muscolo pettorale presenta minore capacità di ritenzione idrica e, soprattutto, si presenta molto più duro. I polli con petti affetti da wooden breast sono anche quelli più pesanti pur non presentando differenze nello sviluppo del petto, mentre non è stata trovata questa associazione nel caso di white striping.

Tra i fattori controllati nella sperimentazione svolta, il razionamento alimentare ha comportato una riduzione della crescita e un miglioramento della conversione alimentare, ma alla fine della prova le differenze di peso fra gli animali si sono ridotte grazie all'accrescimento compensativo pur mantenendosi una diversa qualità della carcassa per incidenza dei tagli maggiori. Apparentemente, proprio il forte accrescimento compensativo ha contribuito al tendenziale aumento dell'incidenza di white striping nel muscolo pettorale degli animali sottoposti a razione rispetto a quelli alimentati sempre *ad libitum*. Le differenze fra i tipi genetici sono state piuttosto contenute, a parte la minor capacità di crescita nelle fasi finali delle femmine Ross 708 rispetto alle femmine Ross 308. Inoltre, sebbene non sia cambiata la percentuale totale di animali con miopatie, la gravità del white striping è risultata maggiore nei Ross 708 che nei Ross 308. In quanto al sexo, infine, i maschi hanno mostrato prestazioni più spinte rispetto alle femmine, ma anche un'incidenza doppia di wooden breast.

In conclusione, il white striping è risultato diffusamente presente ne gli animali e favorito da una condizione (razionamento alimentare) che ha aumentato il tasso di crescita degli animali nell'ultimo periodo di prova e da un tipo genetico piuttosto che un altro. Il wooden breast è risultato mediamente meno presente, maggiormente presente nei maschi piuttosto che nelle femmine e condizionato dal peso degli animali.



## Bibliografia

- ALLEN C.D., FLETCHER, D.L., NORTH CUTT, J.K., RUSSEL, S.M., (1998). The relationship of broiler breast colour to meat quality and shelf life. *Poultry Science* 77: 361-366.
- AVEC, (2013). Disponibile a: [www.avec-poultry.eu/annual-reports-overview/annual-report-2013](http://www.avec-poultry.eu/annual-reports-overview/annual-report-2013) (Accesso Luglio 2014).
- AVIAGEN (2014). Disponibile a: [www.aviagen.com](http://www.aviagen.com) (Accesso Luglio 2014).
- BARBUT, S., SOSNICKI, A.A., LONEGAN, S.M., KNAPP, T., CIOBANU, D.C., GATCLIFFE, L.J., HUFF-LONERGAN, E., WILSON, E.W., (2008). Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science* 79: 46-63.
- CAVANI C., PETRACCI M., (2008). Qualità della carne di coniglio. In: I. Romboli, M. Marzoni Fecia di Cossato, A. Schiavone, L. Zaniboni, S. Cerolini (eds.) *Avicoltura e Coniglicoltura. Le Point Veterinaire Italie*, Milano, Italy. pp. 503-517.
- CAVANI, C., PETRACCI, M., TROCINO, A., XICCATO, G., (2009). Advances in research on poultry and rabbit meat quality. *Italian Journal of Animal Science* 8: 741-750.
- CEROLINI S., (2008). *Avicoltura, Avicoltura intensiva e statistiche di produzione*. In: I. Romboli, M. Marzoni Fecia di Cossato, A. Schiavone, L. Zaniboni, S. Cerolini (eds.) *Avicoltura e Coniglicoltura. Le Point Veterinaire Italie*, Milano, Italy. pp. 13-23.
- CEROLINI S., (2008). *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. pp. 279-295.
- CIE, Commission International de l'Eclairage, (1976). *Official Recommendations on Uniform Colours Spaces, Colour Differences Equations and Metric Colours Terms, Supplement n. 2, Publication n. 15, Colorimetry*, Paris, France.
- COBB-VANTRESS, (2014). Disponibile a: [www.cobb-vantress.com](http://www.cobb-vantress.com) (Accesso Luglio 2014).
- DUCLOS, M.J., BERRI, C., LE BIHAN-DUVAL, E., (2007). Muscle growth and meat quality. *Journal Applied Poultry Research* 16: 107-112.
- FANATICO, A.C., CAVITT, L.C., PILLAI, P.B., EMMERT, J.L., OWENS, C.M., (2005). Evaluation of slower growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: meat quality. *Poultry Science* 84: 1785-1790.
- FAO, (2014). Disponibile a : <http://faostat.fao.org/> (Accesso Luglio 2014).

FLETCHER D.L., (2004). Further processing of poultry. In: G.C. Mead (ed.) Poultry Meat Processing and Quality. CRC Press, Florida. pp. 108-134.

GEESINK, G.H., ILIAN, M.A., MORTON, J.D., BICKERSTAFFE, R., (2000). Involvement of calpains in post-mortem tenderisation. A review of recent research. In: Proc. 60<sup>th</sup> New Zealand Society of Animal Production Conference, Hamilton, New Zealand, pp. 99–102.

HAVENSTEIN G.B., FERKET P.R., QURESHI M.A., (2003). Growth, livability, and feed conversion on 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. Poultry Science 82: 1500-1508.

HERNÁNDEZ P., GONDRET F., (2006). Rabbit meat quality. In: L. Maertens, P. Coudert (eds.) Recent Advances in Rabbit Sciences. ILVO, Melle Belgium. pp. 269-290.

ITO, Y., KAMISOYAMA, H., OSADA, N., (1986). Change in the functional and enzymatic properties of myofibrillar proteins during post mortem storage of rabbit muscle at varying temperatures. The Rabbit as a Model Animal and Breeding Object". Section II. Quality and Yield of Rabbit Products. In: Proc. 3<sup>rd</sup> International Colloquy, Rostock, 11-13 September, pp. 32-35.

KUTTAPAN, V.A., BREWER, V.B., CLARK, F.D., MCKEE, S.R., MEULLENET, J.F., EMMET, J.L., OWENS, C.M., (2009). Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillet. Poultry Science 88(E-Suppl.1): 136-137.

KUTTAPAN, V.A., GOODGAME, S.D., BRADLEY, C.D., MAUROMOUSTAKOS, A., HARGIS, B.M., WALDROUP, P.W., OWENS, C.M., (2012a). Effect of different levels of dietary vitamin E (DL- $\alpha$ -tocopherol acetate) on the occurrence of various degrees of white striping on broiler breast fillets. Poultry Science 91: 3230-3235.

KUTTAPAN, V.A., BREWER, V.B., APPLE, J.K., WALDROUPE, P.W., OWENS, C.M., (2012b). Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. Poultry Science 91: 2677-2685.

KUTTAPAN, V.A., LEE, Y.S., ERF, G.F., MEULLENET, J.F., MCKEE, S.R., OWENS, C.M., (2012c). Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. Poultry Science 91: 331-338.

KUTTAPAN, V.A., HUFF, G.R., HUFF, W.E., HARGIS, B.M., APPLE, J.K., COON, C., OWENS, C.M., (2013a). Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. Poultry Science 92: 339-345.

KUTTAPAN, V.A., BREWER, V.B., MAUROMOUSTAKOS, A., MCKEE, S.R., EMMERT, J.L., MEULLENET, J.F., OWENS, C.M., (2013b). Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillet. *Poultry Science* 92: 811-819.

LIEN, R.J., BILGILI, S.F., HESS, J.B., JOINER, K.S., (2011). Finding answers to green muscle disease. *Watt Poultry USA* 5: 15-18. Disponibile a: [http://www.wattagnet.com/Finding\\_answers\\_to\\_%E2%80%98green\\_muscle\\_disease%E2%80%99\\_in\\_poultry.html](http://www.wattagnet.com/Finding_answers_to_%E2%80%98green_muscle_disease%E2%80%99_in_poultry.html) (Accesso Agosto 2014).

LIEN, R.J., BILGILI, S.F., HESS, L.B., JOINER, K.S., (2012). Induction of deep pectoral myopathy in broiler chickens via encouraged wing flapping. *Journal of Applied Poultry Research* 2: 556-562.

MACRAE, V.E., MAHON, M., GILPIN, S., SANDERCOCK, D.A., MITCHELL, M.A., (2006). Skeletal muscle fibre growth and growth associated myopathy in the domestic chicken (*Gallus domesticus*). *British Poultry Science* 47: 264-272.

MALLIA, J.G., BARBUT, S., VAILLANCOURT, J.P., MARTIN, S.W., MCEWEN, S.A., (2000a). A dark, firm dry-like condition in turkeys condemned for cyanosis. *Poultry Science* 79: 281-285.

MALLIA, J.G., BARBUT, S., VAILLANCOURT, J.P., MARTIN, S.W., MCEWEN, S.A., (2000b). Roaster breast meat condemned for cyanosis: a dark firm dry-like condition? *Poultry Science* 79: 908-912.

MARELLI S., (2008). Avicoltura, Genetica e selezione. In: I. Romboli, M. Marzoni Fecia di Cossato, A. Schiavone, L. Zaniboni, S. Cerolini (eds.) *Avicoltura e Coniglicoltura*. Le Point Veterinaire Italie, Milano, Italy. pp. 25-37.

OUALI, A., TALMANT, A., (1990). Calpains and calpastatin distribution bovine, porcine and ovine skeletal muscles. *Meat Science* 28: 331-348.

PETRACCI, M., BAÉZA, E., (2011). Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features. *World's Poultry Science Journal* 67: 137-153.

PETRACCI M., CAVANI C., (2012). Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients* 4: 1-12.

PETRACCI, M., BIANCHI, M., M BETTI, M., CAVANI, C., (2004). Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. *Poultry Science* 83: 2086-2092.

PETRACCI, M., BIANCHI, M., BETTI, M., CAVANI, C., (2009). The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poultry Science* 88: 1518-1523.

PETRACCI, M., MUDALAL, S., BONFIGLIO, A., CAVANI, C., (2013). Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science* 92: 1670-1675.

PETRACCI, M., MUDALAL, S., BABINI, E., CAVANI, C., (2014a). Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. *Italian Journal of Animal Science*, 13: 179-183.

PETRACCI, M., MUDALAL, S., CAVANI, C., (2014). L15 Meat quality in fast growing broiler chickens. In: Proc. XIV European Poultry Conference, 23–27 June 2014, Stavanger, Norway, pp. 221-233.

PONTE, P.I.P., ALVES, S.P., BESSA, R.J.B., FERREIRA, L.M.A., GAMA, L.T., BRAS, J.L.A., FONTES, C.M.G.A., PRATES, J.A.M., (2008). Influence of pasture intake on the fatty acid composition, and cholesterol, tocopherols, and tocotrienols content in meat from free-range broilers. *Poultry Science* 87: 80-88.

SANDERCOCK, D.A., BARKER, Z.E., MITCHELL, M.A., HOCKING, P.M., (2009). Changes in muscle cell cation regulation and meat quality traits are associated with genetic selection for high body weight and meat yield in broiler chickens. *Genetics, Selection and Evolution* 41: 1-8.

SCHÖNFELDT, H.C., GIBSON, N., (2008). Changes in the nutrient quality of meat in an obesity context. *Meat Science* 80: 20-27.

SCHIAVONE A., (2008). Avicoltura, Nutrizione e alimentazione degli avicoli In: I. Romboli, M. Marzoni Fecia di Cossato, A. Schiavone, L. Zaniboni, S. Cerolini (eds.) Avicoltura e Coniglicoltura. Le Point Veterinaire Italie, Milano, Italy. pp. 179-262.

SIHVO, H.K., IMMONEN, K., PUOLANNE, E., (2014). Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle broilers. *Veterinary Pathology* 51: 619-623.

TUTZER, L., (2012). Indagine istochimica e morfometrica sulle fibre muscolari del m. Pectoralis Superficialis in polli di razza padovana pura e incroci. Tesi di Laurea. Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse animali e ambientali (DAFNAE), Università degli studi di Padova.

UNAITALIA, (2014). UNAITALIA: dati comparto avicolo 2013. Disponibile a: <http://www.unaitalia.com/UNAITALIAINFORMA/listacategorie/TabId/204/ArtMID/724/ArticleID/193/UNAITALIA-DATI-COMPARTO-AVICOLO-2013-STABILI-PRODUZIONE-E-CONSUMI-COMPLESSIVI-MA-200-BOOM-DEL-POLLO-IN-10-ANNI-184.aspx> (Accesso Luglio 2014).

USDA, (2008). National nutrient database for standard reference - Release 21. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC, USA.

WANG, Y., LEHANE, C., GHEBREMESKI, K., CREWFORD, M.A., (2010). Modern organic and broiler chickens sold for human consumption provide more energy from fat than protein. *Public Health Nutrition* 13: 400-408.

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.

ZANIBONI L., CEROLINI S., (2008). Avicoltura, Qualità, valore nutritivo e commercializzazione della carne avicola In: I. Romboli, M. Marzoni Fecia di Cossato, A. Schiavone, L. Zaniboni, S. Cerolini (eds.) *Avicoltura e Coniglicoltura. Le Point Veterinaire Italie*, Milano, Italy. pp. 356-367.