

Metabolismo *post mortem* dei muscoli e anomalie delle carni negli avicoli

Giulia Baldi (email: giulia.baldi4@unibo.it)

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Corso di Dottorato: Scienze e Tecnologie Agrarie, Ambientali e Alimentari

Curriculum: Scienze e Biotecnologie degli Alimenti; Ciclo di dottorato: XXXII; Anno di frequenza: II

Tutor: Massimiliano Petracchi; Co-tutor: Francesca Soglia

1. Stato dell'arte

La qualità della carne avicola è un concetto complesso che coinvolge un ampio numero di fattori, in grado di influenzare non solo la composizione e la struttura della carne, ma anche tutti i processi fisici e biochimici che avvengono nel muscolo dopo la morte dell'animale. Tra questi, la modalità e l'entità dell'acidificazione del muscolo *post mortem* sono elementi chiave nel definire la qualità finale della carne; il processo di acidificazione, infatti, influisce sulle proprietà funzionali delle proteine muscolari e, di conseguenza, su una grande varietà di attributi qualitativi quali colore, capacità di ritenzione idrica, texture e *shelf-life* chimico-fisica e microbiologica (Petracchi *et al.*, 2017). Il progresso genetico effettuato negli ultimi 30 anni, mirato all'ottenimento di genotipi a rapido accrescimento ed elevata resa dei muscoli pettorali, ha comportato delle modificazioni significative nel metabolismo muscolare. Da un punto di vista morfologico-funzionale, la selezione genetica ha infatti determinato un'ipertrofia delle fibre muscolari e un profondo cambiamento delle loro caratteristiche strutturali, funzionali e metaboliche (Berri *et al.*, 2007). Pertanto, il miglioramento genetico ha consentito un notevolissimo aumento delle rese di produzione, ma d'altra parte le carni ottenute dai tipi genetici moderni presentano una maggiore suscettibilità a presentare anomalie, quali White Striping, Wooden Breast e Spaghetti Meat, che negli ultimi anni hanno raggiunto incidenze preoccupanti per l'industria avicola (Kuttappan *et al.*, 2017). L'anomalia White Striping è caratterizzata dalla comparsa di striature bianche che si manifestano principalmente sulla superficie del muscolo *Pectoralis major*, mentre l'anomalia Wooden Breast consiste nella manifestazione di aree pallide, indurite e rigonfie nella zona craniale e caudale dei petti di pollo (Sihvo *et al.*, 2014). Infine, l'anomalia Spaghetti Meat è caratterizzata dalla perdita di integrità muscolare a livello della zona craniale del petto (Petracchi *et al.*, 2017). In generale, le carni affette da tali miopatie possono essere destinate al consumo umano in quanto non considerate pericolose per la salute dei consumatori. Tuttavia, in ragione della loro ridotta qualità nutrizionale e tecnologica e dell'aspetto visivo compromesso, vengono declassate e destinate alla trasformazione (macinati ed emulsionati). In questo contesto, le anomalie emergenti rappresentano un notevole problema per l'industria delle carni avicole. Pertanto, appare sempre più evidente la necessità di adottare strategie che a lungo termine siano in grado di ridurre l'incidenza di tali anomalie e di approfondire le conoscenze circa le implicazioni che esse hanno sulla qualità dei prodotti carnei.

2. Bibliografia

- Berri C, Bihan-Duval L, Debut M, Santé-Lhoutellier V, Baéza E, Gigaud V, Jègo Y, Duclos MJ (2007) Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens, *J Anim Sci* 85(8): 2005–2011.
- Kuttappan VA, Owens CM, Coon C, Hargis BM, Vazquez-A Non M. (2017) Research Note Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters, *Poult Sci* 96(8):3005–3009.
- Petracchi M, Soglia F, Berri C (2017) Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In Petracchi M, Berri C (Eds) *Poultry quality evaluation: quality attributes and consumer values*, UK: Woodhead Publishing, pp 51-75.
- Sihvo HK, Immonen K, Puolanne E (2014) Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers, *Vet Pathol* 51:619–623.

3. Obiettivi

Il presente progetto di tesi di dottorato è suddiviso in due principali linee di ricerca finalizzate alla valutazione dell'impatto delle anomalie muscolari sulla qualità delle carni avicole e lo studio del metabolismo *post mortem* di muscoli avicoli caratterizzati da un diverso metabolismo energetico. In particolare, tale progetto può essere suddiviso nelle seguenti attività, riepilogate nel diagramma di Gantt riportato in tabella 1:

A1) Ricerca bibliografica al fine di ottenere i protocolli di analisi e la documentazione necessaria per approfondire le conoscenze riguardanti le tematiche di interesse.

A2) Valutazione dell'impatto delle anomalie muscolari sulla qualità delle carni avicole attraverso l'analisi della composizione chimica e delle proprietà tecnologiche unitamente e alla caratterizzazione del profilo proteico ed istologico delle carni anomale. Approfondimento delle conoscenze esistenti attraverso l'utilizzo di metodologie avanzate, quali studi genetici ed analisi dei metaboliti presenti in muscoli affetti singolarmente o in maniera combinata dalle anomalie muscolari.

A3) Studio del metabolismo *post mortem* dei muscoli avicoli in una prima fase attraverso la caratterizzazione del profilo di acidificazione *post mortem* e successivamente mediante l'analisi dei fattori in grado di influenzare i processi biochimici che avvengono nei muscoli avicoli dotati di diverso metabolismo energetico.

A4) Scrittura e pubblicazione della tesi di dottorato, poster, articoli scientifici e presentazione orale

Tabella 1. Diagramma di Gantt dell'attività di ricerca del dottorato

Attività	Mese	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
A1) Ricerca bibliografica																			
A2) Anomalie muscolari delle carni avicole																			
1) Anomalia White Striping nel tacchino																			
1a) Composizione chimica																			
1b) Proprietà tecnologiche																			
2) Anomalie White Striping, Wooden Breast e Spaghetti Meat nel pollo																			
2a) Composizione chimica e proprietà tecnologiche																			
2b) Analisi del profilo proteico																			
2c) Frazionamento e quantificazione del collagene																			
2d) Analisi istologiche																			
2e) Analisi dei metaboliti																			
A3) Metabolismo <i>post mortem</i> dei muscoli avicoli																			
1) Caratterizzazione del profilo di acidificazione <i>post mortem</i>																			
2) Analisi dei fattori di variazione fra muscoli a diverso metabolismo																			
A4) Preparazione della tesi, poster e articoli																			

4. Stato di avanzamento della ricerca e principali risultati

Per quanto concerne le attività di ricerca inerenti l'obiettivo A.2, il primo studio ha riguardato la valutazione dell'effetto dell'anomalia White Striping sulla carne di tacchino, sulla quale non erano disponibili informazioni in letteratura (A2.1). I risultati ottenuti hanno consentito di evidenziare che i muscoli *P. major* di tacchino affetti da White Striping, sia in maniera moderata che severa, mostrano un peso superiore del 20% rispetto ai muscoli che non presentano alcuna anomalia. Tuttavia, la presenza di White Striping comporta una limitata modificazione della composizione della carne, se confrontato con quanto precedentemente osservato nel pollo da carne. Difatti, non è stata evidenziata alcuna differenza nelle caratteristiche tecnologiche e nel tenore di umidità, collagene e proteine, mentre solo i campioni affetti in modo grave hanno presentato un maggiore tenore in grassi (1,38 vs. 1,04%), a discapito del contenuto delle ceneri (1,22 vs. 1,32%). La presenza dell'anomalia White Striping esercita quindi un'influenza molto limitata sulle caratteristiche qualitative delle carni di tacchino, pertanto è ragionevole ipotizzare l'esistenza di una risposta fisiologica specie-specifica alle modificazioni a carico dello sviluppo muscolare indotte dalla selezione.

Successivamente sono stati svolti una serie di esperimenti finalizzati a valutare simultaneamente l'effetto esplicito dalle miopatie White Striping, Wooden Breast e Spaghetti Meat sulle principali caratteristiche qualitative, sulla composizione chimica e sul profilo proteico delle carni di pollo anomale, tramite l'impiego di metodiche tradizionali ed innovative, quali risonanza magnetica nucleare e calorimetria differenziale a scansione (A2.2). I risultati più interessanti sono riportati in tabella 2.

Tabella 2. Effetto delle anomalie White Striping (WS), Wooden Breast (WB) e Spaghetti Meat (SM) in funzione della localizzazione (superficiale, S vs. profonda, P) sulla composizione e sulla tenerezza dei muscoli *P. major* di pollo.

	Umidità (%)		Proteine (%)		Lipidi (%)		Ceneri (%)		Compressione (kg)	
	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
N	75,0 ^d	74,9 ^d	22,9 ^a	23,0 ^a	1,51 ^c	1,59 ^{bc}	1,58 ^a	1,49 ^{ab}	2,95 ^{bc}	2,01 ^c
WS	75,3 ^{cd}	75,1 ^{cd}	22,0 ^{abc}	22,5 ^a	2,05 ^{ab}	1,84 ^{abc}	1,59 ^a	1,51 ^a	3,53 ^{ab}	2,88 ^{bc}
WB	77,1 ^a	75,8 ^c	20,5 ^d	21,9 ^{abc}	2,12 ^a	1,80 ^{abc}	1,26 ^b	1,48 ^{ab}	4,45 ^a	3,41 ^{ab}
SM	76,7 ^{ab}	75,9 ^{bc}	21,0 ^d	21,6 ^{bcd}	1,84 ^{abc}	1,83 ^{abc}	1,38 ^{ab}	1,59 ^a	3,55 ^{ab}	2,92 ^{bc}
esm	0,10		0,13		0,05		0,03		0,11	
	<i>Probabilità</i>		<i>Probabilità</i>		<i>Probabilità</i>		<i>Probabilità</i>		<i>Probabilità</i>	
Anomalia (A)	***		***		*		*		*	
Posizione (P)	***		***		ns		ns		ns	
A x P	*		ns		ns		ns		ns	

^{a-d} = Valori medi contrassegnati da lettere diverse differiscono significativamente (P<0,05). ***= P<0,001; **= P<0,01; *= P<0,05; ns= non significativo. esm= errore standard della media.

Nel complesso, è stato evidenziato che la manifestazione delle anomalie Wooden Breast e Spaghetti Meat è associata ad un notevole aumento del tenore di umidità e ad una diminuzione del contenuto proteico, in particolar modo nella zona superficiale del muscolo dove la presenza di anomalie White Striping e Wooden Breast è altresì associata ad un aumento del tenore di lipidi. L'analisi della forza di compressione al 40% ha mostrato profonde modificazioni in

relazione alla presenza dell'anomalia Wooden Breast a prescindere dalla posizione di campionamento e, analogamente, l'analisi calorimetrica differenziale ha consentito di identificare un significativo incremento dell'entalpia di denaturazione delle proteine dello stroma, verosimilmente dovuto all'accumulo di collagene caratteristico di tale miopatia. Inoltre, tramite l'analisi elettroforetica è stato possibile evidenziare un aumento del contenuto di alcune proteine del citoscheletro (desmina e vimentina) e la presenza di alcuni frammenti proteici che confermano come i muscoli degli attuali ibridi commerciali siano interessati da profondi fenomeni di degenerazione e rigenerazione delle fibre muscolari, reputati alla base della comparsa di tali miopatie.

Nell'ambito dell'obiettivo A.3, l'attività di ricerca ha avuto come scopo quello di valutare la cinetica di acidificazione di tre differenti muscoli del pollo da carne, caratterizzati da diverso metabolismo *in vivo* e composizione in fibre (petto: *Pectoralis major*; fuso: *Peroneus Longus*; sovracoscia: *Extensor iliotibialis lateralis*) (A3.1). Il muscolo pettorale, composto pressoché interamente da fibre di tipo glicolitico, ha presentato un'acidificazione di maggiore entità rispetto a quanto riscontrato nel fuso (pH ultimo= 5,79 vs. 6,18, $P<0,001$) (Figura 1), mentre il muscolo iliotalibiale ha mostrato valori intermedi (5,99). Inoltre il petto, se paragonato al fuso, ha presentato una concentrazione notevolmente superiore di composti istidinici ad elevata capacità tampone (anserina e carnosina), in grado di agire come buffer nel muscolo al fine di mitigare un'eccessiva acidificazione (Figura 2). Difatti, il muscolo pettorale, in relazione allo spiccato metabolismo glicolitico, avrebbe dovuto presentare un'acidificazione *post mortem* più ampia rispetto ai muscoli della coscia. In aggiunta, il petto di pollo, se paragonato a carni di altre specie dotate di una simile composizione in fibre, ha esibito valori di pH ultimo più elevati: pertanto, l'elevato contenuto di composti istidinici potrebbe giustificare le differenze fra i valori di pH ultimo esistenti intra- ed inter-specie. Durante il secondo anno di attività saranno condotti ulteriori studi al fine di approfondire le conoscenze riguardanti il metabolismo *post mortem* dei muscoli avicoli e l'analisi dei fattori in grado di influenzare i processi biochimici che avvengono nei muscoli caratterizzati da un diverso metabolismo energetico *in vivo*.

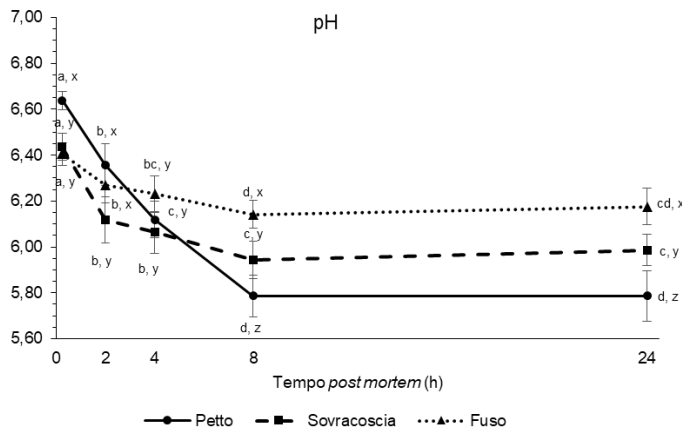


Figura 1. Andamento del pH nei muscoli del petto, sovracoscia e fuso a diversi tempi *post mortem*. ^{a-d}: valori contrassegnati da lettere diverse differiscono tra i tempi *post mortem* nell'ambito dello stesso muscolo ($P<0,05$). ^{x-z}: valori contrassegnati da lettere diverse differiscono tra i muscoli in corrispondenza del medesimo tempo *post mortem* ($P<0,05$).

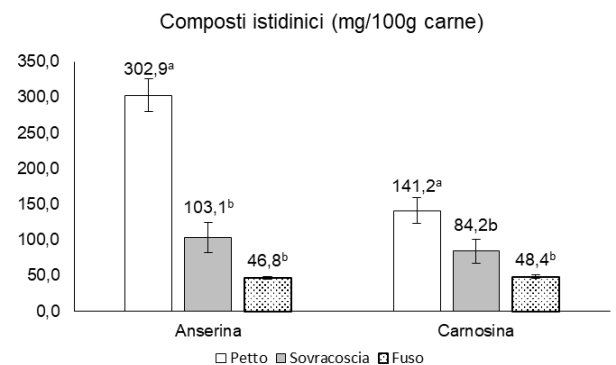


Figura 2. Concentrazione di anserina e carnosina (mg/100g carne) nei muscoli del petto, sovracoscia e fuso a 24h *post mortem*. ^{a-b}: valori contrassegnati da lettere diverse differiscono tra i muscoli ($P<0,05$).

5. Elenco delle pubblicazioni prodotte nell'ambito dell'attività di dottorato

Articoli pubblicati su riviste:

Baldi G, Soglia F, Mazzoni M, Sirri F, Canonico L, Babini E, Laghi L, Cavani C, Petracci M (2018) Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers, *Animal* 12(1):164-173.

Petracci M, Soglia F, Baldi G, Balzani L, Mudalal S, Cavani C (2018) Technical note: estimation of real rabbit meat consumption in Italy, *World Rabbit Sci* 26(1):91-96.

Soglia F, Baldi G, Laghi L, Mudalal S, Cavani C, Petracci M (2018) Effect of white striping on turkey breast meat quality, *Animal* 12: doi:10.1017/S1751731117003469.

Atti di convegno:

Baldi G, Soglia F, Laghi L, Cavani C, Petracci M (2017) A comparison of water distribution and protein oxidation between poultry and rabbit meat, *Ital J Anim Sci* 16:185-186.

Baldi G, Soglia F, Mazzoni M, Laghi L, Mudalal S, Cavani C, Petracci M (2018) *Post mortem* acidification pattern in chicken breast and leg muscles, 5th International Conference on Foodomics, pp. 48.

Petracci M, Baldi G, Soglia F, Mazzoni M, Sirri F, Canonico L, Babini E, Cavani C (2017) Effect of spaghetti meat abnormality on quality and histological traits of broiler breast fillets, *Ital J Anim Sci* 16:83.

Soglia F, Baldi G, Laghi L, Cavani C, Petracci M (2018) The effect of emerging muscular abnormalities on proximate composition and NMR relaxation properties of chicken breast meat, 5th International Conference on Foodomics, pp. 97.

