

Alma Mater Studiorum - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA
CORSO DI LAUREA IN TECNOLOGIE ALIMENTARI

EVOLUZIONE DELLA QUALITÀ DELLE CARNI AVICOLE DURANTE LA CONSERVAZIONE REFRIGERATA

*Relazione finale in
Produzioni animali (c.i.)*

Relatore:
Prof. Massimiliano Petracchi

Presentata da:
Luca Bonoli

Correlatori:
Dott.ssa Federica Balestra
Dott. Luca Canonico

Sessione II
Anno Accademico 2014-2015

INDICE

CAPITOLO 1

COMMERCIALIZZAZIONE DELLE CARNI AVICOLE

1.1 Comparto avicolo mondiale.....	1
1.2 Comparto avicolo nazionale	3
1.3 Evoluzione e tipologie del pollo da carne	7
1.4 Tendenze nella commercializzazione della carne avicola	9

CAPITOLO 2

QUALITÀ DELLE CARNI AVICOLE

2.1 Composizione	13
2.2 Acidificazione <i>post mortem</i> e pH.....	14
2.3 Colore	17
2.4 Capacità di ritenzione idrica	20
2.5 Tessitura	21

CAPITOLO 3

CONFEZIONAMENTO DELLE CARNI AVICOLE

3.1 Funzioni del packaging	25
3.2 Tipologie di confezionamento	29

CAPITOLO 4

SPERIMENTAZIONE

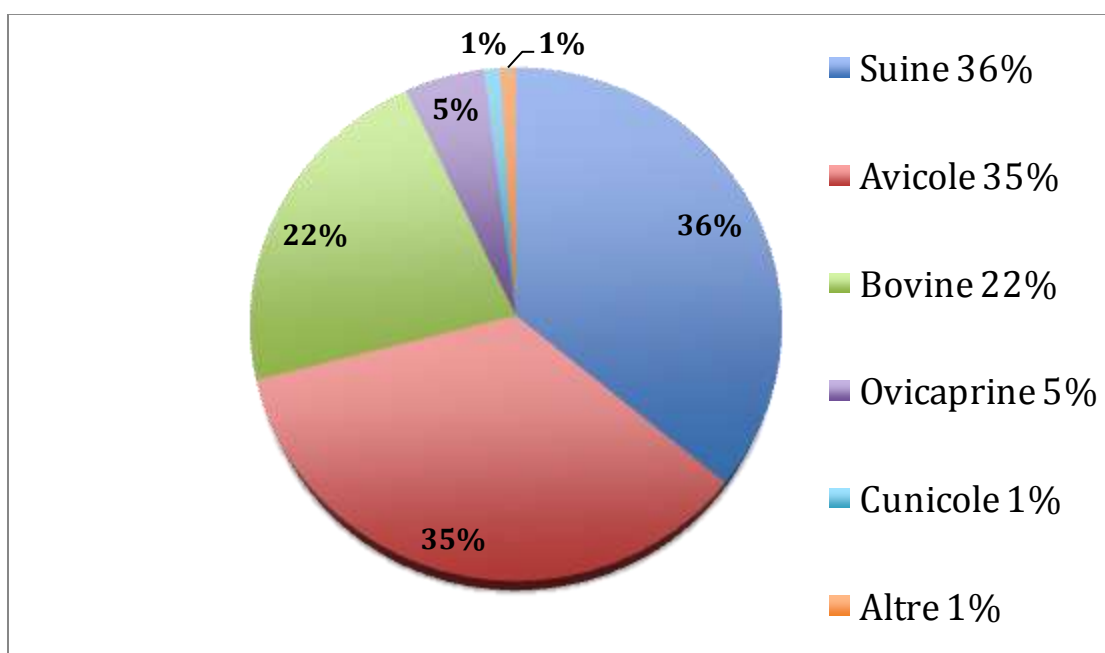
4.1 Argomento e scopo dello studio.....	39
4.2 Materiali e metodi.....	40
4.2.1 Caratterizzazione delle carni	40
4.2.2 Analisi dei gas nello spazio di testa delle confezioni	42
4.2.3 pH	42
4.2.4 Colore.....	44
4.2.5 Perdita di liquido per cottura e test di taglio sulle fette di petto di pollo.....	45
4.3 Risultati e discussione	48
4.3.1 Concentrazione dei gas nello spazio di testa delle confezioni ...	48
4.3.2 pH	51
4.3.3 Colore.....	53
4.3.3.1 Carne.....	53
4.3.3.2 Pelle (sovracosce)	57
4.3.4 Perdita di peso per cottura e sforzo di taglio (tenerezza) del petto di pollo a fette	59
4.4 Conclusioni	61
 BIBLIOGRAFIA.....	 63

COMMERCIALIZZAZIONE DELLE CARNI AVICOLE

1.1 Comparto avicolo mondiale

A livello mondiale, la maggior parte della produzione di carne (93%) deriva dall'allevamento delle specie suine (36%), avicole (35%) e bovine (22%). Come si osserva nella figura 1.1, il restante 7% della produzione è riconducibile a carni ovi-caprine (5%), cunicole (1%) e di altre specie (1%) (Faostat, 2012).

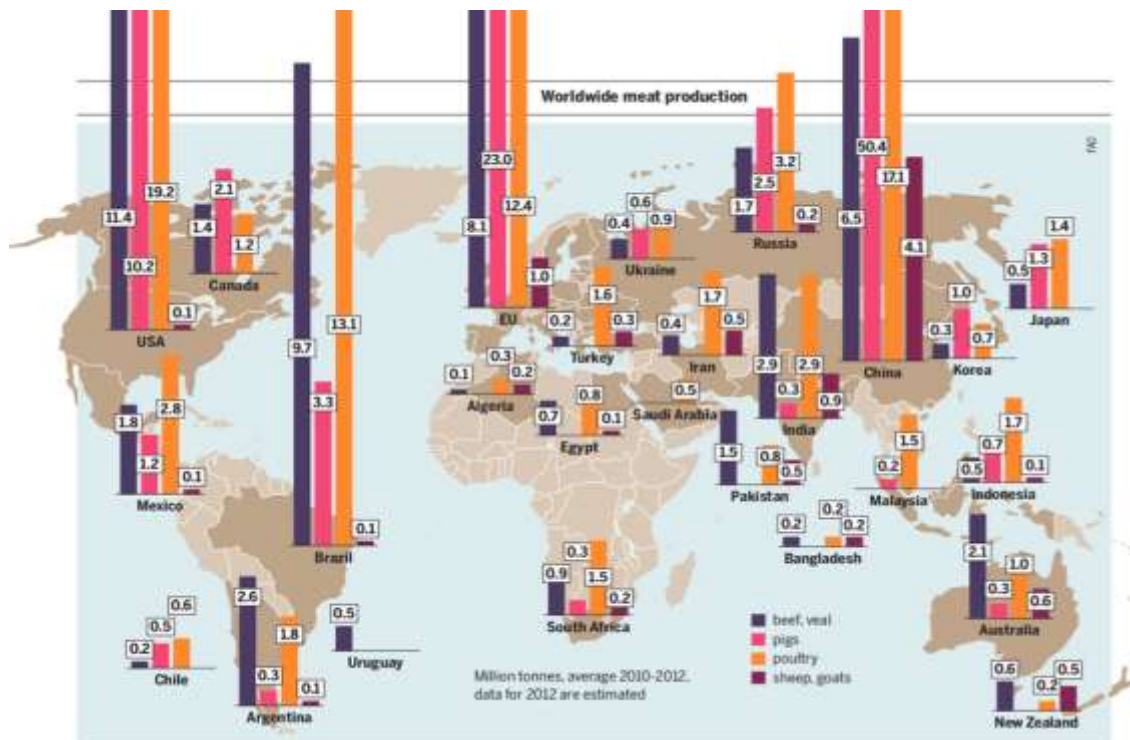
Figura 1.1: Produzione di carni a livello mondiale (FAOSTAT, 2012).



I livelli di consumo di carne variano in tutto il mondo, a seconda delle preferenze culturali o religiose, nonché delle condizioni economiche.

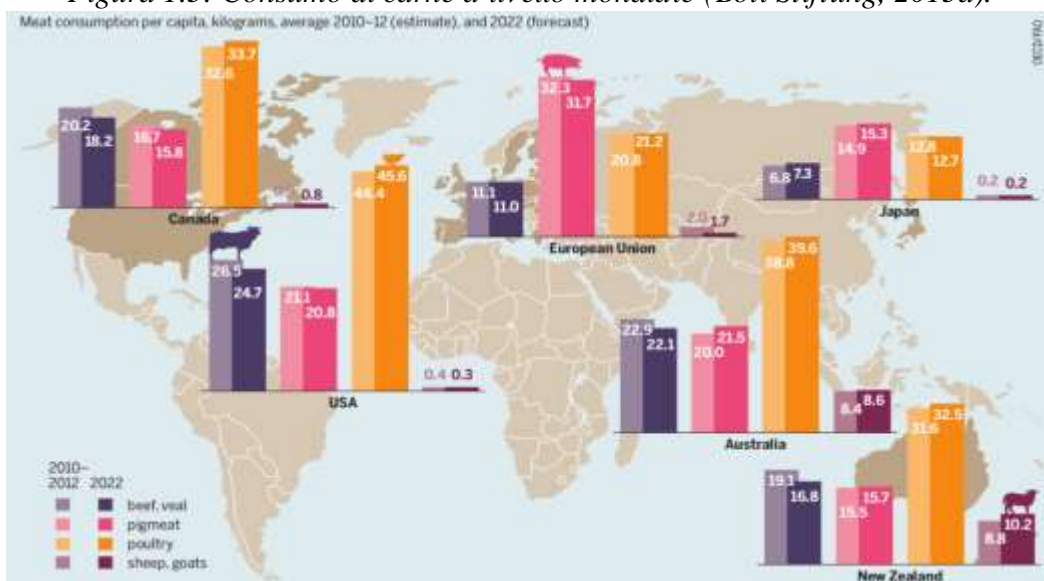
La produzione avicola nel mondo è in costante aumento da diversi decenni (Figura 1.2) e rappresenta oggi una delle produzioni principali del comparto zootecnico (Cerolini, 2008a).

Figura 1.2: Produzione di carne a livello mondiale (Boll Stiftung, 2013b).



I consumi di carne nel mondo evidenziano un'espansione globale delle carni avicole; negli Stati Uniti, il consumo apparente di carne avicola è pari a 44,4 kg pro-capite, il doppio rispetto quello di carne suina; mentre in Europa, la carne suina rimane al primo posto con un consumo pari a 32,3 kg pro-capite, seguita dagli avicoli, il cui consumo negli ultimi anni sta comunque aumentando notevolmente (figura 1.3).

Figura 1.3: Consumo di carne a livello mondiale (Boll Stiftung, 2013a).



1.2 Comparto avicolo nazionale

Anche in Italia si è assistito ad una progressiva crescita del settore avicolo. In particolare, dal 1911 al 1940, con la sola eccezione di una lieve diminuzione negli anni della prima guerra mondiale, il numero di capi allevati è passato da 62 a 68 milioni, di cui l' 87-88% era però rappresentato da galline, la cui produzione di carne è passata da circa 50.000 a 65.000 tonnellate. Nello stesso arco temporale, i consumi annui *pro-capite* di carne sono passati da 1,4 a 1,6 kg e, nello stesso periodo, la popolazione è aumentata da poco meno di 36 milioni a più di 44 milioni di persone. Negli anni della seconda guerra mondiale, si è assistito ad una diminuzione dei consumi e quindi delle produzioni; il numero dei capi allevati è sceso a 52 milioni, la produzione di uova era di poco inferiore a 4 miliardi di pezzi e quella della carne si attestava intorno a 48.000 tonnellate. L'allevamento di broiler, che nel 1950 contava poco più di 32 milioni di capi, ha superato i 400 milioni di polli a partire dal 1978 (Pignattelli & Sforzi, 2015).

Nel 1955, in Italia, si producevano 99.000 tonnellate di carni avicole e se ne consumavano circa 117.000, mentre solo dieci anni dopo la produzione era praticamente quintuplicata (580.000 tonnellate) ed era in grado di soddisfare la domanda interna. Nel 1978, produzione e consumi sono cresciuti ulteriormente, giungendo a una produzione di circa 316.000 tonnellate in più di polli e tacchini rispetto al 1968; anche i consumi hanno seguito la stessa tendenza e si è assistito ad un aumento pari a 336.000 tonnellate.

Nel 1988, il trend di crescita è proseguito più lentamente rispetto ai decenni precedenti, con produzioni che si sono assestate intorno alle 969.600 tonnellate e consumi di circa 1.013.400 tonnellate (tabella 1.1).

Tabella 1.1. Evoluzione della produzione e del consumo di carni avicole in Italia dal 1968 al 2014
(Cerolini, 2008a,b; FAO, 2005; Unaitalia, 2015).

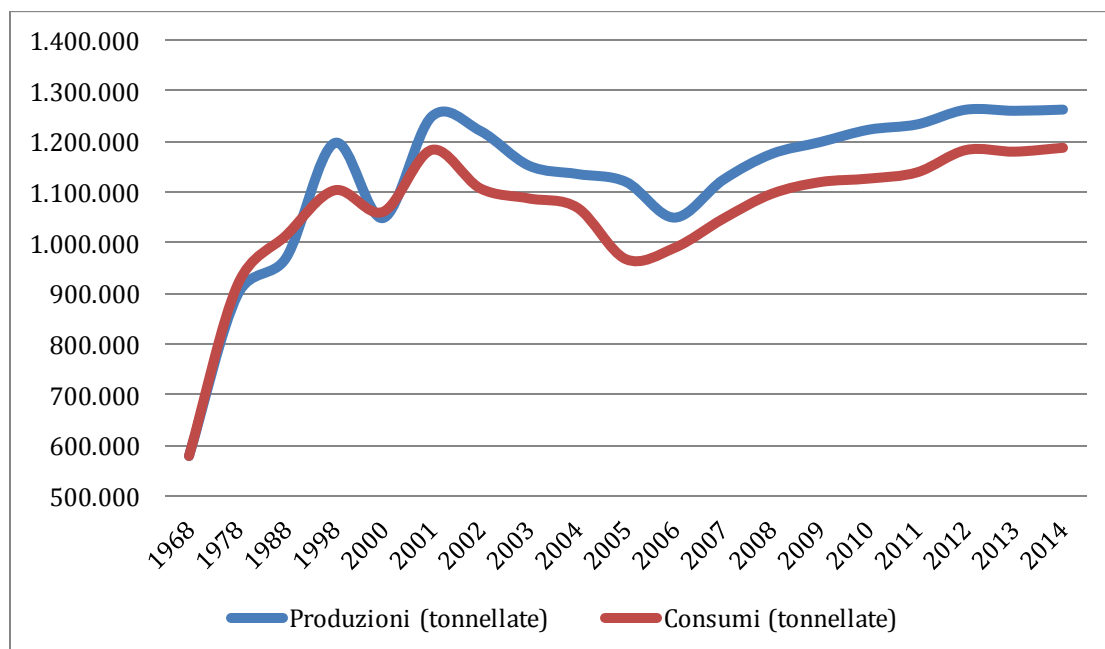
Anno	Produzioni (tonnellate)	Saldo import/export	Consumi (tonnellate)
1968	580.000	0	580.000
1978	896.770	19.500	916.270
1988	969.600	16.800	1.013.400
1998	1.195.500	- 93.300	1.102.200
2000	1.048.000	12.000	1.060.000
2001	1.247.600	- 66.000	1.181.600
2002	1.219.300	-113.400	1.105.900
2003	1.151.000	- 64.800	1.086.200
2004	1.134.500	- 66.600	1.067.900
2005	1.119.000	- 103.800	966.700
2006	1.048.800	- 107.500	989.000
2007	1.123.000	- 76.800	1.046.200
2008	1.174.000	- 78.800	1.095.200
2009	1.197.300	- 79.000	1.118.300
2010	1.221.700	- 97.500	1.125.200
2011	1.232.200	- 94.600	1.137.600
2012	1.261.000	- 79.700	1.181.300
2013	1.258.800	- 80.700	1.178.100
2014	1.261.200	- 75.500	1.185.700

Dieci anni dopo la produzione di carne avicola soddisfaceva completamente il consumo interno, tanto che piccole quantità venivano destinate all'export e per questa ragione il saldo import/export risultava negativo.

La quantità di carne avicola totale prodotta è aumentata di altre 225.900 tonnellate tra il 1988 e il 1998, e parallelamente si rileva un leggero aumento anche nei consumi.

Il comparto è relativamente equilibrato con oscillazioni annuali ridotte, il consumo medio nazionale è leggermente inferiore a quello medio europeo pari a 20,1 kg/anno/pro-capite nello stesso periodo.

Figura 1.4 Produzione / consumo avicoli 1968 – 2014 (Cerolini, 2008a,b; FAO, 2005; Unaitalia, 2015).



Il 2001 risulta un anno positivo per il comparto carni avicole, infatti, si osserva un aumento consistente dei consumi sostenuto da un contemporaneo aumento della produzione in seguito all'emergenza BSE, che ha determinato una disaffezione del consumatore nei confronti delle carni bovine (Cerolini, 2008a).

Tuttavia, questa tendenza positiva per il settore avicolo ha avuto una breve durata e già nel 2002, si osserva un'inversione di tendenza, con una diminuzione dei consumi e della produzione che si protrae fino al 2005 ed in pratica si ritorna ai valori dell'anno 2000, precedenti all'emergenza BSE (figura 1.4).

Diversi sono i motivi responsabili di questa contrazione e della conseguente riduzione di competitività dei prodotti avicoli sul mercato; tra le principali cause troviamo: i ricarichi operati dalla distribuzione sul prezzo di vendita della carne avicola che facevano seguito ad una politica a favore della vendita di carne bovina; la concorrenza esercitata da paesi terzi come il Brasile, che sul mercato europeo ha

progressivamente eroso le capacità di esportazione dei Paesi Europei unitamente ad un calo generalizzato dei consumi di carni.

Nel 2005, si riscontra l'allarme per l'influenza aviaria che determina una crisi dei consumi (sino al 79%) e dei prezzi (sino al 50%) da settembre 2005 a marzo 2006. Circa il 31% della carne di pollo prodotta nel periodo settembre/dicembre 2005 risulta eccedente e rimane giacente in depositi frigoriferi nazionali. Nel 2005, rispetto all'anno precedente, il consumo/anno/*pro-capite* di carne avicola scende del 9,5%, il saldo import/export aumenta del 56% circa e il PLV diminuisce del 17,6%.

L'effetto influenza aviaria si esaurisce nei primi mesi del 2006 e l'andamento globale dell'anno registra una positiva ripresa dei consumi e anche dei prezzi alla produzione. La ripresa continua nel 2007, con un aumento del volume produttivo e un ulteriore aumento del consumo (Cerolini, 2008a).

Dal 2007 al 2014, la produzione mostra un notevole assestamento, con un progressivo aumento dei consumi.

Tabella 1.2. Dati relativi alle carni di pollo e tacchino prodotte in Italia nel 2014 (Unaitalia, 2015).

(tonn. x 000)	Pollo	Tacchino	Tot. carni avicole
Produzione (tonn. x 000)	872,7	310,0	1.261,2
Importazione (tonn. x 000)	72,8	17,6	94,5
Esportazione (tonn. x 000)	98,1	66,9	170,0
Utilizzazione interna (tonn. x 000)	847,4	260,7	1.185,7
Consumo (kg/pro-capite)	13,89	4,27	19,45
% di auto- approvvigionamento	103,0	118,9	106,4

La quantità di carni di pollo esportata oggi giorno equivale al 10% della produzione totale, mentre quella di tacchino al 22% circa; questo dato evidenzia

l'importanza del nostro Paese sul mercato globale per quanto riguarda questa particolare produzione avicola .

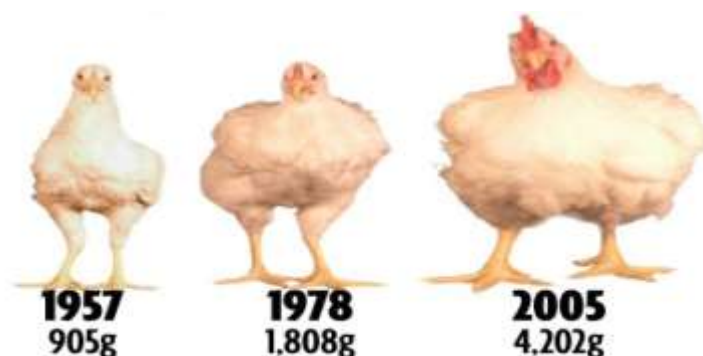
L'Italia è largamente autosufficiente per quanto riguarda l'approvvigionamento di carni avicole; in percentuale il grado di autoapprovvigionamento è di circa il 106,4% e nello specifico troviamo il 103,0% per carni di pollo e addirittura il 118,9% delle carni di tacchino (Cerolini, 2008a). Il successo delle carni avicole è dovuto a diversi fattori quali il basso prezzo per il consumatore, l'immagine salutistica legata alla limitata presenza di lipidi rispetto ad altre tipologie di carni, la facile reperibilità e la versatilità in campo gastronomico. Il trend positivo di aumento delle produzioni avicole globali si ritiene possa proseguire anche nei prossimi anni (Unaitalia, 2015).

1.3 Evoluzione e tipologie del pollo da carne

Il pollo (dal latino *gallus gallus*) è la principale specie avicola allevata a livello mondiale sia per la produzione di uova che carne. Anche nei Paesi definiti “in via di sviluppo”, d'altra parte, il pollo rappresenta la specie più sfruttata a fini alimentari, non essendoci restrizioni di natura religiosa o di costume. Inoltre il suo breve ciclo biologico, la sua adattabilità ad ambienti differenti facilitano il suo allevamento. Secondo fonti FAO la consistenza mondiale attuale di polli sarebbe di 6.500 milioni pari a circa 1,5 capi per abitante (Romboli, 2008).

Per la produzione industriale si utilizzano ibridi selezionati frutto di un'intensa selezione genetica, finalizzata a diminuire i tempi ed i costi di produzione; di conseguenza sul mercato si possono trovare ceppi altamente selezionati sia per la produzione di carne (broiler) che per la produzione di uova (ovaiole) (Cerolini, 2008a).

Figura 1.5. Confronto tra ibridi commerciali impiegati nella produzione del broiler
(Zuidhof et al., 2014)



Il termine inglese “broiler” veniva usato per indicare i polli da carne adatti alla cottura alla griglia, invece, adesso viene utilizzato generalmente per indicare polli appartenenti a ibridi commerciali a rapido accrescimento allevati con sistemi di tipo intensivo. Tuttavia in Europa ci sono grosse differenze per quanto riguarda le loro caratteristiche.

Il peso e l’età alla macellazione possono variare rispettivamente da 1 a 4 kg e dai 30 ai 55 giorni. In Italia, si producono essenzialmente tre tipologie (Bittante *et al*, 2005):

1) Il pollo leggero, macellato a un’età di 32-37 giorni, alla macellazione raggiunge un peso di 1,5-1,7 kg. È destinato prevalentemente alle rosticcerie o a essere commercializzato intero.

2) Il pollo medio, macellato a un’età di 42-48 giorni, alla macellazione raggiunge un peso di circa 2,5 kg. È destinato alla trasformazione (sezionati o terza-quarta gamma).

3) Il pollo pesante, destinato alla produzione di elaborati e trasformati, alla macellazione raggiunge un peso superiore ai 3 kg a un’età di circa 50-55 giorni.

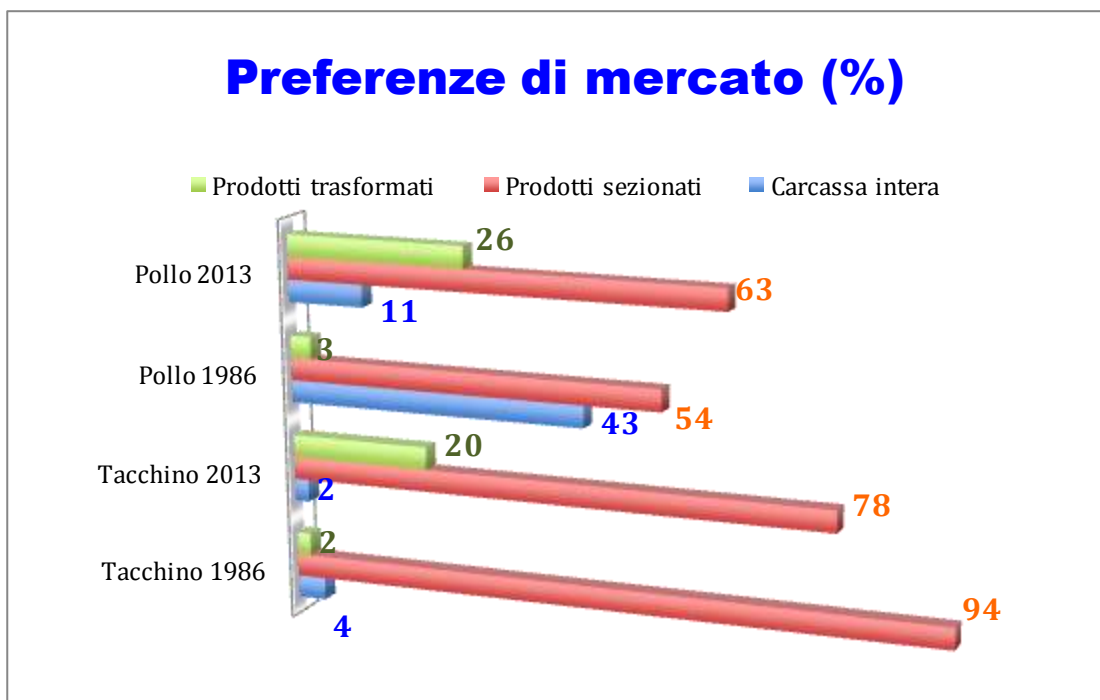
In alcune zone, è possibile trovare un’ulteriore categoria di peso, “il polletto” destinato alla rosticceria con un peso intorno a 1 kg e un’età di 25 giorni.

1.4 Tendenze nella commercializzazione della carne avicola

Il mercato delle carni avicole, fino qualche decennio fa era costituito da carne proveniente dalla macellazione di soggetti adulti o da animali a fine ciclo di ovodeposizione; per tale motivo, la carne avicola era considerata un sottoprodotto della produzione delle uova.

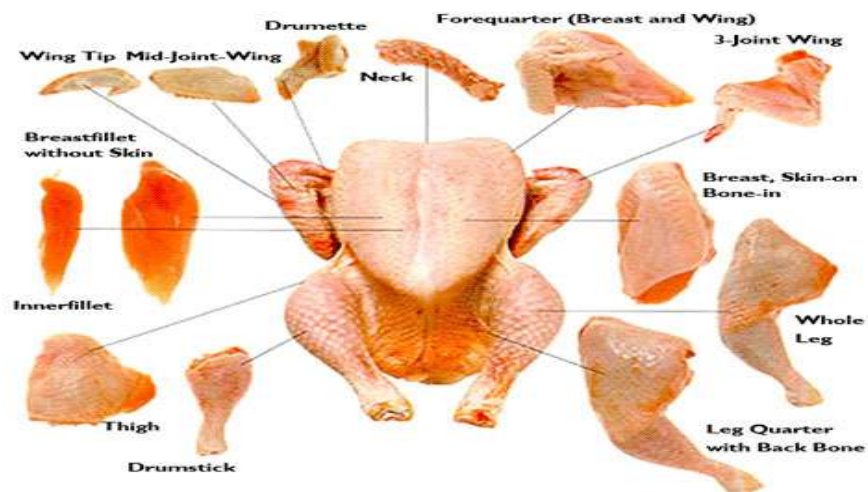
Oggi questo punto di vista è cambiato, il settore delle carni avicole proviene principalmente da soggetti giovani ed è del tutto indipendente dal settore uova. Si è quindi assistito a un radicale cambiamento nelle modalità di consumo della carne, infatti, mentre fino agli anni '90 il pollo veniva venduto e consumato prevalentemente sotto forma di carcassa intera e prodotto sezionato, oggi giorno le carni vengono commercializzate principalmente sotto forma di prodotto trasformato e sezionato (tagli anatomici di particolare interesse sono il petto e la coscia).

Figura 1.6. Forme di commercializzazione delle carni avicole in Italia (Unaitalia, 1986-2013).



Negli ultimi anni, l'industria di trasformazione della carne ha concentrato la propria attenzione sulla messa a punto di prodotti sezionati e trasformati che, essendo dotati di un certo livello di "convenience", sono in grado di rispondere alle esigenze dei consumatori moderni (figura 1.7).

Figura 1.7 Sezionamento della carcassa intera di pollo (fonte: <http://21food.com>).



Oggi giorno i prodotti sezionati e trasformati rappresentano circa il 40% del mercato delle carni avicole in Italia.

La gamma dei prodotti elaborati include: spiedini, polpette, cordon bleu, cotolette, wurstel, hamburger, arrosti già pronti o involtini di pollo.

I prodotti carnei commercializzati vengono distinti in gamme in funzione delle caratteristiche che li contraddistinguono e dei processi di trasformazione che hanno subito. In particolare è possibile identificare prodotti di:

- **prima gamma:** pollo intero non cotto;



- **seconda gamma:** sezionati (cosce, ali, fusi, petti);



- **terza gamma:** preparati non cotti, carni pronte a esser cucinate (hamburger, spiedini, polpettone);



- **quarta gamma:** preparati precotti (cotolette, cordon bleu);



- **quinta gamma:** trasformati pronti al consumo già cotti (salumi, wurstel, rollè).



QUALITÀ DELLE CARNI AVICOLE

2.1 Composizione

La composizione chimica dei muscoli scheletrici e conseguentemente della carne, è fortemente influenzata da innumerevoli fattori quali specie, tipo genetico, età di macellazione, regime e tipo di alimentazione, modalità di lavorazione, conservazione delle carcasse e molti altri, senza trascurare il tipo di muscolo di derivazione (Bianchi *et al*, 2004).

Pertanto, risulta difficile indicare una composizione media della carne riferibile con buona approssimazione a tutte le molteplici varietà di specie zootecniche destinate a tali produzioni. Ciò ovviamente si osserva anche nelle carni avicole, la cui composizione varia in funzione della medesime variabili. Nella categoria delle carni avicole (Reg. CE 1906/90) rientrano il pollo, il tacchino, l'anatra, la faraona e l'oca (Cerolini & Zaniboni, 2008). Nella Tabella 2.1 è riportata la composizione in acqua, proteine, grassi, ceneri e il contenuto energetico di alcune di esse.

Tabella 2.1 Composizione chimica e valori energetici relativi a carni di alcune specie avicole (USDA, 2015)

Componenti	Carne di Pollo (100g)	Carne di Tacchino (100g)	Carne di anatra, domestica (100g)	Carne di oca domestica (100g)
Acqua (g)	75,46	75,37	73,77	68,3
Energia (kcal)	119	112	135	161
Energia (kJ)	498	467	566	/
Proteine (g)	21,39	22,64	18,28	22,75
Lipidi totali (g)	3,08	1,93	5,95	7,13
Ceneri (g)	0,96	1,04	1,06	/
Carboidrati, per differenza (g)	0	0	0	0

Le carni avicole comprendono sia tagli con prevalenza di fibre rosse che altri in cui sono più abbondanti le fibre bianche e ciò determina differenti profili nutrizionali. Tendenzialmente, le carni avicole che derivano da muscoli contenenti prevalentemente fibre rosse sono rappresentate da quelle ottenute da anatra ed oca. Ciò è dovuto alla più sviluppata capacità di volo prolungato caratteristico di queste specie, che rende necessaria la presenza di fibre a metabolismo ossidativo. In generale, le carni bianche con prevalenza di fibre glicolitiche hanno un minore contenuto in grassi ed uno maggiore in acqua e proteine rispetto a quelle rosse.

2.2 Acidificazione *post mortem* e pH

Le caratteristiche qualitative della carne avicola sono molteplici (pH, ritenzione idrica WHC, colore, tessitura, tenerezza, suscettibilità all'ossidazione, odore, sapore, etc.).

La misurazione del pH muscolare *post mortem* rappresenta il metodo più utilizzato per valutare la velocità e le condizioni di trasformazione del muscolo in carne. Tale misura, valutata a livello del muscolo *Pectoralis major* (petto), permette una buona valutazione, considerando che a tale livello il tessuto connettivo non interferisce con la misurazione (Bianchi et al. 2006). La valutazione del pH nel petto è più importante che nella coscia, poiché il muscolo del petto è maggiormente soggetto a problemi di qualità per la sua abbondanza di fibre bianche e per il suo metabolismo prevalentemente glicolitico.

Il pH è associato ad alcune caratteristiche organolettiche quali colore, tenerezza e succulenza, anche se, per tali parametri, negli avicoli il valore predittivo del pH è inferiore rispetto a quanto riscontrabile nel suino e nel bovino.

In seguito alla macellazione, avviene il processo di trasformazione del muscolo in carne durante il quale i diversi parametri del muscolo quali pH, temperatura, concentrazione di ossigeno e di anidride carbonica si modificano e sono strettamente in relazione con la qualità della carne (Barbut, 2002b).

Il pH del tessuto muscolare dell'animale *in vivo* è tendenzialmente neutro (pH 7,0-7,2). Durante la fase *post mortem* si arresta il flusso sanguigno nel muscolo e

questo determina, a sua volta, una diminuzione della concentrazione di ossigeno, un aumento della concentrazione di anidride carbonica e l'interruzione della sintesi di ATP, principale fonte di energia muscolare. Si ha quindi l'arresto della respirazione cellulare e si instaurano numerosi fenomeni che determinano principalmente la riduzione del pH e la modificazione della microstruttura del muscolo.

La riduzione di pH è più rapida negli uccelli rispetto i mammiferi, a causa della temperatura corporea più elevata e delle contrazioni muscolari più intense che si verificano durante il dissanguamento. Ciò determina una riduzione significativa del pH già pochi minuti dopo la morte. La caduta del pH è associata alla progressiva modificazione della struttura e delle proprietà del muscolo, il quale entra nella fase di *rigor mortis* mediamente dopo 30-60 minuti dalla morte. Ciò si risolve poi mediamente dopo 5-8 ore.

A differenza degli altri animali, in cui l'evoluzione del pH è influenzata dalla temperatura ambientale e della carcassa, negli uccelli la correlazione temperatura e pH sembra ridotta, mentre esiste (come per altri animali) una stretta relazione tra evoluzione del pH e tipo di fibre che compongono il muscolo. Questo è già evidente dopo 10-20 minuti dalla morte, quando il pH del petto, caratterizzato da muscoli a metabolismo prevalentemente glicolitico, oscilla tra 6,2 e 6,8, mentre quello della coscia, caratterizzato da fibre a metabolismo ossidativo, è leggermente più alto e varia entro valori compresi tra 6,5 e 6,9. La fase di rapida riduzione del pH si realizza entro la prima ora post *mortem* e, successivamente, tale riduzione ha un andamento più lento. Dopo 8 ore, quando il *rigor mortis* si è concluso, il pH del petto e della coscia risultano essere rispettivamente di 5,7 e 5,9.

Successivamente e fino alle 24 ore post *mortem*, si ha una minima riduzione del pH, il quale viene comunque considerato finale a 24 ore post *mortem*.

Parallelamente alla riduzione del pH, si riduce progressivamente la capacità di ritenzione idrica (WHC) della carne, che risulta massima a pH elevato, quindi prima che si instauri il *rigor mortis*. La riduzione della WHC deriva dalla modificazione della struttura del tessuto muscolare e dalla riduzione del pH. Infatti, le proteine contrattili (actina e miosina) tendono a formare il complesso actomiosina e tale situazione è in grado di modificare la struttura miofibrillare, che si compatta, in

quanto si riduce lo spazio disponibile per le molecole di acqua. Dal momento che manca energia per scindere il complesso dell'actomiosina, poichè l'ATP si è completamente consumato e non più rigenerato, si produce una contrazione muscolare irreversibile che determina una condizione di rigidità del muscolo (*rigor mortis*), come accennato precedentemente.

All'approssimarsi del pH al punto isoelettrico delle proteine (pH 5,0-5,1), queste ultime manifestano un minor numero di cariche elettriche e di conseguenza la WHC raggiunge i valori minimi; successivamente, in condizioni normali, la WHC aumenta progressivamente (ma mai senza raggiungere i valori in *pre-rigor*) a causa della proteolisi enzimatica, capace di determinare una frammentazione delle catene peptidiche, rendendo così maggiormente disponibili cariche elettriche libere che possono legare molecole d'acqua. Con l'abbassarsi del pH si liberano quindi gli enzimi lisosomiali calpaine e catepsine, in grado di instaurare fenomeni proteolitici a livello della linea Z del sarcomero. L'azione degli enzimi lisosomiali permette quindi l'intenerimento della carne (tenerezza), determinando così la risoluzione controllata del *rigor mortis* e rendendo la carne edibile.

Nel corso della trasformazione del muscolo in carne edibile si verifica anche un cambiamento del colore. Lo stato fisico delle proteine muscolari influenza infatti la quantità di luce che può essere riflessa dalla carne, di conseguenza viene modificata la percezione del suo colore. Come detto in precedenza, se il pH si avvicina al punto isoelettrico delle proteine si riducono i gruppi ionici liberi che possono legare l'acqua (per cui si riduce la WHC), e le catene proteiche aderiscono tra loro, formando una struttura compatta. La luce non può entrare facilmente nei tessuti, per cui aumenta la quantità di luce riflessa (*scattering*) e di conseguenza la carne si presenta di colore più chiaro rispetto al muscolo dell'animale appena macellato. Tali processi subiscono variazioni in relazione alle condizioni di lavorazione, alla temperatura di conservazione ed alle differenti modalità di confezionamento. Comunque, nelle carni avicole, oltre alla caduta del pH, anche la fase di maturazione (intenerimento) è piuttosto rapida. Normalmente, infatti, si raggiunge una tenerezza appropriata nelle prime 24 ore, ma già dopo circa 8 ore *post*

mortem le carni avicole raggiungono l'80% di tenerezza rispetto ai 10 giorni necessari alla carne bovina.

Il processo di intenerimento è dunque molto più rapido rispetto alle altre tipologie di carne ed è relazionato all'elevato contenuto di enzimi proteolitici presenti nella carne avicola. Tuttavia si registrano variazioni individuali, ma soprattutto i diversi distretti muscolari non presentano lo stesso andamento nel processo di intenerimento. Il petto, infatti, completa tale processo più rapidamente (10-12 ore) della coscia. Nei muscoli della coscia si verifica inoltre, un'ulteriore fase di intenerimento 2-5 giorni dopo la macellazione in condizioni di refrigerazione.

La tenerezza è normalmente associata alla WHC del muscolo (in generale a bassi valori di WHC corrisponde una carne più dura) ed all'andamento del pH (ad esempio le carni che raggiungono valori di pH piuttosto bassi, e cioè prossimi a 5,5, sono tendenzialmente dure).

Durante la maturazione, oltre ad un aumento graduale della tenerezza, si osserva anche lo sviluppo di aromi gradevoli e caratteristici della carne (Cerolini & Zaniboni, 2008).

2.3 Colore

Il colore della carne costituisce quindi un fattore primario all'atto dell'acquisto da parte del consumatore; esso è determinato dalla combinazione di una serie di fattori di ordine biochimico, ma anche di allevamento e macellazione che interagiscono tra di loro. A livello biochimico, il colore della carne è influenzato dal contenuto di pigmenti, dal loro relativo stato chimico (ossidato o ridotto) e dallo stato fisico delle proteine muscolari.

La mioglobina è il principale pigmento della carne; essa svolge la funzione di immagazzinamento e trasporto dell'ossigeno necessario al muscolo, per cui la sua concentrazione aumenta con la richiesta di ossigeno. La concentrazione di mioglobina varia a seconda del livello di attività dei muscoli ed è inoltre influenzata dall'età. Il colore della carne è determinato anche dalla concentrazione di

emoglobina (soprattutto negli animali mal dissanguati), dai citocromi e dai flavonoidi. Infine anche il contenuto di umidità e di grasso intramuscolare influenzano il colore della carne. Come per gli altri parametri, anche la misura del colore va riferita e interpretata rispetto al tempo trascorso dalla macellazione, alle condizioni di conservazione e lavorazione ed al tipo di muscolo preso in esame (Cerolini & Zaniboni, 2008).

Il sistema più utilizzato per descrivere il colore è il CIELab (elaborato nel 1976 dalla Commissione Internazionale di Illuminazione, CIE), secondo cui il colore è definito dalle seguenti coordinate (Figure 2.2 e 2.3):

- ♦ Indice di luminosità (L^*), per comparazione con i colori di riferimento bianco/nero;
- ♦ Indice del rosso (a^*), valori negativi indicano tonalità verdastre;
- ♦ Indice del giallo (b^*), valori negativi indicano tonalità bluastre.

Figura 2.2: Coordinate cromatiche sistema CIE $L^*a^*b^*$

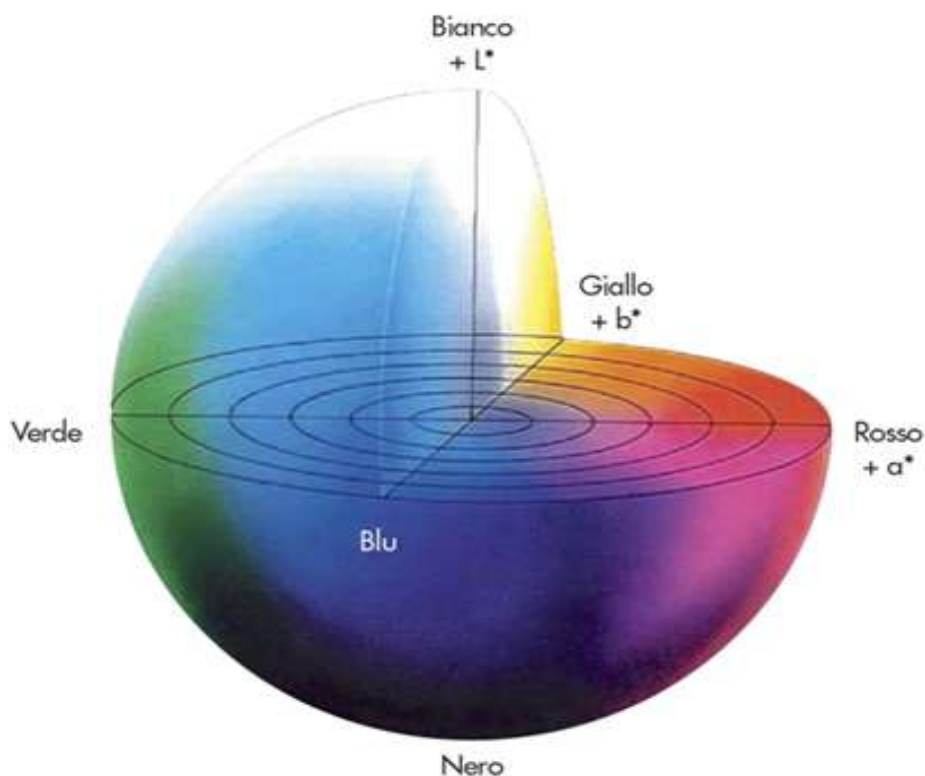


Figura 2.3: Determinazione colore mediante colorimetro.



Diversi studi hanno dimostrato che i consumatori preferiscono pollame con colore della pelle tipico della loro regione. Il colore della pelle generalmente riflette le pratiche alimentari locali, cioè le caratteristiche genetiche conservate nella zona (Fletcher, 1999). Nella parte orientale degli Stati Uniti, il pollame più desiderato è profondamente pigmentato, mentre negli Stati Uniti nord occidentali il più richiesto ha la pelle di colore pallido; nel Regno Unito, invece, i consumatori preferiscono un colore bianco, non pigmentato.

Figura 2.4: Carcasse di Moroseta in un mercato di Kuala Lumpur in Asia, razza unica al mondo grazie a due caratteristiche eccezionali che la rendono inconfondibile: pelle nera e piumaggio serico (Wikimedia Commons).



Riassumendo, le differenze esistono in tutto il mondo e di solito sono legate alla tradizione del mercato nazionale (Figura 2.4). Il colore della pelle dipende da due fattori principali: il primo è la capacità genetica di produrre il pigmento (melanina) e depositarlo nello strato di pelle. Il secondo fattore consiste nella capacità genetica di assorbire pigmenti e carotenoidi da materiale vegetale o da una fonte sintetica (Barbut, 2002a).

Per quanto riguarda le carni, negli avicoli, il colore della coscia diventa più intenso all'aumentare dell'età di macellazione, mentre nel petto non ci sono grosse modificazioni nelle prime 10 settimane di vita; un aumento di intensità del colore del petto si registra nei soggetti macellati dopo le 12 settimane di età. Il colore del petto è soprattutto influenzato dal pH: a valori di pH molto bassi (dopo 24 ore dalla macellazione) corrisponde un petto tendenzialmente pallido. Di norma non si registrano importanti variazioni di colore tra i principali ibridi impiegati nella produzione industriale del broiler e in relazione al sesso degli animali. Le variazioni maggiori sono determinate dalla stagione, per cui in periodi caldi aumenta l'incidenza di petti dotati di colore pallido nel tacchino (5-30%) ed in questa specie il valore di L^* risulta essere un buon indicatore della condizione PSE (generalmente valori $L^* > 50$ sono associati alla condizione PSE). Nel pollo si considera $L^* > 56$ corrispondente ad un petto pallido e $L^* < 48$ è associato a carni più scure del normale.

A livello commerciale è quindi molto importante l'omogeneità della colorazione delle partite di carne (Cerolini & Zaniboni, 2008).

2.4 Capacità di ritenzione idrica

La succulenza della carne, così come viene percepita dal consumatore, può essere realmente valutata solo attraverso prove di degustazione.

La capacità di ritenzione idrica (WHC) e la capacità di legare l'acqua (WHB) assumono molta importanza predittiva per la valutazione della qualità della carne destinata ad essere lavorata per ottenere i prodotti carnei. La WHC, poiché valuta le perdite idriche, dà di fatto una misura indiretta della quantità di acqua che resta legata alle proteine muscolari. La WHB dà una misura della capacità di idratazione

conservata dalle proteine muscolari. Tale parametro è molto importante quando devono essere prodotte delle emulsioni, ad esempio durante il processo di produzione delle salsicce e dei wurstel (Cerolini & Zaniboni, 2008).

2.5 Tessitura

Il concetto di tessitura include una serie di proprietà meccaniche della carne, alcune delle quali hanno importanza tecnologica per l'elaborazione dei prodotti derivati (ad esempio viscosità, coesività, ecc.) ed altri (quali capacità di deformazione, elasticità e resistenza al taglio) che rappresentano i principali aspetti coinvolti nella percezione della carne come "più o meno" tenera nel corso della masticazione.

La tenerezza (o, al suo opposto, la durezza) è parte integrante della tessitura, che è un concetto più ampio, e la tenerezza a sua volta è risultato di varie percezioni. La maggiore o minore consistenza delle fibre muscolari viene percepita in primo luogo a contatto con la lingua e con le guance all'interno della bocca e, successivamente, tramite l'azione di triturazione dei denti.

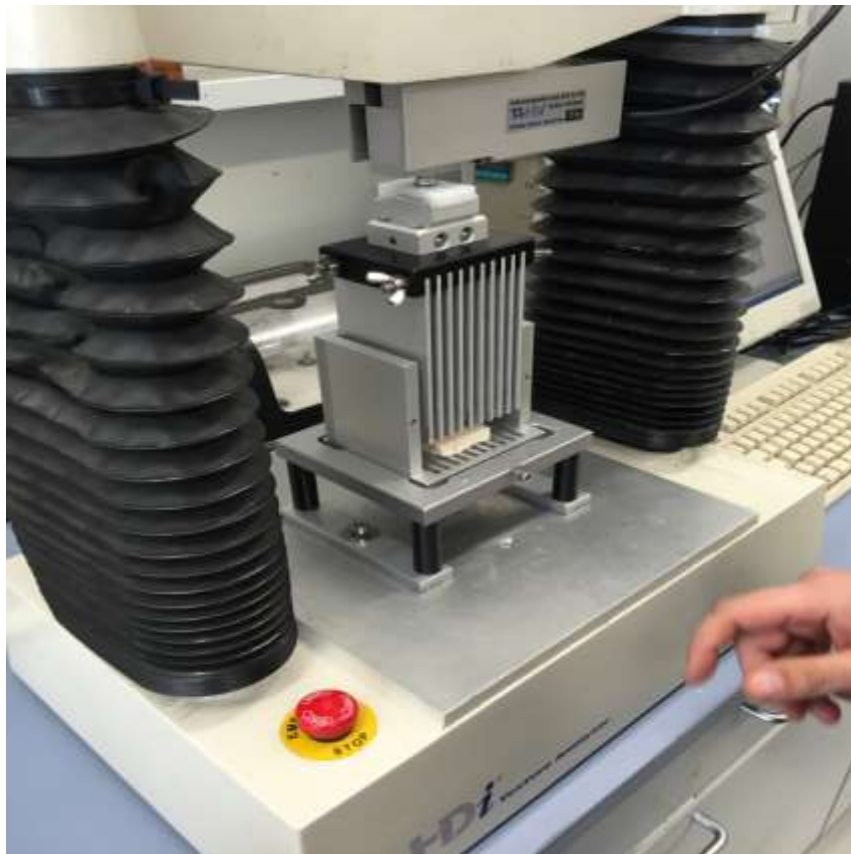
La consistenza è determinata essenzialmente dalla struttura istologica della carne e dalla sua maggiore o minore capacità di deformazione; in secondo luogo si percepisce la resistenza che la carne oppone alla masticazione e su tale percezione influisce soprattutto la quantità e la natura del tessuto connettivo. La succosità della carne apporta una minore o maggiore lubrificazione durante la masticazione, il che influenza indirettamente la tenerezza.

Hanno poi diretta influenza sulla tenerezza tutta una serie di fattori intrinseci quali le dimensioni ed il tipo di fibre muscolari, la lunghezza del sarcomero e delle miofibrille, la natura (fasce o tendini) e la quantità del connettivo (in particolare la frazione rappresentata dal collagene), la quale aumenta con l'età. La tenerezza è influenzata anche da fattori estrinseci quali le condizioni di lavorazione al macello (che incidono sul processo di trasformazione del muscolo in carne) e le modalità di

cottura (che determinano un ammorbidimento del connettivo e la modificazione della struttura miofibrillare).

La misura della tenerezza è piuttosto complessa qualora si vogliano utilizzare metodi oggettivi. È noto che la percezione della tenerezza è legata a tre aspetti fondamentali che sono succosità, componente miofibrillare e connettivo, tuttavia, va detto che non esiste uno strumento in grado di stimarli simultaneamente (Cerolini & Zaniboni, 2008). Le tecniche di laboratorio consentono di valutare aspetti limitati della tenerezza quali la resistenza alla compressione e/o taglio e la resistenza alla penetrazione (Figura 2.5).

Figura 2.5: Test per la misura strumentale della tenerezza della carne.



Concludendo, possiamo affermare che le principali caratteristiche qualitative prevalentemente considerate sono il colore, la tessitura del prodotto, il pH, gli attributi sensoriali, ma soprattutto le caratteristiche funzionali delle carni.

Queste ultime, in particolare, si riferiscono all'abilità delle proteine miofibrillari di trattenere l'acqua e di legare grassi.

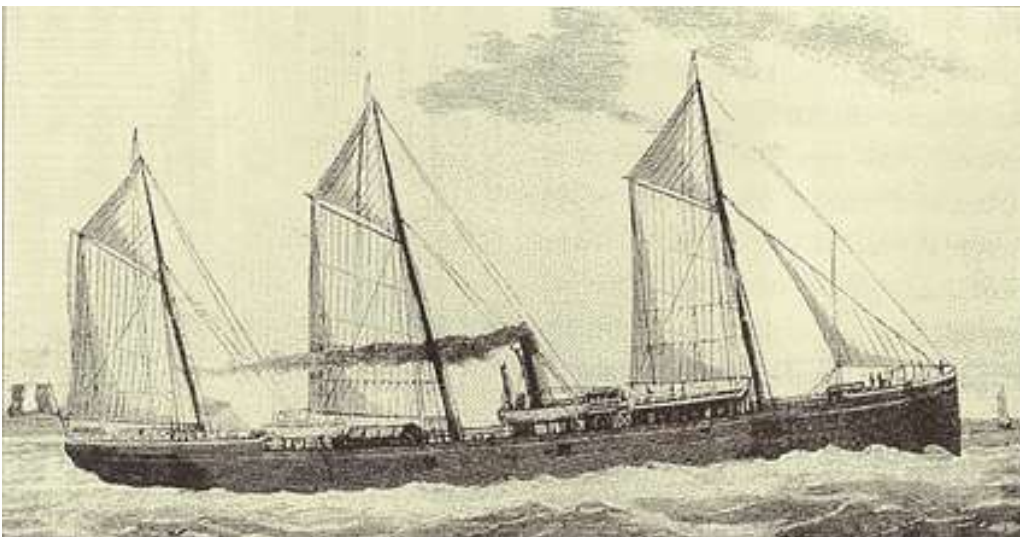
Tali proprietà non solo influiscono sulla qualità dei prodotti finali trasformati, ma talvolta, hanno effetti diretti sulle lavorazioni degli alimenti e le rese di cottura (Barbut, 2002b).

CONFEZIONAMENTO DELLE CARNI AVICOLE

3.1 Funzioni del packaging

Quando l'uomo iniziò a considerare gli alimenti come merce, e non più come fonte primaria di sussistenza, nacque l'esigenza di creare un settore dedicato alla conservazione degli alimenti, in modo tale da poter trasportare i prodotti dal luogo di origine alla destinazione desiderata (figura 3.1).

Figura 3.1: Anno 1876, "Le Frigorique" il primo battello a compiere la traversata dall'Argentina alla Francia con un carico di carne a bordo (plongeecsr.asso).



Oggigiorno il settore della conservazione alimentare ha raggiunto standard qualitativi di alto livello, che comprendono un corposo insieme di disposizioni e parametri di sicurezza. L'evoluzione tecnologica ha fornito nuove tecniche e materiali per la conservazione degli alimenti ed ha dato vita a quella che oggi viene definita come industria del packaging. La qualità di un prodotto alimentare è definita come un complesso insieme di caratteristiche chimiche, fisiche, microbiologiche e sensoriali, in grado di soddisfare le esigenze del consumatore; le aspettative del

consumatore hanno a loro volta un impatto molto importante sulle decisioni prese dai produttori e dalle aziende di imballaggio (Acton *et al.*, 2007); il packaging rappresenta quindi una delle fasi più importanti nella commercializzazione di un prodotto. L'obiettivo principale del packaging consiste nell'estendere la *shelf-life*, ovvero il periodo durante il quale un qualsiasi prodotto può essere tenuto presso un punto vendita al dettaglio, senza che vengano alterate le sue qualità e senza dover ricorrere a particolari accorgimenti che ne prolunghino la conservazione; in parole povere la *shelf-life* rappresenta “la vita del prodotto sullo scaffale”.

Le funzioni principali del packaging possono essere suddivise in quattro aree: contenimento, informazione, convenienza e protezione. Il contenimento comprende la detenzione di un prodotto senza necessariamente proteggerlo; ad esempio più parti possono essere vendute in diversi volumi o combinazioni (nel caso del pollo avremo: cosce, ali o petto). L'informazione è sia uno strumento di regolazione che di marketing; essa comprende i valori nutrizionali, le pratiche di manipolazione e le informazioni sui prodotti richieste dalla legge. La confezione contiene anche il prezzo del prodotto, i suggerimenti riguardo la cottura ed i messaggi inerenti alle modalità di riciclaggio della confezione. La convenienza varia in funzione del tipo di confezione, della quantità di prodotto contenuto e della modalità di preparazione; possono infatti esistere confezioni monodose contenenti carne a fette, confezioni formato famiglia, oppure pacchetti per forno a microonde che consentono la cottura o il riscaldamento ed eventualmente il consumo all'interno di essi. La protezione è la funzione più importante della confezione; è essenziale proteggere il prodotto da microrganismi, roditori, polvere, contaminanti esterni, umidità, luce ed ossigeno. La confezione dovrebbe anche proteggere il prodotto da manomissioni e danni fisici durante la movimentazione. I prodotti preconfezionati hanno il vantaggio di essere stoccati presso il punto vendita già chiusi ermeticamente e pre-etichettati, con una confezione “attraente” che richiami l'attenzione del consumatore e che permetta di mettere in mostra il colore caratteristico dell'alimento (soprattutto per le carni rosse) (Dawson, 2010).

Le proprietà qualitative delle carni in relazione alla *shelf-life* sono: la qualità microbiologica (patogenicità e sviluppo della microflora degradatrice), la capacità di

ritenzione dei liquidi (WHC e WHB), la stabilità ossidativa dei lipidi e le caratteristiche sensoriali (Cerolini & Zaniboni, 2008). Le variabili in grado di influenzare la *shelf-life* sono molteplici e dipendono generalmente dal tipo di prodotto, dalla composizione dell'atmosfera, dalla confezione, dallo spazio di testa, dalla tecnologia di confezionamento, dalla presenza di additivi e dalle temperature di conservazione. I prodotti per la vendita a servizio libero sono confezionati presso centri di confezionamento/distribuzione o direttamente dalle aziende produttrici. In quest'ultimo caso, tipico del settore avicolo, i prodotti sono anticipatamente prezzati ed etichettati; questa forma di commercializzazione è invece meno frequente per le carni rosse.

La ristorazione collettiva richiede grandi quantitativi di prodotti costituiti da porzioni di dimensione e peso uniformi e non è necessaria la cura dell'aspetto della confezione. La disponibilità di porzioni già pronte per l'impiego è un fattore che riduce notevolmente i costi di preparazione; inoltre, un altro fattore importante è la riduzione dei costi di smaltimento dei materiali di confezionamento da parte delle aziende/enti che utilizzano i prodotti. Nel settore delle carni rosse, per ragioni legate all'aspetto del prodotto (colore rosso vivo), la modalità più diffusa è ancora quella di sezionare e confezionare i prodotti direttamente sul punto di vendita; pertanto le carni vengono commercializzate in carcasse, quarti e tagli anatomici. I prodotti trasformati hanno *shelf-life* più lunghe, pertanto i materiali di confezionamento devono avere un'elevata impermeabilità alla penetrazione dell'ossigeno ed alla fuoriuscita di umidità. Nella maggior parte dei casi, a partire da tagli muscolari confezionati sottovuoto e spediti, si provvede al porzionamento ed al confezionamento mediante semplice vassoio chiuso con film permeabile all'ossigeno e, più raramente, sottovuoto o in atmosfera modificata (McMillin, 2008; Dawson, 2010).

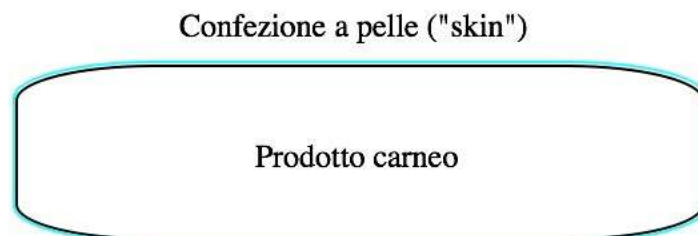
All'interno del centro di distribuzione, il confezionamento del prodotto (già pronto per essere commercializzato) viene effettuato tramite imballaggi ad alta concentrazione di ossigeno o sotto vuoto. Eventualmente si può prevedere la spedizione di tali prodotti, in contenitori a bassa concentrazione di ossigeno. Gli

elementi che compongono un prodotto carneo confezionato sono quelli illustrati nelle figure 3.2 e 3.3.

Figura 3.2: Sistema confezione / spazio di testa / alimento.



Figura 3.3: Sistema confezione / alimento.



Le forme più utilizzate per il confezionamento dei prodotti elaborati cotti sono il sottovuoto e l'atmosfera protettiva; la necessità principale è quella di evitare il contatto con l'O₂, pertanto si usano atmosfere di confezionamento contenenti il 25-30% di CO₂ e la restante parte di N₂.

Un'ulteriore esigenza è quella di assicurare la massima ermeticità delle confezioni al fine di evitare la perdita di aromi da parte dei prodotti (es. affumicatura, etc) o eventuali contaminazioni.

3.2 Tipologie di confezionamento

Le principali soluzioni di confezionamento per le carni fresche sono elencate in tabella 3.1.

Tabella 3.1: Principali tipologie di confezionamento attualmente impiegate per le carni fresche (McMillin, 2008).

Atmosfera ordinaria
Atmosfera ordinaria (consegnato al punto vendita) all'interno di contenitori con atmosfera protettiva
Sotto-vuoto
In atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno
Sottovuoto o in atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno in confezioni (con la possibilità di rimuovere lo strato superficiale del film di confezionamento al momento dell'esposizione sul punto vendita)
In atmosfera protettiva ad alta concentrazione di ossigeno
In atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno e monossido di carbonio (Non ammesso in EU)

Fra di esse, la più diffusa rimane il confezionamento in atmosfera ordinaria che prevede l'impiego di un film di chiusura che di solito avvolge completamente il vassoio, i materiali più consueti sono poliamide (PA) e polietilene a bassa densità, eventualmente modificato con il vinile acetato che ne aumenta la permeabilità all'ossigeno. Il vassoio è costituito prevalentemente da polistirene espanso (PS),

polipropilene o polietilene tereftalato (PET) (Figura 3.4). Le principali caratteristiche di questo tipo di confezionamento sono descritte in figura 3.5 (McMillin, 2008).

Figura 3.4: Confezionamento in atmosfera ordinaria.

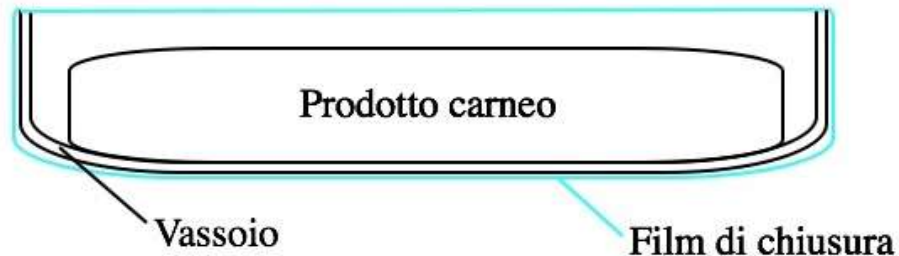


Figura 3.5: Principali caratteristiche del confezionamento in atmosfera ordinaria (McMillin, 2008).

Descrizione: Prodotti confezionati con film di chiusura permeabile all'aria

Gas: composizione atmosferica (Figura 3.5)

Assorbitori di O₂: no

Colore della carne:

- prima della commercializzazione: rosso vivo
- durante il periodo di vendita: rosso vivo

Shelf-life totale a 4°C:

- muscolo intero: 5-7 giorni
- carne macinata: 2-3 giorni

Shelf-life sul punto vendita: 2-7 giorni

I principali vantaggi di questo tipo di confezionamento sono la familiarità da parte del consumatore, l'elevata visibilità del prodotto, il basso costo e i diversi formati disponibili con le medesime attrezzature; gli svantaggi invece riguardano la

breve *shelf-life* e la possibilità di fuoriuscita di liquido dalla confezione (Robertson, 2009).

Le caratteristiche del confezionamento in atmosfera ordinaria e successiva commercializzazione in contenitori dotati di atmosfera modificata sono schematizzate in figura 3.6 e 3.7.

Figura 3.6: Principali caratteristiche del confezionamento in atmosfera ordinaria e commercializzazione in contenitori in atmosfera modificata (McMillin, 2008).

Descrizione: Prodotti confezionati con film di chiusura permeabile all'aria e posti all'interno di contenitori di grandi dimensioni costituiti da materiale impermeabile ai gas.

Gas: composizione atmosferica nelle confezioni, CO₂ e N₂ nelle scatole.

Assorbitori di O₂: raccomandati (all'interno delle scatole)

Colore della carne:

- prima della commercializzazione: rosso porpora
- durante il periodo di vendita: rosso vivo

Shelf-life totale a 4°C:

- muscolo integro: 10-14 giorni
- carne macinata: 7-10 giorni

Shelf-life sul punto vendita: 2-7 giorni

I principali vantaggi di tale soluzione riguardano l'allungamento della *shelf-life* prima dell'esposizione nel punto vendita; gli svantaggi invece prevedono costi maggiorati, breve *shelf-life* generale, possibilità di fuoriuscita del liquido dalla confezione e ritorno a colore rosso vivo non sempre ottimale (Robertson, 2009).

Figura 3.7: Esempio di confezionamento in atmosfera ordinaria e commercializzazione in contenitori in atmosfera modificata.

**Film di chiusura esterno impermeabile all'ossigeno
(ex. polivinil cloruro -PVC)**



Gas solitamente 20-25% CO₂ e la parte restante di N₂

Una modalità di confezionamento che ultimamente si sta diffondendo è quella rappresentata dall'impiego del vuoto, che commercialmente è denominata "skin", in quanto il film plastico avvolge completamente il prodotto. Il confezionamento sottovuoto consiste nel confezionamento in contenitori sia rigidi che flessibili, dai quali l'aria è rimossa prima della chiusura.

Questo tipo di confezionamento consente di ottenere una *shelf-life* prolungata e di mantenere intatte le capacità del muscolo dopo l'esposizione all'aria, e di presentare una colorazione rosso vivo (Figura 3.8). La presenza di basse concentrazioni di ossigeno e la produzione di anidride carbonica da parte del muscolo attraverso la respirazione cellulare, consentono di ottenere condizioni ottimali per contrastare lo sviluppo microbico (McMillin, 2008).

Figura 3.8: Principali caratteristiche del confezionamento in sottovuoto o “Skin” (McMillin, 2008).

Descrizione: Prodotti confezionati sottovuoto con effetto pelle “skin”

Gas: Nessuno

Assorbitori di O₂: solo in casi particolari

Colore della carne:

- prima della commercializzazione: rosso porpora
- durante il periodo di vendita: rosso porpora

Shelf-life totale a 4°C:

- muscolo integro 60-90 giorni
- carne macinata 45 - 60 giorni

Shelf-life sul punto vendita: 30-60 giorni

Tale soluzione pertanto consente un notevole allungamento della *shelf-life* prima dell’esposizione nel punto vendita e garantisce un’ottima visibilità del prodotto se confezionato sottovuoto. Gli svantaggi riguardano la necessità di rimuovere strato esterno sul punto vendita, il ritorno al colore rosso vivo che può essere non ottimale, la breve *shelf-life* sul punto vendita e gli elevati costi (McMillin, 2008). Tali condizioni sono particolarmente indicate per la conservazione di salumi e carni conservate con l’aggiunta di nitrati. Le condizioni di vuoto iniziali e le caratteristiche dei film sono fattori decisivi per ottenere risultati positivi.

Un’ulteriore possibilità è il confezionamento in atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno, le cui caratteristiche sono riportate in figura 3.9.

Il principale vantaggio del confezionamento in atmosfera protettiva a basse concentrazioni di ossigeno consiste in un notevole allungamento della *shelf-life* prima dell’esposizione nel punto vendita. Gli svantaggi invece sono ravvisabili nel colore rosso porpora della carne durante l’esposizione del prodotto nel punto vendita e la necessità di impiegare gli adsorbitori di O₂ che aumentano i costi (McMillin, 2008).

Figura 3.9: Principali caratteristiche del confezionamento in atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno (McMillin, 2008).

Descrizione: prodotti confezionati con film e vassoi impermeabili all'aria (film termoformabili o vassoi preformati)

Gas: CO₂ e/o N₂

Assorbitori di O₂: Raccomandati

Colore della carne:

- prima della commercializzazione: rosso porpora
- durante il periodo di vendita: rosso porpora

Shelf-life totale a 4°C:

- muscolo integro: 30-60 giorni
- carne macinata: 20-40 giorni

Shelf-life sul punto vendita: 15-40 giorni

Una soluzione ibrida è rappresentata invece dal confezionamento sottovuoto o atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno con uno strato di film removibile che, una volta rimosso, consente l'ingresso dell'aria nella confezione e quindi l'ossigenazione della mioglobina (Figura 3.10). Questa soluzione permette il notevole vantaggio di allungare la *shelf-life* durante la commercializzazione del prodotto che invece rimane la medesima rispetto al confezionamento in atmosfera ordinaria sul punto vendita. Un problema connesso all'impiego di questa soluzione è tuttavia la possibilità che il ritorno al colore rosso vivo non sia omogeneo (McMillin, 2008).

Figura 3.10: Principali caratteristiche del confezionamento sottovuoto o atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno con uno strato di film removibile (McMillin, 2008).

Descrizione: prodotti confezionati sottovuoto con effetto pelle “skin” o in vassoio impermeabile con 2 film di cui il più esterno è removibile al momento dell’esposizione nel punto vendita.

Gas: nessuno se si impiega sottovuoto; CO₂ e/o N₂

Assorbitori di O₂: raccomandati

Colore della carne:

- prima della commercializzazione: Rosso porpora
- durante il periodo di vendita: rosso vivo

Shelf-life totale a 4°C:

- muscolo integro 30-45 giorni
- carne macinata 20-30 giorni

Shelf-life sul punto vendita: 2-7 giorni

La tipologia di confezionamento in atmosfera protettiva prevede l’impiego di elevate concentrazione di ossigeno ed è quello maggiormente diffuso (figura 3.11).

Figura 3.11: Principali caratteristiche del confezionamento in atmosfera protettiva ad alta concentrazione di ossigeno (McMillin, 2008).

Descrizione: prodotti confezionati in film e vassoi

Gas: O₂ e CO₂ (di solito 70-80% O₂ e 20-30% CO₂)

Assorbitori di O₂: nessuno

Colore della carne:

- prima della commercializzazione : Rosso vivo
- durante il periodo di vendita : Rosso vivo

Shelf-life totale a 4°C:

- muscolo integro 12-16 giorni
- carne macinata 10-12 giorni

Shelf-life sul punto vendita: 7-16 giorni

Il vantaggio di tale soluzione è legato alle sufficiente stabilità del colore; mentre gli svantaggi possono riguardano la perossidazione dei lipidi, l'imbrunimento delle parti ossee e la necessità di spazio di testa nelle confezioni (McMillin, 2008).

L'ultima soluzione è rappresentata dal confezionamento in presenza di monossido di carbonio in atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno (figura 3.12). Tale soluzione è ammessa in pochi Paesi quali gli USA e la Norvegia, mentre è vietato dall'UE.

Figura 3.12: Principali caratteristiche del confezionamento in presenza di monossido di carbonio in atmosfera protettiva a bassa concentrazione di ossigeno (McMillin, 2008).

Descrizione: Prodotti confezionati con film e vassoi impermeabili all'aria (film termoformabili o vassoi preformati)

Gas: CO₂ e/o N₂, e CO (<0,5%) (NB: vietato in EU)

Assorbitori di O₂: raccomandati

Colore della carne:

- prima della commercializzazione: rosso vivo
- durante il periodo di vendita: rosso vivo

Shelf-life totale a 4°C:

- muscolo integro 35 giorni
- carne macinata 28 giorni

Shelf-life sul punto vendita: 28-35 giorni

I vantaggi principali consistono nella stabilità del colore rosso vivo e nella limitazione della perossidazione lipidica. Gli svantaggi invece, sono rappresentati dalla possibile immagine negativa; cioè, il colore non è impiegabile come indice per giudicare la freschezza del prodotto, la necessità di impiegare assorbitori di O₂ che comportano un aumento dei costi ed infine la possibilità che dopo la cottura si produca un colore rosa della carne (McMillin, 2008).

In generale, lo sviluppo futuro del packaging si concentrerà sulle misure per aumentare la sicurezza dei prodotti, offrendo allo stesso tempo un “sapore fresco” e un aspetto sempre più attraente, inoltre, attualmente vi è una crescente attenzione riguardo il riciclaggio dei materiali di confezionamento.

Le attività di ricerca e sviluppo riguardo il confezionamento sono concentrate su sensori di deterioramento, film anti-microbici, indicatori di temperatura, materiali in grado di bloccare i raggi UV e altre funzioni innovative (Dawson, 2010), tra cui le più attuali si presentano sotto forma di nanotecnologie applicate al settore alimentare, in grado di fornire diversi tipi di strutture microscopiche con molteplici funzionalità, che in un futuro non molto distante rivoluzioneranno l’industria del packaging.

SPERIMENTAZIONE

4.1 Argomento e scopo dello studio

Negli ultimi anni si è assistito ad un importante aumento della commercializzazione e vendita di prodotti carnei pre-confezionati dovuto a diversi fattori come la possibilità di allungarne la *shelf-life* e preservare caratteristiche qualitative simili a quelle del prodotto fresco. Molto importanti sono anche i fattori più “pratici” come la facilità di stoccaggio e di esposizione dei prodotti nelle aree/isle refrigerate dei punti vendita (Dawson, 2010).

C'è quindi un interesse sempre maggiore nel migliorare e ricercare nuove tecnologie di packaging ottenute combinando adeguate modificazioni di atmosfera, tipologie di materiali di imballaggio e temperature di refrigerazione che permettano di mantenere al meglio e per tempi ragionevolmente lunghi, le caratteristiche qualitative delle carni avicole in termini di stabilità microbiologica, ritenzione idrica e profilo sensoriale (McMillin, 2008).

Lo studio ha lo scopo di valutare e confrontare l'efficienza del packaging in “LID” con atmosfera modificata a confronto con il confezionamento più tradizionale in “stretch” con atmosfera ordinaria, sulla *shelf-life* di diversi prodotti avicoli quali petti e sovracosce di pollo e fese di tacchino.

A tal fine sui prodotti diversamente confezionati sono state valutate le variazioni di alcuni parametri qualitativi analizzando e confrontando alcuni aspetti tecnologici (pH, colore, texture, capacità di ritenzione idrica) durante un periodo di stoccaggio di 15 giorni in diverse condizioni di refrigerazione: durante i primi 3 giorni a 0-2°C, dal terzo al quindicesimo giorno a 6-8°C, al fine di simulare condizioni di abuso termico ed accelerare i fenomeni di deterioramento.

4.2 Materiali e metodi

4.2.1 Caratterizzazione delle carni

Sono state valutate tre differenti tipologie di prodotti avicoli ed in particolare petto di pollo a fette, sovra cosce di pollo e fesa di tacchino a fette (figura 4.1).

I campioni erano stati porzionati e confezionati in azienda in due differenti modalità: atmosfera ordinaria in stretch (AO) e atmosfera protettiva in LID (ATM).

Figura 4.1: Ricevimento dei campioni.



I campioni così confezionati sono stati analizzati dopo 1 e 3 giorni di conservazione a 0-2°C. Successivamente, sono stati posti per un ulteriore periodo di 12 giorni a 6-8°C al fine di simulare le reali condizioni che si verificano nei punti vendita; durante questa seconda fase di conservazione le carni avicole diversamente confezionate sono state analizzate dopo 6, 8, 10, 13 e 15 giorni di stoccaggio complessivo.

Ad ogni tempo di prelievo sono stati analizzati prodotti provenienti da 3 confezioni differenti per ogni combinazione prodotto/imballaggio (Tabella 4.1).

Tabella 4.1: Schema di campionamento usato durante la conservazione dei diversi prodotti avicoli (petto di pollo, fesa di tacchino, sovracosce di pollo) a 0-2° e 6-8°C.

Campioni di controllo a 0-2°C		
Giorni	n° confezioni	Tipologia confezioni
T1	3	Stretch
	3	LID
T3	3	Stretch
	3	LID
Inserimento campioni in isola (6-8°C)		
T6	3	Stretch
	3	LID
T8	3	Stretch
	3	LID
T10	3	Stretch
	3	LID
T13	3	Stretch
	3	LID
T15	3	Stretch
	3	LID

Nel corso della prova di conservazione, i campioni sono stati sottoposti alle seguenti determinazioni analitiche: analisi dei gas nello spazio di testa delle confezioni, misurazione pH del muscolo *post mortem* e determinazione del colore mediante colorimetro; i test inerenti alla perdite di liquido per cottura e allo sforzo di taglio sono stati effettuati esclusivamente sui petti di pollo.

4.2.2 Analisi dei gas nello spazio di testa delle confezioni

La misura della concentrazione di O₂ e CO₂ (%) nello spazio di testa delle confezioni, prima della loro apertura, è stata effettuata con uno strumento “check point O₂/CO₂” mod. MFA III S/L (Witt-Gasetechnik, Witten, Germany) (figura 4.2).

Figura 4.2: Strumento per la misurazione dei gas nello spazio di testa delle confezioni.



4.2.3 pH

Il pH è stato determinato sui campioni attraverso la metodica in fase dispersa Jeacocke (1977) di seguito sintetizzata: circa 2,5g di carne finemente sminuzzata sono stati omogeneizzati per 30 secondi mediante Ultraturrax (Figura 4.3) in 25 ml di una soluzione 5mM di iodoacetato e 150mM di KCl, preventivamente equilibrata a

pH=7,0. Il pH dell'omogenato è stato successivamente determinato mediante pHmetro (mod Jenway 3510; Elettrodo 924001) (Figura 4.4), tarato con soluzioni tampone a pH 4,00 e 7,00.

Figura 4.3: Strumento di omogeneizzazione impiegato per la preparazione dei campioni per l'analisi del pH (Ultraturrax).



Figura 4.4: pHmetro impiegato per la determinazione del pH.



4.2.4 Colore

Il colore dei campioni è stato misurato mediante colorimetro Minolta CR-400 (Figura 4.5), e sono stati determinati i parametri di luminosità (L^*), indice di rosso (a^*) e indice di giallo (b^*) (CIE, 1976).

Nello specifico, sui campioni di petto a fette sono state effettuate 12 misure di colore (3 misure per ciascuna delle 4 fette presenti nelle confezioni). Sui campioni di sovracosce, in corrispondenza del muscolo *Iliotibialis* sono state effettuate 9 misure (3 misure per 3 sovracosce). Il colore è stato determinato sia sulla pelle che sulla parte interna della sovracoscia dopo l'eliminazione della pelle.

Per quanto riguarda le fette di fesa di tacchino sono state effettuate 6 repliche (3 misure per ciascuna delle 2 fette).

Figura 4.5: Analisi del colore mediante colorimetro Minolta CR-400.



4.2.5 Perdita di liquido per cottura e test di taglio sulle fette di petto di pollo

Le determinazioni delle perdite di liquido per cottura e dello sforzo di taglio sono state effettuate solo sul petto di pollo. Per la determinazione della perdita di liquido dopo la cottura, circa 50 g di fette di petto di pollo crude sono state esattamente pesate e confezionate singolarmente sottovuoto (99,9%) all'interno di sacchetti di materiale plastico ad alta barriera e termoresistente. Successivamente i campioni sono stati cotti all'interno di un bagno termostato alla temperatura di 80°C per un tempo di 15 minuti (Petracci & Baéza, 2011). Al termine della cottura, i campioni di carne sono stati lasciati raffreddare fino a temperatura ambiente in acqua fredda, dopodiché sono stati rimossi dalle buste di plastica, asciugati con carta assorbente e pesati nuovamente, al fine di stimare la perdita di liquido in cottura (Figura 4.6). Il quantitativo di liquido perso durante la cottura è stato calcolato come percentuale del peso iniziale del campione di carne secondo la formula:

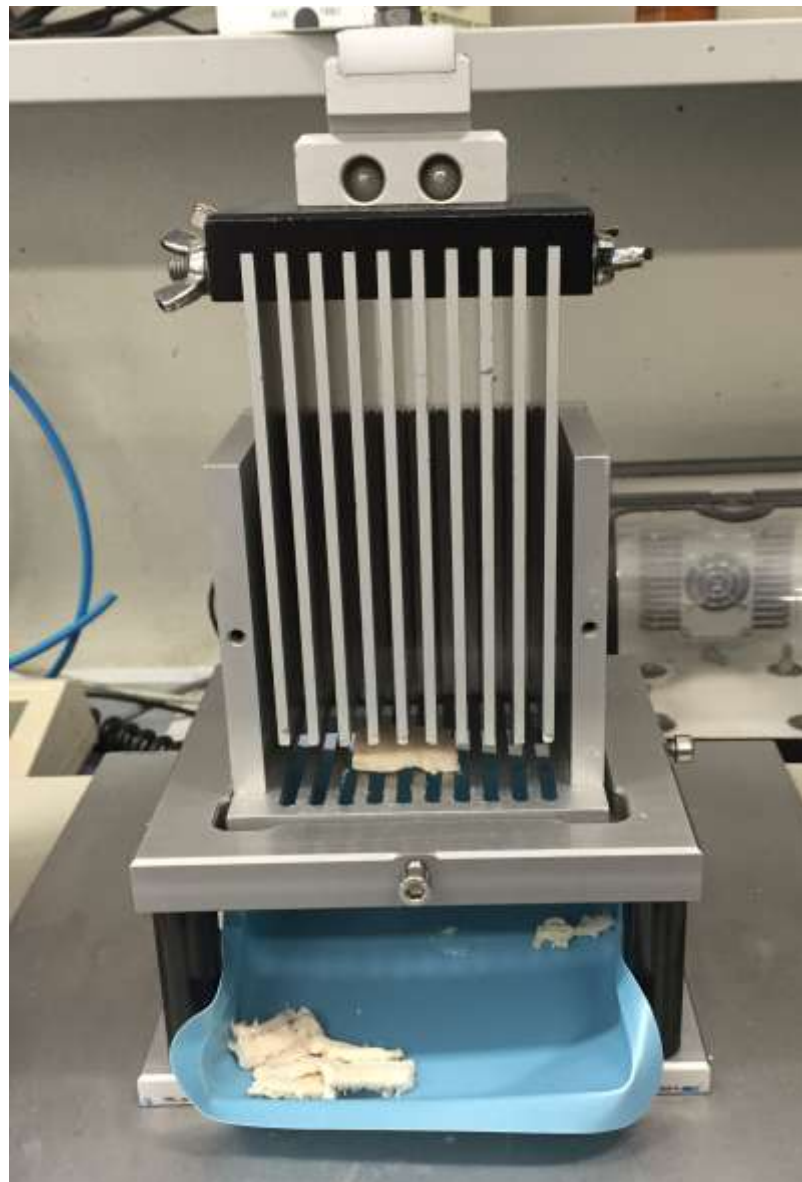
$$\text{Cooking loss (\%)} = [(\text{peso del campione crudo} - \text{peso del campione dopo cottura}) / \text{peso del campione crudo}] \times 100.$$

Figura 4.6: Campioni dopo cottura in bagno termostato a 80°C per 15 minuti.



La valutazione dello sforzo di taglio è un parametro in grado di fornire indicazioni circa la tenerezza dei campioni sottoposti ad analisi, intesa come la facilità con cui la carne si lascia tagliare o masticare. La determinazione dello sforzo di taglio è stata condotta sui campioni a seguito della cottura, impiegando lo strumento Texture Analyzer mod. TA-HDi 500 (Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK) sul quale è stata installata una cella di carico da 25 kg. Per effettuare il test di taglio è stata utilizzata una cella Allo-Kramer con 10 lame (figura 4.7).

Figura 4.7: Cella Allo-Kramer a 10 lame impiegata per la determinazione dello sforzo di taglio.



Per la misurazione da ciascuna fetta di petto è stato ricavato un campione a forma di parallelepipedo (Figura 4.8) delle dimensioni di 3x2x0,5 cm, posizionato all'interno della cella di misura in modo tale che le lame risultassero disposte in direzione perpendicolare rispetto all'orientamento delle fibre muscolari. Lo sforzo di taglio risultante è stato espresso in kg/g di campione (Smith & Fletcher, 1998).

Figura 4.8: Campione impiegato per la determinazione dello sforzo di taglio.



4.3 Risultati e discussione

4.3.1 Concentrazione dei gas nello spazio di testa delle confezioni

Nelle figure 4.9 e 4.10 sono riportate le variazioni della concentrazioni (%) di O₂ e CO₂ rilevate nello spazio di testa delle diverse confezioni di carni avicole, rispettivamente, in ATM e AO durante la conservazione refrigerata.

Come si può vedere dalla figura 4.9, nei campioni confezionati in LID con atmosfera modificata (ATM), la percentuale di ossigeno tende complessivamente a diminuire, mentre quella di anidride carbonica aumenta. La diminuzione dell'ossigeno è particolarmente accentuata nelle sovracosce di pollo ($\Delta O_2 = -33,8\%$); mentre la variazione di anidride carbonica è particolarmente elevata nei petti di pollo. Nel complesso tali variazioni sono in linea rispetto a quanto atteso e sono ascrivibili sia allo sviluppo dei microrganismi aerobi (consumo di ossigeno e produzione di anidride carbonica) che ai fenomeni di solubilizzazione nei tessuti della carne.

Dall'esame della Figura 4.10, si evidenzia una drastica diminuzione dell'ossigeno O₂ dopo 8-10 giorni di conservazione. Tale riduzione è stata più accentuata nelle confezioni di fesa di tacchino (-10,6%) e sovracosce di pollo (-9,4%) ed è attribuibile al raggiungimento di elevate cariche microbiche. Per quanto riguarda la concentrazione in percentuale di CO₂, è stato osservata un'analogia fluttuazione in tutti i campioni con una tendenza a diminuire nei primi 6 giorni di stoccaggio per poi tornare sui livelli iniziali negli ultimi giorni di conservazione.

Figura 4.9: Andamento delle concentrazioni di ossigeno e di anidride carbonica nei prodotti confezionati in atmosfera modificata (ATM).

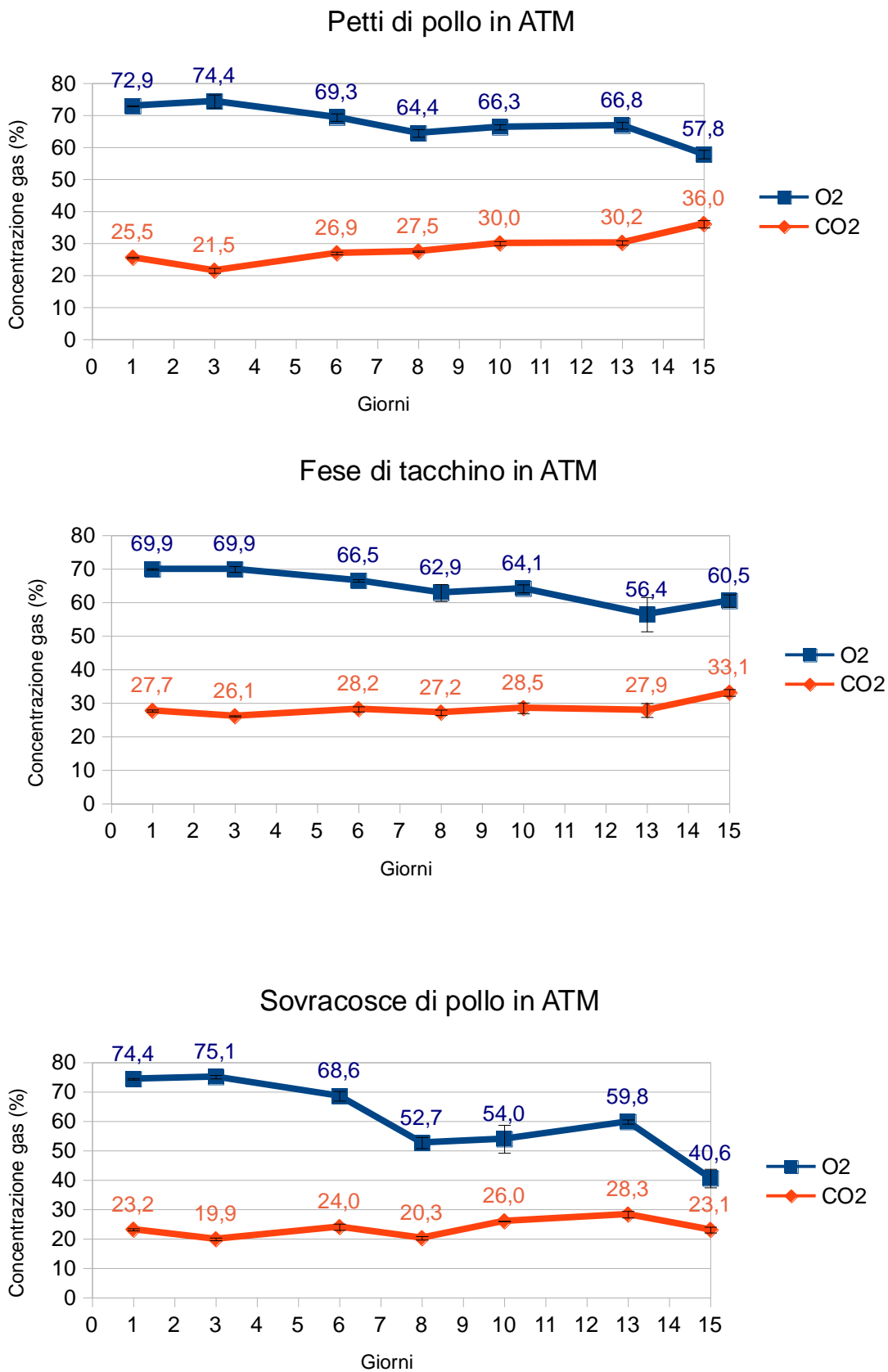
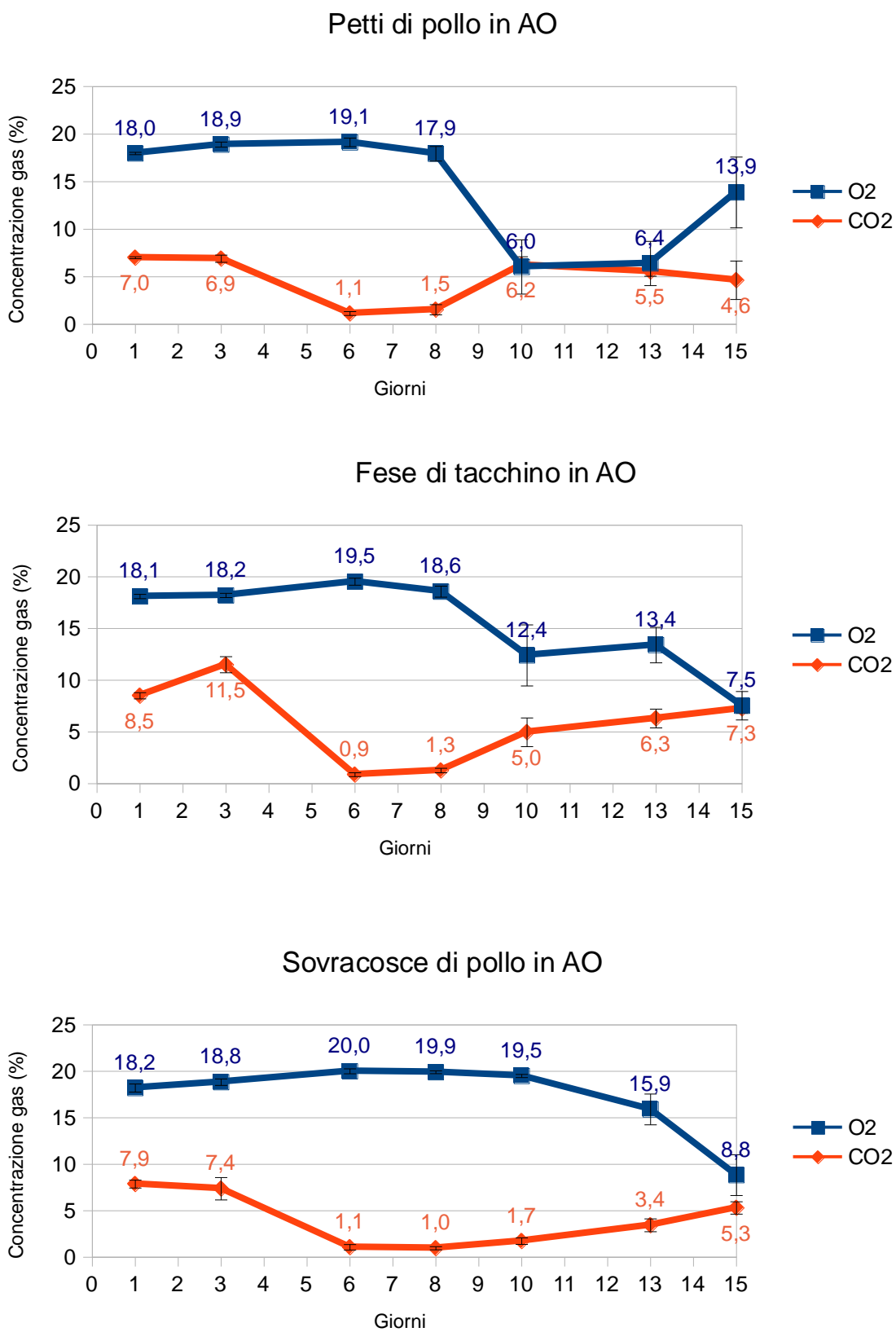


Figura 4.10: Andamento delle concentrazioni di ossigeno e di anidride carbonica nei prodotti confezionati in atmosfera ordinaria (AO).



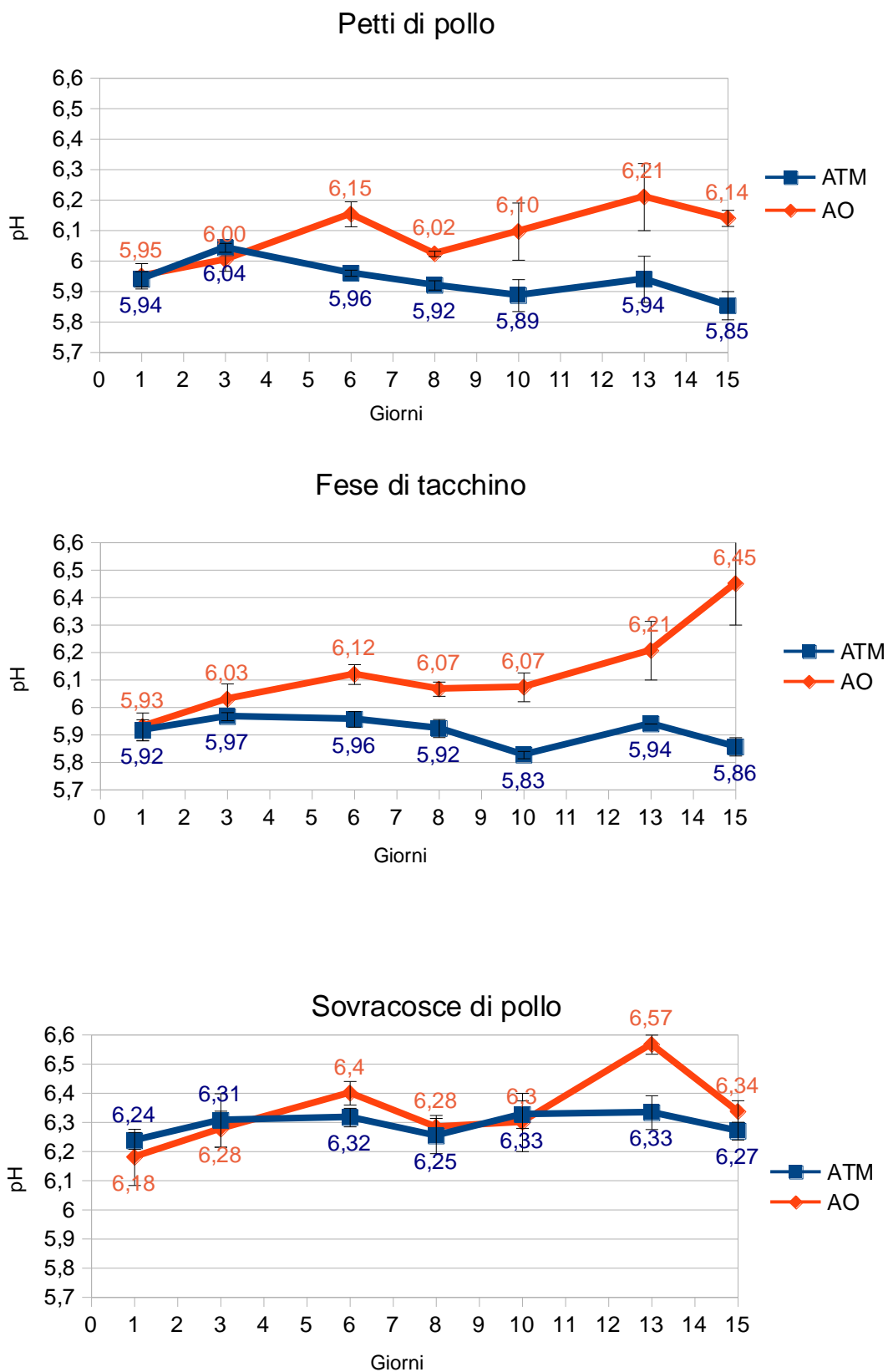
4.3.2 pH

Il pH costituisce un parametro fondamentale per la valutazione della capacità idrica della carne (WHC, Water Holding Capacity): bassi valori di pH, prossimi al punto isoelettrico delle proteine, determinano una scarsa capacità di ritenzione idrica da parte delle carni. Viceversa elevati valori di pH sono sinonimo di un'elevata capacità della carne di trattenere l'acqua, ma determinano anche una minore stabilità microbiologica, favorendo lo sviluppo dei microrganismi degradatori.

In figura 4.11 sono stati riportati gli andamenti nelle 3 tipologie di carni oggetto dello studio in funzione dell'atmosfera di confezionamento. Complessivamente, i campioni confezionati in AO hanno evidenziato un andamento crescente a partire dal 6° giorno di conservazione. Tale aumento, particolarmente accentuato nella fesa di tacchino e nel petto di pollo, è verosimilmente dovuto ad una produzione di composti azotati non proteici da parte dei microrganismi degradatori che comporta un aumento del valore di pH. Al contrario, nei campioni confezionati in ATM, i valori di pH sono piuttosto costanti, seppure nel petto di pollo e nella fesa di tacchino si osserva una leggera diminuzione. Tale andamento è probabilmente dovuto al fatto che in presenza di anidride carbonica prevale lo sviluppo dei batteri lattici con conseguente produzione di acido lattico che neutralizza l'effetto alcalinizzante dei composti azotati non proteici.

Nel complesso pertanto è stato evidenziato che l'impiego di ATM è in grado di mantenere inalterata l'acidità della carne, mentre l'AO favorisce l'innalzamento del pH.

Figura 4.11: Andamento del pH dei vari tagli di carne confezionata in atmosfera ordinaria (AO) e modificata (ATM).



4.3.3 Colore

4.3.3.1 Carne

Il colore della carne fresca rappresenta un parametro fisico di notevole importanza, in quanto viene percepito dai consumatori come primo indicatore della qualità dell'alimento stesso, in particolare nell'ambito della commercializzazione di carne fresche. Esso dipende da diversi fattori, fra i quali la concentrazione dei pigmenti presenti nella carne (principalmente mioglobina), il loro stato chimico (equilibrio ossido-riduttivo) e la modalità di discesa del pH nella fase *post-mortem*.

Tutti i parametri di colore analizzati al tempo zero sono diversi tra i campioni in relazione alle caratteristiche cromatiche tipiche delle diverse tipologie di prodotto.

In figura 4.12 sono riportate le variazioni dell'indice di colore L* (luminosità) registrate nei campioni di carne confezionata in ATM e AO durante lo stoccaggio. La luminosità delle carni confezionate in atmosfera modificata (ATM) tende a mantenersi piuttosto costante durante il periodo di conservazione, fatta eccezione che per i campioni di sovracosce si osserva una leggera diminuzione. Nei prodotti confezionati in atmosfera ordinaria (AO), è stato evidenziato una progressiva diminuzione dei valori di luminosità che pertanto testimonia una discolorazione della carne già dopo 3 giorni di conservazione.

Per quanto riguarda l'indice di rosso a* (Figura 4.13), al contrario, gli andamenti non differiscono in maniera apprezzabile fra le confezioni in AO e ATM.

Anche le variazioni dell'indice di giallo, sono piuttosto limitate soprattutto nel petto di pollo (Figura 4.14). I valori più bassi rilevati nelle sovracosce di pollo e nella fesa di tacchino confezionate in AO sono attribuibili alla minore luminosità evidenziata in precedenza rispetto ai campioni in ATM.

Nel complesso, pertanto l'ATM appare in grado di preservare meglio il colore, soprattutto nella componente di luminosità.

Figura 4.12: Andamento della luminosità (L^*) nei diversi prodotti carnei confezionati in atmosfera modificata (ATM) e ordinaria (AO).

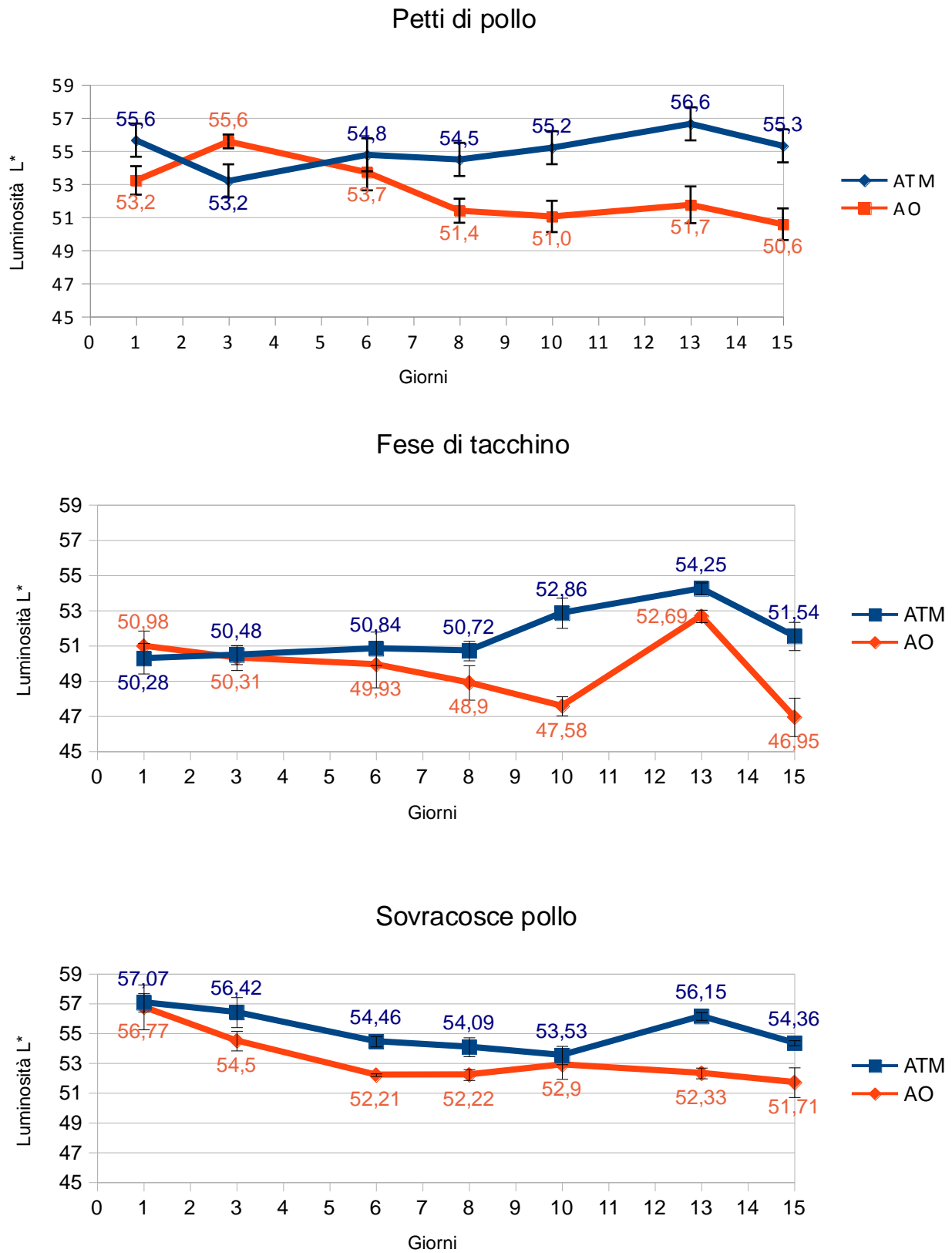


Figura 4.13: Andamento dell'indice di rosso (a^*) nei diversi prodotti carnei confezionati in atmosfera modificata (ATM) e ordinaria (AO).

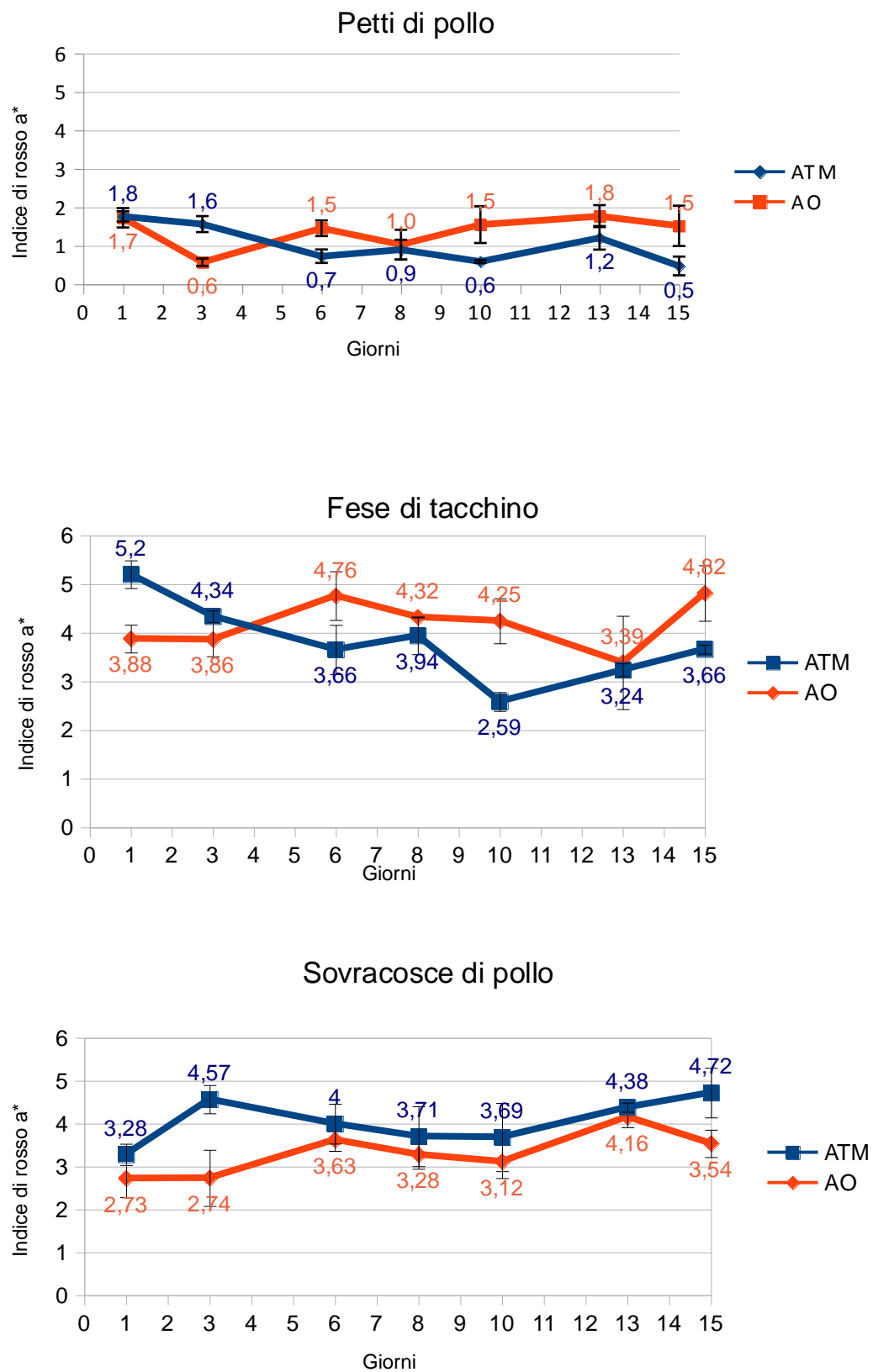
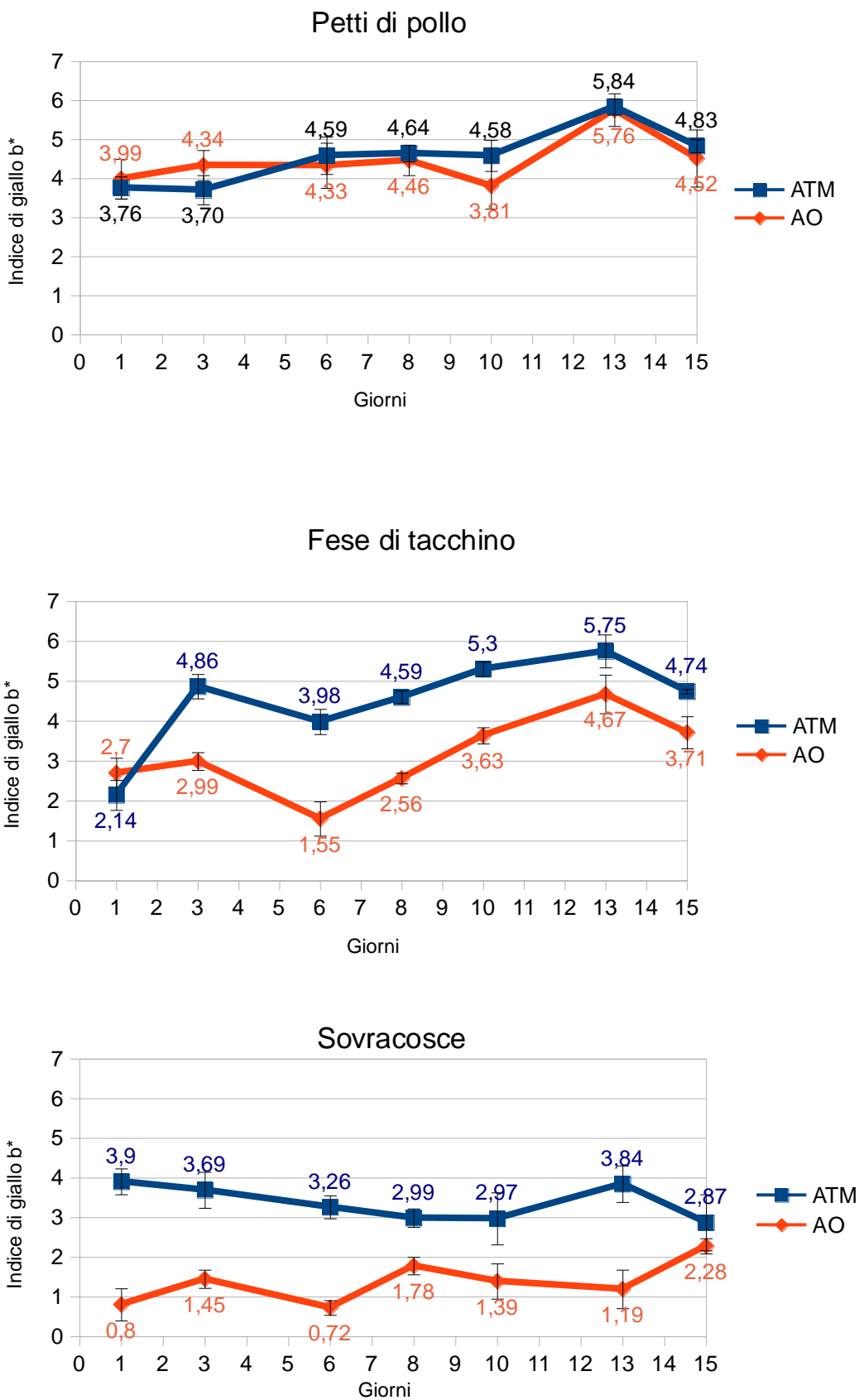


Figura 4.14: Andamento dell'indice di giallo (b^*) nei diversi prodotti carnei confezionati in atmosfera modificata (ATM) e ordinaria (AO).

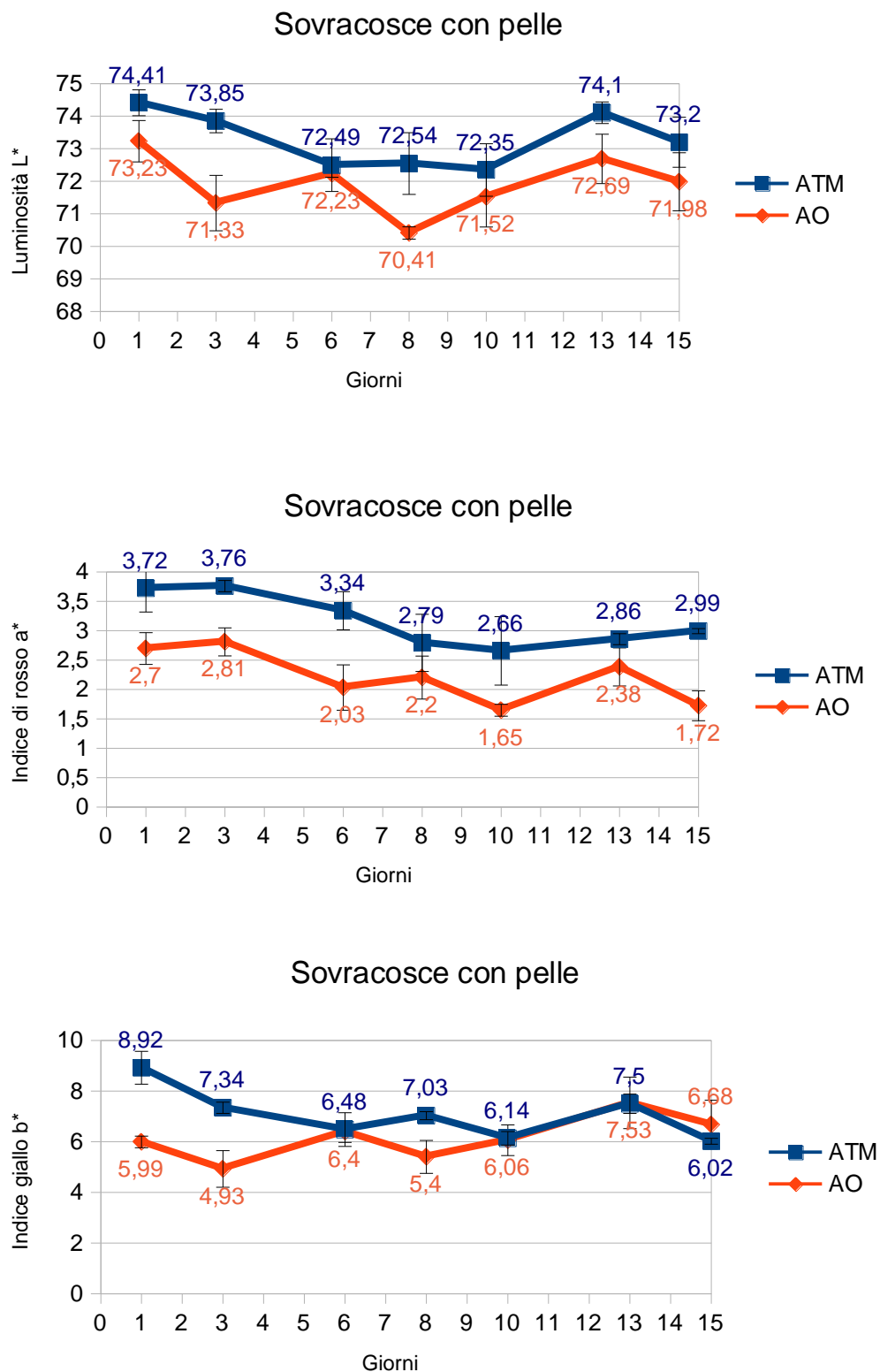


4.3.3.2 Pelle (sovracosce)

La figura 4.15 mostra l'andamento dei parametri colorimetrici (L^* , a^* , b^*) misurati sulla pelle.

Le variazioni osservate sono analoghe a quelle evidenziate nelle carni, pertanto si può desumere che il colore della pelle sia stabile durante la conservazione indipendentemente dall'atmosfera di confezionamento e che le variazioni di colore osservate siano ascrivibili all'effetto “background” della carne che si trova sotto la pelle.

Figura 4.15: Andamento della luminosità (L^*), dell'indice di rosso (a^*) e dell'indice di giallo (b^*) nelle sovracosce con pelle confezionate in atmosfera modificata (ATM) e ordinaria (AO).



4.4.3 Perdita di peso per cottura e sforzo di taglio (tenerezza) del petto di pollo a fette

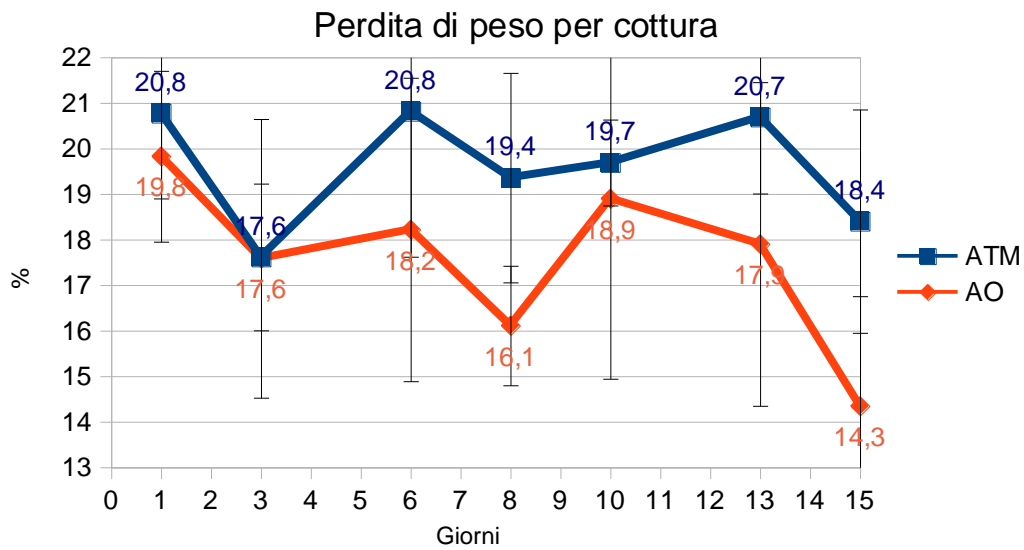
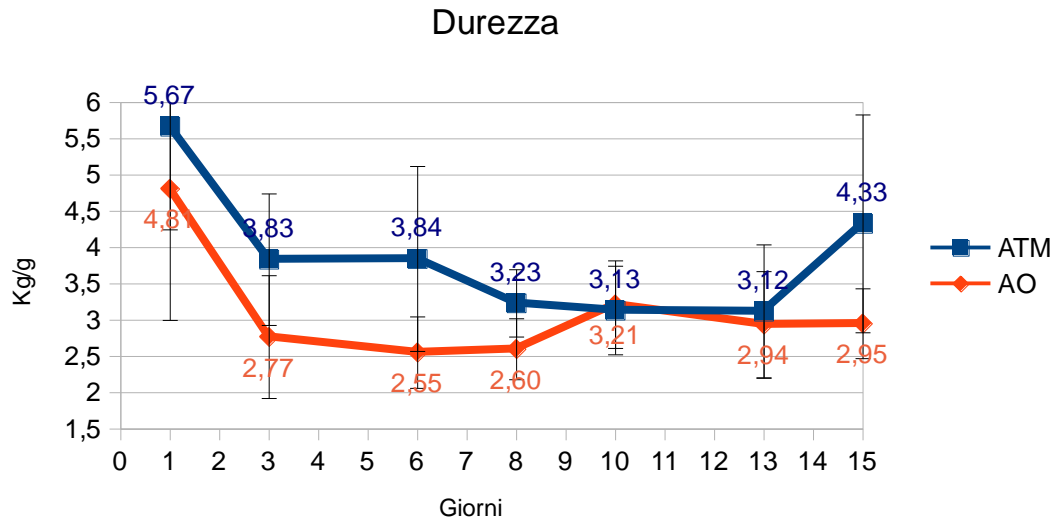
Le perdita di liquido durante la cottura è il parametro che descrive la perdita di peso che si verifica a carico dei campioni di carne dopo trattamento termico. Tale proprietà dipende da diversi fattori, quali pH, composizione, proteolisi, etc.

In figura 4.16, è riportato l'andamento delle perdite di cottura delle carni di petto di pollo in funzione dell'atmosfera di confezionamento.

Sino a 3 giorni di conservazione l'andamento è pressoché analogo, mentre successivamente le perdite di liquido per cottura rimangono costanti per le carni confezionate in ATM, mentre diminuiscono sensibilmente nei campioni mantenuti in AO. Tale risultato è verosimilmente da attribuire all'innalzamento del pH osservato nelle carni confezionate in AO che può aver determinato un aumento della capacità di legare l'acqua. Al contrario, i valori di pH nelle fettine di petto in ATM sono rimasti pressoché invariati analogamente alle perdite di liquido per cottura.

In figura 4.16, sono riportati anche i risultati relativi alla valutazione dello sforzo di taglio della carne dopo cottura. Nel complesso, le carni confezionate in ATM mostrano valori superiori di sforzo di taglio in relazione alle maggiori perdite di cottura evidenziate in precedenza. Pertanto la maggiore tenerezza osservata nei campioni mantenuti in AO è attribuibile ad un effetto della variazione del pH con conseguente diminuzione delle perdite di liquido durante la cottura.

Figura 4.16: Andamento della perdita di acqua per cottura e Allo-Kramer dei vari tagli di carne confezionata in atmosfera ordinaria (AO) e modificata (ATM).



4.4 Conclusioni

Nel complesso, lo studio ha evidenziato che il confezionamento in ATM con ossigeno ed anidride carbonica svolge una funzione positiva nel preservare alcune caratteristiche tecnologiche delle carni avicole, quali pH, colore, ritenzione idrica durante la cottura e tenerezza. Tale effetto è dovuto essenzialmente alla ben nota azione inibitrice dell'anidride carbonica nei confronti dello sviluppo dei microrganismi degradatori, come confermato dalle analisi svolte nei laboratori dell'azienda committente.

Alla luce dei risultati relativi alla stabilità ossidativa della frazione lipidica valutata nei medesimi laboratori, emerge tuttavia che l'elevata concentrazione di ossigeno determini un'accentuazione dell'ossidazione lipidica che può avere riflessi negativi sia sul colore (discolorazione dovuta all'ossidazione della mioglobina) e sulla qualità sensoriale (produzione di aromi e sapori sgradevoli) soprattutto nelle carni dotate di elevate concentrazioni di emepigmenti (es. tacchino) e/o tenore di lipidi (es. tagli con pelle). Un altro aspetto critico è rappresentato dalla proporzione fra spazio di testa e carne che andrebbe calibrata in funzione delle caratteristiche del prodotto.

Pertanto, il confezionamento in ATM impiegato attualmente è in grado solo parzialmente di preservare le caratteristiche qualitative delle carni durante la conservazione refrigerata. Si ritiene infatti che l'impiego dell'azoto in sostituzione totale o parziale dell'ossigeno unitamente ad un ottimale rapporto fra spazio di testa e carne potrebbe consentire di allungare la *shelf-life* del prodotto, ma soprattutto di mantenere più a lungo inalterate le caratteristiche qualitative associate alla freschezza (es. colore, odore, etc.).

BIBLIOGRAFIA

- Acton J.C., Stephens C., Shaver V.A., Dawson P.L. (2007) Packaging of fresh meat and meat products, In: XVIII European Symposium on the Quality of Poultry Meat and XII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg products, pp. 139-143. Prague, Czech Republic.
- Barbut S. (2002a) Meat color and flavor, In: Poultry products processing: an industry guide, (Chap. 13) pp. 429-458. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Barbut S. (2002b) Measuring sensory and functional properties, In: Poultry products processing: an industry guide, (Chap. 14) pp. 467-494. CRC Press, Boca Raton, Florida USA.
- Bianchi M., Betti M., Cavani C., Petracchi M. (2004) Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. Poultry Science (83) pp. 2086-2092.
- Bianchi M., Cavani C., Franchini A., Petracchi M. (2006) The occurrence of deep pectoral myopathy in roaster chickens, In: Poultry Science (85) pp. 1843-1846.
- Bittante G., Andrighetto I., Ramanzin M. (2005) Avicoli, In: Tecniche di produzione animale (Cap. 7) pp. 437-455. Liviana, Padova, Italy.
- Boll Stiftung H. (2013a) The rise of global market, In: Meat Atlas, pp. 10-11. Foundation & Friends of the Earth Europe, Berlin, Germany.
- Boll Stiftung H. (2013b) Disquiet in the developed world, In: Meat Atlas, pp. 46-47. Foundation & Friends of the Earth Europe, Berlin, Germany.
- Cerolini S. (2008a) Avicoltura intensiva e statistiche di produzione, In: Avicoltura e Coniglicultura (Cap. 2) pp. 13-22. Point Veterinarie Italie, Milano, Italy.

- Cerolini S. (2008b) Allevamento del pollo da carne, In: Avicoltura e Coniglicultura (Cap. 8) pp. 279-280. Point Veterinarie Italie, Milano, Italy.
- Cerolini S., Zaniboni L. (2008) Qualità, valore nutritivo e commercializzazione della carne avicola, In: Avicoltura e Coniglicultura (Cap. 14) pp. 356-365. Point Veterinarie Italie, Milano, Italy.
- CIE (1976) Recommendations on uniform color spaces, color differences, equations. Psychometric color terms, In: Supplement 2 to CIE Publication 15. Commission Internationale de l'Eclairage, Colorimetry, Paris, France.
- Dawson P.L. (2010) Packaging, In: Poultry meat processing (Chap. 6) pp. 101-121. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Department of Agriculture, Agricultural Research Service (2012) USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25. U.S.
- Fletcher D.L. (1999) Poultry meat color, In: Poultry Meat Science Symposium. Richardson, R. I. and G. C. Mead (eds). CABI Publ., Oxfordshire, UK.
- Jeacocke R.E. (1977) Continuous measurement of the pH of beef muscle in intact beef carcasses. *Journal of Food Technology* (12) pp. 375-386.
- McMillin K. (2008) Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat, In: *Meat Science* (1) pp. 43-65.
- Petracci M., Baéza E. (2011) Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features. *World's Poultry Science Journal* (68) pp. 137-153.
- Pignatelli P., Sforzi F. (2015) Piccola storia dell'avicoltura italiana. In: (http://www.uovoenciclopedico.it/produzione_7.html) Consultato il 11/09/2015.

- Robertson G.L. (2009) Packaging and the *shelf-life* of fresh red and poultry meats, In: Food Packaging and *shelf-life* a practical guide, pp. 259-277. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Romboli I. (2008) Generalità, In: Avicoltura e Coniglicultura (Cap. 1) pp. 8-9. Point Veterinarie Italie, Milano, Italy.
- Smith D.P., Fletcher D.L. (1998) Effects of broiler breast meat fiber direction, dicing and post-*mortem* deboning time on Allo-Kramer shear. Journal of Applied Poultry Research (7) pp. 281-286.
- Zuidhof M.J., Schneider B.L., Carney V.L., Korver D.R., Robinson F.E. (2014) Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. Poultry Science (12) pp. 2970-2982.

SITI WEB CONSULTATI PER LA PREPARAZIONE DELLA TESI

<http://www.istat.it/en/>

<http://www.unaitalia.com>

<http://faostat3.fao.org/home/>

<http://www.amadori.it>

<http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

<http://www.crcnetbase.com>

<http://www.fieravicola.com>

<http://it.wikipedia.org/wiki/Moroseta>

<http://www.plongeecsr.asso.fr/Fecamp/epaves/frigori.html>

<http://www.21food.com/products/chicken-grillers-and-chicken-parts-185460.html>

http://www.uvoenciclopedico.it/produzione_7.html