



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA, ANIMALI, ALIMENTI, RISORSE  
NATURALI E AMBIENTE (DAFNAE)**

**TESI DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE**

**INDAGINE ISTOCHEMICA E  
MORFOMETRICA SULLE FIBRE  
MUSCOLARI DEL *M. PECTORALIS*  
*SUPERFICIALIS* IN POLLI DI  
RAZZA PADOVANA PURA E IN  
INCROCI**

Relatore: Dott.ssa Rina Verdiglione

Laureando: Lorenzo Tutzer

Matricola n° 382678

ANNO ACCADEMICO 2011-2012

<b>INDICE</b>	<b>2</b>	
<b>RIASSUNTO</b>	<b>5</b>	
<b>SUMMARY</b>	<b>6</b>	
<b>OBIETTIVO</b>	<b>8</b>	
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>9</b>	
<b>1.1</b>	<b>Il consumo di carne – Lo scenario globale</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>Produzione e mercato del pollame</b>	<b>10</b>
<b>1.2.1</b>	<b>La produzione globale di carni avicole</b>	<b>10</b>
<b>1.2.2</b>	<b>La produzione avicola in Europa (UE)</b>	<b>11</b>
<b>1.2.3</b>	<b>La produzione di carne avicola in Italia</b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Il consumo di carne avicola</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Il consumo di carne avicola in Europa</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Il consumo di carne avicola in Italia</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2.1</b>	<b>Mercato della carne di pollo 2010 in Italia</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2.2</b>	<b>L'avicoltura leader della zootecnia</b>	<b>17</b>
<b>2. ORIGINI E CARATTERISTICHE BIOLOGICHE DEI POLLI</b>	<b>18</b>	
<b>2.1</b>	<b>Le origini degli uccelli</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Le origini dei polli domestici</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Principali caratteristiche biologiche del pollo</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Classificazione delle razze in base al peso</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Razze leggere</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Razze semipesanti</b>	<b>20</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Razze pesanti</b>	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>Classificazione delle razze in base alle origini</b>	<b>21</b>
<b>2.6</b>	<b>Razza Padovana</b>	<b>22</b>
<b>3. IL MUSCOLO</b>	<b>25</b>	
<b>3.1</b>	<b>Tessuto muscolare striato scheletrico</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>La fibra muscolare</b>	<b>26</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Ultrastruttura delle miofibrille</b>	<b>28</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Proteine contrattili</b>	<b>29</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Proteine modulatrici</b>	<b>31</b>
<b>3.3</b>	<b>Meccanismo della contrazione muscolare</b>	<b>32</b>
<b>3.4</b>	<b>Classificazione dei tipi di fibre</b>	<b>34</b>

3.4.1	Isoforme della miosina	36
3.4.2	Le fibre giganti	37
3.5	Ontogenesi delle fibre muscolari	38
3.5.1	Cenni sulla miogenesi	39
3.6	Fattori che influenzano l'espressione dei tipi di fibre	41
3.7	Fattori che influenzano la composizione in tipi di fibre	41
3.7.1	Fattori intrinseci	41
3.7.2	Fattori estrinseci	43
4.	<b>LA CARNE</b>	46
4.1	La maturazione della carne	46
4.1.1	Evoluzione <i>post mortem</i> del muscolo	46
4.1.2	Trasformazioni chimico-fisiche	47
4.1.3	La tenerezza	48
4.2	Sapore e aroma della carne	48
4.2.1	La succulenza	49
4.2.2	Qualità della carne	49
4.3	Relazione tra tipo di fibra e qualità della carne	50
4.3.1	Capacità di ritenzione idrica	50
4.3.2	Colore	51
4.3.3	Qualità alla degustazione	51
4.3.4	Grasso	52
4.3.5	Maturazione della carne <i>post mortem</i>	53
4.4	Difetti della carne	54
4.4.1	Anomalie del grasso	54
4.4.2	PSE	54
4.4.3	Caratteristiche delle fibre delle carni PSE	55
4.4.4	DFD (dark firm dry)	55
4.4.5	Carni acide	55
4.5	Caratteristiche qualitative delle carni di pollo	56
4.5.1	Un'alimentazione ideale	56
4.5.2	Qualità nutrizionale	56
4.5.3	Qualità organolettica	58
4.5.4	Qualità sanitaria	58

4.5.5	Qualità tecnologica	59
4.5.6	Fattori di variazione della qualità della carne degli avicoli	60
4.5.7	Cause genetiche per difetti della qualità della carne negli avicoli	61
5.	MATERIALI E METODI	63
5.1	Animali	63
5.2	Analisi istochimiche	63
5.3	Analisi di immagine	64
5.4	Analisi statistica	64
6.	OSSERVAZIONI	65
7.	DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	67
8.	BIBLIOGRAFIA	68
8.1	Sitografia	76
9.	DOCUMENTAZIONE MICROFOTOGRAFICA	77

## RIASSUNTO

Dopo la carne di maiale, la carne più diffusa nel mondo risulta quella avicola. La produzione avicola è il settore della carne in più rapida crescita e la sua importanza relativa a livello globale è del 33%. Il successo delle carni avicole è dovuto a tanti motivi: invidiabile rapporto qualità/prezzo, ottimo profilo nutrizionale, eccellenza produttiva in termini di sicurezza, qualità, rispetto dell'ambiente e basso impatto energetico. Contribuisce inoltre alla diffusione planetaria anche il fatto che il loro consumo non viola alcun precetto religioso.

La necessità di produrre elevate quantità di carne ha orientato la selezione genetica verso la produzione di polli da carne "broiler" caratterizzati da un'elevata capacità di crescita e da ipertrofia dei muscoli pettorali determinata da ipertrofia delle fibre muscolari. Sono stati segnalati effetti negativi sulla qualità della carne tra cui la comparsa di numerose fibre giganti (FG), elementi che rappresentano fibre in degenerazione.

La qualità della carne avicola è legata a molti fattori intrinseci ed estrinseci. Rivestono particolare importanza la specie avicola, il genotipo, il tipo di allevamento, l'ambiente (es. temperatura, alimentazione), la posizione del muscolo e infine le sue qualità biofisiche, biochimiche e istochimiche.

Le caratteristiche biochimiche delle fibre possono aiutare a prevedere l'andamento dei processi biochimici che influenzano i diversi parametri della qualità della carne, come pH, tenerezza e capacità di ritenzione idrica.

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato quello di caratterizzare, a livello istochimico e morfometrico, il muscolo *pectoralis major* in polli appartenenti alla razza locale Padovana pura e in polli appartenenti a un ibrido commerciale (il Berlanda gaina) e loro incroci, per valutare un possibile effetto del genotipo e del sesso sulle caratteristiche istochimiche e biochimiche delle fibre muscolari. La scelta di utilizzare la razza Padovana è stata dettata dall'esigenza di valorizzare questa razza locale per evitare la sua estinzione e salvaguardare la biodiversità.

L'analisi statistica dei risultati ha messo in evidenza che il numero di FG presenti nei diversi soggetti considerati è stato influenzato dal tipo genetico e dal sesso dell'animale. In particolare le FG sono state riscontrate in quantità maggiore nei soggetti appartenenti ai genotipi di razza Padovana rispetto al Berlanda. Questo risultato concorda con l'osservazione, fatta nel maiale, che le fibre giganti non sono presenti solo in animali selezionati per la produzione della carne, ma anche in animali di razze locali.

L'area della superficie trasversa delle fibre è risultata essere influenzata in modo altamente significativo dal genotipo ( $P < 0,01$ ). La razza Padovana è risultata caratterizzata da fibre di dimensioni minori rispetto al Berlanda. La presenza di fibre più piccole determina una grana più fine e una maggior tenerezza. La grana delle carni riveste un'importanza a livello di fattore tattile nell'elaborazione della percezione del gusto della carne.

Le piccole dimensioni delle fibre delle carni della razza Padovana potrebbero giustificare in parte l'eccellenza alla degustazione di queste carni. Attualmente per questa razza non sono disponibili dati sulla matrice extracellulare, sono necessarie ulteriori ricerche in particolar modo sul tessuto connettivo.

## **SUMMARY**

After pork meat, the most diffused meat is poultry meat. The production of poultry meat is the most increasing development sector and its importance at global level it's of 33%. The success of poultry meat is due to many reasons: great price/quality ratio, excellent nutritional profile, safety and quality meat, respecting the environment and with low energy impact. The fact that its consumption doesn't violate any religious precept also contributes to its diffusion all over the world.

The need of producing important quantity of meat orientated genetic selection toward the production of "broiler", chicken meat type, characterized by a high and fast growth rate and by increased breast muscle resulting from enlargement of fibre cross-sectional diameter. Negative effects have been reported concerning meat quality, including the appearance of many giants fibres (FG), that represent degenerating fibres.

Meat quality traits of poultry are very complex and are influenced by many intrinsic and extrinsic factors. The poultry specie, the genotype, the kind of breeding, the environment (es. temperature, diet), the position of the muscle and its biophysical, biochemical and histochemical characteristics are of particular importance.

The histochemical and biochemical characteristics of muscle fibres can be used to predict the course of biochemical processes affecting the different meat quality traits, as pH, tenderness and water-holding capacity.

Principal goal of this trial was to compare muscle fibres types of *pectoralis major* of chicken belonging to Padovana purebred, to a hybrid strain (Berlanda gaina) and to their crosses. Histochemical and morphometric analysis were performed to characterize muscle fibre types of the different genotypes. The effects of genotype, sex and their interaction were estimated. The choice of Padovana chicken breed was made in sustaining programmes for biodiversity.

Statistical analysis pointed out that the number of giant fibres was affected by genotype and sex. Padovana breed exhibited a larger number of giant fibres compared with Berlanda. This result agrees with data reported in pig. Local breeds also exhibited giant fibres whose number was not associated with selection for growth rate and breast meat yield.

Fibres cross-sectional area was affected by genotype ( $P < 0.01$ ). Padovana chicken breed exhibited smaller diameter fibre than Berlanda. As muscle fibre size is an important factor in determining meat tenderness, animals with greater numbers of muscle fibres of small size produce good quality meat. Small fibre size is also associated with a thin grained meat that positively affects the sensorial perception of taste.

The smaller fibre size of Padovana chicken breed could partially justify the best eating quality of Padovana meat. Actually data on extracellular matrix, especially connective tissue, are not available for this breed. More information is needed to evaluate the traits affecting meat quality.

## **OBIETTIVO**

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato quello di caratterizzare, a livello istochimico e morfometrico, il muscolo *pectoralis major* in polli appartenenti alla razza locale Padovana pura e in polli appartenenti a un ibrido commerciale (il Berlanda gaina) e loro incroci, per valutare un possibile effetto del genotipo e del sesso sulle caratteristiche istochimiche e biochimiche delle fibre muscolari.

Questo lavoro è inserito in una più ampia ricerca volta alla valorizzazione e salvaguardia di razze avicole locali (Conservazione e Valorizzazione delle Razze Avicole Venete).

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 Il consumo di carne – Lo scenario globale

Nel 1961 il fabbisogno complessivo di carni nel mondo era di 71 milioni di tonnellate. Nel 2010 si è più che quadruplicato attestandosi a più di 290 milioni di tonnellate. Negli ultimi anni il ritmo di crescita della domanda di carni è cresciuto passando dai 41,3 Kg nel 2009 a 41,9 Kg pro capite nel 2010. I consumi variano molto da un paese all'altro partendo dai 32 Kg procapite anno nei Paesi in via di sviluppo, per salire ai circa 80 Kg pro capite anno nei paesi sviluppati. L'aumento del consumo di carne è legato all'aumento della popolazione mondiale (il 31 Ottobre 2011 abbiamo toccato la soglia dei 7 miliardi di individui) ma la sua crescita avviene in maniera più che proporzionale. La causa principale di questo andamento è da imputare all'avanzata dei consumi nei grandi paesi asiatici, paesi emergenti, nei quali un crescente numero di individui è per la prima volta abbastanza ricco da potersi nutrire come gli occidentali. Secondo i rapporti della FAO, i livelli di consumo pro capite di carne sono raddoppiati nella sola Cina tra il 1990 e il 2010. Nel 1961, i cinesi consumavano mediamente solo 3,6 kg di carne a persona, mentre nel 2010 hanno raggiunto 52,4 kg procapite.

La carne più diffusa nel mondo risulta quella di maiale (metà dei maiali mangiati nel mondo sono consumati in Cina), seguita da pollame, manzo e pecora. La produzione avicola è il settore della carne in più rapida crescita (+4,7% nel 2010) e la sua importanza relativa a livello globale è del 33%. Le proiezioni Ocse-Fao al 2018 anticipano un aumento della produzione globale delle carni avicole, che al 2018 risulterebbe superiore del 34% circa alla media 2006-2008 (Fonte: Ocse-Fao, Agricultural Outlook 2009-2018). Il successo delle carni avicole è dovuto a tanti motivi: invidiabile rapporto qualità/prezzo, ottimo profilo nutrizionale, eccellenza produttiva in termini di sicurezza, qualità, rispetto dell'ambiente e basso impatto energetico. Contribuisce inoltre alla diffusione planetaria anche il fatto che il loro consumo non viola alcun precetto religioso.

## 1.2 Produzione e mercato del pollame

### 1.2.1 La produzione globale di carni avicole

Nel 2007 in tutto il mondo sono state prodotte 87.585.000 t di carne avicola:

Pollame	75.826.000 t
Tacchini	5.868.000 t
Anatre	3.584.000 t
Oche + Faraone	2.234.000 t

Nel 2008 i maggiori produttori di carni avicole sono gli USA (19.947.000 t), la Cina (17.317.000 t), l' UE\_27 (11.601.000 t) e il Brasile(11.298.000 t). Negli USA l' 82 % della carne avicola è rappresentata da polli, il 17 % da tacchini. Nella Cina il 71% della carne avicola è costituito da polli, il 15 % da anatre e il 14 % da oche e faraone. Nell'UE\_27 il 70% della carne avicola è rappresentato da polli, il 20 % da tacchini. In Brasile il 97 % della carne avicola è costituito da polli (dati FAO).

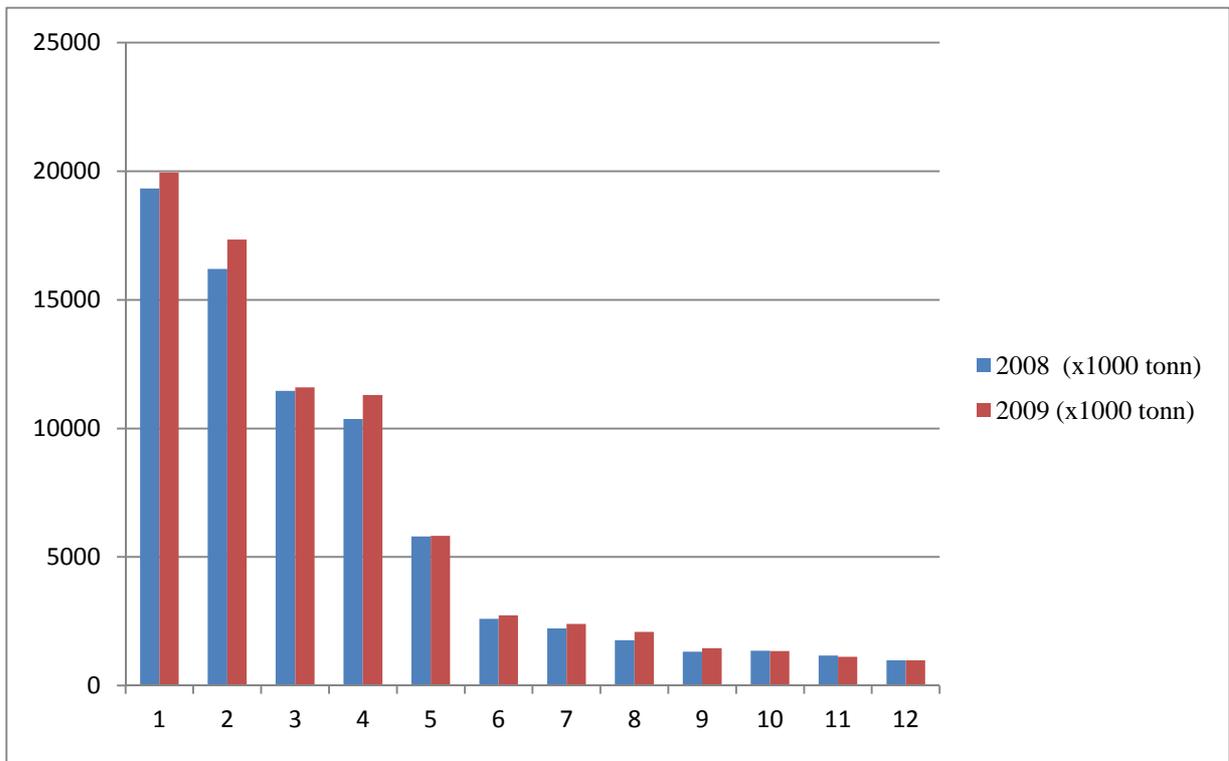
Nella tabella 1/1 e nel grafico (Fig. 1) viene evidenziata la produzione (macellazione) avicola nei principali paesi di produzione.

**Tab. 1/1 Produzione Avicola Mondiale**

Paesi	2004	2005	2006	2007	2008*	Variazione	Incidenza
	x 1000 t	2008/07	2008				
						%	%
USA	18.153	18.775	18.918	19.333	19.947	3,2	21,4
Cina	14.242	15.343	15.757	16.198	17.347	7,1	18,6
UE_27	11.168	11.568	11.187	11.465	11.601	1,2	12,5
Brasile	8.880	9.896	9.901	10.366	11.298	9,0	12,1
Medio Or.	5.295	5.540	5.642	5.798	5.828	0,5	6,3
Messico	2.313	2.470	2.505	2.594	2.728	5,2	2,9
India	1.715	1.968	2.070	2.220	2.400	8,1	2,6
Russia	1.182	1.381	1.624	1.764	2.090	18,5	2,2
Argentina	909	1.053	1.202	1.316	1.448	10,0	1,6
Giappone	1.242	1.273	1.337	1.350	1.340	- 0,7	1,4
Tailandia	964	1.036	1.186	1.165	1.122	- 3,7	1,2
Sudafrica	912	955	978	982	984	0,2	1,1
Totale	66.975	71.258	72.307	74.551	78.133	4,8	83,9
<b>Totale Mondo</b>	<b>80.214</b>	<b>83.858</b>	<b>85.303</b>	<b>89.530</b>	<b>93.100</b>	<b>4,0</b>	<b>100,0</b>

Fonte *FAO.USDA* \* Stima (ERSAV 2010)

**Fig. 1 Produzione mondiale di carne avicola**



1. USA - 2. Cina - 3. UE\_27 - 4. Brasile - 5. Medio Oriente - 6 . Messico - 7. India - 8. Russia - 9. Argentina - 10. Giappone - 11. Thailandia - 12. Sudafrica

### **1.2.2 La produzione avicola in Europa (UE)**

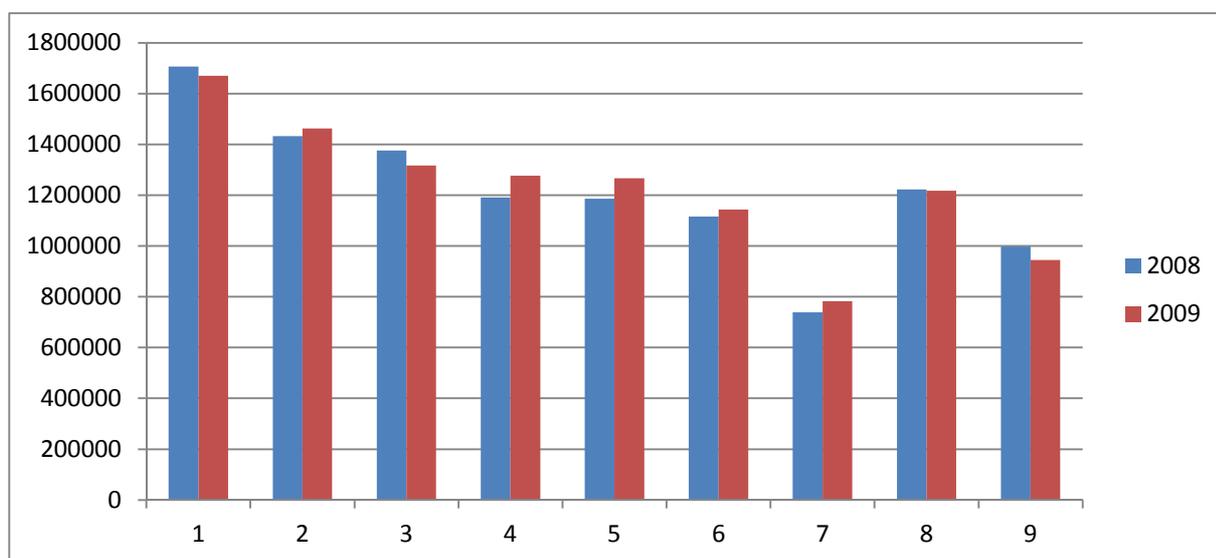
La produzione avicola nel 2009 ha raggiunto 11.080.829 t. L' anno 2006 è stato un anno difficile a causa della "influenza aviaria" con un forte calo dei consumi in tutta Europa e ha rallentato la crescita anche negli anni successivi (Tab.1/2 e Fig. 2).

**Tab. 1/2 Produzione avicola in Europa (UE\_27)**

Paesi	2005	2006	2007	2008	2009*	Variatz.	Incidenza
	t	t	t	t	t	2009/08	2009
						%	%
Francia	1.796.898	1.721.628	1.716.438	1.706.219	1.670.000	- 2,1	15,07
Regno Unito	1.581.935	1.517.364	1.454.470	1.432.620	1.463.117	2,1	13,20
Spagna	1.287.422	1.260.453	1.328.092	1.375.296	1.316.670	-4,3	11,88
Germania	993.590	1.008.850	1.086.775	1.191.699	1.276.428	7,1	11,52
<b>Italia</b>	<b>1.013.050</b>	<b>918.594</b>	<b>1.029.033</b>	<b>1.115.879</b>	<b>1.143.138</b>	<b>2,4</b>	<b>10,32</b>
Olanda	569.000	568.000	535.000	738.626	782.037	5,9	7,06
Portogallo	251.468	247.300	271.256	284.092	291.576	2,6	2,63
Belgio	282.000	278.000	267.000	263.000	263.000	-	2,37
Grecia	162.858	153.654	162.265	171.750	174.101	1,4	1,57
Danimarca	207.000	185.000	187.000	176.200	167.400	- 5,0	1,51
Islanda	142.303	129.963	122.031	117.414	117.414	-	1,06
Austria	107.197	101.636	109.151	109.145	109.176	-	0,99
Finlandia	86.970	87.154	95.349	100.860	94.873	- 5,9	0,86
Lussemburgo	112	122	104	82	82	-	-
Svezia	-	-	-	-	-	-	-
<b>UE_15</b>	<b>8.481.803</b>	<b>8.177.718</b>	<b>8.363.964</b>	<b>8.782.882</b>	<b>8.869.012</b>	<b>1,0</b>	<b>80,04</b>
Polonia	1.035.924	1.058.036	1.142.746	1.186.434	1.266.508	6,7	11,43
Ungheria	374.605	385.030	375.957	387.769	359.995	- 7,2	3,25
Repub. Ceca	241.256	230.601	216.694	210.267	194.286	- 7,6	1,75
Bulgaria	98.470	107.413	116.389	91.472	98.618	7,8	0,89
Slovacchia	92.205	94.226	84.309	77.659	68.106	- 12,3	0,61
Lituania	56.502	65.690	68.163	70.648	65.360	- 7,5	0,59
Slovenia	53.413	48.137	58.910	58.693	59.544	1,4	0,54
Romania	29.200	26.600	30.500	31.070	29.874	-3,8	0,27
Cipro	33.227	26.951	28.799	28.728	26.887	- 6,4	0,24
Lettonia	17.203	20.608	20.551	23.077	23.150	0,3	0,21
Estonia	13.748	12.789	12.110	13.337	14.805	11,0	0,13
Malta	4.528	3.942	4.567	4.979	4.684	- 5,9	0,04
<b>UE_27</b>	<b>10.532.084</b>	<b>10.257.741</b>	<b>10.523.659</b>	<b>10.967.015</b>	<b>11.080.829</b>	<b>1,0</b>	<b>100,00</b>

Fonte Eurostat \* Stima (ERSAV 2010)

**Fig. 2 Produzione Europea (UE\_27 in t)**



1. Francia - 2. Regno Unito - 3. Spagna - 4. Germania - 5. Polonia - 6. Italia - 7. Olanda - 8. Altri UE\_15 - 9. Altri UE\_27

### **1.2.3 Produzione di carne avicola in Italia**

La produzione nazionale di carni avicole nel 2010 è risultata pari a 1.221.700 tonnellate (Tab. 1/3 e Fig. 3. In particolare sono state prodotte:

780.400 t di carne di pollo

88.000 t di carne di gallina

279.300 t di carne di tacchino

74.000 t di carne delle altre specie avicole allevate

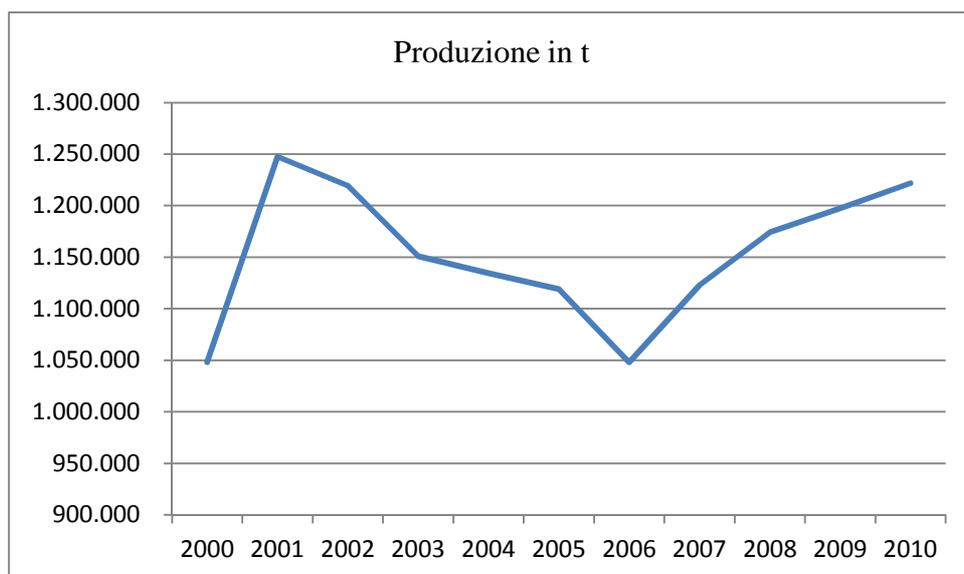
**Tab.1/3 Totale Carni avicole Italiane**

Produzione – Saldo import/export – Consumi – Consumi /capite

Anno	Produzione T	Saldo Import/Export t	Consumi t	Consumo pro capite kg
2000	1.048.000	9.000	1.060.000	18,38
2001	1.247.600	- 66.000	1.181.600	20,73
2002	1.219.300	- 113.400	1.105.900	19,40
2003	1.151.000	- 64.800	1.086.200	18,95
2004	1.134.500	- 66.600	1.067.900	18,44
2005	1.119.000	- 103.800	966.700	16,54
2006	1.048.000	- 107.500	989.000	16,85
2007	1.123.000	- 76.800	1.046.200	17,69
2008	1.174.000	- 78.800	1.095.200	18,40
2009	1.197.300	- 79.000	1.118.300	18,62
2010	1.221.700	- 97.500	1.125.100	18,58

Fonte UNA Unione Nazionale dell' Avicoltura

**Fig. 3 Produzione avicola in Italia**



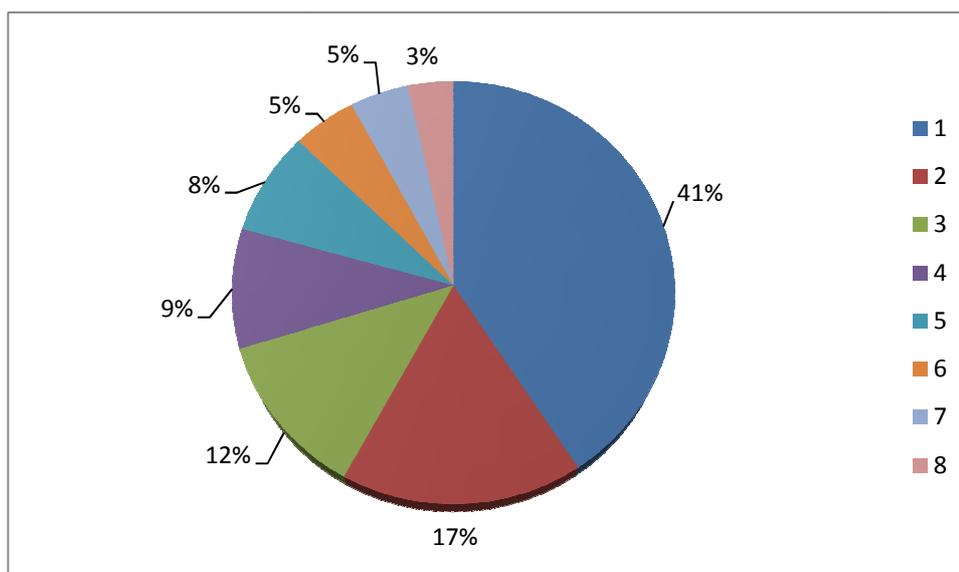
Nella nostra penisola è il Veneto ad assicurare il maggior contributo ai volumi di carne avicola immessa sul mercato, seguito dall' Emilia Romagna, dalla Lombardia e dalle Marche. Queste 4 regioni ricoprono nel 2008 da sole circa il 79 % della produzione italiana. (Tab.1/4 – Fig.4)

**Tab.1/4 Macellazione Avicoli (polli + galline) in Italia (per Regione)**

<b>Regione</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
	kg	Kg	kg	Kg
Veneto	402.725.315	393.047.542	438.038.020	470.659.660
Emilia Romagna	221.289.438	165.766.160	184.085.824	197.944.816
Lombardia	123.818.404	96.204.266	125.515.295	141.407.268
Marche	85.593.546	91.013.981	99.415.388	105.552.732
Abruzzo	73.788.268	69.516.649	85.831.751	91.790.525
Piemonte	41.050.947	38.630.938	52.944.515	55.901.893
Molise	40.065.196	34.200.162	49.777.898	51.148.970
Altre	31.665.209	32.564.714	37.948.568	39.377.999
<b>Totale</b>	<b>1.019.996.323</b>	<b>920.944.412</b>	<b>1.073.557.259</b>	<b>1.153.783.863</b>

(ERSAV 2010)

**Fig. 4 Produzione avicola per Regioni (2008)**



1.Veneto – 2 .Emilia Romagna - 3. Lombardia - 4. Marche - 5. Abruzzo - 6. Piemonte – 7 . Molise - 8. Altre

### **1.3 Il consumo di carne avicola**

#### **1.3.1 Il consumo di carne avicola in Europa**

Per quanto riguarda i consumi di pollame in Europa va notato che negli altri paesi europei nell'ultimo decennio, questi sono cresciuti a ritmi notevolmente più sostenuti di quelli italiani. Ciò è potuto avvenire perché in tali paesi si è verificata una più netta adesione dei consumatori ai modelli alimentari suggeriti dai nutrizionisti; per prevenire le numerose “malattie del benessere” è importante tenere sotto controllo il contenuto lipidico della dieta, specie quello di grassi saturi. La eccellenza nutrizionale delle carni di pollame, dovuta all' elevato contenuto proteico e alla scarsa presenza di grassi, caratterizzati per di più da un favorevole grado di insaturazione, ha in quei paesi decisamente modificato la composizione dei consumi carnei a favore delle carni avicole, con una parallela riduzione della domanda di carni bovine e suine.

#### **1.3.2 Il consumo di carne avicola in Italia**

##### **1.3.2.1 Il mercato della carne di pollo nel 2010 in Italia**

L'andamento del mercato della carne di pollo nel 2010 in Italia è stato ottimale. La produzione è aumentata del 5,2 %, l'esportazione del 40,9 % e il consumo interno del 2,8 % con un consumo record di 11,9 kg per abitante (Tab. 1/5).

**Tab.1/5 Il mercato della carne di pollo nel 2010 in Italia**

Valori in 1000 t	2008	2009	Diff 09/08	2010	Diff.10/09
Produzione	713,00	741,80	4,04%	780,40	5,20%
Importazione	39,00	36,60	-6,15%	47,90	30,87%
Esportazione	69,10	73,80	6,80%	104,00	40,92%
Utilizzo interno	682,90	704,60	3,18%	724,30	2,80%
Consumo per abitante (kg)	11,29	11,73	3,90%	11,96	1,96%

( Dati di provenienza UNA Unione Nazionale dell'Avicoltura)

### **1.3.2.2 L'avicoltura leader della zootecnia**

L'avicoltura è divenuta, e si è confermata col passare degli anni, settore leader della zootecnia italiana, l'unico autosufficiente dall'estero, ed ai primi posti in Europa per la qualità dei prodotti.

L'autosufficienza raggiunta dal settore avicolo è una garanzia per il consumatore, il qual è certo di ritrovare sulla sua tavola un prodotto italiano di qualità. Questo successo è da ricondursi sia alla qualità degli allevamenti italiani, sia alle caratteristiche nutrizionali della carne di pollo e di tutti i prodotti del comparto avicolo: queste carni sono caratterizzate da un elevato contenuto proteico, da un basso contenuto di grassi e da un equilibrato contenuto in acidi grassi saturi e insaturi, in particolare se confrontate con le carni bovine e suine.

## 2. Origini e caratteristiche biologiche dei polli

### 2.1 Le origini degli uccelli

(Isabella Romboli - *Avicoltura e conigliicoltura* 2008)

Gli uccelli costituiscono un insieme di animali molto omogeneo dal punto di vista anatomico ma fortemente variegato per costumi e capacità di adattamento agli ambienti più diversificati. Si pensa che gli uccelli derivino da rettili e che si siano differenziati durante l'era Mesozoica, almeno 150 milioni di anni fa. Più in dettaglio, gli uccelli sarebbero comparsi nel Giurassico, da forme arboricole munite di piume ma incapaci di volare: nel Cretaceo poi, avrebbero acquisito le peculiarità scheletriche tipiche degli uccelli attuali, infine con l'era terziaria avrebbero manifestato una forte espansione e la differenziazione ulteriore verso le forme oggi presenti. Nell'Eocene sono apparse la maggior parte delle specie attuali, mentre il massimo sviluppo si presume sia stato raggiunto nel Pleistocene, periodo nel quale si ritiene esistessero almeno 11.500 specie.

### 2.2 Le origini dei polli domestici

(Hans Joachim Schille - *“Atlante delle razze”* 2008)

Il pollo (*Gallus gallus domesticus* o *Gallus sinae*, Linnaeus 1758), è un uccello domestico derivante da varie specie selvatiche, di origini Indiane. Darwin attribuì la paternità solo al *Gallus gallus bankiva* per vari motivi, tra cui la somiglianza del colore del piumaggio con quello di alcune razze domestiche, la variabilità delle sottospecie di *Gallus gallus* a seconda del luogo di diffusione, la fecondità delle uova derivanti dall'accoppiamento con i polli domestici. Questa posizione è notevolmente mutata nel corso del ventesimo secolo, sulla base di esperienze di ibridazione effettuate con le altre specie selvatiche. Oggi si può affermare che varie specie hanno contribuito alla creazione dei polli domestici *Gallus gallus domesticus*. Storicamente il nome Pollo deriva dal latino "*pullus*" cioè animale giovane; la sua presenza è documentata dal 4000 a.C. nella piana dell'Indo, da cui giunse in Grecia, e di qui in Europa, attraverso la Persia. La diffusione in Europa è partita probabilmente dalla Grecia e dall'Italia come documentato dai primi scritti di Aristofane e Plinio. L'addomesticamento avvenne nel Neolitico, quando gli uomini da nomadi passarono a sedentari, avendo come condizione necessaria l'attività dell'agricoltura. Questo fu senza dubbio favorito dalla piccola taglia degli animali che consentiva in un'area climatica calda la produzione di carne e di uova in quantità adeguate. L'addomesticamento del pollame si svolse tra i quattro e cinquemila anni fa in India.

### 2.3 Principali caratteristiche biologiche del pollo (Hans Joachim Schille "Atlante delle razze" 2008)

Il pollame domestico condivide completamente il bagaglio biologico del *Gallus bankiva*: quattordici penne timoniere, una cresta rossa dentellata, faccia priva di piume, due bargigli carnosì e due speroni sui tarsi del maschio. In seguito all'addomesticamento alcune caratteristiche comportamentali del gallo *bankiva* sono andate perdute oppure hanno subito alterazioni: è il caso per esempio della distanza percorsa in volo (che è diminuita), dell'attività sessuale (diventata periodica) e di alcuni rituali di accoppiamento. Solo nel territorio europeo si contano oggi circa duecento razze di polli, classificabili in diversi gruppi: alcune di tipo *asiatico* e altre di tipo *europeo* e le razze intermedie come le *Marans*. In seno alla stessa razza il gallo è generalmente più grande della gallina, inoltre ha la cresta e i bargigli più sviluppati. Con il raggiungimento dell'età matura sui tarsi del gallo si sviluppano gli speroni. Il gallo possiede normalmente delle appuntite piume da parata (falcette e falciformi) che ricoprono quasi completamente le quattordici penne timoniere delle coda. Esattamente come i loro antenati anche i polli domestici sono dotati di cresta. Si tratta di un attributo particolarmente evidente e utile anche alla differenziazione delle varie razze. Una cresta rossa e turgida è sinonimo di un animale che gode di piena salute e vitalità. Nella gallina la cresta è sempre più piccola rispetto al gallo, inoltre diminuisce di volume nel periodo della muta e della cova. I polli sono onnivori. Quando vivono in libertà, spesso grattano il suolo alla ricerca di semi, insetti e piccoli animali come lucertole. Una loro caratteristica peculiare è di cercare e beccare anche sabbia, piccoli sassi, granelli di minerali che trovano nel terreno, tanto che nei pollai all'aperto si usa aggiungere maceria di riporto a periodi regolari; questo comportamento istintivo dell'animale è dovuto al fatto che ingerendo piccole quantità di minerale il guscio delle uova prodotte ne risulterà fortemente irrobustito, conseguentemente si avrà maggiore possibilità di nascita di un pulcino forte e robusto e quindi di una migliore riproduzione della specie. I polli in natura possono vivere da cinque a undici anni a seconda della razza. Il pollo più vecchio del mondo, secondo il *Guinness* dei Primati, è morto all'età di 16 anni. Negli allevamenti intensivi, i polli da carne generalmente vengono abbattuti all'età di 6 - 14 settimane. Le razze selezionate per la produzione di uova possono fornire fino a 300 uova l'anno. Le galline ovaiole, raggiunta l'età di 12 mesi, cominciano a diminuire la capacità produttiva; vengono quindi utilizzate per ricavare alimenti per animali e per l'uomo. I polli non sono in grado di volare a lunga distanza, anche se i più leggeri possono volare per brevi distanze, ad esempio per saltare oltre un recinto o su un ramo. I polli sono uccelli gregari e vivono in gruppo. Nel gruppo, alcune galline si comportano come dominanti, istituendo un preciso "ordine di beccata", in cui alcuni polli hanno la priorità nell'accesso al cibo e nella scelta del luogo dove nidificare. Se si toglie dal gruppo un gallo o una gallina si

interrompe la gerarchia costituita fino a quando il gruppo non si riorganizza con un nuovo ordinamento. L'aggiunta di nuovi individui (specialmente se giovani) ad un gruppo già costituito può portare ad episodi di violenza e a ferite. Le galline cercano di stabilirsi in nidi che già contengono uova ed è noto che talvolta prelevano uova da altri nidi e le spostano nel loro. Alcuni allevatori usano uova finte per incoraggiare le galline a nidificare in una determinata posizione. Un gruppo di galline, di solito, utilizzerà soltanto poche posizioni di cova preferite, piuttosto che avere un nido specifico per ciascun individuo. Le galline possono anche essere molto ostinate nel conservare la stessa posizione. Talvolta due o più galline cercano di condividere lo stesso nido nello stesso momento; se il nido è piccolo, o se una delle galline è particolarmente determinata, può accadere che si sistemino nello stesso nido una sopra l'altra.

## **2.4 Classificazione delle razze in base al peso**

*(Hans Joachim Schille - "Atlante delle razze" 2008)*

### **2.4.1 Razze leggere**

Sono quelle che assomigliano maggiormente al *Gallus bankiva*. La massa corporea è compresa da 1,5 e 3 kg. Il portamento è di solito orizzontale, il petto appena bombato. I tarsi possono essere chiari, neri, blu o gialli e privi di piume. La coda, portata per lo più a ventaglio, forma un angolo retto o ottuso con la linea del dorso. Le razze leggere amano correre e volare e sono adatte alla vita all'aria aperta in spazi di grandi dimensioni. La composizione del pollaio può arrivare fino a venti galline per ogni gallo. Le galline di queste razze covano di rado e sono buone ovaiole: le uova sono per di più di colore bianco.

### **2.4.2 Razze semipesanti**

Risultano dall'incrocio tra razze leggere, razze pesanti e combattenti. Queste razze la cui massa corporea è compresa tra i 3 e i 4 kg sono dette a duplice attitudine per i buoni rendimenti sia nella produzione di carne che di uova. La forma del corpo è generalmente quadrata; la composizione del pollaio prevede fino a 12 galline con un gallo. Le uova sono tendenzialmente di colore giallo bruno fino a roseo con variazioni delle singole razze. Si tratta di razze di carattere tranquillo, adatti a vivere in pollai e pascoli dalle dimensioni relativamente ridotte; in caso di sovralimentazione tendono a ingrassare.

### **2.4.3 Razze pesanti**

Sono animali di grossa taglia, dalla massa corporea compresa tra i 3,5 e i 5 kg e la cui altezza può raggiungere gli 80 cm. Il corpo è grande sotto ogni aspetto, la coda risulta corta e compatta, gli orecchioni sono solitamente rossi. Si tratta di razze molto tranquille, che volano pochissimo e hanno una bassa media della deposizione delle uova (da 100 a 120 all'anno). Raggiungono l'età adulta a 7 mesi, cioè più tardi delle altre razze e necessitano di un maggior apporto di proteine animali per la crescita. Il rapporto femmine/maschi è al massimo di 7 a 1.

## **2.5 Classificazione delle razze in base alle origini**

### **Razze asiatiche**

Brahama - Chabo – Cocincina – Phoenix - Onagadori

### **Razze britanniche**

Orpington – Sebright - Sussex

### **Razze olandesi**

Barnevelder - Civetta barbata olandese - Olandese ciuffata - Lakenvelder

### **Razze statunitensi**

New Hampshire - Rhode Island - Plymouth rock

### **Razze tedesche**

Amburgo - Vorwerk

### **Razze italiane**

Ancona – Boffa - Ermellinata di Rovigo – Livorno - Millefiori di Lonigo –  
**Padovana** - Pepoi – Polverara - Robusta limonata - Robusta maculata –  
Siciliana – Valdarnese bianca – Valdarno - Mugellese

## **2.6 Razza Padovana**

[www.agraria.org](http://www.agraria.org)

**Atlante delle razze di Polli - Razze italiane Padovana con standard FIAV**

### **Origine, diffusione e caratteristiche economiche**

La Padovana è un'antica razza italiana le cui origini sono tuttora dibattute. Secondo Darwin sarebbe originaria della Polonia, da cui sarebbe giunta in Italia nel 1300, forse ad opera di Giovanni Dondi Dell'Orologio, nobile padovano, insigne medico ed astronomo, affascinato dalla bellezza di questi polli.

Molte citazioni del '500 riportano l'esistenza, nel padovano, di una razza di pollo, particolarmente produttiva e famosa: la razza Padovana dal gran ciuffo. Questa razza è stata descritta e illustrata nell'opera *Ornithologiae* di Ulisse Aldovrandi (1600).

La decadenza della razza Padovana è iniziata già nel XIX secolo. Ai primi del '900 erano presenti alcune migliaia di esemplari, ma negli anni '60 questi scompaiono quasi definitivamente. Attualmente in un quadro culturale che vuole salvaguardare la biodiversità, le razze locali, come la Padovana, sono iscritte in un programma di tutela.

Tutti gli allevatori aderenti al Presidio della gallina Padovana fanno parte dell' Associazione per la salvaguardia delle razze avicole "*Pro Avibus Nostris*" presso l' Istituto Professionale per l' Agricoltura "San Benedetto da Norcia" di Padova.

La razza Padovana oltre a essere una razza ornamentale, si presta bene per l'allevamento da reddito, in particolare per valorizzare le produzioni di nicchia o tipiche delle aree protette. E' una buona produttrice di uova grosse (50-60 grammi dal guscio bianco), e la sua carne è magra, di colore bianco rosato, di sapore molto delicato. E' una razza ufficialmente riconosciuta in Italia. Pollo leggero, elegante, vivace e carattere fiducioso.

### **Caratteristiche morfologiche**

Corpo mediamente lungo, posizione eretta. Il tronco è un po' allungato e inclinato, largo alle spalle e si restringe verso la groppa. Nella gallina la forma è più compressa e più bassa e il portamento risulta più orizzontale rispetto al gallo. La testa, mediamente grande, presenta un'ernia craniale molto sviluppata ricoperta da un ciuffo voluminoso. Il becco è forte, un po' arcuato, con narici grosse, il suo colore cambia nelle varie colorazioni del piumaggio. Gli occhi sono grandi, rotondi, vivaci; il colore è bruno in tutte le colorazioni tranne nella bianca e nella spaviero dove è rosso arancio. Priva di cresta; la presenza di piccole escrescenze carnose non è da considerarsi un difetto.

I bargigli sono assenti o appena accennati, ma nascosti dalla barba.

La faccia è rossa, ricoperta dalla folta barba.

Molto piccoli gli orecchioni, che sono completamente ricoperti dalla barba e dal ciuffo. Ben evidenti barba e favoriti, con piumaggio aderente. Nel gallo il ciuffo è pieno a forma di globo; le strette ed appuntite penne ricadenti circondano la testa di dietro e lateralmente; le penne sottostanti ed anteriori sostengono il ciuffo. Nella gallina il ciuffo è grande a forma sferica, folto, fermo, non pendente. Il ciuffo nei due sessi non deve impedire la visuale. Il collo è mediamente lungo con ricca mantellina. Le spalle sono larghe e arrotondate.

Il dorso, mediamente lungo, è portato leggermente inclinato verso la groppa che è abbondantemente impiumata.

Le ali, di media lunghezza, sono portate orizzontali ed aderenti al corpo. La coda è piena, semiaperta nella gallina, larga nel gallo, con falciformi ben arcuate; l'angolo della coda di 40/45° nel gallo e 30/35° nella gallina.

Il petto è rotondo, pieno e portato alto. Le gambe hanno lunghezza media, ben evidenti e impiumate. I tarsi hanno media lunghezza, sono fini e privi di piume; il loro colore varia a seconda della colorazione. I tarsi sono seguiti da quattro dita. Il ventre è morbido e ben sviluppato. La pelle è bianca.

#### **Peso medio:**

- Galli kg 1,8-2,3

- Galline kg 1,5-2,0

La maturità sessuale viene raggiunta a sei - sette mesi nei maschi e a circa cinque - sei mesi nelle femmine. Le femmine hanno una scarsissima attitudine alla cova.

Il piumaggio si presenta ben sviluppato, ma piatto ed aderente, con punte delle penne arrotondate e piumino folto.

Molte sono le colorazioni: Argento Orlata Nero, Bianca, Blu orlata, Camoscio Orlata Bianco, Grigio Perla, Nera, Oro Orlata Nero, Sparviero, Tricolore.

Pregi particolari: Ciuffo pieno, voluminoso, di forma circolare nel gallo e a palla nella gallina; barba ben sviluppata; mantellina abbondante.

I principali difetti gravi sono il portamento troppo basso o troppo alto, il tronco debole con petto appuntito, il ciuffo troppo piccolo, aperto cadente o storto, la barba non sufficientemente

sviluppata, la cresta molto evidente, i bargigli o gli orecchioni visibili. Un difetto molto grave che spesso si rileva è la presenza di penne bianche nel ciuffo delle varietà colorate (in particolare nella varietà oro orlo nero e nera). Esiste anche la varietà nana.

### 3. Il muscolo

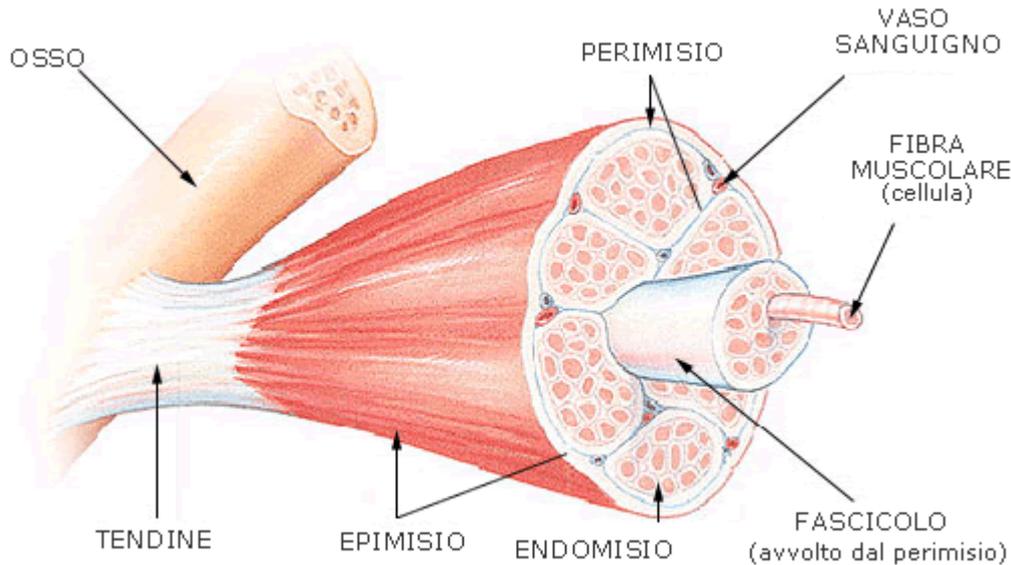
Il **tessuto muscolare** svolge le sue funzioni caratteristiche grazie all'elevata specializzazione degli elementi che lo costituiscono, i quali hanno sviluppato la proprietà della contrattilità. Nei Vertebrati ci sono tre categorie di tessuto muscolare: striato scheletrico, striato cardiaco e liscio. Nonostante alcune differenze morfologiche e funzionali, il meccanismo di contrazione è molto simile, accompagnandosi sempre alla presenza di molecole proteiche specifiche organizzate in miofilamenti.

#### 3.1 Tessuto muscolare striato scheletrico

Il tessuto muscolare striato scheletrico forma i muscoli inseriti sullo scheletro. I muscoli scheletrici sono responsabili, insieme allo scheletro, della locomozione e del movimento relativo delle varie parti del corpo; sono innervati dal sistema nervoso cerebrospinale e si contraggono sotto il controllo della volontà.

I muscoli scheletrici possono essere cilindrici oppure piatti. Essi sono costituiti da una parte attiva, denominata ventre muscolare nel muscolo cilindrico, e da componenti passive, i tendini di origine e terminazione (fasce per i muscoli piatti) e altre strutture accessorie. Ogni ventre muscolare è costituito da fasci di fibre muscolari associati tra loro per mezzo di **tessuto connettivo** (Fig.3/ 1). Il connettivo che avvolge il muscolo è detto **epimisio** e si continua con il tendine; da questo tessuto partono dei setti connettivali che avvolgono i fasci di fibre formando il **perimisio**. Infine delicati setti di connettivo reticolare inguainano ogni fibra formando l'**endomisio**. I vasi sanguigni e i nervi seguono i setti connettivali ramificandosi all'interno del muscolo.

**Fig. 3.1 Organizzazione del tessuto connettivo nel muscolo striato scheletrico**



### 3.2 La fibra muscolare

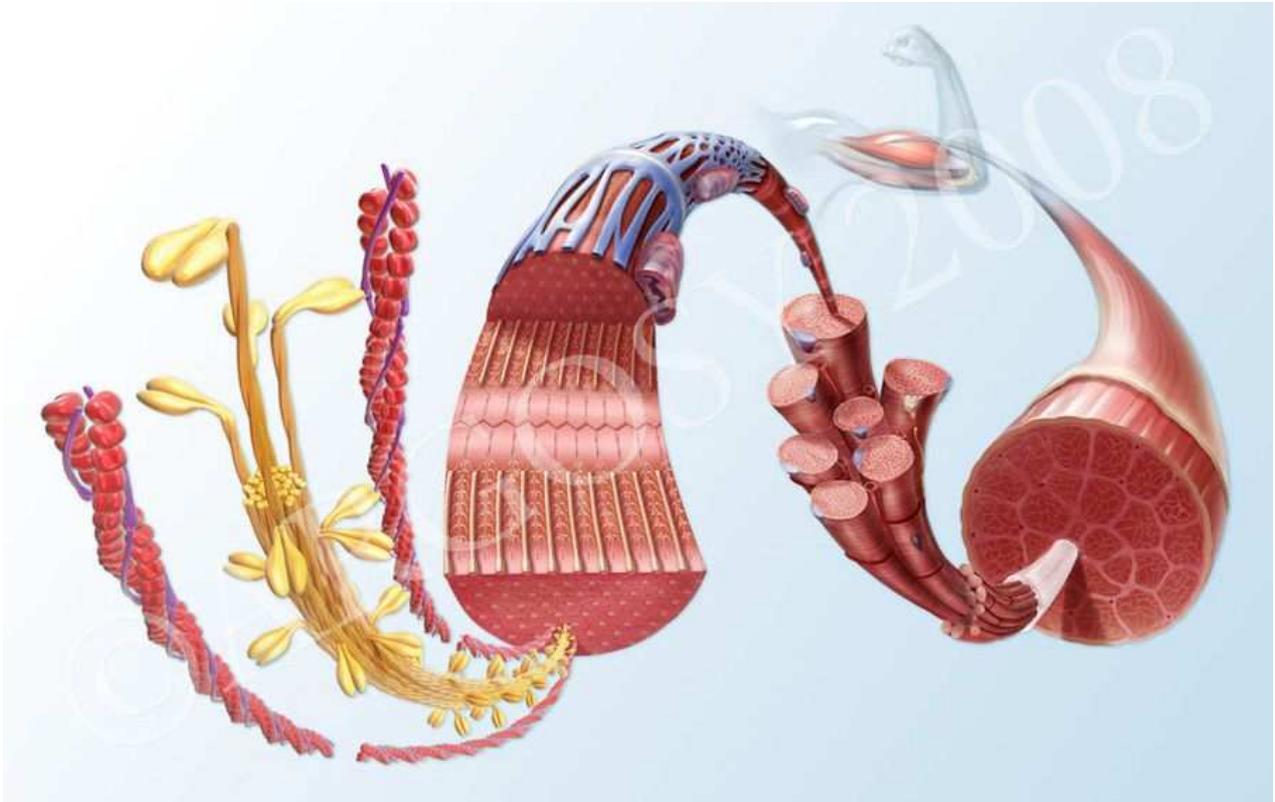
L'unità strutturale del tessuto muscolare scheletrico è rappresentata da un elemento altamente specializzato: la **fibra muscolare striata** (Hedrick e coll., 1994). Le fibre muscolari striate sono elementi polinucleati sinciziali, derivati dall'unione di diverse cellule muscolari embrionali o **mioblasti**; esse presentano diversa lunghezza (da diversi millimetri a più di 30 cm) e spessore variabile (10-150  $\mu\text{m}$ ).

La fibra muscolare è delimitata dal **sarcolemma**, costituito dalla membrana plasmatica e da un rivestimento esterno consistente di un sottile strato di materiale polisaccaridico contenente numerose fibrille collagene. Nello spessore del sarcolemma, tra il plasmalemma e la lamina basale, si trovano le **cellule satellite**: elementi mononucleati, normalmente quiescenti, che entrano in gioco in caso di perdita o degenerazione delle fibre muscolari (Cossu e Molinaro, 1987). Le cellule satelliti mediano la crescita muscolare post-natale e la loro popolazione decresce con l'aumentare dell'età (Bischoff, 1994; Charge e Rudnicki, 2004).

Le fibre presentano una caratteristica striatura trasversale, dovuta alla presenza di bande rifrangenti e di bande meno rifrangenti, ma anche una delicata striatura longitudinale dovuta alla presenza di sottili fibrille, le **miofibrille**, disposte parallelamente all'asse della fibra (Fig. 2). Anche le miofibrille presentano una striatura trasversale e sono a loro volta composte da due tipi di

**miofilamenti** risolvibili al microscopio elettronico. La striatura trasversale dell'intera fibra è dovuta alla disposizione relativa dei miofilamenti all'interno della fibra (Figg 3/2, 3,3).

**Fig. 3/2 Struttura microscopica del tessuto muscolare striato scheletrico**



Nella fibra muscolare le miofibrille si trovano immerse in una matrice fluida, detta **sarcoplasma**, nella quale sono presenti i comuni costituenti intracellulari. Contiene varie sostanze in forma disciolta, prevalentemente proteine, minerali, glicogeno e grassi. Si differenzia dal citoplasma della maggior parte delle cellule perché contiene una rilevante scorta di glicogeno, e una proteina coniugata che serve a legare l'ossigeno, la **mioglobina**, che è molto simile all'emoglobina.

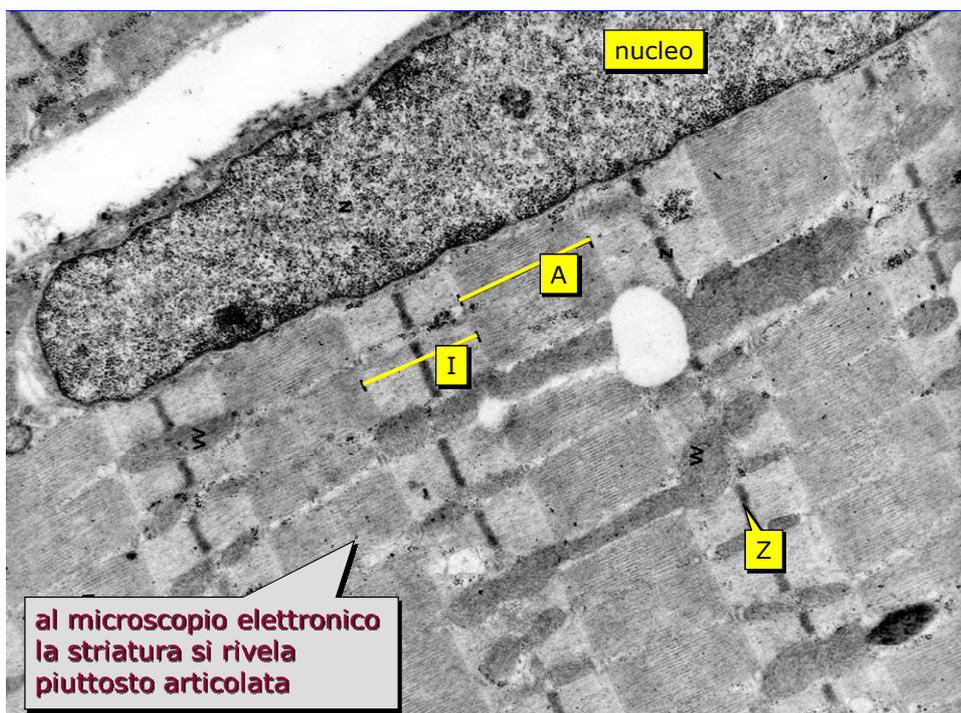
Nel sarcoplasma è presente anche un esteso reticolo endoplasmatico, indicato come **reticolo sarcoplasmatico (RS)**. La funzione del RS è quella di regolare la concentrazione di ioni calcio intorno alle miofibrille. Intimamente associati al RS incontriamo i **tubuli T** o tubuli trasversi. Queste strutture sono invaginazioni del sarcolemma che penetrano all'interno della fibra perpendicolarmente alla superficie; essi permettono che il potenziale d'azione che si origina sulla superficie della cellula a livello della placca motoria si propaghi fino all'interno della fibra, inoltre costituiscono anche dei condotti all'interno della fibra muscolare e consentono alle sostanze di penetrare nella cellula e ai residui del metabolismo di lasciare le fibre. Il RS risulta particolarmente sviluppato nei muscoli a rapida contrazione

### 3.2.1 Ultrastruttura delle miofibrille

Ogni miofibrilla è composta da proteine di diverso tipo: **contrattili** (actina e miosina), **modulatrici** (troponina e tropomiosina) e **proteine giganti accessorie** (titina e nebulina). Se consideriamo la sezione longitudinale di un muscolo, noteremo bande chiare che si alternano a bande scure. Se si osservano al microscopio polarizzatore, le bande scure sono anisotropiche (ruotano fortemente il piano della luce polarizzata), per questo vengono denominate **bande A**, mentre le chiare sono isotropiche (ruotano poco il piano della luce polarizzata), e prendono il nome di **bande I**.

A metà di una banda I si apprezza una sottile linea trasversale, la **linea Z** (Fig. 3). La porzione di miofibrilla situata tra due linee Z viene denominata **sarcomero**: esso rappresenta l'**unità funzionale** del muscolo. Durante la contrazione le bande I si accorciano mentre l'ampiezza delle bande A resta costante.

**Fig.3/3 Ultrastruttura della fibra muscolare striata**



Le bande I e A sono costituite da due diversi miofilamenti: sottili, formati principalmente da actina, e spessi, formati da miosina. Nel sarcomero possiamo distinguere i seguenti elementi:

- **Dischi Z:** strutture composte da proteine di ancoraggio per i filamenti sottili. Ogni estremo del sarcomero è un disco Z.

- **Bande I:** rappresenta la regione occupata solo da filamenti sottili. Il disco Z si trova a metà della banda I, e la divide in due emibande appartenenti a sarcomeri contigui.
- **Bande A:** corrisponde all'estensione di un filamento spesso. Agli estremi della banda A, i filamenti sottili e spessi si trovano sovrapposti.
- **Zona H:** corrisponde alla porzione centrale della banda A, occupata unicamente dai filamenti spessi; essa è visibile soltanto quando la miofibrilla è rilasciata, perché durante la contrazione i sarcomeri si accorciano e i filamenti di actina vengono tirati verso l'interno di questa zona, che di conseguenza non appare più diversa dal resto della banda A.
- **Linea M:** è osservabile nella parte centrale della banda A dove i filamenti spessi sono connessi da ponti trasversali; divide in parti uguali la banda A.

Ogni filamento di actina è circondato da tre filamenti di miosina, e sei filamenti sottili circondano un filamento spesso di miosina. La corretta disposizione dei filamenti all'interno del sarcomero è garantita da altri tipi di proteine, le proteine elastiche titina e nebulina.

### 3.2.2 Proteine contrattili

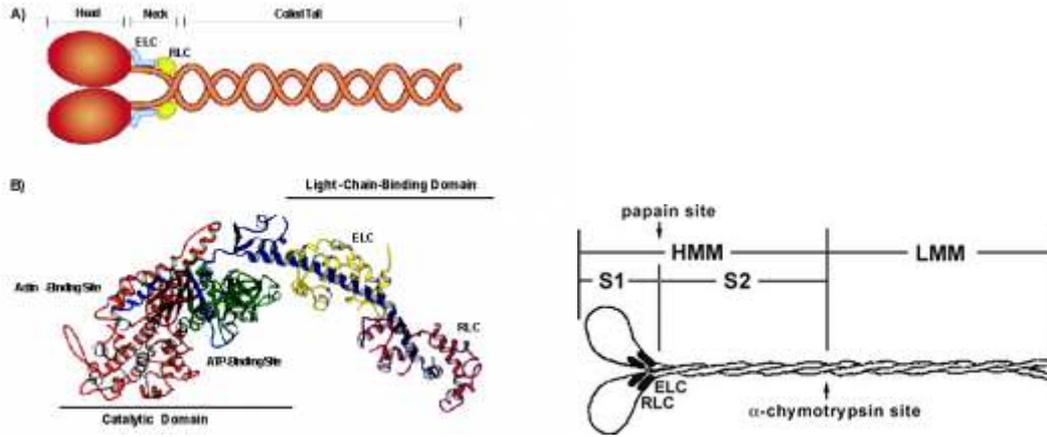
La **miosina** è la proteina che forma i **filamenti spessi** della miofibrilla e costituisce la maggior parte della banda A. Essa agisce come un vero motore molecolare. Nei differenti tipi di muscoli esistono distinte isoforme di miosina.

Ogni molecola di miosina è un esamero composto da **due catene proteiche pesanti** appaiate che si intrecciano a formare una **coda**, e da **quattro subunità leggere**, a due a due uguali, che si affiancano alle catene pesanti nella formazione di strutture globose denominate **teste**, atte a legare l'actina (Fig.3/4). Il trattamento proteolitico dei filamenti spessi permette di separare la **meromiosina pesante** (HMM *Heavy MeroMyosin*) e la **meromiosina leggera** (LMM *Light MeroMyosin*).

I filamenti di miosina si dispongono a formare il filamento spesso: un fascio di code di miosina intrecciate forma l'asse centrale mentre le teste sono rivolte verso l'esterno. La regione della coda è rigida, mentre le teste presentano una regione elastica all'altezza della cerniera, la zona attraverso la quale si uniscono alla porzione rigida. La cerniera permette alle teste di girare attorno al punto d'inserzione, trascinando l'actina verso il centro del sarcomero. La testa ha la funzione di agganciare l'actina; essa inoltre presenta **funzione ATPasica**, di pertinenza della **meromiosina pesante**, che permette che la testa idrolizzi ATP e utilizzi l'energia liberata per il processo di

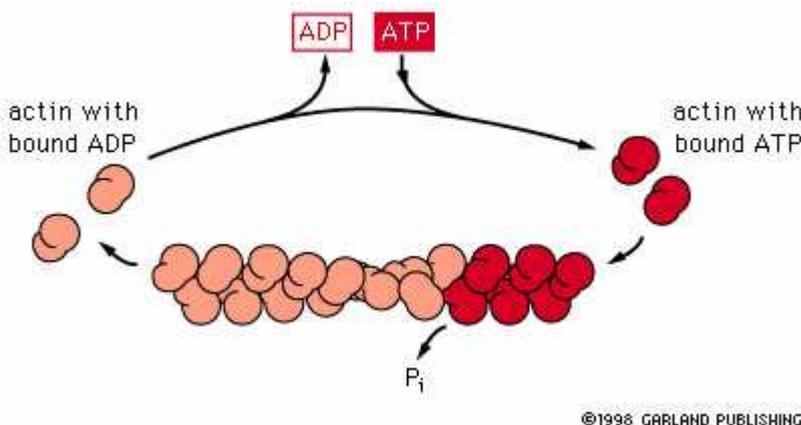
contrazione. Ciascuna isoforma di catena pesante di miosina ha una propria attività ATPasica caratterizzante.

**Fig.3/4 Struttura della molecola di miosina**



L'**actina** è la proteina che forma i **filamenti sottili** della miofibrilla. Una molecola di actina è una proteina globulare contenente un sito di legame per l'ATP. Ogni monomero libero di actina (denominato G-actina) porta saldamente legata una molecola di ATP, che viene idrolizzata ad ADP dopo l'incorporazione del monomero actinico nel filamento (F-actina) in crescita. Nel muscolo scheletrico, due polimeri di **F-actina** si intrecciano tra loro per formare i filamenti sottili della miofibrilla (Fig.3/5 ).

**Fig.3/5 Organizzazione delle molecole di G-actina a formare il filamento di F-actina**



©1998 GARLAND PUBLISHING

La maggior parte del tempo i filamenti fini e spessi, disposti in parallelo, sono connessi attraverso **ponti di unione** che mantengono lo spazio tra i filamenti. I ponti di unione sono costituiti dalle

teste di miosina, che si uniscono debolmente ai filamenti di actina. Ogni molecola di G-actina presenta un sito di attacco per la miosina.

I ponti di unione della miosina presentano due conformazioni: la prima quando si unisce all'actina, e i prodotti della idrolisi (ADP+Pi) sono ancora uniti. La seconda avviene al termine di questa fase quando l'ADP e il fosfato si liberano.

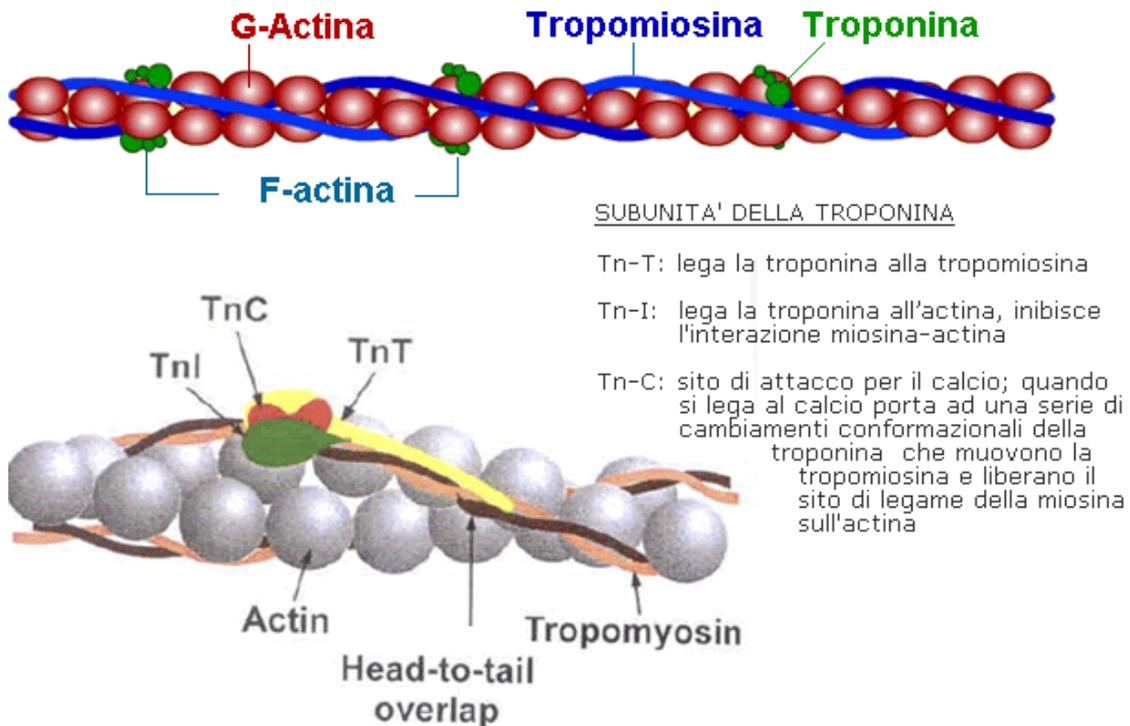
### 3.2.3 Proteine modulatrici

Le proteine modulatrici regolano il processo di contrazione impedendo che, in presenza di ATP, il muscolo resti contratto continuamente.

Le **tropomiosine** sono proteine filamentose che si associano a formare un filamento continuo che si adagia in prossimità della doccia formata dai due filamenti di F-actina appaiati (Fig. 3/6).

La **troponina** è una proteina globulare collocata a cavallo della molecola di tropomiosina; essa è composta da tre subunità: **Tn-T, Tn-I e TnC** (Fig. 6). La **Tn-C** in particolare ha il ruolo di legare il calcio, e questo determina una modificazione sterica della molecola che rimuove l'influenza inibitoria della troponina sull'actina; il filamento di tropomiosina scivola nella doccia del filamento di actina esponendo i siti di questa per il legame con la miosina.

Fig.3/6 Componenti del filamento sottile



### 3.3 Meccanismo della contrazione muscolare

L'impulso per la contrazione muscolare parte dal sistema nervoso centrale e viaggia verso i muscoli tramite i **motoneuroni** le cui terminazioni sono connesse a una regione specializzata del sarcolemma detta **placca motrice**. Il motoneurone e la placca costituiscono insieme la **giunzione neuromuscolare**.

A livello della **giunzione neuromuscolare** la liberazione del **neurotrasmettitore** determina una **depolarizzazione** del sarcolemma, il segnale si espande nei tubuli T che portano in profondità l'onda di depolarizzazione che investe le membrane del reticolo sarcoplasmatico.

La depolarizzazione della membrana del reticolo comporta un aumento della permeabilità agli ioni **calcio (Ca<sup>++</sup>)**, i quali escono dal **reticolo sarcoplasmatico**, entrano nei sarcomeri e si legano alla TnC; ne consegue una modificazione sterica della molecola che determina lo scivolamento del filamento della tropomiosina verso la doccia presente tra i due filamenti di F-actina.

In tale modo viene rimossa l'inibizione della tropomiosina sull'actina, vengono esposti i siti di attacco per la miosina che aggancia l'actina e la trascina per 10 nm verso il centro del sarcomero

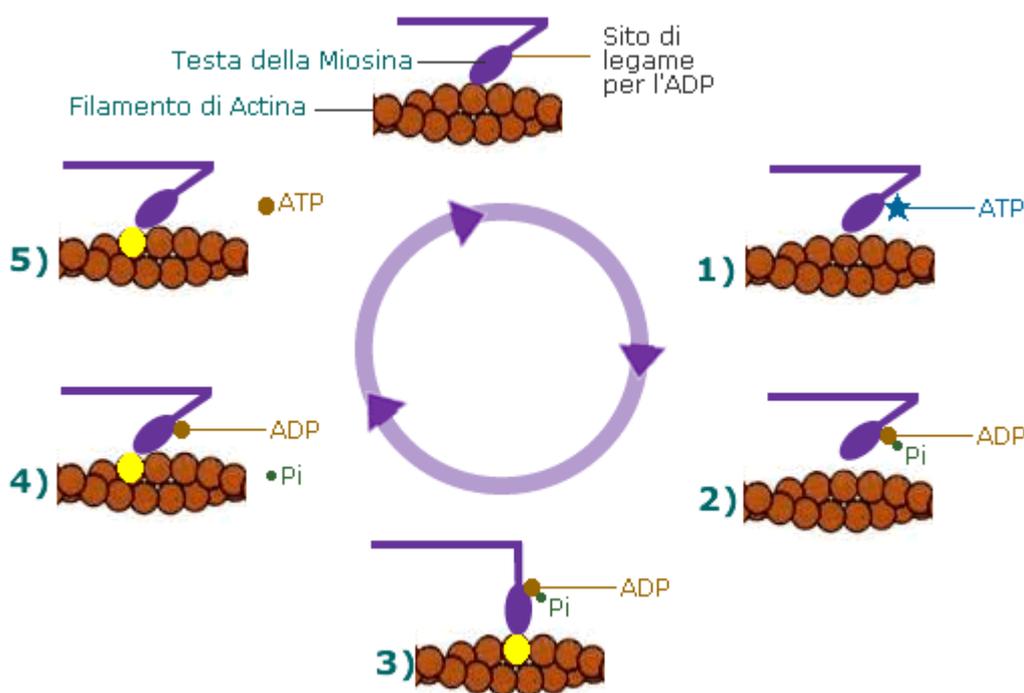
grazie alla rotazione della testa della miosina. Il risultato è la contrazione muscolare (accorciamento dei sarcomeri per riduzione della lunghezza della banda I).

Questo meccanismo necessita di energia fornita dalla molecola di **ATP**; l'idrolisi della molecola di ATP in ADP e fosfato avviene ad opera dell'attività ATPasica presente sulla testa della miosina. Dopo l'idrolisi dell'ATP, il **complesso actina-miosina** che si è formato è stabile e si dissocia solo quando una nuova molecola di ATP si lega alla miosina allora si rompe il legame, si forma un nuovo **complesso attivo miosina-ATP** che può legarsi ad un'altra actina, che viene spostata di altri 10 nm. Se viene a mancare l'ATP il legame tra actina e miosina persiste e il muscolo rimane rigido (*rigor mortis*).

L'ATP trasformatosi in ADP viene ricostituito a spese dell'energia derivata dalla degradazione del [glucosio](#) e della fosfocreatina, che si trasforma in [creatina](#) liberando il gruppo fosforico. La fosfocreatina si rigenera poi dalla creatina, ricevendo il gruppo fosforico dall'ATP. Gran parte dell'energia spesa per la sintesi di fosfocreatina e ATP proviene dal glucosio, il quale viene degradato ad anidride carbonica e [acqua](#).

Successivamente, quando cessa l'impulso alla contrazione le membrane si ripolarizzano e il  $Ca^{++}$  viene pompato attivamente nelle cisterne del reticolo sarcoplasmatico, l'inibizione della tropomiosina sull'actina viene ripristinata e ha luogo il **rilasciamento muscolare**.

**Fig. 3.7 Schema del meccanismo della contrazione muscolare**



### 3.4 Classificazione dei tipi di fibre

Schematicamente le fibre muscolari vengono suddivise in due tipi fondamentali sulla base delle loro caratteristiche morfologiche:

- Fibre di I tipo, sono di colore rosso per la ricchezza di mioglobina, presentano piccolo diametro.
- Fibre di II tipo, si presentano di colore chiaro per il loro minor contenuto in emoglobina, le loro dimensioni sono mediamente maggiori di quelle delle fibre di tipo I.

Nel tipo II sono stati individuati i sottotipi IIA e IIB (Tab. 3.1).

**Tab. 3.1 Caratteristiche dei principali tipi di fibra del muscolo scheletrico adulto**

Caratteristiche	I	IIA	IIB
<b>Dimensioni</b>	piccole/intermedie	Intermedie	Grandi
<b>Colore</b>	rosso	Rosso	Bianche
<b>contenuto mioglobina</b>	alto	Alto	Basso
<b>Mitocondri</b>	molto numerosi	Numerosi	Pochi
<b>accumulo lipidi</b>	alto	Intermedio	Basso

La **classificazione funzionale** più semplice dei tipi di fibre si basa sui parametri seguenti:

- **velocità di contrazione:** le fibre muscolari si definiscono *slow* o *fast* sulla base della loro velocità di contrazione, la velocità cioè a cui sviluppano tensione durante la contrazione e a cui scompaiono durante il rilasciamento;

- **resistenza alla fatica:** consiste nell'abilità di sostenere il consumo energetico, dovuto all'attività contrattile, con adeguata produzione di ATP. Le fibre possono essere resistenti alla fatica o non resistenti sulla base della loro capacità di mantenere la *performance* contrattile durante ripetute stimolazioni.

Alla luce di questi due criteri si identificano **tre tipi di miofibre** (Tab. 3.2):

1. **S:** *slow resistant* lente resistenti alla fatica esprimono l'isoforma MHCI (fibre di tipo I)
2. **FR:** *fast resistant* rapide resistenti alla fatica esprimono l'isoforma MHC IIA (fibre di tipo IIA)
3. **FF:** *fast fatigable* rapide non resistenti alla fatica esprimono l'isoforma MHC IIB (fibre di tipo IIB)

**Tab. 3.2 Metabolismo energetico e proprietà contrattili dei principali tipi di fibra del muscolo scheletrico adulto**

Caratteristiche	I (S)	IIA (FR)	IIB (FF)
metabolismo energetico	aerobio	Aerobio/aerobio	Anaerobio
turnover ATP	lento	Rapido	Rapido
Densità capillari	elevata	Elevata	Bassa
velocità contrazione	lenta	intermedia rapida	Rapida
resistenza alla fatica	alta	Intermedia	Bassa

Tra tutte le proteine la cui espressione varia da un tipo di fibra ad un altro, **le isoforme della catena pesante della miosina sono generalmente considerate il *marker* molecolare del tipo di fibra: i tipi di fibre sono spesso indicati con il nome dell'isoforma di miosina che è espressa.** La miosina è infatti la più abbondante proteina muscolare e determina anche il consumo energetico nonché le proprietà e le *performances* meccaniche delle fibre muscolari.

Le isoforme di miosina, e probabilmente di altre proteine contrattili, determinano la velocità di contrazione, mentre il loro numero di mitocondri e la quantità di mioglobina determina la resistenza alla fatica e il colore complessivo del muscolo.

Le fibre muscolari bianche dipendono essenzialmente dalla glicolisi per la produzione di ATP, da questo deriva il loro rapido affaticamento rispetto alle fibre muscolari rosse che sono specializzate nel metabolismo ossidativo, con abbondanti mitocondri e mioglobina. Alcuni muscoli sono costituiti solo da cellule muscolari bianche a contrazione veloce, altri da cellule muscolari rosse a contrazione lenta, ma la maggior parte è una miscela di due o più tipi. Ad esempio nel pollo i muscoli della zampa, che devono sostenere il corpo, camminare e mantenere l'equilibrio per lunghi periodi di tempo sono formati da fibre muscolari rosse, mentre i muscoli pettorali, utilizzati per sbattere le ali velocemente e per brevi periodi sono prevalentemente costituiti da fibre muscolari bianche.

### 3.4.1 Isoforme della miosina

Le catene pesanti della miosina (MHC), così come le catene leggere (MLC), sono codificate da una famiglia di multigeni e comprendono pertanto diverse isoforme. Varie combinazioni di queste subunità danno luogo ad un ampio numero di **isomiosine** (Schiaffino e Reggiani, 1996).

Il segreto della straordinaria capacità della miosina di rispondere a richieste funzionali molto diverse tra loro risiede proprio nell'esistenza di isoforme multiple di MHC ed MLC. In generale ciascuna cellula esprime solo un gene MHC associato a due geni MLC. Ciò crea una popolazione eterogenea di fibre muscolari, ciascuna contenente una specifica combinazione di isoforme MHC ed MLC.

L'esistenza di **fibre ibride** contenenti differenti isoforme proteiche miofibrillari è tuttavia abbastanza frequente: **isoforme delle MHC multiple sono regolarmente coesprese** durante lo sviluppo, durante le trasformazioni indotte da stimolazioni elettriche, e durante cambiamenti nello stato ormonale e nell'attività fisica. La co-espressione di differenti isoforme MHC di tipo *fast* rappresenta una condizione stabile nel muscolo maturo umano, come determinato da analisi a livello proteico e di mRNA.

Anche la coesistenza di isoforme *slow* e *fast* può essere osservata nei normali muscoli. Poiché la diversità di isoforme è associata a una diversità funzionale, il *continuum* del fenotipo molecolare potrebbe dar luogo ad un *continuum* delle proprietà funzionali (Bottinelli e coll., 1994).

Queste condizioni offrono la possibilità di studiare gli aspetti della trasduzione chimico-meccanica di diverse isoforme semplicemente analizzando il comportamento di singole fibre muscolari.

Nelle fibre del muscolo scheletrico, la proporzione delle diverse isoforme della miosina è il principale determinante della prestazione contrattile. Nel genoma umano, e in quello di tutti i mammiferi, sono stati individuati nove geni che codificano per le MHC sarcomeriche. Le isoforme MHC sono state caratterizzate sia a livello proteico che di mRNA. Quattro geni codificano per le isoforme **MHC 1 o  $\beta$ -slow**, **MHC 2A**, **MHC 2X** e **MHC 2B**, predominanti nel muscolo scheletrico adulto in differenti specie di mammiferi, ed espresse nelle fibre muscolari degli arti e del tronco. Tra queste MHC 1 o  $\beta$ -slow è anche espressa a livello del miocardio ventricolare.

Le proporzioni relative con le quali si presentano queste isoforme variano da muscolo a muscolo, sulla base della funzione e della posizione dello stesso. L'isoforma MHC 2B generalmente non è espressa nei muscoli scheletrici umani. Altri due geni codificano per le isoforme **MHC-emb** e **MHC-neo** che, di norma, sono espresse solamente durante lo sviluppo; nella vita adulta, possono essere espresse soltanto durante la rigenerazione e, in alcune specie, nei muscoli masticatori.

Per quanto riguarda le restanti isoforme, queste presentano una distribuzione tissutale limitata: **MHC- $\alpha$**  è espressa nel cuore e in alcune specie nei muscoli mandibolari; **MHC- $\epsilon$**  è espressa nei muscoli extraoculari e della laringe e infine l'isoforma **MHC-m** nei muscoli elevatori della mandibola dei Carnivori e di Primati non umani (Reggiani e Mascarello, 2004).

Nell'Uomo sono state identificate due popolazioni di fibre rapide, dette rispettivamente IIA e IIX. La massima velocità di contrazione di una fibra IIX è di circa 10 volte superiore a quella di una fibra di tipo I. Quella delle fibre IIA è intermedia tra le due. Le fibre IIA sono dette veloci ossidative, per il fatto che sono in grado di utilizzare una buona quantità di ossigeno, mentre le IIX sono bianche e utilizzano il metabolismo anaerobico.

### **3.4.2 Le fibre giganti**

Le fibre giganti vennero studiate per la prima volta dal gruppo di Cassens (1969). Esse si trovano soltanto in campioni prelevati *post mortem* e non in biopsie (Solomon e Eastridge, 1987). Esse non rappresentano un tipo di fibra diverso ma sono delle fibre che presentano degli aspetti degenerativi; possono originare prevalentemente da fibre glicolitiche ma anche da fibre ossidative.

Osservate al microscopio ottico presentano dei tratti peculiari: sono di forma ovale o tondeggianti e di dimensioni notevoli; sono localizzate in gruppo oppure si trovano isolate alla periferia dei fascetti di fibre (Sink e coll., 1986). Se colorate con ematossilina/eosina assumono una colorazione più intensa rispetto alle fibre normali. Le fibre giganti possono rispondere negativamente o in maniera altamente positiva alla colorazione ATPasi, reagiscono intensamente alla SDH (Solomon e West, 1985; Handel e Stickland, 1986).

Secondo alcuni autori la presenza di fibre giganti sarebbe influenzata dal tipo di muscolo, ma i risultati finora ottenuti sono contrastanti (Solomon e Eastridge, 1987; Rahelic e Puac, 1981). Secondo il gruppo di Fazarinc (2002) la sindrome delle fibre giganti dipenderebbe soprattutto dall'andamento e dall'intensità della glicolisi postmortem, che comporta l'acidificazione del muscolo: un eccessivo accumulo di lattato in alcune fibre FF potrebbe spiegare le alterazioni ultrastrutturali e i conseguenti cambiamenti nell'attività degli enzimi ossidativi e dell'ATPasi miofibrillare osservati nelle fibre giganti.

Numerosi autori hanno messo in relazione le fibre giganti con una selezione spinta verso la produzione della carne in maiali, broiler e tacchini (Solomon e coll., 1998). E' interessante riportare che le fibre giganti sono state evidenziate anche in maiali selvatici e non soltanto in specie domestiche selezionate per la muscolosità (Solomon, 1985; Solomon e Eastridge, 1987).

### **3.5 Ontogenesi delle fibre muscolari**

Nella maggior parte dei Mammiferi l'ontogenesi delle miofibre è un fenomeno bifasico. Nel maiale una generazione primaria di fibre compare tra i 35 e i 55 giorni di gestazione ed è seguita da una generazione secondaria tra i 55 e i 90-95 giorni. Le fibre secondarie compaiono attorno ai miotubi primari. Viene generalmente ritenuto che il numero totale di miofibre (TNF) venga stabilito tra i 90 e i 95 giorni di gestazione, ogni incremento in peso del muscolo postnatale dipende da un incremento del diametro e della lunghezza delle fibre muscolari (Chen e coll., 2007); l'aumento delle dimensioni è maggiore nelle fibre bianche rispetto a quelle rosse.

L'espressione delle isoforme di miosina adulta è regolata spazialmente all'interno dei fascetti di miofibre. Nel maiale l'espressione segue il seguente ordine: tipo I, IIA, IIX e IIB dal centro alla periferia delle tipiche rosette (isolette di fibre tipo I circondate da cerchi concentrici di fibre di tipo II) (Lefaucheur e coll., 1998). La transizione tra le diverse isoforme di miosina segue un modello obbligato:  $I \leftrightarrow IIA \leftrightarrow IIX \leftrightarrow IIB$  (Staron e Pette, 1993; Schiaffino e Reggiani, 1994; Pette e Staron, 1997), nel quale la fibra tipo IIB rappresenta la forma estrema per metabolismo glicolitico e velocità di contrazione.

Nel maiale i miotubi primari inizialmente esprimono le isoforme di miosina pesante embrionale, fetale e di tipo I. Durante il periodo fetale esse maturano a tipo I e di seguito a tipo IIA nei muscoli che presentano un forte profilo glicolitico (es. parte superficiale del semitendinoso). Le isoforme IIX e IIB compariranno soltanto dopo la nascita. La forma fetale di miosina sparirà prima della nascita nel bovino, dopo 10-15 giorni nel maiale, circa dopo 30 giorni in ratti e conigli, animali che alla nascita sono piuttosto immaturi.

### 3.5.1 Cenni sulla miogenesi

La miogenesi nei mammiferi è un fenomeno complesso, che avviene a partire dalle prime settimane di sviluppo embrionale. L'intero apparato locomotore prende origine dai somiti, masse rotondeggianti di mesoderma parassiale le cui cellule sono multipotenti.

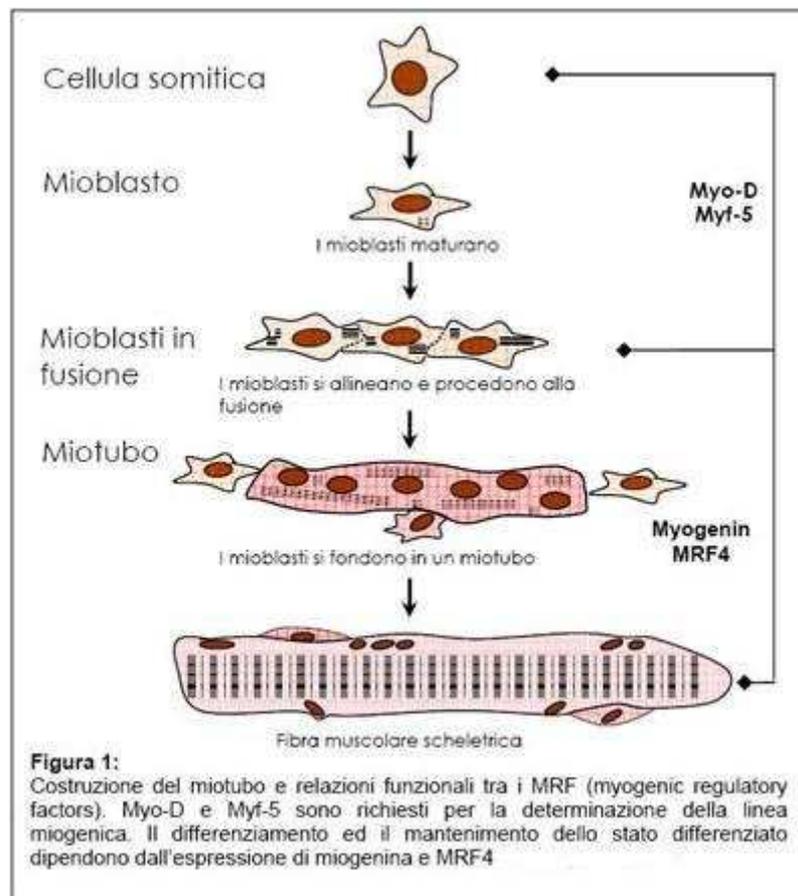
Le cellule del miotomo, appartenenti alla parte dorso-mediale del somite, separandosi da esso si allungano e si differenziano prima in **mioblasti**, progressivamente fondono a formare sincizi, i **miotubi** (Lawson & Purslow 2000), che in seguito acquisiscono le caratteristiche morfofunzionali delle cellule muscolari mature (Carozzi e coll. 2000; Ordahl e coll, 1993).

Sotto il controllo di proteine regolatorie e in conseguenza di stimoli nervosi e/o ormonali le fibre muscolari scheletriche accrescono nelle loro dimensioni e mostrano strutture e funzioni contrattili (Ogilvie e coll. 2000).

Nei vertebrati sono state individuate alcune famiglie di fattori di trascrizione tra cui i fattori di regolazione della miogenesi (Miogenesis Regulatory Factors) (Fig. 3.8). I fattori MRF esprimono proteine regolatrici in grado di attivare il differenziamento miogenico tra cui Myo-D, Myf-5, MRF-4, e miogenina, espressi in modo ordinato nello spazio e nel tempo (Yun and Wold, 1996; Delgado coll, 2003; Kataoka e coll, 2003). Essi determinano la conversione delle cellule miogeniche in mioblasti inducendo l'espressione di geni specifici per il muscolo.

Le trasformazioni caratteristiche della miogenesi determinano un cambiamento definitivo sia della morfologia, che della citoarchitettura cellulare (Berendse e coll 2003). MRF-4 sembra avere un ruolo nella specificazione del fenotipo delle fibre muscolari nella vita postnatale, e in particolare nel mantenere il fenotipo lento/ossidativo (Walters e coll 2000).

**Fig. 3.8 Costruzione del miotubo e relazioni tra i MRF**



Tra gli altri fattori in grado di influenzare il processo di miogenesi va ricordato il fattore di crescita IGF-I che influenza fortemente la miogenesi stimolando la proliferazione e la fusione dei mioblasti (Florini e coll., 1996).

Nel muscolo scheletrico adulto alcuni mioblasti residui persistono sotto forma di cellule staminali quiescenti chiamate **cellule satelliti**, localizzate tra la lamina basale ed il sarcolemma delle miofibre (Bischoff, 1994; Charge e Rudnicki, 2004).

### 3.6 Fattori che influenzano l'espressione dei tipi di fibre

**Innervazione** - Durante lo sviluppo embrionale dei Mammiferi e degli Uccelli le fibre muscolari immature cominciano a esprimere proteine contrattili, prima di tipo embrionale e poi neonatale, antecedentemente all'innervazione muscolare. L'innervazione del muscolo condiziona e mantiene poi per tutta la vita i tipi delle fibre muscolari, vale a dire le loro caratteristiche fisiologiche e biochimiche. Il quadro di stimolazione nervosa determina il tipo di fibra muscolare influenzando sull'espressione dei geni che codificano per le diverse isoforme di miosina. Come conseguenza tutte le fibre di una **unità motoria (UM)**, ovvero **tutte le fibre innervate dallo stesso motoneurone e riceventi lo stesso pattern di stimolazione**, esibiscono lo stesso fenotipo: sono fibre dello stesso tipo. Le fibre che compongono una singola UM non sono necessariamente adiacenti; nel muscolo umano le fibre della stessa UM si addensano in aree composte al massimo di 30 fibre, e queste sono frammiste a fibre di altre UM.

**Altri fattori** - Tra gli **ormoni** quelli **tiroidei** sembrano essere particolarmente importanti nella regolazione della maturazione e diversificazione dei tipi di fibra (Pette e Staron, 1977). La triiodotironina stimola la scomparsa delle forme fetali e neonatali delle catene pesanti della miosina in favore delle isoforme adulte di miosina veloce durante il periodo perinatale e postnatale precoce e induce la transizione da fibre lene a fibre veloci nel muscolo adulto. **Androgeni ed estrogeni**, i cui recettori sono presenti sulle miofibre scheletriche, sembrano stimolare la sintesi di proteine muscolo-specifiche (Lee e coll. 2003), mentre i **glucocorticoidi** stimolano la biogenesi mitocondriale nel muscolo (Weber e coll. 2002). Le miofibre esprimono il recettore dell'**insulina**, e gli effetti di questa sul muscolo sono stati ampiamente riportati (Goel e Dey 2002).

Recentemente è stata individuata la **miostatina** come fattore chiave nella regolazione del numero totale di fibre, la sua mancata espressione comporta un forte aumento della massa muscolare attraverso iperplasia e ipertrofia delle fibre muscolari nel topo (McPherron e coll., 1997).

### 3.7 Fattori che influenzano la composizione in tipi di fibre

Numerosi fattori intrinseci ed estrinseci influenzano la composizione in tipi di fibre di un muscolo; essi possono essere potenzialmente utilizzati per cambiare le caratteristiche istologiche dei muscoli allo scopo di incrementare la qualità della carne.

### **3.7.1 Fattori intrinseci**

#### **Muscolo**

In un dato animale il tipo di muscolo, la sua funzione e la sua posizione sono i fattori più importanti che influenzano la composizione in tipi di fibre. Generalmente i muscoli più profondi coinvolti nel mantenimento della postura sono più ossidativi e contengono una più ampia percentuale di fibre di tipo I rispetto ai muscoli più superficiali coinvolti in movimenti rapidi (Ono e coll., 1995).

La composizione in tipi di fibre può anche variare notevolmente entro lo stesso muscolo, come succede nel muscolo semitendinoso in cui la componente ossidativa delle fibre aumenta molto passando dalla parte più superficiale a quella profonda (Beermann e coll., 1990).

#### **Specie**

Il numero totale di fibre così come la composizione e la distribuzione spaziale dei diversi tipi di fibre di un dato muscolo variano sensibilmente al variare della specie considerata.

La composizione in tipi di fibra I, IIA, IIB (IIX) del muscolo *Longissimus dorsi* è 35, 24 e 41% in bovini di razza Montbeliard (Brandstetter e coll., 1998a), 10, 7 e 83% in suini di razza Large White (Larzul e coll., 1997), 1, 6 e 93% in conigli di razza Nuova Zelanda (Gondret e coll., 1996). Da questi dati emerge una correlazione tra la taglia dell'animale e la percentuale delle fibre di tipo I.

#### **Razza**

Entro la stessa specie un fattore che influenza molto la composizione in tipi di fibre di un dato muscolo è la razza. Per fare confronti tra razze diverse è necessario tenere conto del grado di maturità dei soggetti espressa come percentuale del peso dell'adulto. Questo a causa del fatto che le fibre di tipo I hanno la peculiarità di trasformarsi in fibre di tipo II durante lo sviluppo postnatale (Ashmore e coll., 1972).

Tuttavia sono emerse differenze significative tra le diverse razze anche prendendo in considerazione animali in simili stadi di accrescimento. Studi sul suino hanno messo in evidenza che le razze selvatiche di maiali contengono un maggior numero di fibre ossidative e meno fibre glicolitiche rispetto al maiale domestico, unitamente a fibre di minor calibro (Rahelic e Puac, 1981; Weiler e coll., 1995).

#### **Geni maggiori**

In diverse specie parecchi geni autosomici maggiori influenzano la composizione in tipi di fibre di un muscolo: il gene alotano (RYR1) e il gene RN nel maiale, il gene della miostatina nei

bovini a doppia muscolatura e il gene Callipyge nella pecora. I geni dell'alotano, della miostatina e il Callipyge (Cockett e coll., 2005) comportano una notevole ipertrofia muscolare.

Tra di essi, soltanto il gene della miostatina è associato con un aumento del numero totale delle fibre muscolari, dovuto a un prolungamento della fase di proliferazione dei mioblasti (McPherron e Lee, 1997). Il gene dell'alotano, la miostatina e il Callipyge determinano un aumento della percentuale e del calibro delle fibre glicolitiche, mentre il gene RN determina un aumento delle fibre di tipo ossidativo-glicolitico comportando una diminuzione dell'area occupata dalle fibre glicolitiche.

### **Individuo**

Riguardo la composizione in tipi di fibre esiste una grande variabilità individuale tra animali della stessa razza e della stessa età allevati nello stesso ambiente. L'utilizzo di biopsie per controllare lo stesso animale o di cloni potrebbe aumentare la significatività degli studi sugli effetti nutrizionali e ambientali sulla composizione in tipi di fibre.

### **Sesso**

Numerosi contributi sperimentali dimostrano che il sesso non influenza il numero di fibre nel topo (Rowe e Goldspink, 1969) e negli animali utilizzati per la produzione della carne (Seideman e coll., 1984; Dwyer e coll., 1994).

La composizione in tipi di fibre viene invece fortemente influenzata. Nel bovino la castrazione fa diminuire il calibro delle fibre e determina un aumento delle fibre glicolitiche a discapito di quelle ossidative (Seideman e coll., 1986; Brandstetter e coll., 1998b). Molto probabilmente gli ormoni testicolari sono responsabili della carenza di fibre glicolitiche nei tori. Generalmente le femmine presentano fibre di maggiore calibro, senza manifestare differenze riguardo le percentuali o le aree occupate (Solomon e coll., 1990; Larzul e coll., 1997).

## **3.7.2 Fattori estrinseci**

### **Nutrizione fetale**

Una sottonutrizione durante il periodo fetale comporta la nascita di animali più piccoli o più deboli caratterizzati da un decremento permanente della potenziale crescita muscolare postnatale.

Studi condotti nel suino hanno messo in luce una diminuzione del numero delle fibre secondarie (Handel e Stickland, 1987) e un aumento del diametro di tutte le fibre (Powell e Aberle, 1981). Una sovranutrizione somministrata tra i 25 e i 50 giorni di gestazione comporta nei suini, un aumento del numero totale delle fibre (Dwyer e coll., 1994).

### **Nutrizione postnatale**

La nutrizione postnatale influenza il diametro delle fibre muscolari e in alcuni casi anche la proporzione tra le diverse fibre. In generale una restrizione alimentare comporta una diminuzione delle fibre glicolitiche unitamente a un aumento delle fibre ossidative; questa manovra comporta un risparmio energetico per l'organismo poiché la spesa energetica per "unità di tensione" è minore per le fibre di tipo I.

Dopo un periodo di restrizione alimentare è stato osservato un accrescimento compensativo con aumento del metabolismo glicolitico e diminuzione di quello ossidativo in tori (Brandstetter e coll., 1998b).

### **Temperatura ambientale**

La temperatura ambientale è un fattore in grado di influenzare la composizione in tipi di fibre e il metabolismo energetico.

Un'esposizione prolungata a una temperatura ambientale bassa può determinare un aumento della popolazione di fibre di tipo I, e un aumento del metabolismo ossidativo (Lossec e coll., 1998).

Al contrario l'esposizione a temperatura ambientale elevata comporta una diminuzione del metabolismo ossidativo e glicolitico nella muscolatura, soprattutto nei muscoli bianchi (Rinaldo e Le Dividich, 1991).

### **Esercizio**

Studi condotti effettuando l'elettrostimolazione dei muscoli hanno dimostrato come l'attività contrattile influenza fortemente la composizione in tipi di fibre (Pette e Staron, 1997).

In generale un aumento di attività induce la transizione IIB → IIX → IIA → I, mentre un decremento induce la transizione opposta. In generale l'esercizio fisico determina un aumento del metabolismo ossidativo muscolare e una diminuzione di quello glicolitico (Essén-Gustavsson, 1993). Nel coniglio, un'elettrostimolazione condotta per un lungo periodo determina la comparsa dell'isoforma  $\alpha$ -cardiaca come forma intermedia tra tipo IIA e I (Peuker e coll., 1998).

### **Promotori di crescita**

Gli agenti promotori della crescita possono influenzare sia l'accrescimento muscolare che la composizione in tipi di fibre dei muscoli, in particolare l'ormone della crescita,  $\beta$ -agonisti e steroidi.

Numerosi studi dimostrano che **l'ormone della crescita** determina un aumento del diametro di tutti i tipi di fibra senza influenzare la percentuale dei diversi tipi di fibra (Solomon e coll., 1988, 1991).

In agnelli trattati con  **$\beta$ -agonisti** si osserva un'ipertrofia muscolare associata con un aumento selettivo del diametro delle fibre glicolitiche (Beermann e coll., 1987; Kim e coll., 1987). In suini trattati con  $\beta$ -agonisti si osserva un aumento della frequenza delle fibre di tipo IIB a discapito di quelle di tipo IIA, risultante in una minore attività degli enzimi ossidativi (Oksbjerg e coll., 1990, 19994) e una minor concentrazione del pigmento eme nelle carni (Warris e coll., 1990).

Gli steroidi sono **ormoni anabolizzanti** i cui effetti sono ben conosciuti nei bovini (Bramble e coll., 1998). Un trattamento di castrati con trembolone acetato e estradiolo determina nel m. *longissimus* un aumento della percentuale di fibre di tipo rapido glicolitico-ossidativo a discapito delle fibre di tipo rapido glicolitiche, e un aumento del diametro delle fibre di tipo I (Clancy e coll., 1986).

## 4. La carne

La carne è il risultato di complesse modificazioni biochimiche che si realizzano a carico dei muscoli striati e dei tessuti strettamente connessi di animali da macello, da cortile e selvaggina (sia da pelo che da piuma). A livello commerciale le carni si classificano in base al colore:

carni bianche: vitello, agnello, capretto, suino, coniglio, pollame;

carni rosse: bue, cavallo, montone, bufalo;

carni scure: cacciagione (cinghiale, cervo, capriolo, fagiano, pernice, quaglia, anitra selvatica);

La composizione biochimica della carne varia da specie a specie e, all'interno della stessa, in relazione alle caratteristiche dell'animale (età, alimentazione e metodi di allevamento).

Tradizionalmente per carne si intendono solamente i muscoli ed i tessuti strettamente connessi, escludendo quindi le frattaglie. La carne è un alimento con un elevato valore nutritivo, dovuto all'elevato contenuto in proteine, vitamine B e ferro.

### 4.1 La maturazione della carne

#### 4.1.1 Evoluzione *post mortem* del muscolo

Dopo la morte dell'animale i muscoli restano morbidi, estensibili e reattivi agli stimoli per un certo periodo, fino a che la rigidità cadaverica – *rigor mortis* – non si è stabilita. Una lenta fosforilazione dell'ATP continua dopo l'abbattimento; l'ATP viene risintetizzata dal creatin fosfato e in minima parte dalla glicolisi. Quando il creatin fosfato viene esaurito, la sola glicolisi non basta a rigenerare l'ATP, quindi la sua concentrazione scende e i ponti trasversali che ancorano la miosina all'actina rimangono formati; questo comporta uno stato di contrazione permanente tale che il muscolo diventa inestensibile e rigido. Questo stato di contrazione della muscolatura è irreversibile e si manifesta con il *rigor mortis*. L'instaurarsi di questa condizione è inizialmente lenta ma evolve poi più rapidamente fino a un punto in cui si ha la massima rigidità. La temperatura ha un ruolo importante nella cinetica della rigidità cadaverica (Ito e coll., 1986). In seguito il rilascio di enzimi proteolitici determina una graduale degradazione delle proteine che comporta la rimozione della rigidità cadaverica, motivo per cui il muscolo diventa flaccido. L'insieme delle trasformazioni che hanno luogo *post mortem post rigor* prendono il nome di **frollatura**. La degradazione di proteine come titina, nebulina e desmina comporta una degradazione miofibrillare e contribuisce al processo di intenerimento della carne. In questa attività vengono coinvolte le calpaine che intervengono precocemente nel processo di proteolisi *post mortem* (Ouali, 1992; Geesink e coll.,

2000; Hopkins e Thompson, 2002). Le calpaine determinano il rilascio di  $\alpha$ -actinina dalle linee Z, la degradazione delle troponine T e I e di numerose proteine strutturali e del citoscheletro (Goll e coll., 1989). Le condizioni di temperatura, pH e forza ionica influenzano l'attività delle calpaine.

La frammentazione delle fibre, alla quale corrisponde un aumento della tenerezza della carne, avviene più rapidamente nei muscoli glicolitici rispetto a quelli ossidativi, caratterizzati da condizioni di pH e forza ionica differenti (Ouali e coll., 1988; Geensik e coll., 1992).

La cinetica della degradazione enzimatica è condizionata dalla temperatura di refrigerazione alla quale è sottoposta la carcassa. Una temperatura elevata aumenta la velocità di caduta del pH la quale determina, nel vitello, una colorazione pallida e una maggior umidità delle carni; una bassa temperatura provoca l'effetto opposto sul prodotto, i tagli di carne si presentano più scuri e più asciutti.

#### **4.1.2 Trasformazioni chimico-fisiche**

Il valore del pH di un muscolo di un organismo vivente è attorno a 7. Dopo la morte si verifica un calo del pH fino a un valore finale che dipende dalla specie. Il pH finale viene inoltre raggiunto in tempi diversi sempre a seconda della specie. Nel maiale il valore finale del pH si ottiene circa 24 ore dopo la macellazione; nella prima ora dopo l'abbattimento il pH scende rapidamente a circa 6-6,4, poi segue un ulteriore lento calo nelle successive 23 ore fino a valori di 5,4-5,6. Negli avicoli l'andamento del pH è diverso; nei muscoli pettorali del broiler a 20 minuti dalla macellazione il pH è sceso a 6,4, l'ulteriore discesa dura 3-5 ore attestandosi alla fine attorno a valori tra 5,7 e 6,4, che è il valore rilevabile anche dopo 24 ore (Maak e coll., 2002). Nei Broiler inoltre è stato dimostrato che dopo il trasporto e la macellazione convenzionale immediatamente nel momento della macellazione si poteva misurare un valore di pH 6,4. Soltanto con l'abbattimento direttamente nella stalla, senza precedente trasporto, si sono rilevati valori dell'ordine di 7,0 al momento della macellazione (Henckel 1995). Con il diminuire del pH, fino al raggiungimento del livello finale, l'ATP viene degradato con liberazione di acido inosinico, fosfato inorganico e ammoniaca. L'acido inosinico viene ulteriormente degradato con produzione di fosfato, ribosio e ipoxantina; questo avviene in relazione al tempo di maturazione, alla temperatura di conservazione e al pH. Il processo di frollatura comporta anche la degradazione dei glucidi. L'acidificazione *post mortem* è influenzata dalla trasformazione del glicogeno, presente nel muscolo, in acido lattico. Il valore del pH finale dipende dal tasso di glicogeno muscolare presente alla macellazione (Monin, 1988). La capacità di ritenzione idrica dipende dal pH finale e dalla velocità di abbassamento di questo; più è alto il pH e più lenta è la velocità di acidificazione, maggiore è la capacità di ritenzione idrica.

Considerando il metabolismo energetico di un muscolo e le condizioni di macellazione è possibile prevedere la qualità della carne che si può ottenere.

#### **4.1.3 La Tenerezza**

La tenerezza dipende in parte dalle caratteristiche del muscolo in vita e dagli eventi post mortem. La quantità di acqua contenuta, il grasso intramuscolare, la quantità di tessuto collagene e il suo grado di solubilità sono molto importanti. La quantità di acqua si riduce dopo la morte in conseguenza dell'insorgere del *rigor mortis* che provoca un raccorciamento più o meno accentuato e un restringimento delle fibre muscolari con conseguente fuoriuscita dell'acqua verso gli spazi extracellulari e poi verso l'esterno. Il raccorciamento delle fibre influenza negativamente la tenerezza; una contrazione del 40% determina il massimo della durezza. Se si determina un raffreddamento eccessivamente rapido di un muscolo in condizioni di pre *rigor*, questo può determinare una contrattura da freddo che provoca l'indurimento della carne. La tenerezza viene apprezzata al momento della degustazione ed è il risultato di un insieme di percezioni. Viene valutata mediante un panel test (assaggiatori addestrati) o strumentalmente (tenderometro) mediante misurazione della forza di taglio o di penetrazione.

#### **4.2 Sapore e aroma della carne**

Il sapore della carne deriva dalla combinazione complessa delle caratteristiche olfattive e gustative percepite durante la degustazione; esse possono essere influenzate da fattori tattili e termici: la tessitura e la temperatura possono influenzare infatti il sapore della carne.

La formazione del sapore e dell'aroma si determina durante la frollatura e dipende dall'azione di numerose proteasi endogene i cui meccanismi non sono ancora del tutto compresi .

Il sapore della carne cruda è molto tenue, determinato soprattutto dal sangue. I precursori del sapore, già presenti nella carne cruda, derivano dai componenti presenti nel muscolo: aromi derivati dalla lipolisi e dall'ossidazione dei fosfolipidi, composti idrosolubili non proteici derivati anche dalla lisi proteica (aminoacidi, peptidi, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>), dalla scissione di peptidi (anserina e carnosina), zuccheri riducenti (glucosio, glucosio 6-P e ribosio), nucleotidi e sostanze derivanti dalla demolizione di ATP (ipoxantina e acido inosinico). L'andamento della glicolisi *post mortem* influenza i precursori del sapore.

Il gusto caratteristico si sviluppa con la cottura, quando si verificano un gran numero di reazioni chimiche tra i numerosi composti non volatili della carne. Durante la cottura si formano centinaia di

composti volatili, alcuni dei quali hanno un ruolo importante nel determinare sapore e aroma. Le differenze di sapore che esistono tra le diverse specie sono più apprezzabili nella carne cotta. Si pensa che l'effetto della specie sul gusto derivi da diversità nella composizione e nel metabolismo lipidico. Ciò appare in modo evidente nella carne di agnello e di pollo, meno chiaramente invece per il bovino e il suino.

Il sapore che si ottiene con la cottura è associato al grasso intramuscolare. Il grasso è un normale costituente della carne. Deve essere compatto e può essere bianco o giallognolo se l'alimentazione è particolarmente ricca di mais e di fieni i cui pigmenti passano nella carne senza incidere sulla qualità e sul sapore. Una carne troppo magra, non protetta dal grasso, va incontro durante la cottura a un'eccessiva perdita di acqua. Il grasso sciogliendosi nel liquido di cottura lascia all'interno della carne la giusta quantità d'acqua preservandone la tenerezza.

Per quanto riguarda le percezioni olfattive, l'odore delle carni aumenta con l'aumentare dell'età, probabilmente in relazione al contenuto di mioglobina, fosfolipidi, componenti solubili in acqua e per il maggior grado di glicosidazione del collagene. L'odore delle carni in alcune specie è influenzato anche dal sesso.

#### **4.2.1 La succulenza**

Dipende dal contenuto di acqua, dalla capacità del muscolo di trattenere l'acqua libera e dalla quantità del grasso di mazzatura (il quale a sua volta trattiene una certa quantità di acqua). La perdita di succulenza può essere apprezzata anche ad occhio nudo, valutando il liquido della carne sul vassoio o sul piano di appoggio.

#### **4.2.2 Qualità della carne**

La qualità della carne è rappresentata dall'insieme delle caratteristiche che la rendono più o meno idonea ad un determinato utilizzo (es. consumo diretto o materia prima per la trasformazione). Le caratteristiche che si possono prendere in considerazione sono numerose e possono essere raggruppate in modo da descrivere alcuni dei più importanti aspetti della qualità. Questi sono :

- **qualità igienico-sanitaria** che fa riferimento all'assenza o presenza di microrganismi patogeni, di residui di sostanze pericolose per la salute umana. La presenza di microrganismi che potrebbero alterare la carne anche senza renderla pericolosa o di microrganismi non

specificatamente patogeni che però stanno ad indicare scadenti condizioni di igiene nella lavorazione o nell'ambiente.

- **qualità chimico-bromatologia** che fa riferimento alla composizione chimica della carne in termini di costituenti come l'acqua le proteine i grassi i sali minerali le vitamine ecc.
- **qualità nutrizionale** indica le caratteristiche della carne in rapporto ai vari nutrienti che hanno importanza per l'alimentazione umana.
- **qualità organolettica** che descrive la carne in funzione delle caratteristiche che possono essere direttamente apprezzate dagli organi di senso e che pertanto colpiscono con immediatezza chi acquista e consuma la carne (odore, colore, sapore, ecc.)
- **qualità tecnologica** che fa riferimento a quelle caratteristiche che hanno particolare significato per l'industria di trasformazione e/o di conservazione.
- **qualità gustativa** che raggruppa le caratteristiche che vengono percepite al momento della degustazione della carne.

### **4.3 Relazione tra tipo di fibra e qualità della carne**

Numerosi ricercatori sono convinti del fatto che la composizione in tipi di fibra e le dimensioni dell'area della superficie trasversa delle fibre stesse siano fattori importanti, in grado di influenzare i numerosi processi biochimici che si instaurano nel periodo *post mortem*. E' indubbio che le caratteristiche biochimiche delle fibre possano aiutare a prevedere l'andamento dei processi biochimici che influenzano i diversi parametri della qualità della carne.

#### **4.3.1 Capacità di ritenzione idrica**

L'andamento del pH *post mortem* influenza svariate caratteristiche qualitative delle carni (Monin, 1988). Una caduta del pH troppo rapida o troppo lenta può alterare la capacità di ritenzione idrica della carne di maiale fresca e cucinata, come conseguenza della denaturazione delle proteine. L'andamento del declino del pH è in relazione con il flusso di calcio nel reticolo sarcoplasmatico, con l'attività ATPasica, 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 del glicogeno muscolare al momento della macellazione.

Studi su suini di razza Large White hanno dimostrato che l'aumento della proporzione delle fibre  $\alpha$ W (IIB) determina un aumento dell'andamento e dell'estensione del declino del pH *post mortem* causando una maggiore riflettenza e perdite di cottura (Larzul e coll., 1997). Questo indica

un effetto negativo delle fibre glicolitiche su alcuni aspetti qualitativi della carne del maiale, in accordo con il fatto che le fibre glicolitiche hanno una maggiore attività ATPasica e un maggior contenuto in glicogeno. Il pH finale è correlato positivamente con il metabolismo ossidativo e la percentuale di fibre di tipo I, negativamente con il contenuto di glicogeno (Talman e coll., 1986).

Numerosi studi hanno identificato nel diametro delle fibre di tipo IIA la causa di un peggioramento qualitativo delle carni del maiale in seguito ad aumento dell'andamento del declino del pH (Klosowska e coll., 1975; Larzul e coll., 1997), aumento della durezza strumentale (Maltin e coll., 1997) e diminuzione della capacità di ritenzione idrica (Klosowska e coll., 1975; Lengerken e coll., 1994). Ciò nonostante non è ancora evidenziata un'influenza diretta del diametro delle fibre sulla capacità di ritenzione idrica.

#### **4.3.2. Colore**

Un aumento della percentuale di fibre di tipo I determina un aumento della colorazione rossa delle carni e del contenuto in mioglobina (Henckel e coll., 1977). Tuttavia molti ricercatori hanno dimostrato che la stabilità del colore è correlata negativamente con il metabolismo ossidativo, in particolar modo nel bovino (Renner, 1984). Nel bovino un incremento delle fibre di tipo glicolitico può determinare un aumento della stabilità del colore della carne, caratteristica molto importante per il consumatore.

#### **4.3.3 Qualità alla degustazione**

**Tipo di fibra** - Non è stato individuato un tipo di fibra "superiore" per la qualità alla degustazione, inoltre ci sono differenze tra le diverse specie e tra i diversi muscoli. Nell'agnello è stata evidenziata una relazione positiva tra proporzione delle fibre di tipo I e succosità e aroma della carne (Valin e coll., 1982). Similmente tale rapporto è stato evidenziato anche nel muscolo longissimus dorsi del bovino (Maltin e coll., 1998). Sempre nel bovino è stata riportata una correlazione positiva tra la percentuale numerica o di superficie delle fibre di tipo IIB e la tenerezza della carne (Seideman e coll., 1986). Questo dato non è stato confermato da Solomon e Lynch che hanno trovato che un aumento della percentuale delle fibre di tipo I a spese di quelle di tipo IIA ottenuto attraverso modificazione della dieta determinava un aumento della tenerezza e della succosità.

Anche nel maiale ci sono dati contrastanti riguardanti la relazione tra caratteristiche istologiche e qualità sensoriale. Uno studio effettuato utilizzando maiali Large White danesi e

Landrace ha mostrato una correlazione positiva tra attività dell'enzima LDH, un enzima glicolitico, e colore, sapore, succosità e tenerezza di bracioline di maiale (Henckel e coll., 1977). Una correlazione positiva tra percentuale delle fibre glicolitiche e tenerezza strumentale è stata trovata da Karlsson e collaboratori (1993) in maiali nutriti con una dieta a basso tenore proteico. Il gruppo di Chang (2003) ha messo in evidenza una correlazione positiva tra la presenza di fibre di tipo IIA e IIX e caratteristiche qualitative superiori nel m. *psaos*, mentre la percentuale di fibre IIB risultava correlata negativamente con la qualità della carne nel m. *longissimus dorsi*.

Questi dati indicano che un dato tipo di fibra può essere diversamente correlato con la qualità della carne in specie diverse ma anche in muscoli diversi della stessa specie e della stessa razza.

#### **4.3.4 Grasso**

Sembra esserci una correlazione positiva tra grasso intramuscolare e l'appetibilità della carne (Cannon e coll., 1995). In particolare un aumento del grasso intramuscolare oltre il 2,5% determina un aumento della tenerezza e della succosità delle bracioline di maiale (Devol e coll., 1988).

Alcuni studi che cercavano di mettere in relazione tipo di fibra e contenuto di grasso intramuscolare hanno dato risultati negativi (Larzul e coll., 1977). Così nonostante le fibre ossidative contengano più trigliceridi delle fibre glicolitiche (Essen-Gustavsson e coll., 1994) questi lipidi rappresentano una piccola parte del grasso intramuscolare. Il fatto che una dieta particolarmente grassa possa far aumentare il contenuto di grasso intramuscolare senza aver effetto sulla composizione in tipi di fibre (Candek-Potokar e coll., 1998) supporta questi risultati.

E' stata messa in evidenza una relazione tra composizione in tipi di fibre e contenuto e natura dei fosfolipidi (Alasnier e coll., 1996). In particolare i muscoli ossidativi contengono più fosfolipidi dei muscoli glicolitici e poiché i fosfolipidi sono i principali determinanti del sapore della carne cotta (Meynier e Gandemer, 1994) si deduce che la composizione del muscolo in tipi di fibre ha un'influenza sul sapore. Recenti risultati indicano anche l'esistenza di una correlazione positiva tra grasso intramuscolare e area delle fibre nel m. *longissimus dorsi* di suini Large White (Larzul e coll., 1997).

L'aumento del diametro delle fibre, in particolare di quelle di tipo I, è stata associata con una minor tenerezza strumentale nel maiale (Maltin e coll., 1977). Sempre nel maiale il diametro di tutti i tipi di fibre muscolari è maggiore nei muscoli con difetto PSE rispetto a quelli normali (Wicke e coll., 1998).

#### 4.3.5 Maturazione della carne *post mortem*

I processi di maturazione della carne che avvengono dopo la morte dell'animale comportano una diminuzione della durezza strumentale e un aumento della tenerezza della carne. Questo intenerimento della carne avviene per l'80% in 4 giorni nel maiale, 8 giorni nella pecora e 10 nel bovino (Dransfield e coll., 1981).

Svariati studi hanno evidenziato che la maturazione della carne è più veloce nei muscoli veloci rispetto a quelli lenti. Il ruolo delle proteasi e dei loro inibitori potrebbe spiegare le differenze tra i due tipi di muscolo. Uno studio condotto su bovini, suini e pecore ha messo in evidenza un maggior rapporto calpaine/calpastatine nei muscoli veloci rispetto a quelli lenti (Ouali e Talmant, 1990), che potrebbe spiegare in parte la maggior velocità di maturazione nei muscoli veloci. Tuttavia il gruppo di Maltin (1998) ha evidenziato un andamento opposto per la tenerezza sensoriale.

Dai dati bibliografici si deduce come non si possa definire una fibra "superiore" per la qualità della carne. Oltretutto questa ipotetica fibra potrebbe essere diversa nelle differenti specie. Un aumento delle fibre con metabolismo di tipo glicolitico potrebbe stabilizzare il colore e aumentare la velocità di maturazione *post mortem* nella carne di bovino, mentre nel suino determina un decremento della capacità di ritenzione idrica.

La composizione in tipi di fibre di un muscolo è altamente variabile e può essere alterata da fattori genetici e ambientali. La scoperta dei geni maggiori con un forte effetto sullo sviluppo del muscolo apre nuove aree di ricerca per capire meglio l'origine della variabilità della composizione in tipi di fibre degli animali da reddito. I progressi nell'ingegneria genetica aprono nuove vie per la produzione di animali transgenici una volta che sono stati identificati i geni che controllano lo sviluppo muscolare e la qualità della carne.

Tuttavia la relativamente alta ereditabilità di alcune caratteristiche istochimiche suggeriscono anche che è possibile utilizzare le tecniche convenzionali per selezionare popolazioni di animali che differiscono per composizione in tipi di fibre. Una volta identificate, queste popolazioni potrebbero essere usate per determinare il significato del tipo di fibra muscolare nel controllare le prestazioni produttive e la qualità della carne e identificare un tipo di fibra "superiore" per la produzione della carne.

Alla luce dei recenti studi che hanno rilevato la presenza di almeno quattro isoforme di miosina adulta nel maiale, è necessario capire il significato di questo polimorfismo per la produzione della carne e comprendere meglio i meccanismi che sono alla base dell'espressione. Infine data l'influenza del numero totale delle fibre sulla capacità di crescita del muscolo, e forse sulla qualità della carne, è necessaria una miglior comprensione del meccanismo che regola il numero totale delle fibre.

Aumentare il numero delle fibre senza aumentare il calibro delle stesse potrebbe essere la strategia più plausibile per aumentare la produttività degli animali da carne senza compromettere la qualità della carne.

#### **4.4 Difetti della carne**

##### **4.4.1 Anomalie del grasso**

Il grasso si presenta bene quando è bianco, sodo, e di odore debole. I difetti sono: colore bruno-giallastro, sapore di rancido (particolarmente in cottura), consistenza molle, suscettibilità all'irrancidimento, difetti di consistenza, presenza di fermentazioni anomale (per il maiale carni poco utilizzabili in salumi e insaccati).

##### **4.4.2 PSE**

Questo difetto si manifesta quando la glicolisi muscolare è molto rapida e comporta un eccessivo abbassamento dei valori del pH *post mortem*. Da valori prossimi alla neutralità entro 45 minuti si scende a 5,8 (Mitchell e Heffron 1982). Le carni PSE (pale, soft, exudative: pallida, soffice, essudativa; Bendall e Wismer Pedersen 1962) sono caratterizzate da una minore capacità di ritenzione idrica, si presentano soffici e di colore pallido. Il difetto è determinato da una liberazione nel torrente sanguigno di elevate quantità di ormoni dello stress (adrenalina e noradrenalina) in seguito a stimoli stressanti pre macellazione. Il fenomeno determina una denaturazione delle proteine muscolari con conseguente riduzione del potere di ritenzione idrica (perdita di acqua dalle carcasse del 4-5 %) e abbassamento dell'intensità del colore.

Nel maiale la PSE fa parte della sindrome PSS = Porcine Stress Syndrom) ed è associata alla sindrome ipertermia maligna (MHS) ed è legata ad un gene recessivo a penetranza incompleta. La prevenzione consiste nella selezione genetica e nel contenimento dei fattori stressanti in fase di pre macellazione.

### **4.4.3 Caratteristiche delle fibre delle carni PSE**

Ricerche su campioni di *m. longissimus dorsi* prelevati *post mortem* in maiali con carni PSE e normali hanno dimostrato che la composizione in tipi di fibre non è influenzata mentre esistono differenze significative riguardo il diametro dei singoli tipi di fibre: i diametri di tutti i tipi risultano notevolmente più grandi nei soggetti con caratteristiche PSE (Wicke e coll. 1998). L' aumentato diametro delle fibre muscolari accoppiato a una diminuita irrorazione sanguigna (capillari) portano a una discrepanza tra fabbisogno e disponibilità di ossigeno nelle cellule muscolari di maiali sensibili allo stress, che si esprime in un aumentata tendenza allo sviluppo di carne PSE (Fiedler e coll. 1999).

### **4.4.4 DFD (dark firm dry)**

Questa anomalia è imputabile a un'insufficiente acidificazione muscolare per ridotta produzione di acido lattico. Il pH a 24 ore *post mortem* risulta elevato. Il potere di ritenzione idrica è aumentato e le carni presentano una colorazione scura. Queste carni manifestano una tendenza alla putrefazione per proliferazione batterica (anche in caso di salagione per mancata penetrazione del sale).

Si manifesta in animali sottoposti a stress di lunga durata (trasporti, soste, digiuni) per esaurimento delle riserve di glicogeno prima della macellazione; vengono chiamati in causa anche fattori genetici.

### **4.4.5 Carni acide**

Sono carni provenienti da muscoli con elevato potenziale glicolitico che comporta un abbassamento del pH di forte intensità. Il pH finale risulta essere inferiore alla norma: dopo un'ora dalla morte pH 5,5.

Le carni acide sono legate alla presenza di un gene dominante; la prevenzione si basa sulla selezione genetica contro il gene dominante RN. I soggetti che portano il gene RN presentano fibre con un contenuto elevato di glicogeno a 24 ore dalla macellazione (Sellier e Monin, 1994), e questo comporta un pH finale basso e una minor capacità di ritenzione idrica della carne.

Questo difetto nel maiale è definito effetto Hampshire.

## 4.5 Caratteristiche qualitative delle carni di pollo

### 4.5.1 Un'alimentazione ideale

Le carni di pollo sono ideali per le diete che richiedono un basso apporto calorico e un basso contenuto di colesterolo, come nel caso di persone in soprappeso o con patologie cardiovascolari.

La qualità della carne avicola è legata a molti fattori intrinseci ed estrinseci. Rivestono particolare importanza la specie avicola, il genotipo, il tipo di allevamento, l'ambiente (es. temperatura, alimentazione), la posizione del muscolo e infine le sue qualità biofisiche, biochimiche e istochimiche.

### 4.5.2 Qualità nutrizionale

Nell'alimentazione umana negli ultimi anni ha avuto sempre maggiore importanza la salubrità degli alimenti. Secondo l'opinione del consumatore la carne avicola ha acquisito un'immagine di alimento sano. Di solito la carne avicola viene considerata povera di grassi, ricca di proteine facilmente digeribile e quindi adatta a tutte le diete. Il contenuto di grasso non è, in realtà di molto inferiore a quello delle altre specie, ma i depositi adiposi sono dislocati in zone ove sono facilmente asportabili (grasso cutaneo e sottocutaneo e all'interno della cavità addominale) durante la macellazione e le successive lavorazioni della carne.

La composizione della carne di pollo è caratterizzata da un elevato tenore proteico 20% e da un modesto contenuto di grasso. In tabella 4.1 è riportato il valore nutrizionale del petto di pollo.

**Tab. 4.1 Valori nutrizionali Pollo – petto cotto senza aggiunta di grassi e di sale**

(Valori nutrizionali per 100 g di parte edibile)

<b>Valori energetici</b>	
Kilo Calorie	129
Kilo Joule	539
Calorie da proteine	94 %
Calorie da lipidi	6 %
Calorie da carboidrati	0 %
Calorie da alcool	0 %

<b>Composizione Chimica</b>	
Parte edibile	98 %
Acqua	67,2 g
Proteine	30,2 g
Lipidi	0,9 g
- di cui Acidi Grassi saturi	0,29 g
- di cui Acidi Grassi Mono+A39insaturi	0,23 g
- di cui Acidi Grassi Polinsaturi	0,25 g
Carboidrati	0 g
- di cui Amido	0 g
- di cui Zuccheri solubili	0 g
Fibra	0 g
- di cui Fibra solubile	0 g
- di cui Fibra insolubile	0 g
Alcool	0 g
Alcool Fitico	0 g
Colestorolo	75 mg

<b>Minerali</b>	
Sodio	46 mg
Potassio	497 mg
Ferro	0,6 mg
Calcio	5 mg
Fosforo	220 mg
Magnesio	40 mg
Zinco	0,98 mg
Rame	0,06 mg

<b>Vitamine</b>	
Vitamina B1 (Tiamina)	0,20 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0,20 mg
Vitamina PP (B3 o Niacina)	11,60 mg
Vitamina A (Retinolo eq.)	0 mg
Vitamina C (Acido Ascorbico)	0 mg

Nel pollo arrosto bisogna però considerare che molto spesso viene mangiata anche la pelle con il suo elevato contenuto di grasso. Per quanto riguarda la componente lipidica, essendo i volatili monogastrici, è possibile in una certa misura determinare la presenza di acidi grassi insaturi grazie ad una specifica dieta (aggiunta di lipidi nella dieta tramite aggiunta di diversi tipi di oli es. colza).

### 4.5.3 Qualità organolettica

Le caratteristiche qualitative della carne avicola sono molte: pH, capacità di ritenzione idrica, colore, tessitura, tenerezza, sensibilità all'ossidazione, odore e sapore.

**pH** - La misurazione del pH muscolare *post mortem* a livello del muscolo *pectoralis major* permette una buona valutazione di questa variabile, considerando che a tale livello il tessuto connettivo non interferisce con la misurazione. La valutazione del pH nel petto è più importante che nella coscia poichè il petto è maggiormente soggetto a problemi di qualità per la sua abbondanza di fibre bianche e per il metabolismo prevalentemente glicolitico.

**Capacità di ritenzione idrica** - La capacità di ritenzione idrica (CRI) così come viene percepita dal consumatore può essere realmente valutata solo attraverso prove di degustazione. La CRI assume molta importanza per la lavorazione della carne.

**Colore** - Il colore della carne costituisce un fattore primario all'atto dell'acquisto della stessa. Esso è determinato dalla combinazione di una serie di fattori di ordine biochimico, ma anche di allevamento e macellazione. I principali pigmenti della carne sono la mioglobina e l'emoglobina.

La misura del colore va riferita al tempo trascorso dalla macellazione, alle condizioni di conservazione e lavorazione e al tipo di muscolo preso in esame. Il sistema più utilizzato per descrivere il colore è il sistema CIE Lab (elaborato dalla Commissione Internazionale di Illuminazione).

**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 e altre che rappresentano la percezione della carne come più o meno tenera nel corso della masticazione.

La misura della tenerezza è piuttosto complessa; le tecniche di laboratorio si limitano a valutare la resistenza alla compressione e al taglio e la resistenza alla penetrazione.

### 4.5.4 Qualità sanitaria

Fin dall'inizio i pulcini devono avere un buon stato sanitario. Il broiler esprime il proprio potenziale genetico in modo ottimale solo se l'ambiente d'allevamento corrisponde a una condizione di benessere, e se è esente da malattie e infezioni. L'ambiente d'allevamento deve essere

pulito e esente da patogeni. I broiler devono essere sottoposti a un programma di vaccinazioni e di controllo veterinario.

E' molto importante che anche nella fasi successive di macellazione, stoccaggio, commercializzazione e preparazione della carne vengano tenuti sotto controllo, sia la flora microbica saprofitaria, che è la causa del deterioramento del prodotto, sia i microrganismi patogeni che, nel caso di comportamenti non corretti, possono costituire un rischio per la salute pubblica.

I microrganismi patogeni più frequenti nelle carni avicole sono: *Salmonella*, *Cl. perfringens* e *Staphylococcus aureus*. I casi di *Salmonellosi* sono molto rari e dovuti ad una cottura inadeguata della carne.

Pur non potendo garantire, che i prodotti avicoli siano “indenni” da germi patogeni, è comunque possibile ridurre eventuali *tossinfettivi* attraverso adeguate misure di prevenzione da parte di tutti i settori produttivi, ma soprattutto dagli operatori delle mense e dai consumatori finali, che devono essere informati sulle norme igieniche di base per la manipolazione degli alimenti. Si deve considerare anche che il pollame crudo può contaminare anche la carne cotta e si devono applicare sempre tutte le normali norme igieniche in cucina.

#### **4.5.5 Qualità tecnologica**

La qualità tecnologica fa riferimento a quelle caratteristiche che hanno particolare significato per l'industria di trasformazione e/o di conservazione, quali la CRI e il pH delle carni.

La carne di pollame può essere infatti commercializzata come fresca, congelata o surgelata, e la dicitura che si riferisce allo stato del prodotto deve obbligatoriamente essere indicata e facilmente rilevata. La carne di pollame viene anche utilizzata direttamente dall'industria per preparare una serie di prodotti già pronti da cuocere o addirittura già cotti e pronti per il consumo. Esistono delle ricette semplici in cui le carni avicole costituiscono l'unico ingrediente carneo (hamburger), e delle ricette più complesse che prevede l'utilizzo anche di altri ingredienti (spiedini, cotolette, “*Cordon Bleu*”, rosticini, *Wuerstel*, affettati ...).

#### 4.5.6 Fattori di variazione della qualità della carne degli avicoli

Oltre alla qualità normale si verificano vari difetti nella consistenza della carne. La divergenza riscontrata più spesso nella carne di maiale rispetto alla qualità normale è la carne PSE. Ricerche più recenti evidenziano che la carne con caratteristiche PSE simili si trova anche nel tacchino e nel pollo (Barbut,1997; Owens e coll., 2000; Woelfel e coll., 2002).

Nel maiale la percentuale di fibre bianche nel *M. longissimus* è attorno al 70%, mentre nei broiler e nei tacchini i muscoli pettorali sono composti quasi esclusivamente da questo tipo di fibre (tabella 4/2). In tabella sono evidenti le superfici generalmente molto grandi delle fibre bianche nei muscoli pettorali dei tacchini, che sono nello stesso ordine di grandezza che nel maiale. Ricerche comparative della struttura muscolare del *M. pectoralis* di broiler e tacchini con qualità normale e simile al PSE non evidenziano differenze significative nel diametro delle fibre. Questo è un'ulteriore indicazione, che soltanto in parte le cause della formazione della carne simile al PSE nei maiali e negli avicoli all'ingrasso coincidono.

**Tabella 4/2: Struttura del *m. pectoralis* tra varie specie di avicoli all'ingrasso e del *m. longissimus* del maiale (Maak e coll. 1998)**

Caratteristica	Tipo di animale				
	Broiler	Anatra pechinese	Anatra muschiata	Tacchino	Maiale
Età (gg)	35	49	84	156	180
Parti %					
Rossi	0	0	0	0	11,6
Intermedi	0	87,2	84,5	0	15,5
Bianchi	99,4	12,8	15,5	99,8	72
Patologici	0,6	0	0	0,2	0,9
Superficie ( $\mu\text{m}^2$ )					
Fibra					
Rossa	-	-	-	-	3.473
Intermedia	-	593	1.367	-	3.313
Bianca	2.373	2.084	3.181	7.042	7.375

Un altro difetto della qualità della carne viene indicato come carne DFD (dark, firm, dry: scura, dura, secca; Newton e Gill, 1978). Questo difetto può verificarsi con una certa frequenza nei broiler e nei tacchini (Mallia e coll. 2000a, b). Caratteristica principale è un valore finale pH di >6,2 che comporta una riduzione della conservazione della carne.

Inoltre viene descritto un difetto della qualità della carne definito come carne RSE (red, soft, exudative; rossa, soffice, essudativa) (Van Laack e Kaufmann 1999). Questa carne ha un normale andamento della caduta del pH e un colore normale, presenta però una minor capacità di ritenzione idrica tipico della carne PSE. Nei polli e tacchini è stata trovata della carne con caratteristiche DFD nei muscoli del petto e della coscia, tale fenomeno è indicato come “cianosi” (Mallia e coll. 2000 a,b). Taubert (2001) invece fa riferimento a un valore pH finale spesso più alto nei muscoli delle cosce dei tacchini che può arrivare dopo un trasporto abbastanza lungo al macello a 6,0 – 6,4.

Non esistono delle stime attendibili della frequenza dei singoli difetti della qualità della carne degli avicoli poiché un controllo di routine non è usuale nella macellazione degli avicoli. Uno studio di Wicke del 2002 (dati non pubblicati) evidenzia che il 10%-15% dei maiali macellati in Germania presenta carni PSE. Nel caso dei broiler e dei tacchini vengono descritti nel Nord America percentuali di carni con anomalie fino al 35%; sono presenti però forti divergenze regionali (Barbut, 1993; Fletcher, 1999).

#### **4.5.7 Cause genetiche per difetti della qualità della carne negli avicoli**

Le cause del riscontro di carni PSE-simili nei volatili rimangono ancora sconosciute. Si ritiene che esista una forma di Avian-Stress-Syndrom (ASS) (Stephan, 1993). Di conseguenza è stato sviluppato un Test (Test dell'alotano) per determinare la sensibilità allo stress dei tacchini (Wheeler e coll., 1999; Owens e coll. 2000). La correlazione tra la reazione degli animali controllati e la qualità della carne non risulta stretta come nel maiale. Nonostante ciò Fletcher (2002) è dell'opinione che la sensibilità all'alotano anche nel caso dei tacchini costituisca un fattore essenziale per la formazione di carni PSE-simili. Le analisi del gene RYR 1 (associato con la PSE nel maiale) nei tacchini portava all'identificazione di due alleli che codificano per due varianti di proteine notevolmente differenti. Attualmente si eseguono delle ricerche relative al rapporto tra questa mutazione e la qualità della carne (Chang e coll., 2002).

Per quanto riguarda le cause genetiche della carne DFD degli avicoli non esistono delle conoscenze sicure. Finora sono stati descritti due geni primari per le caratteristiche qualitative della

carne avicola, ma è indiscutibile il carattere poligenico. Non sono state quasi considerate le caratteristiche della qualità della carne avicola negli studi QTL (quantitative trait loci). Le ricerche effettuate finora sono limitate esclusivamente al pollo e contengono caratteristiche dell'aumento nella crescita della massa adiposa della carcassa (Ike-Obi e coll. 2002; Seewalen e coll. 2002).

I dati bibliografici dimostrano che i difetti qualitativi della carne degli avicoli all'ingrasso sono un problema di una certa entità, tuttavia, per quanto riguarda le ricerche relative a broiler e tacchini, soltanto negli ultimi anni si nota un aumento di interesse, che va oltre la ricerca delle miopatie.

Considerando l'attuale situazione della produzione animale l'aumentata importanza della qualità degli alimenti potrebbe avere un effetto accelerante della relativa ricerca. A questo scenario si aggiungono sviluppi dei metodi di ricerca che lasciano prevedere una notevole crescita delle nostre conoscenze sull'argomento.

Sono da sottolineare particolarmente i progressi nella ricerca dei genomi nelle varie specie. Le analisi comparative dei genomi portano all'identificazione di un grande numero di geni potenzialmente candidati per la qualità della carne, che possono essere analizzati nel materiale animale. Anche risultati "negativi" come l'esclusione di una connessione tra un gene potenziale candidato miostatina e ipertrofia muscolare nei broiler (Mott e coll., 2002) permettono di aumentare le informazioni a disposizione.

Oltre alla ricerca di mutazioni che influiscono sulla qualità della carne assume particolare importanza anche l'analisi dell'espressione genetica in determinati tempi, che dà un notevole contributo per migliorare la conoscenza delle cause fisiologiche che determinano le differenze della qualità della carne a livello molecolare. La mappatura genetica e il sequenziamento dei genomi degli avicoli permetteranno di ottenere un quadro molto più vasto della fisiologia muscolare e della formazione della carne. Questo processo viene accompagnato da uno sviluppo altrettanto rapido a livello biochimico.

Nelle prime ricerche Lametsch e Bendixen (2001) identificavano nel m. *longissimus* di maiale 15 proteine che erano sottoposte a forti mutazioni nel processo della formazione della carne. Si ottenevano così nuovi spunti per trovare geni candidati per la qualità della carne (Lametsch e coll. 2002). Velleman (2000) evidenzia la potenziale importanza della matrice extracellulare per la qualità della carne e apre così una nuova strada della ricerca futura.

La qualità della carne degli avicoli all'ingrasso ha solo in casi eccezionali un ruolo importante per gli attuali sistemi economici. Da questo punto di vista anche in un prossimo futuro

rivestiranno particolare importanza solo quei contributi della ricerca sulla qualità della carne con effetti nella pratica di allevamento, che portano vantaggi economici immediati, sia per effetti correttivi (ad es. il gene RYR 1 con riferimento alla qualità della carne e alla sensibilità allo stress) sia per rapporti chiari causa/effetto (ad es. gene PRKAG3 e “acid meat”) (Mott e Ivarie, 2002).

Nel lungo periodo una conoscenza più approfondita dei fattori che intervengono nello sviluppo dei muscoli e nella formazione della carne porterà sicuramente ad applicazioni per l'allevamento che faranno diminuire i difetti della qualità della carne.

## **5. Materiali e metodi**

### **5.1 Animali**

I prelievi sono stati eseguiti su 45 soggetti, 25 maschi e 20 femmine, appartenenti a cinque diversi genotipi: Padovana argentata – Padovana camosciata – Incrocio Padovana argentata x Padovana camosciata – Berlanda – Incrocio Padovana Camosciata x Berlanda.

La razza Padovana è una razza pura italiana a lento accrescimento; il Berlanda (varietà gaina) è un ibrido commerciale a media velocità di accrescimento.

Il periodo sperimentale è iniziato a Maggio, con pulcini di 1 giorno, ed è finito nel mese di Novembre con la macellazione, all'età di 180 giorni. Per tutta la prova gli animali sono stati stabulati in box coperti; sono stati alimentati ad libitum con una dieta a base di mais e soia (proteina= 19%; estratto etereo=5%).

### **5.2 Analisi istochimiche**

Campioni del muscolo *Pectoralis major* sono stati prelevati dopo circa un'ora e mezza dalla macellazione. I campioni sono stati congelati in isopentano raffreddato in azoto liquido, trasportati in azoto liquido e conservati a – 80° C fino al momento del taglio. Sezioni seriate di 10 µm, trasversali all'asse delle fibre, sono state ottenute mediante criostato dopo stabilizzazione dei campioni a – 25° C.

Le sezioni sono state sottoposte a colorazione istologica con ematossilina/eosina e alle reazioni istoenzimatiche per la dimostrazione dell'attività ATPasica della miosina (mATPasi) e dell'attività succinicodeidrogenasica mitocondriale (SDH). L'ATPasi (Brooke e Kaiser, 1970) è stata eseguita dopo preincubazione acida (pH 4.30, 4.35, 4.40) e alcalina (10.40, 10.45).

La dimostrazione dell'attività della succinicodeidrogenasi è stata eseguita secondo la metodica del Pearse (1972).

Le fibre muscolari sono state classificate secondo la terminologia introdotta da Brooke e Kaiser (1970) nelle seguenti tipologie:

- I ( $\beta$ R): labili dopo preincubazione alcalina, stabili dopo preincubazione acida, positive alla SDH;
- IIA ( $\alpha$ R): stabili dopo preincubazione alcalina, stabili dopo preincubazione acida ( $\text{pH}>4.25$ ), positive alla SDH;
- IIB ( $\beta$ R): stabili dopo preincubazione alcalina, labili dopo preincubazione acida ( $\text{pH}<4.6$ ), negative alla SDH.

### **5.3 Analisi di immagine**

Per le analisi morfometriche i preparati sono stati analizzati tramite sistema di analisi di immagine semiautomatico (Carl Zeiss AxioVision), che ha permesso di rilevare il numero delle fibre, le loro dimensioni nonché la percentuale di superficie ricoperta dalle diverse fibre. Per le misurazioni sono state considerate circa 150-200 fibre a campione, selezionate casualmente.

### **5.4 Analisi statistica**

L'analisi statistica dei dati ottenuti è stata eseguita con la procedura GLM di SAS (1990) con il modello di tipo 3 che includeva il tipo genetico, il sesso e la relativa interazione.

## 6. Osservazioni

Il muscolo *pectoralis major* è composto per la quasi totalità da fibre del tipo IIB, fibre veloci con metabolismo di tipo glicolitico.

Insieme alle fibre IIB è stata riscontrata anche una certa presenza di fibre giganti (FG), le quali non sono un tipo particolare di fibra ma delle fibre che manifestano dei segni di degenerazione, quali ad esempio uno stato di ipercontrazione (Dransfield e Sosnicki, 1999). I muscoli che sono composti da un'elevata percentuale di fibre IIB sono più soggetti a presentare numerose FG (Chiang e coll., 1995; Miraglia e coll., 2006). Le FG sono state individuate in base alle loro dimensioni, di circa 3-5 volte maggiori delle altre fibre, e in base all'intensità di colorazione riportata con le metodiche istologiche e istochimiche utilizzate. Dette fibre apparivano intensamente eosinofile (foto 1, 2, 3, 4), si coloravano intensamente con le metodiche per l'evidenziazione dell'attività ATPasica della miosina (foto 5, 6, 7) e per la dimostrazione dell'attività SDH (foto 8, 9, 10). Le FG si trovavano spesso isolate alla periferia dei fascetti di fibre, talvolta però apparivano in gruppetti in posizione più centrale.

I risultati dell'analisi statistica (Tab.6.1) hanno messo in evidenza che c'è una differenza significativa ( $P < 0,01$ ) nel numero delle FG nei diversi genotipi considerati. Tali elementi apparivano in quantità maggiore nei genotipi PA (2,94%) e PC (2,66%), mentre si trovavano in quantità inferiore nel genotipo B (2,22%). Per quanto riguarda il confronto tra i due sessi le FG erano in percentuale significativamente maggiore ( $P < 0,05$ ) nei maschi (2,57%) rispetto alle femmine (1,85%). I dati sulle dimensioni delle FG non hanno dimostrato differenze significative tra i diversi genotipi e tra i due sessi. Le fibre IIB sono risultate in quantità significativamente maggiore ( $P < 0,0001$ ) nei genotipi di padovane PC e PA e nel loro incrocio PCxPA (76,21%), mentre il loro numero era inferiore nella razza B (60,97%). L'area delle fibre IIB è significativamente inferiore ( $P < 0,0001$ ) nei genotipi PC ( $2617,73 \mu\text{m}^2$ ) e PA ( $2733,94 \mu\text{m}^2$ ) rispetto al genotipo B ( $3169,18 \mu\text{m}^2$ ). Il fattore sesso non è risultato significativo né per il numero delle fibre IIB né per le loro dimensioni.

**Tab. 5.1 Effetto del genotipo e del sesso sul numero di fibre giganti (FG) e di fibre tipo IIB e sulle loro dimensioni**

	R <sup>2</sup>	sesso		genotipo					DSR
		1	2	Berlanda (b)	Padovana Argentata (pa)	Padovana Camosciata (pc)	Incrocio pctxb	Incrocio pctxpa	
Animali, n.		20	25	10	5	10	10	10	
Parametri Fibre:									
FG_nr %	0,15	2,57*	1,85*	2,22**	2,94**	2,96**	1,27**	1,95**	1,66
P_FG_sF %	0,09	4,48*	3,22*	4,27	5,15	4,14	2,46	3,24	3,37
FG_area μm <sup>2</sup>	0,20	4013,68	4687,40	4794,83	4285,14	3492,87	4995,51	4184,37	1969,37
IIB_nr %	0,25	66,46	68,28	60,97**	68,35**	74,99**	56,32**	76,2**	15,97
P_IIB_sF %	0,09	95,54*	96,78*	95,74	94,88	95,85	97,52	96,82	3,36
IIB_area μm <sup>2</sup>	0,26	2847,02	2989,45	3169,18***	2733,94***	2617,73***	3363,02***	2707,30***	570,85

legenda:

sesso: 1= maschio, 2= femmina

FG\_nr = numero fibre giganti

P\_FG\_sF = percentuale fibre giganti sulla superficie

FG\_area = area delle fibre giganti

IIB\_nr = numero fibre IIB

P\_IIB\_sF = percentuale fibre IIB sulla superficie

IIB\_area = area fibre IIB

DSR = deviazione standard residua

\*= indica la differenza statisticamente significativa al livello del P <0,05;

\*\*= indica la differenza statisticamente significativa al livello del P <0,01;

\*\*\*= indica la differenza statisticamente significativa al livello del P <0,001;

## 7. Discussione e Conclusioni

L'analisi statistica ha messo in evidenza che il numero di FG presenti nei diversi soggetti considerati è stato influenzato dal tipo genetico e dal sesso dell'animale (Tab. 1). In particolare le FG sono state riscontrate in quantità maggiore nei soggetti appartenenti ai genotipi di razza Padovana rispetto al Berlanda. In bibliografia la qualità della carne viene associata negativamente con la dimensione delle fibre (Solomon e coll., 1998). La presenza delle FG viene da alcuni autori associata con la selezione spinta verso la produzione della carne in maiali, broiler e tacchini (Solomon e coll., 1998). Questo risultato è in accordo con quanto osservato nel maiale nel quale sono state riscontrate numerose FG in maiali selvatici (Solomon, 1985; Solomon e Eastridge, 1987). Il sesso ha influenzato il numero delle FG che sono risultati in maggior quantità nei maschi.

Per quanto riguarda questo aspetto possiamo dire che il numero delle FG non influenza negativamente la qualità della carne nella razza Padovana, le cui carni si sono dimostrate eccellenti alla degustazione.

L'area della superficie trasversa delle fibre è risultata essere influenzata in modo altamente significativo dal genotipo (Tab. 1). I valori più bassi si sono ottenuti nella razza Padovana. La dimensione delle fibre è correlata negativamente con la grana delle carni che riveste un'importanza a livello di fattore tattile nell'elaborazione della percezione del gusto della carne. La dimensione delle fibre è correlata con la tenerezza della carne. I dati bibliografici a tale riguardo sono però contrastanti. Secondo il gruppo di Chen (2007) all'aumentare della dimensione delle fibre si assiste a una diminuzione delle tenerezza della carne. Un altro dato riporta che muscoli pettorali con fibre di grosso calibro presentano una maggior tenerezza dopo la cottura, rispetto a muscoli con fibre di minor calibro (Duclos e coll., 2007). Il gruppo di Berri (2007) suggerisce che un incremento delle dimensioni delle fibre nel broiler potrebbe risultare in un miglior adattamento delle carni alle successive trasformazioni. Alcuni autori ritengono infine che animali con un maggior numero di fibre, di dimensioni moderate, producano elevati quantitativi di carne di buona qualità (Choi e Kim, 2008; Buenger e coll., 2009).

Il sesso non è parso influenzare né il numero né le dimensioni delle fibre IIB.

Le piccole dimensioni delle fibre delle carni della razza Padovana potrebbero giustificare in parte l'eccellenza alla degustazione di queste carni. Attualmente per questa razza non sono disponibili dati sulla matrice extracellulare, sono necessarie ulteriori ricerche, in particolar modo sul tessuto connettivo, per comprendere meglio le cause delle differenze qualitative tra le razze.

## 8. Bibliografia

- Alasnier C., Rémignon H. e Gandemer G. 1996. Lipid characteristics associated with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. *Meat Sci.* 43: 213-224.
- Ashmore C. R., Tompkins G. e Doerr L. 1972. Postnatal development of muscle fiber types in domestic animals. *J. Anim. Sci.* 34: 37-41.
- Axiovision Carl Zeiss MicroImaging GmbH 07740 Jena (Germany)
- Barbut S. 1993. Color measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food res.int* 26,39-43
- Barbut S. 1997. Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens. *Br. Poult. Sci.* 38: 74-77
- Beermann D.H., Fishell V.K., Roneker K., Boyd R.D., Armbruster G. E Souza L. 1990. Dose-response relationships between porcine somatotropin, muscle composition, muscle fiber characteristics and pork quality. *J. Anim. Sci.* 68: 2690-2697.
- Bendall, J.R., J. Wismer-Pedersen (1962): Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.*, 27,144-157
- Berendse M., Grounds M.D., Lloyd C.M. 2003. Myoblast structure affects subsequent skeletal myotube morphology and sarcomere assembly. *Exp Cell Res.* 291: 435-50.
- Berri C., Le Bihan, Duval E., Debut M. Santelhuotellier V, Baeza E., Gigaud V., Jégo Y, Duclos M.J. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of *pectoralis major* muscle and breast meat quality of broiler chickens *J. Anim. Sci.* 85 2007:2005-2011
- Bischoff R. 1994. The satellite cell and muscle regeneration. In: *Myogenesis*, ed. A. G. Engel and C. Franzini-Armstrong, 97-118. New York: McGraw Hill.
- Bottinelli R., Betto R., Schiaffino S. e Reggiani C. 1994. Maximum shortening velocity and coexistence of myosin heavy chain isoforms in single skinned fast fibres of rat skeletal muscle. *J Muscle Res Cell Motil* 15: 413-419.
- Bramble T.C., Roeder R.A., Peterson B.C., Garber M. J. e Schelling G.T. 1998. Effect of Posilac® and Revalor®-S alone and in combination on growth performance and carcass characteristics in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1):134 (Abstr.).
- Brandstetter A. M., Picard B. e Geay Y. 1998a. Muscle fibre characteristics in four muscles of growing bulls - I. Postnatal differentiation. *Livest. Prod. Sci.* 53: 15-23.
- Brandstetter A. M., Picard B. e Geay Y. 1998b. Muscle fibre characteristics in four muscles of growing bulls. II. Effect of castration and feeding level. *Livest. Prod. Sci.* 53: 25-36.

- Brooke, M. H. & Kaiser, K. K. 1970b. Muscle fibre types: how many and what kind Archives of Neurology 23, 369-379,79
- Buenger L., Navajas E. A., Stevenson L., Lambe N. R., Maltin C. A., Simm G., Fisher A. V. e Chang K. C. 2009. Muscle fibre characteristics of two contrasting sheep breeds: Scottish Blackface and Texel. Meat Sci. 81: 372–381.
- Candek-Potokar, M., B. Zlender, L. Lefaucheur, and M. Bonneau. 1998b. Effects of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs. Meat Sci. 48:287-300.
- Cannon, J. E., J. B. Morgan, J. Heavner, F. K. Mckeith, G. C. Smith, and D. L. Meeker. 1995. Pork quality audit: A review of the factors influencing pork quality. J. Muscle Foods 6:369-402.
- Carozzi A.J., Ikonen E., Lindsay M.R., Parton R.G. 2000 - Role of cholesterol in developing T-tubules: analogous mechanisms for T-Tubule and caveolae biogenesis. Traffic 1: 326-341.
- Cassens, R.G., C.C. Cooper and E.J. Briskey. 1969. The occurrence and histochemical characterization of giant fibers in the muscle of growing and adult animals. Acta Neuropath. 12: 300.
- Cerolini Silvia Avicoltura e Coniglicoltura Le Point Veterinaire Italie SRL 2008
- Chang K.C., Da Costa N., Blackley R., Southwood O., Evans G., Lastow G., Wood J.D. e Richardson R.I. 2003. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. Meat Sci. 64: 93-103
- Charge S.B. e Rudnicki M.A. 2004. Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. *Physiol. Rev* 84: 209-238.
- Chen X.D., Ma Q.G., Tang M.Y. Ji C. 2007. Development of breast muscle and meat quality in Arbor Acres broilers, Jingxing 100 crossbred chickens and Beijing fatty chickens. Meat Sci. 77 (2): 220-227
- Chiang W., Solomon, M. B., Kotula, K. L.: Muscle fiber types of selected muscles from broiler chickens in relation to age and sex. J. Mus. Food., 6, 1995: 197–210.
- Choi Y. M., Kim, B. C.: Muscle fibre characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. Livest. Sci., 2008: 1–14.
- Clancy M.J., Lester J.M. e Roche J. F. 1986. The effects of anabolic agents and breed on the fibers of the longissimus muscle of male cattle. J. Anim. Sci. 63:83-91. Cockett N.E.C., Smit M.A.S, Bidwell C.A.B, Segers K.S., Hadfield T.L.H., Snowden G.D.S., Georges M.G. e Charlier C. 2005. The *callipyge* mutation and other genes that affect muscle hypertrophy in sheep. Genet. Sel. Evol. 37 (Suppl. 1) S65–S81
- Cossu G. e Molinaro M. 1983. Cell heterogeneity in the myogenic lineage. Curr. Top. Dev. Biol. 98: 520-524

- Dedieu S., Mazeret G., Cottin P. e Brustis J.J. 2002. Involvement of myogenic regulator factors during fusion in the cell line C2C12. *Int J Dev Biol.* 46: 235-241.
- Delgado I., Huang X., Jones S., Zhang L., Hatcher R., Gao B. e Zhang P. 2003 Dynamic gene expression during the onset of myoblast differentiation in vitro. *Genomics* 82: 109-121.
- DeVol, D. L. F. K. McKeith, P. J. Bechtel, J. Novakofski, R. D. Shanks and T. R. Carr Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses *Janimsci* 1988, 66:385-395.
- Dransfield E., Jones R. C. D. e MacFie H. J. H. 1981. Tenderising in *M. longissimus dorsi* of beef, veal, rabbit, lamb and pork. *Meat Sci.* 5: 139-147.
- Dransfield, E. , Sosnicki, A. A.: Relationship between muscle growth and poultry quality. *Poultry Sci.*, 78, 1999:743–746
- Duclos, M. J., Berri, C. , Le Bihan, Duval, E.: Muscle growth and meat quality. *J. Appl. Poultry Res.*, 16, 2007: 107–112.
- Dwyer C. M., Stickland N. C. e Fletcher J. M.. 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. *J. Anim. Sci.* 72: 911-917.
- Ersav osservatorio agroalimentare Lombardo quaderno N° 8 Edizione Aprile 2010
- Essén-Gustavsson B. 1993. Muscle fiber characteristics in pigs and relationships to meat quality parameters-Review. In: Puolanne E. and Demeyer D. I. (Ed.) *Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors*. pp 140-159. CAB International, Wallingford, U.K.
- Fiedler, I., K. Ender, M. Wicke, S. Maak, G. Von Lengerken, W.Meyer 1999 : Structural and functional characteristics of muscle fibres in pigs with different malignant hyperthermia susceptibility [MHS] and different meat quality. *Meat Science*, 53, 9-15
- Fletcher, D.L. (1999): Broiler breast meat color variation, pH, and texture. *Poult. Sci.*, 78, 1323-1327
- Fletcher, D.L. 2002 : Poultry meat quality *Sci.* 78, 1323 - 1327
- Florini J.R., Ewton D.Z. e Coolican S.A. 1996 Growth hormone and the insulin-like growth factor system in myogenesis. *Endocr. Rev.* 17: 481-517.
- Geesink, G.H., Ilian, M.A., Morton, J.D. and Bickerstaffe, R. 2000 Involvement of calpains in post-mortem tenderisation. A review of recent research. In: *Proceedings 60th New Zealand Society of Animal Production Conference*, Hamilton, New Zealand, pp. 99–102.
- Goel H.L. e Dey C.S. 2002. Focal adhesion kinase tyrosine phosphorylation is associated with myogenesis and modulated by insulin. *Cell Prolif.* 35: 131-142.
- Goll, D.E., Kleese, W.C. and Szpacenko, A. 1989 Skeletal muscle proteases and protein turnover. In: *Campion, D.R., Hausman, G.J. and Martin, R.J. (eds) Animal Growth Regulation*. Plenum Publishing Corporation, New York, pp. 141–182

- Gondret F., Lefaucheur L., Dalbis A. e Bonneau M. 1996. Myosin isoform transitions in four rabbit muscles during postnatal growth. *J. Muscle Res. Cell Motil.* 17: 657-667.
- Handel S. E. e Stickland N. C. 1987. The growth and differentiation of porcine skeletal muscle fibre types and the influence of birthweight. *J. Anat.* 152: 107-119.
- Hedrick H.B., Aberle E., Forrest J.C., Judge M.D. e Merkei R.A. 1994. In: *Principles of Meat Science*, Capitolo 3, 55-78. Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt Publ.
- Henckel, P. (1996): Physiology and biochemistry of muscle fibres in poultry. In: *Proceedings from 2nd European Poultry Breeders Roundtable*, P. Sørensen (ed.), Foulum
- Henckel P., Oksbjerg N., Erlandsen E., Barton-Gade P. e Bejerholm C. 1997. Histo- and biochemical characteristics of the longissimus dorsi muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality. *Meat Sci.* 47:3 11-321.
- Hopkins, D.L. and Thompson, J.M. 2002 Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar proteins and the impact on tenderisation in beef and sheep meat. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 149–166.
- Ikeobi, C.O., J.A. Wooliams, D.R. Morrice, A. Law, D. Windsor, D.W. Burt, P.M. Hocking 2002: Quantitative trait loci affecting fatness in the chicken. *Anim. Genet.*, 33, 428-435
- Ito .,Kamisoyama H.,Osada N. 1986-“Change in the functional and enzymatic proprieties of myofibrillar proteins during post mortem storage of rabbit muscle at varying temperatures.The Rabbit as a Model Animal and Breeding Object”.Section II.Qualiti and Yield of Rabbit Products.3<sup>rd</sup> International Colloquy,Rostock,11-133 september,32-35.
- Karlsson A., Enfält A.-C., Essén-Gustavsson B., Lundström K., Rydhmer L. e Stern S. 1993. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *J. Anim. Sci.* 71: 930-938.
- Kataoka Y, Matsumura I, Ezoe S, Nakata S, Takigawa E, Sato Y, Kawasaki A, Yokota T, Nakajima K, Felsani A. e Kanakura Y. 2003. Reciprocal inhibition between MyoD and STAT3 in the regulation of growth and differentiation of myoblasts. *J Biol Chem.* 278: 44178-44187.
- Kim, Y. S., Y. B. Lee, and R. H. Dalrymple. 1987. Effect of the repartitioning agent cimaterol on growth, carcass and skeletal muscle characteristics in lambs. *J. Anim. Sci.* 65:1392-1399.
- Klosowska D., Klosowski B. e Kortz J. 1975. Das histologische Bild des Musculus longissimus dorsi des Schweines ante und post mortem. In : *Proc. 21st Eur. Fleischforsch. Kongress*, Berne, Switzerland. pp 73-75.
- Lametsch R. e Bendixen E. 2001. Proteome analysis applied to meat science: characterizing postmortem changes in porcine muscle. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 4531-4537

- Lametsch R., Roepstorff P. e Bendixen E. 2002. Identification of protein degradation during post-mortem storage of pig meat. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5508-5512
- Larzul C., Lefaucheur L., Ecolan P., Gogué J., Talmant A., Sellier P., Le Roy P. e Monin G. 1997. Phenotypic and genetic parameters for Longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in Large White pigs. *J. Anim. Sci.* 75: 3126-3137.
- Lawson M.A. e Purslow P.P. 2000. Differentiation of myoblasts in serum-free media: effects of modified media are cell line-specific. *Cells Tissues Organs* 167: 130-137.
- Lee W.J., Thompson R.W., McClung J.M. e Carson J.A. 2003. Regulation of androgen receptor expression at the onset of functional overload in rat plantaris muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 285: R1076-1085.
- Lefaucheur L., Hoffman R.K., Gerrard D.E., Okamura C.S., Rubinstein N. E Kelly A. 1998. Evidence for three adult fast heavy chain isoforms in type II skeletal muscle fibers in pigs. *J Anim Sci.* 76: 1584-1593.
- Lengerken, G. v., S. Maak, M. Wicke, I. Fiedler, and K. Ender. 1994. Suitability of structural and functional traits of skeletal muscle for the genetic improvement of meat quality in pigs. *Arch. Tierz. Dummerstorf* 37: 133-143.
- Lossec G., Ecolan P., Herpin P. e Lefaucheur L. 1998. Influence of environmental temperature on maturation of skeletal muscle during the early postnatal period in pig. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 132 (Abstr.)
- Maak S., Knust U., Riegel J., Henning M. e Wicke M. 2002. Comparative investigations on meat quality and muscle structure of turkey chicken and Peking duck. *Arch. Geflügelkunde* 66, Sonderheft, 88 (Abstract)
- Maak ,Steffen, M. Wicke, Gerhard von Lengerken (Halle) Eigenschaften der Skelettmuskulatur und deren Beziehungen zur Fleischqualität bei Schwein und Geflügel 2003 Lohmann Information
- Mallia, J.G., S. Barbut, J.P. Vaillancourt, S.W. Martin, S.A. McEwen 2000a: A dark, firm dry-like condition in turkeys condemned for cyanosis. *Poult. Sci.*, 79, 281-285
- Mallia, J.G., S. Barbut, J.P. Vaillancourt, S.W. Martin, S.A. McEwen 2000b: Roaster breast meat condemned for cyanosis: a dark firm dry-like condition? *Poult. Sci.*, 79, 908-912
- Maltin, C. A., C. C. Warkup, K. R. Matthews, C. M. Grant, A. D. Porter, and M. I. Delday. 1997. Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. *Meat Sci.* 47: 237-248.
- Maltin C. A., K. D. Sinclair, P. D. Warriss, C. M. Grant, A. D. Porter, M. I. Delday, and C. C. Warkup. 1998. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. *Anim. Sci.* 66: 341-348.

- McPherron A.C., Lawler A.M. e Lee S.J. 1997. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member. *Nature (London)* 387:83-90.
- Meynier, A., and G. Gandemer. 1994. La flaveur des viands cuites: relations avec l'oxydation des phospholipides. *Viandes Produits Carnes* 15: 179-182.
- Miraglia D., Mammoli R., Branciarri R., Ranucci D. e Cenci Goga B. T.: Characterization of muscle fibre type and evaluation of the presence of giant fibres in two meat chicken hybrids. *Veterinary Research Communications*, 30 (Suppl. 1), 2006: 357–360.
- Mitchell, G., J.J.A. Heffron 1982: Porcine stress syndromes. *Adv. Food Res.*, 28, 167-229
- Monin G. 1988-“Evolution post mortem du tissu musculaire et consequences sur les qualites de la viande de Porc” *V.P.C.*, 9(6), 302-315.
- Mott, I., R. Ivarie 2002: Expression of myostatin is not altered in lines of poultry exhibiting myofiber hyper- and hypoplasia. *Poult. Sci.*, 81, 799-804
- Newton, K.G., C.O. Gill 1978: Storage quality of dark, firm, dry meat. *Appl. Environ. Microbiol.*, 36, 375-376
- Ogilvie M., Yu X., Nicolas-Metral V., Pulido S.M., Liu C., Ruegg U.T. e Noguchi T.N. 2000. Erythropoietin stimulates proliferation and interferes with differentiation of myoblasts. *J Biol Chem.* 275: 39754- 39761.
- Oksbjerg, N., Henckel, P. y Rolph, T. 1994. Effects of Salbutamol, a R 2-adrenergic agonist, on muscles of growing pigs fed different levels of dietary protein. I: Muscle fibre properties and muscle protein accretion. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.*, 44, 12-19
- Ono Y., Solomon M.B., Evoke-Clover C.M., Steele N.C. e Maruyama K. 1995. Effects of porcine somatotropin administration on porcine muscles located within different regions of the body. *J. Anim. Sci.* 73: 2282-2288.
- Ordahl C.P. Myogenic lineage within the developing somite. 1993. In: *Molecular basis of morphogenesis*, ed. M. Bernfield, 165-170. Wiley-Liss, New York .
- Ouali A. e Talmant A. 1990. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. *Meat Sci.* 28: 331-348.
- Owens, C.M., S.R. McKee, N.S. Matthews, A.R. Sams 2000: The development of pale, exudative meat in two genetic lines of turkeys subjected to heat stress and its prediction by halothane screening. *Poult. Sci.*, 79, 430-435.
- Pearse A. G. E. 1972 - *Histochemistry, Theoretical and Applied*. Terza edizione volume 2. Churchill Ed. London.
- Pette D. e Staron R. S. 1997. Mammalian skeletal muscle fiber type transitions. *Int. Rev. Cytol.* 170: 143-223.

Peuker H., Conjard A. e Pette D. 1998. alpha-cardiac-like myosin heavy chain as an intermediate between MHCIIa and MHCI beta in transforming rabbit muscle. *Am. J. Physiol-Cell. Physiol.* 43: C595-C602.

Powell S. E. e Aberle E. D. 1981. Skeletal muscle and adipose tissue cellularity in runt and normal birth weight swine. *J. Anim. Sci.* 52:748-756.

Rahelic S. e Puac S. 1981. Fibre types in longissimus dorsi from wild and highly selected pig breeds. *Meat Sci.* 5: 439-450.

Reggiani C. e Mascarello F. 2004. Fibre type identification and functional characterization in adult livestock animals. In: *Muscle Development of Livestock Animals*, ed. M.F.W. te Pas, M.E. Everts, e H.P. Haagsman 39-62. CABI Publishing USA

Renner M. 1984. Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. *Sci. Aliment.* 4: 567-584.

Rinaldo D. e Le Dividich J. 1991. Effects of warm exposure on adipose tissue and muscle metabolism in growing pigs. *Comp. Biochem. Physiol.* 100A: 995-1002.

Romboli Isabella Avicoltura e Coniglicoltura Le Point Veterinaire Italie SRL (2008)

Sas Institute 1990 "Sas/Stat Users Guide" Version 6,4 TH Edn.Sas Institute Inc.Cary

Schiaffino, S., and C. Reggiani. 1996. Molecular diversity of myofibrillar proteins: Gene regulation and functional significance. *Physiol. Rev.* 76: 371-423.

Schille Hans Joachim Polli Atlante delle razze Edagricole (2008)

Seideman S. C., Cohen S. H. e Schollmeyer J. V. 1984. Some factors influencing ante-mortem changes in muscle: a brief review. *Food Microstructure* 3: 127-132.

Seideman S. C., Crouse J. D. e Cross H. R. 1986. The effect of sex condition and growth implants on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Sci.* 17: 79-95.

Sellier P. e Monin G. 1994. Genetics of pig meat quality: A review. *J. Muscle Foods* 5: 187-219.

Sewalem, A., D.M. Morrice, A. Law, D. Windsor, C.S. Haley, C.O.Ikeobi, D.W. Burt, P.M. Hocking 2002: Mapping of quantitative trait loci for body weight at three, six, and nine weeks of age in a broiler layer cross. *Poult. Sci.*, 81, 1775-1781

Solomon M. B. e Eastridge J. S. 1987. Occurrence of giant fibers in muscles from wild pigs native to the United States. *Meat Sci.* 20:75-81.

Solomon M. B., Dunn M.C. 1988 . Simultaneous histochemical determination of three fiber types in single sections of ovine, bovine and porcine skeletal muscle. *Journal Science*, 66, 255-264

Solomon M. B., Campbell R. G. e Steele N. C. 1990. Effect of sex and exogenous porcine somatotropin on longissimus muscle fiber characteristics of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 68: 1176-1181.

- Solomon M. B., Van Lack R.L.J.M. e Eastridge J. S. 1998. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: a review. *J Muscle Foods*. 9: 1-11.
- Staron R.S. e Pette D. 1993. The continuum of pure and hybrid myosin heavy chain-based fibre types in rat skeletal muscle. *Histochemistry* 100: 149-153.
- Stephan, E. 1993: Untersuchungen zum Wachstum beim Huhn unter besonderer Berücksichtigung der Calcium-Regulation und des Energiestoffwechsels myokardialer Mitochondrien sowie histometrischer Parameter. Dissertation, Univ. Giessen
- Talmant, A., Monin, G., Briand, M., Dadet, M. and Briand, Y. 1986 Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Science* 18, 2340.
- Taubert, E. 2001: Untersuchung der Zusammenhänge zwischen externen Belastungsfaktoren und der Fleischqualität von Puten. Dissertation, Univ. Halle Januar - März 2003 **1/2003**, Seite 6  
Unione Nazionale Avicoltura - Via Vibio Mariano 58, 00189 Roma
- Valin C., Touraille C., Vigneron P. e Ashmore C. R.. 1982. Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Sci.* 6:257-263.
- Van Laack, R.L., R.G. Kaufmann 1999: Glycolytic potential of red, soft, exudative pork longissimus muscle. *J. Anim. Sci.*, 77, 2971-2973
- Velleman, S.G. 2000: The role of the extracellular matrix in skeletal development. *Poult. Sci.*, 79, 985-989
- Walters E. H., Stickland N. C. e Loughna P. T. 2000. MRF-4 exhibits fiber type- and muscle-specific pattern of expression in postnatal rat muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 278(5): R1381-4.
- Warris P., Kestin S.C., Rolph T.P. e Brown S.N. 1990. The effects of the beta-adrenergic agonist salbutamol on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.* 68:128-136.
- Weber K., Bruck P., Mikes Z., Kupper J.H., Klingenspor M. e Wiesner R. 2002. Glucocorticoid hormone stimulates mitochondrial biogenesis specifically in skeletal muscle. *Endocrinol.* 143: 177-184.
- Weiler U., Appell H. J., Kremser M., Hofäcker S. e Claus R. 1995. Consequences of selection on muscle composition. A comparative study on gracilis muscle in wild and domestic pigs. *Anat. Histol. Embryol.* 24: 77-80.
- Wheeler, B.R., S.R. McKee, N.S. Matthews, R.K. Miller, A.R. Sams 1999: A halothane test to detect turkeys prone to developing pale, soft, and exudative meat. *Poult. Sci.*, 78, 1634-1638
- Wicke, M., S. Maak, G Von Lengerken 1998: Structural and functional traits of the skeletal muscle for the improvement of pork quality. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 48, 21-31

Woelfel, R.L., C.M. Owens, E.M. Hirschler, R.Martinez-Dawson, A.R. Sams 2002: The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. Poult. Sci., 81, 579-584

Yun, K. e Wold B. 1996 Skeletal muscle determination and differentiation: Story of a core regulatory network and its context. Curr. Opin. Cell Biol. 8: 877–889.

## **8.1 SITOGRAFIA**

**[www.24oreagricoltura.it](http://www.24oreagricoltura.it) Polli Atlante delle razze**

**[www.agraria.org](http://www.agraria.org)**

**[www.agri-outlook.org](http://www.agri-outlook.org)**

**[www.europa.eu](http://www.europa.eu)**

**[www.fao.org](http://www.fao.org)**

**[www.ismea.it](http://www.ismea.it)**

**[www.istat.it](http://www.istat.it)**

**[www.joomla.it](http://www.joomla.it)**

**[www.lohmann-information.com](http://www.lohmann-information.com)**

**[www.pointvet.it](http://www.pointvet.it) Avicoltura e Coniglicoltura**

**[www.presidislowfood.it](http://www.presidislowfood.it)**

**[www.unionenazionaleavicoltura.it](http://www.unionenazionaleavicoltura.it) UNA**

**[www.zeiss.de](http://www.zeiss.de)**

**[www.zeiss.de/axiovision](http://www.zeiss.de/axiovision)**

## 9. Documentazione microfotografica

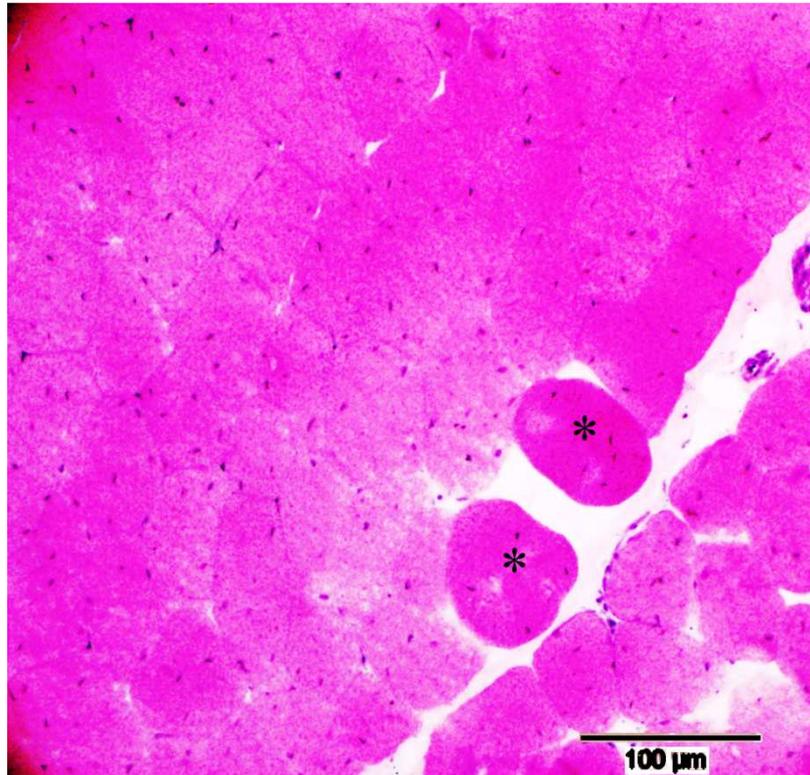


Fig.1 Pollo incrocio Padovana camosciata x Padovana argentata. Sezione seriate di *m.pectoralis major*. Ematossilina eosina. Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata

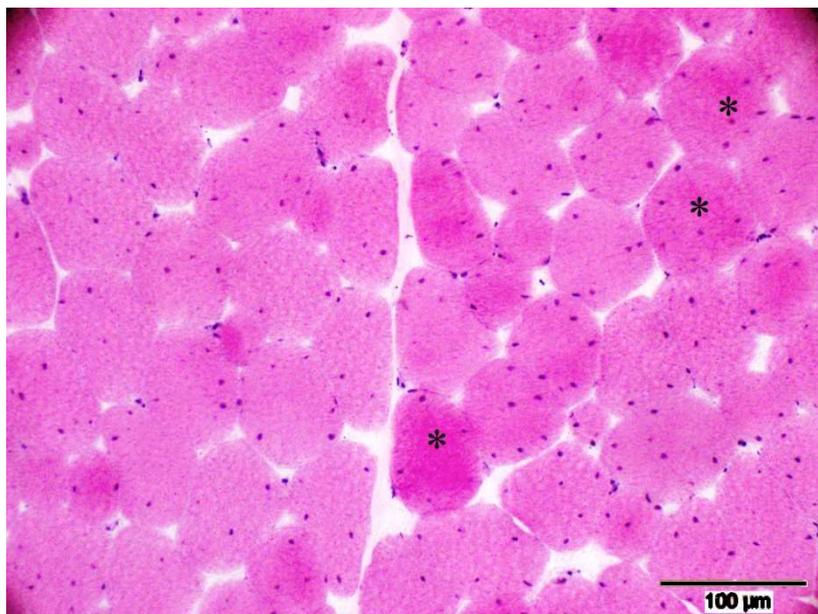


Fig.2 Pollo incrocio Padovana camosciata x Padovana argentata. Sezione seriate di *m.pectoralis major*. Ematossilina eosina. Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata

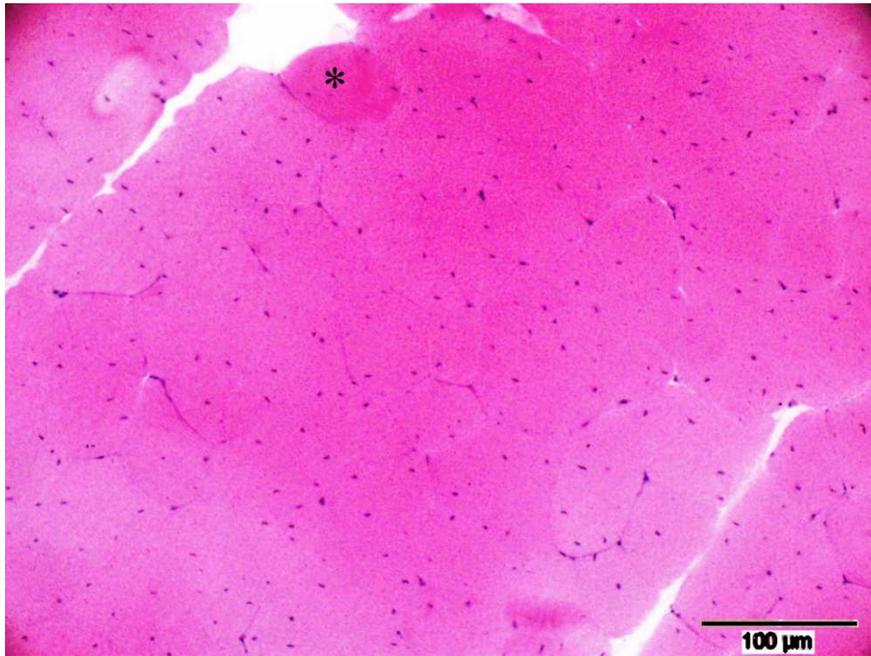


Fig.3 Pollo razza Padovana argentata. Sezione seriate di *m.pectoralis major*. Ematossilina eosina. Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata

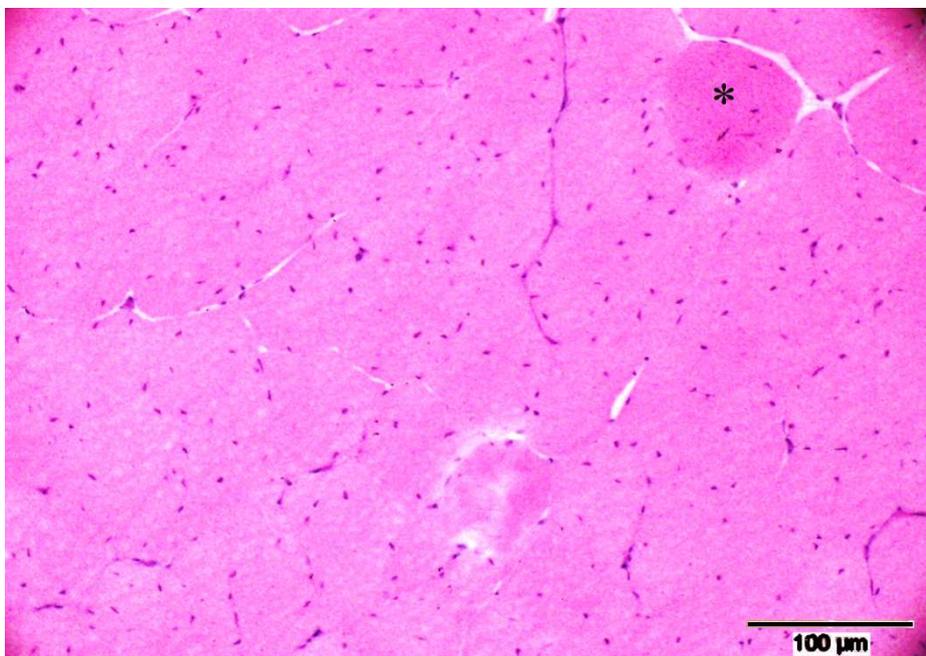


Fig.4 Pollo Broiler. Sezione seriate di *m.pectoralis major*. Ematossilina eosina. Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata

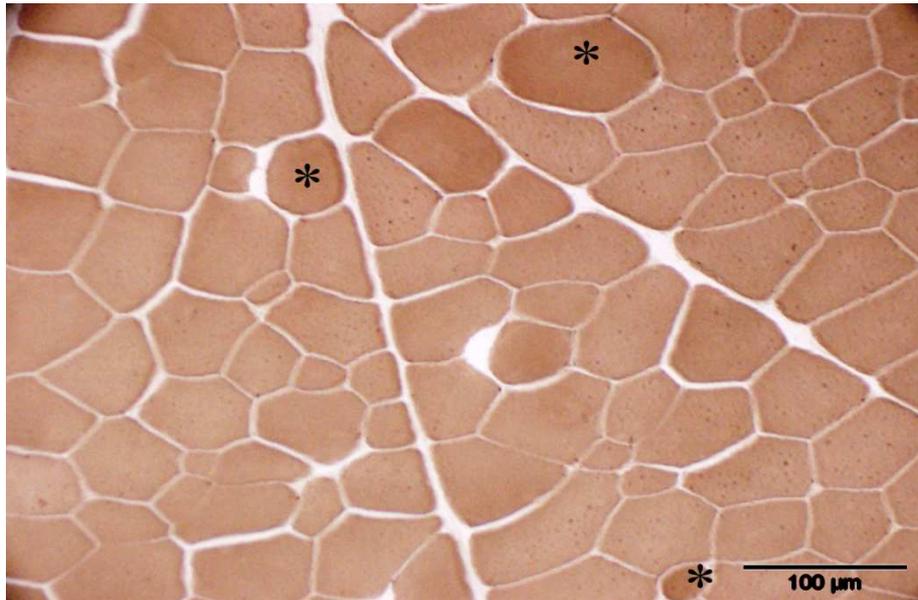


Fig.5 Pollo razza Padovana camosciata. Sezione seriate di *m.pectoralis major*. ATPasi pH 10,45 Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata

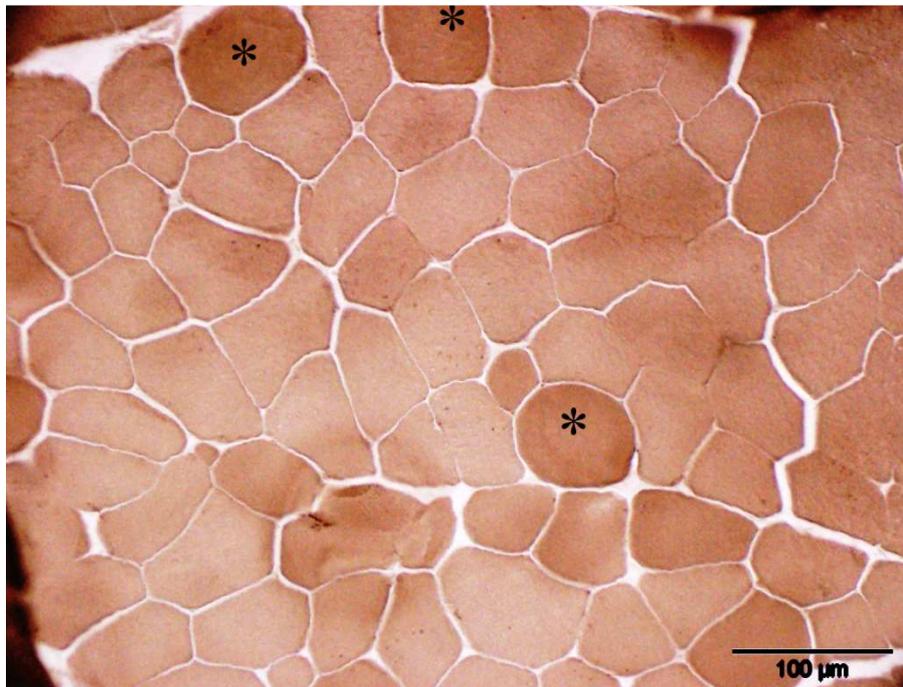


Fig.6 Pollo incrocio Padovana camosciata x Padova argentata. Sezione seriate di *m.pectoralis major*. ATPasi pH 10,45. Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata

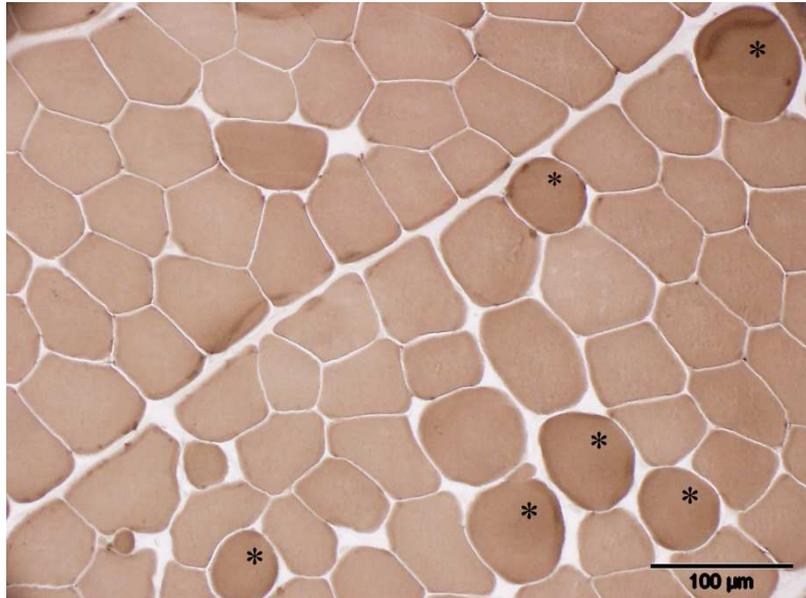


Fig.7 Pollo incrocio Padovana camosciata x Berlanda. Sezione Seriate di *m.pectoralis major*. ATPasi pH 10,45. Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata



Fig.8 Pollo razza Berlanda. Sezione seriate di *m.pectoralis major*. SDH. Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata. => Fibre in deterioramento

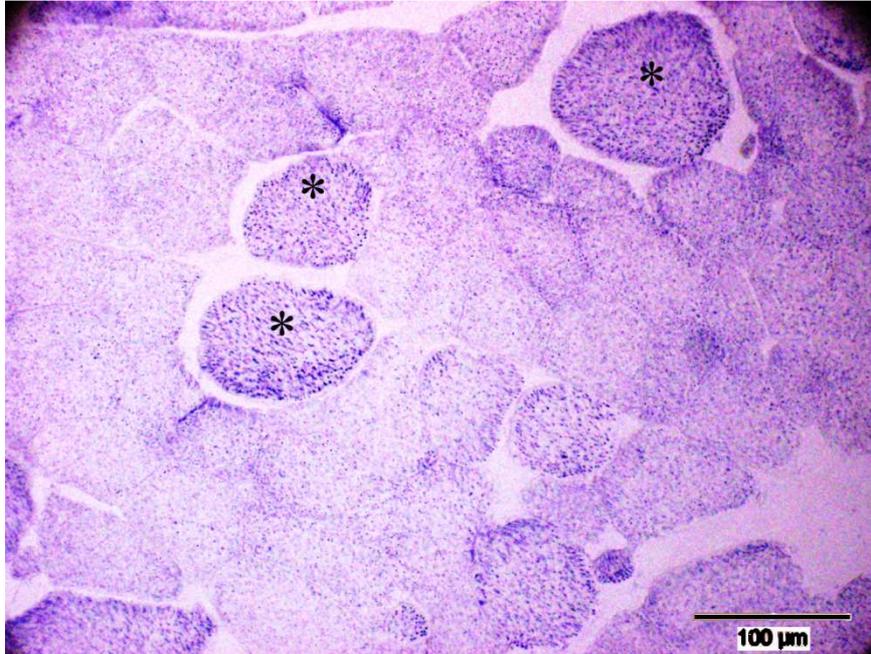


Fig.9 Pollo razza Berlanda. Sezione seriate di *m.pectoralis major*.SDH. Lefibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata

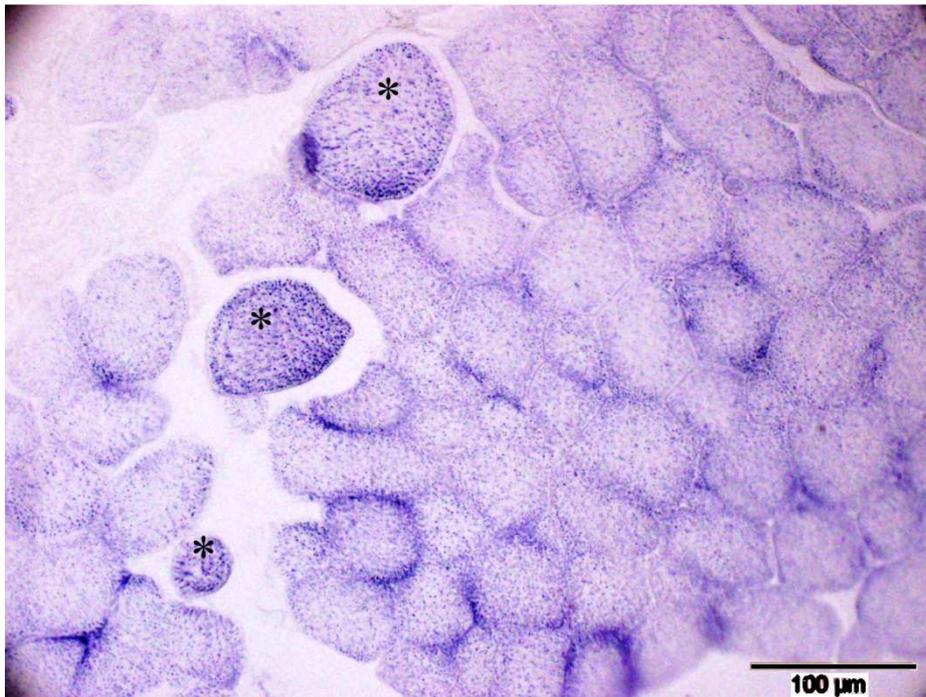


Fig.10 Pollo razza Berlanda. Sezione seriate di *m.pectoralis major*.SDH. Le fibre giganti (\*) rotondeggianti presentano una colorazione più marcata