



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**FACOLTÀ DI AGRARIA**

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie  
Dipartimento di Scienze Animali

Tesi di laurea

Composizione chimica corporea del suino pesante:  
confronto tra effetti simulati e misurati dovuti al  
genotipo, al genere e al livello proteico della dieta

***Relatore: Prof. Stefano Schiavon***  
***Correlatore: dott.ssa Chiara Ceolin***

***Laureando: Nicola Rizzi***

Anno Accademico 2005 – 2006

# 1. INDICE

<b>1. INDICE</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GLOSSARIO</b> .....	<b>2</b>
<b>3. ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>4. RIASSUNTO</b> .....	<b>4</b>
<b>5. INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
5.1. INTRODUZIONE GENERALE .....	6
5.2. COMPOSIZIONE CHIMICA CORPOREA E RELAZIONI TRA I COMPONENTI CHIMICI. 10	
5.3. COMPOSIZIONE CHIMICA CORPOREA, PIANI ALIMENTARI E POTENZIALE DI CRESCITA .....	13
5.4. MODELLI MATEMATICI PER VALUTARE LA COMPOSIZIONE CHIMICA ED ANATOMICA DEI SUINI.....	15
5.5. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL MODELLO PROPOSTO DALL'ASPA (2003) PER SIMULARE LA CRESCITA CHIMICA DEL SUINO PESANTE .....	16
Input .....	16
Output .....	22
<b>6. OBIETTIVI</b> .....	<b>25</b>
<b>7. MATERIALI E METODI</b> .....	<b>26</b>
7.1. INFORMAZIONI GENERALI .....	26
7.2. PROCEDURE DI MACELLAZIONE .....	27
7.3. PROCEDURE DI SIMULAZIONE.....	28
Applicazione del modello .....	28
7.4. ANALISI STATISTICHE .....	30
<b>8. RISULTATI E DISCUSSIONE</b> .....	<b>32</b>
8.1. SIMULAZIONE DELLA RITENZIONE GIORNALIERA DI PROTEINE E LIPIDI .....	32
8.2. SIMULAZIONE DELLE PERFORMANCE DI CRESCITA .....	33
8.3. SIMULAZIONE DEL CONTENUTO CORPOREO DI PROTEINE, ACQUA, CENERI E MASSA LIPIDICA A VARIE ETÀ.....	35
8.4. PROTEINE, ACQUA, CENERI E MASSA LIPIDICA MISURATE A VARIE ETÀ DI MACELLAZIONE.....	36
8.5. EFFETTI DELLA DIETA E DEL GENERE SULLA COMPOSIZIONE CHIMICA E SULLA MASSA DEI DIVERSI TAGLI CORPOREI DI SUINI DI 160 KG DI PESO VIVO .....	38
<b>9. CONCLUSIONI</b> .....	<b>42</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>44</b>
<b>11. TABELLE, GRAFICI E SCHEMI</b> .....	<b>52</b>

## 2. Glossario

A = Acqua corporea

AMG = accrescimento giornaliero medio

B = coefficiente di accrescimento relativo (precocità)

C = Ceneri corporee

DOP = Denominazione di Origine Protetta

DBP = dieta a basso contenuto proteico

DCP = dieta convenzionale

ED = Energia Digeribile

EE = Energia Effettiva

EM = Energia Metabolizzabile

EN = Energia Netta

Età = età

L = Lipidi corporei

Lr = ritenzione lipidica giornaliera

$L_m/P_m$  = rapporto tra masse lipidiche e proteiche corporee a maturità

$P_i$  = Proteina corporea ad un dato momento della crescita (i)

PG = Proteina Grezza

$P_m$  = massa proteica corporea a maturità

Pr = ritenzione proteica giornaliera

PV = Peso Vivo

PVM = Peso Vivo Metabolico

PVN = Peso Vivo Netto

SS = sostanza secca

WHC = Capacità di ritenzione idrica

### 3. Abstract

The production of high quality salt-seasoned ham in Italy requires pigs of at least 9 months old with a body weight (BW) close to 160±10 kg. To comply this target feed restriction is commonly applied. Very few information is available about the body chemical composition of pigs kept under this system of feeding and about the effects of genotype, gender and dietary protein level. Aims of this paper were: i) to provide information about the chemical composition of whole-body and dissected body parts of 144 barrows and gilts, of two unimproved crossbreds, fed, from 80 to 170 kg BW, restricted amounts (8.0% of  $BW^{0.75}$ ) of a low (10.3% balanced for amino acids) or conventional (13.3%) crude protein feed containing 12.35 MJ of digestible energy per kg. Data from two trials were used; ii) to compare the measured data with those resulting from the use of a published pig growth model simulating the chemical growth of barrows and gilts, with low (108-129 g/d) or high (157-190 g/d) maximum potential for daily protein gain (Pr). From 80 to 170 kg BW, the measured amounts of body protein, water and lipid increased, respectively, from 12.7 to 23.6, 45.7 to 80.5 and 16.3 to 49.0 kg, on average, with significant effects of gender and crossbred. The measured and simulated effects agreed well only when the simulations considered pigs with a low Pr. In this case, the pooled linear regressions between the measured (y) and simulated (x) whole-body protein masses (kg) were  $y=0.08+1.03x$  (rsd=1.02 kg) and  $y=1.17+0.93x$  (rsd=0.84 kg), respectively, for the two crossbreds. It was concluded that i) for pigs with a low Pr a further reduction of dietary crude protein can be applied in the final period of growth; ii) under the specific feeding conditions described, pigs with a high Pr could become too lean and too young for the needs of the Italian ham industry.

## 4. Riassunto

La produzione Italiana di prosciutto crudo stagionato di alta qualità richiede suini di almeno 9 mesi d'età con un peso vivo (PV) di  $160 \pm 10$  kg. Per raggiungere queste caratteristiche, al termine del periodo predetto, viene normalmente applicata una restrizione alimentare. Non sono disponibili molte informazioni sulla composizione chimica corporea di suini sottoposti a razionamento, sugli effetti del genotipo, del genere e del livello proteico della dieta. Questo studio è stato dedicato a:

- a. fornire informazioni relative alla composizione chimica corporea e dei diversi tagli di 144 maschi castrati e femmine, appartenenti a due incroci non migliorati geneticamente, alimentati dagli 80 ai 170 kg di peso vivo secondo un regime alimentare razionato (8,0% del peso vivo metabolico= $PV^{0,75}$ ) e due livelli proteici distinti: basso e convenzionale (rispettivamente pari al 10,3% di proteina grezza con aggiunta di aminoacidi bilanciati e pari al 13,3%). Le due razioni sono isoenergetiche e apportano 12,35 MJ di energia digeribile per ogni kg di alimento fornito.
- b. Studiare la composizione corporea di suini pesanti e gli effetti dovuti al genotipo, al genere e al livello proteico della dieta.
- c. Comparare i dati misurati nelle due prove sperimentali con i dati ottenuti applicando un modello matematico in grado di prevedere l'accrescimento corporeo dei diversi costituenti chimici sia di maschi castrati che di femmine assumendo un potenziale genetico di ritenzione proteica giornaliera basso o alto (Pr, accrescimento proteico; rispettivamente di 108-129 g/d e 157-190 g/d a seconda del genere di cui sopra).

Dagli 80 ai 170 kg di peso vivo corporeo, le quantità misurate di proteine corporee, acqua e lipidi, sono aumentate mediamente rispettivamente, da 12,7 a 23,6, da 45,7 a 80,5 e da 16,3 a 49,0 kg, con un significativo effetto del genere e tipo genetico. I valori misurati di massa corporea di proteine, acqua e ceneri sono risultati in accordo con i valori simulati solo nel caso del tipo genetico a basso potenziale di ritenzione proteica (Pr). In questo caso, le regressioni lineari tra i valori misurati (y) e quelli

simulati (x) di massa proteica corporea (kg) sono risultate pari a:  $y=0,08+1,03x$  (rsd=1,02 kg) e  $y=1,17+0,93x$  (rsd=0,84 kg), rispettivamente, per i due tipi di incroci commerciali usati nella sperimentazione di macellazione comparativa.

E' stato possibile concludere che:

- a. Il modello di simulazione può essere un valido strumento per prevedere l'evoluzione della composizione corporea di suini in accrescimento purchè le potenzialità genetiche di crescita (Pr) siano adeguatamente descritte.
- b. per suini con basso potenziale di crescita proteica può essere conveniente una riduzione del contenuto di proteina grezza della dieta nel periodo finale di accrescimento;
- c. sotto le specifiche condizioni di alimentazione descritte, suini con elevata capacità di sintesi proteica possono raggiungere pesi idonei per la produzione del prosciutto in tempi inferiori rispetto al periodo richiesto, con eccesso di tagli magri, non soddisfacendo le richieste dell'industria del prosciutto italiano e nemmeno le disposizioni dei disciplinari.

## 5. Introduzione

### 5.1. Introduzione generale

In Italia il comparto suinicolo è caratterizzato nel complesso da tre indirizzi produttivi: l'allevamento del suino pesante (macellato a  $160 \pm 10$  kg di peso vivo), del suino intermedio (macellato a  $130 \pm 10$  kg) e quello del suino leggero (macellato a  $100 \pm 20$  kg). Delle tre tipologie, quella del suino pesante, unica nel panorama mondiale, è certamente la più tipica e trova la sua principale giustificazione nella produzione del prosciutto crudo stagionato tipico (prosciutto DOP), la cui preparazione richiede cosce fresche provenienti da animali allevati e macellati nel nostro Paese e che posseggono caratteristiche qualitative definite dai disciplinari di produzione. Il prosciutto crudo stagionato è il prodotto di maggior pregio e valore commerciale dell'industria italiana del settore ed è tutelato da specifici marchi DOP (Reg. CEE 2081/92 sostituito dal Reg. CEE 510/2006; Disciplinare generale del prosciutto di Parma; Disciplinare DOP del prosciutto San Daniele). La coscia rappresenta quindi il taglio più importante e con il più alto valore economico per l'industria salumiera italiana, tanto che nel suino pesante può arrivare a costituire da sola oltre il 55% dell'intero valore commerciale della carcassa, nonostante ne rappresenti solamente il 18-20% del peso (Russo, 1990; Chizzolini, 1995).

Per garantire la qualità e la corretta produzione del prosciutto crudo è necessario macellare suini a pesi vivi elevati ed età avanzate rispetto a quelli normalmente ottenuti nella produzione del suino da macelleria. Al fine di consentire il raggiungimento di adeguati rapporti tra le componenti corporee magre e grasse e un soddisfacente grado di maturità delle carni, è richiesto un rallentamento dei ritmi di crescita, affinché si raggiungano pesi vivi di circa 160 kg ad un'età non inferiore ai 9 mesi. L'industria di trasformazione richiede infatti tagli freschi caratterizzati da livelli qualitativi elevati e costanti; è da sottolineare a questo proposito infatti che, per la preparazione del prosciutto crudo stagionato è consentita esclusivamente l'aggiunta del sale come conservante, per cui eventuali difetti della materia prima non possono essere corretti e comportano elevati rischi di deprezzamento o di scarto dei prodotti finiti (Russo *et al.*, 1992; Bosi *et al.*, 2004).

La qualità della materia prima è quindi un'esigenza imprescindibile per l'industria di trasformazione del prosciutto crudo.

Il concetto di qualità si riferisce principalmente alla composizione chimica corporea degli animali macellati - composizione della carcassa, di un singolo taglio (come la coscia) - alla quantità di carne magra o di grasso. In riferimento alla qualità della carcassa (tabella 1), vengono prese in considerazione numerose caratteristiche relazionate al trattamento tecnologico in fase di produzione, anche se il parametro che nel contesto nazionale e mondiale ciò che ha assunto il maggior peso economico è la percentuale di carne magra stimata con apposite equazioni basate su misurazioni oggettive di peso e spessori del grasso e del muscolo *longissimus dorsi*. Queste misure vengono rilevate con idonee strumentazioni: Fat-o-Meat'er (FOM), il Destron PG 100 (Dest) e la sonda ottica Introscope (Russo, 1990). L'applicazione di questo approccio permette la classificazione delle carcasse, sulla base del contenuto magro, con le lettere della parola EUROP (tabella 2).

Negli ultimi anni, in seguito al continuo miglioramento genetico e all'introduzione di nuovi ibridi commerciali, si è potuto osservare un peggioramento qualitativo delle carcasse, che sono caratterizzate da un minor spessore del lardo dorsale, una maggiore percentuale di tagli magri e a volte da carni con caratteristiche qualitative meno rispondenti alle esigenze della trasformazione industriale (Nanni Costa *et al.*, 1993; Lo Fiego, 1996). Ad animali con alta percentuale di magro e in giovane età sono state associate alte perdite durante il processo di stagionatura e danni alle proprietà sensoriali del prosciutto crudo stagionato (Lo Fiego, Santoro, Macchioni e De Leonibus, 2005; Bosi e Russo, 2004; Nanni Costa, Lo fiego, De Grossi e Russo, 1993).

A tal riguardo i dati riportati in tabella 3, anche se non omogenei per dimensione del campione e genotipo, sembrano confermare la graduale tendenza all'aumento della percentuale di carne magra nei genotipi utilizzati per la produzione del suino pesante.

L'aumento della percentuale di carne magra nelle carcasse ha degli indubbi vantaggi nella fase di allevamento soprattutto perché con un maggiore accrescimento magro gli indici di conversione si riducono, dal momento che un tale accrescimento richiede meno energia rispetto ad uno grasso (Bittante *et al.*, 1997). Come osservato da Russo *et al.* (1992) e da Bosi *et al.* (2004), i principali obiettivi dei piani di selezione, utilizzati fino ad oggi in Italia, sono stati per molto tempo simili a quelli applicati in altri



paesi europei e hanno riguardato, oltre all'efficienza riproduttiva, la velocità di crescita e l'indice di conversione alimentare, sebbene negli ultimi anni, si sia reso necessario introdurre anche le caratteristiche e la qualità della carne negli indici di selezione, con gli obiettivi e i criteri sintetizzati in tabella 4 (Bosi *et al.*, 2004).

Alcuni autori hanno evidenziato che la variazione del contenuto in carne magra della carcassa può esercitare una considerevole influenza sulle rese tecnologiche e commerciali del prosciutto stagionato (Russo *et al.*, 1990; Russo e Nanni Costa, 1995; Gallo *et al.*, 1999), infatti in generale si è osservato un peggioramento delle caratteristiche qualitative dei prodotti aventi una maggiore percentuale di carne magra (Russo e Nanni Costa, 1995; Gallo *et al.*, 1999; Lo Fiego *et al.*, 2005). La percentuale dei prosciutti ottenuti al macello che raggiunge lo standard stabilito per poter ricevere il marchio DOP diminuisce proporzionalmente all'aumentare del contenuto di carne magra: ciò è particolarmente evidente nei suini ibridi e nelle linee tradizionali che tendono a superare la soglia del 50% di carne magra (Russo *et al.*, 1990). Questi aspetti vanno adeguatamente considerati nella definizione degli schemi di selezione, anche considerando che il grado di copertura adiposa delle cosce fresche, presenta livelli di variabilità genetica significativi (Carnier *et al.*, 1999).

Considerato che altri elementi appaiono importanti nel definire l'attitudine alla trasformazione delle carcasse, tra cui ad esempio il peso e la forma dei tagli, la qualità della carne e del grasso, la presenza di grasso intra-intermuscolare, l'entità e l'estensione della copertura adiposa del prosciutto (Russo, 1990), alcuni autori hanno evidenziato che la classificazione EUROP non valorizza completamente le caratteristiche del suino pesante nel mercato e appare insufficiente a determinare il reale valore commerciale delle carcasse (Russo *et al.*, 1990). La necessità di andare oltre la griglia EUROP per stabilire la qualità del suino pesante italiano destinato alla trasformazione è stata oggetto di numerosi studi il cui scopo era quello di ottimizzare criteri di valutazione della qualità rendendoli oggettivi, rapidi, facilmente applicabili e sufficientemente precisi, così da poterli impiegare sulle linee di macellazione in aggiunta alla griglia EUROP, come previsto dall'art. 3 comma 4 del Regolamento CEE 3220/84. Attualmente però non esiste alcun metodo oggettivo in grado di misurare la qualità della carne nella sua completezza, poiché la rilevazione di parametri qualitativi come forma della coscia (globosità), consistenza, colore e struttura del grasso non è

facilmente attuabile (Madarena *et al.*, 1991; Chizzolini *et al.*, 1995). La valutazione della qualità delle carcasse in fase di macellazione è all'origine della definizione dei citati disciplinari di produzione che stabiliscono una serie di requisiti tecnico-qualitativi da rispettare già nella fase dell'allevamento.

E' ragionevole ipotizzare che per molti degli aspetti qualitativi considerati possano esistere delle relazioni tra parametri qualitativi e composizione chimica del corpo intero del suino e delle diverse frazioni anatomiche.

A tal riguardo alcuni autori (Geri *et al.*, 1991; Chizzolini *et al.*, 1996; Ballarini, 2003; Gou *et al.*, 2003 e Virgili *et al.*, 2003) hanno evidenziato la presenza di numerosi fattori influenzanti la qualità tecnologica e la qualità finale del prodotto stagionato e altri fattori che possono essere relazionati alla composizione chimica dell'intera carcassa e quindi alla composizione della coscia; tali fattori sono:

- Contenuto in acqua: una coscia con elevati rapporti acqua/proteina e acqua/lipidi può facilmente condurre a fenomeni degradativi, cosce con elevati contenuti di acqua richiedono inoltre tempi di stagionatura più lunghi.
- Capacità di ritenzione idrica (WHC) e pH: identificano parametri fisici di notevole importanza nella classificazione della materia prima da avviare a trasformazione, in quanto influenzano direttamente ed in modo significativo sia i processi di salatura sia il calo di peso in fase di stagionatura; quest'ultimo, espresso come rapporto tra il calo di peso durante il processo di produzione e il peso del prosciutto rifilato, può variare dal 20% al 30% a seconda della tecnologia industriale, del peso, del contenuto di carne magra, della copertura adiposa della coscia fresca, dell'età dell'animale e della razza dei suini (Gallo *et al.*, 1999). Il valore del pH è una misura importante per le indubbie relazioni esistenti tra questo valore e la sua capacità di interagire con l'acqua, il colore della carne e il sale. La quantità di acqua libera presente nel tessuto può fungere da *pabulum* per la proliferazione di microorganismi; quindi, tanto maggiore sarà questo valore, tanto più alta sarà la probabilità che il prodotto in fase di stagionatura vada incontro a fenomeni di putrefazione. Nasce quindi l'esigenza di controllare il valore di WHC, mediante la misura del pH, per evidenziare le cosce da escludere dalla produzione di prosciutti crudi DOP (Monin, 1991).

- Capacità di assorbimento del sale: la quantità di sale assorbita è in funzione della tipologia e della pezzatura della materia prima (lunghezza, globosità della coscia), della tecnica e della durata della salatura, e della quantità di sale aggiunta. È da sottolineare che cosce con alte percentuali di carne magra tendono ad assorbire troppo sale e sono poco idonee alla salatura. (Lo Fiego *et al.*, 1990, Santoro *et al.*, 1992).
- Numero di Iodio: indica il grado di insaturazione del grasso della coscia, questo valore fornisce un'indicazione della tendenza all'ossidazione e quindi all'irrancidimento del grasso. L'individuazione della quantità di grasso presente nella coscia, e soprattutto la qualità degli acidi grassi presenti, diventa di fondamentale importanza per definire l'attitudine alla trasformazione della stessa.

Anche la consistenza del prosciutto a fine stagionatura può essere correlata alla costituzione chimica della coscia e quindi alla sua qualità. Elevati rapporti acqua/proteine e sale/acqua possono essere possibili cause dello sviluppo di una insufficiente consistenza del prosciutto (Schivazappa *et al.*, 1998). L'analisi chimica dei prosciutti con poca consistenza ha infatti dimostrato che essi generalmente sono caratterizzati da un alto rapporto umidità/proteine e da un basso rapporto sale/acqua (Parolari *et al.*, 1988, Schivazappa *et al.*, 1992, Virgili *et al.*, 1994).

## *5.2. Composizione chimica corporea e relazioni tra i componenti chimici*

Da dati della letteratura estera risulta che il peso della carcassa rappresenta dal 70% ad oltre l'80% del peso vivo netto (PVN) (Rook *et al.*, 1987), che a sua volta è circa il 95% del peso vivo (Whittemore, 1983). Mediamente il suino contiene dal 13% al 18% di proteina rispetto al suo peso vivo netto, mentre la percentuale di lipidi può raggiungere, e anche superare, il 35% (De Greef *et al.*, 1992). Per valutare queste quantità *in vivo* Whittemore (1995) ha suggerito di utilizzare misure di peso, di spessore del lardo dorsale e del grado di "meatness" dei suini allevati. Queste misure possono essere utilizzate per valutare indirettamente i contenuti corporei di proteina, acqua, ceneri e lipidi.

In letteratura, diversi autori hanno messo in evidenza che esistono dei rapporti piuttosto stretti fra contenuti corporei di proteine, acqua e ceneri (Kotarbinska, 1969; Moughan *et al.*, 1987; Whittemore, 1994; Ferguson *et al.*, 2003) e che in genere le relazioni tra questi costituenti possono essere descritte con funzioni di allometria. La conoscenza dei contenuti corporei di proteina consente di stimare con notevole precisione i contenuti di acqua e di ceneri. Per stimare i contenuti di acqua Emmans (1995) propone la seguente equazione:

$$\text{Acqua} = 3,04 * (P_m)^{0,145} * P^{0,855} \quad \text{kg}$$

In questa equazione i termini  $P_m$  e  $P$  rappresentano rispettivamente il peso della proteina corporea a maturità e il peso della proteina ad un dato momento della crescita.

Analogamente il contenuto in ceneri può essere stimato dal contenuto in proteina corporea utilizzando l'equazione:

$$\text{Ceneri} = 0,2 * P \quad \text{kg}$$

riportata da numerosi autori (Kotarbinska, 1969; Whittemore, 1993).

Gli studi sinora compiuti evidenziano invece che esistono scarse correlazioni tra masse corporee lipidiche e proteiche (Emmans, 1999; Schinkel *et al.*, 1999). Emmans (1995) ha dimostrato che tra queste quantità può esistere una relazione di tipo allometrico solamente quando le condizioni ambientali e di alimentazione non costituiscono fattori limitanti e quando la razione è perfettamente bilanciata, in termini di apporti proteici ed energetici, rispetto alle esigenze stabilite dal genotipo degli animali. Nelle condizioni ordinarie tale situazione si verifica però molto raramente. Infatti, se gli apporti proteici sono limitanti, l'animale ingerirà maggiori quantità di mangime ma così facendo sarà "costretto" a depositare maggiori quantità di lipidi rispetto a quanto programmato dal suo genotipo. Al contrario, se nella dieta il primo fattore limitante è l'energia il suino ingerirà quella quantità di mangime necessaria non solo per ottenere l'accrescimento proteico potenziale ma anche quello "desiderato" di lipidi (Emmans *et al.*, 1995). Nel caso in cui gli alimenti siano invece razionati la quantità di lipidi depositati dipende dalla quantità di energia ingerita che rimane disponibile dopo aver sottratto i quantitativi utilizzati per il mantenimento, la termoregolazione e l'accrescimento proteico (Emmans e Oldham, 1988; Whittemore,

1993). In questo modo il suino deposita meno lipidi rispetto a quanto “desidera”. Dal momento quindi che il processo di deposizione lipidica è l'ultimo in termini di priorità, rispetto alle altre funzioni corporee, ne consegue una notevole variabilità dei contenuti lipidici, in rapporto a quelli proteici, spesso confermata dai risultati riportati nelle diverse sperimentazioni (Emmans, 1999; Whittemore, 1991).

La carcassa a sua volta contiene proporzioni variabili dal 45% a oltre il 60% di carne magra, definita come peso dell'insieme di muscoli, separabili mediante sezionatura manuale eseguita con coltelli. Susenbeth e Keitel (1988) hanno evidenziato, da un'approfondita analisi di dati di macellazione di suini con pesi vivi netti variabili fra 23 e 155 kg, che il contenuto di proteina della frazione magra separabile costituisce dal 51% al 58% della proteina corporea e circa il 65% di quella della carcassa. Nello stesso lavoro si riportano diversi dati che esprimono la partizione della proteina corporea nel sangue (3,9%-6,5%), nei visceri (6,6%-9,6%), nella frazione che si ottiene sottraendo dal peso vivo netto il peso della carcassa (10,9%-14,5%), nelle ossa (8,5%-17,4%), nel tessuto grasso (4,4%-10,2%), nella testa, orecchie e setole (11,2%-12,7%); e solo nelle setole i valori oscillano tra 1,4% e il 2,1%. I risultati di questi autori evidenziano come la partizione della proteina corporea nelle diverse frazioni anatomiche separate segua un andamento relativamente costante, poco influenzato dal genotipo, dalla composizione corporea, dalla percentuale di carne magra e dal suo contenuto in lipidi, come pure dal rapporto in peso tra muscoli ed ossa.

Questi dati provengono per lo più da sperimentazioni eseguite all'estero, su animali macellati con peso inferiore rispetto a quello di macellazione dei suini pesanti, alimentati *ad libitum* con diete aventi caratteristiche nutritive diverse da quelle comunemente utilizzate in Italia. Ad oggi, infatti, le conoscenze sulla composizione chimica corporea di suini pesanti allevati per la produzione del prosciutto crudo stagionato sono scarse e si limitano quasi esclusivamente alla composizione chimica (contenuto di proteine, acqua, lipidi e ceneri) della carne magra. La composizione chimica corporea dei suini può essere determinata mediante numerose metodiche (Szabo *et al.*, 1999) come macellazioni comparative degli animali a diversi pesi ed età, diluizione isotopica, RX, tomografia computerizzata (CT) o la magnetic resonance imaging (MRI) (queste ultime però richiedono comunque una calibrazione con dati di macellazione). In generale i costi e la complessità connessi alla realizzazione di questi

studi rappresentano le principali cause della mancanza di informazioni in merito alla composizione corporea dei suini pesanti.

### *5.3. Composizione chimica corporea, piani alimentari e potenziale di crescita*

Nelle condizioni estere l'obiettivo di produzione è sostanzialmente quello di massimizzare la quantità di carne magra prodotta per posto-stalla. Tale obiettivo però non trova giustificazione nel caso del suino pesante, dove è ipotizzabile che la qualità finale del prodotto trasformato sia in qualche modo correlata alla composizione chimica corporea e a quella della carcassa (vedi relazioni tra la percentuale di carne magra e qualità finale del prosciutto). In generale, il ritmo di crescita e la composizione corporea dipendono principalmente dagli apporti alimentari in interazione con le caratteristiche genetiche degli animali e le condizioni in cui vengono allevati (Bosi *et al.*, 2004). Da quanto sinora esposto è ipotizzabile quindi che esista uno stato di maturità e di ingrassamento che possa essere definito ottimale, almeno in termini di rapporti tra carne magra e grasso, tra proteine e acqua e tra proteine e lipidi. La sola conoscenza del peso vivo medio di macellazione degli animali, dell'età dell'animale alla macellazione, dello spessore del grasso dorsale o delle stime della percentuale di carne magra ottenute con varie strumentazioni, non appaiono sufficienti per ottenere migliori garanzie di qualità del prodotto.

La mancanza di informazioni relative alla composizione chimica corporea di suini pesanti implica anche una scarsa conoscenza dei livelli di ritenzione proteica e lipidica che si verificano nel corso della crescita. Tutto ciò introduce notevoli elementi di incertezza nella definizione degli apporti alimentari raccomandati sia in termini energetici che proteici. Gli standard di razionamento attualmente utilizzati in Italia fanno riferimento ai piani alimentari proposti da centri di ricerca stranieri, con qualche aggiustamento derivante da osservazioni provenienti da esperienze pratiche e prove sperimentali condotte in Italia (ASPA, 2003). Nel complesso le incertezze sui piani alimentari da adottare in fase di allevamento possono generare una notevole variabilità nelle caratteristiche qualitative delle carcasse e dei prodotti finali (ASPA, 2003). Recenti ricerche mettono in evidenza che esistono delle interazioni tra apporti

alimentari e genotipo degli animali che determinano le risposte produttive e la qualità delle carcasse. Bosi *et al.* (2004) affermano che per i suini di medio valore genetico si deve praticare una restrizione energetica (razionamento alimentare) per limitare la deposizione lipidica, senza però penalizzare quella proteica. Per soggetti caratterizzati da elevate potenzialità di accrescimento magro, accanto ad una restrizione energetica potrebbe essere necessario intervenire con un'ulteriore restrizione proteica; questo per evitare che i suini raggiungano il peso commerciale ad età troppo precoci e con coperture adipose troppo contenute (Bosi *et al.*, 2004).

In conclusione, la mancanza di specifiche informazioni sulla composizione chimica corporea dei suini pesanti genera notevoli incertezze sulla definizione delle caratteristiche dei mangimi e dei piani di razione. L'applicazione di piani alimentari che non considerino le differenze genetiche e di sesso porta ad un impiego non efficiente delle risorse alimentari, in particolare di quelle proteiche, e a un'amplificazione della variabilità delle caratteristiche chimiche ed anatomiche dei soggetti al macello nonché dei prodotti finali e del loro valore (ASPA, 2003). Tenendo conto di tutti questi aspetti, vi è quindi la necessità di recuperare informazioni riguardanti la composizione corporea dei suini pesanti e di predisporre uno strumento in grado di prevedere gli effetti di diversi piani alimentari sulla composizione chimica corporea di animali di diverso sesso e genotipo. Considerando il numero di fattori che possono interagire nel determinare l'accrescimento chimico corporeo e la complessità delle relazioni esistenti tra questi fattori la commissione ASPA "Nutrient requirements of heavy pig" (2003) ha individuato nella tecnica modellistica lo strumento più efficace per risolvere il problema della definizione dei fabbisogni nutritivi del suino pesante.

#### *5.4. Modelli matematici per valutare la composizione chimica ed anatomica dei suini*

La tecnica modellistica ha compiuto consistenti passi in avanti in questi ultimi anni e numerosi modelli di crescita sono stati proposti (Parks, 1982; Whittemore, 1983; Black *et al.*, 1986; Whittemore, 1986; Moughan *et al.*, 1987; Moughan e Verstegen, 1988; Whittemore e Morgan, 1990; Pomar *et al.*, 1991; Whittemore, 1993; Ferguson *et al.*, 1994; Emmans, 1995) anche se per lo più applicabili al suino leggero.

La maggior parte di questi modelli è in grado di prevedere, su base giornaliera, le variazioni della massa dei vari costituenti chimici corporei (proteine, acqua e lipidi) sulla base del genotipo utilizzato, degli apporti alimentari e delle condizioni ambientali di allevamento. Questi modelli vengono poi implementati con funzioni di natura empirica finalizzate a stimare dalla composizione chimica corporea parametri di valore commerciale come il peso della carcassa e il suo contenuto in carne magra e grasso. La natura empirica di queste ultime equazioni (dovuta alla scarsa conoscenza dei meccanismi che presiedono alla partizione dei nutrienti nelle diverse frazioni corporee) e le particolari condizioni di allevamento in cui sono state messe a punto pongono dei dubbi sulla possibilità di estendere l'impiego dei modelli attuali al suino pesante nazionale.

Resta comunque interessante la possibilità di utilizzare tali modelli, almeno per quanto riguarda la previsione della composizione chimica corporea, anche per i suini pesanti nazionali.

Analizzando diversi approcci modellistici la commissione "Nutrient requirements of heavy pig" (ASPA, 2003) ha ritenuto che il modello proposto da Ferguson *et al.* (1994) possieda le caratteristiche necessarie per una possibile applicazione anche nel suino pesante. Infatti, tale modello può essere applicato in condizioni alimentari e ambientali sia non limitanti che limitanti. Con l'applicazione di questo modello, infatti, si può prevedere l'ingestione volontaria degli alimenti, e nel contempo considerare anche l'ipotesi che il cibo sia razionato. Questo modello è in grado di prevedere giornalmente l'evoluzione chimica corporea dalla nascita alla maturità come risultato dell'interazione delle caratteristiche genetiche, alimentari ed ambientali. Si ritiene quindi che quanto sopra esposto possa essere utile non solo per valutare a priori gli



effetti di particolari strategie alimentari sulla composizione corporea finale dei suini, ma anche come strumento utile per controllare “in corso d’opera” il processo di accrescimento, con la finalità di centrare gli obiettivi di qualità. Il modello è quindi potenzialmente interessante per il settore suinicolo nazionale.

Tuttavia è necessario procedere ad una serie di test di verifica dal momento che sino ad oggi il modello è stato testato solo rispetto a dati di calorimetria (ASPA, 2003) e mancano del tutto test effettuati in condizioni più vicine alla normale pratica di allevamento. Inoltre il modello richiede una calibrazione, in particolare per la definizione di valori operativi in grado di descrivere le potenzialità di accrescimento delle popolazioni suine da simulare.

### *5.5. Principali caratteristiche del modello proposto dall’ASPA (2003) per simulare la crescita chimica del suino pesante*

#### **Input**

Il modello individuato dalla commissione ASPA (2003) identifica e descrive le principali componenti del sistema di produzione oggetto di studio. Le interazioni tra le diverse componenti sono descritte mediante concetti, funzioni, parametri e valori basati sulle attuali conoscenze della comunità scientifica internazionale. Le componenti che definiscono il sistema, e che quindi ne rappresentano gli input, sono le seguenti:

- a. Genotipo
- b. Alimentazione
- c. Ambiente di allevamento

I rapporti tra le diverse componenti possono essere rappresentati secondo lo schema proposto da Emmans e Oldham (1988), di seguito riportato (Schema 1).

L’accrescimento dei diversi costituenti chimici corporei è quindi calcolato giorno per giorno come risultante dall’interazione delle diverse componenti del sistema. Il genotipo definisce le potenzialità di accrescimento in condizioni non

limitanti e quindi i fabbisogni di nutrienti necessari per conseguire l'obiettivo di crescita dell'animale. Per conseguire questo obiettivo l'animale ha a disposizione delle risorse alimentari (contenuti energetici, proteici e aminoacidici dei mangimi) ed ambientali (temperature comprese nel range di termoneutralità o temperature fredde) che concorrono a definire il livello di ingestione desiderato dall'animale in un determinato istante temporale. Diversi fattori poi costituiscono dei vincoli all'ingestione. Tra questi viene evidenziato che la capacità di ingestione alimentare risente del genotipo e del peso dell'animale nell'istante considerato. Accanto a questo primo vincolo si può citare quello esercitato da ambienti troppo caldi che, riducendo la possibilità per l'animale di perdere calore, portano a possibili riduzioni dell'assunzione volontaria di alimenti. In aggiunta, a questi vincoli si devono considerare quelli derivanti dall'applicazione di particolari tecniche di alimentazione o di allevamento definite dall'allevatore. Nel suino pesante, infatti, l'allevatore definisce un piano di alimentazione e quindi stabilisce un vincolo che inciderà sulle quantità effettive di mangime ingerito.

Affinché il modello possa fornire risposte corrette è essenziale che le diverse componenti siano adeguatamente descritte in termini matematici e funzionali.

Per ciascuna componente si riportano i principali elementi di descrizione:

a. Genotipo

Questa componente è espressa mediante parametri che descrivono le caratteristiche potenziali dell'accrescimento chimico corporeo dei suini. I parametri sono:  $P_m$  (massa proteica a maturità),  $B$  (coefficiente di accrescimento relativo o precocità) e  $L_m/P_m$  (rapporto tra massa lipidica e proteica a maturità), (Emmans e Fisher, 1986). Questi parametri esprimono l'accrescimento degli animali in condizioni non limitanti, utilizzando funzioni matematiche, che sono in grado di rappresentare le potenzialità genetiche dell'animale. Emmans e Fisher (1986) propongono di utilizzare le funzioni di Gompertz per descrivere l'accrescimento di ciascun costituente corporeo: proteina (P), acqua (A), ceneri (C) e lipidi (L).

$$P = P_m * \exp^{-\exp -B(t-t^*)}$$

$$A = (A_m/P_m * P_m^{1-a}) * P^a$$

$$Cen = (Cen_m/P_m * P_m^{1-c}) * P^c$$

$$L = (L_m/P_m * P_m^{1-l}) * P^l$$

In esse il valore di ciascun componente corporeo viene espresso in rapporto al peso dello stesso a maturità e calcolato in funzione del tempo “t” e della velocità relativa di accrescimento (B), cioè l’attitudine di quel costituente corporeo a raggiungere, in tempi più o meno rapidi, lo stato di maturità.

I risultati di Emmans e Fisher (1986) suggeriscono che ciascun individuo eredita dai propri genitori un unico valore di B applicabile a tutti i costituenti chimici corporei. Ciò stabilisce un collegamento tra le varie curve di accrescimento potenziale da cui scaturiscono delle relazioni che, sulla base di considerazioni matematiche (Emmans, 1989), sono rappresentate da equazioni allometriche che legano i diversi costituenti corporei al peso della proteina a maturità (Emmans, 1987). Il peso di ogni costituente chimico corporeo può quindi essere espresso, mediante delle equazioni, in funzione del peso della proteina a maturità (P<sub>m</sub>). Ne consegue che le uniche variabili incognite del sistema sono le sopradescritte: P<sub>m</sub>, B, L<sub>m</sub>/P<sub>m</sub>.

I valori di P<sub>m</sub> e B possono variare considerevolmente a causa del miglioramento genetico ma esistono differenze anche fra individui della stessa popolazione (Emmans e Fisher, 1986). Indicazioni sui valori di questi parametri sono riportate da diversi autori (Ferguson *et al.*, 1993 a,b; Emmans *et al.*, 1999; Whittemore *et al.*, 2001) e in tabella 5 si riportano quelli suggeriti da Whittemore (2001). Per la quantificazione di questi parametri Ferguson *et al.* (1993 a,b; 2003) prevedono l’allevamento di gruppi di suini in condizioni di alimentazione e ambiente non limitanti, la loro macellazione a diversi pesi vivi, l’analisi chimica delle diverse frazioni corporee per risalire alle quantità di ciascun costituente chimico depositato a diverse età. Questi ultimi dati sono poi interpolati per stimare i valori dei parametri delle funzioni di Gompertz. La quantificazione del rapporto L<sub>m</sub>/P<sub>m</sub> appare comunque problematica perché lo stato di ingrassamento effettivo non corrisponde quasi mai allo stato

“desiderato” stabilito dal genotipo. L’effettivo valore dipende, infatti, primariamente dal rapporto energia/proteina della dieta e dall’interazione con l’ambiente. Quando i contenuti energetici della dieta sono eccessivi o insufficienti, il deposito dei lipidi nei tessuti procede secondo curve differenti da quella ideale stabilita dal genotipo e i valori genetici di  $L_m/P_m$  non sono più descrivibili utilizzando le funzioni di Gompertz.

Nella realtà suinicola italiana la stima dei valori quantitativi di questi parametri costituisce un problema dal momento che per la loro valutazione i suini dovrebbero essere allevati in condizioni di ambiente e alimentazione non limitanti. Sperimentazioni di questo tipo non sono di facile attuazione perché molto dispendiose e comunque i risultati che si possono ottenere andrebbero aggiornati di continuo. Come possibile alternativa si potrebbe tentare di utilizzare semplici misure corporee (età, peso vivo e spessore del lardo dorsale) ripetute sugli stessi soggetti in tempi diversi per stimare, in base alle conosciute relazioni allometriche tra costituenti chimici corporei, l’evoluzione della composizione corporea. La stima dei parametri genotipici potrebbe avvenire in modo indiretto integrando le informazioni di variazione della composizione corporea con dati di ingestione alimentare. Questa metodologia, che va verificata, è sicuramente meno accurata rispetto a quella descritta in precedenza ma potrebbe essere più facilmente ed economicamente applicabile in diverse popolazioni di suini.

#### b. Alimentazione

Questa componente deve descrivere le caratteristiche chimico-nutrizionali delle diete e dei piani di razionamento adottati.

Per quanto riguarda la valutazione del contenuto di energia degli alimenti si utilizza il sistema dell’Energia Effettiva (EE) proposto da Emmans, (1994). Questo sistema è relativamente poco conosciuto mentre è più comune l’impiego dei sistemi basati su ED (Energia Digeribile), EM (Energia Metabolizzabile) e recentemente anche su EN (Energia Netta). E’ opinione diffusa che il sistema dell’Energia Netta sia in grado di esprimere in maniera più appropriata il valore energetico degli alimenti, perché esprime l’energia di cui il suino effettivamente

dispone per il mantenimento e la produzione (Noblet *et al.*, 2003; Souvant *et al.*, 2004). Rispetto al sistema dell'Energia Metabolizzabile il sistema dell'Energia Netta assegna agli alimenti proteici e fibrosi valori energetici sensibilmente più bassi a causa delle maggiori perdite di calore associate all'utilizzazione metabolica di questi costituenti chimici (Noblet *et al.*, 2003). Va comunque sottolineato che l'Energia Netta di un alimento non è una caratteristica intrinseca dell'alimento stesso ma piuttosto il risultato dell'interazione tra le caratteristiche nutrizionali della razione e una serie di fattori che dipendono dall'animale e dalle condizioni in cui è allevato. Il sistema dell'Energia Netta ha poi dei limiti nella definizione dei fabbisogni espressi con la stessa unità energetica. Proprio per superare tali limiti, Emmans (1993) ha proposto il sistema dell'Energia Effettiva, che corregge il contenuto dell'Energia Metabolizzabile degli alimenti per ottenere un valore indipendente dagli effetti dovuti al metabolismo intermedio dell'animale.

Il valore di Energia Effettiva, che si ottiene attraverso una serie di correzioni effettuate sui valori di Energia Metabolizzabile (Emmans, 1994), può quindi essere considerato come un valore "intrinseco" all'alimento stesso perché corretto per tutti quei fattori animali che influenzano la partizione dei nutrienti.

Tali caratteristiche rendono il sistema dell'Energia Effettiva più facilmente generalizzabile a diverse condizioni di allevamento. Si aggiunge che anche i fabbisogni possono venire espressi con la stessa unità di misura. Nasce comunque l'esigenza di verificare il livello di correlazione tra i valori ricavati con il sistema dell'Energia Effettiva con quelli degli altri sistemi energetici attualmente in uso.

Inoltre l'alimento è descritto in termini di proteina ideale. Il valore proteico dell'alimento è determinato come suggerito da Whittemore (1993), prendendo in considerazione il contenuto della proteina grezza dell'alimento, la digeribilità ileale degli aminoacidi e il valore biologico. Il valore biologico è messo a punto con riferimento ad una data proteina ritenuta ideale con proporzioni  $r_1, r_2, \dots, r_n$  di aminoacidi 1, 2, ...n.. Dove nella proteina della dieta la proporzione di questi aminoacidi ideali è  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , gli aminoacidi con il rapporto più basso ( $a/r$ ) è

il primo fattore limitante e il rapporto corrispondente si usa come misura del valore biologico delle proteine.

Un'ulteriore specificazione che si rende necessaria qualora i suini siano razionati riguarda le quantità di mangime che si rendono disponibili all'animale nel corso della crescita, ovvero i piani alimentari che vengono definiti dall'allevatore. A tal proposito si sottolinea che in diverse sperimentazioni (Prandini *et al.*, 1996; Manini *et al.*, 1997), dai 70 ai 160 kg di peso vivo, la quantità di mangime somministrato è stata fissata intorno all'8% del Peso Metabolico fino ad un massimo di circa 3,450 kg/d. Tuttavia questa modalità di razionamento non rappresenta la regola e nella pratica si possono riscontrare piani di alimentazione molto differenti.

#### c. Ambiente di allevamento

Numerosi sono i fattori ambientali che possono interferire con il livello di ingestione e con la partizione dell'energia tra diverse funzioni corporee. Tra i diversi fattori possiamo citare la temperatura ambientale, il livello di umidità dell'aria, la ventilazione, il tipo di stabulazione, la densità di capi per box, le interazioni sociali tra individui nello stesso box, lo stato sanitario etc. Gli effetti di queste diverse variabili non sono allo stato attuale descrivibili in modo accurato utilizzando un approccio meccanicistico basato su un numero limitato di input. Tuttavia è possibile utilizzare uno schema semplificato proposto da Schiavon e Emmans (2000), che descrive le condizioni climatiche in termini di temperatura ambientale. La base di questo schema è che al suino, per crescere, serve un ambiente nel quale possa perdere il calore prodotto. La temperatura ideale di un suino che riceva una dieta specifica è quella alla quale la richiesta ambientale di calore sia esattamente corrispondente con la quantità di calore dissipata, senza bisogno di un aumento di evaporazione. Al di sotto della temperatura ideale la domanda ambientale di calore aumenta fino ad un certo punto così che il suino debba aumentare la produzione di calore alimentandosi maggiormente, se possibile, o modificando il frazionamento dell'energia disponibile. Al di sopra della temperatura ideale, il suino deve ridurre l'apporto alimentare perché deve mantenere la produzione di calore uguale alla domanda

di calore ambientale. Ulteriori dettagli sono forniti da Schiavon e Emmans (2000).

### **Output**

Come risultato dell'interazione dei tre componenti descritti sopra, il modello fornisce un elevato numero di risposte. Tra queste, le più rilevanti sono:

- previsione dell'ingestione volontaria di cibo ed acqua in diverse condizioni di allevamento;
- previsione dell'accrescimento giornaliero di tutti i costituenti chimici corporei (proteine, acqua, grasso, ceneri) nell'intero periodo di crescita considerato;
- previsione della composizione chimica corporea ad un dato istante del processo di crescita;
- previsione dell'efficienza di utilizzazione metabolica dei principi nutritivi;
- previsione della produzione di calore da parte dell'animale e valutazione del range di termoneutralità;
- previsione dell'escrezione di: acqua, azoto, fosforo ed altri nutrienti, il che consente una completa quantificazione delle caratteristiche quanti-qualitative delle deiezioni;

Dalla valutazione preliminare del modello, la commissione ASPA ha concluso che il modello fornisce output ben correlati ai dati sperimentali ottenuti da studi calorimetrici. Lo schema logico, la direzione e l'entità delle risposte del modello sono risultati coerenti con quanto atteso in base ai dati sperimentali. La commissione ha quindi concluso che il modello può essere uno strumento utile per predire l'evoluzione dei componenti chimici dei suini in diverse condizioni di alimentazione e di clima. Tuttavia, sono necessari ulteriori test prima che si possa applicare il modello anche in condizioni pratiche.

I disciplinari di produzione richiedono l'adozione di appropriate strategie alimentari e nutrizionali (Bosi, e Russo, 2004) per evitare problematiche qualitative. Così, per la produzione del suino pesante, dai 60 ai 170 kg di PV, viene normalmente applicato un regime alimentare razionato per contenere i ritmi di accrescimento e per garantire un'adeguata proporzione dei tagli magri e un'ottimale quantità di tessuto grasso di copertura della coscia per la successiva lavorazione (Mordenti, Piva e Della Casa, 1994). La "review" di Bosi e Russo (2004) suggerisce che un'ulteriore restrizione degli apporti proteici in aggiunta a quelli energetici è probabilmente richiesta per genotipi con un elevato potenziale di crescita proteica. Altre ricerche hanno indicato che la percentuale di proteina grezza richiesta nella dieta per la produzione del suino pesante può essere notevolmente abbassata rispettando i livelli convenzionali e bilanciando gli aminoacidi, senza significativi effetti sulla performance dei suini, sulla composizione corporea o sui principali parametri commerciali qualitativi delle carcasse, realizzando in questo modo, una sensibile diminuzione delle escrezioni azotate (Bonomi, *et al.*, 2002; Bosi, Matuzzi, Cacciavillani e Casini, 1999; Mannini, Piva, Prandini, Mordenti, Piva e Dourmand, 1997; Parisini, Martelli e Mordenti, 1991; Piva, Ferrarini, Morlacchini, Varini e Prandini, 1993).

Nonostante queste indicazioni, i piani alimentari per i suini pesanti sono ancora formulati su risultati empirici di prove sporadiche e di alcuni esperimenti pratici (ASPA, Scientific Association of Animal Production, Commission "Nutrient requirements of heavy pig", Mordenti, Bosi, Corino, Crovetto, Della Casa, Franci, Piva, Prandini, Russo e Schiavon, 2003). Dall'utilizzo di risultati empirici si potrebbe erroneamente concludere che qualsiasi animale in un dato momento abbisogni soltanto della quantità e qualità di alimento risultato soddisfacente in uno o due studi sperimentali. I piani alimentari formulati in questo modo e applicati indipendentemente dal genotipo possono provocare l'uso inefficiente delle risorse alimentari e condurre ad una sensibile variabilità nelle caratteristiche chimiche ed anatomiche dei suini macellati, così come nella qualità finale e nel prezzo dei prodotti (ASPA, 2003).

Raccomandazioni sull'alimentazione dovrebbero essere collegate agli scopi quanti-qualitativi della produzione e calibrate sulle caratteristiche genetiche dei suini utilizzati. Per realizzare questo scopo è richiesto uno strumento che riesca a predire gli effetti dei diversi piani alimentari sulla composizione chimica corporea, sugli animali



con sessi differenziati e sulle diverse caratteristiche genetiche per l'accrescimento. Gli esperimenti in cui la composizione corporea è stata misurata tramite il macello, la sezionatura, la macinazione e l'analisi chimica delle frazioni corporee di suini macellati a diverse età, sono limitati, benché necessari, essendo troppo costosi per essere condotti di routine in un adeguato numero di suini. Così l'approccio modellistico diventa importante purché venga assicurata l'adeguata descrizione delle tre componenti principali del sistema esaminato: il suino, l'alimento e l'ambiente di allevamento.

In conclusione lo studio della composizione chimica corporea rappresenta un argomento di estremo interesse non solo per massimizzare la qualità dei prodotti ma anche per ottimizzare l'utilizzo di risorse naturali come alimenti e ambiente di allevamento.

## 6. Obiettivi

Il presente lavoro di tesi si inserisce in un programma di ricerca il cui obiettivo è quello di realizzare e di validare un modello matematico di tipo meccanicistico, in grado di prevedere l'accrescimento dei singoli costituenti corporei, chimici ed anatomici, dei suini pesanti allevati per la produzione del prosciutto crudo.

La scarsa conoscenza delle attitudini di accrescimento delle popolazioni suine allevate in Italia, la mancanza di dati riguardanti la composizione chimico-corporea di suini pesanti, la mancanza di raccomandazioni alimentari necessarie per ottimizzare i processi produttivi e di trasformazione dei prodotti, la complessità delle interazioni esistenti tra genotipo, alimentazione e ambiente di allevamento, hanno orientato questo lavoro di tesi.

Gli obiettivi specifici di questa tesi riguardano quindi lo studio della possibilità di applicare un modello matematico per prevedere la composizione chimica ed anatomica di suini pesanti al fine di ottimizzare le prestazioni di allevamento e la qualità dei prodotti finali.

Obiettivi specifici sono stati:

1. Fornire informazioni circa la composizione chimica del corpo e dei diversi tagli di suini pesanti appartenenti a due incroci non migliorati geneticamente, sottoposti ad un regime alimentare razionato.
2. Studiare la composizione corporea di suini pesanti e gli effetti dovuti al genotipo, al genere e al livello proteico della dieta.
3. Verificare se tramite l'impiego del modello matematico proposto dall'ASPA (2003) si possono ottenere stime attendibili relativamente alle variazioni nella composizione chimica corporea dei suini pesanti.

## 7. Materiali e metodi

### 7.1. Informazioni generali

I dati relativi alla composizione chimica corporea e dei diversi tagli commerciali di 144 suini macellati a 80, 120 e 170 kg di peso vivo (PV) sono stati ricavati da due prove sperimentali solo parzialmente pubblicate (Prandini, Morlacchini, Moschini, Piva, Fiorentini e Piva, 1996; Manini *et al.*, 1997). Ciascuna prova (nel seguito della trattazione definite come “prova 1” e “prova 2”) è stata condotta utilizzando 72 soggetti di sessi diversi (maschi castrati e femmine) appartenenti a due diversi incroci. Nella “prova 1” sono stati utilizzati suini Duroc x (Large White x Landrace) e nella “prova 2” suini Landrace x (Large White x Landrace), tutti destinati alla produzione di prosciutto crudo DOP. Le due prove sono state condotte in tempi diversi ma hanno previsto lo stesso protocollo sperimentale e le medesime procedure di sezionamento delle carcasse poiché facevano parte di un unico progetto Europeo dal titolo: “Riduzione delle emissioni di composti azotati con i reflui di suini attraverso il controllo degli apporti proteici: aspetti tecnici ed economici”.

In entrambe le prove, i 72 suini con peso corporeo medio iniziale di 60 kg sono stati divisi in due gruppi omogenei per peso vivo e genere e allevati in box ognuno contenente 6 suini. La fase sperimentale è stata preceduta da un periodo di adattamento (pre-sperimentale) della durata di 31 giorni in cui tutti i suini hanno ricevuto la stessa alimentazione commerciale (tabella 6) distribuita in misura pari all'8,3% del peso vivo metabolico (8,3% di  $PV^{0,75}$ ). Durante le prove i suini sono stati pesati ad intervalli di tempo prestabiliti e hanno ricevuto apporti alimentari che venivano adeguati con cadenza settimanale. Oltre gli 80 kg di peso vivo gli apporti alimentari sono stati pari all'8,0% del  $PV^{0,75}$  fino al raggiungimento di un apporto giornaliero massimo pari a 3,450 kg/d. I suini del primo gruppo hanno ricevuto una dieta convenzionale che conteneva il 13,3% di proteina grezza (DCP, dieta con contenuto proteico convenzionale), mentre quelli del secondo gruppo sono stati alimentati con una dieta a basso tenore proteico che conteneva il 10,7% di proteina grezza (DBP, dieta con basso contenuto proteico), integrata da aminoacidi di sintesi (L-lisina HCL, DL-metionina, L-treonina e L-triptofano) con l'obiettivo di fornire almeno lo 0,70% di lisina sul tal quale della razione e bilanciare i rapporti tra gli altri aminoacidi rispetto alla lisina secondo la

composizione della proteina ideale suggerita dall'ARC (1981). Le diete erano composte da mais, orzo, crusca di frumento e farina di soia (tabella 6) e contenevano circa 12,35 MJ/kg di Energia Digeribile (ED).

Le condizioni sperimentali sono state utilizzate come inputs per il modello matematico di simulazione proposto da Ferguson *et al.* (1994), ottenendo come output l'evoluzione temporale della composizione corporea dei suini come conseguenza degli effetti dovuti a due differenti trattamenti alimentari, due generi e due genotipi. I dati simulati sono stati poi comparati con quelli misurati. Una particolare attenzione è stata posta anche sulla valutazione degli effetti dell'alimentazione, del genere e del tipo di incrocio sulla composizione chimica dei diversi tagli corporei all'età commerciale di macellazione.

## *7.2. Procedure di macellazione*

In ciascuna prova (Prandini *et al.*, 1996; Mannini *et al.*, 1997), i suini sono stati macellati a 80, 120 e 170 kg di PV in gruppi di 24 animali (12 maschi castrati e 12 femmine). L'alimentazione dei suini è stata sospesa a partire dalle 24 ore precedenti la macellazione. Dopo la macellazione è stato pesato il tratto gastro-intestinale, prima e dopo lo svuotamento; il peso vivo netto è stato calcolato come differenza tra il PV e il contenuto dello stomaco, dell'intestino e della vescica (Shields, Mahan e Graham, 1983).

La carcassa, ottenuta separando dal corpo il sangue, la testa, gli zampetti, la coda, i visceri, i reni e il contenuto della cassa toracica (Tess, Dickerson, Nienaber e Ferrell, 1986) è stata pesata e divisa in due parti. Il lato sinistro della carcassa è stato sezionato seguendo la procedura "Modena" (Geri, Franci, Zappa, e Poli, 1982), e ciascuna parte è stata separata in tagli magri (tessuto magro e grasso intramuscolare), tagli adiposi (grasso sub-cutaneo e intermuscolare), ossa e pelle. Le varie componenti del corpo sono state pesate, macinate, omogeneizzate e campionate. I campioni sono stati conservati alla temperatura di  $-18^{\circ}\text{C}$  in sacchetti di plastica e successivamente sono stati analizzati per determinarne il contenuto di acqua (per liofilizzazione), di proteine, di ceneri e di lipidi. Maggiori dettagli sono forniti da Prandini *et al.*, (1996).

Il contenuto di proteine, lipidi e ceneri dell'intero corpo degli animali è stato calcolato come somma dei contenuti dei diversi tagli corporei. Il contenuto corporeo di acqua è stato ottenuto come differenza tra il peso vivo netto e la somma degli altri costituenti chimici. La carcassa è stata quindi distinta in tagli magri, tagli adiposi, pelle e ossa. La frazione della non-carcassa include le viscere (l'intestino svuotato, gli organi interni, i reni), il sangue, la testa, la coda, gli zampetti e le setole.

### *7.3. Procedure di simulazione*

#### **Applicazione del modello**

Il modello applicato in questo studio (Ferguson *ed al.*, 1994) è profondamente radicato in un quadro di conoscenze scientifiche derivanti dalla traduzione di concetti in forme funzionali, dando valori alle costanti e ai parametri delle funzioni attraverso un continuo adeguamento in funzione allo stato di avanzamento delle conoscenze scientifiche (Emmans e Kyriazakis, 1997; ASPA, 2003). La simulazione dipende dalla definizione corretta dello stato iniziale del suino, dei cambiamenti che avvengono giornalmente e dalla loro combinazione al fine di determinare lo stato corporeo al termine di un dato periodo di tempo considerato. Nelle sperimentazioni condotte in campo, i cambiamenti temporali difficilmente possono essere considerati su base giornaliera e i risultati medi sono percepibili solo dopo intervalli di tempo di parecchie settimane o mesi, o range di peso misurabili. Nelle due sperimentazioni considerate in questo studio, alcuni inputs richiesti dal modello non erano disponibili o non erano forniti in forma appropriata (es: età, parametri di crescita potenziale, temperatura ambientale, storia nutrizionale precedente). A causa di questa carenza di informazioni è stato necessario porre alcune assunzioni per poter utilizzare il modello. A tal riguardo è stato anche assunto che la dieta fornita agli animali avesse una composizione esattamente identica a quella indicata; inoltre non sono state considerati gli effetti dovuti alle possibili malattie sub-cliniche e alla competizione sociale. Con questi limiti, il modello è stato utilizzato per prevedere l'evoluzione della composizione chimico-corporea dei suini in condizioni di crescita il più vicino possibili a quelle utilizzate nelle due sperimentazioni precedentemente descritte (Prandini *et al.*, 1996; Manini *et al.*, 1997).

Come precedentemente indicato, Emmans e Fisher (1986), Ferguson e Gous, (1993 a,b) hanno suggerito che il genotipo del suino può essere descritto da tre parametri, che possono essere stimati dall'equazione di Gompertz: la massa proteica a maturità ( $P_m$ ), il tasso di maturazione ( $B$ ) e il rapporto tra lipidi e proteine alla maturità ( $L_m/P_m$ ). Per la simulazione, come input del modello si sono considerate due diversi tipi genetici di suini con potenziali di crescita ben differenziati. Per il genotipo "utility" (non migliorato) si è assunto che i valori di  $P_m$ ,  $B$  e  $L_m/P_m$  fossero rispettivamente pari a 35,0 kg,  $0,0100^{-day}$ , 5,5 kg/kg per le femmine e 32,5 kg,  $0,0090^{-day}$ , 5,0 kg/kg per i soggetti castrati (Whittemore, 1993). Questi valori corrispondono ad una massima ritenzione proteica giornaliera, valutata come  $P_m * B / e$  (Emmans, 1998; dove la "e" assume il valore di Eulero pari a 2,718281.), pari a 129 e 108 g/d, rispettivamente per le femmine e i castrati. Per il genotipo "Improved" (migliorato), si è assunto che  $P_m$ ,  $B$  e  $L_m/P_m$  fossero rispettivamente 45,0 kg,  $0,0112^{-day}$ , 4,5 kg/kg per le femmine e 42,5 kg,  $0,0100^{-day}$ , 4,0 kg/kg per i castrati (Whittemore, 1993). In questo caso, la massima ritenzione proteica giornaliera è stata rispettivamente pari a 190 e 157 g/d.

Per descrivere lo stato iniziale del corpo, si è assunto che a 60 kg di peso vivo, il peso vivo netto di tutti i suini contenesse il 16,5% di proteina (Shields *et al.*, 1983). Ceneri ed acqua sono state quantificate utilizzando le relative relazioni allometriche con la proteina corporea come descritto da Whittemore (1994) e da Emmans e Kyriazakis (1995). Il grasso corporeo è stato calcolato come differenza tra la il peso vivo netto e la somma degli altri costituenti chimici corporei.

Sulla base delle informazioni disponibili, la temperatura ambientale è stata fissata pari a  $+20^{\circ}C$ , visto che i suini sono stati mantenuti per l'intero periodo di allevamento all'interno del range di termoneutralità.

La componente alimentare è stata descritta utilizzando le informazioni riportate nelle due prove sperimentali precedentemente descritte (tabella 6). Il contenuto energetico delle diete è stato descritto in termini di Energia Effettiva (EE), come suggerito da Emmans (1994). Il valore proteico contenuto delle diete è stato determinato considerando il contenuto di proteina grezza (Whittemore, 1993), il profilo aminoacidico (Whittemore, 1993), la digeribilità ileale degli aminoacidi (Seve e Hess, 2000), il valore biologico in rapporto alla proteina ideale (Boisen, 2000) e l'efficienza di utilizzazione della proteina ideale assorbita (Kyriazakis e Emmans, 1992). Il modello è

stato utilizzato otto volte, per simulare i consumi alimentari, le performance di accrescimento, la composizione chimica corporea dei due genotipi assunti (utility e improved) e dei due generi (maschi castrati e femmine) razionati con due diete caratterizzate da un tenore proteico basso (DBP) e convenzionale (DCP). Per ciascuna delle otto simulazioni, il modello ha predetto la ritenzione giornaliera di proteina, acqua, ceneri e grasso durante il periodo di accrescimento esaminato. Successivamente, questi valori sono stati sommati per prevedere il peso vivo netto e la relativa composizione a 157, 214 e 267 giorni d'età.

#### *7.4. Analisi statistiche*

I dati simulati di peso vivo (PV), di accrescimento medio giornaliero, di consumo alimentare, di peso vivo netto e di composizione chimica a diverse età, sono stati sottoposti ad ANOVA utilizzando il pacchetto statistico “SAS” (1990), per valutare gli effetti relativi all'età, alla dieta, al genere e al genotipo e le relative interazioni secondo il seguente modello statistico:

$$y_{ijklm} = \mu + F_i + G_j + Gt_k + A_l + (F * Gt)_{ik} + (G * Gt)_{jk} + (G * A)_{jl} + (Gt * A)_{kl} + e_{ijklm}$$

dove  $y_{ijklm}$ =dati sperimentali;  $\mu$ =media generale;  $F_i$ =dieta ( $i=1, 2$ );  $G_j$ =genere ( $j=1, 2$ );  $Gt_k$ =genotipo ( $k=1, 2$ );  $A_l$ =età ( $l=1, 2, 3$ );  $e_{ijklm}$ =errore.

Per l'analisi statistica dei dati misurati di peso vivo netto e di composizione del peso vivo netto, è stato utilizzato un modello simile, dove il genotipo (Gt) e l'età (Età,  $A_l$ ) sono stati sostituiti con gli effetti prova (T) e classe di peso vivo (W).

L'analisi della varianza è stata inoltre impiegata per valutare gli effetti dell'alimentazione, del genere e della prova, e le relative interazioni, sulla massa corporea e sulla composizione dei diversi tagli corporei al raggiungimento del peso commerciale di macellazione.

Per le due prove e per i due genotipi simulati è stato calcolato il valore medio di massa proteica corporea realizzata ai differenti stadi di crescita, per ognuna delle due diete e dei due generi considerati. I 12 valori medi di massa proteica corporea ottenuti nella “prova 1” (due diete x due generi x tre classi di peso vivo) sono stati messi in

relazione, tramite una regressione, con i valori simulati dei genotipi non migliorati (utility) e migliorati (improved). Lo stesso è stato fatto per la “prova 2”. In questo modo, i valori simulati dal modello per i due genotipi sono stati messi a confronto con i valori misurati nelle due prove sperimentali con i due differenti incroci.



## 8. Risultati e discussione

### *8.1. Simulazione della ritenzione giornaliera di proteine e lipidi*

In figura 1 e 2 è rappresentata la simulazione, fornita dal modello, dell'evoluzione giornaliera della ritenzione corporea proteica (Pr, ritenzione proteica) e lipidica (Lr, ritenzione lipidica) delle femmine dei due genotipi alimentati con le due differenti diete. I dati relativi ai soggetti castrati hanno evidenziato le stesse tendenze e per questa ragione, sono stati omessi.

Durante la fase pre-sperimentale, a 60-80 kg di peso vivo (126-157 giorni d'età), quando nella simulazione tutti i suini sono stati alimentati con la stessa dieta pre-sperimentale, la ritenzione proteica (Pr) attesa per i genotipi "improved" è stata maggiore a quella dei suini del genotipo "utility". La ritenzione proteica (Pr) delle femmine "utility" è risultata prossima al loro potenziale massimo (129 g/d) e, per questa ragione, il loro accrescimento proteico non è stato limitato dalla disponibilità alimentare di proteina ma dal potenziale di accrescimento genetico. Viceversa, la ritenzione proteica delle femmine "improved" è stata sensibilmente più bassa del loro potenziale e il vincolo limitante l'accrescimento è stato l'apporto proteico della dieta. Quando, al peso vivo di 80 kg (circa a 157 giorni), la dieta della fase pre-sperimentale è stata sostituita con le due diete a basso (DBP) e convenzionale (DCP) tenore proteico, in associazione ad una maggiore restrizione degli apporti alimentari giornalieri, il modello ha previsto un'immediata e vistosa riduzione delle ritenzioni proteiche (Pr) in tutte le situazioni simulate.

Come evidente, in figura 1, la ritenzione proteica prevista per la tesi DBP (10,7% di PG) è inferiore a quella prevista per la tesi DCP (13,3% di PG). Ciò deve essere ricondotto ai minori apporti in proteina ideale della dieta DBP rispetto alla dieta DCP nonostante il valore biologico della proteina sia stato superiore nella prima rispetto alla seconda dieta.

A partire dagli 80 kg di peso vivo (157 giorni d'età), le femmine "utility" alimentate con la dieta convenzionale (DCP) hanno evidenziato un incremento della ritenzione proteica (Pr) fino a circa 200 giorni d'età. Dopo questa età, la ritenzione proteica giornaliera (Pr) è gradualmente diminuita come conseguenza della riduzione del potenziale di ritenzione proteica definito dalla curva di Gompertz per questo

genotipo. Il modello ha previsto il medesimo andamento per le femmine “utility” alimentate con la dieta a basso tenore proteico (DBP), ma con un ritardo di qualche giorno nel momento in cui si è verificata la riduzione delle ritenzioni giornaliere.

Le femmine “improved” non hanno mai raggiunto il loro potenziale di ritenzione proteica ( $P_m$ ) perché gli apporti proteici delle due diete hanno sempre costituito un vincolo all'accrescimento. Questo si è verificato anche nell'ultima parte del ciclo di allevamento, quando gli apporti alimentari giornalieri sono stati mantenuti costanti e pari a 3,450 kg/d.

In definitiva, la previsione del modello è stata la seguente: ad età avanzate, il genotipo “improved” ha avuto una maggiore ritenzione proteica (Pr) rispetto al genotipo “utility” che ha invece raggiunto il massimo potenziale di ritenzione proteica.

La ritenzione lipidica (Figura 2) è strettamente legata alla quantità di alimento fornito durante lo sviluppo. La più bassa ritenzione proteica (Pr) è stata associata ad una più elevata ritenzione lipidica (Lr), dal momento che il modello prevede che l'energia sia utilizzata primariamente per il mantenimento, poi per la ritenzione proteica (Pr) ed infine per quella lipidica (Ferguson *et al.*, 1994). Differenze tra genotipi nella ritenzione lipidica sono state osservate particolarmente ad età elevate, quando i suini “utility” hanno ridotto l'energia utilizzata per la ritenzione proteica e aumentato la quota disponibile per la ritenzione di lipidi.

## *8.2. Simulazione delle performance di crescita*

I valori medi del peso vivo (PV), dell'accrescimento giornaliero (AMG) e del consumo alimentare, derivati dalle analisi statistiche delle simulazioni a differenti età, sono riportati in tabella 7. Il genotipo, il genere, l'età e le loro interazioni hanno avuto effetti significativi sulle performance di crescita dei suini. La dieta utilizzata ha dato effetti significativi solamente nell'età intermedia, ed in generale questi effetti sono stati di limitata entità.

Mediamente, la simulazione suggerisce che, a 157, 214 e 267 giorni di età, i suini raggiungano approssimativamente 83, 125 e 170 kg di peso vivo. Questi valori sono simili con quelli comunemente riportati in letteratura (Geri *et al.*, 1982; Parisini *et al.*, 1991; Lo Fiego *et al.*, 2000; Bonomi *et al.*, 2002). Il peso vivo “finale” previsto dal

modello per il genotipo “utility” (mediamente per i due generi è di 164 kg) si avvicina molto ai risultati delle due prove condotte da Mannini *et al.* (1995) e Prandini *et al.* (1996), dove i pesi vivi “finali” erano rispettivamente pari a 167 e 164 kg. Per i suini “improved”, la previsione del peso corporeo finale è stata superiore e pari a circa 177 kg. Per i suini “utility”, la performance di crescita simulata per le femmine è stata migliore che nei castrati. Non sono state rilevate differenze tra generi nei suini “improved”, poiché in questo caso, sia gli apporti energetici che quelli proteici hanno limitato la crescita di entrambi i generi per l’intero periodo.

Il consumo giornaliero di alimento è stato calcolato come media dei consumi previsti dal modello nel periodo considerato, utilizzando come assunzione che il consumo alimentare fosse proporzionale al peso vivo metabolico (peso vivo metabolico= $PV^{0.75}$ ) fino ad un massimo di 3,450 kg/d. Utilizzando questo criterio i suini con i più rapidi accrescimenti realizzano anche consumi alimentari maggiori. Questo è chiaramente evidenziato in Figura 3, dove sono stati confrontati i consumi giornalieri previsti nelle due situazioni che manifestano le maggiori differenze (femmine “improved” alimentate con la dieta DCP e castrati “utility” alimentati con la dieta DBP).

La stime di consumo alimentare dei suini “utility” trovano riscontro nei valori sperimentali della “prova 1” riportata da Prandini *et al.* (1996), mostrando una media di 2,56 e 3,24 kg/d rispettivamente per gli ultimi due periodi di accrescimento (da 80 a 120 e da 120 a 170 kg di peso vivo). Per la “prova 2” non sono disponibili informazioni relative al consumo alimentare (Mannini *et al.*, 1995) da confrontare con i dati della simulazione, anche se il criterio seguito per il razionamento alimentare è stato il medesimo.

### *8.3. Simulazione del contenuto corporeo di proteine, acqua, ceneri e massa lipidica a varie età*

I valori simulati, riferiti al peso vivo netto e ai suoi costituenti chimici, sono riportati in tabella 8.

Sono stati riscontrati effetti significativi in quasi tutte le fonti di variazione incluse nel modello statistico, anche quando le differenze erano quantitativamente limitate. Gli errori residuali generati dalla simulazione sono stati bassi poiché i risultati del modello non tengono conto di una serie di fattori di variazione, poco controllabili, che potrebbero essere presenti in condizioni reali.

In molti casi, il livello proteico della dieta ha avuto un effetto significativo sul peso vivo, ma le differenze erano piuttosto ridotte in termini quantitativi. Le differenze dovute alla dieta tendono ad aumentare con l'età degli animali. A maturità, i suini che ricevevano la dieta DBP presentavano un peso vivo netto con minori proporzioni di proteina (-0,8 kg), acqua (-2,1 kg) e ceneri (-0,2 kg) e maggiori proporzioni di lipidi (+1,9 kg) rispetto ai suini alimentati con la dieta DCP.

L'interazione genere x genotipo ha sempre avuto effetti significativi. Con genotipi "utility" sono rilevanti le differenze tra castrati e femmine, mentre nei genotipi "improved" l'effetto del genere è trascurabile. A 267 giorni d'età, i castrati "utility" raggiungono un peso vivo netto di circa 6 kg in meno rispetto alle previsioni ottenute per le femmine. Al termine del periodo di accrescimento, i castrati "utility" hanno ritenuto meno proteina (-1,8 kg), acqua (-5,8 kg) e ceneri (-0,4 kg) e più lipidi (+1,5 kg) rispetto alle femmine "utility".

I suini "improved" hanno evidenziato un maggiore peso vivo netto, ed una maggiore massa proteica e di ceneri ed una minore massa grassa rispetto ai suini "utility". Le differenze più rilevanti tra genotipi si sono avute all'età finale (l'interazione Età x Gt è stata frequentemente significativa). Viceversa, per quanto riguarda il genotipo "improved" non sono state osservate differenze tra generi, poiché l'accrescimento è stato limitato dagli apporti energetici e proteici e il potenziale massimo di crescita non è stato mai raggiunto durante il periodo di crescita considerato.

Da questa simulazione si deduce che la formulazione di una razione alimentare, indifferentemente dal genere e dal genotipo, può condurre ad una marcata variabilità

nelle performance di crescita e nella composizione chimico-corporea dei suini. Questi risultati confermano che, genotipi con un alto potenziale di accrescimento proteico, richiedono un'ulteriore restrizione dell'apporto proteico per evitare il rischio di ottenere suini troppo pesanti, troppo magri e troppo giovani rispetto alle caratteristiche richieste dall'industria di trasformazione (Quadri, Bergonzini, Zullo, Cosentino e Matassino, 1981; Bonomi *et al.*, 2002; Bosi *et al.*, 2004). Si può inoltre osservare che alla stessa età cronologica e allo stesso contenuto proteico corporeo, suini con alto potenziale di accrescimento proteico sono relativamente immaturi rispetto a suini con basso potenziale (Emmans e Kyriazakis, 1995), e in tal modo potrebbero avere un rapporto più alto tra acqua e proteine al raggiungimento delle età commerciali di macellazione.

#### *8.4. Proteine, acqua, ceneri e massa lipidica misurate a varie età di macellazione*

In tabella 9 è riportata la composizione chimica corporea dei suini misurata durante le prove a differenti età. Nel tempo, riferendosi a valori medi, la massa corporea è aumentata da 77,3 kg a 157,6 kg, la massa proteica è aumentata da 12,7 a 23,6 kg, l'acqua è aumentata da 45,7 a 80,6 kg, le ceneri da 2,5 a 4,5 kg ed i lipidi sono aumentati da 16,3 a 50,0 kg. Queste variazioni sono state simili a quelle previste dalla simulazione.

Non sono stati rilevati pertanto effetti dovuti alla dieta, anche se, come previsto dalla simulazione al peso finale, la dieta a basso tenore proteico (DBP) confrontata con la dieta convenzionale (DCP), ha ridotto leggermente il contenuto di proteina (-0,2 kg) ed acqua (-0,9 kg) ed aumentato il contenuto di lipidi (+0,9 kg) del corpo dei suini. Comunque tali differenze non hanno raggiunto la significatività statistica.

In ogni prova risulta evidente l'effetto del genere, poiché i castrati hanno evidenziato un contenuto proteico e di acqua più basso ed un tenore lipidico più elevato rispetto alle femmine. Questo risultato, precedentemente segnalato da Prandini *et al.*, (1996) è stato validato da altri studi (Davies, 1983; Quadri e Bergonzini, 1983; Shields *et al.*, 1983; Geri, Zappa, Franci, Poli e Campodoni, 1991; Whittemore, 1994). In accordo con la simulazione, la differenza tra i generi è diventata più significativa e rilevante all'età finale. Mediamente dai risultati delle due prove si evince che i castrati

contenevano meno proteine (-1,2 kg), meno acqua (-4,2 kg) e più lipidi (+5,6 kg) rispetto alle femmine. Queste differenze sono leggermente maggiori di quelle realizzate con la simulazione utilizzando il genotipo “improved”. Non si sono rilevate differenze significative tra le due prove. Nella “prova 1” sono stati utilizzati incroci Duroc x (Large White x Landrace), mentre nella “prova 2” incroci Landrace x (Large White x Landrace). Le due prove si sono svolte in diversi periodi, così gli effetti attribuiti al genotipo sono da considerarsi parzialmente confusi con altri fattori di variazione. Tuttavia, mediamente, al termine del ciclo di allevamento la massa corporea dei tre maggiori costituenti chimici è risultata pari a 24,4 e 22,9 kg di proteina ( $P < 0,01$ ), 80,4 e 80,8 kg di acqua e 49,8 e 48,2 kg di lipidi, rispettivamente nelle prove 1 e 2. Questi valori di massa proteica misurati sono prossimi a quelli simulati per i suini del genotipo “utility”, per i quali si è prevista una massa proteica finale in media pari a 23,4 kg. Il rapporto tra acqua e proteine corporee è pari a 3,30 e 3,54 rispettivamente nelle prove 1 e 2; nella simulazione questo rapporto è compreso tra 3,19 e 3,32, dove il valore più basso è previsto per i soggetti castrati “utility” ed il più elevato per le femmine “improved”. Le relazioni allometriche ( $y = a \cdot P^{0,855}$ ) tra la massa corporea di acqua (y) e di proteine (P) per le due prove sono di seguito riportate:

$$y = 5,12 \cdot P^{0,855} \text{ (e.s. di } a = 0,027) \quad \text{“prova 1”}$$

$$y = 5,41 \cdot P^{0,855} \text{ (e.s. di } a = 0,035) \quad \text{“prova 2”}$$

Il coefficiente “a” della prima equazione è entro il range di variazione previsto da Emmans e Kyriazakis (1995) per i suini di genotipo “improved” e “utility” (da 4,89 a 5,19). Il coefficiente “a” ottenuto per i suini della prova 2 è prossimo al valore di 5,39 suggerito da De Greef (1995).

Nella Figura 4 è riportata la regressione tra i valori di massa proteica corporea, relativi ai due genotipi simulati e alle due prove, e i corrispondenti valori simulati e misurati di peso vivo netto. La pendenza delle regressioni (Figura 4) indica che, in media, i suini della prova 1 e 2 hanno ritenuto rispettivamente 0,139 kg (e.s. di  $b = 0,007$ ) e 0,130 kg (e.s. di  $b = 0,006$ ) di proteina per kg di accrescimento della massa corporea, mentre il corrispondente coefficiente per i genotipi “utility” e “improved” è stato rispettivamente 0,139 kg (e.s. di  $b = 0,004$ ) e 0,150 kg (e.s. di  $b = 0,002$ ) di

proteina per kg di accrescimento corporeo. Le inclinazioni delle regressioni riferite alla media della massa proteica dei suini negli esperimenti con genotipo “utility” (Figura 5) sono comprese tra 1,03 (e.s. di  $b = 0,066$ ) e 0,93 (e.s. di  $b = 0,044$ ) kg/kg rispettivamente per la prova 1 e 2. Quelle riferite al genotipo “improved” sono comprese tra 0,84 (e.s. di  $b = 0,059$ ) e 0,76 (e.s. di  $b = 0,046$ ) kg/kg rispettivamente per le prove 1 e 2. Questi risultati suggeriscono che i suini delle due prove sperimentali hanno avuto un potenziale genetico di accrescimento proteico moderato o basso. Risultati simili sono stati ottenuti da altri autori (Ceolin *et al.*, 2005 e Tagliapietra *et al.*, 2005) utilizzando 30 castrati commerciali (White crossbreed) impiegati per la produzione di prosciutto crudo. Questi autori, utilizzando i valori di peso vivo, composizione e consumo alimentare, misurati in cinque periodi di accrescimento consecutivi (da 30 a 160 kg di PV) hanno stimato valori di  $P_m$  e  $B$  compresi nel range 33,7-33,2 kg e 0,0104-0,0105<sup>-day</sup>.

### *8.5. Effetti della dieta e del genere sulla composizione chimica e sulla massa dei diversi tagli corporei di suini di 160 kg di peso vivo*

In tabella 10 sono riportate le medie stimate della massa e della composizione chimica dei diversi tagli corporei misurati al peso commerciale di macellazione. Poiché l'interazione genere x prova non è mai stata significativa, sono riportate solo le medie relative agli effetti principali.

In media, il peso della carcassa ha rappresentato l'80,1% della massa corporea, un valore prossimo a quello (80-81%) ottenuto da Lo Fiego *et al.*, (2000) e Bonomi *et al.* (2002), su suini macellati a circa 165 kg di peso corporeo.

La proporzione dei tagli magri rispetto al peso della carcassa è risultata pari al 51,2%, valore che è leggermente superiore al dato ottimale (50%) indicato per la produzione del prosciutto (Lo Fiego *et al.*, 2000; Nanni Costa *et al.*, 1993; Bosi *et al.*, 1999). Le proporzioni medie dei tagli grassi, delle ossa e della pelle, sono state mediamente pari al 29,7%, 11,0% e 8,0% del peso della carcassa. Infine, i pesi delle interiora e degli altri tagli della non-carcassa, sono stati mediamente, 8,7% e 11,1% del peso della carcassa.

Per molti parametri considerati, gli effetti del genere e della prova sono stati significativi, mentre l'effetto della dieta è risultato significativo solo in alcuni casi.

- Effetto della DIETA

La dieta con un basso contenuto proteico (DBP) ha aumentato tendenzialmente il peso vivo dei suini rispetto alla dieta convenzionale (DCP), principalmente perché sono aumentate le proporzioni di tagli grassi e ossa. Queste differenze non sono state significative, ma il peso dei tagli della frazione “non-carcassa”, escludendo i visceri, è stato significativamente inferiore per i suini alimentati con la dieta a basso contenuto proteico (DBP) rispetto a quelli alimentati con la dieta convenzionale (DCP).

La razione alimentare ha influenzato significativamente la composizione chimica del tessuto grasso, della pelle e delle rimanenti parti della non-carcassa, con esclusione delle interiora. Nei tessuti grassi, la dieta a basso contenuto proteico (DBP) rispetto a quella convenzionale (DCP), ha determinato una significativa diminuzione del tenore proteico ( $P < 0,001$ ) e un aumento ( $P < 0,001$ ) del tenore di acqua e di lipidi ( $P < 0,001$ ). La dieta a basso contenuto proteico (DBP) ha evidenziato un significativo effetto anche sulla pelle, riducendo il tenore proteico ( $P < 0,001$ ) e un aumentando il tenore lipidico ( $P < 0,005$ ). Per quanto riguarda i tagli della non-carcassa, solamente il contenuto di acqua è stato significativamente influenzato dalla dieta, mentre non sono state osservate differenze nella composizione chimica della sostanza secca (SS). Generalmente però, le variazioni indotte dalla dieta sono state di ridotta entità.

- Effetto del GENERE

Il genere ha influenzato significativamente la composizione anatomica e chimica della carcassa.

I soggetti castrati, rispetto alle femmine, hanno evidenziato una carcassa con minori proporzioni di tagli magri e più elevati tagli adiposi (rispettivamente 49,7 vs 52,6 % e 31,4 vs 27,9 % della carcassa). Per molti dei tagli corporei, i castrati hanno registrato un contenuto di acqua, proteine e



ceneri significativamente inferiore ed un contenuto maggiore di lipidi rispetto alle femmine.

Questi risultati riflettono le differenze osservate tra generi nella composizione della massa corporea.

- Effetto della PROVA

La prova sperimentale ha avuto effetti significativi sul peso e sulla composizione chimica dei diversi tagli corporei. Come messo in rilievo anche nella discussione relativa alla composizione corporea, le differenze più rilevanti tra le due prove hanno coinvolto il contenuto di acqua. I suini della “prova 2” evidenziano un contenuto di acqua in quasi tutti i tagli analizzati con l’eccezione dei tagli grassi, significativamente superiore, rispetto alla “prova 1”.

L’effetto della prova non si è invece evidenziato sulla composizione della sostanza secca (SS) della carcassa e della massa magra ma si è notato sulla composizione della pelle, delle interiora e dei restanti tagli della non-carcassa, nei quali la percentuale di proteina era significativamente più elevata nella “prova 2” rispetto alla “prova 1”, mentre la percentuale di lipidi era significativamente inferiore nella “prova 2” rispetto alla “prova 1”.

E’ interessante osservare che la massa proteica presente nei tagli magri ha rappresentato mediamente il 53,4% dell’intera massa proteica corporea senza differenze significative dovute alla dieta, al genere e alla prova sperimentale. Questo risultato è in accordo con quanto trovato da Susenbeth e Keitel (1988) che analizzando dati relativi a sperimentazioni di diversa origine, conclusero che la percentuale di proteine dei tagli magri, rapportata alla proteina dell’intero corpo è indipendente dalla percentuale corporea di massa magra e dalle differenze tra i rapporti muscolo/ossa tra le diverse razze.

Susenbeth e Keitel (1988) osservarono che la procedura di sezionamento e l’accuratezza nella separazione dei tagli grassi dai muscoli non hanno effetti marcati sulla percentuale di proteina corporea che si ritrova nei tagli magri, perché il contenuto proteico dei tessuti grassi rappresenta una frazione molto

ridotta dell'intera proteina corporea. Dall'analisi di diverse prove sperimentali questi autori hanno osservato che la proporzione dell'intera proteina corporea associata con i tagli magri è compresa tra il 51,7% e il 57,8% (Susenbeth e Keitel, 1988), con un valore medio di 56,1%, poco superiore a quanto osservato nel presente lavoro. Questi autori hanno anche evidenziato che, in suini con massa corporea superiore ai 60 kg, il contenuto proteico della massa magra è relativamente costante e pari al 21,8%. Il contenuto proteico medio dei tagli magri nel presente lavoro è stato pari al 22,2%. Questo valore non è stato influenzato dal tipo di dieta o dal genere dei suini, ma è stato significativamente differente tra le due prove ( $P < 0,001$ ) (22,9% e 21,6% rispettivamente nella "prova 1" e nella "prova 2"). Questa differenza dipende principalmente dall'elevato contenuto di acqua nella frazione magra della prova 2. Si è osservato infatti che la prova 2 differiva dalla "prova 1" nel contenuto di acqua in quasi tutti i tagli corporei. Come suggerito da Emmans e Kyriazakis (1995), tra le diverse prove sperimentali è frequente osservare differenze nel contenuto di acqua dei diversi tagli corporei per effetto delle perdite che si verificano durante le operazioni di sezionamento e di conservazione dei campioni, per effetto dei diversi metodi di determinazione analitica ed infine per le diverse procedure utilizzate per correggere le perdite. Non si può pertanto escludere che, almeno in parte, le differenze tra le prove siano dovute a qualche errore sistematico nelle analisi o nelle misurazioni.

## 9. Conclusioni

L'utilizzo del modello ci ha permesso di simulare l'evoluzione giornaliera della composizione chimica dei suini, allevati nelle particolari condizioni alimentari precedentemente descritte. L'andamento e l'ordine di grandezza delle risposte fornite dal modello alle differenti età, concordano bene con i dati ottenuti sperimentalmente. Analogamente anche gli effetti predetti della dieta e del genere dei suini, concordano con i dati misurati sperimentalmente. E' stata osservata un'elevata corrispondenza nella crescita proteica e lipidica dei suini di entrambe le prove con i suini del genotipo "utility" (non migliorato). La simulazione ha anche indicato che soggetti con un elevato potenziale di crescita proteica "improved" (migliorato), allevati nelle specifiche condizioni alimentari precedentemente descritte, possono maturare troppo velocemente ed avere contenuti di carne magra della carcassa eccessivi rispetto alle esigenze dell'industria di trasformazione. I regimi alimentari dovrebbero quindi essere calibrati in funzione alle caratteristiche genetiche dei suini.

Dai risultati della simulazione e dai dati sperimentali, si può affermare che, alle condizioni dei piani alimentari applicati, la riduzione del contenuto proteico della dieta, mantenendo equilibrato l'apporto aminoacidico, non ha avuto significativi effetti sulla composizione chimico-corporea. Si è suggerito che per suini con un basso potenziale di accrescimento proteico giornaliero, come in quelli impiegati nelle due prove sperimentali, può essere possibile la riduzione della quota di proteina grezza contenuta nella dieta somministrata durante il periodo finale di crescita. Si è evidenziato inoltre che, in relazione al genere dei suini allevati, si ottengono alla maturità suini con una differente composizione chimica sia del corpo nel suo insieme ma anche delle sue frazioni di sezionatura.

I risultati ottenuti applicando il modello sono promettenti anche se le attuali conoscenze sullo sviluppo corporeo sono ancora insufficienti per poter prevedere l'evoluzione nel tempo della composizione chimica della carcassa e dei diversi tagli anatomici. Si spera che nel prossimo futuro possano essere sviluppate delle equazioni che descrivano la partizione dei costituenti chimici tra i diversi tagli della carcassa e della non-carcassa, e fra i vari costituenti corporei come i tessuti magri e grassi, la pelle e le ossa. Un ulteriore passo in avanti nello sviluppo del modello potrebbe essere

ottenuto dallo studio dei rapporti fra i componenti chimici dei singoli tagli ed i loro parametri qualitativi, poiché è probabile che esistano delle correlazioni tra la composizione corporea ed i singoli tagli anatomici (ASPA, 2003). Ciò potrebbe essere molto utile al fine di stabilire i fabbisogni nutrizionali dei suini, elaborando piani alimentari equilibrati e calibrati in funzione alle esigenze della trasformazione post macellazione, riducendo in tal modo anche le escrezioni di nutrienti nell'ambiente, e per poter quindi, collegare le variabili dell'allevamento alle variabili in termini di quantità e qualità del prodotto finale e ciò in relazione allo specifico utilizzo.

## 10. Bibliografia

- ARC. (1981). The nutrient requirements of pigs. *Technical review by an Agricultural Research Working Party*. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham.
- ASPA, Scientific Association of Animal Production, Commission 'Nutrient requirements of heavy pig', Mordenti, A., Bosi, P., Corino, C., Crovetto, G. M., Della Casa, G., Franci, O., Piva, A., Prandini, A., Russo, V., e Schiavon, S. (2003). A methodological approach to assess nutrient requirements of heavy pigs in Italy. *Italian Journal of Animal Science*, 2, 73-87.
- Ballarini G. (2003). Carne suina, i fattori della qualità. Riv. Suinicoltura. 4: 177-182.
- Bittante G. Gallo. L., Schiavon S. (1997). Pig production and environmental aspects: current italian legislation and perspectives. IV International Feed Production Conference. 22-23 Febbraio, Piacenza, 4: 215-232
- Black, J. L. (1995). The evolution of animal growth models. In: P. J. Moughan, M.W.A. Verstegen and M.I. Visser Reyneveld (ed.), *Modelling growth in the pig*. EAAP Publication N. 78, Wageningen Agricultural University, Wageningen, NL, pp 3-9.
- Boisen, S. (2000). A simple nutrient-based production model for the growing pig. In J.P. McNamara, J. France, e D. E. Beever (Eds.), *The modelling nutrient utilisation in farm animals* (pp.183-196). CAB International, Wallingford.
- Bonomi, A., Bonomi, B.M., Quarantelli, A., Sabbioni, A., Soperchi, P., Sussi, C., Virgili, R., e Fusari, A. (2002). La produzione del suino pesante in rapporto ai tipi genetici e all'impiego di diete ipoproteiche integrate con lisina. *Suinicoltura*, 4, 198-204.
- Bosi, P., Mattuzzi, S., Cacciavillani, J. A., e Casini, L. (1999). Urea in the diet of finishing Italian heavy pigs. In *Proceedings of the A.S.P.A. XIII Congress* (pp. 309-321), 21-24 June 2000, Piacenza, Italy.
- Bosi, P., e Russo, V. (2004). The production of the heavy pig for high quality processed products. *Italian Journal of Animal Science*, 3, 309-321.
- Carnier, P., Cassandro, M., Knol, E., Padoan, D. (1999). Genetic parameters for some carcass and fresh ham traits of crossbred Goland pigs. *Proceedings of the ASPA XIII Congress*, Piacenza, June 21-24, Franco Angeli, 221-223.

- Chizzolini R., Novelli E., Rosa P., Campanini G., Dazzi G., Madarena G., Morini G., Zanardi E., Vaghi M. (1995). La valutazione del colore della carne suina fresca e del prosciutto stagionato (Parte I- Analisi della relazione tra dato sensoriale e dato strumentale). *Rivista di suinicoltura*, 4: 45-49.
- Chizzolini R., Novelli E., Rosa P., Campanini G., Dazzi G., Madarena G., Zanardi E., Pacchioli M.T., Rossi A. (1996). Lean colour of raw and matured Parma hams: comparative evaluation and technological relevance of sensory and objective data. *Meat Sci.* 44: 159-172.
- Ceolin, C., Tagliapietra, F., e Schiavon, S. (2005). Simulation of growth performance of heavy pigs with different inherent growth characteristics kept on two restricted feeding planes. *Italian Journal of Animal Science*, 4 Suppl. 3, 113-115.
- Davies, A. S. (1983). Growth and development of pigs: a reanalysis of the effects of nutrition on body composition. *Journal of Agriculture Science*, 100, 681-687.
- De Greef, K.H., Verstegen M. W. A. (1992). Partitioning of protein and lipid deposition in the body of growing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 35:317-328.
- De Greef, K. H. (1995). Prediction of growth and carcass parameters. In P. J. Moughan, M. W. A. Verstegen, e M. I. Visser-Reyneveld (Eds.), *Modelling growth in the pig* (pp.151-163). EAAP Publication No.78. Wageningen Pers, Wageningen.
- Emmans, G. C., e Fisher, C. (1986). Problems in nutritional theory. In: C. Fisher, e K. M. Boorman (Eds.), *Nutrient requirements of poultry and nutritional research* (pp. 9-39). Butterworths, London.
- Emmans, G. C. (1988). Genetic components of potential and actual growth. In: R. B. Land, G. Bulfield, e W. G. Hill (Eds.), *Animal breeding opportunities*. Occasional Publication No. 12 (pp 153-181). British Society of Animal Production, Edinburgh.
- Emmans, G. C. (1994). Effective energy: a concept of energy utilization applied across species. *British Journal of Nutrition*, 71, 801-821.
- Emmans, G. C., e Kyriazakis, I. (1995). A general method for predicting the weight of water in the empty bodies of pigs. *Animal Science*, 61, 103-108.
- Emmans, G. C., e Kyriazakis, I. (1997). Models of pig growth: problems and proposed solutions. *Livestock Production Science*, 51, 119-129.
- Emmans G.C., Kyriazakis I. (1999). Growth and body composition. In: I. Kyriazakis, (ed). *A quantitative biology of the pig*. CABI publishing, Oxon, UK, pp 181-197.

- Ferguson, N. S., e Gous, R. M. (1993a). Evaluation of pig genotypes. Theoretical aspects of measuring genetic parameters. *Animal Production*, 56, 233-243.
- Ferguson, N. S., e Gous, R. M. (1993b). Evaluation of pig genotypes 2. Testing experimental procedures. *Animal Production*, 56, 245-249.
- Ferguson, N. S., Gous, R. M., e Emmans, G. C. (1994). Preferred components for the construction of a new simulation model of growth, feed intake, and nutrient requirements of growing pigs. *South African Journal Animal Science*, 24, 10-17.
- Ferguson, N.S., Kyriazis S.T. (2003a). Evaluation of the growth parameters of six commercial crossbred pig genotypes. 1. Under commercial housing conditions in individual pens. *South Afric. J.Anim.Sci.* 33(1): 11-20.
- Ferguson, N.S., Kyriazis S.T. (2003b). Evaluation of the growth parameters of six commercial crossbred pig genotypes. 2. Under ideal temperature conditions in chambers. *South Afric. J.Anim.Sci.* 33(1): 21-26.
- Gallo, L., Padoan, D., Bondensan, V., penzo, N. (1999). Effect of some carcass and fresh ham traits on curing loss of hams from crossbred Goland pigs. In: G. Piva, G. Bertoni, F. Masoero, P. Bani, L., Calamari (eds) *Recent Progress in Animal Science.1.* FrancoAngeli, Milano, pp 689-691.
- Geri, G., Franci, O., Zappa, A., e Poli, B. M. (1982). Rapporto preliminare su alcune caratteristiche di suini macellati da 20 a 200 kg di peso vivo. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 8, 521-546.
- Geri, G., Zappa, A., Franci, O., Poli, B. M., e Campodoni, G. (1991). Evoluzione delle caratteristiche chimico-fisiche di muscolo suino da 20 a 200 kg di peso vivo. *Suinicoltura*, 6, 51-54.
- Gou P., Comaposada J., Arnau J. (2003). Moisture diffusivity in the lean tissue of dry-cured ham at different process times. *Meat Science* 67:203-209.
- ISTAT (2003).
- Kiriazakis, I., e Emmans, G. C. (1992). The effects of varying protein and energy intakes on the growth and body composition of pigs. *British Journal of Nutrition*, 68, 603-613.
- Kotarbinska M. (1969). An investigation into the transformation of energy in growing pigs. Institut Zootechniki University of Wageningen, The Netherlands.

- Lo Fiego D.P., Nanni Costa L., Santoro P. (1990). Caratteristiche del tessuto adiposo nel suino pesante italiano. *Rivista di suinicoltura* 5: 41-47.
- Lo Fiego, D. P. (1996). Carcass fatness and lipid quality in the heavy pig. *Meat Focus International*. 5(8): 261–263.
- Lo Fiego, D. P., Virgili, R., Bellatti, M., Tassone, F., Pecoraro, M., Reverberi, M., e Russo, V. (2000). Caratteristiche delle carcasse e dei tagli di differenti tipologie di suino pesante attualmente presenti sul mercato. *Suinicoltura*, 10, 143-148.
- Lo Fiego, D. P., Santoro, P., Macchioni, P., e De Leonibus, E. (2005). Influence of genetic type, live weight at slaughter and carcass fatness on fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue of raw ham in the heavy pig. *Meat Science*, 69,107-114.
- Madarena G., dazzi G., Camposanto E., Campanili G., Novelli E., Badiani A., Leonelli C., Barchi, D., Chizzolini, R. (1991). Valutazione strumentale della qualità della carne suina: analisi dei risultati ottenuti dalla macellazione di gruppi eterogenei. *Rivista di suinicoltura* 3, 53-74.
- Manini, R., Piva, A., Prandini, A., Mordenti, A., Piva, G., e Dourmand, J. Y. (1997). Protein retention in Italy heavy pigs: development of a factorial approach for the determination of lysine requirement. *Livestock Production Science*, 47, 253-259.
- Mohrmann M., Roehe R., Susenbeth A., Baulain U., Knap P.W., Looft H., Plastow G.S., Kalm E. (2006). Association between body composition of growing pigs determined by magnetic resonance imaging, deuterium dilution technique and chemical analysis. *Meat Sci.* 72:518-531.
- Mordenti, A., Piva, G., e Della Casa, G. (1994). Nutrition and fat quality in the heavy pig. *Italian Journal of Food Science*, 6, 141-155.
- Moughan, P.J., Verstegen, M.W.A. (1988). The modelling of growth in the pig. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 36: 145-166.
- Moughan, P.J., Smith W.C., Pearson G. (1987). Description and validation of a model simulating growth in the pig (20-90 kg liveweight). *New Zealand J. Agric. Res.* 30:481-489.
- Nanni Costa L., Lo Fiego D.P., Russo V., Benfatti L. (1990). La qualità della carcassa e della carne nella produzione del prosciutto stagionato di Parma. *Riv. Suinicoltura* 5: 49- 52.



- Nanni Costa, L., Lo Fiego, D. P., De Grossi, A., e Russo, V. (1993). Relazioni tra attitudine alla stagionatura del prosciutto di Parma e contenuto di carne magra della carcassa in suini ibridi. *Suinicoltura*, 34(9), 79-84.
- Noblet J., Bontems V., Tran J. (2003). Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *INRA Prod. Anim.* 16, 197-210 ([http://www.inapg.fr/dsa/afz/tables/energie\\_porc.htm](http://www.inapg.fr/dsa/afz/tables/energie_porc.htm)).
- NRC. (1998). Nutrient requirements of swine. 20th revised edition. National Academy Press, Washington, DC.
- Parisini, P., Martelli, G., e Mordenti, A. (1991). Ricerche sull'impiego di diete ipoproteiche integrate con lisina nella produzione del suino pesante. *Suinicoltura*, 5, 45-49.
- Parolari G., Rivaldi P., Leonelli C., Belletti M., Bovis N. (1988). Colore e consistenza del prosciutto crudo in rapporto alla materia prima e alla tecnica di stagionatura. *Industria Conserve*, 63: 45-49.
- Piva, G., Morlacchini, M., Prandini, A., Cerioli, C., Ferrarini, F., e Di Renzi, L. (1993). Diete convenzionali a basso livello proteico per ridurre l'escrezione azotata nei suini. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 19, 81-87.
- Pomar, C., Harris D.L., Minvielle F. (1991). Computer simulation model of swine production systems: 1. Modelling the growth of young pigs. *J.Anim.Sci.* 69: 1468-1488.
- Prandini, A., Morlacchini, M., Meschini, M., Piva, A., Fiorentini, L., e Piva, G. (1996). Performances de croissance et composition corporelle du porc lourd italien entre 80 et 160 kg de poids vif. *Annales de Zootechnie*, 45, 75-87.
- Quadri, G., Bergonzini, E., Zullo, A., Cosentino, E., e Matassino, D. (1981). Studio di alcuni tipi genetici di suini "da salumificio" allevati con un piano alimentare "medio". Aspetti quantitative ed economici del prosciutto stagionato. *Suinicoltura*, 22 (5), 21-49.
- Quadri, G., e Bergonzini, E. (1983). Indici di adiposità della carcassa. *Suinicoltura*, 24 (3), 65-74.
- Rook, A. J., Ellis, M. (1987). Relationship between whole-body chemical composition, physically dissected carcass parts and backfat measurements in pigs. *Animal Production*, 44:263-273.

- Russo, V. (1990). Qualità della carcassa del suino pesante e classificazione CEE. Riv. Suinicoltura. 5: 35-40.
- Russo V., Lo Fiego D.P., Nanni Costa L., Bigi D., Pignatti M. (1990). Relazioni tra il contenuto di carne magra della carcass e le rese tecnologiche e commerciali del prosciutto di Parma. Riv. Suinicoltura 4: 105-109
- Russo V. (1991). La qualità della carcassa e della carne suina: esigenze dell'industria e del consumo. Atti del Convegno Reggio Emilia, 2-3 Giugno.
- Russo V., Davoli R., Nanni Costa L. (1992). Recenti acquisizioni nel miglioramento genetico della qualità della carne suina. Riv. Suinicoltura. 4: 47-50.
- Russo V., Nanni Costa L. (1995). Suitability of pig meat for salting and the production of quality processed products. Pig News Inf. 16: 17N-26N.
- Santoro P., Lo Fiego D.P. (1992). Il tessuto adiposo e il grasso nel suino da salumificio: la qualità per l'industria e per il consumatore. Riv. Suinicoltura. 7: 47-53.
- SAS. (1990). SAS user's guide. User's guide, 4th edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sauvant, D., Perez, J.M., Tran G. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Schiavon, S., Emmans, G. C. (2000). A model to predict water intake of a pig growing on a known environment on a known diet. Br. J. Nutr. 84:873-883.
- Schinckel, A. P. (1999). Describing the pig. In: I. Kyriazakis (ed.) A quantitative biology of pig. CABI publishing, Oxon, UK, pp 9-38.
- Schivazappa C., Parolari G., Virgili R. (1992). Importanza degli enzimi proteolitici nel prosciutto stagionato: caratterizzazione della materia prima. Riv. Suinicoltura. 3: 75-80.
- Schivazappa C., Virgili R., Degni M., Cerati C. (1998). Effetto della tipologia suina di provenienza su alcune caratteristiche del prosciutto di Parma. Industria conserve. 73: 110-116.
- Seve, B., e Hess, V. (2000). Amino acid digestibility in formulation of diets for pigs: present interest and limitations, future prospects. In P.C. Garnsworthy, e J. Wiseman (Eds.), *Recent advances in animal nutrition* (pp. 167-181). Nottingham University Press, Nottingham.

- Shields, J., Mahan, D. C., e Graham, P. L. (1983). Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *Journal of Animal Science*, 57, 43-54.
- Susenbeth, S. e Keitel, K. (1988). Partition of whole body protein in different body fractions and some constants in body composition in pigs. *Livestock Production Science*, 20, 37-52.
- Szabo Cs., Babinszky L., Verstegen M.W.A., Vangen O., Jansman A.J.M., Kanis E. (1999). The application of digital imaging techniques in the in vivo estimation of the body composition of pigs: a review. *Livest. Prod. Sci.* 60:1-11.
- Tagliapietra, F., Ceolin, C., e Schiavon, S. (2005). On-farm estimation of pig growth parameters from longitudinal data of live weight and feed consumption and the use of a mathematical model. *Italian Journal of Animal Science*, 4 Suppl. 3, 116-118.
- Tess, M. W., Dickerson, G. E., Nienaber, J. A., e Ferrell, C. L. (1986). Growth development and body composition in three genetic stocks of swine. *Journal Animal Science*, 62, 969-979.
- Virgili R., Schivazappa C., Parolari G., Rivaldi P. (1994). Enzimi proteolitici nelle cosce destinate alla produzione di prosciutto italiano: la catepsina B. *Riv. Suinicoltura*. 9: 61-65.
- Virgili R., Degni M., Schivazzappa C., Faeti V., Poletti E., Marchetto G., Pacchioli M.T., Mordenti A. (2003). Effect of age at slaughter on carcass traits and meat qualità of Italian heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 81:2448-2465.
- Whittemore C. T. (1976). A study of growth responses to nutrient inputs by modelling. *Proc. Nutr. Soc.* 35: 383-391.
- Whittemore C. T. (1983). Development of recommended energy and protein allowances for growing pigs. *Agr. Syst.* 11:159-186.
- Whittemore, C.T. (1986). Causes of variation in the body composition of growing pigs. *Proceedings of Nutrition Society.* 45:111-117.
- Whittemore, C. T. (1993). *The science and practice of pig production*. Longman Scientific and Technical, Essex.
- Whittemore, C. T. (1994). Growth and the simulation of animal responses. In D. J. A. Cole, J. Wiseman, e M. A. Varley (Eds.), *Principles of Pig Science* (pp. 55-73). Nottingham University Press, Loughborough.

Whittemore, C. T., Kerr, J. C., Cameron, N. D. (1995). An approach to prediction of feed intake in growing pigs using simple body measurements. *Agr. Syst.* 47:235-244.

Whittemore C.T., Green D.M., Knap P.W. (2001). Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: protein. *Anim. Sci.* 73: 363-373.

## 11. Tabelle, Grafici e Schemi

**Tabella 1.** Qualità della carcassa (Russo, 1990).

	<b>Composizione carcassa</b>	<b>Qualità della carne</b>	<b>Qualità grasso</b>
Le principali caratteristiche	% magro	Umidità	Consistenza
	% tagli pregiati	Capacità ritenzione idrica	Colore
	Peso tagli pregiati	Colore	Caratteristiche organolettiche
	% tagli grassi	Caratteristiche organolettiche	
	Spessore dei muscoli	Contenuto di grasso	
Difetti più importanti	Eccessiva adiposità	PSE	Grasso molle
	Scarsa adiposità	DFD	Grasso giallo
		Carne acida	

**Tabella 2.** Griglia di classificazione CEE.

<b>Classe</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>U</b>	<b>R</b>	<b>O</b>	<b>P</b>
Carne magra (%)	≥60	≥55<60	≥50<55	≥45<50	≥40<45	<40

**Tabella 3.** Valori di peso della carcassa, spessore del grasso dorsale e % di carne magra riportati in letteratura.

	<b>Anno</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Peso carcassa, kg</b>	<b>Spessore lardo dorsale (P2), mm</b>	<b>Carne magra, %</b>
Russo <i>et al.</i>	1987	LW, LW x L	132,5 ± 14,2	37,0 ± 7,2	43,0 ± 3,9
Prandini <i>et al.</i>	1997	Duroc x (LW x L)	118 ± 33,30	--	42,50 ± 3,16
Lo Fiego <i>et al.</i>	2000	LW	131,81 ± 13,62	32,44 ± 7,26	48,77 ± 3 ,43
	1999	Goland	137 ± 14,9	34,76 ± 8,03	49,66 ± 3,57
Carnier <i>et al.</i> (dati non pubblicati)	2001	Goland	136,05 ± 14,14	33,76 ± 6,93	49,21 ± 3,36
	2003	Goland	134,65 ± 12,74	30,08 ± 6,17	50,51 ± 3,23

**Tabella 4.** Obiettivi e criteri di selezione per il miglioramento della qualità della carne suina (Bosi e Russo 2004).

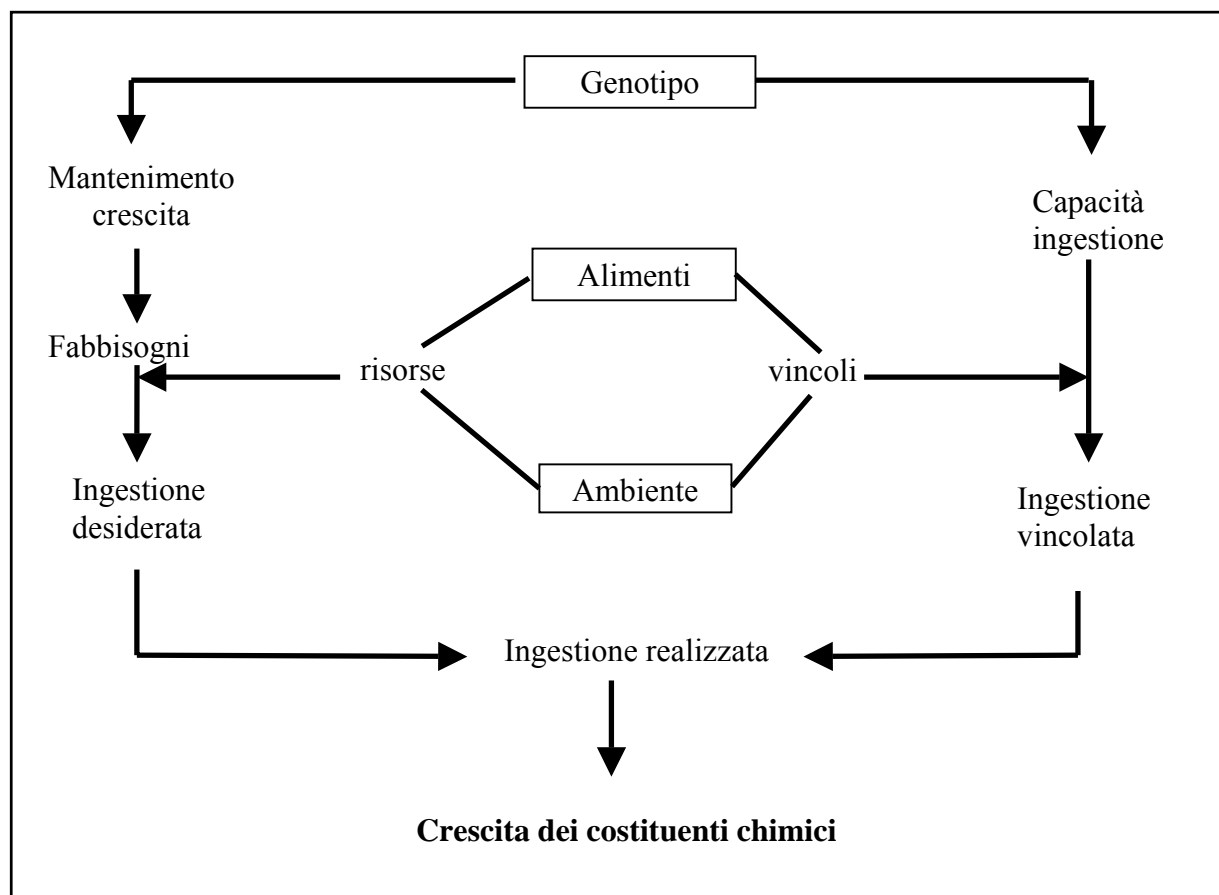
<b>Obiettivi</b>	<b>Criteri</b>
Eliminazione difetto PSE	Mutazione genica
Riduzione delle perdite di stagionatura	Mantenimento dello spessore del grasso dorsale Contenimento delle perdite dopo la salagione
Miglioramento delle caratteristiche organolettiche	Mantenimento dello spessore del grasso dorsale
Riduzione del difetto della “Grassinatura”, solo nella razza Duroc	Riduzione del grasso intramuscolare visibile

**Tabella 5.** Valori di P<sub>m</sub> (kg), B (d-1) proposti da Whittemore *et al.*, 2001.

Genere e Genotipo	P <sub>m</sub>	B
Castrato, commerciale	37,5	0,0105
Femmina, commerciale	40,0	0,0110
Femmina, migliorata	45,0	0,0120



**Schema 1.** Descrizione delle componenti del modello.



**Tabella 6.** Ingredienti e composizione chimica delle diete.

<i>Ingredienti</i>	%	Alimento nella fase pre-sperimentale (60–80 kg PV)	Alimento nella fase sperimentale (80–170 kg PV)	
			Convenzionale (DCP)	Basso contenuto proteico (DBP)
Mais			51,1	55,0
Orzo			26,4	33,0
Frumento Fibra			10,0	6,4
Farina di soia			9,6	2,0
Fosfato dicalcico			0,60	0,80
Carbonato di Calcio			1,10	1,40
Minerali e Vitamine			0,35	0,35
L-lisina HCL			0,42	0,46
DL-metionina			-	0,05
L-treonina			-	0,08
L-triptofano			-	0,06
<i>Analisi chimiche dell'alimento</i>	%			
Sostanza Secca		87,0	86,5	86,4
Proteina grezza		15,2	13,3	10,7
Fibra grezza		4,5	4,0	3,5
Lipidi grezzi		5,0	3,3	3,3
Ceneri		6,2	3,7	3,4
Lisina		0,88	0,87	0,71
Metionina+cisteina		0,55	0,49	0,46
Treonina		0,60	0,47	0,44
Triptofano		0,16	0,14	0,16
Energia Digeribile <sup>1</sup>	MJ/kg	12,40	12,40	12,30

PV: peso vivo; DCP: dieta con contenuto convenzionale di proteina grezza, 13,3%; DBP: dieta a basso contenuto di proteina grezza, 10,7%.

<sup>1</sup>Energia Digeribile: stimata dalla proporzione di ogni ingrediente nelle diete e i valori tabulati proposti da NRC (1998).

**Tabella 7.** Effetto simulato della dieta, genere e genotipo sulla performance di accrescimento e sul consumo di alimento.

		Età giorni (d)	Dieta (F)		Genere (G) × Genotipo (Gt)				Effetti Significativi <i>P</i> <0,01	RSD
			DBP	DCP	Utility (non migliorati)		Improved (migliorati)			
					Castrati	Femmine	Castrati	Femmine		
PV	kg	157	83,1	83,2	81,1 <sup>A</sup>	83,0 <sup>AB</sup>	84,0 <sup>B</sup>	84,2 <sup>B</sup>	Età, G, Gt, Età×Gt, G×Gt	1,1
		214	125,2	126,5	121,4 <sup>A</sup>	124,9 <sup>B</sup>	128,2 <sup>C</sup>	128,9 <sup>C</sup>		
		267	170,2	171,3	160,8 <sup>A</sup>	167,5 <sup>B</sup>	176,5 <sup>C</sup>	178,1 <sup>C</sup>		
AMG	g/d	125 to 157	744	746	683 <sup>A</sup>	742 <sup>Bb</sup>	775 <sup>Bc</sup>	781 <sup>Bc</sup>	Età, G, Gt, F, Età×Gt, G×Gt	9,5
		157 to 214	739 <sup>A</sup>	760 <sup>B</sup>	704 <sup>A</sup>	735 <sup>B</sup>	774 <sup>C</sup>	784 <sup>C</sup>		
		214 to 267	848	845	744 <sup>A</sup>	802 <sup>B</sup>	913 <sup>C</sup>	927 <sup>C</sup>		
Consumo Alimentare	kg/d	125 to 157	2,121	2,121	2,11	2,12	2,12	2,12	Età, G, Gt, Età×G, Età×Gt, G×Gt	0,003
		157 to 214	2,573 <sup>a</sup>	2,587 <sup>b</sup>	2,52 <sup>A</sup>	2,57 <sup>B</sup>	2,60 <sup>C</sup>	2,61 <sup>C</sup>		
		214 to 267	3,310	3,318	3,25 <sup>A</sup>	3,30 <sup>B</sup>	3,34 <sup>C</sup>	3,34 <sup>C</sup>		

PV: peso vivo; AMG: accrescimento giornaliero medio; CA: consumo di alimento; DBP: dieta a basso contenuto di proteina grezza, 10,7%; DCP: dieta con contenuto convenzionale di proteina grezza, 13,3%; RSD: deviazione standard residua. Dati per l'alimento: sono le medie di quattro osservazioni simulate.

Dati per l'interazione genere x genotipo sono le medie di due osservazioni simulate.

<sup>a-b, A-B</sup> Medie sulla stessa linea con esponente diverso, sono significativamente diverse; minuscolo: *P*<0,05, maiuscolo: *P*<0,01.

**Tabella 8.** Effetto simulato del livello proteico della dieta, genere e genotipo sulla performance di crescita, sul peso del corpo vuoto e della sua composizione chimica a età prefissate.

		Età giorni (d)	Dieta (F)		Genere (G) × Genotipo (Gt)				Effetti Significativi <i>P</i> <0,01	RSD
			DBP	DCP	Utility (non migliorati)		Improved (migliorati)			
					Castrati	Femmine	Castrati	Femmine		
PVN	kg	157	78,9	79,0	77,1 <sup>Aa</sup>	78,9 <sup>ABb</sup>	79,8 <sup>Bb</sup>	80,0 <sup>Bb</sup>	Età, G, Gt, Età×Gt, G×Gt, Età×G×Gt	0,6
		214	118,9	120,2	115,3 <sup>A</sup>	118,7 <sup>B</sup>	121,8 <sup>C</sup>	122,5 <sup>C</sup>		
		267	161,7	162,7	152,8 <sup>A</sup>	159,1 <sup>B</sup>	167,7 <sup>C</sup>	169,2 <sup>C</sup>		
Proteine	kg	157	12,8	12,8	12,4	12,8	12,9	12,9	Età, F, G, Gt, Età×Gt	0,2
		214	18,5 <sup>a</sup>	19,0 <sup>b</sup>	17,9 <sup>A</sup>	18,8 <sup>B</sup>	19,2 <sup>B</sup>	19,2 <sup>B</sup>		
		267	24,4 <sup>a</sup>	25,2 <sup>b</sup>	22,5 <sup>A</sup>	24,3 <sup>B</sup>	26,1 <sup>C</sup>	26,3 <sup>C</sup>		
Acqua	kg	157	46,3	46,4	43,9 <sup>A</sup>	45,8 <sup>B</sup>	47,6 <sup>C</sup>	48,0 <sup>C</sup>	Età, F, G, Gt, Età×Gt	0,6
		214	63,4 <sup>a</sup>	64,9 <sup>b</sup>	60,1 <sup>A</sup>	63,2 <sup>B</sup>	66,2 <sup>C</sup>	67,0 <sup>C</sup>		
		267	80,0 <sup>a</sup>	82,1 <sup>b</sup>	72,6 <sup>A</sup>	78,4 <sup>B</sup>	85,9 <sup>C</sup>	87,3 <sup>C</sup>		
Ceneri	kg	157	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,7	Età, F, G, Gt, Età×Gt	<0,01
		214	3,9 <sup>a</sup>	4,0 <sup>b</sup>	3,7 <sup>A</sup>	3,9 <sup>B</sup>	4,0 <sup>B</sup>	4,0 <sup>B</sup>		
		267	5,1 <sup>A</sup>	5,3 <sup>B</sup>	4,7 <sup>A</sup>	5,1 <sup>B</sup>	5,5 <sup>C</sup>	5,5 <sup>C</sup>		
Lipidi	kg	157	17,2	17,1	18,2 <sup>A</sup>	17,5 <sup>B</sup>	16,6 <sup>C</sup>	16,3 <sup>C</sup>	Età, F, G, Età×G, Età×Gt, Età×G×Gt	0,2
		214	33,1 <sup>A</sup>	32,2 <sup>B</sup>	33,5 <sup>A</sup>	32,7 <sup>B</sup>	32,3 <sup>B</sup>	32,2 <sup>B</sup>		
		267	52,1 <sup>A</sup>	50,2 <sup>B</sup>	52,9 <sup>A</sup>	51,4 <sup>B</sup>	50,1 <sup>C</sup>	50,0 <sup>C</sup>		

PVN: peso vivo netto; DBP: dieta a basso contenuto di proteina grezza, 10,7%; DCP: dieta con contenuto convenzionale di proteina grezza, 13,3%; RSD: deviazione standard residua. Dati per l'alimento: sono le medie di quattro osservazioni simulate. Dati per l'interazione genere x genotipo sono le medie di due osservazioni simulate.

<sup>a-b, A-B</sup> Medie sulla stessa linea con esponente diverso, sono significativamente diverse; minuscolo: *P*<0,05, maiuscolo: *P*<0,01.

**Tabella 9.** Effetto del contenuto proteico della dieta, genere, e prova sul peso vivo netto e la sua composizione chimica in suini pesanti macellati a circa 80, 120 e 170 kg di peso corporeo (dati da Prandini *et al.*, 1996; Manini *et al.*, 1997).

Classe di peso corporeo (W)			Dieta (F)		Genere (G) x Prova (T)				Effetti significativi <i>P</i> <0,01	RSD
			DBP	DCP	Prova 1		Prova 2			
					Castrati	Femmine	Castrati	Femmine		
PVN	kg	80	77,1	77,5	77,3	75,2	78,6	78,2	W, G×T, W×T	4,4
		120	119,2	118,5	115,8 <sup>B</sup>	115,6 <sup>B</sup>	125,3 <sup>A</sup>	118,6 <sup>B</sup>		
		170	157,0	158,3	157,5 <sup>a</sup>	161,1 <sup>b</sup>	157,9 <sup>ab</sup>	154,1 <sup>a</sup>		
Proteine	kg	80	12,7	12,7	13,0	12,6	12,4	12,9	W, T	1,2
		120	19,3	18,7	19,0	19,4	18,7	18,7		
		170	23,5	23,7	23,7 <sup>A</sup>	25,0 <sup>B</sup>	22,3 <sup>C</sup>	23,4 <sup>A</sup>		
Acqua	kg	80	45,7	45,7	44,9	44,2	46,9	46,9	W, W×G×Gt	3,7
		120	64,6	63,0	61,7 <sup>b</sup>	64,3 <sup>a</sup>	66,5 <sup>a</sup>	62,7 <sup>b</sup>		
		170	79,6	81,5	77,7 <sup>A</sup>	83,0 <sup>B</sup>	79,2 <sup>A</sup>	82,3 <sup>B</sup>		
Ceneri	kg	80	2,5	2,4	2,6	2,5	2,3	2,4	W, F, T, W×F	0,4
		120	4,1 <sup>A</sup>	3,5 <sup>B</sup>	4,1	4,2	3,6	3,4		
		170	4,6	4,4	4,6	4,8	4,3	4,3		
Lipidi	kg	80	16,0	16,6	16,6	15,8	16,9	15,9	W, S, W×T	3,9
		120	31,2	33,2	31,0 <sup>a</sup>	27,6 <sup>b</sup>	34,5 <sup>c</sup>	33,8 <sup>c</sup>		
		170	49,4	48,5	51,4 <sup>A</sup>	48,2 <sup>B</sup>	52,1 <sup>A</sup>	44,2 <sup>D</sup>		

PVN: peso vivo netto; DBP: dieta a basso contenuto di proteina grezza, 10,7%; DCP: dieta con contenuto convenzionale di proteina grezza, 13,3%; RSD: deviazione standard residua. La prova 1 e 2 si sono condotte utilizzando due incroci, rispettivamente: Duroc x (Large White x Landrace) e Landrace x (Large White x Landrace). Dati sulla dieta si sono calcolati dalla media di 72 osservazioni. Dati per l'interazione genere x prova sono la media di 36 osservazioni.

<sup>a-b, A-B</sup> Medie sulla stessa linea con esponente diverso, sono significativamente diverse; minuscolo: *P*<0,05, maiuscolo: *P*<0,01.

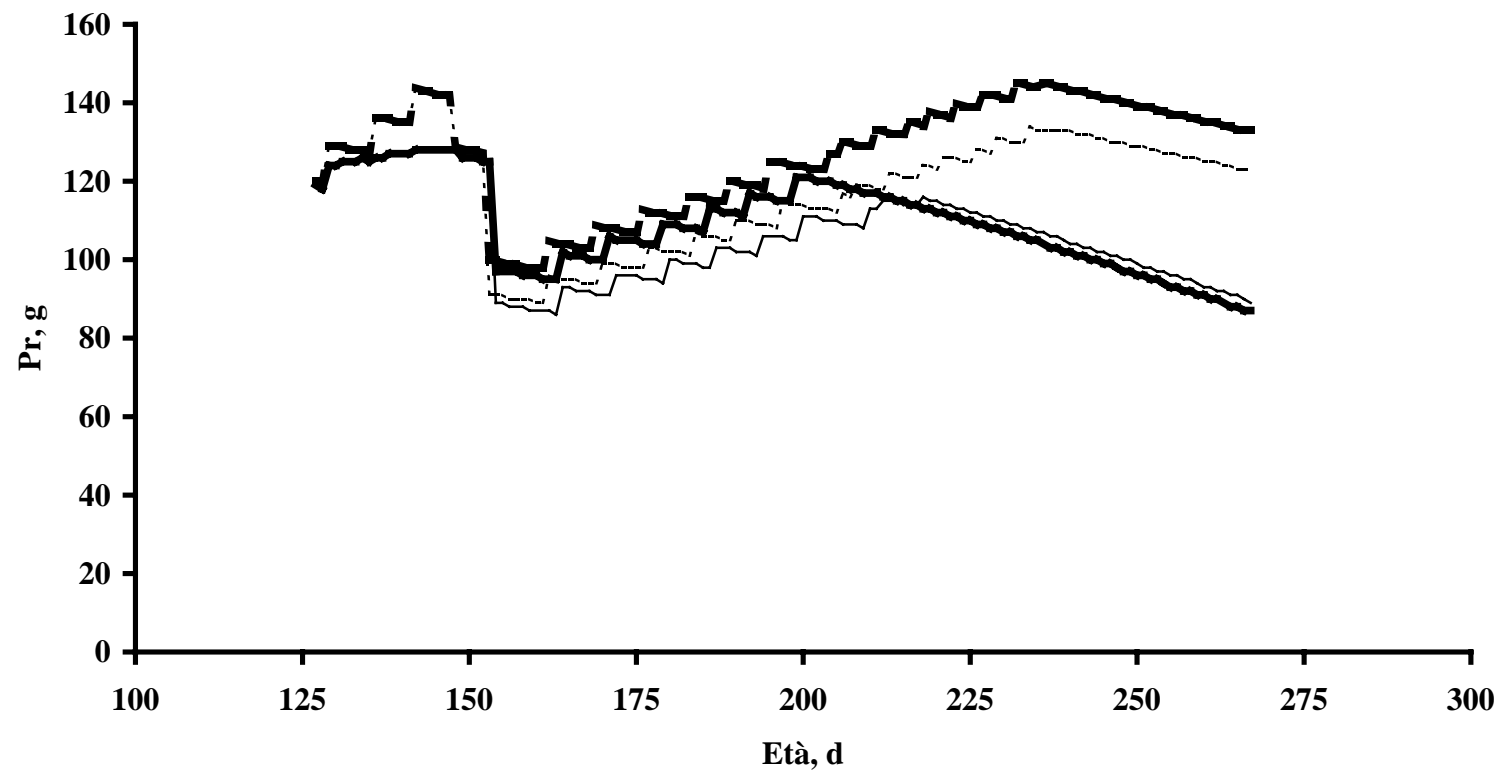
**Tabella 10.** Effetto della dieta, genere e prova sul peso e sulla composizione chimica delle frazioni corporee sezionate di suini con peso vivo netto intorno ai 160 kg.

Frazione corporea	Costituenti Chimici		Dieta (F)		Genere (G)		Prova (T)		Effetti significativi <i>P</i> <0,01	RSD
			DBP	DCP	Castrati	Femmine	1	2		
- Carcassa	peso	kg	127,9	124,7	126,3	126,4	127,3	125,4		6,5
	acqua	%	48,3	48,7	46,2 <sup>A</sup>	49,3 <sup>B</sup>	47,5 <sup>a</sup>	48,0 <sup>b</sup>	G	2,6
	proteine	% SS	28,8	29,2	27,4 <sup>A</sup>	30,7 <sup>B</sup>	29,0	29,1	G	2,8
	lipidi	% SS	66,0	65,8	67,8 <sup>A</sup>	64,0 <sup>B</sup>	65,9	65,9	G	3,3
	ceneri	% SS	5,1	4,9	4,8 <sup>a</sup>	5,2 <sup>b</sup>	5,1	4,9	G	0,6
- Magro	peso	kg	64,6	64,8	62,8 <sup>a</sup>	66,5 <sup>b</sup>	65,3	64,1	G	4,6
	acqua	%	67,3	66,9	66,5 <sup>a</sup>	67,8 <sup>b</sup>	66,2 <sup>A</sup>	68,1 <sup>B</sup>	T	2,0
	proteine	% SS	60,2	58,3	58,1 <sup>a</sup>	60,3 <sup>b</sup>	58,9	59,5	G	5,4
	lipidi	% SS	36,7	38,6	38,8 <sup>a</sup>	36,5 <sup>b</sup>	37,9	37,5	G	5,7
	ceneri	% SS	3,1	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0		0,4
- T. Grasso	peso	kg	38,8	36,3	39,7 <sup>a</sup>	35,3 <sup>b</sup>	37,8	37,3	G	5,5
	acqua	%	16,2 <sup>A</sup>	13,0 <sup>B</sup>	13,7 <sup>a</sup>	15,5 <sup>b</sup>	17,2 <sup>A</sup>	12,0 <sup>B</sup>	F, G, T	2,0
	proteine	% SS	4,3 <sup>A</sup>	5,4 <sup>B</sup>	4,5 <sup>a</sup>	5,2 <sup>b</sup>	5,3 <sup>A</sup>	4,4 <sup>B</sup>	F, G, T	0,8
	lipidi	% SS	95,4 <sup>A</sup>	94,3 <sup>B</sup>	95,2 <sup>a</sup>	94,5 <sup>b</sup>	94,4 <sup>A</sup>	95,3 <sup>B</sup>	F, G, T	0,8
	ceneri	% SS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3 <sup>A</sup>	0,2 <sup>B</sup>	T	0,06
- Ossa	peso	kg	14,1	13,6	13,8	13,9	14,9 <sup>A</sup>	12,9 <sup>B</sup>	T	1,3
	acqua	%	42,6	42,9	42,6	43,0	40,9 <sup>A</sup>	44,6 <sup>B</sup>	T	3,8
	proteine	% SS	32,5	30,6	30,0 <sup>a</sup>	33,1 <sup>b</sup>	31,9	31,1		5,1
	lipidi	% SS	36,7	38,5	39,2 <sup>a</sup>	36,1 <sup>b</sup>	38,7	36,5		4,7
	ceneri	% SS	30,8	30,8	30,8	30,8	29,3 <sup>A</sup>	32,3 <sup>B</sup>	T	3,4
- Pelle	peso	kg	10,2	10,0	9,8 <sup>a</sup>	10,5 <sup>b</sup>	9,2 <sup>A</sup>	11,0 <sup>B</sup>	T, G, F×G	0,8
	acqua	%	5,7	5,5	5,4 <sup>a</sup>	5,8 <sup>b</sup>	4,4 <sup>A</sup>	6,7 <sup>B</sup>	T, F×G	0,6
	proteine	% SS	41,3 <sup>A</sup>	44,8 <sup>B</sup>	42,5	43,7	41,4 <sup>a</sup>	44,7 <sup>b</sup>	F, T	3,9
	lipidi	% SS	57,8 <sup>a</sup>	54,5 <sup>b</sup>	56,8	55,5	57,8 <sup>a</sup>	54,4 <sup>b</sup>	F, T	3,9
	ceneri	% SS	0,8 <sup>A</sup>	0,7 <sup>B</sup>	0,7	0,8	0,7	0,8	F	0,06
- Interiora	peso	kg	13,6	13,9	13,6	13,9	14,6 <sup>A</sup>	12,9 <sup>B</sup>	T	1,4
	acqua	%	66,7	66,8	65,8 <sup>A</sup>	67,8 <sup>B</sup>	64,6 <sup>A</sup>	69,0 <sup>B</sup>	G, T	2,1
	proteine	% SS	36,2	37,9	34,7 <sup>A</sup>	39,3 <sup>B</sup>	34,6 <sup>A</sup>	39,5 <sup>B</sup>	G, T	5,8
	lipidi	% SS	61,4	59,6	62,9 <sup>A</sup>	58,1 <sup>B</sup>	63,1 <sup>A</sup>	57,8 <sup>B</sup>	G, T	6,2
	ceneri	% SS	2,4	2,5	2,3	2,6	2,3 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>	T	0,5
- Non Car.	peso	kg	15,4 <sup>A</sup>	19,6 <sup>B</sup>	17,7	17,3	17,3	17,7	F	2,7
	acqua	%	57,4 <sup>A</sup>	64,9 <sup>B</sup>	60,8	61,5	61,4	60,9	F	6,4
	proteine	% SS	51,1	51,6	50,8	51,9	48,4 <sup>A</sup>	54,4 <sup>B</sup>	T, F×G	3,0
	lipidi	% SS	30,3	31,1	31,8 <sup>a</sup>	29,6 <sup>b</sup>	33,5 <sup>A</sup>	27,9 <sup>B</sup>	T, F×G	2,9
	ceneri	% SS	18,5	17,2	17,3	18,4	18,1	17,6		2,1

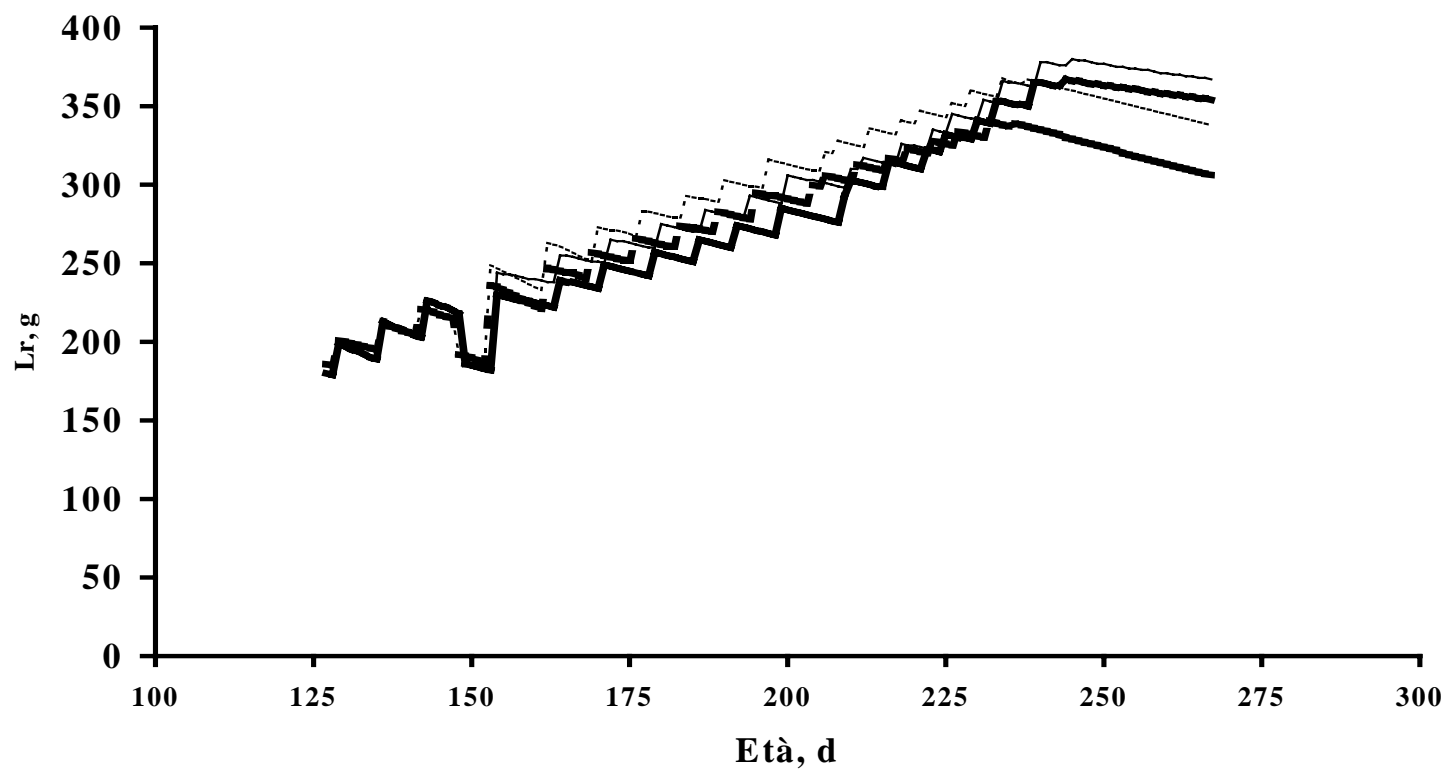
DBP: dieta con basso contenuto di proteina grezza, 10,7%; DCP: dieta con contenuto convenzionale di proteina grezza, 13,3%; SS: sostanza secca; Non Car.: altre parti della non carcassa; T. Grasso: tessuto grasso; RSD: deviazione standard residua. La prova 1 e 2 si sono condotte utilizzando due incroci rispettivamente: Duroc x (Large White x Landrace) e Landrace x (Large White x Landrace).

<sup>a-b, A-B</sup>Medie sulla stessa linea con esponente diverso, sono significativamente diverse; minuscolo: *P*<0,05, maiuscolo: *P*<0,01. I dati sono le medie di 72 osservazioni.

**Fig. 1.** Simulazione della ritenzione proteica giornaliera (Pr, g/d) di femmine utility (linea continua) improved (linea tratteggiata) alimentate con due diete razionate contenenti 13,3% (—; - - -) e 10,7% (—; ----) di proteina grezza.

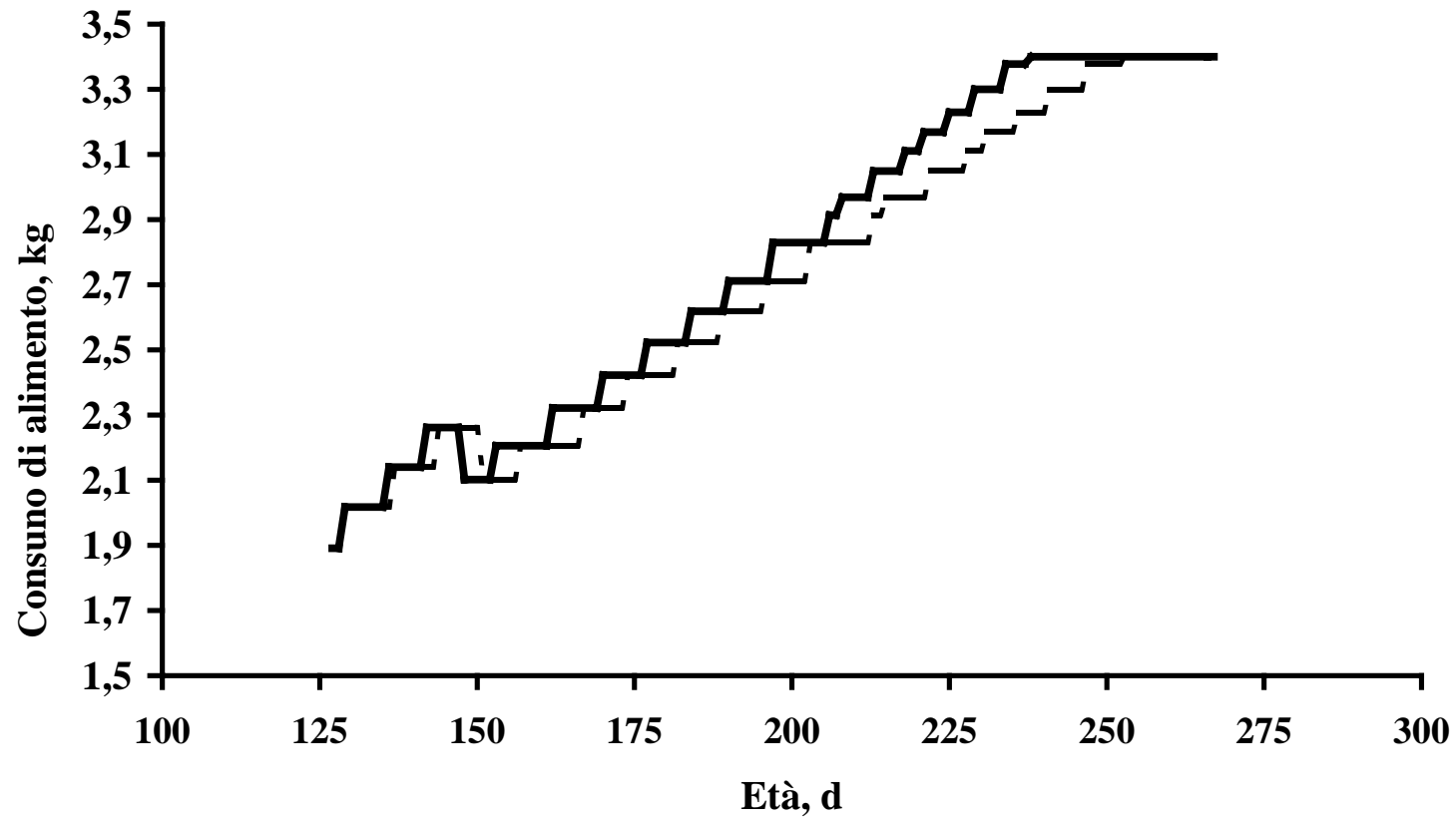


**Fig. 2.** Simulazione giornaliera della ritenzione lipidica (Lr, g/d) di femmine utility (linea continua) e improved (linea tratteggiata) alimentate con due diete razionate contenenti 13,3% (—; - - -) e 10,7% (—; - - -) di proteina grezza.

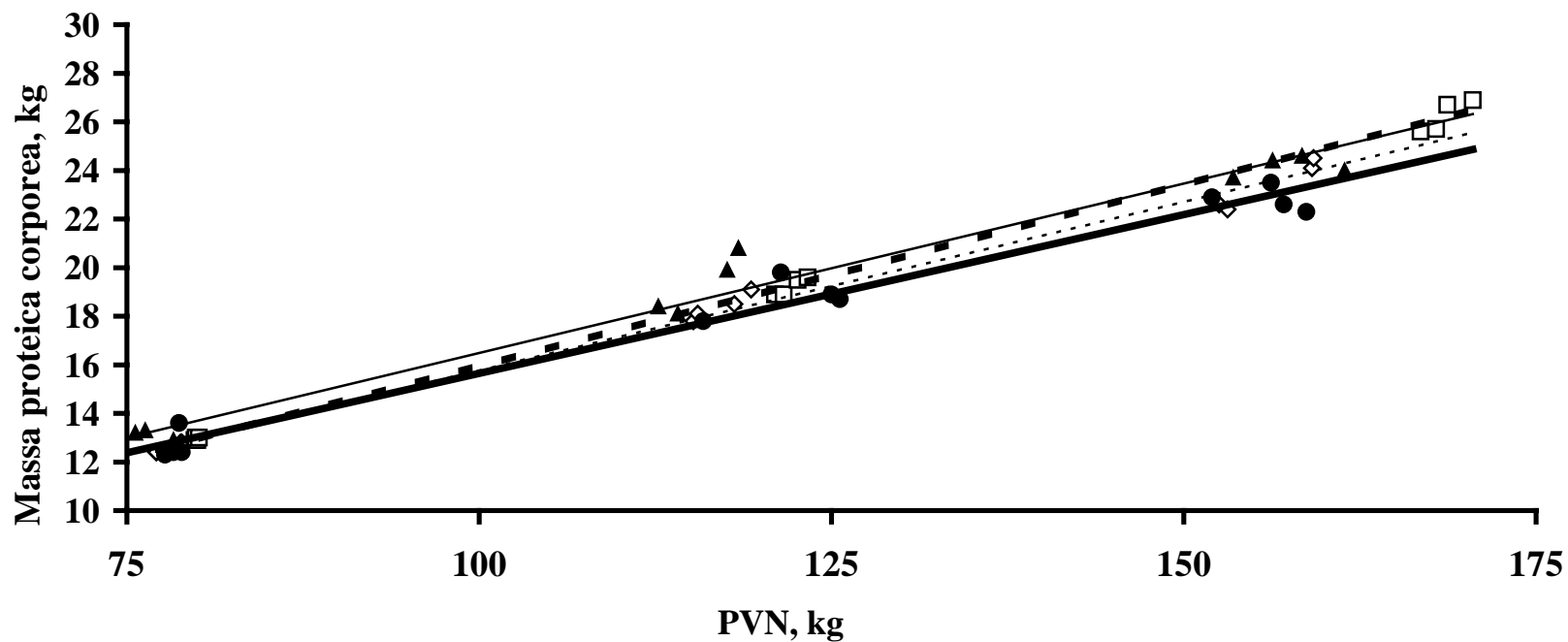




**Fig. 3.** Consumo giornaliero di alimento (kg/d) previsto dal modello per femmine improved alimentate con dieta convenzionale (—) e per castrati utility (-----) alimentati con una dieta a basso contenuto proteico. Le quantità di alimento consumato sono proporzionali al peso metabolico raggiunto dai suini a differenti età fino ad un massimo di 3,450 kg/d.



**Fig. 4.** Massa proteica corporea dei due generi del genotipo utility (◇ ; -----), del genotipo improved (□ ; - - - -), e dei suini utilizzati nella prova 1 (▲ ; —) e 2 (● ; —) rapportati, tramite regressione, con il peso vivo netto (PVN).



Ogni data set è rappresentato da 12 osservazioni (tre classi di peso corporeo × due diete × due generi).

Parametri della regressione  $y \text{ (kg)} = a + b \cdot x$ ; ( $y$  = massa proteica;  $x$  = PVN).

Simulazione di suini utility

$$y = 1,86 + 0,139x; \text{rsd} = 0,403; \text{s.e. di } a = 0,44; \text{s.e. di } b = 0,004;$$

Simulazione di suini improved

$$y = 0,91 + 0,150x; \text{rsd} = 0,295; \text{s.e. di } a = 0,29; \text{s.e. di } b = 0,002;$$

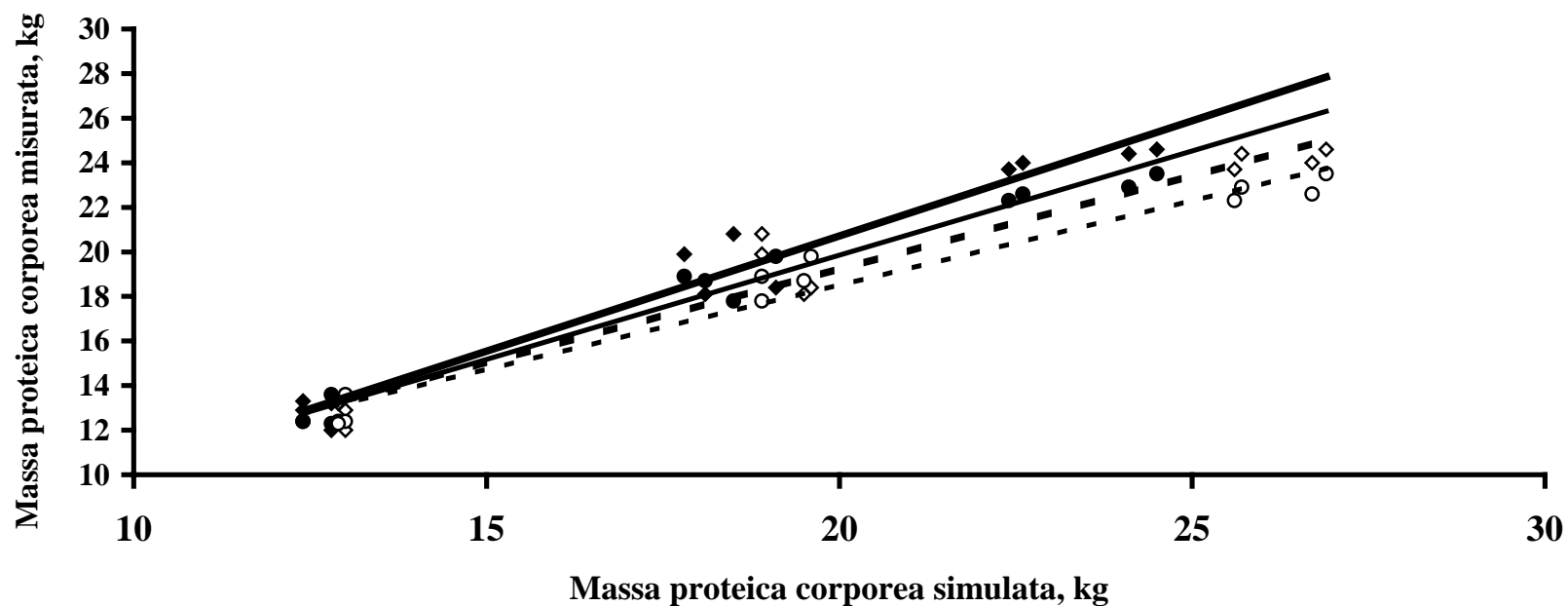
Prova 1 Suini [D x (LW x L)]

$$y = 2,59 + 0,139x; \text{rsd} = 0,792; \text{s.e. di } a = 0,83; \text{s.e. di } b = 0,007;$$

Prova 2 Suini [L x (LW x L)]

$$y = 2,60 + 0,130x; \text{rsd} = 0,689; \text{s.e. di } a = 0,77; \text{s.e. di } b = 0,006;$$

**Fig. 5.** Dati misurati vs dati simulati della massa proteica corporea:  
 suini della prova 1 (♦, —) e della prova 2 (●, —) vs dati simulati di suini utility;  
 suini della prova 1 (◇, - - - -) e della prova 2 (○, - - - - -) vs dati simulati di suini improved.



<sup>1</sup> Parametri della regressione  $y$  (misurati) =  $a + b \cdot x$  (simulati):

Suini della prova 1 vs genotipo utility  $y = 0,08 + 1,03 \cdot x$ ;  $rsd = 1,02$ ; s.e. di  $a = 1,23$ ; s.e. di  $b = 0,066$ ;

Suini della prova 2 vs genotipo utility  $y = 1,17 + 0,93 \cdot x$ ;  $rsd = 0,69$ ; s.e. di  $a = 0,84$ ; s.e. di  $b = 0,044$ ;

Suini della prova 1 vs genotipo improved  $y = 2,44 + 0,84 \cdot x$ ;  $rsd = 1,11$ ; s.e. di  $a = 1,19$ ; s.e. di  $b = 0,059$ ;

Suini della prova 2 vs genotipo improved  $y = 3,33 + 0,76 \cdot x$ ;  $rsd = 0,88$ ; s.e. di  $a = 0,94$ ; s.e. di  $b = 0,046$ ;

Ogni dataset è rappresentato da una coppia di 12 osservazioni corrispondenti ai valori medi simulati e misurati dell'interazione: due diete  $\times$  due generi  $\times$  tre classi di peso corporeo.