

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN

**Scienze della nutrizione e degli alimenti - Feed and
Food Science**

Ciclo XXII

Settore scientifico-disciplinare di appartenenza: AGR 19 (Zootecnica Speciale)

TITOLO TESI

**EFFETTI DEL FOTOPERIODO ARTIFICIALE SUL
BENESSERE E SULLE PRESTAZIONI PRODUTTIVE DEL
SUINO PESANTE ITALIANO**

Presentata da: Dott.ssa Rosalba Boccuzzi

Coordinatore Dottorato

Relatore

Prof. G. Zaghini

Dott.ssa G. Martelli

Esame finale anno 2010

Indice

Parte generale.....	4
1. PREMESSA.....	4
2. QUADRO NORMATIVO SULLA PROTEZIONE E SUL BENESSERE DEL SUINO IN ALLEVAMENTO	6
2.1 Riferimenti normativi	6
2.2 Benessere animale e percezione del consumatore	17
3. IL BENESSERE	12
3.1 Definizioni di benessere.....	12
3.2. Parametri di valutazione del benessere	13
3.3 Valutazione del grado di benessere	16
3.3.1 Indicatori fisiologici.....	17
Attività ipotalamo-ipofisi-corticale della surrenale	17
Catecolamine	19
Frequenza cardiaca	19
Risposta immunitaria	20
3.3.2 Indicatori comportamentali.....	20
3.3.3 Indicatori patologici	21
Lesioni	21
Patologie condizionate	21
3.3.4 Indicatori produttivi	21
3.4 Benessere del suino in allevamento	22
3.4.1 Il comportamento sociale del suino	22
Etogramma delle interazioni sociali del suino	23
Analisi dei patterns di interazione agonistica	25
Analisi della sequenza di interazioni inter-individuali	25
Analisi della lotta	26
Analisi della dominanza.....	27
3.4.2 Organizzazione sociale	28

4. INTENSITÀ LUMINOSA E FOTOPERIODO	31
4.1 Illuminazione e ritmi endogeni	31
Melatonina	31
4.2 Effetti dell'intensità luminosa e del fotoperiodo sull'attività giornaliera e sul comportamento.....	32
4.2.1 Effetti del fotoperiodo sull'apparato riproduttore.....	35
4.2.2 Effetti del fotoperiodo sulle secrezioni gastroenteriche e sull'assunzione di alimento.....	36
4.2.3 Effetti del fotoperiodo sulla qualità delle carni, sulla sintesi di IGF-I e sul catabolismo muscolare	38
Parte Sperimentale	42
5. FINALITÀ DELLE RICERCHE.....	42
6. MATERIALI E METODI	44
6.1. PROVA "A"	44
6.1.1 Animali, alimentazione e sistema di allevamento	44
6.1.2 Parametri di valutazione delle carcasse	46
Rilievi effettuati al macello.....	46
Analisi di laboratorio	47
6.1.3 Parametri di valutazione dei prosciutti	48
Analisi di laboratorio	50
6.1.4 Osservazioni riguardanti il comportamento.....	50
6.1.5 Osservazioni riguardanti le interazioni sociali dei suini.....	53
6.1.6 Analisi statistica.....	55
6.2 PROVA "B"	56
6.2.1 Animali, alimentazione e sistema di allevamento	56
6.2.2 Parametri di valutazione delle carcasse	58
Rilievi effettuati al macello.....	58
Analisi di laboratorio	59
6.2.3 Parametri di valutazione dei prosciutti	60
Analisi di laboratorio	60
6.2.4 Osservazioni riguardanti il comportamento.....	60
6.2.5 Analisi statistica.....	61
6.3 PROVA "C"	62
6.3.1 Animali, alimentazione e sistema di allevamento	62
6.3.2 Parametri di valutazione delle carcasse	63

Rilievi effettuati al macello.....	63
Analisi di laboratorio	64
6.3.3 Parametri di valutazione dei prosciutti	65
Analisi di laboratorio	65
6.3.4 Osservazioni riguardanti il comportamento.....	66
6.3.5 Osservazioni riguardanti le interazioni sociali dei su	66
6.3.6 Analisi statistica.....	66
7. RISULTATI E DISCUSSIONE	67
7.1 RICERCA “A”	67
7.1.1 Prestazioni di allevamento	67
7.1.2 Prestazioni di macellazione	67
7.1.3 Qualità delle carni	68
7.1.4 Qualità del prosciutto.....	71
7.1.5 Valutazione del comportamento	74
7.1.6 Valutazione delle interazioni sociali tra suini.....	76
7.2 RICERCA “B”	78
7.2.1 Prestazioni di allevamento	78
7.2.2 Prestazioni di macellazione	79
7.2.3 Qualità della carne	81
7.2.4 Qualità del prosciutto.....	83
7.2.5 Valutazione del comportamento	86
7.3 RICERCA “C”	87
7.3.1 Prestazioni di allevamento	87
7.3.2 Prestazioni di macellazione	88
7.3.3 Qualità della carne	88
7.3.4 Qualità del prosciutto.....	90
7.3.5 Valutazione del comportamento	92
7.3.6 Valutazione delle interazioni sociali tra suini.....	93
8. CONCLUSIONI	95
9. BIBLIOGRAFIA	98

Parte generale

1. PREMESSA

Gli allevamenti suinicoli, come accade in altri comparti del settore zootecnico, si confrontano costantemente con nuove esigenze tra cui crescente è la richiesta di adeguamento delle tecnologie di allevamento alla necessità di garantire un sempre maggior livello di benessere agli animali allevati.

La ricerca internazionale sviluppata negli ultimi decenni nel settore dell'Etologia Applicata ha dimostrato chiaramente che il rispetto del Benessere Animale è applicabile alle diverse forme di allevamento e può condurre, oltre che a una corretta gestione delle popolazioni animali allevate, anche a un miglioramento quantitativo e qualitativo delle produzioni.

L'aspetto del benessere animale riferito alla specie suina è stato ed è tuttora oggetto di grande attenzione dal punto di vista tecnico-scientifico e a livello istituzionale, sia per l'importanza economica che l'allevamento suinicolo riveste nei Paesi dell'Unione Europea, sia per la caratteristica di allevamento altamente intensivo.

Anche se può sembrare una problematica di recente comparsa, l'approccio al benessere degli animali in allevamento ha radici lontane. Risale, infatti, al 1965 il famoso Rapporto Brambell, in cui, per la prima volta in Inghilterra venivano messi in luce gli aspetti "critici" legati ai metodi di allevamento intensivo, portando in primo piano il problema del benessere animale. Il rapporto Brambell, oltre a essere uno dei primi documenti scientifici ufficiali, elencò i principi fondamentali da rispettare affinché gli animali potessero godere di un buono stato di salute fisico e mentale; questi requisiti minimi sono conosciuti come le cinque libertà:

- Libertà dalle fame, dalla sete e dalla mal nutrizione;
- Libertà dal disagio;

- Libertà dal dolore, dalle ferite e dalla malattia;
- Libertà di esprimere il comportamento normale;
- Libertà dalla paura e dallo stress;

Oggi il benessere va oltre l'esclusione di crudeltà e maltrattamenti e richiede per gli animali non solo l'eliminazione della sofferenza ma anche l'assicurazione di un buono stato di salute fisico e psichico e il soddisfacimento delle esigenze comportamentali proprie della specie. Se ne deduce che il benessere animale in allevamento è fortemente influenzato dai parametri ambientali che sono in stretta dipendenza dall'uomo. Poiché l'uomo nell'allevamento intensivo controlla sia lo spazio sia le risorse a disposizione degli animali, si deve essere in grado di identificare le esigenze di questi ultimi in modo da tenere sotto controllo e poter modificare le situazioni nocive e stressanti, che possano influire sullo stato di salute degli animali e quindi sul rendimento e sulla qualità dei prodotti alimentari di origine animale.

La presente trattazione è volta all'illustrazione dei risultati di un insieme poliennale di ricerche finalizzate a valutare come il fotoperiodo artificiale, possa influenzare le prestazioni produttive e il benessere del suino pesante italiano.

2. QUADRO NORMATIVO SULLA PROTEZIONE E SUL BENESSERE DEL SUINO IN ALLEVAMENTO

2.1 Riferimenti normativi

L'evoluzione della legislazione, in materia di protezione e benessere del suino in allevamento, pone le sue fondamenta su una serie di normative nazionali ed europee:

- Direttiva 1991/630/CEE del Consiglio del 19 novembre 1991 che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. (GUCE L 340 dell'11.12.1991).
- D.Lgs. 30 dicembre 1992, n. 534 – Attuazione della direttiva 91/630/CEE che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. (G.U. n. 7 dell'11.1.1993).
- Direttiva 98/58/CE del Consiglio, del 20 luglio 1998, riguardante la protezione degli animali negli allevamenti (GUCE L 221 dell'8.8.1998).
- D.Lgs. 26 marzo 2001, n. 146 – Attuazione della direttiva 98/58/CE riguardante la protezione degli animali negli allevamenti. (G.U. n. 95 del 24.4.2001).
- Direttiva 2001/88/CE del Consiglio del 23 ottobre 2001 recante modifica della direttiva 91/630/CEE che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. (GUCE L 316 dell'1.12.2001).
- D.Lgs. 20 febbraio 2004, n. 53 – Attuazione della direttiva 2001/93/CE che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. (G.U. n. 49 del 28.2.2004).
- Nota del Ministero della Salute prot. N. DGVA/10/7818 del 2 marzo 2005 – procedure per il controllo del benessere animale negli allevamenti di suini – applicazione del D.Lgs. 20 febbraio 2004, n. 53.
- Direttiva 2008/120/CE del Consiglio, del 18 dicembre 2008, che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea L 47 del 18.2.2009.

In principio, la normativa dell'Unione Europea in materia di protezione dei suini in allevamento si è tradotta in una direttiva specifica che risale al 1991 (91/630/CEE), ma che è andata distribuendo i suoi effetti nel tempo, date le diverse date di entrata in vigore delle prescrizioni. La direttiva 91/630/CEE, tra l'altro, prevedeva che la Commissione europea presentasse un rapporto sul tema del benessere animale entro il primo ottobre del 1997. Tale rapporto, elaborato da un gruppo di lavoro del Comitato Scientifico Veterinario (CSV) venne presentato in data 30 settembre 1997, rivisitato successivamente nel 2007, trovando sostanza in una serie di conclusioni e raccomandazioni, alcune, seppur in maniera succinta, facenti riferimento alla tematica dell'illuminazione degli ambienti di allevamento.

Riguardo alle condizioni di illuminazione nelle quali gli animali devono essere allevati il Decreto Legislativo n. 534 del 30 dicembre del 1992, in attuazione della Direttiva CEE 91/630, vietava che i suini venissero mantenuti continuamente al buio. A tal fine imponeva di provvedere a un'illuminazione artificiale che equivallesse, come durata, all'illuminazione naturale che è normalmente presente tra le ore 9:00 e le ore 17:00, nel caso in cui i locali dove venivano albergati i suini non godessero di illuminazione naturale. In più imponeva la presenza di un'illuminazione adeguata (fissa o mobile) che consentisse di controllare i suini in qualsiasi momento.

In Italia, il 20 febbraio del 2004, tramite il Decreto Legislativo n. 53 che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini, sono state recepite le direttive 2001/88/CE e la 2001/93/CE recanti modifiche alla 91/630/CEE.

Tale Decreto Legislativo è servito a stabilire i requisiti strutturali, manageriali e sanitari ai quali gli allevamenti suini devono rispondere affinché i maiali vengano allevati in condizione di maggior benessere possibile.

A seguito delle sostanziali modifiche intervenute a più riprese sul testo della direttiva 91/630/CEE e per le conseguenti esigenze di maggiore chiarezza e razionalità, le istituzioni dell'Unione europea hanno provveduto, di recente, a una codifica delle norme minime per la protezione dei suini attraverso la Direttiva 2008/120/CE del Consiglio del 18 dicembre 2008. La Direttiva 2008/120/CE abroga sia la 91/630/CEE, sia le successive modifiche; trattandosi di norme minime, gli Stati membri possono mantenere o applicare nel loro territorio

disposizioni più severe di quelle previste dalla presente direttiva. L'Italia, ad oggi, non ha ritenuto di dover intervenire con misure attuative.

I fabbisogni in termini di intensità e di durata dell'illuminazione rappresentano elementi, in questo caso solo parzialmente, innovativi in seno alla recente legislazione. Riconoscendo al suino la dignità di specie a comportamento prevalentemente diurno e nell'intento di contrastare la pratica di gestire gli animali in regime di oscurità/semioscurità permanente, al fine di ridurre lotte e competizioni (pratica che secondo Christison, 1995, oltre che lesiva del benessere, non pare rivestire una documentata efficacia), la normativa prescrive un minimo di 8 ore di luce al dì con un'intensità di almeno 40 lux (V. Allegato I, Capitolo I, par. 2 Direttiva 2008/120/CE).

L'attuale normativa quindi, oltre a imporre la presenza di un'illuminazione adeguata all'ispezione degli animali, pone anche un limite minimo di luminosità degli ambienti nel rispetto delle esigenze sociali degli stessi.

Tornando alla comune abitudine di allevare i suini in condizioni di oscurità, essa è da tempo anche correlata al fatto che si ritenga erroneamente il maiale un animale notturno e quindi alla convinzione da parte degli allevatori che al buio siano più tranquilli e meno competitivi e che un'eccessiva illuminazione dei locali possa aumentare la loro attività; ciò determinerebbe una riduzione della resa e un aumento degli scambi sociali del gruppo che, in condizioni particolari, potrebbe sfociare in episodi di aggressività e addirittura di cannibalismo. A tal proposito Van Putten (1968) riscontrò una notevole riduzione delle morsicature alla coda (*tail-biting*) quando i suini erano mantenuti in ambienti con poca luce; secondo altri riscontri, anche i combattimenti in gruppi di recente formazione risultavano enormemente ridotti quando i suini erano tenuti al buio (Barnett et al., 1994). In disaccordo, Christison (1995) è riuscito a dimostrare che nel momento dello svezzamento, scarse condizioni di illuminazione non hanno evidenziato una riduzione dell'attività agonistica. Quindi secondo Christison (1995) la diminuzione della luce non riduce i combattimenti così come l'aumentare della luce non aumenta le lotte.

Per Piggins (1992) i maiali non cercano ambienti luminosi quando svolgono la normale attività quotidiana, ma preferiscono la luce quando devono alimentarsi; in

più richiedono una quantità di luce maggiore quando hanno comportamenti abituali come il grufolare.

Comunque, Van Putten e Elshof (1983) sostengono che il benessere dei suini si riduca se tenuti a livelli di illuminazione molto bassi (< 0,2 lux).

Il normale comportamento degli animali dovrebbe essere garantito mediante l'alternarsi delle condizioni di buio e di illuminazione. I maiali non dovrebbero, quindi, essere tenuti costantemente in condizioni di buio e le condizioni di luce non dovrebbero essere applicate soltanto in presenza di determinate attività quali il nutrirsi o il grufolare. Il buio dovrebbe essere garantito solo quando i suini non sono in attività, cioè quando riposano o dormono. Se gli animali vengono tenuti al buio permanente, le loro interazioni saranno inevitabilmente alterate.

Non devono essere dimenticati gli effetti negativi che una permanenza costante al buio può esercitare sugli animali, sia su tutti quei processi biologici che dipendono dalla presenza stessa della luce (corretta formazione della vitamina D, corretta funzionalità dell'apparato riproduttore e di tutti i ritmi biologici), sia sul comportamento sociale dell'animale.

2.2 Benessere animale e percezione del consumatore

L'attuale tendenza legislativa a richiedere un sempre più stringente rispetto del "Benessere Animale" è in armonia con le richieste dei consumatori, soprattutto in considerazione del fatto che questa tendenza è orientata a ottenere alimenti con più elevate caratteristiche di qualità, di salubrità e di sicurezza.

Il benessere animale è, quindi, oggetto di una crescente attenzione non solo da parte dell'ambiente scientifico ma anche dell'opinione pubblica: il "*Welfare*" è così diventato argomento di attualità al centro di discussioni e dibattiti tra allevatori, consumatori e tutti coloro che operano nel settore delle produzioni animali.

Gli scandali alimentari degli ultimi anni hanno avuto un significativo impatto sull'opinione pubblica, creando una diffusa preoccupazione, ma anche un crescente interesse nei confronti dei sistemi di allevamento e dei prodotti di origine animale. I consumatori italiani non pongono però spontaneamente il

benessere degli animali, in quanto tale, tra le loro maggiori preoccupazioni nei confronti del cibo; infatti da studi precedenti al progetto “*Welfare Quality*®”¹ emerge che essi associano principalmente questo argomento alla salute umana e alla sicurezza alimentare. La gran parte dei consumatori ha una scarsa conoscenza delle pratiche attualmente utilizzate nei moderni sistemi di allevamento, ma allo stesso tempo manifesta una certa sfiducia negli allevamenti intensivi (sfruttamento, coercizione degli animali, ecc.). In ogni caso è ampiamente condiviso il parere che un basso livello di benessere animale abbia un impatto negativo sulla salute dei consumatori, quindi esiste soprattutto una visione antropocentrica del benessere animale che sembra essere un indicatore di più importanti caratteristiche quali salubrità, qualità e gusto (Ara et al., 2008).

La necessità da parte della Commissione europea di arrivare a standardizzare la valutazione del benessere animale in allevamento nasce, quindi, dall’esigenza di rispondere sia alla domanda dei consumatori, i quali sempre più spesso sono interessati a come gli animali vengono allevati, ma che non trovano sul mercato una risposta chiara alle loro richieste, sia a quelle degli allevatori, per valorizzare sempre di più le loro produzioni all’interno dell’Unione europea ma anche nei confronti dei paesi terzi.

Da recenti indagini commissionate dalla Direzione Generale per la Salute e la Protezione dei Consumatori della Commissione europea sulla percezione che i consumatori europei hanno nei confronti del benessere degli animali da reddito, è risultato che la specie suina è la prima categoria di mammiferi a essere ritenuta più bisognosa di protezione (figura 1).

¹ Il progetto di ricerca *Welfare Quality*® è stato cofinanziato dalla Commissione europea nell’ambito del 6° Programma Quadro, contratto n. FOOD-CT-2004-506508. *Welfare Quality*® acronimo di *Science and society improving animal welfare in the food quality chain* (www.welfarequality.net), è un progetto comunitario nato dall’interesse pubblico di incrementare il benessere animale sia per motivi etici, sia come presupposto per la salubrità dei prodotti derivati, oltre che per la trasparenza e la qualità delle catene alimentari.

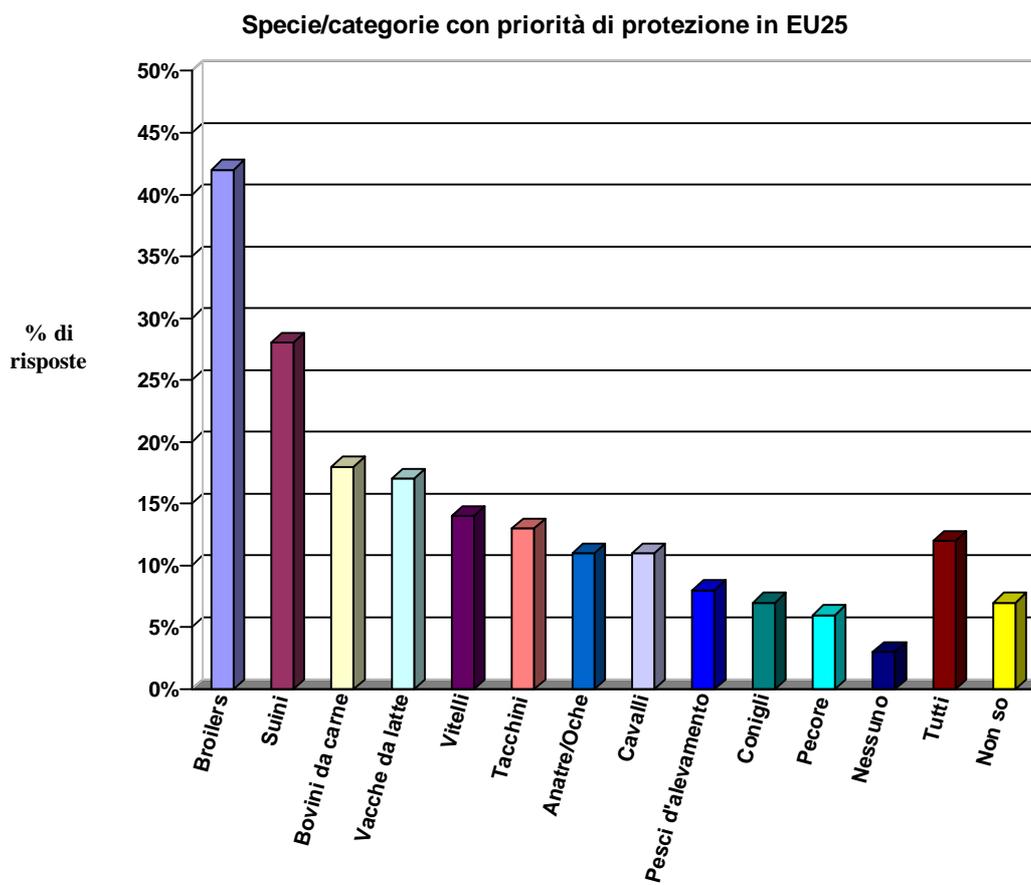


Figura 1 – Atteggiamento dei consumatori nei confronti del benessere degli animali da allevamento (Commissione europea, 2005).

Inoltre dalle stesse indagini è risultato che il consumatore risulterebbe disponibile a sostenere un incremento di prezzo dei prodotti a fronte di un aumento del benessere degli animali e anche in questo caso il suino è risultato uno degli animali che riceve più consensi, insieme a specie avicole come ovaiole, *broiler* e tacchini (Martelli, 2009).

3. IL BENESSERE

3.1 Definizioni di benessere

La multidimensionalità del concetto generale di benessere rende difficile, se non addirittura inappropriata, una definizione di tipo univoco dello stesso. Restringendo il campo al tema del benessere animale, si riscontrano due diverse scuole di pensiero che si confrontano su una possibile definizione:

la prima ritiene che il benessere dipenda dalle sensazioni e dalle esperienze che l'animale coscientemente prova, considerando solo le situazioni di cui l'animale è conscio come capaci di contribuire positivamente o negativamente al suo benessere (Dawkins, 1990; Duncan e Petherick, 1991). Questa concezione, è ovviamente, poco applicabile dal punto di vista pratico, dato che non ci sono metodi scientifici con cui misurare le sensazioni degli animali.

La seconda definisce il benessere come “lo stato dell'animale relativo ai suoi sforzi per far fronte alle condizioni ambientali cui va incontro” (Broom, 1986). In questo caso il benessere dell'animale viene strettamente messo in correlazione all'ambiente in cui vive.

Una ulteriore definizione di benessere appartenente alla medesima scuola di pensiero e generalmente accettata, è la seguente: “il benessere è uno stato completo di salute sia fisico sia mentale, in cui l'animale è in armonia con il suo ambiente” (Lorz, 1973).

Queste concezioni non negano l'importanza delle emozioni, ma includono anche altri aspetti scientifici oggettivamente valutabili come: le risposte fisiologiche, immunitarie, comportamentali e produttive.

In condizioni di allevamento, l'ambiente in cui l'animale viene a trovarsi è legato all'azione umana, da qui l'importanza di una definizione che la vede coinvolta e che va a identificare il concetto di benessere animale come: “il soddisfacimento dei bisogni fisici, ambientali, nutritivi, comportamentali e sociali dell'animale o di gruppi di animali sotto la cura, la supervisione o l'influenza delle persone” (Appleby, 1996). Ciò spinge ad affermare che la realizzazione di standard di allevamento e di produzione di livello elevato concorre a caratterizzare il

benessere in quanto negli animali domestici le tecniche di allevamento, soprattutto nella forma intensiva, costringono gli animali a vivere in condizioni totalmente diverse da quelle naturali e non permettono la completa e corretta espressione dell'etogramma specie specifico, intendendo con etogramma “l'inventario completo di tutti i comportamenti di un animale” (Lucaroni, 1998).

Per affrontare il problema del benessere in allevamento bisogna passare da un concetto di benessere animale a quello di *benessere zootecnico* che in accordo con Zoccarato e Bettolini (1999) potrebbe essere definito come “la condizione nella quale l'animale da reddito può esprimere la massima capacità produttiva, quantitativa e qualitativa, senza andare incontro a manifestazioni patologiche e a turbe comportamentali in grado di alterare il suo equilibrio fisiologico”.

La valutazione del benessere coinvolge una serie di risposte che l'animale mette in atto per adattarsi all'ambiente in cui si trova. L'organismo, infatti, risponde alle varie situazioni non solo con cambiamenti comportamentali, primi e precoci segni di necessità e di adattamento, ma anche con meccanismi fisiologici e immunitari, che possono avere ripercussioni sullo stato di salute e di accrescimento. Per questo motivo gli studi relativi al benessere, sempre più frequentemente prendono in considerazione una serie di reazioni che vengono comunemente chiamati “indicatori di adattamento” (Canali, 2008).

3.2. Parametri di valutazione del benessere

Tutti i differenti sistemi di valutazione del benessere animale sono basati sull'osservazione di una gamma di parametri raggruppabili in due categorie: *Animal-based criteria*, parametri diretti rilevabili cioè direttamente sugli animali e i *Design criteria*, parametri indiretti relativi all'ambiente di allevamento e alla sua gestione (Vedi di seguito tabella n. 1) (Scipioni et al., 2009).

Gli *animal-based criteria* hanno il pregio di misurare direttamente il benessere, poiché rilevano lo stato dell'animale stesso, la reattività e la capacità di adattamento a specifici ambienti. In questa categoria rientrano i parametri fisiologici, quelli comportamentali e quelli relativi allo stato di salute; la loro registrazione può, però, richiedere troppo tempo e a volte risultare difficoltosa. I

design criteria, invece possono consentire una valutazione relativamente semplice dell'ambiente d'allevamento e della sua gestione, in quanto sono spesso facilmente rilevabili, si riferiscono ad esempio alle dimensioni delle varie strutture, alla qualità della lettiera, alla numerosità dei gruppi di animali, ma non sono sufficienti da soli a definire il benessere dell'animale; essi rappresentano punti critici o fattori di rischio (Canali, 2008).

Un'attenta valutazione delle relazioni e delle interazioni tra i diversi fattori quali strutture di allevamento, *management*, e rilievi sugli animali (patologie, reattività comportamentale, parametri ematici) renderà possibile determinare l'importanza di tali fattori nella definizione dello stato di benessere degli animali allevati. I risultati ottenuti potranno così essere utilizzati per selezionare i parametri più importanti da usare nello strumento di valutazione del benessere in campo.

<i>Animal Criteria</i>	<i>Design Criteria</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Stato sanitario • Prestazioni produttive • Parametri ematologici, ematochimici e ormonali • Parametri comportamentali • Punteggi per lesioni corporee (<i>Body Damage Score</i>) • Punteggio per lesioni del piede (<i>Foot Damage Score</i>) • Punteggio per la pulizia degli animali 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilità di contatto sociale (allevamento in gruppo) • Pulizia e salubrità dell'ambiente • Spazio disponibile • Disponibilità di acqua • Alimentazione (compresi gli alimenti che influenzano la competizione per l'alimento) • Presenza di materiale di arricchimento ambientale • Stabilità sociale del gruppo • Qualità dell'aria • Divisione funzionale delle aree (defecazione, riposo) • Comfort termico • Comfort area di riposo • Illuminazione

Tabella n.1 - Principali criteri, animali e strutturali, utilizzabili per la valutazione del benessere dei suini (Scipioni et al., 2009).

Nel 2006 la Commissione Europea ha pubblicato un piano d'azione sulla protezione e il benessere degli animali; esso identifica l'introduzione di indicatori standardizzati di benessere come una delle 5 aree di azione per il periodo dal 2006 al 2010 (Commissione Europea, 2006). Inoltre, il suddetto piano d'azione comunitario prevede un sistema di classificazione per le pratiche di benessere animale, che consente di distinguere le aziende che applicano standard minimi di allevamento da quelle che perseguono livelli più alti. In precedenza, la Commissione Europea aveva finanziato il già citato progetto “*Welfare quality*®”, al termine del quale, nell'ottobre 2009, in Svezia è stato pubblicato il protocollo per la valutazione del benessere del suino in allevamento. Il protocollo fa riferimento in diverse sessioni alle differenti categorie della specie animale - suinetto, scrofa, accrescimento e finissaggio - e ai differenti stadi della loro vita. Nel protocollo sono identificati quattro principi fondamentali che si dividono in dodici criteri indipendenti di benessere (Vedi tab. n. 2)

Principi di benessere	Criteri di benessere
Buona alimentazione	1. Soddisfacimento delle esigenze nutrizionali 2. Soddisfacimento delle esigenze idriche
Buona stabulazione	3. Comfort durante il riposo 4. Comfort termico 5. Facilità di movimento
Buona salute	6. Assenza di ferite 7. Assenza di malattie 8. Assenza di dolore dovuto al management
Comportamento appropriato	9. Possibilità di espressione di comportamenti sociali 10. Possibilità di espressione di altri comportamenti 11. Buone interazioni uomo-animale 12. Positivo stato emotivo

Tabella n. 2 - Principi e Criteri che sono la base per il protocollo di valutazione del benessere del suino (*Welfare quality*®, 2009).

In ultimo sono stabiliti i parametri (basati su diversi *animal e design criteria*) per valutare i dodici criteri di benessere giungendo così, attraverso l'elaborazione di

punteggi sulla base dei dati raccolti, a una valutazione complessiva del *welfare* (figura 2).

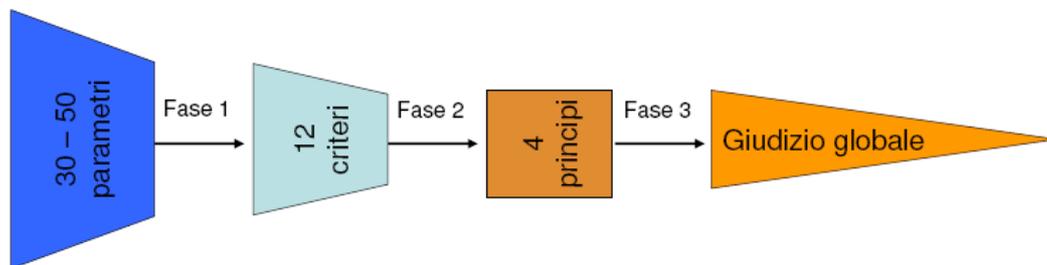


Figura n. 2 - Struttura del sistema di valutazione (Welfare quality[®], 2009).

Nel protocollo non è stato ancora indicato un metodo standardizzato per calcolare il punteggio del suino in finissaggio al macello.

3.3 Valutazione del grado di benessere

La valutazione del grado di benessere di un animale, si basa sulla misurazione oggettiva dei diversi parametri che vengono definiti “**indicatori di benessere**”.

I principali parametri utilizzabili come indicatori di benessere possono essere suddivisi in: fisiologici, etologici, produttivi e patologici.

Tipi di indicatori	Esempi di indicatori
Fisiologici	Livelli ormonali, frequenza cardiaca
Etologici	Etogramma, comportamenti anormali, test comportamentali
Produttivi	Accrescimenti, fertilità
Patologici	Lesioni, malattie

Tabella n. 3 – Indicatori utilizzati per la valutazione del benessere (Canali, 2008).

La ricerca scientifica ha messo in evidenza che nessun singolo indicatore è in grado di esprimere pienamente il benessere degli animali, mentre il loro utilizzo congiunto può consentire di ottenere una visione completa dello stato di adattamento e di benessere, ed evidenziare eventuali problemi di stress acuto e/o

cronico, che poi si possono ripercuotere negativamente anche sulle *performance* produttive e riproduttive.

Le misurazioni comportamentali e fisiologiche sono state utilizzate per molti anni per valutare la capacità degli animali domestici di affrontare il sistema in cui sono inseriti (Wiepkema e Von Adrichem, 1987; Fraser e Broom, 1990). Si deve, però, tenere in considerazione che la condizione di un animale è peggiore in presenza di lesioni e malattie; infatti, se la crescita o la riproduzione sono alterate da tali fattori, o l'aspettativa di vita è ridotta, il benessere è minore. Inoltre, si possono presentare situazioni in cui un individuo non mostra né segni clinici di malattia, né anomalie comportamentali, ma possono essere presenti cambiamenti fisiologici che indicano difficoltà di interagire con l'ambiente. Al contrario può esserci una crescita normale, ma alterazioni nel comportamento. Quindi è necessario l'utilizzo completo di tutti gli indicatori per valutare sia la situazione psicofisica, sia l'adeguatezza del sistema che determina il grado di espressione delle potenzialità produttive e riproduttive del soggetto.

3.3.1 Indicatori fisiologici

La condizione di stress si verifica ogni qual volta un individuo si trova di fronte a una situazione avversa o a un potenziale pericolo che, per essere contrastati, richiedono un aumento della quota di energia disponibile attraverso la mediazione della ghiandola surrenale. I tipi di risposta fisiologica prevedono l'attivazione del sistema simpatico e della ghiandola midollo-surrenale con liberazione di catecolamine e l'attivazione del sistema ipotalamo-ipofisi-corticosurrenale con liberazione periferica di glicocorticoidi che provocano un prolungamento delle attività metaboliche iniziate con la risposta catecolaminergica.

Attività ipotalamo-ipofisi-corticale della surrenale

La risposta della corteccia surrenalica si attiva in diverse situazioni problematiche e di emergenza, ed è molto utile nel controllo del benessere animale.

I glucocorticoidi vengono prodotti quando l'organismo ha bisogno immediato di energia, quindi la produzione può essere una condizione tanto fisiologica quanto patologica.

Nell'interpretazione dei livelli di questi ormoni si devono prendere in considerazione: la durata della risposta, la normale fluttuazione giornaliera nella produzione da parte della corticale surrenalica e l'aumento dell'ormone in relazione al problema.

Quando un animale è disturbato sufficientemente da un evento da permettere una risposta cortisonica, il livello ematico dei glucocorticoidi aumenta dopo circa due minuti. Il picco compare dopo cinque/venti minuti e comincia a diminuire a quindici/quaranta minuti. Quindi gli effetti di un'esperienza a breve termine, possono essere immediatamente valutati dall'aumento dei glucocorticoidi nel sangue, nella saliva o nelle urine.

Le condizioni di allevamento possono stimolare in modo intermittente la secrezione di questi ormoni, il cui aumento può essere non rilevato con prelievi casuali. Una raccolta regolare di sangue fornisce, invece, informazioni più attendibili (Ladewig e Von Borrel, 1988).

I test di funzionalità surrenalica possono rilevare una eventuale elevata frequenza di risposta cortisonica da parte dell'animale, in quanto il continuo stimolo risulta da un'imponente attività di sintesi enzimatica. Il test più utilizzato a questo scopo è la stimolazione con ACTH al fine di produrre una massima secrezione di glucocorticoidi: l'ampiezza della risposta indica la frequenza e la severità della secrezione di ormoni causata dalle condizioni di allevamento. Ad esempio durante situazioni di aggressività che si manifestano per lo stabilirsi dell'ordine gerarchico, le scrofe che risultano sottomesse presentano una maggior risposta al test di stimolazione con ACTH rispetto alle scrofe che sono risultate dominanti o a quelle che non hanno avuto atteggiamenti di lotta (Mendl et al., 1992). Se però le condizioni negative sono più gravi e prolungate, si assiste a un esaurimento della corticale surrenalica e a una minore risposta alla stimolazione con ACTH, con conseguente peggioramento del benessere del soggetto (Ladewig e Smidt, 1989). Quindi, un aumento del cortisolo a seguito di stimolazione con ACTH,

attesta una mancanza di benessere, mentre una mancata risposta non dimostra il contrario.

La secrezione di glucocorticoidi avviene in maniera pulsatile con variazioni diurne e notturne (Ladewig e Smidt, 1989). Nell'attività di campionamento è necessaria molta attenzione per evitare che questi cambiamenti fisiologici oscurino gli effetti stressanti dell'allevamento (Ladewig, 1987). Si deve anche tenere in considerazione l'influenza dei ritmi circadiani sulla produzione di tali ormoni: si hanno normalmente livelli ematici più elevati al mattino in animali ad attività diurna, ad esempio nel cavallo e nel suino, al contrario si hanno livelli ematici più elevati nelle ore serali in animali ad attività notturna, gatto e felini in genere.

Anche la natura dello stimolo può influenzare la reazione degli animali (Mason e Mendl, 1993). Aumenti di cortisolo sono stati associati a paura e ansia, mentre il dolore non provoca questa risposta (Rushen, 1986). Al contrario, il dolore prolungato può indurre una diminuzione di tali valori (Lay et al., 1992).

Catecolamine

La valutazione della liberazione di adrenalina e noradrenalina presenta più difficoltà rispetto a quella del cortisolo ed è difficile da quantificare, visto che le catecolamine vengono rilasciate 1-2 secondi dopo la percezione dello stimolo. La loro misurazione non viene utilizzata per valutare gli effetti delle condizioni di allevamento sul benessere animale.

Frequenza cardiaca

Come per i glucocorticoidi, la frequenza cardiaca è influenzata da altri fattori fisiologici, oltre la paura e l'ansia, come le necessità metaboliche generali e i ritmi circadiani. Quindi è importante distinguere tra gli effetti metabolici ed emozionali, e assicurarsi che l'emozione stessa non rechi molto disturbo all'animale (Broom e Johnson, 1993). La frequenza cardiaca fornisce informazioni sugli effetti degli stimoli a breve termine.

Risposta immunitaria

La variazione del tasso ematico di glicocorticoidi determina variazioni della forma leucocitaria, ma non è detto che solo lo stress ne determini una modificazione. La cosa migliore è valutare il rapporto tra neutrofili e linfociti e la valutazione dell'attività dei linfociti *T Helper* e *T Suppressor*. Per valutare la moltiplicazione dei linfociti T si utilizzano dei metodi in vitro in cui le cellule sono esposte a mitogeni. La diminuzione della capacità di divisione dei linfociti è un indice molto più sensibile per la valutazione del benessere del soggetto, piuttosto che la loro semplice conta (Broom e Johnson, 1993). L'aumento di cortisolo provoca una modificazione della formula leucocitaria determinando il cosiddetto leucogramma da stress che consiste in una diminuzione dei linfociti e un aumento dei granulociti neutrofili nel sangue (McGlone et al., 1993). Questa alterazione dell'immunocompetenza rende l'animale più vulnerabile a infezioni e all'insorgenza di patologie, compromettendo il suo benessere.

3.3.2 Indicatori comportamentali

I cambiamenti nel repertorio comportamentale espresso dall'animale, permettono di visualizzare precocemente la reazione dell'organismo alle sollecitazioni ambientali. Lo studio del comportamento come indicatore di benessere deve essere svolto con metodologia adeguata in modo da ottenere una valutazione oggettiva. Prevede l'analisi del completo repertorio comportamentale (etogramma) e l'utilizzo di test specifici (test di preferenza, test di avversione, test della motivazione e della privazione comportamentale) per individuare reazioni a stimoli particolari, e per valutare le preferenze dell'animale e il suo grado motivazionale. Inoltre viene anche considerata l'eventuale manifestazione di comportamenti anormali che si definiscono tali quando si manifestano con frequenza diversa, con moduli comportamentali e in un contesto insolito rispetto ai comportamenti tipici di una determinata specie (Broom e Johnson 1993).

3.3.3 Indicatori patologici

Lo stato di salute è uno stato di benessere completo, a livello fisico, mentale e sociale e non fa riferimento alla sola semplice assenza di malattie e infermità.

Quindi la valutazione dello stato di salute di un animale ha un ruolo fondamentale nella valutazione del benessere.

Lesioni

Le lesioni provocate da un altro soggetto, quelle indotte dall'ambiente fisico o dall'uomo, sono indice di diminuzione dello stato di benessere. La quantificazione delle lesioni, *lesion score*, viene descritta da un metodo applicato da Weng et al. (1998): il grado di lesioni si basa sulla localizzazione (testa, tronco, arti), sulla profondità, sulla lunghezza e sul tempo di guarigione della ferita. Le lesioni possono essere causate da aggressività legata alla gerarchia, ma anche da morsi alla coda ("*tail-biting*") che possono essere frequenti in quanto sono causati probabilmente dalla necessità di investigare e manipolare gli oggetti (Scientific Veterinary Committee, 1997).

Patologie condizionate

L'importanza della patologia dipende non solo dal rischio o dall'incidenza, ma anche dalla sua durata e dal grado di dolore e disagio provocato all'animale (Willeberg, 1991). Tra le patologie condizionate rientrano le patologie podali, che portano a zoppie, le infezioni del tratto urinario, i disordini del sistema riproduttivo, le mastiti e altri problemi legati all'allattamento.

3.3.4 Indicatori produttivi

Esiste una relazione positiva tra le prestazioni produttive degli animali e la qualità dei prodotti da una parte, e il grado di benessere degli animali dall'altra. Tra gli indici produttivi rientrano: la fertilità e la prolificità delle scrofe, l'incremento ponderale, l'indice di conversione e la buona qualità della carne.

I criteri produttivi sono utili per individuare problemi a livello collettivo legati a una cattiva gestione, ma non sono sufficienti per apprezzare il livello di benessere dei singoli animali. Infatti esistono soglie di produttività oltre le quali si può avere una riduzione del benessere; ad esempio una esasperata efficienza economica nello sfruttamento delle scrofe può portare a un accorciamento della vita produttiva che si traduce in una maggiore quota di rimonta. Un altro caso di contrasto tra le prestazioni e il benessere è rappresentato dallo sfruttamento del gene per la sensibilità all'alotano, che da una parte determina una maggiore percentuale di carne magra nella carcassa, ma dall'altra rende il suino più sensibile allo stress, che può portare l'animale all'ipertermia maligna (Russo, 2001).

3.4 Benessere del suino in allevamento

Ogni specie presenta caratteristiche peculiari, sia per la sua genetica e la sua evoluzione, sia per i metodi attraverso cui viene allevata.

Così, nel caso del suino, come di altre specie, per studiare i problemi del benessere è necessario partire dal comportamento della specie in condizioni naturali, fino ad analizzare le modificazioni intervenute nel corso del passaggio dallo stato brado alle forme di allevamento, estensive ed intensive, al fine di comprendere le condizioni dell'animale in relazione ai suoi tentativi di adattarsi all'ambiente.

3.4.1 Il comportamento sociale del suino

Il suino domestico trae origine dal cinghiale europeo, la cui domesticazione risale probabilmente a 5.000-10.000 anni fa (Clutton-Brock, 1981).

Nonostante la domesticazione e la selezione abbiano modificato gli aspetti basilari della anatomia e della fisiologia del suino, tra le due specie esistono delle analogie riferibili prevalentemente all'organizzazione sociale, mentre le variazioni comportamentali sono in genere quantitative, cioè sono state modificate la frequenza e la selettività delle reazioni (Fradrich, 1974; Graves, 1984).

Il comportamento sociale è costituito da sequenze comportamentali che, tramite diversi mezzi di comunicazione, permettono il coinvolgimento di due o più individui di una stessa specie. Il meccanismo di riconoscimento si basa su stimoli di tipo olfattivo e, secondariamente, visivo (Ewbank et al., 1974; Meese et al., 1975). La società animale si definisce come un gruppo di individui della stessa specie che stando insieme per un determinato periodo di tempo e in una determinata area geografica, interagiscono tra loro più attivamente di altri conspecifici non appartenenti al gruppo (Lucaroni, 1998). L'organizzazione sociale è funzionale al sostentamento e alla difesa dell'individuo. Negli animali che vivono in gruppi organizzati vi è una netta divisione dei ruoli e la caratteristica principale di una società individualizzata è l'esistenza di un ordine gerarchico, intendendo per società individualizzata una forma sociale voluta in cui il gruppo di animali è tenuto insieme da vincoli di conoscenza personale. L'ordine gerarchico si stabilisce in seguito a conflitti più o meno ritualizzati tramite i quali gli animali più forti e più capaci riescono ad occupare i ranghi più elevati, mentre gli altri diventano subordinati.

Etogramma delle interazioni sociali del suino

Le interazioni sociali sono dei moduli comportamentali che vengono messi in atto ogniqualvolta un animale compie un comportamento che è diretto verso un altro animale e sono caratteristiche di tutti gli animali "sociali".

Nel suino le interazioni sociali si riferiscono prevalentemente a quattro categorie (Ewbank e Meese 1971; Bryant e Ewbank 1972):

- **Aggressione:** interazione aggressiva accompagnata da contatto fisico.
- **Minaccia:** interazione aggressiva senza contatto fisico.
- **Sostituzione (*replacement*):** interazione caratteristica di rapporti di dominanza-sottomissione, tramite cui il suino, generalmente il dominante, "rimpiazza" un altro specialmente alla mangiatoia.
- **Sottomissione:** interazione caratteristica di rapporti di dominanza-sottomissione, manifestata prevalentemente con atteggiamenti di "retrocessione" e "allontanamento".

Il repertorio dei comportamenti del suino, messi in atto nello svolgimento delle interazioni sociali, viene descritto dall'*etogramma* che è una metodologia descrittiva del comportamento.

Nel suino si riconoscono fondamentalmente dieci moduli di interazione sociale (Jensen 1980):

1. PRESSING PARALLELO: i suini sono in piedi, fianco a fianco e si spingono a vicenda, vigorosamente, l'uno contro l'altro. Variante - PRESSING PARALLELO CON MORSO: come sopra ma con morso diretto verso la testa, il collo o i fianchi dell'altro suino.
2. PRESSING PARALLELO INVERSO: i suini sono in piedi, uno di fronte all'altro e si spingono vigorosamente con le spalle.
3. COLPO TESTA-TESTA: è un rapido colpo in avanti o laterale, dato tramite la testa o il grugno, contro la testa, il collo o le orecchie di un altro suino. La bocca dell'animale che dà il colpo è chiusa. Variante - COLPO TESTA-TESTA CON MORSO: come sopra ma con morso diretto verso la testa, le orecchie o il collo dell'altro suino.
4. COLPO TESTA-CORPO: è un rapido colpo in avanti o laterale, dato tramite la testa o il grugno, contro una parte del corpo dietro le orecchie. La maggior parte dei colpi vengono rivolti alla parte anteriore del corpo del ricevente. La bocca dell'animale che dà il colpo è chiusa. Variante - COLPO TESTA - CORPO CON MORSO: come sopra ma con morso.
5. FARE LEVA: un suino solleva l'altro ponendo il grugno sotto il corpo del ricevente.
6. NASO-NASO: un suino avvicina il naso alla testa, alle orecchie o al naso di un altro suino. Generalmente è associato a un lieve contatto fisico.
7. NASO-CORPO: un suino avvicina il naso al corpo di un altro suino, dietro le orecchie, tranne alla regione genitale. Generalmente è associato a un lieve contatto fisico.
8. NASO-GENITALE: un suino avvicina il naso alla zona genitale di un altro suino. Generalmente è associato a un lieve contatto fisico.

9. **INCLINAZIONE DELLA TESTA:** un suino abbassa la testa e la inclina verso un altro suino. Solitamente la posizione viene mantenuta per qualche secondo.
10. **ALLONTANAMENTO:** un suino si allontana velocemente da un altro, mantenendo la testa alta. Il movimento è accompagnato spesso da uno strillo.

Analisi dei patterns di interazione agonistica

Le interazioni sociali agonistiche si riferiscono principalmente a tre tipi di interazione: **aggressione, minaccia e sottomissione** (Bryant e Ewbank 1972). L'ordine sociale di dominanza esiste in tutti i gruppi di suini adulti e la sua funzione è di diminuire il livello di aggressione all'interno del gruppo (Meese e Ewbank 1973). La dominanza si definisce come “una priorità per effettuare un approccio a una situazione o per evitarla” (Van Kreveld 1970).

In base ai moduli definiti precedentemente dall'etogramma, il **PRESSING PARALLELO** e il **PRESSING PARALLELO INVERSO** sono per definizione dei comportamenti agonistici che si manifestano solo durante atteggiamenti di aggressione, solitamente quando si deve stabilire la gerarchia dominante all'interno del gruppo; l'**ALLONTANAMENTO** invece è correlato ad atteggiamenti di fuga (Jensen 1982).

L'interpretazione oggettiva del significato di ogni modulo di interazione sociale può essere svolta relazionando statisticamente tutti i comportamenti sociali all'aggressione o alla fuga.

Analisi della sequenza di interazioni inter-individuali

Tutte le interazioni vengono considerate come delle “transizioni” da un comportamento all'altro. Ad esempio se un suino (A) esegue **NASO-NASO**, e l'altro (B) si allontana, la transizione considerata è: (A) **NASO-NASO** – (B) **ALLONTANAMENTO**. Se invece il suino compie un'interazione come **NASO-GENITALE** e questa non è seguita da nessun comportamento nel ricevente, la

transizione considerata è NASO-GENITALE - NESSUNA REAZIONE (Jensen 1982).

Le transizioni più frequenti sono : NASO-NASO - NESSUNA REAZIONE; NASO-NASO - INCLINAZIONE DELLA TESTA; NASO-CORPO - NESSUNA REAZIONE. Il modulo NASO-NASO, può essere interpretato sia come un comportamento di riconoscimento individuale, sia come un atteggiamento di lieve minaccia quando è seguito dall'INCLINAZIONE DELLA TESTA. Questo indica anche che NASO-NASO è iniziato principalmente dal suino dominante. Il COLPO TESTA-TESTA e il COLPO TESTA-CORPO sono soprattutto dei comportamenti "iniziali", cioè iniziano le transizioni da un *pattern* all'altro; entrambi sono dei comportamenti aggressivi o di minaccia e le transizioni più frequenti sono COLPO TESTA-TESTA/CORPO – ALLONTANAMENTO o NESSUNA REAZIONE.

L'ALLONTANAMENTO e l'INCLINAZIONE DELLA TESTA solitamente vengono attuati alla fine di una sequenza comportamentale. NASO-CORPO e NASO-GENITALE sono dei comportamenti simili, solitamente effettuati dai suini subordinati, e sono seguiti da NESSUNA REAZIONE. Possono essere inoltre considerati come dei moduli attuati per il riconoscimento individuale (Jensen 1982).

Analisi della lotta

Ovviamente la lotta è un comportamento aggressivo. È possibile analizzare questi comportamenti considerando il modulo di interazione mostrato immediatamente prima della colluttazione, quindi "comportamento iniziale", e l'ultimo *pattern* che viene effettuato, "comportamento finale".

Generalmente i comportamenti che danno inizio a questo tipo di interazione agonistica sono: COLPO TESTA-TESTA, COLPO TESTA-CORPO e NASO-NASO, mentre quelli finali sono l'INCLINAZIONE DELLA TESTA e l'ALLONTANAMENTO (Jensen 1982).

Analisi della dominanza

L'analisi della dominanza si basa sul calcolo di tre parametri:

1. Ordine di evitamento (*avoidance order*): L'ordine di evitamento è utile per confrontare diversi tipi di ordini sociali. Si calcola utilizzando i comportamenti INCLINAZIONE DELLA TESTA e ALLONTANAMENTO e valutando in ogni coppia di suini la direzione di questi due *pattern*. Se vengono eseguiti in maniera unidirezionale, cioè è solo un suino che si rivolge a un altro, si assegna il punteggio di 2.0. L'animale che non mostra mai nessun comportamento di evitamento viene definito "dominante" e la relazione tra i due animali viene definita "stabile" (Jensen 1982).
2. Indice di evitamento: L'indice di evitamento (I.E.) si calcola utilizzando la formula seguente

$$I.E. = 2a / n(n-1)$$

dove a = numero di relazioni "stabili"; n = numero di animali del gruppo.

L'indice esprime il totale delle relazioni "stabili" tra due animali comparate con tutte le possibili combinazioni all'interno del gruppo. Il valore varia da 0.0 a 1.0, dove 0.0 indica che tra nessuna coppia di animali c'è un ordine di evitamento stabile, cioè non sono ancora stabiliti i rapporti di dominanza/sottomissione; il valore 1.0 indica che tutte le relazioni sono "stabili" (Jensen 1982).

3. Rapporto attacco/ritirata: Questo rapporto tiene conto delle interazioni aggressive ed è un indice del livello di aggressione presente nel gruppo. Si valuta tenendo conto del numero di attacchi e del numero di ritirate. Un valore inferiore a 1.0 indica che gli animali evitano gli incontri aggressivi, mentre un valore più elevato di 1.0 indica che non tutti gli attacchi sono seguiti dall'evitamento dell'aggressione (Jensen 1982).

L'analisi della sequenza inter-individuale e la distribuzione di frequenza dei moduli di interazione sociale in situazioni diverse permettono un'interpretazione del significato dei comportamenti sociali. Per definizione il PRESSING-PARALLELO e il PRESSING-PARELLELO INVERSO sono comportamenti correlati all'aggressione e vengono attuati solo durante la lotta. Sempre per

definizione l'ALLONTANAMENTO è collegato con atteggiamenti di evitamento o di fuga. Tutti gli altri tipi di moduli di interazione sociale possono essere messi in relazione statistica con i precedenti, e se ne può valutare l'effetto aggressivo.

Comportamento	Aggressione – evitamento
PRESSING PARALLELO/INVERSO	Diminuzione aggressione
COLPO TESTA-TESTA	Diminuzione aggressione
COLPO TESTA-CORPO	Diminuzione aggressione-neutrali
NASO-NASO	Neutrale
NASO-CORPO	Neutrale - aumento dell'evitamento
NASO-GENITALE	Aumento dell'evitamento
INCLINAZIONE DELLA TESTA	Aumento dell'evitamento
ALLONTANAMENTO	Aumento dell'evitamento

Tabella n. 4 - Correlazione tra comportamento e grado di aggressività.

I comportamenti sono elencati in modo decrescente rispetto all'effetto aggressivo che possono suscitare nel ricevente. I comportamenti neutrali non provocano né una reazione aggressiva, né una reazione di evitamento (Jensen,1982, modificato, tabella sopra n. 4).

In base a quanto descritto precedentemente, emerge che “l'ordine di evitamento” regola il livello di aggressione all'interno del gruppo. Questo è sostenuto dal fatto che sia l'ALLONTANAMENTO sia l'INCLINAZIONE DELLA TESTA (utilizzati per stabilire l'ordine di evitamento), provocano NESSUNA REAZIONE nel ricevente e sono preceduti da comportamenti aggressivi o da atteggiamenti di minaccia (COLPO TESTA-TESTA e NASO-NASO) (Jensen 1982).

3.4.2 Organizzazione sociale

Il suino è un animale gregario. Nella specie suina l'aggregazione sociale primaria è rappresentata dalle femmine con le loro nidiate (Mauget, 1981), mentre i maschi sono usualmente solitari e solo durante la stagione degli accoppiamenti si uniscono al gruppo.

La vita di gruppo fa parte di una strategia anti-predatoria.

All'interno del gruppo esiste una gerarchia lineare in cui una scrofa domina su tutte le altre; l'ordine gerarchico si basa sull'età e sulla taglia degli animali. Il riconoscimento individuale è basato prevalentemente sull'olfatto, mentre la vista non ha una grande importanza quando viene stabilito l'ordine sociale (Baldwin, 1974). La scrofa che è dominante lo è per tutti i membri del gruppo. Allo stesso modo i giovani, mantengono tra loro un ordine gerarchico ben definito.

La natura gregaria si ritrova anche nei suini addomesticati; i suini domestici mantengono la stessa struttura sociale, ma probabilmente hanno difficoltà a mantenere una gerarchia sociale stabile quando vengono allevati in gruppi numerosi, oppure quando la densità è molto elevata (Jensen e Redbo, 1987).

Il territorio abitualmente occupato dal gruppo di femmine o dai maschi solitari, viene definito *home range* e la sua estensione è in funzione delle risorse alimentari e delle caratteristiche del territorio. La scrofa e la progenie hanno un *home range* di 100-500 ha e la caratteristica fondamentale è la presenza di un nido comune dove tutte le scrofe e la progenie dormono durante la notte, tranne durante la stagione dei parti. I maschi presentano un *home range* che può arrivare a 2.500 ha, circa sei volte più ampio a quello occupato dalle femmine (Mauget 1980). In condizioni di allevamento i suini domestici tendono ad utilizzare integralmente le aree rese disponibili.

L'attività dei suini selvatici è fortemente condizionata dai rapporti con i predatori; se la pressione di questi ultimi è forte, l'attività dei suini sarà prevalentemente notturna. In generale è stato dimostrato che sebbene il suino selvatico abbia una buona attività registrata durante le ore crepuscolari e notturne, esso è originariamente un animale diurno e i suoi occhi sono poco adatti a vedere con una luce di bassa intensità (Graf, 1976; Mauget, 1980) e i periodi di maggiore attività sarebbero il mattino e il tardo pomeriggio, con periodi di riposo durante la notte e nelle ore centrali del giorno (Zonderland et al., 2008).

La natura diurna del suino viene anche confermata da studi sulla morfologia e anatomia dell'occhio. Zonderland et al. (2008) hanno dimostrato che il suino ha un occhio molto simile a quello umano e pertanto poco adatto alla visione con una bassa intensità luminosa. La retina, la pupilla e il cristallino sono molto più simili a quelli dell'uomo piuttosto che a quelli di un altro animale zootecnico (Klopfer,

1965; Graf, 1976). Entrambe le specie hanno stessa dimensione del bulbo oculare e area retinica, il che suggerisce una simile capacità visiva, anche se il suino ha un minor numero di cellule coniche rispetto all'uomo, il che implica una minore capacità visiva in condizioni luminose di debole intensità (Zonderland et al., 2008).

Inoltre a conferma della natura diurna del suino è stata dimostrata nel suo occhio, così come in quello del coniglio, l'assenza del tappeto lucido, struttura altamente specializzata, tipicamente presente nell'occhio di animali notturni come il gatto (Alina et al., 2008).

4. INTENSITÀ LUMINOSA E FOTOPERIODO

4.1 Illuminazione e ritmi endogeni

Negli allevamenti intensivi, oltre a tutti gli altri parametri ambientali, l'illuminazione svolge un ruolo importantissimo sul benessere animale (Baldwin, 1979) in quanto è strettamente correlata ai bisogni primari come l'alimentazione, l'espletamento del repertorio comportamentale e la visione dei propri simili. La luce è correlata con i bioritmi che influenzano diverse attività sia fisiologiche sia comportamentali e deve essere presente durante una porzione specifica del ritmo endogeno (Haupt et al., 2000).

I ritmi vengono regolati da un "orologio biologico circadiano", che sembra essere il nucleo soprachiasmatico dell'ipotalamo. La ritmicità di questo nucleo viene regolata giornalmente dall'epifisi, influenzata a sua volta da fattori esterni come la luce, che condiziona la secrezione notturna di melatonina.

La melatonina segnala al nucleo soprachiasmatico la durata del fotoperiodo ed è quindi un segnale per la regolazione dei ritmi circadiani e di quelli annuali (Lucaroni, 1998).

Nonostante sia ormai nota l'importanza che l'illuminazione riveste all'interno degli allevamenti, la letteratura a riguardo è ancora oggi relativamente scarsa.

Lo studio dell'influenza di questo parametro sul benessere e sulla produttività dei suini, può essere associato agli studi sulla durata del fotoperiodo, in quanto non è possibile distinguere completamente questi due fattori.

Melatonina

Negli animali domestici l'organo deputato alla regolazione del fotoperiodo, che ha la funzione di organizzare "il ritmo e la ciclicità" dell'animale è la ghiandola pineale o epifisi.

L'epifisi riceve informazioni sulla luminosità ambientale tramite l'innervazione simpatica; l'informazione luminosa percepita dall'occhio passa attraverso i nuclei soprachiasmatici (ipotalamo anteriore) e, tramite l'ipotalamo posteriore e le vie

ipotalamo spinali simpatiche, raggiunge il ganglio cervicale superiore. Da qui fibre postgangliari raggiungono l'epifisi e ne regolano l'attività secernente.

L'unico ormone che viene prodotto dall'epifisi è la melatonina.

La pineale presenta un pronunciato ritmo secretorio, con la maggiore attività durante la notte sia negli animali diurni sia negli animali notturni.

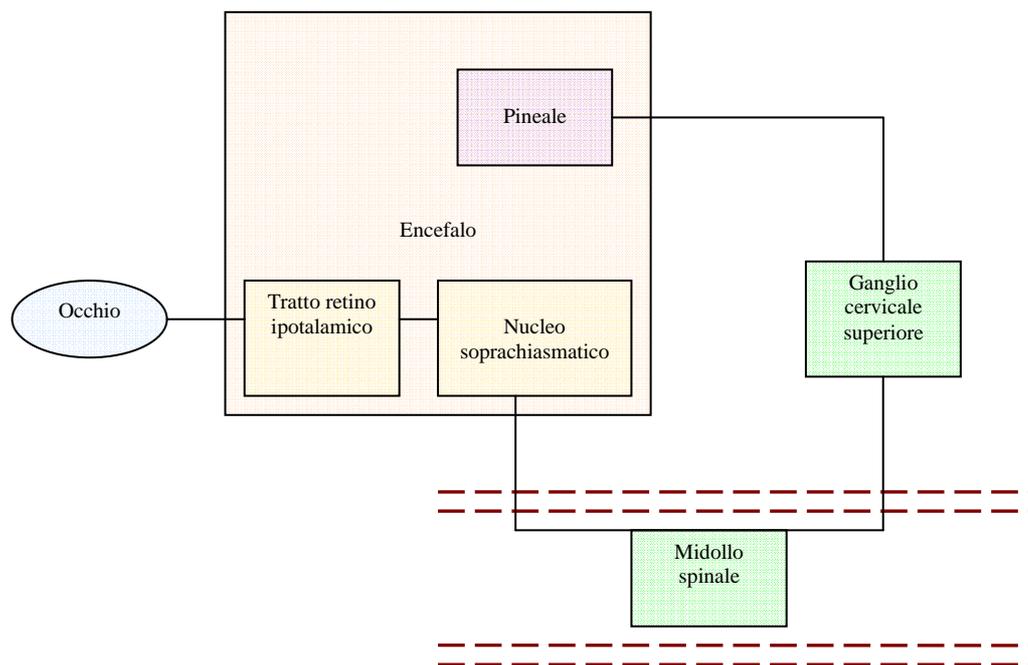


Figura 3 - Schema del percorso dell'informazione luminosa dall'occhio alla ghiandola pineale nei mammiferi (Aguggini et al., 1998).

La melatonina non ha solo il compito di regolare il ritmo circadiano degli animali, ma ha altre numerose funzioni che influenzano il comportamento, il sistema riproduttore, il cardiocircolatorio, il gastroenterico e il respiratorio.

4.2 Effetti dell'intensità luminosa e del fotoperiodo sull'attività giornaliera e sul comportamento

I suini spesso vengono allevati in condizioni di illuminazione decisamente più scarse rispetto ai limiti imposti per legge (D.lgs.53/2004), le motivazioni degli allevatori a sostegno di questa scelta si basano sull'osservazione che un'intensità

luminosa alta può aumentare il livello di aggressività dei suini. L'intensità della luce non sembrava essere una variabile di grande importanza per determinare il benessere dei suini secondo Van Putten (1980), il quale non era in grado di dimostrare sperimentalmente che il repertorio comportamentale dei maiali, e indirettamente il loro benessere, fosse influenzato dalla presenza o dall'assenza di luce.

Il suino è un animale diurno e preferisce gli ambienti luminosi a quelli bui, come del resto, anche i selvatici scelgono luoghi riparati, ma che permettono una buona visione dell'ambiente circostante (Tosi et al., 2003).

In suini giovani è stata riscontrata una preferenza per ambienti bui, con intensità inferiore a 4 lux, piuttosto che per ambienti illuminati con un'intensità luminosa superiore a 400 lux, quasi esclusivamente per periodi di inattività in decubito (Taylor et al., 2003).

Altri studi sono stati effettuati per valutare non solo la semplice preferenza per differenti livelli di illuminazione, ma anche la motivazione dei suini a effettuare uno sforzo per ottenere un determinato livello di luminosità. Contrariamente agli studi di Taylor, studi basati su appositi test che misurano la forza delle preferenze, hanno invece dimostrato che i suini preferiscono la luce al buio e che "lavorano" per ottenerla. I test hanno valutato il comportamento dei suini per ottenere differenti livelli di illuminazione: i suini sono stati messi nelle condizioni di discriminare e scegliere tra una intensità di 10 lux e una di 110 lux. I maiali sono stati esaminati ponendoli in stanze nelle quali potevano spegnere e accendere la luce interrompendo un raggio a infrarossi con il grugno. Nella situazione di intensa luminosità i suini hanno speso fino al 54% del loro tempo interagendo con il sistema di accensione per rimanere esposti alla luce, mentre a 10 lux vi hanno speso il 63% del loro tempo (Baldwin e Start 1985). In conclusione i suini erano motivati ad accendere la luce, soprattutto quando erano esposti a una bassa intensità luminosa.

A tal proposito risulta interessante anche la prova condotta da Mattiello et al., (2004) nella quale è stato valutato l'effetto sul benessere animale di due diverse intensità di illuminazione (20 lux vs 40 lux). Sono state effettuate delle osservazioni comportamentali con metodo *scan sampling* su 224 suini stabulati in

16 box a una densità di 16 m²/capo; tra i comportamenti osservati, l'unico che ha presentato delle variazioni in funzione dell'intensità luminosa è risultato il comportamento di "cane seduto", che è stato manifestato in maniera significativamente più elevata nei box a 20 lux rispetto a quelli con 40 lux. Questo potrebbe essere interpretato come uno stato di maggiore apatia dei suini in un ambiente scarsamente illuminato, che offre minori possibilità di interazioni visive con i conspecifici e con l'ambiente circostante. La postura a "cane seduto", è infatti un tipico atteggiamento di apatia manifestato da animali che si trovano in uno stato di depressione, dovuto a disadattamento per le cattive condizioni di vita e/o ambientali (Broom e Johnson, 1993). Inoltre lo spostamento nelle aree di defecazione, meglio illuminate, è l'espressione della preferenza per ambienti più luminosi. Altro rilievo è che non sono stati rilevati aumenti di aggressività a 40 lux, come invece si temeva (Mattiello et al., 2004). Anche Christison (1995) conferma che una maggiore o minore luminosità non influisce sull'aggressività.

Un altro studio condotto da Simonsen nel 1990 è arrivato a dimostrare che un gruppo di suini all'ingrasso, sistemati in dei recinti *multi activity*, svolgevano la maggior parte delle loro attività soprattutto nelle ore diurne, con maggior frequenza al mattino e nel tardo pomeriggio. Questi maiali reagivano allo stesso modo se sottoposti a 16 ore di luce (dalle 5:00 alle 21:00) e 8 ore di buio, con due picchi di frequenza per l'assunzione di cibo: uno appena le luci venivano accese e il secondo subito dopo lo spegnimento delle stesse. Inoltre il maggior numero di volte che si dirigevano alla mangiatoia per assumere cibo era nelle ore più fresche della giornata, cioè la mattina presto e il tardo pomeriggio (Feddes et al., 1989).

Per Piggins (1992) i maiali non cercano ambienti luminosi quando svolgono la normale attività quotidiana, ma preferiscono la luce quando devono alimentarsi; in più richiedono una quantità di luce maggiore quando hanno comportamenti abituali come il grufolare. L'intensità della luce dovrebbe consentire ai maiali di vedere abbastanza bene, riuscire a distinguere piccoli oggetti o segnali visivi e poter vedere quello che stanno grufolando.

4.2.1 Effetti del fotoperiodo sull'apparato riproduttore

Per quanto riguarda l'influenza delle stagioni (e quindi indirettamente del fotoperiodo, ma anche della temperatura) sulle performance della scrofa, Prunier et al. (1996) hanno verificato che il suino è una specie che presenta delle modificazioni riproduttive tutto l'anno e quindi non può essere ritenuta soggetta ad una ciclicità stagionale. Ad esempio l'intervallo tra lo svezzamento e l'estro è molto più lungo in quelle scrofe che allattano durante l'estate e la produzione latte si arresta rapidamente. Queste variazioni sono maggiormente manifeste nelle primipare rispetto alle scrofe pluripare.

La prolungata durata del fotoperiodo e, ovviamente, l'aumento della temperatura ambientale giocano un ruolo fondamentale nel prolungamento della fase di anestro.

Il meccanismo neuroendocrino che regola il ciclo estrale è costituito dall'asse ipotalamo-ipofisi-ovaio.

Negli animali in cui l'estro è stagionale il fotoperiodo regola il meccanismo riproduttivo influenzando la secrezione di melatonina da parte della ghiandola pineale, con conseguente effetto sulle gonadotropine. Nei maiali domestici, invece, la secrezione diurna di melatonina è incostante e l'incremento notturno dell'ormone non è sempre osservato.

La durata della fase di luce non sembra influenzare la secrezione delle gonadotropine nelle scrofe primipare.

Il prolungamento del fotoperiodo, unitamente a un innalzamento della temperatura ambientale, porta le scrofe ad alimentarsi di meno, arrivando a uno stato di malnutrizione.

Nei verri si è notato che con un aumento delle ore di luce la funzione riproduttiva è influenzata negativamente, come conseguenza della modificazione della secrezione di steroidi (Superchi et al., 1998).

4.2.2 Effetti del fotoperiodo sulle secrezioni gastroenteriche e sull'assunzione di alimento

Per dimostrare che variando la secrezione di melatonina e quindi modificando il fotoperiodo, varia anche l'attività del gastroenterico, è stata condotta una prova che mirava a valutare l'andamento della secrezione pancreatica. Nello studio erano coinvolti suini di 6- 7 settimane di età, maschi interi, sottoposti a una dieta standard di orzo, farina di soia e farina di pesce e alimentati tre volte al giorno, precisamente alle 8:00, alle 15:00 e alle 22:00. I suini erano in gabbie metaboliche e sottoposti a un regime di 12 ore di luce alternate a 12 ore di buio. Quando la luce era accesa l'intensità andava da 300 a 400 lux, a luce spenta l'intensità era di 6 lux con una normale lampadina a luce bianca, oppure 0,3 lux con una lampada a infrarossi. Successivamente, attraverso un catetere localizzato a livello del pancreas, a intervalli di 30 – 60 minuti per 72 ore, venivano prelevati dei campioni di succo pancreatico, per procedere alla misurazione in laboratorio della tripsina dopo attivazione con enterochinasi e della chimotripsina dopo attivazione da parte della tripsina. Sia il ritmo circadiano che quello ultradiano sembra si sovrappongano nella regolazione della secrezione pancreatica e delle funzioni del tratto gastroenterico.

Modificando l'intensità luminosa e la durata della fase di buio si sono potute effettivamente notare delle variazioni nella secrezione pancreatica, in quantità e in qualità. È stato dimostrato che un pasto somministrato e consumato durante la fase di illuminazione presentava elementi di maggiore efficacia relativamente alla secrezione di enzimi pancreatici rispetto al pasto consumato durante la fase di buio (Thaela et al., 1998).

Nel 2002 uno studio (Bruininx et al., 2002) ha cercato di correlare il prolungamento del fotoperiodo con l'assunzione di cibo e con la quantità di energia metabolica prodotta, in suinetti nella fase di svezzamento. Soprattutto in questa fase dell'allevamento è necessario tenere sotto controllo gli animali, in quanto più soggetti a malattie. La quantità di cibo che viene assunta dai suinetti è una determinante importante per la *performance*, ma può anche riflettere lo stato di salute dei maiali svezzati.

Il periodo dello svezzamento è caratterizzato dall'atrofia dei villi nel piccolo intestino, considerata come fattore predisponente a gravi problemi di salute nel periodo post-svezzamento (es. diarrea e mortalità precoce).

La prima settimana dopo lo svezzamento è caratterizzata da una riduzione dell'ingestione alimentare ma anche da un incremento dell'energia richiesta per il mantenimento, associata a un certo grado di stress proprio dovuto allo svezzamento.

Recentemente è stato dimostrato che la maggior parte dei suinetti appena svezzati non si dirigono alla mangiatoia nelle ore di buio, riducendo ulteriormente la quota di energia assunta e abbassando il grado di salute e le *performance*.

In base a queste osservazioni è stato deciso di prolungare il fotoperiodo nelle sale parto, incoraggiando i maialini a un precoce approccio al cibo nei primi giorni post-svezzamento. Un periodo brevissimo senza assunzione di cibo, subito dopo lo svezzamento, è considerato essenziale, per l'integrità della struttura e del funzionamento del piccolo intestino, ma questo non deve essere prolungato. Per vedere gli effetti del prolungamento del fotoperiodo sui suinetti, sono stati presi 40 animali (8 gruppi composti da 5 soggetti), che pesavano in media 8 Kg.

Durante la fase di allattamento avevano libero accesso all'acqua, ma non al mangime; la luce era somministrata dalle 8:00 alle 16:00. La sala aveva una finestra che garantiva un'illuminazione naturale. L'esperimento è stato condotto in inverno, quindi la sala era completamente buia quando la luce veniva spenta.

Immediatamente dopo lo svezzamento 5 coppie di animali provenienti da ciascun gruppo sono state assegnate in maniera casuale a due tesi sperimentali. Nella prima tesi i suinetti erano soggetti a 8 ore di luce (8L:16D), dalle 8:00 alle 16:00, nella seconda, i suinetti erano sottoposti a 23 ore di luce giornaliera (23L:1D), dalle 17:00 alle 16:00. A luce accesa l'intensità era 44 lux, a luce spenta era inferiore a 1 lux.

Tutti i suinetti avevano libero accesso ad acqua e cibo, ogni mangiatoia era posizionata su una bilancia e videoregistrata continuamente da una telecamera.

Ogni gruppo di maiali è stato pesato all'inizio (giorno 1) e nei giorni successivi (giorni 7 e 13). Il tempo che i suini permanevano presso la mangiatoia era di 3

secondi o più e veniva registrato nel database del computer. Ogni visita alla mangiatoia e la sua durata era correlata al peso del mangime prelevato. La quantità di alimento assunta in 3 secondi era di 1 grammo o poco più, valore calcolato per ogni suinetto.

Dopo l'osservazione delle registrazioni, confrontando le quote di alimento assunte, è stato dimostrato che l'ingestione alimentare media giornaliera per il gruppo di maiali 23L:1D era di 71 g/d superiore rispetto alla quantità di cibo assunta dai suinetti 8L:16D, in entrambe le settimane dopo lo svezzamento, con una differenza più accentuata nella seconda settimana.

Lo stesso dicasi per l'energia metabolizzabile: nella seconda settimana era maggiore del 3,2 % nel gruppo di suini allevati con 23 ore di luce.

Basandoci su queste informazioni si può ipotizzare che un allungamento del fotoperiodo da 8 a 23 ore, non solo aumenta la quota giornaliera di alimento ingerito e la quota di energia metabolizzabile, specialmente nella seconda settimana dopo lo svezzamento, ma determina anche un miglioramento dell'incremento ponderale giornaliero.

Tutto questo permette agli animali di disporre di un maggior apporto di energia per il proprio mantenimento, di immagazzinare proteine per l'accrescimento e incrementare la quota di lipidi di deposito.

Considerando le *performance* e l'energia metabolizzabile come il riflesso della salute dei suini svezzati, il presente studio fornisce buone basi per suggerire l'uso di programmi di illuminazione nelle sale parto per ottimizzare il delicato periodo post-svezzamento.

4.2.3 Effetti del fotoperiodo sulla qualità delle carni, sulla sintesi di IGF-I e sul catabolismo muscolare

La qualità della carne può essere influenzata da vari fattori, in particolare il fotoperiodo può determinare delle modificazioni molto importanti.

L'alternarsi del ciclo luce-buio determina soprattutto alterazioni delle catepsine, enzimi proteolitici indispensabili per la stagionatura, la cui attività, se eccessiva, è responsabile del difetto di mollezza del prosciutto.

Esiste una stretta relazione tra catepsina B e pH, caratterizzata da andamento stagionale: si hanno livelli minimi dell'enzima in estate (in particolare in luglio) e massimi in inverno (soprattutto a gennaio), viceversa il pH presenta valori bassi in inverno e alti in estate; questo mostra come l'attività delle catepsine è favorita dalla fuoriuscita a livello citoplasmatico dell'enzima conseguente alla degradazione di membrana indotta dall'abbassamento di pH. L'attività della catepsina B nel suino pesante italiano ha una variabilità stagionale, con un picco massimo in autunno-inverno (Virgili et al., 1996; Bertolini et al., 2003). Infatti, svolgendo indagini di ritmicità dell'attività della catepsina B, raccolte in 4 anni, con ricorrenza annuale e nello stesso allevamento, si è trovata un'alta presenza di questo enzima durante i mesi invernali (Virgili et al., 2002).

Il fotoperiodo è in grado di influenzare molti elementi fisiologici tramite la secrezione della melatonina.

Numerosi sono gli effetti metabolici della melatonina, ma quello che più ci interessa in questa fase della trattazione è la regolazione dell'*Insuline-like Growth Factor* (IGF-I), un ormone che interviene nella regolazione del metabolismo proteico.

Secondo Reeds et al. (1993) l'IGF-I gioca un importante ruolo nella sintesi proteica a livello dei visceri, mentre l'insulina svolge la stessa azione a livello muscolare; al contrario l'IGF-I sarebbe il principale ormone che rallenta la degradazione proteica nel tessuto muscolare, mentre l'insulina esplica la stessa attività nel fegato.

Secondo Dahl et al. (1997) la riduzione della secrezione di melatonina all'aumentare delle ore di luce e il conseguente aumento dell'IGF-I è responsabile nei bovini sia dell'aumento della produzione di latte nelle vacche sia di carne negli animali in accrescimento.

Weiler et al. (1996) hanno dimostrato (utilizzando cinghiali, verri e maschi castrati) che il fotoperiodo influenza il livello sierico dell'IGF-I, che aumenta all'aumentare delle ore di luce; questo effetto è stato individuato sottoponendo contemporaneamente due gruppi di suini a programmi di illuminazione differenti, che simulavano una differenza stagionale di sei mesi.

Secondo questi autori il massimo delle concentrazioni di IGF-I è stato durante il giorno calante (verri: max in ottobre per il fotoperiodo normale e aprile per il fotoperiodo inverso; castrati: max in settembre per il fotoperiodo normale e marzo per il fotoperiodo inverso) e il minimo è stato all'inizio dell'aumento della lunghezza del giorno (verri: minimo in marzo per il fotoperiodo normale e in ottobre per il fotoperiodo inverso; castrati: minimo in febbraio per il fotoperiodo normale e agosto per il fotoperiodo inverso). Soprattutto nei cinghiali, ma anche nei verri il fotoperiodo ha influenzato l'ingestione di alimento, mentre ciò non si è verificato nei castrati. Gli autori concludono dicendo che deve essere accettata l'ipotesi per il suino domestico di una diretta influenza del fotoperiodo sul metabolismo delle proteine.

Un'azione di inibizione dell'IGF-I sull'attività degli enzimi proteolitici lisosomiali (tra cui catepsina B e L) è stata dimostrata recentemente da Fang et al. (2002). Questi rilievi coincidono con l'effetto stagionale rilevato per l'attività della catepsina B che è massima in inverno (quindi all'inizio dell'aumento della lunghezza del giorno), quando minima è l'attività dell'IGF-I. Dunque un aumento delle ore di luce, attraverso l'aumento dell'IGF-I, ridurrebbe la degradazione proteica, cui partecipa anche la catepsina B, spiegando perché in estate, stagione in cui l'illuminazione è maggiore, minore sia l'attività di questo enzima. Tale ipotesi deve essere adeguatamente testata nella nostra realtà, anche perché la latitudine, con conseguente variazione del fotoperiodo, ne è un aspetto fondamentale.

Nel caso del prosciutto crudo la proteolisi si rivela un parametro determinante per la comprensione del quadro di anomalie che incidono sulla qualità del prodotto finito. Infatti nei prosciutti con attività proteolitica molto accentuata si ha, oltre al processo di normale frammentazione proteica, anche una produzione di peptidi e amminoacidi liberi molto elevata, che porta le proteine a livelli disgregativi molto elevati, con risultato che la loro consistenza viene meno. Il risultato di questo processo sono dei prosciutti molli, detti "molloni", senza dimenticare che l'elevata concentrazione di azoto totale non proteico va a guastare la componente organolettica vera del prosciutto (Virgili et al., 1995).

È inoltre chiaro che un allevatore che sappia di produrre animali a rischio di accettabilità per il livello di attività enzimatica, dovrà tenere ben presente l'effetto della stagione per tentare di smorzarlo. A questo punto potrebbero essere utili i risultati di Tast et al. (2001), secondo i quali programmi di illuminazione semplici (cambiamento brusco e non graduale) e relativamente brevi nel tempo (2-3 settimane) con luce intensa, potrebbero determinare una riduzione della secrezione di melatonina.

Parte Sperimentale

5. FINALITÀ DELLE RICERCHE

L'obiettivo generale della presente ricerca è valutare l'effetto della luce sul benessere dei suini in allevamento e sulla qualità dei prodotti carnei da essi derivati. Nello specifico, il presente insieme di ricerche è stato volto all'indagine degli effetti di differenti fotoperiodi artificiali, ovvero di differenti condizioni di illuminazione delle porcilaie sia in intensità, sia in durata, nei confronti delle prestazioni produttive e dei tratti comportamentali, indicatori dello stato di benessere del suino pesante italiano.

I riscontri sperimentali hanno interessato l'ultima fase del ciclo produttivo (fase finale accrescimento e finissaggio) fino alla stagionatura dei prosciutti, soffermandosi sulle risultanze quantitative e qualitative della carne fresca suina e del prosciutto, sulla valutazione dell'etogramma e dei comportamenti sociali del suino.

Considerando che la vigente normativa (Direttiva 120/2008) prescrive per i suini un minimo di 8 ore/die di illuminazione con un'intensità di 40 lux sono state complessivamente eseguite le seguenti prove:

Prova "A" _ 56 suini sono stati divisi in due gruppi: un gruppo A1 (gruppo di controllo) sottoposto a un fotoperiodo di 8 ore (L8:D16) e un gruppo A2 (gruppo sperimentale) sottoposto a un fotoperiodo di 14 ore al giorno (L14:D10); entrambi i gruppi ricevevano un'illuminazione di 70 lux d'intensità.

Prova "B" _ 40 suini sono stati equamente divisi in due gruppi: un gruppo B1 (gruppo di controllo) sottoposto a un fotoperiodo di 8 ore (L8:D16) e un gruppo B2 (gruppo sperimentale) sottoposto a un fotoperiodo di 16 ore al giorno (L16:D8); in entrambi i gruppi è stata utilizzata un'illuminazione di 40 lux;

Prova “C” _ 80 suini sono stati equamente divisi in due gruppi: un gruppo C1 (gruppo di controllo) sottoposto a un'intensità luminosa di 40 lux e un gruppo C2 (gruppo sperimentale) sottoposto a un'intensità luminosa di 80 lux. In entrambi i gruppi la durata dell'illuminazione era di 12 ore al giorno.

6. MATERIALI E METODI

Tutte le prove sono state condotte negli stabulari del Dipartimento di Morfofisiologia Veterinaria e Produzioni Animali - sezione di Zootecnia, Nutrizione e Alimenti - dell'Università di Bologna.

6.1. PROVA “A”

6.1.1 Animali, alimentazione e sistema di allevamento

Per la realizzazione della prova sono stati utilizzati 56 suini (28 maschi castrati e 28 femmine), ibridi commerciali (Landrace x Large White) adatti per la produzione del suino pesante italiano. I suini sono stati ripartiti in due gruppi di 28 animali ciascuno, ulteriormente divisi in 4 ripetizioni costituite da 7 soggetti (4 box per ogni sala, 2 box di maschi e 2 box di femmine).

Gli animali sono stati omogeneamente assegnati a due tesi sperimentali:

il primo gruppo A1 è stato sottoposto a un fotoperiodo di 8 ore di luce, d'intensità pari a 70 lux, precisamente dalle ore 8:00 alle ore 16:00, seguite da 16 ore di buio (8L:16D);

il secondo gruppo A2 è stato sottoposto a un fotoperiodo di 14 ore di luce, della medesima intensità del gruppo A1, dalle ore 6:00 alle ore 20:00, seguite da 10 ore di buio (14L:10D).

Gli animali sono stati seguiti per un periodo di tempo di 2 mesi e mezzo, dal peso medio di 112,5 Kg fino a quello di 160,3 Kg ².

Le sale erano dotate di impianti di controllo del microclima, in modo che questo rientrasse nei parametri standard, e cioè: umidità compresa tra 70 e 80%, temperatura tra 22° e 25° C, anidride carbonica che non superava le 3000-4000 ppm, 20 ppm di ammoniacca, 2.5 ppm di acido solforico.

² 160 Kg è il peso medio della partita al momento della macellazione del suino pesante italiano, definito dal Disciplinare di Produzione del Prosciutto di Parma.

www.prosciuttodiparma.com/download/disciplinare.pdf

Le finestre erano state oscurate in modo da fornire una intensità di luce ben definita. L'intensità luminosa è stata misurata con un esposimetro (Luxmeter HD 8366 della Delta OHM) che, come precedentemente accennato, ha rilevato 70 lux. In accordo con la vigente normativa, ciascun animale poteva disporre di almeno 1 m².

Il pavimento era fessurato, con mangiatoia tipo truogolo presente in ogni box e con superficie libera tale da garantire a tutti e 7 i suini la possibilità di alimentarsi contemporaneamente.

Gli animali del gruppo di controllo e del gruppo sperimentale, ricevevano lo stesso tipo di dieta (tab. 5; tab. 6; tab. 7).

La razione è stata somministrata in forma liquida secondo un rapporto sostanza secca : acqua = 1 : 3.

INGREDIENTI	%
Mais	53,05
Orzo	24,00
Soia	14,00
Crusca	6,00
Carbonato di calcio	1,20
Fosfato bicalcico	0,75
Integratore	0,50
Cloruro di sodio	0,40
L-lisina	0,10

Tabella n. 5 - Composizione centesimale della dieta.

PARAMETRO	
Proteine	15,77
Lipidi	3,24
Fibra	4,22
Ceneri	5,42
Calcio	0,82
Fosforo totale	0,58
Lisina	0,80

Tabella n. 6 - Composizione analitica della dieta (espressa in % della s.s.).

Energia digeribile	3.604,16
Energia netta	2.635,83

Tabella n. 7 - Energia nella dieta (Kcal/Kg s.s.).

I pasti sono stati somministrati 2 volte al giorno: la prima tra le ore 8:30 e le 9:30 e la seconda tra le ore 14:30 e le 15:30, utilizzando un sistema computerizzato che forniva il cibo automaticamente.

Concordemente con la necessità di ottenere carcasse e carni idonee alla trasformazione in prodotti DOP, i suini sono stati sottoposti a razionamento alimentare in ragione di 3,3 Kg/capo/die. I suini sono stati individualmente pesati all'inizio e alla fine della prova per calcolare l'incremento ponderale giornaliero (IPG). Per determinare l'indice di conversione alimentare (ICA), si è altresì provveduto alla registrazione giornaliera dei consumi alimentari per ripetizione e per tesi.

6.1.2 Parametri di valutazione delle carcasse

Rilievi effettuati al macello

Al raggiungimento del peso di macellazione, previsto per il suino pesante italiano, tutti i soggetti sono stati avviati, previo digiuno alimentare di 12 ore, presso gli stabilimenti "C.L.A.I" di Imola – Bologna.

In sede sono state eseguite le seguenti rilevazioni:

- Resa lorda;
- Tenore della carne magra della carcassa determinato con apposito strumento F-o-M (Fat-o-Meat'er) come prescritto dalla normativa (Decisione 2001/468 CE);
- Sezionatura delle mezzene destre per valutare l'incidenza del peso dei singoli tagli magri (prosciutto, lombo, spalla) sul peso della mezzena stessa (ASPA 1991);

- pH del prosciutto determinato con pH-metro portatile, munito di elettrodo a infissione, a 45 minuti e a 24 ore dopo la macellazione a livello del muscolo Semimembranoso;
- Colore del prosciutto rifilato con colorimetro Minolta chroma meter CR 200. Tale misurazione è stata effettuata secondo il sistema CIE L*a*b*, a livello dei muscoli semimembranoso e bicipite femorale.

Con questa metodica si determinano i seguenti parametri colorimetrici:

- L* (luminosità) da 0 (nero) a 100 (bianco);
- a*(coordinata cromatica) da + 50 (rosso) a – 50 (verde);
- b* (coordinata cromatica) da + 50 (giallo) a – 50 (blu).

Mediante tali coordinate sono stati calcolati:

- Croma: radice quadrata di (a^2+b^2)
- Tinta: arcotangente di b/a

Analisi di laboratorio

La capacità di ritenzione idrica è stata determinata mediante il *drip loss* (Honikel, 1998).

Per la preparazione dei campioni da analizzare, sono stati prelevati da 10 soggetti per ogni tesi un campione di lombata (dal quale è stato successivamente isolato il muscolo *Longissimus Dorsi*) e, durante l'operazione di rifilatura, un campione di grasso di copertura dalla coscia. Dopo opportune operazioni di toelettatura, tutti i campioni di magro sono stati congelati, liofilizzati e in seguito macinati. Presso il laboratorio del dipartimento di zootecnia della Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Bologna, sono state quindi condotte le analisi volte a determinare la composizione chimica del muscolo *Longissimus Dorsi*, secondo le procedure definite dalla AOAC (2000).

Secondo quanto suggerito da De Pedro, Casillas e Miranda (1997), ogni campione di grasso è stato tritato in piccoli pezzi (approssimativamente di $0,5 \text{ cm}^3$), posto in appositi contenitori da microonde e riscaldato in un forno a microonde da laboratorio MDS-2000, con potenza di 650 W e frequenza di 2.450 MHz per 10

minuti al 33 % della potenza. Il grasso liquefatto ottenuto è stato dunque filtrato attraverso sodio solfato anidro. I campioni di grasso così ottenuti sono stati successivamente utilizzati sia per l'analisi della composizione acidica del grasso di copertura della coscia, mediante gas-cromatografia (Stoffel et al., 1959), sia per la determinazione del numero di iodio secondo il metodo Hanus (AOAC 920.158, Fats and Oil Hanus Method, 1990).

Successivamente per la preparazione degli esteri metilici del grasso sottocutaneo è stata seguita la metodica proposta da Stoffel et al., (1959): 100 mg di grasso sono stati disciolti in 5 ml di soluzione di HCl-metanolo 0,5 N, all'interno di provette di pyrex, e posti a 100° C per 40 minuti. Dopo il raffreddamento venivano aggiunti 2 ml di acqua e 2 ml di esano. A seguito di centrifugazione, veniva prelevata la parte organica superiore pronta per l'impiego. Il campione, quindi, veniva iniettato nel gas-cromatografo munito di rilevatore a ionizzazione di fiamma e di un sistema di iniezione automatico AS 2000 (Thermo Electron Corporation, Milano). La colonna utilizzata era una colonna capillare a silice fusa, lunga 30 metri. La temperatura iniziale della colonna era di 160° C portata in 20 minuti a 250° C. La pressione dell'elio, utilizzato come gas di trasporto, era di 70 KPa e veniva iniettato 1 µl di campione di soluzione (rapporto di splittaggio 1:40). L'identificazione era compiuta confrontando il tempo di ritenzione degli esteri metilici degli acidi grassi sconosciuti con quello di una miscela standard nota

Un'ulteriore ricerca è stata eseguita per valutare l'attività enzimatica all'interno della carne. L'enzima preso in considerazione è la catepsina B. L'analisi è stata realizzata presso la Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari (SSICA) di Parma. La metodica utilizzata per la valutazione riguarda i campioni di muscolo Semimembranoso prelevati dalle cosce refrigerate.

L'attività della catepsina B è espressa come:

nmol di AMC rilasciate min⁻¹ x g muscle⁻¹.

6.1.3 Parametri di valutazione dei prosciutti

Un campione rappresentativo costituito dalle 56 cosce destre è stato sottoposto a stagionatura presso lo stabilimento di Adorni di Langhirano, secondo le

prescrizioni produttive del disciplinare del “Prosciutto di Parma” (1996). Al termine di tale fase, durata 18 mesi, sono stati rilevati i pesi dei prosciutti a fine stagionatura e calcolati i relativi cali.

Da ciascuna coscia stagionata è stata prelevata una fetta dello spessore di circa 1cm. Successivamente sia sul muscolo bicipite femorale sia sul grasso di copertura di ciascuna fetta è stato determinato il colore con colorimetro Minolta chroma meter CR 200 e si è provveduti alla compilazione di una scheda delle caratteristiche sensoriali.

MATRICOLA	MAGRO	GIUDIZIO*
	Superficie bagnata	
	Consistenza	
	Colore disuniforme	
	Colore marrone	
	Macchie	
	Incrostazioni superficiali	
	Marezzatura	
	Tiroxina	
	GRASSO	GIUDIZIO*
	Consistenza	
	Spessore	
	Colore bianco	
	Superficie untuosa	
	GIUDIZIO COMPLESSIVO	

Tabella n 8 - Scheda tecnica di valutazione soggettiva.

**Il giudizio si esprime da 0 a 10 dove 0 indica assenza del carattere e 10 massima presenza del carattere*

Successivamente si è provveduto alla separazione del grasso dal magro per poi procedere ad analisi quantitative e qualitative sia sul magro sia sul grasso di copertura del prosciutto.

Analisi di laboratorio

Le analisi sul magro sono state eseguite sul muscolo bicipite femorale, come indicato dal disciplinare di produzione del prosciutto di Parma, secondo i metodi ufficiali dell'AOAC (2000); il muscolo bicipite femorale viene scelto in quanto, per la sua posizione profonda, riceve il sale solo per lenta diffusione e perde umidità molto gradatamente in un lungo periodo di tempo, cosicché le modificazioni che esso subisce possono essere considerate rappresentative di quelle del prosciutto nelle varie fasi di lavorazione.

Analisi eseguite sul magro:

- Determinazione dell'umidità mediante essiccamento del campione in stufa secondo la metodica AOAC (1995);
- Determinazione del contenuto dei Cloruri secondo metodica AOAC (2000).
- Determinazione delle proteine secondo metodica AOAC (2000);
- Determinazione dell'azoto non proteico secondo metodica (Careri et al., 1993);

La determinazione dell'azoto non proteico permette, assieme alla determinazione dell'azoto totale di conoscere l'indice proteolitico muscolare (Careri et al., 1993).

Analisi eseguite sul grasso:

- Determinazione della composizione acidica del grasso di copertura del prosciutto mediante gas-cromatografia (Stoffel et al., 1959). Per la procedura di preparazione dei campioni e la metodica seguita per la realizzazione dell'analisi, si rimanda alla sezione riguardante le analisi di laboratorio eseguite sulla coscia fresca.

6.1.4 Osservazioni riguardanti il comportamento

I suini sono stati sottoposti a videoregistrazione tramite impianto a circuito chiuso (vedi oltre) per tutto il periodo della prova.

Le rilevazioni sono state effettuate una volta a settimana, scegliendo come giorno di riferimento il mercoledì.

Il programma che ha permesso di acquisire le immagini è il VIDEOCOM (MESA, Arezzo), sistema utilizzato comunemente per la sicurezza nelle banche. In questo modo ogni box era sorvegliato da una telecamera che registrava tutta la giornata, per un totale di 4 telecamere per sala e 8 telecamere complessive.

Il programma VIDEOCOM ha il vantaggio di poter selezionare tramite una tabella l'anno, il mese, il giorno, l'ora, i minuti e la telecamera in modo preciso senza la necessità di fare scorrere tutto il filmato per individuare il momento interessato.

Le registrazioni sono state memorizzate da VIDEOCOM direttamente sul disco fisso di un computer.

I dati rilevati sono stati inseriti all'interno di "schede comportamentali" organizzate secondo tabelle, una scheda per ogni telecamera, da compilare per ogni giornata di rilevazione.

Le tabelle riportano orizzontalmente: una suddivisione della giornata in 24 fasce, corrispondenti alle ore del giorno; una suddivisione di ogni fascia oraria in 6 parti, corrispondenti ognuna a 10 minuti; verticalmente sono stati riportati 10 diversi atteggiamenti, capaci sia di esprimere comportamenti fisiologici, sia manifestazioni anomale (stereotipie, aggressioni).

Per inserire i dati nelle schede sono state effettuate delle osservazioni ogni 10 minuti per 10 secondi, poi si è segnato nella casella corrispondente il numero di maiali che stavano effettuando una determinata azione, onde poter ricavare il comportamento di ogni singolo soggetto. In questo modo sono state compilate 56 schede.

6.1.5 Osservazioni riguardanti le interazioni sociali dei suini

I suini sono stati sottoposti a videoregistrazione per tutto il periodo della prova, tramite il medesimo impianto a circuito chiuso utilizzato per le osservazioni comportamentali.

Anche in questo caso le rilevazioni sono state effettuate una volta a settimana, scegliendo come giorno di riferimento il mercoledì.

I filmati sono stati osservati per valutare le interazioni sociali tra i componenti di ogni box. L'immagine era fatta scorrere e fermata nel momento in cui due o più maiali interagivano tra di loro; a questo punto l'evento veniva annotato all'interno di una tabella, dove veniva registrato anche il numero di soggetti coinvolti e la posizione assunta dagli stessi. Tale scheda (tab. 10) è stata messa a punto tenendo conto dell'etogramma dei moduli di interazione sociale descritti da Jensen (1980) modificandone alcune voci (vedi paragrafo 3.4.1).

La tabella riporta sull'asse delle ordinate il tipo di interazione sociale e sull'asse delle ascisse vengono segnalati:

- ora in cui l'interazione avveniva;
- numero di soggetti coinvolti nell'interazione;
- posizione assunta dagli animali, che poteva essere: I - in piedi; DS - decubito sternale; DL - decubito laterale; S – seduto;

	Mattino(8,00-12,00)			Pomeriggio(12,00-18,00)			Sera (18,00-6,00)		
	numero osservazioni	Animali Coinvolti	Posizioni	numero osservazioni	Animali Coinvolti	Posizioni	numero osservazioni	Animali Coinvolti	Posizioni
			I DS DL S			I DS DL S			I DS DL S
Atteggiamenti									
Pressing parallelo									
Pressing parallelo inverso									
Testa-testa senza morso									
Testa-testa con morso									
Testa-corpo senza morso									
Testa-corpo con morso									
Leva									
Naso-naso									
Naso-corpo									
Naso-genitale									
Altro									

Tabella n. 10 - Scheda valutativa delle interazioni sociali.

Nel tentativo di semplificare la raccolta e l'elaborazione dei dati, le interazioni sociali registrate sono state raggruppate in interazioni agonistiche e non-agonistiche (Tab. n. 11).

Interazioni agonistiche	Interazioni non agonistiche
Pressing Parallelo	Naso contro naso
Pressing Parallelo Inverso	Naso contro corpo
Testa contro testa	Naso contro genitale
Testa contro testa con morso	
Testa contro corpo	
Testa contro corpo con morso	
Leva	

Tabella n. 11 - Descrizione delle interazioni sociali registrate.

6.1.6 Analisi statistica

I dati di allevamento, macellazione stagionatura e qualità dei prosciutti sono stati calcolati mediante analisi della varianza (GLM di SAS, 1999).

I dati relativi al comportamento, alle interazioni sociali e all'analisi sensoriale del prosciutto sono stati analizzati utilizzando un test non parametrico (NPARWAY di SAS, 1999).

6.2 PROVA “B”

6.2.1 Animali, alimentazione e sistema di allevamento

Per la realizzazione di questa prova sono stati utilizzati 40 suini ibridi commerciali, metà maschi castrati e metà femmine intere, equamente divisi in due gruppi, a loro volta ripartiti in quattro ripetizioni di cinque animali ciascuno: un gruppo B1 (gruppo di controllo) sottoposto a un fotoperiodo di 8 ore (L8:D16) dalle ore 8:00 alle ore 16:00 e un gruppo B2 (gruppo sperimentale) sottoposto a un fotoperiodo di 16 ore al giorno (L16:D8) dalle ore 6:00 alle ore 22:00; in entrambi i gruppi è stata utilizzata un'illuminazione di 40 lux.

Gli animali sono stati seguiti per un periodo di tempo di circa 4 mesi, dal peso medio di 75 Kg fino a quello di 160 Kg (160 Kg è il peso medio della partita al momento della macellazione del suino pesante italiano, come definito dal Disciplinare di Produzione del Prosciutto di Parma).

Gli animali sono stati alimentati 2 volte al giorno: la prima tra le ore 8:30 e le ore 9:30 e la seconda tra le ore 14:30 e le ore 15:30, utilizzando un sistema computerizzato in grado di distribuire il cibo automaticamente. La razione è stata somministrata in forma liquida secondo un rapporto sostanza secca : acqua = 1 : 3. Concordemente con la necessità di ottenere carcasse e carni idonee alla trasformazione in prodotti DOP, i suini sono stati sottoposti a razionamento alimentare in ragione di 3,3 Kg/capo/die. I suini sono stati individualmente pesati all'inizio e alla fine della prova per calcolare l'incremento ponderale giornaliero (IPG). Per determinare l'indice di conversione alimentare (ICA), si è altresì provveduto alla registrazione giornaliera dei consumi alimentari per ripetizione e per tesi.

I suini sono stati allevati nelle medesime condizioni della prova precedente.

INGREDIENTI	75-100 Kg p.v.	100-160 Kg p.v.
Mais farina	45,00	49,40
Orzo farina	16,55	20,00
Soia f.e.	15,00	12,00
Favino	5,00	5,00
Crusca	13,50	10,47
Grasso vegetale	1,60	/
Calcio carbonato	1,65	1,60
Fosfato bicalcico	0,60	0,45
Integrazione*	0,50	0,50
Sodio cloruro	0,25	0,25
Sodio bicarbonato	0,25	0,25
Lisina-HCl	0,10	0,08

Tabella n. 12 - Composizione centesimale della dieta.

(*) costituita da integratore mineral-vitaminico.

Valori determinati	75-100 Kg p.v.	100-160 Kg p.v.
Proteina greggia	16,65	15,44
Lipidi greggi	4,76	3,05
Fibra greggia	5,29	5,04
Ceneri	6,33	5,94
Calcio	0,97	0,90
Fosforo	0,68	0,61
Lisina	0,91	0,81

Tabella n. 13 - Composizione analitica della dieta (espressa in % della s.s.).

	75-100 kg p.v.	100-160 Kg p.v.
Energia digeribile	3626	3581
Energia netta	2667	2642

Tabella n. 14 - Energia nella dieta (Kcal/Kg s.s.).

6.2.2 Parametri di valutazione delle carcasse

Rilievi effettuati al macello

Al raggiungimento del peso di macellazione previsto per il suino pesante italiano, tutti i soggetti sono stati avviati, previo digiuno alimentare di 12 ore, presso gli stabilimenti “Italcarni” di Carpi – Modena.

In sede sono state eseguite le seguenti rilevazioni:

- Resa lorda;
- Tenore della carne magra della carcassa determinato con apposito strumento F-o-M (Fat-o-Meat'er) come prescritto dalla normativa (Decisione 2001/468 CE);
- Sezionatura delle mezzene destre per valutare l'incidenza del peso dei singoli tagli magri (prosciutto e lombo tipo Bologna) sul peso della mezzena stessa (ASPA 1991);
- pH del prosciutto determinato con pH-metro portatile, munito di elettrodo ad infissione, a 45 minuti e a 24 ore dopo la macellazione a livello del muscolo Semimembranoso;
- Colore del prosciutto rifilato con colorimetro Minolta chroma meter CR 200. Tale misurazione è stata effettuata secondo il sistema CIE $L^*a^*b^*$, a livello dei muscoli semimembranoso e bicipite femorale.

Con questa metodica si determinano i seguenti parametri colorimetrici:

- L^* (luminosità) da 0 (nero) a 100 (bianco);
- a^* (coordinata cromatica) da + 50 (rosso) a – 50 (verde);
- b^* (coordinata cromatica) da + 50 (giallo) a – 50 (blu).

Mediante tali coordinate sono stati calcolati:

- Croma: radice quadrata di (a^2+b^2)
- Tinta: arcotangente di b/a

Analisi di laboratorio

La capacità di ritenzione idrica è stata valutata tramite il *drip loss* e il *cooking loss* (Honikel, 1998).

Per il *drip loss* è stato ricavato un campione di sezione quadrata delle dimensioni indicative di 5x5x3 cm., ricavato dal muscolo *Longissimus dorsi*; è stato pesato, conservato per 24 ore alla temperatura di 4 - 6° C in un contenitore atto a impedire le perdite di evaporazione e nuovamente pesato per calcolare la quantità di liquido persa.

Per il *cooking loss* è stato prelevato un campione di 50 gr., delle dimensioni indicative di 5x5x3 cm.. Il campione è stato pesato, ripulito dal grasso intermuscolare e dal connettivo, posto in un sacchetto di polietilene e immerso per 18 minuti in acqua a 80° C; al termine di questa prima fase, il campione è stato rapidamente raffreddato, posto per circa 2 ore in frigorifero a + 4° C, asciugato con carta assorbente e nuovamente pesato per valutare la quantità di acqua persa.

Sono stati prelevati 10 campioni per tesi di muscolo Semimembranoso e presso la Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari (SSICA) di Parma è stata determinata l'attività della catepsina B seguendo la metodica impiegata nella precedente prova.

Da 10 soggetti per ciascuna tesi è stato prelevato un campione di lombata (dal quale è stato successivamente isolato il muscolo *Longissimus Dorsi*) e uno di grasso di copertura dalla coscia (durante l'operazione di rifilatura). Dopo opportune operazioni di toelettatura, tutti i campioni di magro sono stati congelati, liofilizzati e in seguito macinati. Presso il laboratorio del dipartimento di zootecnia della Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Bologna, sono state quindi condotte le analisi volte a determinare la composizione chimica del muscolo *Longissimus Dorsi*, secondo le procedure definite dalla AOAC (2000).

Si è determinata la composizione acidica del grasso di copertura della coscia con gas-cromatografo (Stoffel et al., 1959), e si è provveduto al calcolo del numero di iodio (AOAC 920.158, Fats and Oil Hanus Method, 1990).

6.2.3 Parametri di valutazione dei prosciutti

Una coscia per ogni animale (20 per gruppo) è stata sottoposta a stagionatura secondo le prescrizioni produttive del Disciplinare del Prosciutto di Parma (1996).

Al termine della stagionatura durata 18 mesi sono stati rilevati i pesi dei prosciutti e calcolati i relativi cali ponderali.

Da ciascuna coscia stagionata è stata prelevata una fetta dello spessore di circa 1 cm. Successivamente, sia sul muscolo bicipite femorale, sia sul grasso di copertura di ciascuna fetta è stato determinato il colore con colorimetro Minolta chroma meter CR 200 e si è provveduto alla compilazione della scheda delle caratteristiche sensoriali come nella precedente prova. Successivamente si è provveduto alla separazione del grasso dal magro per poi procedere ad analisi quantitative e qualitative, sia sul magro sia sul grasso di copertura del prosciutto.

Analisi di laboratorio

Analisi eseguite sul magro:

- Determinazione dell'umidità mediante essiccamento del campione in stufa secondo la metodica AOAC (1995);
- Determinazione del contenuto dei Cloruri secondo metodica AOAC (2000).
- Determinazione delle proteine secondo metodica AOAC (2000);
- Determinazione dell'azoto non proteico e quindi dell'indice proteolitico (Careri et al., 1993);

Analisi eseguite sul grasso:

- Determinazione della composizione acidica del grasso di copertura del prosciutto mediante gas-cromatografia (Stoffel et al., 1959).

6.2.4 Osservazioni riguardanti il comportamento

Le osservazioni comportamentali sono state registrate ed elaborate analogamente a quanto effettuato nella prova "A". Per tale motivo, si rimanda al paragrafo 6.1.4.

6.2.5 Analisi statistica

I dati di allevamento, macellazione, stagionatura e qualità dei prosciutti sono stati calcolati mediante analisi della varianza (GLM di SAS, 1999).

I dati relativi all'analisi sensoriale del prosciutto e alle osservazioni comportamentali sono stati analizzati utilizzando un test non parametrico (NPARWAY di SAS, 1999).

6.3 PROVA “C”

6.3.1 Animali, alimentazione e sistema di allevamento

Per la realizzazione di questa prova sono stati utilizzati 80 suini ibridi commerciali adatti alla produzione del suino pesante, metà maschi castrati e metà femmine intere, equamente divisi in due gruppi di 40 animali ciascuno, ulteriormente divisi in box da cinque suini: (4 sale, 4 box per ogni sala, due box di maschi castrati e due di femmine).

Il gruppo C1 (gruppo di controllo) è stato sottoposto a una intensità luminosa pari a 40 lux per un fotoperiodo di 12 ore, dalle ore 7:00 alle ore 19:00.

Il gruppo C2 (gruppo sperimentale) è stato sottoposto a una intensità luminosa di 80 lux per un fotoperiodo di 12 ore, dalle ore 7:00 alle ore 19:00.

Gli animali sono stati allevati per un periodo medio di quattro mesi, dal peso medio di 74,36 Kg fino a quello di 160 Kg.

I suini sono stati allevati nelle medesime condizioni ambientali delle prove precedentemente illustrate.

Tutti gli animali, indipendentemente dal gruppo di appartenenza, ricevevano la stessa alimentazione (Vedi tabelle n. 15, 16, 17).

La razione è stata somministrata in forma liquida secondo un rapporto sostanza secca : acqua = 1 : 3.

I pasti sono stati somministrati due volte al giorno tra le ore 8:30-9:30 e le ore 14:30-15:30, utilizzando un sistema computerizzato che forniva il cibo automaticamente.

Concordemente con la necessità di ottenere carcasse e carni idonee alla trasformazione in prodotti DOP, i suini sono stati sottoposti a razionamento alimentare in ragione di 3,3 Kg/ capo/ die.

I suini sono stati individualmente pesati all’inizio e alla fine della prova per calcolare l’incremento ponderale giornaliero (IPG). Per determinare l’indice di conversione alimentare (ICA), si è altresì provveduto alla registrazione giornaliera dei consumi alimentari per ripetizione e per tesi.

INGREDIENTI	%
Farina di mais	49,6
Farina di orzo	21,0
Soia F.E. 44%	15
Crusca	10
Grasso	1
Carbonato di calcio	1,65
Fosfato bicalcico	0,7
Integratore M.V.	0,50
Cloruro di sodio	0,45
L-lisina	0,1

Tabella n. 15 - Composizione centesimale della dieta.

PARAMETRO	% s. s.
Proteine	15,83
Lipidi	4,19
Fibra	4,93
Ceneri	5,78
Calcio	0,81
Fosforo totale	0,68
Lisina	0,95

Tabella n. 16 - Composizione analitica della dieta (espressa in % sulla s.s.).

Energia digeribile	3.694
Energia netta	2.856

Tabella n. 17 - Energia nella dieta (Kcal/ Kg s.s.).

6.3.2 Parametri di valutazione delle carcasse

Rilievi effettuati al macello

Al raggiungimento del peso di macellazione, previsto per il suino pesante italiano, tutti i soggetti sono stati avviati, previo digiuno alimentare di 12 ore, presso gli stabilimenti “C.L.A.I.” di Imola, Bologna.

In sede sono state eseguite le seguenti rilevazioni:

- Resa lorda;
- Tenore della carne magra della carcassa determinato con apposito strumento F-o-M (Fat-o-Meater) come prescritto dalla normativa (Decisione 2001/468 CE);
- Sezionatura delle mezzene destre per valutare l'incidenza del peso dei singoli tagli magri (prosciutto, lombo, spalla) sul peso della mezzena stessa (ASPA 1991);
- pH del prosciutto determinato con pH-metro portatile, munito di elettrodo a infissione, a 45 minuti e a 24 ore dopo la macellazione a livello del muscolo Semimembranoso;
- Colore del prosciutto rifilato con colorimetro Minolta chroma meter CR 200. Tale misurazione è stata effettuata secondo il sistema CIE $L^*a^*b^*$, a livello dei muscoli semimembranoso e bicipite femorale.

Con questa metodica si determinano i seguenti parametri colorimetrici:

- L^* (luminosità) da 0 (nero) a 100 (bianco);
- a^* (coordinata cromatica) da + 50 (rosso) a - 50 (verde);
- b^* (coordinata cromatica) da + 50 (giallo) a - 50 (blu).

Mediante tali coordinate sono stati calcolati:

- Croma: radice quadrata di (a^2+b^2)
- Tinta: arcotangente di b/a

Analisi di laboratorio

La capacità di ritenzione idrica è stata valutata tramite il *drip loss* e *cooking loss* eseguiti secondo la metodica riportata nella prova precedente (Honikel, 1998).

Su 20 soggetti per gruppo si è determinata la composizione acidica del grasso di copertura della coscia con gas-cromatografo (Stoffel et al., 1959), e si è provveduto al calcolo del numero di iodio (AOAC 920.158, Fats and Oil Hanus Method, 1990).

Le analisi di laboratorio riguardanti la catepsina B sono state effettuate presso la Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari (SSICA) di Parma. La metodica utilizzata è la stessa della precedente prova e riguarda i campioni di muscolo Semimembranoso prelevati dalle cosce refrigerate. In argomento, si veda pertanto il paragrafo 6.1.2.

6.3.3 Parametri di valutazione dei prosciutti

Un campione rappresentativo di 20 cosce per gruppo è stato sottoposto a stagionatura, presso lo stabilimento Adorni di Langhirano, secondo le prescrizioni produttive del Disciplinare del Prosciutto di Parma (1996).

Al termine della stagionatura durata 18 mesi sono stati rilevati i pesi dei prosciutti e calcolati i relativi cali.

Da ciascuna coscia stagionata è stata prelevata una fetta dello spessore di circa 1 cm. Successivamente si è provveduto alla separazione del grasso dal magro per poi procedere ad analisi quantitative e qualitative sia sul magro, sia sul grasso di copertura del prosciutto.

Analisi di laboratorio

Analisi eseguite sul magro:

- Determinazione dell'umidità mediante essiccamento del campione in stufa secondo la metodica AOAC (1995);
- Determinazione del contenuto dei Cloruri secondo metodica AOAC (2000);
- Determinazione delle proteine secondo metodica AOAC (2000);
- Determinazione dell'azoto non proteico e quindi dell'indice proteolitico (Careri et al., 1993);

Analisi eseguite sul grasso:

- Determinazione della composizione acidica del grasso di copertura del prosciutto mediante gas-cromatografia (Stoffel et al., 1959).

6.3.4 Osservazioni riguardanti il comportamento

Le osservazioni comportamentali sono state registrate ed elaborate analogamente a quanto effettuato nella prova “A”. Per tale motivo, si rimanda al paragrafo 6.1.4.

6.3.5 Osservazioni riguardanti le interazioni sociali dei suini

I suini sono stati sottoposti a videoregistrazione tramite impianto a circuito chiuso per un periodo che comprendeva i mesi da Luglio a Ottobre. Le registrazioni sono state effettuate con frequenza settimanale, per l'intera durata della giornata, dalle ore 0:00 alle 24:00. Le interazioni sono state registrate utilizzando lo stesso programma e la stessa scheda della prova “A”; si veda pertanto il paragrafo 6.1.5.

6.3.6 Analisi statistica

I dati di allevamento, macellazione, stagionatura e qualità dei prosciutti sono stati calcolati mediante analisi della varianza (GLM di SAS, 1999).

I dati relativi al comportamento e alle interazioni sociali sono stati analizzati utilizzando un test non parametrico (NPARWAY di SAS, 1999).

7. RISULTATI E DISCUSSIONE

7.1 RICERCA “A”

7.1.1 Prestazioni di allevamento

Nel corso del presente studio, effettuato per valutare quanto un differente fotoperiodo influisca sull'accrescimento di due gruppi omogenei di suini, si è visto che, pur mantenendo inalterata la quantità di cibo assunta dai due diversi gruppi di soggetti (si trattava, è opportuno ricordarlo, di suini sottoposti a razionamento alimentare), l'incremento ponderale giornaliero (I.P.G.) è stato significativamente maggiore ($P<0.01$) per il gruppo A2 sottoposto a 14 ore di luce. Chiaramente a parità di alimento assunto, in quanto razionato, l'indice di conversione alimentare (I.C.A.) è stato significativamente inferiore ($P<0.01$), e quindi più vantaggioso, per il medesimo gruppo.

		Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 – 16:00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6:00 – 20:00)	RMSE
Soggetti	N	28	28	-
Peso iniziale	Kg	113,9	111,2	6,63
Peso finale	Kg	157,5	163,1	11,25
I.P.G.	g/d	506 ^B	604 ^A	98,08
Ripetizioni	N	4	4	-
Consumo alimentare	Kg/d	2.601	2.589	0,01
I.C.A.	Kg mang./Kg incr.	5,21 ^B	4,30 ^A	0,33

Tabella n. 18 - Prestazioni di allevamento.

A, B $P<0,01$

7.1.2 Prestazioni di macellazione

I dati ottenuti dopo la macellazione dei 56 soggetti confermano la differenza già osservata precedentemente che si riflette in un peso morto significativamente maggiore ($P<0.05$) per i suini appartenenti al gruppo A2 (130,2 Kg, gruppo A1 vs 136,0 Kg, gruppo A2).

Rispetto alla qualità delle carcasse il primo parametro che è stato preso in considerazione è il tenore in carne magra, infatti è importante osservare come a un aumento del peso vivo non corrisponda un aumento dell'adiposità della carcassa.

Per quel che riguarda la resa lorda al macello, non sono presenti significative differenze, il valore risulta pressoché identico nei due casi, con una differenza dello 0,2 %.

La percentuale di peso dei vari tagli ottenuti dalle mezzene sul peso morto dell'animale non risulta significativamente differente tra i due gruppi confrontati; lo stesso si dica per quel che riguarda il rapporto tra i tagli magri e i tagli grassi (tab. n. 19).

		Gruppo A1 8 ore/70 lux (8.00 - 16.00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6.00 - 20.00)	RMSE
Soggetti	N	28	28	-
Peso vivo	Kg	156,2 ^b	163,4 ^a	11,32
Peso morto	Kg	130,2 ^b	136,0 ^a	9,96
Resa lorda	%	83,4	83,2	1,33
Tenore carne magra	%	49,2	49,3	2,93
Lombata	% pm	23,3	23,6	1,25
Prosciutto	% pm	23,2	23,6	0,98
Spalla	% pm	13,7	13,7	0,65
Tagli magri	% pm	60,2	60,9	2,27
Tagli grassi	% pm	32,2	31,8	2,46
Tagli magri/tagli grassi	%pm	1,89	1,93	0,22

Tabella n. 19 - *Performance* di macellazione e qualità della carcassa.

a,b P<0.05

7.1.3 Qualità delle carni

Sulla coscia sono stati esaminati alcuni parametri chimico-fisici:

sul muscolo semimembranoso è stato misurato il pH a 45 minuti dalla morte e successivamente a distanza di 24 ore. In entrambi i casi i valori rientrano nei *range* di normalità (Sardi et al., 2006) e tra i due gruppi non sono presenti differenze rilevanti.

Con il colorimetro sono stati misurati il colore (a^* e b^*), l'intensità luminosa (L) e da questi la tinta e la croma. Anche in questo caso i dati non risultano differire particolarmente tra loro: luminosità 40,35 contro 40,52, tinta 0,18 contro 0,19 e croma 14,55 contro 14,70.

Si osserva una tendenziale ($P < 0,1$), ma non significativa, riduzione delle perdite per sgocciolatura per i campioni appartenenti al gruppo A2 (14 h / 70 lux);

L'ultimo dato che abbiamo a disposizione è la concentrazione della catepsina B che nelle cosce del gruppo A2 è pari a 1,36 e nel gruppo A1 è uguale a 1,24, entrambi risultanti ampiamente all'interno del limite soglia ($< 1,8$; Bertolini et al. 2003).

		Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 – 16:00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6:00 – 20:00)	RMSE
Soggetti		28	28	-
pH 45'		6,53	6,48	0,19
pH 24h		5,89	5,85	0,21
Colore	L	40,52	40,35	2,04
	Tinta	0,19	0,18	0,05
	Croma	14,70	14,55	2,30
<i>Drip loss</i> %		2,07	1,81	0,56
Catepsina B		1,24	1,36	0,20

Tabella n. 20 - Caratteristiche qualitative della carcassa e delle carni (muscolo semimembranoso).

Nessun parametro è risultato differire significativamente all'analisi statistica ($P > 0,05$)

Dagli esami eseguiti sui campioni di muscolo Longissimus dorsi (lombata), riportati in tabella n. 21, non si osservano differenze sulla percentuale di sostanza secca e sulla quota di proteine contenute nella lombata, che si differenziano per uno 0,4 %. Una sovrapposibilità dei dati ancora maggiore può essere osservata per i lipidi grezzi, 16,2 % gruppo A2 e 16,4 % gruppo A1. Anche per le ceneri i riscontri sono praticamente identici.

	Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo A2 14ore/70 lux (6:00 - 20:00)	RMSE
Soggetti n.	10	10	-
Sostanza secca %	26,2	26,6	0,95
Proteina % s.s.	80,2	80,6	4,08
Lipidi grezzi % s.s.	16,4	16,2	3,13
Ceneri % s.s.	4,3	4,2	0,19

Tabella n. 21 - Composizione chimica della carne (lombata).

Nessun parametro è risultato differire significativamente all'analisi statistica ($P > 0,05$)

Per quel che riguarda la composizione acidica del grasso di copertura della coscia si osserva nel gruppo A2 un aumento degli acidi grassi saturi in particolare dell'acido palmitico C16:0 (23,61 vs 22,36; $P < 0,05$) e una diminuzione dei polinsaturi (linoleico, linolenico e arachidonico) con un noto vantaggio dal punto di vista tecnologico per la trasformazione.

Il numero di iodio segue di conseguenza l'andamento della composizione acidica del grasso e rientra perfettamente all'interno dei limiti previsti dal Disciplinare di produzione del Prosciutto di Parma - numero di iodio non superiore a 70 (www.prosciuttodiparma.com/download/disciplinare.pdf).

		Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6:00 – 20:00)	RMSE
Campioni n.	n.	14	14	-
Ac. Miristico (C14:0)	%	1,28	1,38	0,14
Ac. Palmitico (C16:0)	%	22,36 ^B	23,61 ^A	1,19
Ac. Palmitoleico (C16:1)	%	1,76	2,04	0,40
Ac. stearico (C18:0)	%	11,89	12,29	0,94
Ac. Oleico (C18:1)	%	40,28	39,57	1,87
Ac. Linoleico (C18:2)	%	15,42 ^a	14,39 ^b	1,15
Ac. linolenico (C18:3)	%	0,87 ^A	0,77 ^B	0,09
Ac. ecosenoico (C20:1)	%	0,97	0,93	0,13
Ac. arachidonico (C20:4)	%	0,84 ^A	0,72 ^B	0,10
Saturi	%	35,61 ^B	37,36 ^A	1,62
Mufa	%	43,01	42,54	1,90
Pufa	%	17,13 ^A	15,88 ^B	1,25
Numero di iodio		67,45 ^A	64,82 ^B	2,54

Tabella n. 22 – Composizione acidica del grasso di copertura della coscia fresca.

A,B P<0,01; a,b P<0,05

7.1.4 Qualità del prosciutto

Le cosce derivanti dai suini appartenenti alla tesi A2 mostrano pesi finali di stagionatura significativamente superiori ($P<0,05$) rispetto a quelli del gruppo A1 (9,42 Kg vs 8,93 Kg); ciò potrebbe essere messo in relazione a un peso iniziale della coscia pre-rifilata già significativamente ($P<0,01$) più elevato (15,88 Kg vs 15,00 Kg). Tale ipotesi è supportata dal fatto che i cali ponderali durante le diverse fasi di stagionatura seguono grosso modo lo stesso andamento in entrambi i gruppi.

		Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 – 16:00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6:00 – 20:00)	RMSE
Prosciutti	N	28	28	
Peso pre-rifilato	Kg	15,00 ^B	15,88 ^A	1,19
Peso rifilato	Kg	12,37 ^b	12,97 ^a	1,05
Peso fine salagione	Kg	11,52 ^b	12,11 ^a	0,99
Peso fine stagionatura (18 mesi)	Kg	8,93 ^b	9,42 ^a	0,82
Calo rifilatura	%	17,53	18,38	1,77
Calo salagione	%	6,93	6,64	0,84
Calo stagionatura	%	27,81	27,39	1,98

Tabella n. 23 - stagionatura prosciutti – pesi e cali ponderali.

A,B P<0,01; a,b P<0,05

Nessuna differenza significativa tra le tesi è apprezzabile per quanto riguarda i valori del colore del grasso e del magro del prosciutto.

Anche per quanto riguarda la composizione chimica del magro di prosciutto (muscolo bicipite femorale) i dati risultano perfettamente congrui agli standard (Corino et al., 2003) e non si osservano particolari differenze tra le due tesi. Unico dato rilevante è il contenuto del sale che risulta essere significativamente inferiore nei prosciutti del gruppo A2 (5,36 % vs 5,73 %; P<0,01). Il fenomeno può essere attribuito a un maggior peso della coscia che ha determinato una minore e più lenta penetrazione del sale.

Anche se non in maniera significativa, l'indice di proteolisi dei prosciutti appartenenti ai suini del gruppo A2, ossia esposti a un fotoperiodo maggiore, risulta più basso rispetto a quello dei prosciutti provenienti dal gruppo A1; in entrambi i casi, comunque, l'indice proteolitico rientra perfettamente all'interno dei valori limite previsti dal Disciplinare del prosciutto di Parma (24 % - 31 %) (www.prosciuttodiparma.com/download/disciplinare.pdf) oltre i quali si rischierebbe di avere una proteolisi troppo spinta e un chiaro decadimento commerciale del prodotto.(Virgili et al., 2003).

Il giudizio complessivo del *panel test* risulta dalla somma dei punteggi assegnati da esperti sulle caratteristiche sensoriali del magro e del grasso del prosciutto (Vedi tab n. 8).

Sebbene i prosciutti risultino avere una valutazione complessiva piuttosto mediocre dal punto di vista delle caratteristiche sensoriali, quelli appartenenti al gruppo A2 risultano tendenzialmente migliori.

			Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6:00 - 20:00)	RMSE
Campione		N	14	14	
Colore del grasso	L		74,97	75,42	1,99
	Tinta		-1,35	-1,17	0,58
	Croma		8,80	8,63	0,63
Colore della carne	L		41,18	42,24	1,72
	Tinta		0,59	0,59	0,05
	Croma		14,72	15,14	0,98
Umidità		%	59,89	59,81	1,32
Proteina grezza (N*6,25)		%	28,65	28,86	0,74
Lipidi grezzi		%	4,05	4,15	1,23
Ceneri		%	7,42	7,18	0,58
Contenuto NaCl		%	5,73 ^b	5,36 ^a	0,45
Indice proteolitico		%	28,08	26,92	2,50
Panel test			5,47	5,87	0,81

Tabella n. 24 – Colore, analisi sensoriale e composizione chimica del prosciutto.
a,b P<0,05

I prosciutti appartenenti ai soggetti del gruppo A2 risultano mostrare una tendenziale riduzione del grado di insaturazione del grasso stagionato (14,94 gruppo A2 vs 15,74 gruppo A1), che da un punto di vista tecnologico è senz'altro ritenuta favorevole (grasso più sodo).

		Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 – 16:00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6:00 – 20:00)	RMSE
Campioni	N	14	14	-
Ac. miristico (C14:0)	%	1,58	1,50	0,23
Ac. palmitico (C16:0)	%	23,06	23,10	1,36
Ac. Palmitoleico (C16:1)	%	2,55	2,75	0,43
Ac. stearico (C18:0)	%	9,42	9,78	1,02
Ac. oleico (C18:1)	%	44,84	44,82	1,16
Ac. linoleico (C18:2)	%	14,30	13,58	1,66
Ac. linolenico(C18:3)	%	0,73	0,72	0,13
Ac. ecosenoico (C20:1)	%	0,11	0,13	0,24
Ac. Arachidonico (C20:4)	%	0,71	0,65	0,09
Saturi	%	27,33	27,50	1,59
Mufa	%	47,51	47,70	1,10
Pufa	%	15,74	14,94	1,83

Tabella n. 25 – Composizione acidica del grasso di copertura del prosciutto.
Nessun parametro è risultato differire significativamente all'analisi statistica ($P > 0,05$)

7.1.5 Valutazione del comportamento

In tabella 26 sono riportati i dati relativi ai *pattern* comportamentali registrati nell'arco delle 24 ore. Dall'osservazione di tali dati è evidente come i soggetti del gruppo A2 abbiano trascorso più tempo rispetto a quelli del gruppo A1 a riposo, rispettivamente l'84,94% contro l'80,77%. La posizione che i suini assumevano durante il sonno/riposo dipendeva dalla quantità di spazio che avevano a disposizione. Solitamente il decubito sternale era preferito quando si coricavano nella mangiatoia.

Il tempo che dedicavano all'alimentazione era pressoché identico per i due gruppi, con una media del 3,5%; lo stesso dicasi per quello dedicato all'abbeveraggio, corrispondente allo 0,14% del tempo.

Normalmente un suino non avrebbe nessun motivo di rimanere per lungo tempo inattivo in piedi o seduto. Per questo motivo possiamo rapportare questi comportamenti ad atteggiamenti anomali (Tillon e Madec, 1984). In entrambi i casi i suini adottano questi comportamenti anomali, ma nel gruppo A1 questi sono significativamente più frequenti ($P < 0,01$), dato che i suini del gruppo A2 hanno

trascorso in piedi inattivi lo 0,31% mentre quelli del gruppo A1 l'1,08% del loro tempo.

Per quanto riguarda lo stare seduti (inattivi) i suini del gruppo A2 lo sono stati solo per l'1,85% e i suini del gruppo A1 per il 3,22% del tempo di osservazione ($P < 0,01$). Tra i comportamenti anomali è da annoverare anche l'atteggiamento di "cane seduto".

L'esplorazione prolungata e afinalistica (grufolare, annusare, raspare) di una superficie liscia e vuota, quale può essere il pavimento del box, è altresì da considerare tra i comportamenti anormali, correlabili spesso a condizioni di uno stato di non completo benessere all'interno dell'allevamento (Weber e Zárate, 2000). Sempre confrontando i due gruppi, vediamo che il gruppo A1 mantiene questa attività per una quantità di tempo significativamente maggiore ($P < 0,01$) rispetto al gruppo A2: addirittura il 10,13 % del gruppo A1 contro il 7,58 % del gruppo A2.

Alcuni parametri comportamentali sono simili fra i due gruppi: il "deambulare" e "altro". Nello specifico, in due casi il parametro comportamentale "altro" si riferisce a due femmine che cercavano di montare le compagne di box, evento sicuramente da riferire al particolare momento del ciclo estrale (calore).

Utilizzando il comportamento animale come indicatore di benessere possiamo quindi affermare che i maiali del gruppo A2 hanno manifestato un minor numero di atteggiamenti riferibili a una diminuzione del benessere rispetto al gruppo A1 che aveva comportamenti stereotipati più numerosi.

	Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 – 16:00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6:00 - 20:00)	ES*
Suini	28	28	-
Ripetizioni	4	4	-
In piedi inattivi	1,08 ^A	0,31 ^B	1,07
Seduti inattivi	3,22 ^A	1,85 ^B	1,48
Stesi lateralmente	67,77	69,56	4,92
Stesi sternalmente	13,00 ^A	15,38 ^B	3,47
Si nutrono	3,32	3,69	1,06
Bevono	0,09	0,19	0,25
Deambulano	1,08	1,01	0,83
Mordono gabbia	0,14	0,08	0,23
Esplorano il pavimento	10,13 ^A	7,58 ^B	3,15
Altro	0,19	0,36	0,75

Tabella n. 26 - *pattern* comportamentali del suino pesante (% sul totale dei comportamenti osservati) rilevati nell'arco delle 24 ore.

A, B P<0.01

*ES errore standard della media

7.1.6 Valutazione delle interazioni sociali tra suini

Dall'osservazione completa dell'etogramma di tali animali si era già rilevato come una durata maggiore del fotoperiodo artificiale avesse indotto un aumento della percentuale di tempo dedicata al riposo (decubiti laterali e sternali) da parte degli animali che ricevevano un *surplus* in termini di illuminazione (14 ore/die).

I dati relativi alle interazioni rivelano per entrambi i gruppi una netta prevalenza di sequenze comportamentali di tipo esplorativo (neutre) rispetto a quelle di tipo agonistico (tab. 27).

	Gruppo A1 8 ore/70 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo A2 14 ore/70 lux (6:00 - 20:00)	ES*
Suini	28	28	-
Ripetizioni	4	4	-
Pressing parallelo	3,52	4,93	0,74
Pressing parallelo inverso	0,87	1,42	0,39
Testa-testa senza morso	4,02	3,30	0,58
Testa-testa con morso	0,34	0,57	0,21
Testa-corpo senza morso	7,55	5,10	1,00
Testa-corpo con morso	0,07	0	0,03
Leva	2,07	0,32	0,50
Naso-naso	35,51	31,71	1,53
Naso-corpo	35,59	42,45	0,96
Naso-genitale	5,61	7,36	1,34
Altro	1,79	2,91	0,64
Totale interazioni agonistiche	18,44	14,64	1,86
Totale interazioni non agonistiche (neutre)	80,25	82,59	1,84

Tabella n. 27 - Interazioni sociali osservate durante un periodo di 24 ore espresse in percentuale.

Nessun parametro è risultato differire significativamente all'analisi statistica ($P > 0,05$)

*ES errore standard della media

In generale le interazioni agonistiche, espressione di aggressività, si attestano costantemente su valori molto contenuti e le morsicature rappresentano eventi sporadici (del tutto nulli nel gruppo a fotoperiodo prolungato). Complessivamente la diversa durata del fotoperiodo non ha statisticamente modificato la somma delle interazioni di tipo esplorativo (neutro) e agonistiche degli animali anche se è possibile osservare come gli animali del gruppo A2 (fotoperiodo maggiore), abbiano manifestato un minor numero di interazioni di tipo agonistico.

Nel loro insieme i dati comportamentali in tabella 27 riguardanti le interazioni tra gli animali, concordano con quelli precedentemente elaborati relativi

all'etogramma completo dei suini osservati (vedi tabella 26) e indicano come un fotoperiodo più prolungato risulti complessivamente più favorevole in termini di valutazione comportamentale del benessere animale.

Rispetto alla ripartizione delle interazioni nell'arco della giornata, esse risultano equamente distribuite nelle ore della mattina e del pomeriggio. Durante la notte si assiste a una drastica riduzione delle stesse (dati non riportati).

In riferimento al numero di animali coinvolti nelle interazioni, la stragrande maggioranza degli eventi (circa il 90%) ha luogo tra due soggetti (dati non riportati).

7.2 RICERCA “B”

7.2.1 Prestazioni di allevamento

I risultati relativi alle *performance* di allevamento, con particolare riferimento all'incremento di peso giornaliero e all'indice di conversione degli alimenti, sono riportati di seguito in tabella 28. Tali risultati mostrano un significativo effetto positivo del prolungamento della durata del fotoperiodo sulle *performance* dei suini allevati con 16 ore di luce, gruppo B2, rispetto a quelli allevati con 8 ore di luce, gruppo B1.

La prova zootecnica si è conclusa dopo 133 giorni di allevamento, ovvero quando circa la metà dei suini aveva raggiunto il peso di macellazione ritenuto idoneo per la produzione del suino pesante italiano (160 Kg).

A tale data gli animali del gruppo B2, sottoposti a un fotoperiodo di 16 ore, evidenziavano un peso significativamente maggiore ($p < 0,05$) rispetto a quelli del gruppo B1, sottoposti a un fotoperiodo di 8 ore (166,8 Kg gruppo B2 vs 155,4 Kg gruppo B1).

Sebbene non si sia raggiunta la soglia della significatività statistica è ravvisabile un tendenziale maggiore accrescimento giornaliero nei suini appartenenti al gruppo B2 rispetto a quelli del gruppo B1 (IPG di 627 g/d gruppo B2 vs 605 g/d gruppo B1).

Per quanto attiene i consumi alimentari e l'indice di conversione alimentare si è osservato che a parità di consumi di alimento (2,43 kg/d gruppo B1 vs 2,45 Kg/d gruppo B2) il gruppo B2 mostrava un indice di conversione alimentare tendenzialmente più ridotto e quindi più vantaggioso rispetto al gruppo B1 (ICA 3,63 gruppo B2 vs 3,97 gruppo B1).

		Gruppo B1 8 ore /40 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo B2 16 ore/40 lux (6:00 - 22:00)	RMSE
Soggetti	N	20	20	-
Peso iniziale	Kg	75,6 ^B	84,1 ^A	8,22
Peso finale (133 d)*	Kg	155,4	166,8	15,77
IPG (1-133d)*	g/d	605	627	98,54
Ripetizioni	N	4	4	-
Consumo alimentare (1- 133 d)	Kg/d	2,43	2,45	0,03
ICA (1 – 133 d)	Kg mang./ kg incr.	4,23	3,96	0,61

Tabella n. 28 - Prestazioni di allevamento.

*Dati covariati sul peso iniziale

A,B P<0,01;

7.2.2 Prestazioni di macellazione

I dati relativi ai principali parametri di macellazione, rappresentati da resa lorda, tenore in carne magra della carcassa, e incidenza percentuale dei principali tagli magri sono illustrati di seguito in tabella n. 29

A conferma della positiva influenza del fotoperiodo sull'accrescimento dei suini, evidenziata nel corso della prova, il peso vivo al macello dei suini appartenenti al gruppo B2, sottoposti a 16 ore di luce, risultava essere significativamente superiore (P<0,01) rispetto a quello dei soggetti provenienti dal gruppo B1, in media, 175,0 Kg gruppo B2 vs 161,8 Kg del gruppo B1. Il peso morto (127,6 Kg gruppo B1 vs 138,0 kg gruppo B2) ha ovviamente risentito positivamente del più

alto peso di macellazione, mostrando differenze statisticamente significative ($P < 0,01$).

La resa lorda calcolata senza considerare la testa, non è stata influenzata dalla durata del fotoperiodo (78,3 % gruppo B1 vs 78,8 % gruppo B2).

Per quanto attiene il tenore di carne magra, misurato con il F-o-M, è particolarmente interessante notare che la durata del fotoperiodo non ha modificato la quantità del grasso intramuscolare, nonostante i suini del gruppo B2, ovvero quelli sottoposti a un fotoperiodo maggiore, fossero significativamente più pesanti; infatti il tenore in carne magra nei due gruppi è risultato simile (50,15 % gruppo B1 vs 50,16 % gruppo B2).

Valutando i tagli espressi in percentuale sul peso della mezzena si osserva come la durata del fotoperiodo non abbia avuto influenze sulla loro incidenza percentuale; infatti la percentuale di lombo sul peso della mezzena era 11,42 % gruppo B1 vs 11,13 % gruppo B2; parimenti analoga tra i due gruppi risulta l'incidenza percentuale del prosciutto sul peso della mezzena (26,52 % gruppo B1 vs 26,75 % gruppo B2). A conferma di ciò, l'analisi della covarianza in funzione del peso di macellazione, effettuata su tutti i parametri riportati in tabella 29, non ha evidenziato differenze significative tra i due gruppi. Ne risulta che il maggior peso dei principali tagli magri (lombo e prosciutto) nei soggetti del gruppo B2 è stata la logica conseguenza del più elevato peso della carcassa (peso morto) (dati non riportati).

		Gruppo B1 8 ore/40 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo B2 16 ore/40 lux (6:00 - 22:00)	RMSE
Soggetti	N	20	20	-
Peso vivo	Kg	161,8 ^B	175,0 ^A	11,88
Peso morto	Kg	127,6 ^B	138,0 ^A	10,59
Resa (esclusa testa)	%	78,3	78,8	1,70
Tenore carne magra F-o-M	%	50,15	50,16	3,24
Lombo % mezzena	%	11,42	11,13	0,97
Prosciutto % mezzana	%	26,52	26,75	1,03

Tabella n. 29 - Performance di macellazione e qualità della carcassa.

A,B $P < 0,01$;

7.2.3 Qualità della carne

In tabella 30 sono riportati i risultati ottenuti su alcuni parametri qualitativi delle carni rappresentati da: pH, colore, attività della catepsina B, capacità di ritenzione idrica della carne misurata tramite *drip loss* % e *cooking loss* %.

Da quanto risulta, il prolungamento del fotoperiodo non ha determinato modificazioni significative dei parametri qualitativi delle carni ($P > 0,05$).

L'andamento della glicolisi post-mortem non risulta differire particolarmente tra le due tesi e per entrambe si colloca su valori di perfetta normalità. Parametri analoghi tra i due gruppi appaiono i riscontri relativi al colore del muscolo semimembranoso sia per quanto attiene alla lucentezza del campione (parametro L) sia per quanto riguarda l'entità e l'intensità della colorazione rossa ottimale (coordinate cromatiche a^* e b^* e parametri da esse derivanti).

Per quanto riguarda il contenuto degli enzimi proteolitici, la catepsina B è risultata pari a 1,52 per il gruppo B1 e 1,50 per il gruppo B2: questi risultano essere valori medio bassi e quindi ottimali per la trasformazione della carne in quanto non andranno a inficiare l'andamento della proteolisi e quindi la qualità del prodotto a fine stagionatura. Il valore della catepsina B risulta per entrambi i gruppi ampiamente al di sotto del limite soglia ($< 1,8$; Bertolini et al. 2003). Questo fenomeno potrebbe essere correlabile alla elevata età di macellazione dei soggetti (intorno a 10 mesi) che potrebbe aver determinato un abbassamento del contenuto di tale enzima nella carne del suino (Virgili et al. 2003).

In merito alla capacità di ritenzione idrica non sono state altresì registrate particolari differenze tra i due gruppi, sia nel *drip loss* (3,34 % gruppo B1 vs 3,39 gruppo B2), sia nel *cooking loss* (20,22 % gruppo B1 vs 20,50 % gruppo B2).

		Gruppo B1 8 ore/40 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo B2 16 ore/40 lux (6:00 – 22:00)	RMSE
Soggetti		20	20	-
pH 45'		6,16	6,20	0,26
pH 24h		5,62	5,60	0,09
Colore	L*	50,72	50,54	3,81
	a*	6,52	6,47	0,36
	b*	6,36	6,18	0,42
Tinta		0,78	0,77	0,11
Croma		9,19	8,99	3,1
Catepsina B		1,52	1,50	0,15
Drip loss %		3,34	3,39	0,1
Cooking loss %		20,22	20,50	1,3

Tabella n. 30 - Caratteristiche qualitative della carcassa e delle carni (muscolo semimembranoso)

Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P>0,05$)

In tabella 31 vengono riportati i risultati riguardanti la composizione chimica della carne. Le analisi sono state effettuate sul muscolo *Longissimus dorsi*. Come si può osservare dai valori pressoché sovrapponibili tra i due gruppi, la durata del fotoperiodo non risulta influenzare la composizione chimica della carne.

	Gruppo B1 8 ore/40 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo B2 Ore 16/40 lux (6:00 – 22:00)	RMSE
Sostanza secca %	26,22	26,32	0,9
Proteina grezza % s.s.	79,22	78,86	0,5
Lipidi grezzi % s.s.	16,36	16,57	0,4
Ceneri % s.s.	4,07	4,01	0,1

Tabella n. 31 - Composizione chimica della carne (muscolo *Longissimus dorsi*).

Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P>0,05$).

Per quanto attiene alla composizione acidica del grasso di copertura della coscia fresca, sebbene non ci siano differenze statisticamente significative tra le due tesi, le cosce provenienti dai suini del gruppo B2 mostrano un minore contenuto percentuale di grassi polinsaturi (12,81 % gruppo B2 vs 14,88 % gruppo B1). Il

numero di iodio segue l'andamento della composizione acidica del grasso e rientra perfettamente all'interno dei limiti - numero di iodio non superiore a 70 - previsti dal Disciplinare di produzione del Prosciutto di Parma (www.prosciuttodiparma.com/download/disciplinare/pdf).

		Gruppo B1 8 ore/40 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo B2 16 ore/40 lux (6:00 - 22:00)	RMSE
Soggetti	n.	14	14	
Ac. Miristico (C14:0)	%	1,79	1,63	0,173
Ac. Palmitico (C16:0)	%	23,34	23,23	1,067
Ac. Palmitoleico (C16:1)	%	2,13	2,11	0,374
Ac. Stearico (C18:0)	%	12,23	12,42	1,126
Ac. Oleico (C18:1)	%	42,65	44,84	2,325
Ac. Linoleico (C18:2)	%	13,54	11,62	2,102
Ac. Linolenico (C18:3)	%	0,67	0,57	0,1
Ac. Arachidonico (C20:4)	%	0,67	0,61	0,1
Saturi	%	14,22	14,18	1,1
Monoinsaturi	%	45,70	47,93	2,407
Polinsaturi	%	14,88	12,81	2,297
Numero di iodio		67,70	65,74	2,986

Tabella n. 32 - Composizione acidica del grasso di copertura della coscia fresca.
Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P > 0,05$).

7.2.4 Qualità del prosciutto

Come è possibile osservare dai dati riportati in tabella n. 33 i prosciutti appartenenti al gruppo B2 mostrano, a fine stagionatura, un peso significativamente superiore ($P < 0,01$) rispetto ai prosciutti del gruppo B1 (10,39 Kg gruppo B2 vs 9,16 Kg gruppo B1). Durante la stagionatura le cosce dei suini del gruppo B1 hanno mostrato perdite di peso significativamente ($P < 0,01$) superiori rispetto ai soggetti del gruppo B2 (31,39 % gruppo B1 vs 27,43 % gruppo B2).

Il maggior peso finale dei prosciutti del gruppo B2 potrebbe essere semplicemente la diretta conseguenza di un maggior peso iniziale delle cosce pre-rifilate (17,95 Kg gruppo B1 vs 16,26 Kg gruppo B1), il che presuppone sicuramente la presenza di un maggior grado di copertura adiposa della coscia a cui consegue una minore perdita di umidità durante il processo di stagionatura (Bosi e Russo 2004).

		Gruppo B1 8 ore/40 lux (8:00 – 16:00)	Gruppo B2 16 ore/40 lux (6:00 - 22:00)	RMSE
Cosce	n.	20	20	-
Peso pre-rifilato	Kg	16,26 ^B	17,95 ^A	1,352
Peso rifilato	Kg	13,33 ^B	14,51 ^A	0,9
Peso fine salagione	Kg	13,01 ^B	14,19 ^A	0,9
Peso fine stagionatura (18 mesi)	Kg	9,16 ^B	10,39 ^A	0,836
Calo rifilatura	%	17,85	19,09	2,615
Calo salagione	%	2,35	2,24	1,053
Calo stagionatura	%	31,39 ^B	27,43 ^A	2,304

Tabella n. 33 – Stagionatura prosciutti - pesi e cali ponderali
A,B P<0,01

Nessuna differenza significativa tra le due tesi è apprezzabile per quanto riguarda i valori del colore del grasso e del magro del prosciutto così come per la composizione chimica del magro del prosciutto (muscolo bicipite femorale).

Contrariamente a quanto atteso, in base a valori della catepsina B, dall'analisi chimica dei prosciutti è risultato che, sebbene non ci sia una differenza statisticamente significativa, i prosciutti provenienti dal gruppo di suini esposti in allevamento a un maggior fotoperiodo (16 h a 40 lux) hanno un indice proteolitico più elevato. Il fenomeno potrebbe essere correlabile a un minor contenuto salino degli stessi che ha determinato una proteolisi più accentuata (Toscani et al., 2000). In entrambi i casi, l'indice di proteolisi risulta comunque perfettamente all'interno dei *range* previsti dal Disciplinare di produzione del prosciutto di Parma (www.prosciuttodiparma.com/download/disciplinare.pdf).

			Gruppo B1 8 ore/40 lux (8:00 – 16:00)	Gruppo B2 16 ore/40 lux (6:00 - 22:00)	RMSE
Campioni		N	14	14	
Colore grasso	L		70,32	71,35	0,984
	Tinta		-1,38	-1,32	0,104
	Croma		6,99	6,62	0,516
Colore magro	L		34,58	35,08	2,740
	Tinta		0,36	0,31	0,1
	Croma		8,37	8,80	1,927
Umidità	%		60,64	61,01	1,670
Proteina	%		27,36	27,61	0,728
Sale	%		6,89	6,32	0,478
Indice proteolisi	%		25,06	26,56	1,794

Tabella n. 34 – Colore, analisi sensoriale e composizione chimica del prosciutto.
Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P>0,05$).

			Gruppo B1 8 ore/40 lux (8:00 - 16:00)	Gruppo B2 16 ore/40 lux (6:00 – 22:00)	RMSE
Soggetti		n.	14	14	-
Ac. Miristico (C 14:0)		%	1,48	1,56	0,054
Ac. Palmitico (C 16:0)		%	22,06	21,89	0,614
Ac. Palmitoleico(C 16:1)		%	2,49	2,36	0,426
Ac. Stearico (C 18:0)		%	10,19	10,47	0,711
Ac. Oleico (C 18:1)		%	45,39	45,77	2,104
Ac. Linoleico (C 18:2)		%	10,39	10,88	1,804
Ac. Linolenico (C 18:3)		%	0,61	0,65	0,094
Ac. Ecosenoico (C 20:1)		%	1,04	1,07	0,134
Ac. Arachidonico (C 20:4)		%	0,59	0,60	0,104
Saturi		%	34,03	34,20	0,871
Monoinsaturi		%	52,56	52,60	2,109
Polinsaturi		%	11,71	12,26	1,996

Tabella n. 35 – Composizione acidica del grasso di copertura del prosciutto.
Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P>0,05$).

7.2.5 Valutazione del comportamento

Dai dati riportati in tabella n. 36 è possibile osservare come i suini appartenenti al gruppo B2, ovvero quelli esposti a un fotoperiodo più prolungato, pari a 16 ore, si siano manifestati in linea generale più calmi rispetto a quelli del gruppo B1; infatti il tempo totale trascorso a riposo in decubito (indistintamente laterale o sternale), è significativamente maggiore ($P < 0,01$) per il gruppo B2 (84,68 % B2 vs 76,26 % B1). In particolare il decubito preferito risultava essere il decubito laterale (52,78 % B2 vs 41,40 % B1).

L'esplorazione a vuoto del pavimento, può essere annoverato tra i comportamenti anomali e confrontando i due gruppi, è apprezzabile come il gruppo B1 mantenga questa attività per una quantità di tempo pressoché doppia rispetto al gruppo B2, addirittura il 12,20 % contro il 6,17 % ($P < 0,01$).

	Gruppo B1 8 ore/40 lux (8:00 – 16:00)	Gruppo B2 16 ore/40 lux (6:00 - 22:00)	ES*
Suini	20	20	-
Ripetizioni	4	4	-
In piedi inattivi	0,06	0,13	0,97
Seduti	1,41	1,59	1,18
Stesi lateralmente	41,40 ^B	52,78 ^A	4,70
Stesi sternalmente	34,87	31,91	4,15
Totale stesi	76,26 ^B	84,68 ^A	4,55
Si nutrono	9,13	6,62	0,97
Bevono	0,04	0,12	0,35
Deambulano	0,02	0,02	0,01
Mordono gabbia	0,08	0,15	0,28
Esplorano il terreno	12,20 ^A	6,17 ^B	3,87
Altro	0,88	0,67	1,05

Tabella n. 36 - *pattern* comportamentali del suino pesante (% sul totale dei comportamenti osservati) rilevati nell'arco delle 24 ore.

A,B $P < 0,01$

*ES errore standard della media

7.3 RICERCA “C”

7.3.1 Prestazioni di allevamento

La tabella 37 riporta le variazioni dei pesi vivi e degli incrementi ponderali, nonché i consumi alimentari e gli indici di conversione dell'alimento, rilevati durante il periodo della prova.

Le prestazioni di allevamento dei suini appartenenti alle due tesi, rappresentate dall'incremento ponderale giornaliero (IPG) e dall'indice di conversione alimentare (ICA), mostrano un andamento praticamente sovrapponibile e sono, in entrambi i casi, da ritenersi nella norma per la produzione del suino pesante italiano (Mordenti et al., 1994). Nell'ambito dei parametri considerati, nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P < 0.05$); i risultati ottenuti nella presente prova confermano altri studi, secondo i quali differenti livelli di intensità dell'illuminazione non influenzano le *performance* produttive dei suini (Van Putten, 1984).

Viene confermato in tal modo che un aumento dell'intensità della luce non peggiora le *performance* produttive dell'animale.

		Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	RMSE
Soggetti	N	40	40	-
Peso iniziale	Kg	74,39	74,33	1,019
Peso finale (a 121 d)*	Kg	148,65	145,86	1,587
Giorni di prova	D	134,54	140,11	1,374
IPG (1-121 d)	g/d	614	591	3,760
Replicazioni	N	8	8	-
Consumo alimentare (1-121 d)	Kg/d	2,622	2,658	-
ICA (1-121 d)	Kg mang./ Kg incr.	4,36	4,56	0,331

Tabella n. 37 - Prestazioni di allevamento.

Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P > 0,05$).

*La raccolta dei parametri di accrescimento è terminata a 121 giorni dall'inizio della prova quando circa la metà dei soggetti aveva raggiunto il peso (160 Kg) per la produzione del Prosciutto di Parma.

7.3.2 Prestazioni di macellazione

Tutti i dati relativi ai principali parametri di macellazione (tab. n. 38) rientrano pienamente all'interno dei valori standard per la produzione del suino pesante italiano. Non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra le due tesi.

		Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	RMSE
Soggetti	N	40	40	-
Peso vivo	Kg	160,73	161,80	16,67
Peso morto	Kg	134,34	134,58	14,83
Resa lorda	%	83,54	83,13	0,435
Tenore carne magra	%	47,49	47,11	0,574
Lombata	% pm	23,62	23,31	1,35
Prosciutto	% pm	23,97	24,12	1,03
Spalla	% pm	13,81	13,93	0,75
Tagli magri	% pm	61,40	60,69	2,39
Tagli grassi	% pm	31,67	32,28	2,57
Tagli magri/tagli grassi	% pm	1,96	1,92	0,31

Tabella n. 38 - Caratteristiche qualitative della carcassa.

Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P > 0,05$).

7.3.3 Qualità della carne

Sebbene nessun parametro sia risultato differire significativamente tra i due gruppi, dall'analisi dei dati relativi alla qualità della carne è possibile osservare dei valori più favorevoli nella tesi "80 lux" (tab. n. 39). Ad esempio i valori della catepsina B sono di 2,31 per il gruppo C1 e di 2,05 per il gruppo C2, ovvero quello in cui i suini sono sottoposti a un'intensità luminosa maggiore, 80 lux. Pur non essendo una differenza significativa, è rilevante che il valore minore della catepsina B si riscontri in presenza di un'intensità luminosa maggiore. Questo, infatti, concorda con quanto provato da Weiler et al. (1996), cioè che nella stagione estiva, e quindi in presenza di una più elevata intensità luminosa, è

presente un valore di IGF-I sierico maggiore che porta a un abbassamento della quantità di catepsina B.

		Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	RMSE
Soggetti n.		40	40	-
pH 45'		6,74	6,84	0,18
pH 24		5,75	5,82	0,20
Colore	L	40,46	40,39	2,15
	Tinta	0,23	0,22	0,07
	Croma	12,32	12,09	1,88
<i>Drip loss*</i>		3,14	3,62	0,57
<i>Cooking loss*</i>		20,17	20,89	3,15
Catepsina B*		2,31	2,05	0,31

Tabella n. 39 - Caratteristiche qualitative della carcassa e delle carni (muscolo semimembranoso).

Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P>0,05$).

*Analisi eseguite su 12 soggetti per tesi

Non si apprezzano tra i due gruppi differenze significative della composizione acidica del grasso di copertura della coscia fresca.

		Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	RMSE
Soggetti	n.	20	20	
Ac. Miristica (C14:0)	%	1,40	1,35	0,173
Ac. Palmitico (C16:0)	%	23,37	23,56	0,994
Ac. Palmitoleico (C16:1)	%	2,24	2,16	0,431
Ac. Stearico (C18:0)	%	12,01	12,63	1,066
Ac. Oleico (C18:1)	%	45,84	46,56	1,649
Ac. Linoleico (C18:2)	%	12,30	11,19	1,960
Ac. Linolenico (C 18:3)	%	0,65	0,56	0,479
Saturi	%	37,10	37,55	1,920
Monoinsaturi	%	49,42	50,61	2,355
Polinsaturi	%	13,48	11,84	3,075
Numero di iodio		66,59	64,83	3,049

Tabella n. 40 - Composizione acidica del grasso di copertura della coscia fresca

Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P>0,05$).

7.3.4 Qualità del prosciutto

Come è possibile osservare nella tabella sottostante, che illustra i dati relativi al peso dei prosciutti e i relativi cali ponderali durante le diverse fasi del processo produttivo, non risulta alcuna differenza statisticamente significativa tra le due tesi.

		Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	RMSE
Cosce	n.	20	20	
Peso pre-rifilatura	Kg	16,18	16,21	1,424
Peso rifilato	Kg	12,53	12,50	1,042
Peso fine salagione	Kg	12,01	11,95	1,002
Peso fine stagionatura	Kg	9,16	9,07	0,894
Calo rifilatura	%	22,39	22,96	2,594
Calo salagione	%	4,11	4,36	0,810
Calo stagionatura	%	26,99	27,42	2,233

Tabella n. 41 - Stagionatura prosciutti – pesi e cali ponderali.

Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P>0,05$).

Come si può desumere dalla tabella sottostante non esistono differenze significative relative alla composizione chimica del magro dei prosciutti. Comunque tutti i valori risultano pienamente all'interno dei parametri standard previsti dal Disciplinare di produzione del Prosciutto di Parma (www.prosciuttodiparma.com/download/disciplinare.pdf).

		Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	RMSE
Campioni	n.	16	16	-
Umidità	%	60,82	59,83	1,449
Proteina	%	27,86	28,25	0,469
Sale	%	6,07	5,87	0,396
Indice proteolisi	%	25,81	26,33	1,676

Tabella n. 42 – Composizione chimica dei prosciutti stagionati (m. bicipite femorale).

Nessun parametro risulta differire significativamente all'analisi statistica ($P>0,05$).

Al termine del processo di stagionatura si riscontrano differenze significative ($P < 0,05$) riguardo alla composizione acidica del grasso di copertura dei prosciutti appartenenti alle due tesi; complessivamente, si osserva (tabella n. 43) un maggior contenuto di grassi polinsaturi nel gruppo C2 (14,61 % vs 13,31%), in particolare con aumento significativo dell'acido linoleico (13,21 % vs 12,02 %).

Pur essendo queste differenze significative, risulta difficile interpretarle come conseguenza della diversa intensità luminosa fornita agli animali in vita.

È opportuno ricordare che tutti i prosciutti sono stati stagionati nello stesso periodo e nelle medesime condizioni.

Da un'analisi critica e da una valutazione obiettiva dei dati relativi alla componente lipidica del prosciutto, emerge che, sebbene l'aumento dei grassi saturi sia auspicabile dal punto di vista tecnologico di trasformazione, in quanto garantisce maggiore consistenza, conservabilità e stabilità del grasso, d'altro canto, l'aumento degli stessi è poco gradito perchè universalmente considerati ipercolesterolemizzanti e aterogeni. Quindi l'aumento dei grassi polinsaturi e un minor contenuto dei saturi, nel prodotto finito, è senza dubbio maggiormente ricercato dal punto di vista dietetico nutrizionale.

		Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	RMSE
Soggetti	n.	14	14	-
Ac. miristico (C 14:0)	%	1,59	1,64	0,141
Ac. Palmitico (C 16:0)	%	23,64	24,08	1,023
Ac. palmitoleico (C 16:1)	%	2,67	2,63	0,454
Ac. Stearico (C 18:0)	%	10,91 ^a	9,75 ^b	0,864
Ac. Oleico (C 18:1)	%	47,78	47,21	1,360
Ac. Linoleico (C 18:2)	%	12,02 ^b	13,21 ^a	0,844
Ac. Linolenico (C 18:3)	%	0,65	0,70	0,089
Ac. arachidonico (C 20:4)	%	0,63	0,70	0,104
Saturi	%	36,24	35,56	1,459
Monoinsaturi	%	50,46	49,83	1,536
Polinsaturi	%	13,31 ^b	14,61 ^a	0,928

Tabella n. 43 – Composizione acidica del grasso di copertura del prosciutto.

a,b $P < 0,05$

7.3.5 Valutazione del comportamento

I differenti *pattern* comportamentali espressi dal suino nelle 24 ore, sono riportati in tabella n. 44. Il decubito è stato il comportamento più frequentemente osservato (circa l'83 % sul totale dei comportamenti osservati). Non si sono osservate differenze significative tra i due gruppi per quanto riguarda i tempi trascorsi in posture di riposo, sebbene i suini esposti a un più elevato livello di illuminazione (Gruppo C2 80 lux) abbiano mostrato un incremento significativo ($P<0.01$) nella postura in decubito sternale.

L'intensità luminosa sembra aver influenzato significativamente il comportamento di abbeveraggio, che ha registrato un significativo incremento ($P<0,01$) nel gruppo sottoposto a più bassa intensità luminosa (40 lux).

Inoltre è possibile osservare come gli animali di entrambi i gruppi fossero, in linea generale, piuttosto calmi così come indica la ridotta frequenza dei comportamenti "anormali" (mordere le sbarre, esplorazione a vuoto, postura di cane seduto) e il calo delle interazioni agonistiche (vedi tabella n. 45).

	Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	ES
Suini	20	20	-
Ripetizioni	4	4	-
In piedi inattivi	9,41	9,17	0,692
Seduti	2,41	2,00	0,374
Stesi lateralmente	65,87 ^A	61,88 ^B	0,793
Stesi sternalmente	16,79 ^B	21,61 ^A	0,692
Totale stesi	82,66	83,49	0,6
Si nutrono	2,92	2,62	0,3
Bevono	0,23 ^A	0,01 ^B	0,141
Deambulano	0,26	0,18	0,173
Mordono gabbia	0,00	0,01	0,00
Esplorano il terreno	1,84	2,48	0,624
Altro	0,08	0,03	0,1

Tabella n. 44 - *Pattern* comportamentali del suino pesante (% sul totale dei comportamenti osservati) rilevati nell'arco delle 24 ore.

A, B $P<0.01$

7.3.6 Valutazione delle interazioni sociali tra suini

In tabella 45 sono riportati i dati relativi alle interazioni sociali osservate nell'arco delle 24 ore. Per la registrazione dei dati è stata utilizzata la medesima scheda della prova "A", realizzata sulla base dei parametri di valutazione delle interazioni suggeriti da Jensen (1980).

Si desume che i suini esposti a una maggiore intensità luminosa (80 lux) mostrano una riduzione significativa ($P < 0,05$) delle interazioni sociali definite "agonistiche", in particolare, il TESTA – TESTA. Al contrario, le interazioni agonistiche sono risultate complessivamente più numerose nei suini esposti a una minore intensità luminosa (gruppo C1, 40 lux), 11,13 % vs 18,17 %.

Le interazioni non agonistiche, quindi neutre, con significato esplorativo e non di lotta, sono invece risultate tendenzialmente superiori ($P < 0,1$) negli animali appartenenti al gruppo C2 (80 lux) rispetto a quelle notate nel gruppo C1 (40 lux); si rileva infatti un valore di 83,75 % vs. 77,14 %.

Complessivamente si nota che gli animali sottoposti ad intensità luminosa minore interagiscono di più in senso agonistico, mentre i suini sottoposti a intensità maggiore di luce socializzano di più in maniera non agonistica, cioè neutra.

Il rilievo di interazione agonistica con morso è risultato basso per entrambi i gruppi, quindi indipendentemente dall'intensità dell'illuminazione non si sono verificati apprezzabili atteggiamenti di palese aggressività tra gli animali.

		Gruppo C1 12 ore/40 lux	Gruppo C2 12 ore/80lux	ES*
Suini	n.	20	20	-
Ripetizioni	n.	4	4	-
Pressing Parallelo	%	2,39	1,56	0,905
Pressing Parallelo Inverso	%	0,54	0,46	0,547
Testa - testa senza morso	%	10,04 ^a	4,45 ^b	1,157
Testa – testa con morso	%	3,16	3,10	0,984
Testa - corpo senza morso	%	1,22	1,42	0,806
Testa - corpo con morso	%	0	0	-
Leva	%	0,81	0,38	0,591
Totale interazioni agonistiche	%	18,17 ^a	11,37 ^b	1,506
Naso – naso	%	45,64	55,02	1,676
Naso – corpo	%	27,12	23,43	1,624
Naso – genitale	%	4,38	5,29	1,067
Totale interazioni non agonistiche	%	77,14	83,75	1,536
Altro	%	4,71	4,88	1,1

Tabella n. 45 - Interazioni sociali osservate durante un periodo di 24 ore espresse in percentuale.

a,b P<0.05

ES* errore standard della media

8. CONCLUSIONI

L'ISO (*International Organization for Standardization*) definisce universalmente la qualità come: “l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche che conferiscono al prodotto la capacità di soddisfare esigenze espresse (percepibili) o implicite (impercettibili)”.

Le garanzie in ordine all'ottenimento di un soddisfacente grado di benessere animale nell'allevamento intensivo, rappresentano un parametro qualitativo sentito con crescente intensità dal moderno consumatore di alimenti di origine animale e, non a caso, la normativa posta a protezione delle specie di interesse zootecnico è in continua evoluzione e perfezionamento.

Le garanzie relative a una sufficiente durata e intensità del fotoperiodo artificiale fornito ai suini in allevamento, rappresentano uno degli argomenti contemplati dalla legislazione specifica (Direttiva 2008/120/CE), che sancisce le norme da rispettare affinché i suini siano allevati in condizioni di maggior benessere possibile. Tuttavia non è ancora ben definito in che modo la luce, sia in termini quantitativi sia qualitativi, sia in grado di influenzare il benessere dei suini in allevamento e quindi le prestazioni produttive e la qualità dei prodotti carnei freschi e stagionati che da essi stessi derivano.

Sulla base di queste premesse è stata allestita una serie di ricerche volte a definire gli effetti di differenti fotoperiodi artificiali (illuminazione di diversa intensità e durata), sul benessere del suino pesante nell'ultima fase del ciclo produttivo, attraverso l'analisi delle *performance* di allevamento e di macellazione e dei caratteri comportamentali e sociali del suino pesante italiano.

L'insieme dei dati raccolti ed elaborati nelle tre prove sperimentali allestite ci permette di formulare una serie di considerazioni conclusive riportate di seguito.

- a) In merito alle **prestazioni di allevamento**, l'aumento della durata del fotoperiodo ha influito maggiormente rispetto all'aumento dell'intensità luminosa; infatti come si può osservare dalle prove A e B i suini che hanno ricevuto un fotoperiodo più prolungato, hanno mostrato un incremento

ponderale maggiore e un indice di conversione più vantaggioso, rispetto ai soggetti riceventi l'illuminazione di durata pari al minimo prescritto dalla vigente normativa.

Nella prova C, dove si è voluta saggiare l'influenza di una maggiore intensità luminosa sulle prestazioni d'allevamento, si è registrato un andamento praticamente sovrapponibile delle stesse prestazioni tra i due gruppi, confermando, quindi, che un aumento dell'intensità luminosa in allevamento non peggiora le *performance* produttive dell'animale. I nostri risultati confermano quanto riportato da Van Putten e Elshoft (1984). In linea generale è importante, però considerare che nei suddetti studi, così come nella nostra prova, non è mai stata testata una intensità superiore ai 100 lux.

b) Le variazioni di fotoperiodo e d'intensità luminosa, fornite in allevamento nell'ultima fase del ciclo produttivo del suino pesante, non hanno determinato modificazioni degne di rilievo, né sulla **qualità** delle carcasse, né sulle caratteristiche qualitative della carne e di conseguenza non hanno influito sulla qualità dei prosciutti.

c) I risultati delle prestazioni di allevamento sono confermati dai **parametri comportamentali di benessere** dai quali si osserva che i suini esposti a un maggior fotoperiodo o a una più alta intensità luminosa hanno manifestato in linea generale comportamenti riferibili a una maggiore tranquillità, con un incremento del tempo trascorso a riposo in decubito e una riduzione dei comportamenti anomali indicanti disagio (minore presenza di stereotipie).

In particolare nella prova C, dove sono stati messi a confronto due diverse intensità di illuminazione rispettivamente di 40 e 80 lux, non sono state registrate differenze significative tra i due gruppi riguardo alla manifestazione di comportamenti anormali. Tali comportamenti sono stati rilevati in maniera del tutto sporadica in entrambi i casi e questo può indicare che il limite minimo di intensità luminosa in allevamento, imposto dalla normativa vigente

(40 lux), sia da considerare un valore appropriato affinché si possa salvaguardare il benessere animale all'interno delle porcilaie.

- d) Andando a considerare come indicatori di benessere le **interazioni sociali**, è possibile apprezzare una riduzione delle attività di tipo agonistico e un tendenziale aumento delle attività di tipo neutro, non agonistiche, da parte dei soggetti esposti a una maggiore intensità luminosa e a un fotoperiodo più prolungato; ciò conferma il ruolo positivo di un buon livello di illuminazione nel favorire il riconoscimento tra animali e nello stabilirsi di effettive relazioni di cooperazione sociale.

Risulta anche chiaramente dimostrato che i problemi comportamentali, come l'aggressività, le eccessive competizioni e la sovra-esplorazione, sono normalmente generati da problemi ambientali e manageriali (spazi insufficienti, inadeguate condizioni macro e microclimatiche, carenze alimentari, scarsi stimoli ambientali, ecc.) che dovrebbero essere risolti nello specifico, piuttosto che essere "corretti", ricorrendo a provvedimenti inappropriati come la riduzione dell'intensità luminosa.

I risultati ottenuti indicano come il suino manifesti uno specifico fabbisogno quantitativo e qualitativo in termini di illuminazione dell'ambiente di allevamento e come il grado di benessere e, in alcuni casi, anche le prestazioni produttive (accrescimenti), possano risultare positivamente influenzati da fotofasi superiori a quelle minime raccomandate dalla vigente normativa.

9. BIBLIOGRAFIA

Aguggini A., Beghelli V., Clement M. G., d'Angelo A., Benedetti A., Focello C., Giulio L. F., Lucaroni A., Maffeo G., Marongiu A., Naitana S., Nuvoli P., Piazza R., (1998), "Fisiologia degli animali domestici con elementi di etologia". UTET, Torino.

Alina D., Muste A., Beteg F., Briciu R., (2008), "Morphological aspect of tapetum lucidum at some domestic animals". Bulletin UASVM, Veterinary Medicine 65 (2): 166-170.

AOAC (1990), Official Methods of Analysis of AOAC International 15th Ed., Arlington (VA), USA: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC (1995), Official Methods of Analysis of AOAC International 16th Ed., Arlington (VA), USA: Association of Official Analytical Chemists

AOAC (2000), Official Methods of Analysis of AOAC International 17th Ed., Gaithersburg (MD), USA: Association of Official Analytical Chemists.

Appleby M. C., (1996), "Can we extrapolate from intensive to extensive conditions?". Applied Animal behaviour Science, 49: 23-28.

Ara A., Pinducciu D., Miele M., (2008), "L'opinione dei consumatori italiani". In I supplementi di Agricoltura n. 38 a cura dell'Assessorato Agricoltura della Regione Emilia-Romagna.

ASPA, (1991), "Commissione metodologie di valutazione della produzione qualitativa della carne. Metodiche relative alla macellazione degli animali di interesse zootecnico e alla valutazione e dissezione della loro carcassa". ISMEA, Roma, Italy.

Baldwin B. A. e Start I. B., (1985), "Illumination preferences of pigs". Applied Animal Behaviour Science, 14: 233-243.

Baldwin B. A., (1974), "Behavioural thermoregulation". In "Heat Loss from Animals and Man". Di Moteith J.L., Mount L.E., Butterworths, London. Citato da Fraser e Broom (1997).

Baldwin B. A., (1979), "Operant studies on the behaviour of pigs and sheep in relation to the physical environment". *Journal Animal Science*, 49 (4): 1125-1134.

Barnett J. L., Cronin G. M., McCallum T. H., Newman E. A., (1994), "Effects of food and time of day on aggression when grouping unfamiliar adult pigs". *Applied Animal Behaviour Science*, 39: 339-347.

Bertolini A., Rossi A., Marchetto G., Della Casa G., (2003), "Qualità dei suini e prosciutti DOP". *Rivista di suinicoltura*, 44 (12): 40-49.

Bosi P e Russo V., (2004), "The production of heavy pig for high quality processed products". *Italian Journal Animal Science* 3: 309-321.

Brambell F.W.R., (1965), "Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals Kept under Intensive Livestock Husbandry Systems. Her Majesty's Stationary Office, London UK, Cmnd. 2836.

Broom D. M. e Johnson K. J., (1993), "Stress and Animal Welfare". London: Chapman and Hall. Citato da: Scientific Veterinary Committee (1997).

Broom D. M., (1986), "Indicators of poor welfare". *British Veterinary Journal* 142: 524-526. Citato da Fraser e Boom (1997).

Bruininx E. M .A. M., Heetkamp M. J. W., van den Bogaart D., van der Peet-Schwering C. M. C., Beynen A. C., Everts H., den Hartog L. .A., Schrama J. W., (2002), "A prolonged photoperiod improves feed intake and energy metabolism of weanling pigs". *Journal Animal Science*, 80: 1736-1745.

Bryant M.J. e Ewbank R., (1972) "Some effects of stocking rate and group size upon agonistic behaviour in groups of growing pigs". *British Veterinary Journal* 128: 64-70.

Canali E., (2008), "Il concetto di benessere nelle produzioni animali e criteri di valutazione". In: Il benessere degli animali da reddito: quale e come valutarlo, Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, Brescia.

Careri M., Mangia A. Barbieri G., Bolzoni L., Virgili R., Parolai G., (1993), "Sensory Property Relationships to Chemical Data of Italian type Dry-cured Ham". *Journal of Food Science* , 58 (5): 968 – 972.

Christison G. I., (1995), "Dim light does not reduce fighting or wounding of newly mixed pigs at weaning". *Canadian Journal Animal Science*, 76: 141-143.

Clutton-Brock, (1981), "Domesticated animals from early times", Heiemann, British Museum, London. Citato da Kelling L.J. e Gonyou H.W. (2001).

Commissione europea, (2005), "Attitudes of consumers towards the welfare of farmed animals" <http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/euro-barometer25-en.pdf>. Citato da Martelli G. (2009).

Commissione europea, (2006), "Programma d'azione comunitario per la protezione e il benessere degli animali 2006-2010". COM (2006) 14 definitivo.

Corino C., Magni S., Pastorelli G., Rossi R., Mourot J., (2003), "Effect of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism, and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs". *Journal Animal Science*, 81: 2219-2229.

Dahl G. E., Elsasser T. H., Capuco A. V., Erdman R. A., e Peters R. R., (1997), "Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor-I" *Journal of Dairy Science* 80 (11): 2784-2789.

Dawkins M. S., (1990), "From an animal point of view: motivation, fitness, and animal welfare". *Behavioural Brain Science* 13: 1-61. Citato da: Fraser e Broom (1997).

De Pedro E., Casillas M., Miranda C. M., (1997), “Microwave oven application in the extraction of fat from the subcutaneous tissue of Iberian pig ham”. *Meat Science* , 45: 45-51.

Decisione 2001/468/CE relative all'autorizzazione dei metodi di classificazione delle carcasse di suino in Italia. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 163 del 20 giugno 2001.

Decreto Legislativo 20 febbraio 2004, n. 53 – Attuazione della direttiva 2001/93/CE che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. *Gazzetta Ufficiale* n. 49 del 28.2.2004.

Decreto Legislativo 26 marzo 2001, n. 146 – Attuazione della direttiva 98/58/CE relativa alla protezione degli animali negli allevamenti. *Gazzetta Ufficiale* n. 95 del 24.4.2001.

Decreto Legislativo 30 dicembre 1992, n. 534 – Attuazione della direttiva 91/630/CEE che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. *Gazzetta Ufficiale* n. 7 dell'11.1.1993.

Direttiva 1991/630/CEE del Consiglio del 19 novembre 1991 che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 340 dell'11.12.1991.

Direttiva 1998/58/CE del Consiglio, del 20 luglio 1998, riguardante la protezione degli animali negli allevamenti. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 221 dell'8.8.1998.

Direttiva 2001/88/CE del Consiglio del 23 ottobre 2001 recante modifica della direttiva 91/630/CEE che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 316 dell'1.12.2001.

Direttiva 2001/93/CE della Commissione, del 9 novembre 2001, recante modifica della direttiva 91/630/CEE che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 316 dell'1.12.2001.

Direttiva 2008/120/CE del Consiglio, del 18 dicembre 2008, che stabilisce le norme minime per la protezione dei suini. Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea L 47 del 18.2.2009.

Duncan I. J. H. e Petherick J. C., (1991), "The implications of cognitive process for animal welfare". *Journal Animal Science* 69: 5017-5022. Citato da Fraser e Broom (1997).

Duncan I. J. H., (1978), "The interpretation of preference tests in animal behaviour". *Applied Animal Ethology*, 4: 197-200. Citato da Fraser e Broom (1997).

European Food Safety Authority, (2007), "Factors affecting pig welfare" in Scientific report on animal health and welfare in fattening pigs in relation to housing and husbandry. Annex to the EFSA Journal, 564: 1-14. In www.efsa.europa.eu.

Ewbank R. e Meese G. B., (1971), "Aggressive behaviour in groups of domesticated pigs on removal and return of individuals". *Animal Production*, 13: 685-693.

Ewbank R., Meese G. B., Cox J. E., (1974), "Individual recognition and the dominance hierarchy in the domestic pig. The role of sight". *Animal Behaviour*, 22: 473-480.

Fang C. H., Li B .G., Wray C. J. Hasselgren P.O., (2002), "Insuline like growth factor-I inhibits lysosomal and proteasome-dependent proteolysis in skeletal muscle after burn injury". *Journal of Burn Care Rehabilistion*, 23(5): 318-325.

Feddes J. J. R., Young B. A. DeShazer J. A., (1989), "Influence of temperature and light on feeding behaviour in pigs". *Applied Animal Behaviour Science*, 23: 215-222. Citato da: Houpt et al. (2000).

Fradrich H., (1974), "A comparison of behaviour in Suidae". IUCN Publ New Series 6: 133-143. Citato da: Scientific Veterinary Committee (1997).

Fraser A. F. e Broom D. M., (1990), *Farm Animal Behaviour and Welfare*". 3rd Edition Wallingford: C.A.B. International.

Graf R., (1976), "Das visuelle Orientierungsvermögen der Schweine in abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke". In *institute Voor Veeteeltkundig Onderzoek, Zeist*, 56.

Graves H. B., (1984), "Behaviour and ecology of wild and feral swine (*Sus scrofa*)". *Journal Animal Science*, 58: 482-492. Citato da Verga M. (2001).

Honikel K. O., (1998), "Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat". *Meat Science*, 49 (4): 447-457.

Haupt K. A., Verga M., Carezzi C., (2000), "Il comportamento degli animali domestici", EMSI, Roma.

Jensen P. e Redbo I., (1987), "Behaviour during nest leaving in freerancing domestic pig". *Applied Animal Behaviour Science*, 18: 335-362.

Jensen P., (1980), "An ethogram of social interaction patterns in group-housed drysows". *Applied Animal Ethology*, 6: 341-351.

Jensen P., (1982), "An analysis of agonistic interaction patterns in group housed dry sows, aggression regulation through an avoidance order". *Applied Animal Ethology*, 9: 47-61.

Klopfer F. D., (1965), "Visual learning in swine". In: *The proceedings of an International Symposium at Richland. Swine in biomedical Research*, Washington, USA, July 19-21, 559-574.

Ladewig J. e Smidt D., (1989), "Behaviour, episodic secretion of cortisol, and adrenocortical reactivity in bulls subjected to tethering". *Hormons and Behaviour*, 23: 344-360.

Ladewig J. e Von Borrel E., (1988), "Ethological methods alone are not sufficient to measure the impact of environment on animal health and animal well-being".

In: Proceeding of the International Congress on Applied Ethology in Farm Animals, Skara, Eds. J. Unshelm, G. van Putten, K. Zeeb e I. Ekesbo. K.T.B.L., Darmstadt, 95-102.

Ladewig J., (1987), "Endocrine aspects of stress: evaluations of stress reactions in farm animals". In: Biology of stress in farm animals: an integrative approach. M. Nijhoff, The Netherlands, Eds. P.R. Wiepkema and P.W.M. Adrichem, 13-25.

Lay D. C., Friend T. H., Grissom K. K., Browers C. L., Mal M. E., (1992), "Effects of freeze or hot-iron branding of Angus calves on some physiological and behavioural indicators of stress". Applied Animal Behaviour Science, 33: 137-147.

Lorz, A. (1973) - Tierschutzgesetz. C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München.

Lucaroni A., (1998), "Etologia e benessere animale". In: Fisiologia degli animali domestici con elementi di etologia, di Aguggini G., Beghelli V., Giulio L.F., (1998), UTET, Torino.

Martelli G., (2009), "Consumers' perception of farm animal welfare: an Italian and European perspective". Italian Journal Animal Science, vol. 8, (1): 31-41.

Mason G. J. e Mendl M., (1993), "Why is there no simple way of measuring animal welfare?". Animal Welfare, 2: 301-319.

Mattiello S., Heinzl E., Abruzzese C., Carenzi C., (2004), "Effetto dell'intensità di illuminazione sul benessere del suino pesante in due differenti sistemi stabulativi". Rivista di Suinicoltura, 10: 157-161.

Mauget R., (1980), "Home range concept and activity patterns of the European wild boar (*Sus scrofa* L) as determined by radio tracking. A handbook on Biot and Radio Tracking". Almaner and McDonald. Citato da Kelling L.J., Gonjou H.W. (2001).

Mauget R., (1981), "Behavioural and reproductive strategies in wild form of *Sus scrofa* (European wild boar and feral pigs)". In: *The welfare of pig di Sybesma W. Martinus Nijhoff, Brussels. Citato da Kelling L.J. e Gonjou H.W. (2001).*

McCarty M. F., (2003), "A low-fat, whole –food vegan diet, as well as other strategies that down-regulate IGF-I activity, may slow the human aging process". *Medical Hypotheses* 60 (6): 784-792.

McGlone J. J., Nicholson R.I., Hellman J. M., Herzog D. N., (1993), "The development of pain in young pigs associated with castration and attempts to prevent castration-induced behavioural changes". *Journal Animal Science* 71: 1441-1446.

Meese G. B. e Ewbank R., (1973), "The establishment and nature of the dominance hierarchy in the domesticated pig". *Animal Behaviour*, 21: 326-334.

Meese G. B., Conner D. J., Baldwin B. A., (1975), "Ability of the pig to distinguish between conspecific urine samples using olfaction". *Physiology and Behaviour* 15: 121-25.

Mendl M., Zanella A.J. e Broom D. M., (1992), "Physiological and reproductive correlates of behavioural strategies in female domestic pigs". *Animal Behaviour*, 44: 1107-1121.

Mordenti A., Piva G., Della Casa G., (1994), "Nutrition and fat quality in the heavy pig". *Italian Journal Food Science* , 6 (2): 141-155.

Nota del Ministero della Salute prot. N. DGVA/10/7818 del 2 marzo 2005 – procedure per il controllo del benessere animale negli allevamenti di suini – applicazione del Decreto Legislativo 20 febbraio 2004, n. 53.

Ollivier F. J., Samuelson D. A., Brooks D.E., Lewis P. A., Kallberg M. E., Komáromy A. M., (2004), "Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species)". *Veterinary ophthalmology*, 7 (1): 11-22.

Piggins D., (1992), "Visual perception", In: Farm animal and the environment. CAB international Wallingford, U.K. Eds, C. Phillips and D. Piggins, 131-158.

"Prosciutto di Parma" Disciplinare generale e Dossier. www.prosciuttodiparma.com/download/disciplinare.pdf, 28 gennaio 2010.

Prunier A., Quesnel H., Messias de Braganca M., Kermabon A. Y., (1996), "Environmental and seasonal influences on the return-to- oestrus after weaning in primiparous sows: a review". *Livestock Production Science*, 45: 103-110.

Reeds P. J., Burrin D. G., Davis T.A., Fiorotto M. A., Mersmann H. J., Pond W. G., (1993), "Growth regulation with particular reference to the pig". In *growth of the pig*, Hollis G.R. (ED), CAB International, Wallingford, UK.

Ringvold A e Reubsæet J. L. E., (2005), "Acetylcholine in the corneal epithelium of diurnal and nocturnal mammals". *Cornea* 24 (8): 1000-1003.

Rushen J. (1986), "The validity of behavioural measures of aversion. A review". *Applied Animal Behaviour Science*, 16: 309-323.

Russo V., (2001), "Benessere animale: prestazioni produttive e qualità della carne dei suini". *Atti del convegno internazionale "Valutazioni scientifiche del benessere suino"*. Rassegna suinicola internazionale, Reggio Emilia.

Sardi L., Martelli G., Lambertini L., Parisini P., Mordenti A., (2006), "Effects of dietary supplement of DHA-rich marine algae on Italian heavy pig production parameters". *Livestock Science* 103: 95-103.

SAS, SAS/STAT (1999): *User's Guide (version 8)*, SAS Inst. Inc. Cary, NC.

Scientific Veterinary Committee (1997), "The welfare of intensively kept pigs". *Report of the scientific veterinary committee*, Bruxelles.

Scipioni R., Martelli G., Volpelli L.A., (2009), "Assessment of welfare in pig", *Italian Journal Animal Science*, vol. 8, (Suppl. 1): 117-137.

Simonsen H. B., (1990), "Behaviour and distribution of fattening pigs in the multi-activity pen". *Applied Animal Behaviour Science*, 27: 311-324.

Stoffel W., Chu F., Ahrens E. H. Jr., (1959), "Analysis of long-chain fatty acids by gas-liquid chromatography". *Analytical Chemistry*, 31: 307-308.

Superchi P., Sabbioni A., Bonomi A., Bonomi B. M., (1998), "Il cromo organico nell'alimentazione dei verri. Effetti sull'efficienza riproduttiva". *Annali della facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Parma*.
www.unipr.it/arpa/facvet/annali/1998/.

Tast A., Love R. J., Evans G., Handerson H., Peltoniemi O. A. T., Kennaway D. J., (2001), "The photophase light intensity does not affect the scophase melatonin response in the domestic pig". *Animal Reports Science* 65: 283-290.

Tast A., Love R. J., Evans G., Telsfer S., Giles R., Nicholls P., Voultios A., Kennaway D. J., (2001), "The pattern of melatonin secretion is rhythmic in the domestic pig and responds rapidly to changes in daylength". *Journal of Pineal Research*, 31 (4): 294-300.

Taylor N. R., Perry G., Potter M., Prescott N. B., Wathes C. M., (2003), "Preference of pigs for illuminance". In V. Ferrante et al (Ed) *Proceedings of the 37th ISAE Congress, Abano Terme (PD)* 165.

Thaela M. J., Cornelissen G., Halberg F., Jensen M.S., Jakobsen M.S., Karlsson B. W., Pierzynowski S.G., (1998), "Circadian and ultradian components of pancreatic secretion in restrictly fed pigs". *Journal Animal Science*, 76: 1131-1139.

Tillon J. P. e Madec F., (1984), "Diseases affecting confined sows: data from epidemiological observations". *Annales de Recherches Vétérinaires (Annals of Veterinary Research)* 15(2): 195-9.

Toscani T., Virgili R., Corbari G., Calzolari L., (2000), "Effetti dei diversi stabilimenti di produzione sulla composizione centesimale, la proteolisi e la consistenza del prosciutto di Parma". *Industria conserve* (75): 259-270.

Tosi M. V., Canali E., Mattiello S., Ferrante V., Carezzi C. e Verga M., (2003), "Il benessere dei suini e delle bovine da latte: punti critici e valutazione in allevamento". Vol. 53 a cura della fondazione iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, Brescia.

Van Kreveld D., (1970), "A selective review of dominance-subordination relations in animals". Genet. Psychology Monography, 81: 143-173.

Van Putten G. e Elsholf W. J., (1983), "De invloed van licht op het welzijn van mestvarkens: een eerste indruk". Bedrijfsontwikkeling, 14: 139-142.

Van Putten G., (1968), "Een onderzoek naar staarbijten bij estmrkens". Unpublished dissertation, Amsterdam University.

Van Putten G., (1980), "Objective observation on the behaviour of fattening pigs". Animal Regulatory Studies 3: 105-108.

Van Putten G., (1984), "The influence of three levels of lights on the behaviour of fattening pigs". Applied Animal Behaviour Science, 13: 180.

Verga M., (2001), "Occhio al comportamento degli animali". Atti del Convegno Internazionale "Valutazioni scientifiche del benessere suino". Rassegna suinicola internazionale, Reggio Emilia, 20 Aprile 2001.

Virgili R., Schivazappa C., Parolai G., Rivaldi P., (1994), "Enzimi proteolitici nelle cosce destinate alla produzione del prosciutto italiano: la cathepsina B". Rivista di suinicoltura, 9: 61-65.

Virgili R., Parolai G., Schivazappa C., Soresi Bordini C., Borri M., (1995), "Sensory and texture quality of dry-cured ham as affected by endogenous cathepsin B activity and muscle composition". Journal Food Science 60 (6): 1183-1186.

Virgili R., Schivazappa C., Soresi Bordini C., Segatori S., (1996), "Evoluzione stagionale dell'attività proteolitica (cathepsina B) nella carne fresca ed effetti sulle proprietà reologiche del prosciutto di Parma". Produzione Animale, 9: 183-186.

Virgili R., Schivazappa C., Parolai G., Soresi Bordini C., Degni M., (1998), "Proteases in fresh pork muscle and their influence on bitter taste formation in dry-cured ham". *Journal of Food Biochemistry*, 22: 53-63.

Virgili R., Toscani T., Schivazappa C., Mazzotta M., (2002), "Effect of seasonal changes on muscle cathepsin activity and pH 24 of Italian heavy pig". In *Proceeding 48th International Congress of Meat Science and Technology*, Rome Italy, 2: 600-601.

Virgili R., Degni M., Schiavazappa C., Faeti V., Poletti G., Marchetto M., Pacchioli T., Mordenti A., (2003), "Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of Italian heavy pigs". *Journal Animal Science*, 81: 2448-2456.

Weber R. e Zárate A. V., (2000), "Welfare of fattening pigs in different husbandry systems". In: *Improving health and welfare in animal production*, Blokhuis H. J., Ekkel E. D., Wechsler B. Editors. EAAP Commission on Animal Management & Health, The Hague, Netherlands, 21-24 August 2000.

Weiler U., Claus R., Dehnhard M., Hofacker S., (1996), "Influence of the photoperiod and a light reverse program on metabolically active hormones and food intake in domestic pigs compared with wild boar". *Canadian Journal Animal Science*, 76: 531-539.

Welfare quality[®], 2009. Welfare quality[®] assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare quality[®] Consortium, Lelystad, Netherlands.

Weng R. C., Edward S. A., English P. R., (1998), "Behaviour, social interaction e lesion scores of group -housed sows in relation to floor space allowance". *Applied Animal Behaviour Science*, 59: 307-316.

Wiepkema P. R. e Von Adrichem P. W. M., (Eds) 1987, "Biology of Stress in Farm Animals: an Integrative Approach". *Current Topics Veterinary Medicine and Animal Science*, Dordrecht Martinus Nijhoff.

Willeberg P., (1991), "Animal welfare studies: Epidemiological considerations".
Proceedings Society Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine, London,
76-82.

Zoccarato I. e Bettolini L. M., (1999), "Il benessere e il ruolo dell'allevatore
nell'evoluzione dei sistemi produttivi". Atti Convegno Nazionale "Parliamo di
benessere e allevamento animale", Possano (CN), 14-15 ottobre, Università di
Torino.

Zonderland J. J., Cornelissen L., Wolthius-Fillerup M., Spolder H. A. M.,
(2008), "Visual acuity of pigs at different light intensities", Applied Animal
Behaviour Science 111: 28-37.