

EFFETTO DELLA RIDUZIONE DELLA DISPONIBILITÀ DI ALIMENTO E DEL LIVELLO DI AMMINOACIDI NELLA DIETA SU COMPORTAMENTO ALIMENTARE, PRESTAZIONI PRODUTTIVE, ESCREZIONE DI NUTRIENTI E QUALITÀ DELLA CARNE DI MAIALI APPARTENENTI A DIVERSI TIPI GENETICI

EFFECT OF REDUCTIONS IN FEED ALLOWANCE AND DIETARY AMINO ACIDS CONTENT ON FEEDING BEHAVIOUR, GROWTH PERFORMANCE, NUTRIENT EXCRETION AND MEAT QUALITY OF GROWING PIGS BELONGING TO DIFFERENT GENETIC TYPES

CARCO' G.

Ufficio Ricerca e Sviluppo, Progeo SCA

Parole chiave: strategie alimentari, impatto ambientale, comportamento alimentare

Keywords: feeding strategies, environmental impact, feeding behaviour

RIASSUNTO

Questa tesi ha studiato l'effetto di una riduzione della quantità di alimento e del contenuto di amminoacidi della dieta su comportamento alimentare, escrezioni di azoto, prestazioni e qualità della carne e del prosciutto dei maiali. Novantasei maiali sono stati alimentati ad libitum (AL) o mediante una leggera restrizione alimentare (RF), con diete convenzionali (HAA) o con basso contenuto di amminoacidi (LAA). I dati raccolti da stazioni automatiche di alimentazione hanno mostrato l'effetto delle due strategie sul comportamento alimentare e le sue relazioni con performance e qualità della carcassa. Il regime RF ha ridotto le performance, il peso ed il grasso delle carcasse, ma ha aumentato l'efficienza alimentare. La dieta LAA ha avuto effetti opposti, senza alterare l'efficienza. Le due strategie hanno ridotto l'escrezione di azoto. Tra i parametri di comportamento alimentare, la velocità d'ingestione era molto correlata alle prestazioni e alle caratteristiche della carcassa: i maiali che mangiavano più rapidamente avevano maggiori accrescimenti e pesi delle carcasse e minore incidenza di tagli magri, rispetto ai maiali più lenti. Infine, si è valutato l'effetto di una dieta LAA sulla qualità di 40 prosciutti crudi, ottenuti da due diverse linee genetiche (Danbred ed Anas): la dieta LAA ha aumentato il grasso del prosciutto. Un lieve razionamento e le diete LAA appaiono delle buone strategie per ridurre i costi alimentari e l'impatto ambientale degli allevamenti suinicoli.

ABSTRACT

This thesis evaluated the effect of a reduction in feed allowance and in dietary amino acids (AA) on feeding behaviour, growth performance, N excretion, carcass and hams quality traits of growing pigs.

Ninety-six barrows were fed, according to an ad libitum or a restricted (RF) feeding regime with conventional (HAA) or low protein and AA diets (LAA). The data from automatic feeding stations showed the effects of both treatments on feeding behaviour and its phenotypic correlations with growth performances and carcass traits. Feed restriction decreased feed intake, carcass weight, backfat depth, but increased gain:feed ratio. The LAA diet increased feed intake, carcass weight

and the intramuscular fat content, with no effects on the feed efficiency. Both these feeding strategies reduced nitrogen excretion. Feeding patterns, especially the feeding rate, were strongly correlated with performance and carcass traits: the pigs eating faster showed greater body weights, average daily gains (ADG), carcass weights and lower proportions of lean cuts than pigs eating slowly. Lastly, the influence of LAA diets on the quality of 40 dry-cured hams obtained from two genetic groups (Danbred and Anas) was evaluated: LAA diet increased the lipid content of the dry-cured hams.

There is a potential in the use of a mild restriction in feed allowance and in dietary protein and AA content as effective strategies to reduce the environmental impact and the N excretion of the pig industry.

INTRODUZIONE

L'allevamento per la produzione di generi alimentari è oggi responsabile del 14.5% delle emissioni globali di gas serra (Gerber et al., 2013) e l'industria suinicola produce da sola il 9% della quantità totale di gas serra emessi dal settore zootecnico. Le principali fonti di inquinamento sono le attività per la produzione degli alimenti destinati all'alimentazione del bestiame e la gestione dei liquami in allevamento.

L'indice di conversione alimentare rappresenta la capacità del maiale di convertire l'energia fornita col mangime, in energia per la crescita e varia a seconda di fattori intrinseci all'animale (età, genetica, stato di salute) ed esterni (sistema di allevamento, alimentazione). Un elevato indice di conversione è associato ad una scarsa efficienza alimentare e può determinare un aumento dei costi alimentari, delle escrezioni e quindi dell'impatto ambientale dell'allevamento. Pertanto, la suinocoltura è chiamata oggi a trovare le soluzioni più innovative per garantire prodotti eco-friendly e migliorare l'efficienza alimentare e l'economicità del processo produttivo.

A tale scopo, una restrizione alimentare e una riduzione del contenuto proteico e amminoacidico delle diete possono rivelarsi delle buone soluzioni per la riduzione delle emissioni (Osada et al., 2011). Gli effetti di tali strategie alimentari sulle performance e sulla qualità di carcassa e carne dei maiali, sono stati ampiamente studiati, anche per mezzo di stazioni automatiche di alimentazione in grado di registrare il comportamento alimentare dei maiali. Tuttavia, ancora oggi esistono pareri discordanti. Pertanto, l'obiettivo di questa ricerca è valutare l'effetto di una leggera restrizione alimentare e di una riduzione del contenuto proteico e amminoacidico della dieta su comportamento alimentare, prestazioni produttive, escrezioni di azoto, e qualità di carcassa, carne e prosciutti di maiali in accrescimento, alimentati mediante stazioni automatiche.

MATERIALI E METODI

Tutte le procedure sperimentali sono state approvate dal "Comitato Etico per la Cura e l'Utilizzo di animali a fini sperimentali" dell'Università degli Studi di Padova.

Modello sperimentale

La prova ha coinvolto 96 maiali castrati di genetica Topigs × Talent, ospitati in 8 box multipli con una densità di 12 animali/box. Ciascun box era munito di un abbeveratoio e di una stazione automatica di alimentazione (Compident Pig – MLP, Schauer Agrotronic, Austria). All'interno dello stesso box, per tutto il periodo della prova, 6 maiali sono stati alimentati ad libitum (AL) mentre i restanti mediante un regime razione (RF) suggerito dal manuale della casa genetica. A partire dagli 83 kg di peso vivo, i maiali di 4 box sono stati alimentati con una dieta convenzionale (HAA) ed i restanti con un mangime con livelli di proteina e amminoacidi ridotti (LAA). In entrambe le diete, il contenuto di AA veniva ridotto passando dalla prima (86-118 kg PV) alla seconda fase di finissaggio (118-145 kg PV). I dettagli sulla composizione e sui valori nutrizionali dei mangimi sono riportati nelle tabelle 1 e 2. Durante il corso della prova, 4 maiali sono morti ed i loro dati rimossi; pertanto, nel database finale sono stati considerati solo 92 animali.

Composizione corporea e bilancio della lisina e dell'azoto (N)

Tutti i maiali venivano pesati con cadenza settimanale mediante una bilancia elettronica, mentre ogni 2 settimane veniva rilevato lo spessore del grasso dorsale mediante dispositivo ad ultrasuoni A-mode (Renco Lean-Meater series 12, Renco Corporation, Minneapolis, USA). A partire da questi dati, si è proceduto alla stima della composizione corporea e dell'utilizzo dell'energia, secondo le procedure descritte da Gallo et al. (2014). Per il bilancio dell'azoto, è stata prima calcolata l'ingestione di lisina digeribile standardizzata a livello dell'ileo (SID), moltiplicando il consumo giornaliero per il contenuto di lisina SID del mangime, mentre i fabbisogni di lisina SID sono stati calcolati a partire dalle equazioni suggerite dall'NRC (2012) [14, eq. 8-42 and 8-43]. Infine, l'escrezione di N è stata calcolata come N ingerito – N ritenuto, quest'ultimo calcolato a partire dalla ritenzione di proteina corporea stimata (Pr/6.25).

Macellazione, caratteristiche della carcassa, della carne e dei prosciutti crudi

Tutti i maiali sono stati macellati nello stesso giorno, dopo 24 ore di digiuno e 2 ore di riposo presso il macello, ad un peso vivo medio di 143.3 kg. Gli animali sono stati storditi e abbattuti secondo le procedure stabilite dal macello. Le carcasse sono state scaldate, pelate, eviscerate, divise in mezzene e pesate. La percentuale di carne magra è stata valutata dallo spessore del grasso dorsale e dalla profondità del lombo, misurati attraverso FOM (Fat-O-Meat'er, Carometec, Soeborg, Denmark). Quindi le carcasse sono state sezionate nei principali tagli commerciali, distinti in tagli magri e tagli grassi, dei quali sono stati registrati i pesi. Infine, su un campione di *Longissimus lumborum* (LL) per ciascuna carcassa è stata condotta l'analisi chimica secondo le procedure AOAC (2012).

Per la valutazione della qualità dei prosciutti crudi, si fa riferimento alle procedure utilizzate nell'ultimo contributo di questa tesi, dove sono stati selezionati 40 prosciutti crudi, simili a San Daniele, e rappresentativi non solo delle due diete, HAA e LAA, ma anche di due sessi (Scrofette VS Maschi Castrati) e di due tipi genetici con maggior accrescimento proteico (Danbred) e lipidico (Anas). I campioni sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per determinare la composizione chimica, secondo le procedure precedentemente indicate, ed altri parametri.

Comportamento alimentare

Il comportamento alimentare dei maiali è stato misurato attraverso 8 stazioni automatiche di alimentazione. I maiali del gruppo AL potevano alimentarsi senza nessun tipo di restrizione durante tutta la giornata; al contrario, i maiali RF potevano consumare porzioni della loro razione giornaliera soltanto durante tre finestre temporali: fino ad un 33% dalle ore 00:01 alle 08:00, 66% dalle 08:01 alle 16:00 e 100% dalle 16:01 alle 24:00. Quando un maiale si trovava in prossimità della stazione di alimentazione veniva riconosciuto tramite un bottone auricolare e la stazione era in grado di registrare la data, l'ora di entrata e di uscita e la quantità di mangime consumata. Se un maiale RF aveva consumato la quantità di alimento stabilita per quella finestra temporale o quel giorno, il mangime non veniva più erogato.

Durante tutto il periodo della prova, le 8 stazioni di alimentazione hanno raccolto 107 259 dati, successivamente editati mediante il software R (R Development Core Team, Vienna, Austria) e utilizzati per studiare il comportamento alimentare dei maiali.

I parametri di comportamento calcolati sono i seguenti:

- consumo giornaliero di alimento = la somma dei consumi effettuati da un maiale durante le visite giornaliere alla mangiatoia;
- numero di visite, distinte in visite vere e visite "false" (con consumo = 0);
- durata giornaliera di alimentazione = la somma della durata di tutte le visite giornaliere effettuate da un maiale;
- velocità di ingestione = rapporto tra consumi medi per visita e durata media delle visite.

Analisi statistica

Tutti i dati relativi a performance, comportamento alimentare, caratteristiche della carcassa e qualità della carne e del prosciutto crudo, sono stati analizzati mediante la procedura MIXED di SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), secondo il modello seguente:

$$y = \mu + FR + AA + FR \times AA + \text{box}(AA) + e;$$

dove μ = intercetta, FR = regime alimentare, AA = contenuto di amminoacidi, $\text{box}(AA)$ = fattore random di box entro AA, $FR \times AA$ = interazione tra regime alimentare e contenuto amminoacidico, e = residuo casuale.

Per lo studio delle relazioni tra comportamento alimentare, prestazioni produttive e caratteristiche della carcassa sono state utilizzate prima una PROC GLM di SAS, per depurare i parametri di comportamento alimentare dagli effetti dei trattamenti alimentari, e poi PROC CORR. Poiché la velocità di ingestione era il parametro maggiormente correlato a prestazioni e caratteristiche della carcassa, tutti i dati sono stati suddivisi in tre classi di velocità e analizzati mediante la PROC MIXED di SAS, aggiungendo al modello precedentemente descritto l'effetto fisso della classe di velocità d'ingestione.

Tabella 1. Composizione degli ingredienti (g/kg) delle diete utilizzate nelle varie fasi.
Table 1. Ingredients composition (g/kg) of the diets used in the various phases.

	Finissaggio 1 (86 - 118 kg PV)		Finissaggio 2 (118 - 145 kg PV)	
	Convenzionale (HAA)	Basso contenuto di amminoacidi (LAA)	Convenzionale (HAA)	Basso contenuto di amminoacidi (LAA)
Mais	465.7	465.4	416.8	448
Farina di estrazione di soia decorticata	160	120	145	70
Frumento	160	200	180	220
Crusca di frumento	90	90	95	100
Farinetta di frumento	80	80	120	120
Sego e strutto (1:1)	19	19	19	18
Carbonato di calcio	14	14	13.5	13
Cloruro di sodio	4.5	4.5	4.5	4.5
Premix di vitamine e oligoelementi	2.5	2.5	2.5	2.5
L-Lisina HCl	2.6	2.9	2.2	2.6
L-Treonina	0.8	0.9	0.8	0.8
DL-Metionina	0.6	0.5	0.5	0.4
Colina HCl	0.3	0.3	0.2	0.2

Tabella 2. Composizione chimica (g/kg), aminoacidi digeribili SID¹ (g/kg) e contenuto di energia (MJ/kg) e delle diete utilizzate nelle varie fasi.

Table 2. Chemical composition (g/kg) and energy content (MJ/kg) of the diets used during the various phases of growth.

	Finissaggio 1 (86 - 118 kg BW)		Finissaggio 2 (118 - 145 kg BW)	
	Convenzionale (HAA)	Basso contenuto di aminoacidi (LAA)	Convenzionale (HAA)	Basso contenuto di aminoacidi (LAA)
Sostanza secca	879	878	878	877
Energia netta	9.8	9.8	9.7	9.8
Proteina grezza	158	143	155	126
Amido	442	462	440	478
Lipidi	46	46	45	45
Acido linoleico	16	16	16	16
Ca	6.4	6.3	5.8	5.8
P	4.3	4.2	4.5	4.3
P disponibile	2.9	2.9	2.9	2.9
SID Lisina	8.1	7.3	7.5	6.0
SID Metionina	2.7	2.4	2.6	2.1
SID Treonina	5.4	4.9	5.2	4.2
SID Triptofano	1.6	1.4	1.6	1.3

¹ SID: aminoacidi digeribili standardizzati a livello dell'ileo.

¹ SID: standardized ileal digestible amino acid content.

RISULTATI e DISCUSSIONE

Consumi alimentari e prestazioni produttive

Il regime alimentare ha mostrato una particolare influenza sulle prestazioni produttive (Tabella 3). Rispetto ai maiali AL, i maiali RF hanno consumato minor quantità di alimento (-7%, $P < 0.001$), con una riduzione degli accrescimenti pari al 5% ($P < 0.001$), ma con un miglior indice di conversione (+2%, $P = 0.050$) durante tutto il periodo dell'esperimento. I risultati confermano come la pratica del razionamento alimentare, comunemente adottata negli allevamenti, possa migliorare l'efficienza alimentare dei maiali ed evitare pesi eccessivi e carcasse troppo grasse (Lebret, 2008). La riduzione del contenuto di AA della dieta ha determinato maggiori consumi alimentari (+7%, $P = 0.03$), che hanno portato a migliori accrescimenti (+9%, $P = 0.038$) nella fase di finissaggio, con il conseguente aumento del peso a fine esperimento (+4%, $P = 0.018$). Questi risultati sono coerenti con quanto rilevato da Chiba et al. (2002), dove una riduzione della proteina e della lisina del mangime promuoveva un aumento dell'ingestione; esistono però altri studi discordanti (Schiavon et al., 2015). La controversia può essere risolta

assumendo che l'animale, anche dinnanzi a limitazioni di tipo alimentare, cerchi sempre di mangiare la quantità di alimento necessaria a soddisfare i suoi fabbisogni, ma questa quantità può aumentare o diminuire a seconda di altri fattori esterni (ambientali, sociali, etc.) a cui è sottoposto. Questi aspetti andrebbero comunque ulteriormente approfonditi.

Bilancio della lisina e dell'azoto

La restrizione alimentare ha ridotto i consumi di lisina SID (-8%, $P = 0.02$) con una conseguente diminuzione del surplus di lisina rispetto ai fabbisogni (Tabella 4). La dieta LAA ha provocato solo una lieve riduzione in termini di lisina SID ingerita, nonostante il contenuto di AA fosse stato ridotto, rispetto alla dieta HAA, del 9% e del 18%, rispettivamente nella prima (87-118 kg PV) e nella seconda (118-145 kg PV) fase di finissaggio. La quantità di lisina SID ingerita dai maiali LAA riusciva a soddisfare i loro fabbisogni: per questi animali il surplus di lisina era minore di 0 ($P = 0.006$). Il regime RF e la dieta LAA hanno ridotto anche il consumo ($P = 0.002$ e $P = 0.024$, rispettivamente) e le escrezioni di N (-9%, $P = 0.003$ e -15%, $P = 0.008$, rispettivamente). Una riduzione di tale parametro può avere delle implicazioni positive in quelle aree geografiche sottoposte a limiti di N/ha, poiché potrebbe garantire un aumento del numero di animali per unità di terra.

Caratteristiche della carcassa, della carne e del prosciutto crudo

I pesi delle carcasse dei maiali RF alimentati con mangime LAA mostravano un coefficiente di variazione più basso rispetto agli altri gruppi; ciò suggerisce l'efficacia delle due strategie alimentari nel migliorare l'uniformità delle carcasse. I maiali RF tendevano ad avere carcasse più leggere ($P = 0.06$) e più magre ($P = 0.06$), con un minor spessore del grasso dorsale (-8%, $P = 0.037$) e un inferiore peso dei principali tagli grassi (-5%, $P = 0.047$), rispetto ai maiali AL (Tabella 6). I risultati sono coerenti con lo studio di Lebret (2008), dove alla restrizione alimentare sono stati associati minori accrescimenti e una composizione più magra delle carcasse.

I maiali LAA mostravano un maggior peso della carcassa (+5%, $P = 0.012$) e dei principali tagli magri (+3%, $P = 0.047$) e grassi (+9%, $P = 0.018$); inoltre, la loro carne aveva più grasso intramuscolare rispetto a quella dei maiali HAA (+18%, $P = 0.037$). Nell'altro esperimento, la dieta LAA aveva aumentato la concentrazione di lipidi (+10%, $P = 0.05$) dei prosciutti crudi analizzati, a scapito di quella proteica (-3%, $P = 0.003$). Ciò è in linea con lo studio di Schiavon et al. (2015), dove livelli subottimali di proteina e AA nella dieta aumentavano la quantità di grasso sottocutaneo e il grado di marezzatura delle cosce destinate alla produzione di prosciutto crudo. Un aumento del grasso intramuscolare può migliorare la qualità della carne e rappresentare un valore aggiunto nel sistema di pagamento al macello (Cisneros et al., 1996).

Comportamento alimentare e sue relazioni

L'attività alimentare dei maiali era prevalentemente diurna, con dei picchi di consumo raggiunti nella fascia oraria tra le 8.00 e le 16.00, più alti per gli animali alimentati ad libitum (Figura 1). Anche i maiali RF preferivano alimentarsi nelle ore diurne, ma la limitata disponibilità di alimento e la pressione esercitata dai maiali AL in quelle fasce orarie li spingeva ad alimentarsi anche durante la notte. La restrizione alimentare ha determinato un minor consumo di alimento in tutta la fase di finissaggio (Tabella 7). Rispetto al gruppo AL, i maiali RF hanno ridotto il numero di visite totali alla mangiatoia (-32%, $P = 0.01$) e aumentato il consumo ad ogni visita (+18%, $P = 0.016$) e la velocità d'ingestione (+15%, $P = 0.016$).

La riduzione del livello amminoacidico ha aumentato solo i consumi giornalieri, senza grandi alterazioni del comportamento alimentare, seppur i maiali LAA tendessero ad avere velocità d'ingestione più alta ($P = 0.07$).

La velocità d'ingestione era fortemente correlata alle prestazioni produttive dei maiali e alle caratteristiche delle loro carcasse. I maiali con una maggiore velocità d'ingestione presentavano maggiori consumi (+24%, $P < 0.01$), pesi (+16%, $P < 0.01$), ed incrementi giornalieri (+27%, $P < 0.01$) (Tabella 8); le loro carcasse erano più pesanti (+17%, $P < 0.01$), con un grasso dorsale più spesso (24%, $P = 0.05$) e con maggior peso dei principali tagli magri (+14%, $P < 0.01$) e grassi (+32%, $P < 0.01$) (Tabella 7). I risultati erano simili a quelli ottenuti da Rauw et al. (2006), dove i maiali che mangiavano più velocemente crescevano più rapidamente ed erano più grassi. Un aumento della velocità d'ingestione sembra essere sintomo di una maggiore motivazione degli animali a nutrirsi e può essere stimolato da fattori esterni come la competizione sociale o la riduzione della disponibilità di alimento o dei nutrienti del mangime (Nielsen, 1999). I risultati suggerivano un'elevata elasticità dei maiali a modificare il loro comportamento alimentare per soddisfare i loro fabbisogni anche dinnanzi a diverse restrizioni alimentari.

Tabella 3. Prestazioni produttive di maiali alimentati *ad libitum* (AL) o razionati (RF), con diete convenzionali (HAA) o a basso contenuto (LAA) di proteina e amminoacidi.

Table 3. Growth performance of barrows fed *ad libitum* (AL) or restrictively (RF), feeds with high (HAA) or low (LAA) crude protein and indispensable AA contents.

	Regime alimentare (FR)			Dieta (AA)			P		
	AL	RF	SEM	HAA	LAA	SEM	FR	AA	FR × AA
Consumo giornaliero, kg/d									
- finissaggio	2.841	2.615	0.050	2.630	2.825	0.050	0.002	0.031	0.49
- tutta la prova	2.715	2.524	0.030	2.545	2.695	0.030	< 0.001	0.020	0.40
Peso vivo, kg:									
- inizio del finissaggio	86.0	85.3	0.90	84.9	86.3	1.06	0.48	0.41	0.85
- fine della prova	145.8	141.2	1.35	140.4	146.6	1.35	0.018	0.018	0.82
Incremento medio giornaliero, kg/d:									
- finissaggio	0.881	0.823	0.020	0.817	0.887	0.020	0.033	0.038	0.77
- tutta la prova	0.959	0.912	0.010	0.910	0.962	0.010	0.014	0.033	0.89
Indice di conversione ¹									
- finissaggio	0.307	0.311	0.003	0.306	0.312	0.003	0.49	0.28	0.050
- tutta la prova	0.352	0.359	0.003	0.355	0.356	0.003	0.050	0.93	0.09

¹Indice di conversione = Ritmo di crescita/Consumo alimentare; G:F ratio (Growth rate/Feed intake)

Tabella 4. Bilancio della lisina e dell'azoto (N) di maiali alimentati *ad libitum* (AL) o razionati (RF), con diete convenzionali (HAA) o a basso contenuto (LAA) di proteina e amminoacidi.
Table 4. Lysine and N balance of barrows fed *ad libitum* (AL) or restrictively (RF), feeds with high (HAA) or low (LAA) crude protein and indispensable amino acid contents

	Regime alimentare (FR)			Dieta (AA)			P		
	AL	RF	SEM	HAA	LAA	SEM	FR	AA	FR × AA
Fabbisogno di lisina SID, g/d	19.1	18.1	0.45	17.9	19.2	0.45	0.11	0.08	0.34
Consumo di lisina SID (g/d)	20.5	18.9	0.36	20.3	19.1	0.36	0.002	0.06	0.63
Surplus di lisina SID, g/d	1.40	0.83	0.40	2.37	-0.15	0.43	0.26	0.006	0.10
Ingestione di N, g/d	65.9	60.7	1.16	65.7	60.8	1.16	0.002	0.024	0.66
N ritenuto, g/d	23.3	22.2	0.54	22.0	23.5	0.54	0.13	0.09	0.31
N escreto, g/d	42.5	38.6	1.04	43.8	37.4	1.16	0.003	0.008	0.28

Tabella 5. Qualità della carcassa e della carne di maiali alimentati *ad libitum* (AL) o razionati (RF), con diete convenzionali (HAA) o a basso contenuto (LAA) di proteina e amminoacidi.
Table 5. Carcass and meat quality of barrows fed *ad libitum* (AL) or restrictively (RF) feeds with high (HAA) or low (LAA) crude protein and indispensable AA contents.

	Regime alimentare (FR)			Dieta (AA)			P		
	AL	RF	SEM	HAA	LAA	SEM	AL	AA	FR × AA
Peso della carcassa, kg	116.5	113.6	1.09	112.3	117.8	1.09	0.06	0.012	0.86
Resa, %	79.9	80.4	0.23	80.0	80.4	0.23	0.13	0.31	0.94
Spessore grasso dorsale, mm	20.8	19.1	0.69	18.9	21.0	0.81	0.037	0.12	0.29
Perc. carne magra (FOM), %	56.4	57.3	0.39	57.4	56.3	0.44	0.06	0.12	0.40
Totale tagli magri									
- Peso, kg	75.5	74.3	0.64	73.8	76.0	0.64	0.17	0.047	0.85
- Resa, % carcassa	64.8	65.5	0.36	65.7	64.6	0.43	0.13	0.10	0.97
Totale tagli grassi									
- Peso, kg	22.4	21.3	0.39	21.0	22.8	0.39	0.047	0.016	0.93
- Resa, % carcassa	19.2	18.7	0.23	18.6	19.3	0.24	0.13	0.09	0.96
Composizione della carne, %									
- umidità	70.8	70.9	0.15	71.1	70.6	0.16	0.42	0.06	0.17
- proteina	23.5	23.6	0.10	23.6	23.5	0.10	0.63	0.28	0.19
- grasso intramuscolare	4.3	4.1	0.17	3.9	4.5	0.18	0.61	0.037	0.67
- ceneri	1.2	1.2	0.01	1.2	1.2	0.01	0.76	0.67	0.93

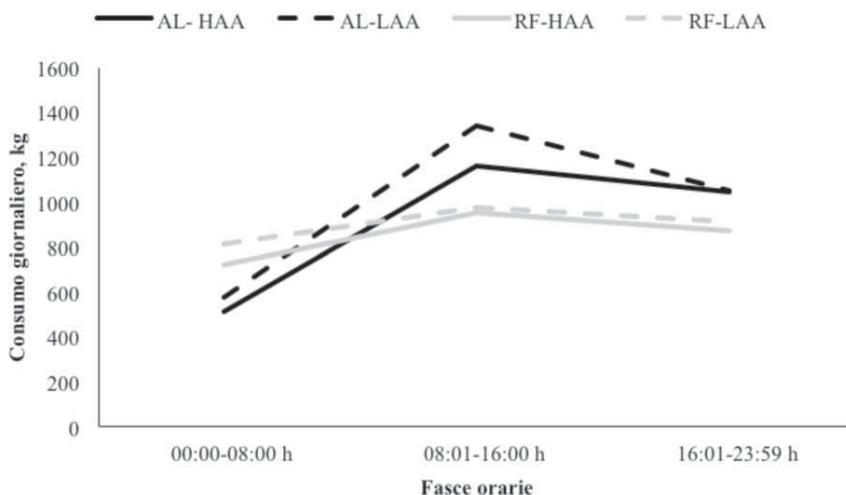


Figura 1. Andamento dei consumi giornalieri di maiali alimentati *ad libitum* (AL) o razionati (RF), con diete convenzionali (HAA) o a basso contenuto (LAA) di proteina e amminoacidi durante tutta la fase di finissaggio.

Figure 1. Daily intake trend of barrows fed *ad libitum* (AL) or restrictively (RF), feeds with high (HAA) or low (LAA) crude protein and indispensable amino acid contents during finishing phase.

Tabella 6. Comportamento alimentare di maiali alimentati *ad libitum* (AL) o razionati (RF), con diete convenzionali (HAA) o a basso contenuto (LAA) di proteina e amminoacidi durante tutta la fase di finissaggio.

Table 6. Feeding behaviour of barrows fed *ad libitum* (AL) or restrictively (RF), feeds with high (HAA) or low (LAA) crude protein and indispensable amino acid contents during finishing phase.

	Regime alimentare (FR)			Dieta (AA)			P		
	AL	RF	SEM	HAA	LAA	SEM	AL	RF	SEM
Consumo giornaliero, kg/d	2841	2615	48.4	2630	2826	48.4	0.002	0.031	0.49
Tempo di alimentazione, min/d	59.4	49.8	1.5	55.8	53.4	1.6	<0.001	0.31	0.29
Visite “false”, n	1.8	0.8	0.2	1.5	1.2	0.3	<0.001	0.26	0.47
Visite “vere”, n	10.2	7.4	0.9	8.2	9.4	1.0	0.001	0.45	0.07
Consumo per visita, g	347	411	23.3	379	379	27.2	0.016	1.00	0.09
Durata di una visita, min	7.2	7.6	0.4	7.9	6.8	0.5	0.45	0.14	0.33
Velocità d’ingestione, g/min	49.1	56.4	2.1	49.3	56.2	2.2	0.016	0.07	0.50

Tabella 7. Influenza della velocità d'ingestione sulle prestazioni produttive dei maiali.
Table 7. Influence of feeding rate on the growth performance of barrows.

	Classi di velocità d'ingestione (g/min)				<i>P</i> ¹	
	da 12.6 a 38.2	da 38.3 a 51.6	da 52.1 a 118.9	SEM	L	Q
Peso vivo finale, kg	131.6	146.1	152.4	2.91	<0.001	0.24
Consumo alimentare, kg/d	2.296	2.707	2.845	0.07	<0.001	0.11
Incremento medio giornaliero, kg/d	0.807	0.975	1.021	0.03	<0.001	0.07
Indice di conversione ² , kg/d	0.352	0.360	0.360	0.01	0.39	0.65

¹L = lineare, Q = quadratico.

²Indice di conversione = Incremento medio giornaliero/Consumo alimentare; G:F ratio (Growth rate/Feed intake)

Tabella 8. Influenza della velocità d'ingestione sulla qualità della carcassa e della carne.
Table 8. Influence of feeding rate on the carcass and meat quality traits of barrows.

	Classi di velocità d'ingestione (g/min)				<i>P</i> ¹	
	da 12.6 a 38.2	da 38.3 a 51.6	da 52.1 a 118.9	SEM	L	Q
Peso della carcassa, kg	105.1	117.2	122.5	2.33	<0.001	0.25
Resa, %	0.80	0.80	0.81	0.01	0.45	0.93
Spessore grasso dorsale, mm	16.5	20.9	20.4	1.41	0.05	0.16
Percentuale carne magra (FOM), %	56.6	53.9	54.3	2.26	0.42	0.51
Totale tagli magri						
- Peso, kg	68.8	76.1	78.6	1.41	<0.001	0.28
- Resa, % carcassa	66.5	64.9	64.1	0.68	0.014	0.58
Totale tagli grassi						
- Peso, kg	18.5	22.4	24.5	0.82	<0.001	0.37
- Resa, % carcassa	17.6	19.2	20.1	0.49	<0.001	0.51
Composizione della carne, %	71.6	70.8	70.9	0.36	0.15	0.29
- umidità	23.5	23.7	23.4	0.24	0.87	0.34
- proteina	3.74	4.31	4.53	0.40	0.18	0.72
- grasso intramuscolare	1.18	1.18	1.18	0.01	0.90	0.98

¹L = lineare, Q = quadratico.

CONCLUSIONI

- 1) Una leggera restrizione alimentare ha determinato:
 - -7% ingestione giornaliera
 - +2% efficienza alimentare
 - -9% escrezioni di azoto
 - +36% uniformità delle carcasse
 - -27% numero di visite, ma +20% consumo per visita e +10% velocità d'ingestione
 - 2) Una riduzione del contenuto di proteina e AA della dieta ha provocato:
 - +7% ingestione giornaliera
 - -15% escrezioni di azoto
 - +5% peso delle carcasse
 - +17% contenuto di grasso intramuscolare della carcassa e +10% di grasso nel prosciutto crudo
 - +15% velocità d'ingestione ($P = 0.07$)
 - 3) Il comportamento alimentare era correlato alle performance e alla qualità della carcassa; un aumento della velocità d'ingestione ha portato a:
 - +16% incremento medio giornaliero
 - +16% peso della carcassa
 - +14% contenuto di grasso della carcassa
- 1) I maiali erano in grado di modificare il loro comportamento alimentare per soddisfare i loro fabbisogni.

In conclusione, l'uso di una leggera restrizione alimentare o di diete a basso contenuto proteico e amminoacidico può rivelarsi una buona strategia per ridurre l'impatto ambientale degli allevamenti suinicoli.

BIBLIOGRAFIA

1. Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., Tempio G. (2013), "Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities." Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 35-37.
2. Osada T., Takada R., Shinzato I. (2011), "Potential reduction of greenhouse gas emission from swine manure by using a low-protein diet supplemented with synthetic amino acids." *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 166-67: 562-574.
3. Gallo L., Dalla Montà G., Carraro L., Cecchinato A., Carnier P., Schiavon S. (2014), "Growth performance of heavy pigs fed restrictively diets with decreasing crude protein and indispensable amino acids content." *Livest. Sci.*, 16: 130-138.
4. NRC, (2012), "Nutrient Requirements of Swine." 11th revised ed. Washington: National Academy Press.
5. AOAC (2012), "Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists" 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
6. SAS Institute, Inc., (2009). SAS/STAT®. 9.4. Cary, NC.
7. Lebret B. (2008), "Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality of pigs." *Anim.* 2: 1548-1558.
8. Chiba L.I., Kuhlers D.L., Frobish L.T., Jungst S.B., Huff-Lonergan E.J., Lonergan S.M., Cummins K.A. (2002), "Effect of dietary restrictions on growth performance and carcass quality of pigs selected for lean growth efficiency." *Livest. Prod. Sci.*, 74: 93-102.
9. Schiavon S., Carraro L., Dalla Bona M., Cesaro G., Carnier P., Tagliapietra F., Sturaro E., Galassi G., Malagutti L., Trevisi E., Crovetto G.M., Cecchinato A., Gallo L., (2015), "Growth performance, and carcass and raw ham quality of crossbred heavy pigs from

- four genetic groups fed low protein diets for dry-cured ham production.” *Anim. Feed Sci. Technol.*, 208: 170–181.
10. Cisneros F., Ellis M., Baker D.H., Easter R.A., McKeith F.K., (1996), “The influence of short term feeding of amino acid-deficient diets and high dietary leucine levels on the intramuscular fat content of pig muscle.” *Anim. Sci.*, 63: 517-522.
 11. Rauw W.M., Soler J., Tibau J., Reixach J., Raya L.G., (2006), “Feeding time and feeding rate and its relationship with feed intake, feed efficiency, growth rate, and rate of fat deposition in growing Duroc barrows.” *Am. Soc. Anim. Sci.*, 84: 3404–3409.
 12. Nielsen B.L., (1999), “On the interpretation of feeding behaviour measures and the use of feeding rate as an indicator of social constraint.” *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 63: 79–91.