

# Apporto nutrizionale di diverse fonti lipidiche e di un antiossidante naturale nel suino: valutazione su parametri zootecnici, sulla qualità e conservabilità della carne



G. MEINER, M. MATTONI, B. SICURO, A. LUCARDA, E. VALLE

Dipartimento di scienze veterinarie - Largo Braccini, 2 - 10095 Grugliasco (To)

## RIASSUNTO

Numerosi studi scientifici in campo nutrizionale umano sottolineano l'importanza di ridurre il consumo di acidi grassi saturi (AGS), responsabili di numerose patologie e di incrementare l'utilizzo di carni ricche di acidi grassi polinsaturi (PUFA), più salutari. Tuttavia le diete contenenti PUFA, se non integrate con antiossidanti, rendono le carni più suscettibili a fenomeni di ossidazione e meno conservabili.

L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare l'effetto di diverse diete (dieta contenente olio di palma, OP, ricca in AGS; dieta contenente olio di mais, OM, ricca in PUFA e dieta contenente olio di mais con aggiunta di un fitocomplesso antiossidante, OML) sulla digeribilità delle diete e sulle variazioni del profilo acidico, sulla qualità e sulla conservabilità (metodo TBARS) della carne suina. Lo studio, effettuato su 18 suini, suddivisi in 3 gruppi di 6 animali ciascuno, è durato 8 settimane precedute da 7 giorni di adattamento.

Nessuna differenza statisticamente significativa è stata evidenziata per i parametri chimico-fisici (pH, colore, perdite di cottura, forza di taglio) delle carni, per la digeribilità delle diete, per la composizione centesimale e per i livelli di TBARS della carne fresca.

La composizione in acidi grassi delle carni ha evidenziato differenze statisticamente significative ( $p < 0.05$ ) per l'acido palmitico (C16:0) e l'indice aterogenico che sono risultati superiori nelle carni del gruppo di suini OP rispetto ai gruppi OM ed OML. Dal punto di vista nutrizionale si può quindi affermare che l'inserimento di olio di mais nelle diete dei suini sia in grado di modificare il profilo degli acidi grassi delle carni aumentando il grado di insaturazione, ma non predisponendo la carne fresca a fenomeni perossidativi.

## PAROLE CHIAVE

Suini, digeribilità, qualità della carne, vino rosso liofilizzato, Liofenol.

## INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni si è assistito ad un aumento delle ricerche nel campo della produzione di prodotti di origine animale (PDA) che oggi sempre di più assumono il ruolo di alimenti funzionali ovvero designati ad avere effetti specifici e benefici per l'uomo<sup>1</sup>.

La modulazione delle caratteristiche della carcassa animale e soprattutto dei suoi tagli commercializzabili può essere raggiunta attraverso diverse strategie gestionali e dietetiche<sup>2</sup>. Numerose sono le ricerche a riguardo che testimoniano come il management e la dieta a cui sono sottoposti gli animali stessi<sup>3,4,5</sup> possa non solo influenzare le caratteristiche organolettiche, ma anche il profilo lipidico dei PDA. In particolare il tema della modulazione del profilo in acidi grassi è molto importante in quanto studi e raccomandazioni in sanità pubblica sottolineano l'importanza di ridurre gli acidi grassi saturi (AGS) come mezzo per la prevenzione delle malattie cronico metaboliche (patologie cardiovascolari, dislipidemie, aterosclerosi); infatti questi acidi grassi hanno effetti sulla mediazione di meccanismi biologici multipli che includono stress ossidativo, infiammazione sub-clinica, disfunzione endoteliale, aumento della pressione arteriosa e azione sulla sensibilità insulinica<sup>6</sup>.

Il controllo delle caratteristiche dei prodotti di origine alimentare è quindi fondamentale al fine di soddisfare le esigenze dei consumatori in termini di qualità e composizione degli alimenti e tra tutte le specie animali quella suina ben si presta allo studio della modulazione delle caratteristiche della carne. Tra le varie strategie dietetiche a cui possono essere sottoposti i suini per indurre cambiamenti in vivo, la pratica di somministrare diete contenenti un idoneo apporto di acidi grassi polinsaturi (PUFA) sembra dare promettenti risultati<sup>3,4</sup>.

Tuttavia queste tipologie di diete, se non integrate con antiossidanti mirati, fanno sì che le carni siano più suscettibili ai fenomeni di perossidazione e ad una minore conservabilità. Infatti gli acidi grassi polinsaturi sono molto sensibili all'azione dei radicali liberi<sup>7</sup>. Tra gli antiossidanti che possono essere utili per contrastare l'irrancidimento, i fenoli estratti dal vino rosso sembrano mostrare promettenti proprietà<sup>3,4</sup>. In particolare il vino può essere sottoposto ad un processo di liofilizzazione che porta alla concentrazione di tutti i suoi principi attivi soprattutto di natura fenolica. Questi antiossidanti sono utili sia per salvaguardare gli acidi grassi polinsaturi dall'ossidazione sia per le loro proprietà intrinseche sul metabolismo in generale.

In questo studio abbiamo utilizzato come antiossidante un fitocomplesso derivante da vino rosso dealcolato e liofilizzato, denominato "Liofenol". L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare l'effetto di diverse diete somministrate a suini [dieta contenente olio di palma, (OP), ricca in AGS; dieta contenente olio di mais, (OM), ricca in PUFA e dieta

Autore per la corrispondenza:  
Emanuela Valle (emanuela.valle@unito.it).

contenente olio di mais con aggiunta di "Liofenol", (OML) sugli indici di digeribilità delle diete, sulle variazioni del profilo acidico e sulla qualità e conservabilità della carne suina.

## MATERIALI E METODI

### Disegno sperimentale

Lo studio si è svolto presso la Struttura Didattica Speciale Veterinaria del Dipartimento di Scienze Veterinarie dell'Università di Torino. Diciotto suini di tre mesi di età, appartenenti allo stesso genotipo e nidiata e dal peso medio di  $74 \pm 8,43$  kg sono stati suddivisi in tre gruppi. Ogni gruppo conteneva tre femmine e tre maschi. Gli animali sono stati posti in condizioni standard di allevamento rispettando le normative sul benessere animale, con box di dimensioni di 2,30 m per 3 m, dotati di abbeveratoi automatici.

La prova prevedeva una settimana di adattamento alimentare e 8 settimane di prova sperimentale. Nell'ultima settimana dello studio è stata determinata la digeribilità apparente delle diete. Al termine della prova gli animali sono stati macellati secondo le norme in termini di macellazioni degli animali in produzione zootecnica (Regolamento CE N. 1099/2009) e sono stati prelevati i campioni di muscolo necessari per le successive analisi riguardanti le caratteristiche della carne.

### Formulazione, analisi chimico centesimali e acide delle diete e attività antiossidante del fitocomplesso studiato

Sono state formulate tre diete isoenergetiche e isoproteiche per ciascun gruppo: una dieta contenente acidi grassi saturi (OP), una contenente acidi grassi polinsaturi (OM) e una dieta OM addizionata di "Liofenol" (OML) (3,6 g/kg fitocomplesso estratto da vino rosso liofilizzato e dealcolato, prodotto dalla Cascina Canovella (Rosignano Monferrato, Italia). Il contenuto di polifenoli totali, antociani e flavonoidi totali, proantocianidine e flavani reattivi alla vanillina nel fitocomplesso "Liofenol" sono stati determinati come riportato da Di Stefano e collaboratori<sup>8</sup>. L'attività antiossidante del fitocomplesso è stata valutata mediante spettrofotometria, ed espressa come unità di acido ascorbico equivalente [valori espressi come mg/g di Liofenol: polifenoli totali  $49.52 \pm 0.11$ ; antociani totali  $1.03 \pm 0.05$ ; flavonoidi totali  $43.35 \pm 4.42$ ; proantocianidine  $58.02 \pm 3.53$ ; flavani reattivi alla vanillina  $32.32 \pm 0.17$ ; potere antiossidante (eq. acido ascorbico)  $37.0 \pm 2.40$ ]<sup>3</sup>.

Le diete contenevano le seguenti materie prime: orzo, farina di soia, crusca di frumento, olio vegetale (olio di palma o olio di mais), integrazione di vitamine, minerali e lisina (Aminopig®). Una delle diete, contenente olio di mais, è stata integrata con l'antiossidante "Liofenol". Le diete e l'acqua sono state somministrate ad libitum.

Sulle diete sono state effettuate le analisi centesimali, mediante metodiche descritte in seguito e le analisi della composizione in acidi grassi (Tabella 1), dopo estrazione del grasso eseguita secondo la metodica di Peiretti e Meineri (2008)<sup>9</sup>. L'analisi della composizione in acidi grassi è stata condotta mediante gascromatografia (Dani Instruments SPA, Cologno Monzese, Italia) utilizzando la stessa metodica che verrà descritta nel paragrafo sulla composizione in acidi grassi della carne.

### Valutazione della digeribilità apparente

Durante l'ultima settimana della prova sperimentale, in 4 giorni consecutivi, sono state raccolte le feci di ciascun sogget-

to per la prova di digeribilità. Le singole feci giornaliere sono state pesate e poste in sacchetti di plastica a due strati per prevenire la perdita di umidità. Successivamente le feci sono state conservate a  $-20^{\circ}\text{C}$  per la determinazione della digeribilità apparente, seguendo le indicazioni di Moughan e collaboratori<sup>10</sup>. I campioni di feci congelati sono poi stati mescolati al fine di ottenere dei pool che, successivamente, sono stati omogeneizzati (Tecator, Herndon, VA, USA). Campioni rappresentativi sono stati pesati su fogli di alluminio, essiccati in stufa a ventilazione forzata (a  $80^{\circ}\text{C}$ ) fino a peso costante, poi pesati nuovamente e sottoposti ad analisi della digeribilità.

Insieme ai campioni di feci anche i mangimi sono stati analizzati per la sostanza secca (SS), le ceneri a  $550^{\circ}\text{C}$ , la proteina grezza (PG) e l'estratto etereo (EE) secondo il metodo AOAC, 1990<sup>11</sup>. L'energia lorda (EL) è stata determinata utilizzando la bomba calorimetrica adiabatica (IKA C7000, Staufen, Germania). Le ceneri acido insolubili (AIA) sono state esaminate secondo il metodo di Van Keulen e Young<sup>12</sup>. I coefficienti di digeribilità sono stati calcolati secondo il metodo indiretto, usando le AIA come un marcatore inerte. Il calcolo della digeribilità della SS è stato ottenuto mediante la seguente formula: Digeribilità SS (%) =  $(1-A/B) \cdot 100$  dove A e B sono le concentrazioni di AIA nel mangime e nelle feci, rispettivamente. La digeribilità degli altri nutrienti (X) è stata calcolata come segue:

Digeribilità X (%) =  $(1-A/B \cdot X_B/X_A) \cdot 100$  dove XA e XB sono le concentrazioni di X rispettivamente nel mangime e nelle feci.

### Analisi delle caratteristiche fisico-chimiche, del profilo degli acidi grassi e della conservabilità della carne

Il muscolo semimembranoso (SM) è stato immediatamente rimosso dalle mezzene dei suini ed è stato diviso in due parti. Una parte di SM è stata utilizzata per la determinazione delle caratteristiche fisico-chimiche (pH, colore, perdita di acqua di cottura, forza di taglio); l'altra porzione è stata liofilizzata per la valutazione delle analisi chimico centesimali, per determinare il profilo di acidi grassi e per la valutazione della conservabilità della carne. Quest'ultima analisi è stata effettuata mediante la misurazione delle sostanze reattive all'acido tiobarbiturico (TBARS).

Il muscolo SM è stato refrigerato, post-mortem, per 24 h. Il colore è stato misurato sulla superficie muscolare, un'ora dopo aver riportato a temperatura ambiente i campioni, tramite un colorimetro (Minolta CR331C). I dati sul colore sono stati espressi in termini di luminosità ( $L^*$ ), rosso ( $a^*$ ) e giallo ( $b^*$ ) conformemente al sistema CIELAB (CIE, 1976). La Chroma, che è una misura dell'intensità del colore e l'angolo di tinta (Hue), che descrive il colore fondamentale di una sostanza, sono stati calcolati come:  $(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$  e  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ . I valori della Hue sono stati quindi convertiti da radianti in gradi. Sugli stessi campioni è stata determinata la perdita di acqua in seguito a cottura. I campioni sono stati pesati individualmente, imballati sotto vuoto in un sacchetto di plastica e cotti in un bagno maria a  $80^{\circ}\text{C}$  finché la temperatura al cuore del prodotto abbia raggiunto i  $70^{\circ}\text{C}$ . I campioni sono stati poi rimossi dal bagno d'acqua, raffreddati, asciugati e pesati nuovamente. Le perdite di cottura sono state determinate calcolando la differenza di peso dei campioni prima e dopo la cottura, espressa come percentuale del peso iniziale. Per valutare le caratteristiche di tessitura della carne è stata impiegata una macchina di prova universale Instron 5543 (Instron Corporation, USA). Per ogni campione, sono stati

ottenuti da 8 a 10 blocchi in sezione trasversale dell'area di 1 cm<sup>2</sup> che sono stati tagliati parallelamente alla direzione delle fibre muscolari. La forza di taglio è stata valutata utilizzando un dispositivo Warner-Bratzler, che misura la forza di picco necessaria per tagliare il parallelepipedo a metà perpendicolarmente alla sua lunghezza. I campioni sono stati tranciati perpendicolarmente alla direzione delle fibre muscolari tramite una lama con una velocità pari a 200 mm/min. Il valore della forza di taglio espressa in kgf è stato registrato per ciascun campione. I dati sono stati poi convertiti in Newton (N). La composizione chimico centesimale dei campioni è stata misurata secondo Chemists (AOAC, 1990). I campioni di muscolo sono stati pesati, essiccati a 125° C per 5 h e pesati nuovamente per determinare il contenuto di acqua. I campioni liofilizzati sono stati analizzati per determinare le ceneri e l'estratto etereo (EE) con il metodo Soxhlet. L'azoto è stato determinato con il metodo Kjeldahl; la proteina grezza è stata quindi calcolata moltiplicando N × 6,25.

Per determinare la composizione in acidi grassi, sui campioni di muscolo è stata eseguita l'estrazione del grasso secondo la metodica di Peiretti e Meineri (2008)<sup>9</sup>. L'analisi è stata condotta mediante gascromatografia (Dani Instruments SPA, Cologno Monzese, Italia) utilizzando una colonna capillare di silice fusa [Supelcowax-10, 60 m x 0,32 mm (id), x 0,25 (ft)]. Brevemente, la vaporizzazione a temperatura programmata e la ionizzazione di fiamma sono state fissate a 245°C e 270°C, rispettivamente. Il programma di temperatura del forno è stato fissato a 50°C per il primo minuto, poi aumentato ad una velocità di 5°C/min a 230°C per 24 min. Un volume di 1 µl è stato iniettato con un campionatore automatico con un rapporto di 1:50. L'area del picco è stata misurata con Data Station Dani DDS 1000 e ogni picco è stato identificato e quantificato in base allo standard degli esteri metilici degli acidi grassi (Restek Corporation, Bellefonte, PA, USA).

L'indice aterogenico (AG) e trombogenico (TG) del grasso sono stati calcolati come segue:  $AG = (C12:0 + 4 * C14:0 + C16:0) / [\Sigma MUFA + \Sigma (n-6) + \Sigma (n-3)]$  (1);

$TG = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [0.5 * 0.5 * \Sigma MUFA + \Sigma (n-6) + 3 * \Sigma (n-3) + \Sigma (n-3) / \Sigma (n-6)]$  (2) dove MUFA indica il contenuto in acidi grassi monoinsaturi, n indica la serie.

Per le prove di conservazione i campioni di muscolo liofilizzati sono stati analizzati con la metodica dei TBARS, per la determinazione dell'ossidazione lipidica in accordo con il metodo di Witte et al. (1970)<sup>13</sup>. In generale il principio del metodo si basa sul fatto che la malondialdeide (MDA), importante prodotto terminale della perossidazione lipidica, forma un addotto in rapporto 1:2 con l'acido tiobarbiturico. Tale addotto è colorato ed è rilevabile spettrofotometricamente a 532 nm. In breve, 2 g di carne liofilizzata sono stati omogeneizzati per 30 secondi ad alta velocità con 20 ml di una soluzione al 10% di acido tricloroacetico (TCA), usando un omogeneizzatore polytron (Type PT 10- 35; Kinematica GmbH, Luzern, Switzerland) e poi filtrati con carta da filtro Whatman #1.

Un ml del filtrato è stato miscelato con 1 ml di una soluzione 0.02 M di acido tiobarbiturico (TBA) e poi scaldato in acqua bollente per 20 minuti, insieme ad un bianco contenente 1 ml di TCA ed 1 ml di TBA. Dopo il trattamento termico i campioni sono stati raffreddati e analizzati in triplicato. I risultati sono stati espressi come mg di MDA/kg di muscolo, usando una curva standard di 1,1,3,3, tetrametossipropano che copre un range di concentrazione da 0.6 a 10 µM (Sigma- Aldrich, Steinheim, Germany). L'assorbanza è stata misurata a 532 nm con uno spettrofotometro Helios (Unicam Limited, Cambridge, UK).

## Analisi statistiche

Tutte le analisi sulla carne sono state effettuate in doppio; dopo aver verificato la distribuzione dei dati, essi sono stati analizzati con la procedura ANOVA impostando la dieta come fattore principale e utilizzando il test di Duncan come post hoc test. I risultati sono espressi come media ± deviazione standard (DS) e il livello di significatività è stato impostato a 0,05. Le analisi statistiche sono state eseguite utilizzando il pacchetto software SPSS (versione 11.5.1 per Windows, SPSS Inc., USA).

## RISULTATI

### Costituzione, analisi chimico centesimali e acide delle diete

Le tre diete risultano isoenergetiche e isoproteiche. La Tabella 1 riporta il contenuto in acidi grassi delle diete sperimentali. Si può notare che la dieta OP presenta un maggiore apporto di acido miristico, acido palmitico, acido stearico che sono acidi grassi saturi, mentre le diete OM e OML hanno un maggior contenuto di acido linoleico, acido grasso polinsaturo.

### Valutazione della digeribilità apparente

I coefficienti di digeribilità apparente ottenuti dalla prova di digeribilità, secondo il metodo indiretto che utilizza le AIA come marcatore inerte, sono riportati nella Tabella 2. Dall'analisi statistica non sono riportate differenze statisticamente significative tra i gruppi di suini alimentati con le tre diete.

### Valutazione delle caratteristiche e della conservabilità della carne

I parametri fisici (pH, colore, perdita di acqua di cottura, forza di taglio) della qualità della carne sono rappresentati in Tabella 3. Nessuna differenza statisticamente significativa è stata evidenziata per i parametri chimico-fisici misurati nelle carni provenienti da suini alimentati con diete differenti. Anche la composizione centesimale e i livelli di TBARS non sono risultati statisticamente significativi nelle carni fresche dei suini alimentati con le tre diete differenti e il contenuto di malondialdeide per la dieta OM è stato pari a 0,27 mg MDA/kg.

**Tabella 1** - Contenuto in acidi grassi delle diete sperimentali (100 g di grasso).

	OP	OM	OML
<b>Grassi (g/kg)</b>	32.9	33.3	31.2
<b>C14:0</b>	0.3	0.0	0.0
<b>C16:0</b>	30.3	15.8	15.0
<b>C18:0</b>	4.2	2.2	2.1
<b>C18:1n-9</b>	28.7	25.3	24.4
<b>C18:1n-7</b>	0.8	0.8	0.8
<b>C18:2n-6</b>	32.2	52.1	54.0
<b>C18:3n-3</b>	2.7	2.8	2.8
<b>C20:0</b>	0.4	0.4	0.4
<b>C20:1n-9</b>	0.4	0.5	0.4

OP = dieta con olio di palma; OM = dieta con olio di mais; OML = dieta con olio di mais e addizionata di Liofenol (Peiretti et al., 2015, modificata).

**Tabella 2** - Coefficienti di digeribilità apparente determinati con metodo AIA (ceneri acido insolubili) come marker interno.

	OP	OM	OML
Sostanza secca	74.2±0.9	75.5±1.5	73.8±2.3
Sostanza organica	76.1±0.9	77.1±1.6	75.5±2.2
Proteina grezza	63.0±1.2	65.9±2.3	66.1±4.6
Estratto etereo	41.1±3.3	48.5±3.6	43.4±7.1
ADF	41.2±4.1	45.1±1.8	45.2±3.1
NDF	19.9±4.9	26.4±3.7	23.8±4.5
Energia grezza	73.5±1.1	75.0±1.6	73.5±2.4

OP = Dieta contenente olio di palma; OM = Dieta contenente olio di mais; OML = Dieta contenente olio di mais e integrata con Liofenol; ADF = fibra resistente al detergente acido; NDF = fibra resistente al detergente neutro (Peiretti et al., 2013, modificata).

## Valutazione del profilo degli acidi grassi delle carni

La composizione in acidi grassi ha evidenziato differenze statisticamente significative per la variabile l'acido palmitico (C16:0) che è risultato superiore nelle carni dei suini alimentati con dieta OP rispetto alla dieta OM ed OML. Anche l'indice aterogenetico è risultato statisticamente maggiore nelle carni dei suini alimentati con dieta OP (Tabella 4). Nelle diete contenenti OM e OML l'acido grasso prevalente è risultato il linoleico (C18:2 n-6).

## DISCUSSIONE

I PDA ed in particolare la carne con i suoi tagli commerciali sono di grande interesse scientifico visto l'aumentata sensibilità del consumatore all'acquisto di prodotti che abbiano caratteristiche di alimenti funzionali. Al di là dei macronutrienti, altre sostanze di natura bioattiva, ad esempio PUFA e antiossidanti, possono essere apportate dai prodotti di origine animale<sup>14</sup>. Nel presente studio è stato valutato l'effetto dell'in-

**Tabella 3** - Effetti delle diverse diete sui parametri fisici, composizione centesimale e T-BARS del muscolo *semimembranoso* (media±ds).

	OP	OM	OML
pH <sub>45min</sub>	6.50±0.25	6.42±0.32	5.54±0.26
pH <sub>24h</sub>	5.50±0.17	5.54±0.20	5.57±0.16
Colore L'	48.70±4.29	48.50±2.56	49.26±1.67
COLORE a'	20.50±2.50	20.19±1.02	19.47±0.96
COLORE b'	6.06±1.87	4.74±0.96	5.17±2.02
Colore chroma	21.45±2.32	20.77±1.06	20.82±0.99
Colore hue	16.59±5.89	13.22±2.55	14.79±5.74
Perdite per cottura (%)	22.97±3.89	24.87±0.90	25.68±3.12
Forza di taglio (n)	50.75±13.94	53.70±16.48	42.43±9.87
Sostanza secca %	27.35±0.77	27.08±0.92	26.73±1.33
Ceneri %	4.47±0.26	4.45±0.24	4.34±0.33
Estrattivi eteri %	9.01±3.65	9.23±4.50	10.81±3.58
TBARS, mg malonidialdeide/kg	0.24±0.06	0.27±0.06	0.24±0.10

OP = Dieta contenente olio di palma; OM = Dieta contenente olio di mais; OML = Dieta contenente olio di mais e integrata con Liofenol; L: luminosità; a: rosso; b: giallo (Peiretti et al., 2015, modificata).

tegrazione di diverse fonti lipidiche e di un fitocomplesso antiossidante derivato da vino rosso liofilizzato al fine di stabilire sia gli effetti sulla digeribilità delle diete sia sulla qualità e conservabilità della carne destinata al consumo umano.

In particolar modo nel presente studio l'integrazione di diverse fonti lipidiche sature o insature e del complesso antiossidante non ha apportato differenze statisticamente significative sui coefficienti di digeribilità apparente. Ciò indica che le modificazioni dietetiche effettuate (l'apporto di diverse fonti lipidiche e la supplementazione con "Liofenol"), non hanno causato delle alterazioni nei processi di digeribilità da parte dei suini. I risultati in merito alla capacità digestiva delle diverse fonti lipidiche in letteratura sono discordanti<sup>15</sup>. In alcuni studi, infatti, è stato dimostrato che le fonti lipidiche animali sono meno digeribili di quelle vegetali<sup>16</sup>. Questo potrebbe essere dovuto alle caratteristiche degli acidi grassi di origine animale che hanno un maggior grado di saturazione, fattore che inibisce la formazione di micelle, necessarie per l'assorbimento dei grassi. Secondo alcuni studi è possibile che solo i suinetti in fase di svezzamento possano avere una limitata capacità digestiva nei confronti degli acidi grassi saturi<sup>15,17</sup>. Tuttavia nel presente studio non si sono verificate differenze nei parametri relativi alla stima della digeribilità apparente della componente lipidica e questo potrebbe essere dovuto alla tipologia di grassi che erano per entrambe le diete di origine vegetale.

Nel nostro studio, inoltre, l'aggiunta del fitocomplesso antiossidante non ha causato alterazioni della digeribilità. I nostri risultati confermano quelli di Muhl e Liebert 2007<sup>18</sup> dove l'utilizzo di un additivo vegetale a base di Timolo, Carvacrolo ed inulina non ha influenzato la digeribilità delle diete. Altri studi dimostrano, al contrario, che gli estratti vegetali, come erbe e spezie potrebbero influenzare la digestione<sup>19,20</sup>.

Nel nostro studio non sono state evidenziate neanche differenze statisticamente significative nelle caratteristiche chimico centesimali e fisiche della carne. Infatti ci si poteva aspettare che le diverse tipologie di diete (elevato valore di PUFA nelle diete OM e OML) potessero determinare caratteristiche chimico-fisiche della carne diverse. Alcuni lavori riportano che i PUFA possono determinare alterazioni organolettiche

del pH, colore e produzioni di sostanze volatili durante la cottura<sup>21,22</sup>. Altri studi riportano che la somministrazione di acidi grassi polinsaturi può influenzare negativamente il punto di fusione del grasso presente nella carcassa<sup>23,24</sup> e la stabilità all'ossidazione. Nel nostro lavoro il pH delle carni è risultato simile in tutte le diete come già dimostrato in altri studi<sup>26</sup>.

Anche i parametri relativi al colore delle carni risultano simili tra le diete, non mostrando nessuna differenza statisticamente significativa. Joo e collaboratori<sup>25</sup> hanno riportato come il parametro legato al giallo possa variare in seguito alla modificazione degli acidi grassi contenuti nella carne. La colorazione dipende molto dai pigmenti presenti nelle materie prime della dieta e nel nostro lavoro avrebbe potuto subire una variazione dovuta alla presenza di "Liofenol".

Le perdite di acqua in cottura e la forza di taglio sono risultate simili tra le diete usate e questo dato è in accordo con altri studi dove la tipologia di grasso utilizzato nella dieta non ha determinato differenze statisticamente significative per le perdite in cottura della carne<sup>26</sup>.

I nostri risultati sulle perdite di acqua in cottura presentano valori minori di quelli riportati da Pires et al. 2002 e da Bridi et al. 2006<sup>27,28</sup>, che riportano perdite in cottura rispettivamente del 31% e del 28%. I valori riscontrati nel nostro lavoro rappresentano un aspetto positivo per il consumatore che preferisce carni che non perdono troppa acqua e volume durante la cottura. Per quanto riguarda lo spettro degli acidi grassi della carne, possiamo notare che esso rispecchia il profilo degli acidi grassi presenti nelle diete dei suini. Nel suino infatti, animale monogastrico, i lipidi assunti con la dieta non sono suscettibili alle modulazioni chimiche che avvengono invece nei ruminanti ad opera dei batteri presenti nei prestomaci. Nel nostro studio, in particolare, si nota che nella dieta OP l'acido grasso predominante è l'acido palmitico (C 16:0, acido grasso saturo), mentre nelle diete OM e OML predominano gli acidi grassi polinsaturi, in particolare l'acido linoleico (C18:2 n-6).

Parallelamente alle diete, nelle carni di suino troviamo che il contenuto di acido palmitico è significativamente maggiore rispetto alle diete OM e OML, inoltre l'indice aterogenico delle carni è significativamente maggiore nella dieta OP rispetto alle diete OM e OML (Tabella 4). Dal punto di vista nutrizionale si può quindi affermare che l'inserimento di olio di mais nelle diete è in grado di modificare il profilo degli acidi grassi delle carni di suino aumentando il grado di insaturazione; questo è un risultato importante nell'ottica della salute del consumatore.

Un altro aspetto di grande interesse riguarda la conservazione delle carni poiché è noto che i PUFA sono suscettibili di perossidazione. Nel presente studio lo stato ossidativo del muscolo è stato misurato attraverso il metodo TBARS. I range di ossidazione misurati per le tre prove sono compresi tra 0,24-0,27 mg di MDA per kg di carne e non vi sono differenze significative tra i tre gruppi. Aumentando i PUFA si rischia di favorire i fenomeni di ossidazione. Questo aspetto non è stato evidenziato nel nostro studio, infatti la dieta OM non ha prodotto valori di TBARS superiori alle altre diete. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che l'olio di mais contiene quantità moderate di vitamina E che potrebbe aiutare a contrastare l'ossidazione come già dimostrato per le carni di agnello<sup>29</sup>. Invece oli ricchi di acidi grassi polinsaturi e con contenuti molto bassi di vitamina E (come l'olio di lino) possono determinare una elevata suscettibilità alla perossidazione nelle carni di suino<sup>30</sup>. Tale alterazione potrebbe essere contrastata dall'integrazione con il fitocomplesso antiossidante utilizzato nel presente studio. I nostri risultati preliminari, da questo punto di vista, sono incoraggianti infatti il "Liofenol" si è dimostrato ben digeribile e con elevato contenuto di antiossidanti (polifenoli, antociani, flavonoidi, proantocianidine e flavani).

## CONCLUSIONI

Numerosi alimenti hanno per loro natura dei buoni profili lipidici con discreti rapporti n-6/n-3<sup>31,32</sup>; tuttavia quando gli

**Tabella 4** - Composizione in acidi grassi (100 g totale di FA) del muscolo semi-membranoso.

	OP	OM	OML
Lipidi (g/kg)	5.08±0.61	5.66±1.10	5.68±0.86
C14:0	1.07±0.05	0.97±0.97	0.98±0.03
C16:0	23.37±0.21 <sup>a</sup>	22.45±0.29 <sup>b</sup>	22.65±0.14 <sup>b</sup>
C16:1	2.85±0.29	2.65±0.14	2.55±0.18
C17:0	0.35±0.05	0.23±0.02	0.28±0.03
C18:0	10.93±0.58	10.53±0.19	11.23±0.43
C18:1n-9	44.58±1.02	42.93±1.37	42.73±0.67
C18:1n-7	4.33±0.34	4.22±0.10	4.03±0.21
C18:2n-6	9.65±1.15	12.62±1.13	12.35±0.78
C18:3n-3	0.40±0.06	0.37±0.03	0.42±0.05
C20:0	0.93±0.05	0.80±0.05	0.88±0.03
C20:1n-9	0.45±0.04	0.53±0.04	0.53±0.03
C20:4n-6	1.12±0.15	1.72±0.54	1.38±0.14
AGS	36.63±0.55	34.95±0.42	36.02±0.40
MUFA	52.18±1.53	50.33±1.58	49.82±1.01
PUFA	11.18±1.21	14.72±1.61	14.15±0.79
PUFA n-3 <sup>4</sup>	0.40±0.06	0.37±0.03	0.42±0.05
PUFA n-6 <sup>5</sup>	10.75±1.15	14.32±1.60	13.77±0.75
n-6/n-3 <sup>6</sup>	27.97±2.10	39.46±5.32	35.32±1.68
Indice aterogenico	0.45 <sup>a</sup> ±0.01	0.42 <sup>b</sup> ±0.01	0.43 <sup>b</sup> ±0.01
Indice trombotico	1.08±0.02	1.01±0.02	1.05±0.02

OP = Dieta contenente olio di palma; OM = Dieta contenente olio di mais; OML = Dieta contenente olio di mais e integrata con Liofenol; le lettere indicano differenze per p<0,05. AGS = Acidi grassi saturi; MUFA = Acidi grassi monoinsaturi; PUFA = Acidi grassi polinsaturi (Peiretti et al., 2015, modificata).

alimenti non posseggono queste caratteristiche è possibile modificarne la composizione lipidica, proprio come dimostrato nel presente studio sulle carni suine. Ciò può essere vantaggioso per la salute del consumatore, poiché consente di spostare lo spettro di acidi grassi verso una maggior presenza di acidi grassi polinsaturi, con benefici per la salute. Tuttavia dati di letteratura indicano che i PUFA sono più suscettibili all'ossidazione e una dieta integrata con questi acidi grassi necessita di una protezione antiossidante. Nel nostro studio abbiamo utilizzato come antiossidante un prodotto a base di vino rosso liofilizzato e dealcolato "Liofenol", ricco di polifenoli, antociani, flavonoidi, proantocianidine, flavani. Abbiamo riscontrato che tale prodotto, inserito nelle diete dei suini, non deprime la digeribilità delle diete; inoltre la dieta contenente olio di mais non ha prodotto valori di TBARS superiori alle altre diete. Dal punto di vista nutrizionale si può quindi affermare che l'inserimento di olio di mais nelle percentuali utilizzate nel presente studio, è in grado di modificare il profilo degli acidi grassi delle carni di suino aumentando il grado di insaturazione, ma non predisponendo la carne fresca di suino a fenomeni perossidativi. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che l'olio di mais contiene quantità moderate di vitamina E che potrebbe aiutare a contrastare l'ossidazione della carne fresca. Anche se nella carne fresca di suino non sono rilevabili differenze statisticamente significative sui livelli di malonildialdeide, è possibile che, a tempi diversi di conservazione la carne di suino arricchita con PUFA possa manifestare una maggiore suscettibilità al-

l'irrancidimento. Ulteriori valutazioni mediante analisi TBARS ripetute a tempi diversi di conservazione potrebbero essere utili per proseguire l'indagine sull'utilità dell'integrazione con l'antiossidante studiato, permettendo di migliorare la qualità tecnologica e la conservabilità delle carni di suino arricchite con acidi grassi polinsaturi.

## ■ Different lipid sources and a natural antioxidant in pigs: evaluation of animal performance and meat quality

### SUMMARY

**Introduction** - Different scientific studies in the human nutrition field emphasize the importance of reducing the consumption of saturated fatty acids (SFA) that are involved in the pathogenesis of chronic metabolic disease. For this reason is important to prefer the use of meat rich in polyunsaturated fatty acids (PUFA). However, diets containing PFA, if not supplemented with antioxidants, can lead the meat to a potential oxidation compromising the quality of the meat.

**Aim** - The aim of this study was to evaluate the effect of different diets (diet containing palm oil, PO, rich in SFA); diet containing corn oil, (CO, rich in PFA) and diet containing CO with the addition of "Liofenol" COL) on digestibility index of diets, fatty acid profile and on the quality and shelf life of pork meat.

**Materials and methods** - An eight weeks study was carried out on 18 pigs, divided into 3 groups of 6 animals each, with 7 days adaptation periods before the beginning of the trial. At the end of the trial the digestibility of diets, fatty acid composition, the quality and shelf life (TBARS method) of the meat were evaluated. After checking the normality of the data distribution, the diet groups were compared with ANOVA followed by Duncan Post hoc test ( $p < 0.05$ ).

**Results** - No statistically significant differences were identified for the physical-chemical parameters (pH, color, cooking losses, shear force) of the meat, for the diet digestibility, for the centesimal composition and for the TBARS levels of fresh meat. The meat fatty acid composition showed statistically significant differences for the palmitic acid (C16:0) and atherogenic index that was higher in meat of pigs PO group than in CO and COL groups.

**Discussion and conclusions** - From the nutritional point of view it may be stated that the inclusion of corn oil in the diets of pigs is able to change the profile of the fatty acids of the meat by increasing the degree of unsaturation, without increasing the peroxidative phenomena in the fresh meat.

### KEY WORDS

Pigs, digestibility trial, meat quality, red wine solids, Liofenol.

### Bibliografia

- Kues W.A., Niemann H. (2004) the contribution of farm animals to human health. *Trends Biotechnol*, 6: 286-294.
- Olmedilla-Alonso B., Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F.J. (2013) Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Sci*, 95: 919-930.
- Peiretti P.G., Mussa P.P., Forneris G., Gai F., Meineri G. (2013) Performances and apparent digestibility of growing pigs fed diets with different fat sources and supplemented with organic red wine solids. *Livest Res Rural Dev*, 24 paper 124.
- Peiretti P.G., Gai F., Brigiapaglia A., Mussa P.P., Meineri G. (2015) Fresh meat quality of pigs fed diets with different fatty acid profiles and supplemented with red wine solids. *Food Sci Technol*, 35: 633-642.
- Meineri G., Mussa P.P., Forneris G., Perona G., Santoro V., Medana C., Peiretti P.G. (2015) Effects of supplementing with red wine solids on the oxidative status in pigs fed diets with different fatty acid profiles. *Large Anim Rev*, 21:1-7.
- Santos S., Oliveira A., Lopes C. (2013) Systematic review of saturated fatty acids on inflammation and circulating levels of adipokines. *Nutr Res*, 33: 687-695.
- Marnett L.J. (2002) Oxy radicals, lipid peroxidation and DNA damage. *Toxicology*, 181-182: 219-222.
- Di Stefano R., Cravero M.C., Gentilini N. (1989) Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini. *L'Enotecnico*, 25: 83-89.
- Peiretti P.G., Meineri G. (2008) Effects on growth performance, carcass characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with chia (*Salvia hispanica L.*) seed supplements. *Meat Sci*, 80: 1116-1121.
- Moughan P.J., Smith W.C., Schrama J., Smits C. (1991) Chromic oxide and acid-insoluble ash as faecal markers in digestibility studies with young growing pigs *NZJ Agricultural Res* 34: 85-88.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1990) Official Method of Analysis. 15th edition. Washington, DC, USA.
- Van Keulen J., Young B.A. (1977) Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies, *J Anim Sci*, 44: 282-287.
- Witte V. C., Krause G. F., Bailey M.E. (1970) A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values for pork and beef during storage. *J Food Sci*, 35: 582-585.
- Olmedilla-Alonso B., Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F. (2013) Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Sci*, 95: 919-30.
- Lauridsen, C. Jensen, S. K. (2012) Fat degradation and absorption in the gastrointestinal tract Nutritional physiology of pigs - Online publication. Bach Knudsen, K. E., Kjeldsen, N. J., Poulsen, H. D. & Jensen, B. B. (eds.). *Foulum: Videncenter for Svineproduktion*, Chapter 10.
- Cera K.R., Mahan D.C., Reinhart G.A. (1990) Evaluation of various extracted vegetable oils, roasted soybeans, medium-chain triglyceride and an animal-vegetable fat blend for postweaning swine. *J Anim Sci*, 68: 2756-2765.
- Freeman C.P. (1969) Properties of fatty acids in dispersions of emulsified lipid and bile salt and the significance of these properties in fat absorption in the pig and the sheep. *Br J Nutr*, 23: 249-263.
- Muhl A., Liebert F.J. (2007) Growth and parameters of microflora in intestinal and faecal samples of piglets due to application of a phytogetic feed additive. *Anim Physiol Anim Nutr*, 91: 411-418.
- Platel K., Srinivasan K. (2000) Influence of dietary spices and their active principles on pancreatic digestive enzymes in albino rats. *Nahrung*, 44: 42-46.
- Ramakrishna Rao R., Platel K., Srinivasan K. (2003) In vitro influence of spices and spice-active principles on digestive enzymes of rat pancreas and small intestine. *Nahrung*, 47: 408-412.
- Apple J.K., Maxwell C.V., Galloway D.L., Hutchison S., Hamilton C.R. (2009) Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: I. Growth performance and longissimus muscle fatty acid composition. *J Anim Sci*, 87: 1407-1422.
- Wiseman J., Redshaw M.S., Jagger S., Nute G.R., Wood J.D. (2000) Influence of type and dietary rate of inclusion of oil on meat quality of finishing pigs. *Anim Sci*, 70: 307-315.
- Averette Gatlin L., See M.T., Hansen J.A., Odle J. (2003) Hydrogenated dietary fat improves pork quality of pigs from two lean genotypes. *J Anim Sci*, 81: 1989-1997.
- Rentfrow G., Sauber T.E., Allee G.L., Berg E.P. (2003) The influence of diets containing either conventional corn, conventional corn with choice white grease, high oil corn, or high oil high oleic corn on belly/bacon quality. *Meat Sci*, 64: 459-466.
- Joo S.T., Lee J.L., Ha Y.L., Park G.B. (2002) Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. *J Anim Sci*, 80: 108-112.
- Mitchaothai J., Yuangklang C., Wittayakun S., Vasupen K., Wongsutthavas S., Srenanul P., Hovenier R., Everts H., Beynen A.C. (2007) Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing-finishing swine. *Meat Sci*, 76: 95-101
- Pires I.S.C., Rosado G.P., Azeredo R.M.C. (2002) Composição centesimal, perdas de peso e maciez do lombo (*Longissimus dorsi*) suino submetido a diferentes tratamentos de congelamento e descongelamento. *Br J Nutr*, 15: 163-172.
- Bridi A.M., Oliveira A.R., Fonseca N.A.N., Shimokomaki M., Coutinho L.L., da Silva C.A. (2006) Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *R Bras Zootec*, 35: 2027-2033.
- Muñoz I., Apele E., de la Fuente J., Pérez-Santaescolástica C., Rivas-Cañedo A., Pérez C., Díaz M.T., Cañeque V., Lauzurica S. (2014). Effect of dietary supplementation with red wine extract or vitamin E, in combination with linseed and fish oil, on lamb meat quality. *Meat Sci*, 98: 116-123.
- Rezar V., Pajk T., Marinšek Logar R., Ješe Janežič V., Salobir K., Orešnik A., Salobir J. (2003). Wheat bran and oat bran effectively reduce oxidative stress induced by high-fat diets in pigs. *Ann Nutr Metab*, 47: 78-84.
- Blasi F., Montesano D., De Angelis M., et al. Results of stereospecific analysis of triacylglycerol fraction from donkey, cow, ewe, goat and buffalo milk (2008). *Food Comp Anal*, 21: 1-7.
- Simonetti M.S., Blasi F., Bosi A., Maurizi A., Cossignani L., Damiani P. Stereospecific analysis of triacylglycerol and phospholipid fractions of four freshwater fish species: *Salmo trutta*, *Ictalurus punctatus*, *Ictalurus melas* and *Micropterus salmoides* (2008). *Food Chem*, 110: 199-206.