

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Facoltà di Medicina Veterinaria

**Dipartimento di Morfofisiologia Veterinaria e
Produzioni Animali**

Sezione di Zootecnia Nutrizione e Alimenti

DOTTORATO DI RICERCA IN

MIGLIORAMENTO QUALITATIVO DEGLI ALIMENTI PER

L'UOMO

AGR/18 NUTRIZIONE E ALIMENTAZIONE ANIMALE

XIX CICLO

***MIGLIORAMENTO DELLA QUALITA' DELLA CARNE SUINA:
MODIFICAZIONI DELLA FRAZIONE LIPIDICA NELLA FILIERA DI
PRODUZIONE DEL SUINO PESANTE***

Tesi di dottorato del Dott. Nico Brogna

**Docente Guida:
Chiar.mo Prof.
Andrea Formigoni**

**Coordinatore:
Chiar.mo Prof.
Giuliano Zaghini**

Anno Accademico 2005-2006

Alla mia famiglia.....

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	6
2. IL CONSUMO DI CARNE SUINA.....	10
3. ASPETTI PRODUTTIVI DEL SUINO PESANTE IN ITALIA.....	12
4. PRODUZIONE DI PROSCIUTTI CRUDI IN ITALIA.....	14
4.1 Tecniche di produzione.....	17
5. DETERMINISMO DEL GRASSO PER I PRODOTTI STAGIONATI.....	24
5.1 Fattori dietetici influenzanti la composizione in acidi grassi.....	27
5.2 Manipolazione della composizione in acidi grassi della dieta.....	31
5.3 Valutazione della qualità del grasso.....	39
6. IL COLORE DEI PRODOTTI A BASE DI CARNE.....	42
7. MECCANISMI DI OSSIDAZIONE LIPIDICA.....	46
7.1 Metaboliti reattivi dell'ossigeno.....	46
7.2 Ossidazione lipidica in vivo.....	47
7.3 Sistemi di difesa antiossidante.....	49
7.4 Ossidazione lipidica durante la conversione del muscolo in carne.....	51
7.5 Ossidazione lipidica nella carne e nei prodotti carnei.....	53
8. QUALITA' DELLA CARNE SUINA E VITAMINA E	55
8.1 Vitamina E.....	55
8.2 Stabilità lipidica e vitamina E.....	62
8.2.1 Integrazione di vitamina E: livelli tissutali.....	63

8.2.2	Integrazione di vitamina E: resistenza del muscolo all'ossidazione.....	64
8.2.3	Integrazione di vitamina E: ossidazione del colesterolo.....	65
8.2.4	Integrazione di vitamina E: caratteristiche organolettiche.....	67
9.	FINALITA' DEL LAVORO.....	69
9.1	Premessa.....	69
9.1.1	La produzione del suino pesante nel bacino padano: incidenza delle anomalie qualitative della frazione adiposa.....	69
9.1.2	Importanza dell'acido linoleico nel determinismo della qualità del grasso del suino pesante.....	71
9.1.3	Acido linoleico nel mais.....	73
9.1.4	Utilizzazione del pastone di granella per l'ingrasso del suino pesante...76	
9.1.5	Impiego della spettroscopia per riflettanza nel vicino infrarosso (NIRS) per la determinazione di indici chimici di ibridi di mais.....	78
9.2	Obiettivi.....	83
9.2.1	Fonti lipidiche vegetali per il suino pesante.....	83
9.2.2	Miglioramento genetico del mais in funzione della qualità della carne del suino pesante.....	85
9.2.3	Sviluppo di sistemi rapidi di valutazione del contenuto in acido linoleico del mais tramite tecnologia NIR.....	85
9.2.4	Effetti dell'insilamento sulla composizione acidica della granella di mais.....	86

10. MATERIALE E METODI.....	87
10.1 Fonti lipidiche vegetali per il suino pesante.....	87
10.2 Miglioramento genetico del mais in funzione della qualità della carne del suino pesante.....	91
10.3 Sviluppo di sistemi rapidi di valutazione del contenuto in acido linoleico del mais tramite tecnologia NIR.....	92
10.4 Effetti dell'insilamento sulla composizione acidica della granella di mais.....	94
10.5 Metodiche.....	95
11. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	102
11.1 Fonti lipidiche vegetali per il suino pesante.....	102
11.2 Miglioramento genetico del mais in funzione della qualità della carne del suino pesante.....	112
11.3 Sviluppo di sistemi rapidi di valutazione del contenuto in acido linoleico del mais tramite tecnologia NIR.....	126
11.4 Effetti dell'insilamento sulla composizione acidica della granella di mais.....	131
12. CONCLUSIONI.....	145
BIBLIOGRAFIA.....	147
RINGRAZIAMENTI.....	156

1. INTRODUZIONE

L'ISO (International Organization for Standardization), universalmente definisce la qualità di un prodotto come: "l'insieme delle caratteristiche in grado di soddisfare la domanda espressa o non espressa dal consumatore" (Dell'Orto e Sgoifo Rossi, 2000), quindi la qualità, soprattutto riferita ad un prodotto alimentare come la carne, è un concetto dipendente da un gran numero di variabili, molte delle quali sono soggettive o legate a fattori di tradizione etnica o addirittura familiare (Centoducati et al., 1996; Sañudo et al., 1996; Morrissey et al., 1998), ma anche modificabile con la tendenza contemporanea del consumatore a richiedere prodotti standardizzati, soprattutto per l'influenza della pubblicità (Manfredini, 1992; Vergara e Gallego, 1999).

Il soddisfacimento della suddetta domanda è estremamente complesso e legato ad un insieme multi-fattoriale di componenti sanitarie, nutrizionali, tecnologiche e organolettiche (Panella et al., 1995), molto difficile da definire in modo univoco e comunque estremamente variabile nel tempo e nello spazio.

Da tempo superati i problemi legati ad un'insufficiente assunzione di nutrienti, i consumatori si soffermano su concetti di salubrità (assenza di residui e di additivi, di agenti patogeni e loro metaboliti) e sulle caratteristiche nutrizionali (elevata digeribilità e sufficiente contenuto di vitamine, acidi grassi essenziali, antiossidanti, ecc.).

Oltre questi fattori che, sebbene non facili da identificare, possono essere attualmente misurati con appropriate tecniche analitiche, esiste un'altra serie di aspetti che possono essere definiti "edonistici", che contribuiscono in larga parte nel determinare la percezione di qualità.

Durante gli ultimi anni, a causa di un aumento dell'attenzione dei consumatori agli aspetti di tipo ambientale, altri elementi hanno acquisito importanza nella percezione della qualità. In particolare l'impatto ambientale

delle produzioni zootecniche è diventato un argomento estremamente importante, con l'intrinseca convinzione - non sempre supportata da fattori oggettivi - che l'allevamento intensivo crei squilibri ambientali. Allo stesso modo c'è un aumentato interesse per il benessere degli animali stessi; un'interpretazione eccessivamente antropomorfica del benessere animale può portare a risultati contrari ed indesiderabili e spesso anche antieconomici.

Un importante gruppo di fattori "edonistici" include le caratteristiche organolettiche, la definizione delle quali è estremamente variabile da un'area geografica all'altra, anche in aree molto vicine, poiché risultanti di un processo di evoluzione delle tradizioni sociali, economiche e spesso anche religiose. Ciò è confermato dal fatto che, anche da un punto di vista commerciale, uno dei principali elementi nella definizione delle caratteristiche di un prodotto alimentare, e non solo a base di carne, è l'area geografica in cui è prodotto che spesso ne condiziona fortemente le caratteristiche non riproducibili per tipicità e spesso unicità del territorio e delle condizioni climatiche che lo caratterizzano. Per esempio, in Italia si producono il "Prosciutto di Parma" e il "Prosciutto Toscano" che hanno diverse caratteristiche organolettiche pur essendo prodotti in regioni adiacenti.

A causa di questa serie di fattori la produzione zootecnica intensiva è stata trasformata in breve tempo in un'attività altamente tecnologica, gestita da professionisti con un elevato livello di istruzione e conoscenza dei problemi. Solo questo tipo di professionisti è tuttora in grado, e lo sarà nel futuro, di condurre effettivamente un'attività nella quale, la qualità del prodotto, sia garantita da un sistema di regolazione complesso che prenda in considerazione la totalità degli aspetti.

La carne ha tradizionalmente occupato un ruolo primario in alimentazione umana a causa del suo elevato valore nutrizionale e delle sue caratteristiche organolettiche. Infatti, oltre ad essere un'ottima fonte di proteine "nobili", minerali, oligoelementi e di vitamine del gruppo B, la carne presenta altre

particolari caratteristiche di tipo organolettico quali gusto, aroma, colore, tenerezza che la rende uno degli alimenti principali in nutrizione umana.

Comunque, negli ultimi anni, l'alimento "carne" è stato sottoposto a numerose critiche a causa di diversi fattori come ad esempio la relazione esistente tra consumo elevato di acidi grassi saturi, colesterolo e malattie cardiovascolari, l'igiene dell'alimento, il benessere animale, ed anche i problemi concernenti l'inquinamento ambientale legato all'allevamento del bestiame. Il consumatore richiede con sempre maggior attenzione cibi sani e sicuri, freschi, naturali e ad elevato valore nutrizionale.

Negli ultimi anni, il rapporto tra l'eccessiva ingestione di colesterolo e acidi grassi saturi e malattie cardiovascolari è stato rivisto grazie a nuove interpretazioni che mostrano il danno aterosclerotico iniziale causato dai prodotti derivanti dall'ossidazione degli acidi grassi insaturi mentre solo successivamente un'elevata concentrazione ematica di acidi grassi saturi e colesterolo sarebbe in grado di peggiorare il danno iniziale con comparsa delle patologie correlate (Duthie et al., 1989; Staprans et al., 1994).

In ogni caso il contenuto di acidi grassi saturi nella carne risulta ridotto e tendenzialmente ancora in via di riduzione rispetto al passato, soprattutto per quanto riguarda la carne suina, che mostra ridotte quantità di grasso intramuscolare, nell'ordine del 2-5%, con un rapporto fra acidi grassi poliinsaturi e saturi pari a 0.58 (Wood and Enser, 1997). Tale miglioramento nutrizionale ne ha però comportato uno scadimento delle caratteristiche tecnologiche conseguenti all'aumentato tenore in acidi grassi insaturi; ciò ha reso più difficoltosa la stagionatura dei tipici prodotti del salumificio. Infatti la costante richiesta di carne magra è stata sostanzialmente la causa che ha portato alla comparsa di una materia prima non sempre adeguata alle necessità di un settore industriale tanto esigente come quello dell'industria salumiera italiana che deve giustamente mirare ad una produzione di qualità.

L'aumento degli acidi grassi poliinsaturi (PUFA) nella carne suina è dovuto soprattutto all'incremento all'acido linoleico (C_{18:2} n-6) sia nella frazione intramuscolare che nel tessuto adiposo di copertura. Ciò rende i prodotti carnei a medio-lunga stagionatura maggiormente suscettibili ai fenomeni ossidativi, con conseguenti problemi di salubrità ed accettabilità del prodotto a causa dello sviluppo di odori e sapori sgradevoli e dello scadimento del colore e della consistenza del pannello adiposo.

La stabilità lipidica dei prodotti carnei è influenzata da diversi fattori, fra cui la specie animale, il tipo di muscolo, quantità e tipologia del grasso impiegato nella dieta, stato nutrizionale dell'animale alla macellazione, presenza o assenza di malattie e infezioni, e , soprattutto, il tipo di processo al quale la carne è sottoposta (macinatura, aggiunta di sale, stagionatura, irradiazione, refrigerazione, congelamento e cottura).

E' ben noto che il fenomeno dell'ossidazione lipidica nella carne e nei prodotti carnei può essere controllato efficacemente da parte di sostanze antiossidanti, e molti studi sono stati condotti sull'utilizzo degli antiossidanti sintetici. Comunque, questi ultimi non sono ben accetti da un consumatore sempre più attento ai problemi di salute e che mostra un interesse crescente verso antiossidanti naturali, derivanti dal mondo vegetale come frutta, cereali, spezie ecc. Tra questi la vitamina E, soprattutto se incorporata nelle diete degli animali, ha mostrato essere un efficace antiossidante e sembra che l'idea sia accettata favorevolmente dai consumatori sia per una maggior qualità dei prodotti di origine animale sia per la possibilità che la carne si arricchisca di quest'importante vitamina che quindi giunga in tale forma anche al consumatore.

E' generalmente riconosciuto che la vitamina E, come antiossidante naturale liposolubile, è incorporato nelle membrane cellulari e riduce la formazione di idroperossidi lipidici, i quali sono i precursori dei prodotti secondari dell'ossidazione, responsabili dello sviluppo di odori sgradevoli. La

supplementazione dietetica di questa vitamina ha permesso di migliorare la stabilità ossidativa, la persistenza del colore (Monahan et al., 1994; Buckley et al., 1995; Dirinck and De Winne,1995) e la capacità di ritenzione idrica (Ashgar et al., 1991) nella carne suina.

2. IL CONSUMO DI CARNE SUINA

All'inizio degli anni '50 il consumo di carne in Italia ha avuto un trend positivo, e nell'arco di questi ultimi quarant'anni si è potuto osservare, sia pure con ritmi differenti secondo la specie di provenienza, una costante crescita dei consumi di tutti i tipi di carne e di proteine animali di diversa fonte.

Le prime fasi della crescita del consumo di carne sono state particolarmente appariscenti, anche perché si partiva dalla situazione di assoluta scarsità del dopoguerra. L'aumento del consumo di carne, nel suo insieme, è stato particolarmente evidente dal 1950 al 1970, per essere poi più contenuto.

Per la carne suina, in particolare, dopo un avvio piuttosto lento (6,6 kg pro capite per gli anni 1955-1960), l'incremento è stato costante (8,9 kg negli anni '61-'70, 16 kg negli anni '71-80, 29 kg nel 1999 fino ai 30,6 kg nel 2005) (Tabella1).

Tale incremento è dovuto soprattutto alla forte crescita, rispetto a dieci anni fa, del consumo di prodotti di salumeria, piuttosto che alla componente carne suina fresca che comunque si è avvantaggiata delle vicende che hanno coinvolto il reparto bovino con la BSE e quello avicolo con l'influenza aviaria.

Tabella 1.**CARNE SUINA - PRODUZIONE, IMPORT, EXPORT, CONSUMO E CONSUMO PRO-CAPITE**
Dati espressi in migliaia di tonnellate per i totali e in chilogrammi per i valori pro-capite.

Anno	Produzione	Importazioni	Esportazioni	Consumi	Consumi pro-capite Kg
2005	1.200	905	148	1.776	30,6
2004	1.203	926	152	1.775	30,6
2003	1.181	924	128	1.771	30,5
2002	1.158	892	120	1.750	30,2
2001	1.140	915	125	1.761	30,4
2000	1.119	830	124	1.687	29,1
1999	1.118	805	113	1.681	29
1998	1.069	877	90	1.672	28,8
1997	1.076	710	91	1.611	27,9
1996	1.068	736	83	1.630	28,3
1995	1.015	680	72	1.549	26,9

Fonte: elaborazioni ASS.I.C.A. su dati ISTAT

N.B.: Consumi di carne suina e salumi, esclusa la bresaola

E' arduo pensare che il consumo della carne possa, in generale, aumentare; la carne suina potrebbe essere privilegiata perché attualmente è l'unica a non avere ancora raggiunto livelli di saturazione. Infatti in quasi tutti i paesi della Comunità Europea i consumi medi pro capite sono più elevati.

L'industria, attraverso le tecniche di trasformazione e le sue potenzialità innovative, dovrà essere in grado di percepire le tendenze dei consumatori al fine di riuscire a soddisfare le nuove richieste. Il settore della distribuzione e l'informazione pubblicitaria svolgono un ruolo molto importante sulle nuove tendenze dei consumi alimentari. Ma l'azione più determinante potrebbe essere svolta da una corretta educazione a livello alimentare. I nuovi aspetti della qualità impegneranno sicuramente questi settori che dovranno riuscire ad adeguarsi in questo senso, se si vorrà mantenere un mercato delle carni in grado di competere con gli altri settori dell'industria alimentare. In tal senso, il miglioramento da un punto di vista nutrizionale, ancor prima che organolettico, sembra essere alla base del rinnovamento qualitativo dei prodotti carnei.

3. ASPETTI PRODUTTIVI DEL SUINO PESANTE IN ITALIA

In Italia la produzione del suino è rivolta soprattutto all'ottenimento del suino pesante "da salumeria", le cui carni sono principalmente destinate alla lavorazione, dotato di particolari caratteristiche, raramente considerate in altri paesi europei ed extraeuropei. Con decreto ministeriale 5 settembre 2005, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.215 del 15 settembre 2005, era stata accordata la protezione transitoria a livello nazionale alla denominazione "Gran Suino Padano" (DOP), il cui disciplinare di produzione era stato già pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 19 maggio 2005 e che prevede prescrizioni produttive del tutto sovrapponibili con i disciplinari dei circuiti a DOP di Parma e S. Daniele e addirittura più restrittivi per certi aspetti relativi all'alimentazione.

Il Consorzio del Gran Suino Padano, composto da allevatori e industrie di macellazione, ha presentato nel 2006, presso il ministero delle Politiche agricole e forestali, il Gran Suino Padano DOP, la prima carne a denominazione di origine protetta, al 100% italiana: si tratta della carne fresca del suino pesante tradizionale italiano, che è inserito nel circuito delle DOP nella cui produzione convergono, ovviamente, gli stessi elementi di tutela qualitativa, tracciabilità, controllo e garanzia che caratterizzano la materia prima dei salumi a denominazione di origine, a partire dai prosciutti di Parma e di San Daniele.

Nel 2005, i suini macellati nell'ambito del circuito Parma e San Daniele, che equivale ormai al circuito del Gran Suino Padano, sono stati 8.964.496, pari a circa il 68% del totale dei capi macellati in Italia. Le imprese interessate a questo prodotto ammontavano al 31 dicembre 2005 a 5.252 allevamenti e 135 stabilimenti di macellazione e sezionamento.

La carne suina rimane la carne più consumata dagli italiani con un consumo pro-capite, tra carne fresca e salumi, come già citato, pari a 30,8 kg, mentre la sua incidenza sul consumo complessivo delle carni fresche è pari al

21,5%: i consumi italiani di carne suina fresca si sono attestati nel 2005 intorno alle 700.000 tonnellate. Di queste ben 430.000 (61%) sono riconducibili al circuito del Gran Suino Padano, 110.000 (16%) alle carni di importazione e le restanti 158.000 (23%) a suini di peso leggero (90-110 kg) e intermedio (110-135 kg). Il giro d'affari potenziale si potrebbe attestare inizialmente poco sotto i due miliardi di euro (Fonte IPQ).

La carne prodotta deve ovviamente essere irreprensibile dal punto di vista igienico-sanitario, ma deve anche possedere buone caratteristiche dietetiche e nutrizionali, proprietà organolettiche che siano allo stesso tempo adatte sia al consumo diretto che alla lavorazione industriale, ma anche e soprattutto per la produzione di quei salumi tipici (prosciutto crudo, salame, coppa, pancetta) che contraddistinguono l'industria salumiera italiana. Per il suino pesante ciò significa produrre carcasse e carni con un elevato livello di accettabilità da parte degli utilizzatori (macello, industria e consumatore finale) anche se ciò comporta inevitabilmente un aumento dei costi di produzione.

La caratteristica fondamentale della produzione del suino pesante in Italia è l'elevato peso di macellazione degli animali in funzione dell'età. In particolare le disposizioni produttive del circuito di produzione dei prosciutti di Parma e S. Daniele prevedono un peso medio di macellazione per partita di animali di 160 kg \pm 10%; partite con un peso medio inferiore ai 144 kg o superiore ai 176 kg sono pesantemente penalizzate dal mercato. Un così elevato peso di macellazione deve essere raggiunto in non meno di nove mesi di età.

Tali restrizioni rendono i costi di produzione per il suino pesante italiano più elevati rispetto al suino leggero "da macelleria" tipico della produzione europea e mondiale, ma tali costi sono giustificati dalle particolari caratteristiche qualitative dei prodotti tipici della salumeria italiana. Le caratteristiche specifiche di questi prodotti sono i risultati di secoli di evoluzione nella produzione tradizionale del suino in Italia, soprattutto nell'area della pianura padana.

4. PRODUZIONE DI PROSCIUTTI CRUDI IN ITALIA

La produzione di prosciutti crudi in Italia vanta una lunga tradizione, tanto che in tutte le regioni italiane sono prodotti, a livello artigianale o industriale, prosciutti crudi stagionati con caratteristiche notevolmente diverse fra loro.

Sono stati censiti più di 28 tipi diversi di prosciutto; la maggior parte di questi si riferisce a produzioni di tipo artigianale di consistenza e area di produzione estremamente limitati.

Sono invece quattro, tutti localizzati nell'area della pianura padana, i tipi di prosciutto crudo stagionato tutelati da appositi Consorzi giuridicamente riconosciuti. Andando un po' indietro nel tempo, la legge del 4 luglio 1970 n. 506 nell'art. 13 già riportava le norme relative alla tutela della denominazione di origine del prosciutto di Parma e nel 1978 attraverso diversi decreti, le normative erano incrementate e venivano depositati i marchi di tutela utilizzati nel circuito. Le leggi del 13 febbraio del 1990 n. 26 e del 14 febbraio 1990 n. 30 regolano ufficialmente la tutela della denominazione di origine rispettivamente del "Prosciutto di Parma" e del "Prosciutto di San Daniele" e attraverso i decreti del 15 e del 16 febbraio n. 253 e n. 298 del 1993, si stabiliscono i regolamenti di esecuzione delle leggi prima citate relative ai due prodotti tutelati.

Il Regolamento CEE n. 2081 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il 24 luglio del 1992 rappresenta il punto di arrivo a livello comunitario di un cammino iniziato tempo prima con una visione sempre più europea e terminato con l'obiettivo dell'adeguamento della produzione alle esigenze di mercato, a favore sia dei consumatori che dei produttori; questo regolamento prevedeva anche l'applicazione in materia di controllo che, dopo le registrazioni ufficiali a livello europeo dei due marchi DOP prima citati, avvenuta nel 1996, veniva affidata a due istituti, IPQ e INEQ, in maniera esecutiva dal 1° gennaio del 1998.

Attualmente l'Italia è in testa alla classifica europea 2005 dei riconoscimenti comunitari, con 153 prodotti protetti tra DOP e IGP seguita dalla Francia, con 146 prodotti e dal Portogallo con 93 (Fonte Ass.I.Ca. 2006)

Nell'ambito dei quattro citati Consorzi (Consorzio del Prosciutto di Parma, Consorzio del Prosciutto di San Daniele, Consorzio del Prosciutto Berico-Euganeo, Consorzio del Prosciutto di Modena) annualmente sono prodotti e individuati con l'apposito marchio di qualità poco più di 10 milioni di prosciutti che rappresentano quasi la metà della produzione nazionale di prosciutto crudo; da solo il Prosciutto di Parma detiene circa il 90% del mercato italiano dei DOP con una produzione di 9.839.000 prosciutti marchiati nel 2005 di cui l'82% destinato al consumo interno e il restante 18% all'esportazione. La restante parte è costituita da una produzione di tipo corrente, per la quale non sono richiesti i requisiti qualitativi che invece individuano i prodotti dei Consorzi citati.

In questo scenario il mercato del Prosciutto crudo stagionato in Italia è coperto per più del 50% da Parma (39,1%) e San Daniele (15%), il restante da altri marchi (45,9%), in cui, predomina una produzione non tutelata (Fonte AC Nielsen 2005).

L'Italia non è un forte esportatore di carni fresche e congelate, ma si conferma invece un importante fornitore di carni lavorate. Nei primi sei mesi del 2006 sono state esportate 46.442 t di carni lavorate per un valore di 331.744 milioni di €. Il dato è in aumento del 6% circa e rappresenta l'82,9% del valore complessivo di tutte le nostre esportazioni.

Scendendo nel dettaglio, abbiamo venduto all'estero 3.541 t di prosciutti con osso secchi o affumicati (-2,7%), 4.579 t di prosciutti interi o in pezzi sotto forma di preparazioni e conserve (-1,8%) e 316 t di prosciutti con osso salati o in salamoia (-9,6%). Il dato complessivo dell'export di prosciutti è in lieve flessione ed il loro valore, pari a 44.099 milioni di €, rappresenta solo l'11% circa del valore totale delle nostre esportazioni di carni suine.

Sono invece in aumento del 4,8% gli scambi di salumi ed insaccati: nel primo semestre del 2006 l'Italia ha venduto all'estero 7.923 t di prodotti non cotti per un valore di 69.997 milioni di €, e 8.860 t di prodotti cotti, pari a 31.883 milioni di €. Nel complesso, il valore delle esportazioni di salumi ed insaccati ammonta a 101.880 milioni di €, il 25,5% del valore totale delle nostre esportazioni di suini e carni suine.

In conclusione, nei primi sei mesi del 2006 in Italia sono sensibilmente aumentate le importazioni di suini e di carni suine che abbiamo acquistato dall'estero a prezzi nettamente più elevati rispetto a quelli dello scorso anno. In particolare, sono aumentate ulteriormente le importazioni di carni fresche che, da sole, hanno rappresentato l'80% circa delle importazioni totali di carne suina e, a loro volta, sono state costituite per il 70% da cosce.

Rimane stazionario invece il volume delle nostre esportazioni (+0,5% rispetto al primo semestre 2005) a fronte un lieve aumento del loro valore complessivo (+4,0%). L'export italiano è costituito per l'83% da carni lavorate e, tra queste i prosciutti, che ne rappresentano il 18,2%, hanno registrato nel semestre una leggera flessione delle vendite all'estero (Fonte ANAS su dati Istat I semestre 2006).

Risulta evidente quindi, l'importanza, per l'economia nazionale, della produzione di prosciutti tipici e quindi la necessità di mantenere, e anzi aumentare, quel "differenziale qualitativo" che li caratterizza rispetto ai prosciutti di tipo corrente, che possono essere prodotti in qualsiasi paese europeo ed extra-europeo, definibili più come carni salate ed essiccate che come prosciutto stagionato. Questi prodotti di tipo corrente, però, presentano dei costi di produzione, sia in termini di materia prima che di lavorazione, drasticamente più bassi rispetto a quelli dei prosciutti tipici; ne deriva che il loro prezzo di vendita al consumatore è decisamente inferiore.

Dunque la possibilità dei prosciutti tipici di mantenere ed aumentare la propria quota di mercato consiste nel differenziarsi sempre meglio da un punto

di vista qualitativo, in altre parole caratterizzarsi in termini non solo organolettici (aroma, sapore, colore) ma anche dietetici e nutrizionali (maggiore digeribilità della frazione muscolare, ridotto contenuto in sale, assenza di prodotti derivanti dall'ossidazione ed irrancidimento della frazione adiposa).

Le caratteristiche della materia prima utilizzata sono, alla luce di quanto esposto, particolarmente importanti, in special modo se si considera che le eventuali carenze della materia prima non possono essere rimate con l'uso di alcun tipo di additivo. La tecnica di produzione dei citati prosciutti tipici, infatti, consiste nell'utilizzazione di una moderata quantità di cloruro di sodio e nella lenta disidratazione e "maturazione" delle carni ottenuta con il controllo accurato delle temperature e dell'umidità ambientale.

4.1 *TECNICHE DI PRODUZIONE*

La sommaria esposizione delle tecniche di produzione si riferisce principalmente al prosciutto di Parma, che rappresenta la maggior quota di produzione del prosciutto tipico. Quanto riportato per il prosciutto di Parma è comunque per sommi capi riferibile anche ai prosciutti degli altri tre Consorzi.

I metodi di ottenimento del prosciutto di Parma sono contemplati dalla legge della Repubblica Italiana 13 febbraio 1990 n. 26 e dal decreto 15 febbraio 1993 n. 253

La lavorazione del "Prosciutto di Parma", prevede 9 fasi:

1. Isolamento
2. Raffreddamento
3. Rifilatura
4. Salagione
5. Riposo
6. Lavatura-Asciugatura
7. Pre-stagionatura - Toelettatura
8. Sugnatura
9. Sondaggio-Stagionatura

1. Isolamento

Il maiale deve essere: sano, riposato e digiuno da 15 ore. In presenza di queste condizioni si procede alla macellazione, in seguito la coscia è isolata dalla mezzena.

2. Raffreddamento

Il prosciutto isolato è portato in apposite celle di raffreddamento per 24 ore:

- per portare la temperatura della coscia da 40 C° a 0 C°;
- perchè il freddo rassoda la carne che può essere rifulata più facilmente.

Durante la fase di raffreddamento il prosciutto subisce un calo di peso pari ad almeno 1%.

3. Rifulatura

Attraverso la rifulatura, asportando grasso e cotenna, si conferisce al prosciutto la caratteristica forma tondeggianti a "coscia di pollo".

La rifulatura si esegue per due motivi, uno prettamente estetico, l'altro tecnico, favorisce, infatti, la salagione. Durante questa operazione vengono scartate le cosce che presentano imperfezioni anche minime. Con la rifulatura la coscia perde grasso e muscolo per un 24% del suo peso. Le cosce impiegate per la produzione del prosciutto di Parma non devono subire, tranne la refrigerazione, alcun trattamento di conservazione, ivi compresa la congelazione.

4. Salagione

La coscia raffreddata e rifulata viene avviata dai macelli agli stabilimenti di salagione; è molto importante che questa operazione sia effettuata su cosce con temperatura giusta e uniforme; infatti, una coscia troppo fredda assorbe poco sale, mentre una coscia non sufficientemente fredda può subire fenomeni di deterioramento.

La salagione avviene usando sale umido e sale secco: le parti della cotenna sono trattate con sale umido, mentre le parti magre vengono cosparse con sale secco.

Non vengono utilizzate sostanze chimiche, conservanti o altri additivi, né si fa ricorso a procedimento di affumicatura.

I prosciutti vengono posti in una cella frigorifera ad una temperatura variabile fra 1 e 4 C°, con un'umidità dell'80% circa. Dopo 6-7 giorni di permanenza in questa cella, detta di primo sale, i prosciutti vengono ripresi, puliti dal sale residuo e infine sottoposti ad una leggera passata di sale, per poi tornare in una nuova cella frigorifera, detta di secondo sale, e restarvi per 15-18 giorni a seconda del loro peso. Durante questo periodo il prosciutto assorbe lentamente il sale e cede parte della sua umidità.

Al termine di questo periodo di salagione la perdita di peso è del 3,5-4% circa.

5. Riposo

Dopo aver eliminato il sale residuo, i prosciutti vengono posti in cella di riposo, per periodi variabili da 60 a 90 giorni, con un'umidità del 75% circa e una temperatura da 1 a 5 C°. Durante questa fase il prosciutto deve "respirare" senza inumidirsi o seccarsi troppo.

E' molto frequente il ricambio dell'aria nelle celle. Il sale assorbito penetra in profondità distribuendosi uniformemente all'interno della massa muscolare. Il calo di peso nel riposo è pari all'8-10% circa.

6. Lavatura-Asciugatura

I prosciutti vengono lavati con acqua tiepida e raschiati nella cotenna per togliere eventuale sale e impurità. L'asciugatura avviene sfruttando le condizioni ambientali naturali, nelle giornate di sole secche e ventilate, oppure in appositi asciugatoi.

7. Pre-stagionatura

Avviene in stanzoni con le finestre contrapposte, dove i prosciutti sono appesi alle tradizionali "scalere". Le finestre vengono aperte in relazione ai rapporti umidità interna/esterna e umidità interna/umidità del prodotto. Tali rapporti devono permettere un asciugamento del prodotto graduale e quanto più possibile costante. Dopo la fase di pre-stagionatura il prosciutto viene battuto per meglio conferirgli la forma tondeggiante e, talvolta, la fossetta attorno alla noce viene cosparsa di pepe per mantenere asciutta la zona di contatto. Il calo di peso in questa fase è pari a 8-10%.

8. Sugnatura

La fossetta attorno alla noce, la parte muscolare scoperta ed eventuali screpolature vengono ricoperte di sugna, un impasto di grasso di maiale macinato cui viene aggiunto un pò di sale e di pepe macinato e, eventualmente, farina di riso. La sugnatura svolge la funzione di ammorbidire gli strati muscolari superficiali evitando un asciugamento degli stessi troppo rapido rispetto a quelli interni e consentendo una ulteriore perdita di umidità. La sugna non è considerata ingrediente dalla legislazione italiana.

9. Sondaggio e Stagionatura.

Dopo la sugnatura, al 7° mese, il prosciutto viene trasferito nelle "cantine", locali più freschi e meno ventilati delle stanze di pre-stagionatura. All'atto del trasferimento si effettuano le operazioni di sondaggio, momento essenziale nella "vita del prosciutto". In questa fase, un ago di osso di cavallo, che ha la particolarità di assorbire rapidamente per poi riperdere gli aromi del prodotto, viene fatto penetrare in vari punti della massa muscolare ed è poi annusato da operai esperti dotati di particolari caratteristiche olfattive che potranno stabilire il buon andamento del processo produttivo.

Nel corso della stagionatura avvengono importanti processi biochimici ed enzimatici che determinano il caratteristico profumo e il sapore del prosciutto. In corso di stagionatura il calo di peso è di 5% circa. Trascorsi 10 mesi per prosciutti con peso finale di Kg. 7-9 e 12 mesi per prosciutti superiori a Kg. 9, e dopo appositi accertamenti effettuati dagli ispettori dell'Organismo Abilitato viene apposto il marchio a fuoco "corona ducale".

Quest'ultimo punto relativo alla durata minima della stagionatura è stato modificato recentemente dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, che con decreto ministeriale n. 67054 del 5 dicembre, ha stabilito che, dal 1° gennaio 2006, potranno essere presentati alla marchiatura esclusivamente i prosciutti che, a prescindere dal peso, abbiano compiuto almeno dodici mesi di stagionatura.

Viene pertanto a cadere la distinzione tra prosciutti piccoli (per i quali il periodo di stagionatura era pari a 10 mesi) e i prosciutti oltre i 9 Kg (per i quali la stagionatura era già pari a 12 mesi). Tutti i prosciutti potranno ricevere il marchio "Prosciutto di Parma" solo dopo 12 mesi di stagionatura. L'Assemblea del Consorzio del Prosciutto di Parma ha richiesto all'Unione Europea la modifica del disciplinare produttivo depositato a Bruxelles. In attesa dei tempi tecnici per la modifica definitiva da parte della Commissione, il Consorzio ha quindi richiesto la protezione transitoria a livello nazionale, accordata dal MIPAF e attualmente già in vigore; un ulteriore sintomo della volontà di innalzare la qualità e l'immagine di un prodotto già così in alto.

L'ottenimento di un buon prosciutto consiste quindi nella trasformazione della carne di suino (maturazione) in un prodotto completamente diverso ed affatto particolare: il prosciutto crudo stagionato. Questa maturazione è dovuta soprattutto a modificazioni di tipo biochimico e chimico che portano ad una radicale trasformazione del tessuto muscolare della coscia del suino (Tabella 2).

L'intensità di questi processi è legata a vari fattori tra i quali assume rilevanza primaria la temperatura alla quale vengono mantenuti i prosciutti durante la maturazione. Solo con temperature relativamente elevate durante gli ultimi 7-8 mesi del ciclo produttivo, 2/3 dell'intero processo che si protrae per circa un anno (Mordenti et al., 1994), si possono ottenere prosciutti maturi. Temperature più basse, pur non modificando in sostanza il risultato finale, comportano dei tempi di lavorazione più lunghi con conseguenti aggravii dei costi di produzione, mentre la conservazione ad oltre 20°C è rischiosa per il buon esito del prodotto stagionato.

L'esigenza di utilizzare temperature relativamente alte durante la stagionatura giustifica l'importanza attribuita alle caratteristiche del grasso di copertura delle cosce destinate a questo tipo di produzione.

Tabella 2 - Modificazione di alcuni parametri nel corso della stagionatura e fattori di perturbazione (Mordenti et al., 1994).

PARAMETRO	MODIFICAZIONI OSSERVATE	FATTORI DI PERTURBAZIONE
a_w	diminuzione	peso iniziale, tecnica di preparazione
H₂O	diminuzione	peso iniziale, tecnica di preparazione
NaCl	aumento	peso iniziale, tecnica di preparazione
Azoto totale	aumento	peso iniziale, tecnica di preparazione
N (H₂O)^a	aumento	tecnica di preparazione, temperatura di stagionatura
N (TCA)^b	aumento	tecnica di preparazione, temperatura di stagionatura
N (EtOH)^c	aumento	tecnica di preparazione, temperatura di stagionatura
Tirosina libera	aumento	tecnica di preparazione, temperatura di stagionatura
Idrossiprolina libera	aumento	tecnica di preparazione, temperatura di stagionatura
Amminoacidi	aumento	tecnica di preparazione, temperatura di stagionatura
Acidità del grasso	aumento	tecnica di preparazione

^a Frazione azotata solubile in acqua

^b Frazione azotata solubile in acqua dopo trattamento con acido tricloroacetico

^c Frazione azotata solubile in etanolo

5. DETERMINISMO DEL GRASSO PER I PRODOTTI STAGIONATI

Il miglioramento genetico dei suini in concomitanza di bassi livelli di energia della razione, che comunque consentono elevati accrescimenti della massa magra ma non un considerevole spessore del pannicolo adiposo, ha consentito di ottenere animali sempre più magri; è ben noto che al diminuire dello spessore del grasso di copertura aumenta proporzionalmente il grado di insaturazione della frazione lipidica. L'insieme delle caratteristiche dei depositi adiposi rappresenta, nella carcassa del suino pesante da salumeria, uno degli aspetti fondamentali di qualità. La composizione lipidica, infatti, condiziona in maniera determinante le proprietà di tutti i salumi, in particolare quelle del prosciutto crudo stagionato. L'importanza della qualità del grasso è tra l'altro dimostrata dal fatto che il Consorzio del prosciutto di Parma, esige per l'apposizione del marchio sul prodotto stagionato, l'assenza di colorazioni anomale, di odori e sapori anomali, penalizzando una consistenza troppo molle a carico del tessuto adiposo di copertura. L'instaurarsi di molte anomalie che si sviluppano durante il processo di lavorazione e di conservazione, è, infatti, strettamente legato oltre che alle metodologie adottate, anche e soprattutto alle caratteristiche della materia prima ed in particolare a quelle del tessuto adiposo.

In base alle condizioni di stagionatura, la principale caratteristica richiesta al tessuto adiposo di copertura è di resistere, in ambiente areato, a temperature che si aggirano intorno ai 18-20 °C senza subire modificazioni che penalizzino le caratteristiche del prodotto finale.

In particolare vanno ostacolate:

- l'instaurarsi di processi di irrancidimento con produzione di colori, sapori e odori anomali;
- la scarsa consistenza con percolazione di lipidi fusi sia durante la lavorazione che al momento della commercializzazione e del consumo.

E' inoltre necessario che il prosciutto sia coperto da un discreto strato di grasso in modo da contenere il calo di peso durante la stagionatura con conseguente eccessiva secchezza delle parti muscolari sottostanti, che altererebbe anche le principali caratteristiche organolettiche del prodotto (Mordenti et al., 1994). Tali caratteristiche sono codificate nelle "Prescrizioni produttive" concernenti le razze, l'allevamento e l'alimentazione dei suini da cui provengono le cosce fresche utilizzate nella produzione del prosciutto di Parma e San Daniele (D.M. 18 dicembre 1993) come segue:

-OMISSIS-

2.ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE DELLA COSCIA SUINA FRESCA

2.1 Consistenza del grasso:

stimata attraverso la determinazione del numero di iodio e/o del contenuto di acido linoleico, da effettuarsi sul grasso interno ed esterno del pannicolo adiposo sottocutaneo della coscia. Per ogni singolo campione il numero di iodio non deve superare 70 ed il contenuto in acido linoleico non deve essere superiore al 15%.

2.2 Copertura di grasso:

2.2.a. lo spessore del grasso della parte esterna della coscia fresca rifilata, misurato verticalmente in corrispondenza della testa del femore ("sottonoce"), dovrebbe aggirarsi intorno ai 20 millimetri per le cosce fresche utilizzate nella produzione di prosciutto di Parma di peso compreso fra i 7 e 9 chilogrammi, ed ai 30 millimetri nelle cosce fresche utilizzate nella produzione di prosciutto di Parma di peso superiore ai 9 chilogrammi.

Tale spessore non deve, in ogni caso, essere inferiore rispettivamente a 15 millimetri ed a 20 millimetri per le due categorie di cosce fresche, cotenna compresa;

2.2.b in “corona” deve essere presente una copertura tale, in ogni caso, da impedire il distacco della cotenna della fascia muscolare sottostante.

OMISSIS

Un lavoro del Prof. Mordenti, che attivamente ha partecipato alla stesura delle “Prescrizioni produttive” del disciplinare di produzione, in qualità di Presidente della Commissione Interprofessionale Consortile, raccoglie e affronta in maniera dettagliata le numerose caratteristiche del tessuto adiposo che devono essere prese in considerazione; molte delle quali, ed i loro effetti sull’attitudine alla stagionatura, sono poco note e non sempre controllabili. Tra di esse meritano di essere considerate (Mordenti et al., 1994):

- la composizione centesimale (acqua, protidi e lipidi);
- la presenza di sostanze lipofile depositate nel grasso: pigmenti, ormoni steroidei, indolo e scatolo, antiossidanti naturali o di sintesi, radicali liberi, residui di farmaci, di pesticidi, di altri contaminanti ecc.;
- la presenza di metalli in grado di catalizzare le reazioni auto-ossidative (ferro del gruppo eme per emorragie nel tessuto adiposo o insufficiente dissanguamento alla macellazione);
- le caratteristiche istologiche del tessuto adiposo ed in particolare del connettivo, e possibilmente il numero e le dimensioni degli adipociti;
- la composizione acidica del tessuto adiposo e la posizione dei vari acidi grassi nei trigliceridi.

Di tutti questi aspetti è senza dubbio la composizione in acidi grassi, il parametro più importante tanto che, a parte lo spessore, è, di fatto, l'unico tenuto in considerazione ad oggi dal disciplinare di produzione come sopra riportato.

Questo parametro è anche quello che in maggior misura risente degli effetti dell'alimentazione somministrata al suino, risultando quindi facilmente modificabile, attraverso il controllo con metodi analitici relativamente semplici.

5.1 FATTORI DIETETICI INFLUENZANTI LA COMPOSIZIONE IN ACIDI GRASSI

Col passare degli anni lo spessore del grasso sottocutaneo di deposito si è ridotto. Come già citato, ciò è dovuto principalmente alla selezione genetica rivolta ad avere animali più magri e alla riduzione del peso alla macellazione. Come conseguenza, questo ha portato gli animali ad avere un grasso di copertura più insaturo. Il risultato è uno scadimento della qualità del grasso per la produzione di prosciutti crudi, anche nei casi in cui la dieta non è cambiata negli anni (Mordenti et al., 1994). Comunque alcuni fattori dietetici sono di fondamentale importanza poiché alterano la composizione in acidi grassi riducendo la qualità dei lipidi di deposito nel suino.

Energia della razione

Una restrizione nell'ingestione, in termini di energia della razione, in relazione all'elevato potenziale di crescita dei tessuti muscolari, porta a deprimere lo spessore del grasso sottocutaneo e ad incrementare il contenuto in acqua e in acidi grassi poliinsaturi (Mordenti et al., 1994).

Questi fattori, come prima menzionato, riducono la qualità e le caratteristiche sensoriali del grasso rendendolo poco adatto alla lavorazione industriale e soprattutto a sopportare le condizioni di stagionatura. Quindi per

ottenere carcasse di buona qualità da destinare alla produzione del prosciutto di Parma, è necessario avere alti livelli nutritivi specialmente nell'ultima fase del finissaggio.

Biotina e rame

Una carenza di biotina porta ad un incremento del rapporto insaturi/saturi degli acidi grassi di deposito. Questo può essere di rilevanza pratica poiché le diete di finissaggio spesso contengono alte percentuali di materie prime (frumento o suoi sottoprodotti, sorgo, orzo) in cui la biotina è scarsamente disponibile.

L'uso del rame come promotore di crescita (sopra la soglia dei 250 ppm) può anch'esso provocare un aumento del rapporto insaturi/saturi, che influenza il punto di fusione del lardo (Mordenti et al., 1994). Quest'effetto pesa molto più di quello che poteva prima essere considerato sulla base dei rapporti tra i singoli acidi grassi, dato che il punto di fusione dei trigliceridi è abbastanza differente dalla somma dei punti di fusione degli acidi grassi che li costituiscono (Christie and Moore, 1969).

Composizione in acidi grassi della dieta

E' risaputo che il suino incorpora direttamente parte degli acidi grassi della dieta nel suo tessuto di deposito (Mordenti et al., 1994). Questa incorporazione non avviene alla stessa maniera per tutti gli acidi grassi; l'acido oleico ($C_{18:1}$) e l'acido linoleico ($C_{18:2}$) sono incorporati molto più efficientemente degli acidi grassi a catena corta o saturi come il palmitico ($C_{16:0}$) o lo stearico ($C_{18:0}$). Il suino può quindi ottenere acido oleico dalla dieta o sintetizzandolo de novo a partire dallo stearico (Enser, 1991). Quindi la concentrazione di $C_{18:1}$ non può essere facilmente ridotta in favore di $C_{16:0}$ o di

C_{18:0}, ma questo non è un problema dato che si tratta un acido grasso monoinsaturo, quindi più resistente all'ossidazione rispetto ad altri poliinsaturi.

E, inoltre, Monahan et al. (1992) hanno osservato che suini che avevano ricevuto una dieta contenente il 5% di olio di soia avevano un rapporto acido linoleico / acido oleico significativamente superiore nelle frazioni lipidiche neutra e polare del muscolo scheletrico e nella frazione lipidica totale del tessuto adiposo rispetto a suini che avevano ricevuto una dieta contenente il 5% di sego.

I muscoli dei suini nutriti con olio di soia, erano significativamente più suscettibili all'ossidazione lipidica indotta dal ferro, rispetto a quelli dei suini nutriti con il sego.

L'acido linoleico è un acido grasso essenziale e deve essere fornito con la dieta. Sfortunatamente la quantità di C_{18:2} richiesta per suini all'ingrasso non è stata pienamente percepita. I livelli raccomandati di inclusione di quest'acido grasso variano da 0.1-1% della dieta. Tale soglia è facilmente raggiunta dalle diete di accrescimento-finissaggio comunemente somministrate ai suini.

Generalmente queste diete contengono dal 30% al 60% di mais, che da solo fornisce 0.6-1.2% C_{18:2} (sull'alimento tal quale) della completa dieta (Mordenti et al., 1994).

Per la produzione dei prosciutti di Parma e San Daniele, le prescrizioni produttive relative all'alimentazione delle varie fasi del ciclo (Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato, 1993), vietano l'uso di diete eccedenti il 2% di C_{18:2} (sulla sostanza secca) per l'ingrasso di quei suini avviati nel circuito a questi fini. Questo livello può essere facilmente sfornato con l'inclusione di grassi vegetali o animali nelle diete a base di mais prima menzionate. Incrementando l'ingestione di C_{18:2} oltre i fabbisogni nutrizionali conduce ad un drammatico incremento nella deposizione di questo acido grasso nel tessuto di deposito e quindi un declino della qualità del grasso (Wood, 1984).

Livelli che eccedono il 15% di C_{18:2} nel grasso sottocutaneo, definiscono un significativo incremento di trigliceridi contenenti C_{18:1} e C_{18:2}, entrambi liquidi a temperatura ambiente (Wood, 1984). Di conseguenza, grassi di deposito di tale composizione, sono di scarsa consistenza e hanno una più elevata tendenza a diventare rancidi. Un grasso sottocutaneo con queste caratteristiche, non è adatto per la produzione di prosciutto crudo stagionato, anche se un alto contenuto di C_{18:2} non corrisponde, da solo, al sopraggiungere della rancidità.

E' evidente che il problema fondamentale è ridurre il più possibile l'ingestione di C_{18:2}, senza scendere al di sotto delle esigenze nutrizionali dell'animale (Mordenti et al., 1994).

Il contenuto di C_{18:2} nella dieta per suini, contenente un elevato livello di cereali o loro sostituti come principale fonte di energia per l'animale, deve essere preso in considerazione dal momento in cui questi alimenti possono influenzare in maniera considerevole la composizione acidica dei depositi lipidici (Della Casa et al., 1990).

I grassi vegetali e animali sono la fonte principale di C_{18:2}. Alimenti come olio di soia, olio di mais, olio di girasole o lardo stesso, possono peggiorare fortemente la qualità del grasso di deposito per la produzione del prosciutto crudo. Comunque, ci sono molte implicazioni economiche e tecniche che spingono ad incrementare l'uso di questi oli nell'alimentazione dei suini. Inoltre, con l'avanzare del miglioramento genetico, ci sarà più interesse nell'uso di questi prodotti nelle diete per suini.

E' di comune conoscenza il fatto che l'industria dei suini ha reso disponibili, già da tempo, tipi genetici che, anche quando alimentati ad libitum e macellati a buoni pesi (superiori ai 150kg), forniscono carcasse con un'inadeguata copertura adiposa del prosciutto e qualità del grasso, che non bene si adatta alla produzione tipica del prosciutto crudo stagionato; questo è dovuto principalmente alla loro capacità di ingestione volontaria di alimenti, che è limitante in relazione al loro potenziale di crescita (Mordenti et al., 1994).

L'ottenimento di carcasse con un adeguato spessore del pannicolo sottocutaneo per la produzione di prosciutti, diventa molto difficile senza ricorrere all'uso di diete ricche in lipidi ad alta densità energetica. I grassi, a parte tutto, sono usati in maniera più efficiente dei carboidrati per l'accrescimento del tessuto adiposo (Stahly, 1984).

5.2 MANIPOLAZIONE DELLA COMPOSIZIONE IN ACIDI GRASSI DELLA DIETA

Avendo chiaro in mente che il primo ruolo di un alimento dovrebbe essere quello di mantenere in salute l'animale e quindi essere facilmente digerito e assorbito, ci sono tre possibili vie attraverso cui la composizione in acidi grassi della dieta può essere manipolata (Mordenti et al., 1994).

L'uso di grassi a basso costo durante il periodo di accrescimento e di grassi di alta qualità durante il periodo di finissaggio

La maggior parte dei grassi di deposito è formata durante il periodo di finissaggio. Quindi, durante il periodo precedente, quello dell'accrescimento, possono essere utilizzati grassi alimentari a basso costo, contenenti acidi grassi sia saturi che insaturi. Comunque, durante il periodo di finissaggio è necessario utilizzare grassi contenenti una bassissima quantità di acidi grassi poliinsaturi (specialmente $C_{18:2}$) con una buona digeribilità, anche se di costo relativamente elevato. Un esempio di questo tipo di prodotto potrebbe essere del lardo parzialmente idrogenato, in cui l'idrogenazione ha agito selettivamente sui PUFA. Il fabbisogno di $C_{18:2}$ è legato ad altri componenti della dieta.

Gli altri grassi alimentari aggiunti alla dieta (contenenti una scarsa quantità di PUFA) dovrebbero portare ad una diluizione di quelli non adatti alla

stagionatura e formati durante i primi stadi di vita dell'animale. Quest'ipotesi è basata sull'assunzione che il turn-over degli acidi grassi nei lipidi di deposito di suini con un bilancio energetico positivo, porta ad un rimescolamento degli acidi grassi depositati più che una sostituzione degli stessi (Mordenti et al., 1994).

Il successo di questo tipo di manipolazioni della dieta è basato su di una sufficiente conoscenza dello spessore del grasso sottocutaneo raggiunto da un suino all'inizio della fase di finissaggio; un deposito non sufficientemente spesso di grasso risulterebbe fortemente influenzabile dal cambiamento degli acidi grassi supplementati con la dieta, da questo momento in poi.

Ricerche preliminari (Della Casa et al., 1990) mostrano che diete di finissaggio, somministrate a suini da 135-160 kg di peso vivo, contenenti grassi parzialmente idrogenati, come lardo e olio di cocco, possono influenzare la composizione del grasso di copertura e il colore del grasso superficiale dei prosciutti stagionati, confrontati con quelli che avevano ricevuto diete di finissaggio contenenti soia integrale fioccata. Tutti i suini erano stati alimentati con la dieta di controllo contenente la soia fioccata fino ai 135 kg di peso vivo.

Ricerche successive portate avanti in quest'area e su un maggior numero d'animali confermano questi risultati (Della Casa et al., 1997; Della Casa et al., 1999; Bochicchio et al., 2005).

L'uso di grassi parzialmente o completamente idrogenati

Se i risultati di questo primo metodo non sono soddisfacenti, sarà necessario alimentare i suini, per l'intero ciclo di vita, con grassi che abbiano subito una parziale o completa idrogenazione. Lo scopo di questo metodo sarebbe ridurre la quantità di C_{18:2} fornito con la razione anche se possono aumentare i costi di produzione.

I processi industriali che portano ad una idrogenazione parziale di acidi grassi insaturi, producono in parallelo trans-isomeri, considerati dannosi per il

consumo umano ed è risaputo che gli stessi si accumulano nei depositi lipidici e nelle membrane dei tessuti muscolari, come ancora confermato da studi recenti (Bochicchio et al., 2005).

In ogni modo, è degno di nota il fatto che prodotti per il consumo umano a base di grassi parzialmente idrogenati, come le margarine, contengono questi isomeri (Mordenti et al., 1994).

Un'alternativa all'uso di grassi parzialmente idrogenati può essere l'uso di lipidi fatti di acido stearico nella forma di mono e digliceridi. In queste forme possono essere più efficientemente assorbiti dei trigliceridi dello stesso acido. E' possibile superare la capacità del suino di desaturare acidi grassi fornendo elevati livelli di $C_{18:0}$ con la dieta, facilitando un incremento nella deposizione di $C_{18:0}$ nei lipidi di deposito (Mordenti et al., 1994).

Un lavoro portato avanti dal 2001 al 2005 dalla regione Emilia-Romagna, nei panni del CRPA, che coinvolgeva diverse unità sperimentali e diverse aziende che hanno aderito al piano di assistenza tecnica offerto dalla regione Emilia-Romagna, prevedeva un'indagine su 304 aziende, monitorando le caratteristiche lipidiche delle diete dei suini prima della macellazione e andando poi a controllare la qualità delle cosce fresche.

Le diete sono state controllate per il tipo di alimenti usati e per il contenuto di acido linoleico, prendendo in esame due principali fattori: il siero nella dieta e il livello di lipidi. Il siero, nella dieta, limita la quantità di $C_{18:2}$. Esso può contribuire per oltre 1kg di sostanza secca, che corrisponde ad 1/3 del consumo giornaliero di un suino di oltre 100 kg di peso vivo. L'energia del siero deriva principalmente dal lattosio in esso contenuto, riduce così i lipidi della razione migliorando la qualità del grasso di deposito, in quanto il siero prodotto in Emilia-Romagna, essendo sgrassato, apporta quantità trascurabili di lipidi.

I risultati delle indagini di questi cinque anni, indicano che la forma fisica di somministrazione della dieta, può influenzare il rispetto dei limiti per la percentuale di $C_{18:2}$ sulla sostanza secca della dieta, rispetto ai casi in cui si

utilizza siero, l'alimentazione a secco e quella bagnata con sola acqua, sono associate a percentuali più alte di razioni fuori soglia (Tabella 3) (Pacchioli et al., 2006). Per cui un altro fattore su cui sembra si possa agire, è l'uso di siero aggiunto alle diete, quando possibile, preferendolo ad una alimentazione a secco.

Tabella 3. Siero nella dieta e incidenza del tipo di alimentazione sui casi in cui l'acido linoleico >2% della sostanza secca.

Tipo di alimentazione	Allevamenti (n.)	% dei casi con acido linoleico > del 2% sulla sostanza secca (S.S.)
Senza siero <i>A secco o bagnato con acqua</i>	144	15.3
Con siero	160	1.9
Tutti	304	8,2

L'uso di sostanze capaci di ridurre la desaturazione del C_{18:0} della dieta o sintetizzato de novo

Gli acidi grassi ciclopropenici, contenuti in semi e foglie di certe piante (Fam. *malvaceae*, *sterculiaceae*, *bombacaceae*, *tiliaceae*) (Phelps et al., 1965), in particolare nei semi di cotone, sono capaci di inibire la desaturazione di C_{18:0} della dieta e sintetizzati de novo (Irie and Nishimura, 1986).

Sfortunatamente l'uso di questo tipo di acidi grassi può mettere a rischio la salute del consumatore, dato che acidi grassi ciclopropenici intatti, possono essere incorporati nelle membrane biologiche alterandone la permeabilità; inoltre gli stessi sono carcinogenici e hanno un'attività promotrice nei confronti di tumori (Pawlowski et al., 1985).

Ovviamente i metodi di manipolazione della composizione in acidi grassi, menzionati sopra, dovrebbero alterare le caratteristiche del grasso in positivo, senza però apportare effetti collaterali (Mordenti et al., 1994).

Negli ultimi anni l'aumento della disponibilità di glicerolo da biodisel ha stimolato nuove ricerche, alcune delle quali in atto, per studiare quale sia il miglior modo di utilizzarlo nell'alimentazione del suino pesante, al di là del mero valore nutritivo.

Il glicerolo è un alcool trivalente presente nell'organismo in una serie di reazioni, compare nel metabolismo del glucosio di cui può essere precursore o derivato ed è la base per la formazione dei trigliceridi, dei fosfolipidi e dei glicerolipidi. Questa molecola, può essere utilizzata dall'organismo come fonte energetica di pronto uso o per la liponeogenesi, secondo il bisogno momentaneo, in un destino metabolico in continuo movimento.

La letteratura sull'uso del glicerolo come fonte energetica per gli animali d'allevamento è limitata per il fatto che, fino ad oggi, la sua disponibilità è sempre stata scarsa. Il glicerolo, infatti, non si trova libero in natura ma solo come coprodotto di lavorazione dei grassi.

Lo sfruttamento di oli per il biodiesel, i cosiddetti "oil no food", ha aperto una nuova interessante opportunità. L'olio è formato quasi completamente da trigliceridi, cioè da acidi grassi esterificati con glicerolo; nella produzione del biodiesel l'olio è transesterificato, cioè gli acidi grassi dei trigliceridi sono staccati dal glicerolo ed esterificati con l'alcol metilico.

In questa reazione si produce quindi un prodotto, il biodiesel, formato da acidi grassi metilati e un coprodotto, il glicerolo. Il glicerolo è una sostanza con numerosi utilizzi di tipo industriale, per esempio è utilizzato dall'industria farmaceutica. Il fatto che venga indicato come coprodotto e non come sottoprodotto indica che ne esiste una richiesta piuttosto forte che ne ha sempre mantenuto alto il prezzo. Un'altra questione è la quantità prodotta; fino a qualche anno fa la produzione del biodiesel era considerata marginale e quindi il suo coprodotto era interamente utilizzato per usi umani e spuntava prezzi non compatibili con un uso zootecnico; oggi con l'aumento del prezzo del petrolio e le nuove politiche comunitarie, che spingono su fonti energetiche rinnovabili e

locali, la produzione del biodiesel è aumentata e se ne prevede un ulteriore aumento. Alla luce di questi ultimi fatti, la presenza del glicerolo sul mercato è aumentata, diminuendo così il suo prezzo di vendita e stimolando nuovi possibili utilizzi.

L'utilizzo del glicerolo in campo zootecnico è documentato soprattutto nell'allevamento bovino, nel comparto suinicolo, invece, mancano riferimenti bibliografici recenti; infatti, l'articolo più importante e interessante risale al 1994: è uno studio di Mouro (INRA) che mostra l'azione del glicerolo nell'alimentazione del suino leggero.

Per quanto riguarda il metabolismo, il glicerolo entra ed esce liberamente nelle cellule, come altri polialcoli lineari e come l'acqua con cui divide un tipo di canali particolari, gli aquaglyceropori GlpF (Jensen, 2002). Questi pori transmembranari lasciano passare molecole come il glicerolo o altri polialcoli, purché rigorosamente neutri; altri lasciano passare solo l'acqua (Kozono, 2002).

Secondo Jensen (2002), alla molecola di glicerolo è consentito il passaggio nel poro transmembranario grazie alla sua apolarità; all'uscita nel citoplasma viene immediatamente fosforilata a glicerolo 3P che, essendo polarizzato, non può uscire attraverso il poro, immediatamente impegnato da un'altra molecola di glicerolo. Pertanto ciò che condiziona l'entrata del glicerolo nella cellula è la differente concentrazione di glicerolo libero tra il comparto cellulare e quello extracellulare. Non tutte le cellule hanno la stessa capacità di sintetizzare il glicerolo 3P a partire dal glicerolo libero; le cellule muscolari ed epatiche sono ricche dell'enzima glicerolchinasi (glk) mentre quelle adipose ne sono praticamente prive. Pertanto il tessuto adiposo suino sintetizza i trigliceridi partendo da glicerolo 3P derivante dalla glicolisi, che viene esterificato con tre acidi grassi.

Nell'organismo il glicerolo circolante, che può derivare dagli alimenti o dalla lipolisi, viene utilizzato in gran parte a fini energetici (specialmente da

fegato e rene), ma in buona parte viene assorbito dalla muscolatura scheletrica (Coppack et al., 1999).

Il fegato, che nel suino a differenza dell'uomo non è il sito principale di sintesi dei trigliceridi, lo utilizza sia per formare la sua quota di esteri del glicerolo, poiché in grado di fosforilarlo direttamente per la presenza di glk, sia per la sintesi di glucosio o piruvato; infatti, il glicerolo, una volta fosforilato può entrare nella glicolisi e risalirla a formare glucosio o discenderla a formare energia. Il tessuto muscolare capta il glicerolo in circolo in notevole quantità, poiché, anch'esso possiede l'enzima glk, di cui sono particolarmente ricche le fibre di tipo ossidativo. Il glicerolo 3P è utilizzato dal muscolo sia per la formazione di trigliceridi, sia per la formazione di glucosio o energia.

Il glicerolo, dal punto di vista nutrizionale, viene velocemente assorbito nell'intestino tenue e viene metabolizzato dall'organismo principalmente dal fegato (50%), dai reni e dai muscoli, dove viene trasformato in glicerolofosfato, questo come già precedentemente riportato può avere diversi destini a seconda della situazione metabolica dell'organismo.

Nell'alimentazione del suino in accrescimento la sperimentazione più importante è quella di Mourot et al. (1994), che riporta le performances di accrescimento e le analisi qualitative del grasso e del muscolo in suini leggeri. Non sono stati rilevati effetti sulle performances di allevamento, sulla qualità della carcassa e sulla resa nei principali tagli. Anche il pH e il colore del muscolo semimembranoso, non sono risultati influenzati.

Di particolare interesse sono i risultati della composizione acidica del grasso e del calo di peso del muscolo (Tabella 4 e 5). Le diete, contenenti il 5% di glicerolo, hanno determinato una diminuzione dell'acido linoleico, nel grasso sottocutaneo, a vantaggio dell'acido oleico; mentre a livello muscolare l'aumento di glicerolo intracellulare ha determinato, nei muscoli Longissimus dorsi e Semimembranosus, la riduzione dei parametri di drip-loss e cooking-loss.

Tabella 4. Variazione della composizione acidica nel grasso di deposito e in quello intramuscolare.

Fat	Tallow		Rapeseed oil		Statistical analysis		
	0	5	0	5	RSD	GLY	FAT
Backfat							
C14:0	1.32	1.18	1.21	1.02	0.18	P<0.01	P<0.05
C16:0	26.21	25.25	25.07	24.07	1.32	NS	P<0.05
C16:1	3.00	2.63	2.02	1.94	0.64	NS	P<0.01
C18:0	12.75	12.58	11.21	12.05	1.20	NS	P<0.05
C18:1	48.11	50.67	47.60	50.20	1.51	P<0.001	P<0.05
C18:2	8.35	7.43	11.51	9.76	1.20	P<0.01	P<0.001
C18:3	0.18	0.14	1.25	0.84	0.23	P<0.001	P<0.001
C20:1	0.08	0.12	0.13	0.11	0.06	NS	NS
Sat index	1.15	1.13	1.22	1.18	0.02	P<0.001	P<0.001
Semimembranosus muscle							
C14:0	1.39	1.18	1.27	1.22	0.19	NS	NS
C16:0	26.28	24.24	24.34	24.38	1.55	NS	P<0.05
C16:1	3.70	3.28	3.60	3.25	0.68	NS	P<0.01
C18:0	10.62	10.15	10.15	10.18	0.96	NS	NS
C18:1	52.14	55.16	52.37	53.42	1.20	P<0.01	P<0.05
C18:2	5.71	5.84	7.63	7.13	1.22	P<0.05	P<0.001
C18:3	0.08	0.07	0.5	0.29	0.22	P<0.001	P<0.001
C20:1	0.08	0.08	0.13	0.14	0.07	NS	P<0.01
Sat index	1.09	1.09	1.13	1.12	0.03	NS	P<0.05

Tabella 5. Parametri di drip-loss e cooking-loss nei muscoli Longissimus dorsi e Semimembranosus.

Fat	Tallow		Rapeseed oil		Statistical analysis	
	0	5	0	5	RSD	GLY
Longissimus dorsi						
Dry matter	25.5	26.0	25.7	25.5	1.1	NS
Drip-loss	2.14a	1.73b	2.39a	1.76b	0.59	P<0.01
Semimembranosus						
Drip-loss	1.81a	1.31b	1.86a	1.47ab	0.31	P<0.001
Cooking-loss	30.09a	26.57ab	28.74ab	24.58b	4.01	P<0.004

Questi risultati meritano di essere verificati anche nel suino pesante; manca, infatti, nel citato lavoro di Mourot et al. (1994), qualsiasi riferimento ai prodotti conservati, che per l'Italia rappresentano la maggior quota di valore dell'industria suinicola, ed all'effetto del glicerolo sulle caratteristiche organolettiche delle carni fresche.

In particolare, per i prodotti crudi, si ritiene importante verificare che l'aumento del potere di ritenzione idrico determinato dal glicerolo, non abbia effetti negativi sull'assorbimento e la diffusione del sale nelle masse muscolari.

5.3 VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DEL GRASSO

E' noto come il principale dei fattore intrinseci che favorisce l'insorgenza dei fenomeni ossidativi nella carne sia un'elevata percentuale di acidi grassi insaturi. All'aumento del grado di insaturazione dei lipidi di membrana delle cellule muscolari si riduce la stabilit  ossidativa del muscolo stesso. I fattori che esprimono la suscettibilit  all'ossidazione degli acidi grassi contenenti 1,2,3,4,5 o 6 doppi legami sono rispettivamente 0,025; 1; 2; 4; 6 e 8 (Horwitz, 1986).

L'ossigeno allo stato di singoletto (foto-ossidazione) reagisce con il linoleato di metile 10^3 volte pi  velocemente di quello allo stato fondamentale (auto-ossidazione), mentre con l'oleato di metile   10^6 volte pi  reattivo, (Tabella 6) (Gunstone et al., 1986). Comunque la velocit  di autossidazione aumenta all'aumentare del numero di doppi legami.

Tabella 6. Velocit  di ossidazione degli acidi grassi con diversa in saturazione.

Acidi grassi	Autossidazione	Fotossidazione
Monoeni	1	1,1 (32.000)
Dieni	10	2,9 (1.600)
Trieni	20	3,5

Fra parentesi il rapporto fra fotossidazione e autossidazione

E' di fondamentale importanza la determinazione di parametri chimici e biochimici, che possono essere utilizzati per studiare le caratteristiche del grasso fresco e stagionato.

L'effetto della stagionatura, sulla composizione in acidi grassi dello strato sottocutaneo del grasso di copertura, mostra, in relazione al contenuto sul fresco, una riduzione in $C_{18:2}$, un incremento in $C_{18:1}$ e una riduzione in $C_{18:0}$ (nello strato interno) e $C_{16:0}$. La variazione in $C_{18:2}$ pu  essere dovuta

all'autossidazione, nei confronti della quale, questo acido grasso è particolarmente suscettibile.

Questo fenomeno non spiega, comunque, le variazioni in C_{18:0} e C_{16:0} che avvengono a livello dello strato interno. Non si conosce bene se, tale variazione, sia dovuta all'attività enzimatica residua del tessuto adiposo e/o ad altri effetti come l'attività della componente microbica (Mordenti et al., 1994).

Studi sul comportamento durante la fusione, piuttosto che sul punto di fusione, sono di grosso interesse, poiché la percentuale dei trigliceridi che fondono alle temperature delle differenti fasi di stagionatura, può influenzare la suscettibilità all'autossidazione e la consistenza del grasso (Mordenti et al., 1994).

Le sostanze grasse tendono a degradarsi, più o meno lentamente, attraverso due differenti processi: l'idrolisi e l'ossidazione. Il primo, l'idrolisi, porta alla liberazione di acidi grassi (idrocarburi con un gruppo carbossilico), debolmente acidi, che catalizzano l'ulteriore inacidimento. Tuttavia, l'idrolisi incrementa la velocità della degradazione ossidativa, in quanto il carbossile degli acidi grassi liberi, reagendo con i perossidi forma radicali liberi promotori di ossidazione. Il secondo processo, l'ossidazione, è una trasformazione degli acidi grassi che porta alla formazione di sostanze maleodoranti e, in alcuni casi, problematiche per il nostro organismo. In particolare, essa procede tanto più rapidamente quanto più è insatura la sostanza grassa (Lercker, 2005).

Per cui, d'interesse potrebbe essere la misura degli acidi grassi liberi del lardo fresco, dato che sono più suscettibili all'autossidazione di quelli esterificati. Per tale ragione, le condizioni degli animali prima della macellazione (stress, fretta) possono incrementare gli acidi grassi liberi del grasso di deposito e, quindi, avere un deleterio effetto sulla qualità dello stesso (Mordenti et al., 1994).

Gli alimenti per animali talvolta contengono dei grassi che derivano da residui di oli di frittura o da prodotti di scarto che, scaturiscono dalla

raffinazione degli oli ad uso alimentare umano. In generale il consumo di grassi o oli ossidati, a livelli non eccessivi, non sembra essere molto pericoloso per gli animali giacché l'ingestione totale di queste sostanze non risulti troppo elevata.

In ogni modo, studi condotti su suini (Murphy et al., 1991; Monahan et al., 1992b; 1994) e su polli (Sheehy et al., 1991; 1994; Engberg et al., 1996; Galvin et al., 1997), suggeriscono di adoperare attenzione nell'uso di tali grassi in alimentazione animale. Attraverso una serie di studi di bilancio nei polli, Engberg et al., (1996) hanno dimostrato che, la ritenzione di α -tocoferolo, risultava significativamente ridotta a causa dell'utilizzo di olio ossidato nella dieta. Ciò significa che, oltre alla correzione dovuta alla distruzione della vitamina E durante l'ossidazione, la concentrazione di α -tocoferolo nella dieta, deve essere tenuta in forte considerazione, soprattutto per mantenere un bilancio corretto fra antiossidanti e proossidanti anche nelle membrane muscolari.

6. IL COLORE DEI PRODOTTI A BASE DI CARNE

Tra i fattori che concorrono a determinare il successo commerciale di un qualsiasi prodotto a base di carne, il colore riveste un ruolo di primaria importanza. A parità di altre condizioni, infatti, il consumatore orienta la sua scelta a favore della carne che presenta caratteristiche cromatiche considerate ottimali per quel tipo specifico, associando il gradimento visivo al concetto di freschezza e di accettabilità generale.

Nella carne i pigmenti responsabili del colore sono soprattutto la mioglobina e in minor misura, i citocromi, l'emoglobina e le flavine. La mioglobina è una proteina monometrica, con peso molecolare 17.500, che ingloba un gruppo prostetico (eme), con al centro un atomo di ferro, cui spetta la funzione di deposito dell'ossigeno nel tessuto muscolare. La concentrazione della mioglobina oscilla da un minimo di 1 a un massimo di 20 mg/gr di carne in relazione alla specie, razza, età, sesso e, a parità di tutti questi parametri, al muscolo considerato.

Le unità funzionali del muscolo, le fibrocellule, possono essere distinte in:

a) fibre tipo I o rosse: presenti per la maggior parte in muscoli deputati a movimenti lenti, continui e ripetitivi, ottengono energia dall'ossidazione del glicogeno in acqua e anidride carbonica e sono ricche di mioglobina.

b) fibre tipo IIb o bianche: hanno un diametro superiore alle precedenti e sono per la maggior parte presenti in muscoli deputati a movimenti repentini, ma intermittenti, che ottengono energia convertendo anaerobicamente il glicogeno in acido lattico. Hanno un contenuto inferiore in mioglobina.

c) fibre di tipo IIa: presentano caratteristiche intermedie alle due precedenti.

Sarebbe molto interessante riuscire a valutare il colore delle carni in se' stesso, in relazione al fatto che nella realtà operativa la tendenza verso animali a più rapida crescita, più magri e con masse muscolari particolarmente sviluppate, specie nella coscia e nel lombo, fa sì che si incontrino carni considerate insufficienti dal punto di vista cromatico.

Il fenomeno sembra da ascrivere al fatto che sia l'aumento delle masse muscolari, che il più favorevole ritmo di crescita, sono la conseguenza di un maggior sviluppo ed incidenza delle fibre bianche a danno di quelle rosse. Questo può essere accentuato nel caso di somministrazione di farmaci β -agonisti, come osservato da alcuni autori (Cantoni et al., 1988; Chizzolini et al., 1989). Ne consegue, specie a carico di muscoli predisposti come il longissimus dorsi, il bicipite femorale, il semimembranoso, il semitendinoso e i glutei, una diminuzione del colore rosso cui spesso si accompagna un livello più alto di umidità superficiale, anche senza giungere a fenomeni di vera e propria essudazione.

La misura del colore può, quindi, assumere il significato di valutazione indiretta della conformazione, della composizione istologica e delle caratteristiche biochimico-fisiologiche del soggetto. Superando il semplice aspetto visivo, il colore assumerebbe così, una valenza strutturale e biochimica. Tutto ciò non è trascurabile ai fini della valutazione tecnologica delle carni suine.

Per quanto concerne la mioglobina, nel caso si voglia fornire una misura esatta della sua quantità, distinguendone anche le varie forme chimiche (mioglobina, ossimioglobina, metamioglobina), è necessario ricorrere ad un'analisi spettrofotometrica in assorbanza. Questo significa estrarre i vari pigmenti e servirsi di uno spettrofotometro per misurare l'assorbimento dell'estratto a lunghezze d'onda appropriate.

La misura in assorbanza, come si può capire, è molto sensibile e precisa, poiché, consente la determinazione dei singoli pigmenti in modo quantitativo,

ma richiede la manipolazione del campione e la successiva analisi in un laboratorio attrezzato.

In alternativa, nel caso sia necessario salvaguardare l'integrità del campione e ottenere risposte rapide, si può ricorrere a misure di riflettanza. Queste consistono nell'analisi della luce riflessa dalla superficie del campione tramite un colorimetro o uno spettrofotometro equipaggiato con uno speciale collettore. Oltre alla rapidità e non distruttività, questo tipo di misura ha il vantaggio di fornire, per quanto possibile, una valutazione diretta del colore così come appare al consumatore ed è quindi una scelta d'obbligo quando si desideri sostituire i test sensoriali con metodi strumentali.

Il problema, tuttavia, è complesso perché, alla determinazione del colore delle carni concorrono, oltre alla distribuzione delle varie forme chimiche della mioglobina, fattori di tipo strutturale, quali il legame delle proteine muscolari con l'acqua e quindi la struttura ("aperta" o "chiusa") delle fibre. Quest'ultima influisce soprattutto sulla dispersione della luce con conseguenti modificazioni del colore percepito dall'osservatore.

Il colore di un oggetto dipende, infatti, dalla composizione della luce che colpisce l'occhio dell'osservatore partendo dall'oggetto stesso in esame. La composizione di tale luce dipende in primo luogo dalla distribuzione dell'energia dello spettro dell'illuminante e in secondo luogo dal fattore di riflettanza dello spettro dell'oggetto illuminato. Tale fattore è costituito dal rapporto tra la quantità di luce di una data lunghezza d'onda riflessa dall'oggetto e la quantità di luce riflessa da un oggetto perfettamente bianco.

I dati di uno spettro di riflessione contengono tutte le informazioni relative al colore di un oggetto, ma devono essere elaborati matematicamente ai fini di una descrizione numerica di tale colore. Le elaborazioni più utili a questo scopo sono quelle messe a punto dalla Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.). Il metodo e la sua evoluzione nel tempo, sono ampiamente descritti in diverse pubblicazioni; non è qui il caso di richiamarle se non per ricordare che,

tale metodo esprime il colore (o la luce di ciascuna lunghezza d'onda nello spettro del visibile) come il risultato di una miscela di tre elementi primari. E' questo il motivo per cui è noto come sistema tristimolo (Mc Laren, 1980).

Il sistema oggi universalmente impiegato è quello derivante dalla rielaborazione effettuata nel 1976 e nota come C.I.E. $L^*a^*b^*$. In questa, il colore di un oggetto è definito per mezzo di tre grandezze L^* , a^* e b^* . La luminosità (L^*) misura la quantità di luce e va dal nero al bianco con valori compresi tra 0 e 100; a^* e b^* sono delle vere e proprie coordinate cromatiche. La prima è associata al colore rosso se positiva (da 0 a +50), al verde se negativa (da 0 a -50). La seconda esprime il giallo se positiva (da 0 a +50), il blu se negativa (da 0 a -50). Le coordinate a^* e b^* possono essere utilizzate per esprimere la cromaticità globale del campione ($\text{croma} = \sqrt{a^2 + b^2}$) e il grado in cui sono miscelati ($\text{tinta} = \text{Arctg } b/a$).

La tinta costituisce, al presente, la migliore traduzione numerica del colore reale di un oggetto come appare all'occhio dell'osservatore (al di fuori del livello di luminosità). Per quanto riguarda la carne, i valori si collocano fra 0 (rosso) e 90 (giallo).

La misura routinaria del colore secondo il sistema C.I.E. $L^*a^*b^*$ 1976, può essere effettuata con strumenti noti come colorimetri tristimolo. Con tali strumenti il campione viene illuminato da luce policromatica e la luce riflessa viene fatta passare separatamente attraverso tre (talvolta quattro) filtri prima di giungere a una fotocellula. In base alle caratteristiche della sorgente di illuminazione, della luce riflessa e dei filtri, i segnali luminosi vengono quindi elaborati come valori tristimolo.

7. MECCANISMI DI OSSIDAZIONE LIPIDICA

7.1 *METABOLITI REATTIVI DELL'OSSIGENO*

In condizioni fisiologiche le cellule animali vengono continuamente sottoposte ad agenti stressanti di origine sia esogena che endogena. I più importanti di essi sono derivati ridotti dell'ossigeno chiamati metaboliti reattivi dell'ossigeno (ROMs). Questi includono i radicali liberi, molecole contenenti uno o più elettroni spaiati nell'orbitale più esterno, che sono capaci di esistenza indipendente e che sono altamente reattivi (Keher and Smith, 1994). Alcuni esempi sono il radicale idrossile (OH^\bullet) (il più potente ossidante nei sistemi biologici), l'anione superossido ($\text{O}_2^{\bullet-}$) e altri radicali di composti organici centrati sull'ossigeno: i perossi (ROO^\bullet) ed alcossi (RO^\bullet) radicali. Altri ROMs comprendono il perossido d'idrogeno (H_2O_2), acido ipocloroso (HClO) e idroperossidi ed epossidi di lipidi endogeni. Questi ultimi non sono radicali liberi ma possiedono dei gruppi funzionali contenenti ossigeno chimicamente reattivo (Keher, 1993).

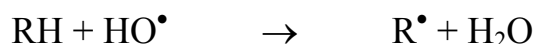
I ROMs possono essere prodotti sia accidentalmente che "deliberatamente" (Keher, 1993; Halliwell et al., 1995). Durante il normale metabolismo aerobico, i mitocondri consumano ossigeno molecolare e lo riducono in maniera sequenziale per produrre H_2O .

Durante questo processo $\text{O}_2^{\bullet-}$, H_2O_2 , OH^\bullet , sono prodotti accidentalmente in basse quantità. Gli enzimi dei perossisomi e le ossidasi del citocromo P_{450} producono anch'essi i ROMs accidentalmente. Al contrario i fagociti generano $\text{O}_2^{\bullet-}$, H_2O_2 , e HClO deliberatamente e usano questi composti chimici per inattivare batteri e i virus. I ROMs possono ossidare i lipidi, le proteine, gli acidi nucleici, ed altre macromolecole inducendo danno tissutale e morte cellulare. Nonostante l'ossidazione lipidica intervenga frequentemente come

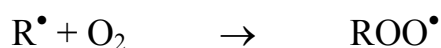
evento che accompagna, più che causa, la morte cellulare, essa è probabilmente la misura più frequentemente usata per la determinazione dello stress ossidativo negli organismi viventi (Halliwell and Chirico, 1993).

7.2 *OSSIDAZIONE LIPIDICA IN VIVO*

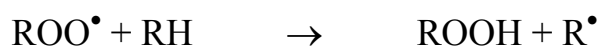
La prima tappa dell'ossidazione lipidica prevede la rimozione di un atomo d'idrogeno dal carbonio metilico di un acido grasso (RH). Tale rimozione diventa più facile all'aumentare dei doppi legami presenti nella catena dell'acido grasso; quindi gli acidi grassi poliinsaturi sono particolarmente suscettibili all'ossidazione (Halliwell and Chirico, 1993). La tappa iniziale può essere catalizzata da OH^\bullet o da alcuni complessi ferro-ossigeno.



Il radicale acilico dell'acido grasso (R^\bullet) reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare per formare un perossiradicale (ROO^\bullet).



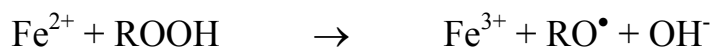
Dal momento che ROO^\bullet è ossidato più velocemente rispetto al radicale acilico o all'acido grasso stesso, esso ossiderà preferenzialmente altri acidi grassi poliinsaturi e propagherà la reazione a catena:



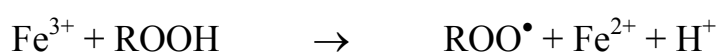
Gli idroperossidi lipidici (ROOH) formati nella reazione di propagazione sono allo stesso tempo prodotti di ossidazione e substrati per successive reazioni

con Fe^{2+} e Cu^+ per formare ROO^\bullet e radicali alcossilici (RO^\bullet) (Morrissey et al., 1994).

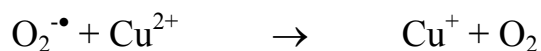
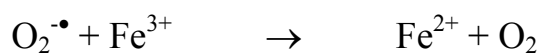
Fe^{2+} riduce ROOH come segue:



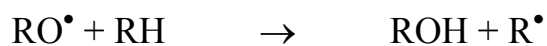
e Fe^{2+} può essere rigenerato come segue:



$\text{O}_2^{\bullet-}$ riduce anche il ferro ferrico a ferroso ed il rame rameico a rameoso, in vivo, formando un ciclo redox nel quale lo ione del metallo di transizione è usato diverse volte:



Altri forti riducenti, come l'acido ascorbico ed il paraquat riducono Fe^{3+} a Fe^{2+} (Buettner e Jurkiewicz, 1996). ROO^\bullet e RO^\bullet possono iniziare le seguenti reazioni:



RO^\bullet può anche andare incontro a β -scissione e risultare in radicali alchilici ($\text{R}'\text{CH}_2^\bullet$) e in diversi tipi di aldeidi ($\text{R}''\text{CHO}$) in dipendenza del particolare tipo di idroperossido presente (Morrissey et al., 1994):



Gli $R'CH_2^\bullet$ possono iniziare ulteriori reazioni a catena che risultano nella formazione di esano e pentano, mentre le aldeidi, compresa esanale, malondialdeide e 4-idrossinonenale, possono reagire rapidamente con gli ϵ -amino gruppi delle proteine, per dare dei complessi tipo Maillard.

7.3 *SISTEMI DI DIFESA ANTIOSSIDANTE*

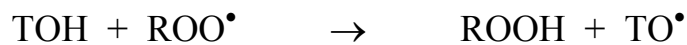
Gli organismi animali hanno sviluppato diversi meccanismi che contrastano l'eccessiva esposizione ai ROMs (Yu, 1994). Enzimi come la superossido dismutasi (SOD), glutatione perossidasi (GSH-Px) e catalasi lavorano sinergicamente nella conversione di $O_2^{\bullet-}$ in H_2O , attraverso la formazione di H_2O_2 , minimizzando in tal modo la formazione del radicale idrossile (OH^\bullet). Proteine di stoccaggio e trasporto come la transferrina, lactoferrina, ceruloplasmina, metallotioneine (Thurnham, 1990) e carnosina (Chan and Decker, 1994) sequestrano i metalli di transizione in forme chimiche nelle quali non possono catalizzare la conversione di $O_2^{\bullet-}$ e H_2O_2 nel molto più pericoloso OH^\bullet (Halliwell, 1995). Anche il retinolo svolge un ruolo importante mantenendo l'integrità tissutale e limitando il rilascio di ferro libero, altamente catalitico.

Un altro importante meccanismo protettivo coinvolge i cosiddetti antiossidanti chain-breaking; questi antiossidanti operano soprattutto come donatori d'idrogeno, rompendo la catena di radicali, poiché formano radicali più stabili. Il tipo di protezione fornito corrisponde ad un aumento del periodo d'induzione in funzione di un rallentamento della velocità in questo periodo, in quanto, i radicali prodotti sono relativamente molto più stabili di tutti quelli presenti nel sistema (Lercker, 2005).

Molto del lavoro è stato svolto sulla vitamina E e sul β -carotene, ma la luteina ed altri carotenoidi così come l'ubichinolo, i tioli e l'acido urico, sono

anch'essi capaci di interrompere le reazioni a catena indotte dai radicali liberi (Stocker et al., 1991). La vitamina E (come α -tocoferolo) (TOH) è il più importante di questi composti nei lipidi plasmatici perché è presente in concentrazioni almeno 15 volte superiori rispetto a tutti gli altri (Burton et al., 1983).

E' anche un indispensabile componente delle membrane cellulari. Quando incontra un radicale perossilico (ROO^\bullet) TOH dona un idrogeno dal suo gruppo fenolico per formare un idroperossido e un tocoferil radicale (TO^\bullet) (Packer, 1993):



Questa reazione avviene con una velocità 10^4 volte superiore rispetto alla reazione di propagazione. Ciò significa che la vitamina E rimuove il radicale perossilico ad una velocità 10^4 volte maggiore, di quella necessaria a reagire con un altro acido grasso, di modo che, solo relativamente piccole quantità di vitamina E sono necessarie affinché agisca da antiossidante in maniera efficace.

Il tocoferil radicale può essere nuovamente ridotto ad α -tocoferolo da parte di altri agenti riducenti intracellulari come ascorbato, glutatione e diidrolipoato (Packer and Kagan, 1993), anche se ciò non è ancora stato rigorosamente provato (Halliwell et al., 1995).

L'ascorbato è considerato il più importante antiossidante nei liquidi extracellulari (Sies et al., 1992). Esso rimuove efficacemente H_2O_2 , OCl^- , $\text{O}_2^{\bullet-}$, HO^\bullet e ROO^\bullet (Sies et al., 1992), ed è abbastanza reattivo da intercettare efficacemente le sostanze ossidanti nella fase acquosa prima che essi possano attaccare e causare danni di tipo ossidativo ai lipidi. Può anche rigenerare la vitamina E, riducendo il tocoferil radicale al suo stato nativo. Comunque, l'ascorbato, può anche ridurre Fe^{3+} a Fe^{2+} e Cu^{2+} a Cu^+ , aumentando in tal modo

l'attività proossidante di questi metalli e generando $O_2^{\cdot-}$, H_2O_2 , HO^{\cdot} (Buettner and Jurkiewicz, 1996).

Per questo, l'ascorbato si comporta sia da proossidante che da antiossidante e, più in generale, tende ad essere un proossidante a basse concentrazioni ed un antiossidante ad alte concentrazioni. In ogni caso, l'esatta concentrazione alla quale questo duplice effetto avviene, dipende dalla concentrazione degli ioni metallici catalitici (Buettner and Jurkiewicz, 1996).

Le proprietà antiossidanti dei carotenoidi, sono state attribuite alla presenza, nella loro struttura, di un esteso sistema di doppi legami coniugati. L'attività antiossidante dei carotenoidi è stata studiata ampiamente in letteratura (Sies and Stahl, 1995).

La produzione di ROMs e il sistema di difesa antiossidante dell'organismo sono probabilmente bilanciati in vivo. In ogni modo, accade frequentemente che il bilancio proossidanti-antiossidanti sia in favore dei ROMs, creando in tal modo una situazione di stress ossidativo che può causare danni tissutali. Tale situazione, può essere favorita da un elevato apporto dietetico di acidi grassi poliinsaturi o di grassi estremamente ossidati o da un inadeguato apporto di nutrienti che contribuiscano al sistema di difesa antiossidante.

7.4 OSSIDAZIONE LIPIDICA DURANTE LA CONVERSIONE DEL MUSCOLO IN CARNE

La seconda fase dell'ossidazione lipidica sembra avvenire immediatamente dopo la macellazione e certamente durante la prima fase post-macellazione (Morrisey et al., 1994). I cambiamenti biochimici che accompagnano la conversione del muscolo in carne danno luogo a condizioni, nelle quali, l'ossidazione della frazione fosfolipidica, altamente insatura nelle membrane subcellulari, non è efficacemente controllata, ed il bilancio tra fattori

proossidanti e capacità antiossidante favorisce l'ossidazione. E' molto improbabile che il meccanismo di difesa della cellula nell'animale in vita funzioni ancora nel periodo post macellazione a causa degli evidenti cambiamenti in diversi metaboliti e proprietà fisiche (Tabella 6) (Morrisey et al., 1994). La velocità e il grado dell'ossidazione in questa fase sono correlati al livello di danno tissutale dell'animale in vita.

Tabella 6. Cambiamenti post-macellazione che predispongono il muscolo all'ossidazione. (Morrisey et al., 1994)

- ♦ Rapida interruzione della circolazione sanguigna.
 - ♦ Metabolismo anaerobico - accumulo di acido lattico, caduta del pH a valori di 5,5.
 - ♦ Rapida cessazione della circolazione dei nutrienti.
 - ♦ Interruzione dell'attività degli enzimi antiossidanti primari.
 - ♦ Mancata attivazione delle proteine che decompartmentalizzano il ferro.
 - ♦ Perdita della capacità di accumulo di Ca da parte del reticolo sarcoplasmatico.
 - ♦ Degradazione delle proteine muscolari da parte di proteinasi Ca-dipendenti.
 - ♦ Distruzione della compartimentalizzazione delle cellule.
 - ♦ Rilascio di chelati di ferro.
 - ♦ Reazioni a catena catalizzate dal ferro.
 - ♦ Inizio dell'ossidazione dei lipidi di membrana.
-

7.5 OSSIDAZIONE LIPIDICA NELLA CARNE E NEI PRODOTTI CARNEI

La terza fase che, in molti casi, è la fase più importante dell'ossidazione lipidica, avviene durante il taglio, la lavorazione, lo stoccaggio e la cottura dei prodotti a base di carne. Durante questi processi il ferro viene rilasciato da complessi ad alto peso molecolare (emoglobina, mioglobina, ferritina, emosiderina) e diventa disponibile per composti a basso peso molecolare come amminoacidi, nucleotidi e fosfati con i quali forma dei chelati (Decker et al., 1993). Questi chelati sembrano essere responsabili della catalizzazione dell'ossidazione lipidica nei tessuti biologici, anche se, è stato osservato che l'emoglobina, la mioglobina e la ferritina possono direttamente catalizzare l'ossidazione lipidica.

Riassumendo, quindi, se si osservano i fenomeni più intimamente e si analizzano le cause, quattro appaiono i fattori preponderanti:

- la presenza dell'ossigeno,
- l'insaturazione della sostanza grassa,
- la presenza di metalli,
- l'irraggiamento, particolarmente quello con luce ultravioletta o con luce visibile, in presenza di sensibilizzatori (clorofille, feofitine, emoglobina, ematoporfirine, ecc.). L'ossidazione delle sostanze grasse, procede prevalentemente per via radicalica ed è catalizzata dalle stesse variabili e specie chimiche che sono attive nelle reazioni radicaliche: elevate energie (calore, raggi ultravioletti, metalli di transizione, radicali, perossidi, ecc.) (Lercker, 2005).

Gli effetti sull'ossidazione delle sostanze grasse da parte della luce sono molto problematici: ci sono fondati motivi per ritenere che la fotossidazione sia l'evento iniziale che permette di realizzare tutte le ossidazioni osservate nei casi reali.

La catalisi metallica ricopre il ruolo di accelerare lo sviluppo delle sensazioni organolettiche negative associate all'ossidazione e, quindi, anche se non agisce da vero pro-ossidante per il consumatore è un pro-ossidante.

Il miglior sistema di conservazione dei prodotti alimentari è l'impiego delle basse temperature: in primo luogo per la forte diminuzione delle costanti cinetiche di tutte le velocità di modificazione (chimica, biochimica e microbiologica), in secondo luogo a causa del forte aumento delle viscosità di tutti i fluidi presenti, entro cui l'ossigeno deve diffondere.

Le principali azioni pro-ossidanti e anti-ossidanti nei sistemi naturali, come i prodotti alimentari, sono raccolte nella Tabella 7 (Lercker, 2005).

Tabella 7. Fattori che interagiscono con la perossidazione delle sostanze grasse

Pro-ossidanti	Anti-ossidanti
Acidi grassi insaturi	Riduzione dell'insaturazione degli acidi grassi
Ossigeno, ossigeno attivo	Scambio gassoso, rimozione dell'ossigeno Confezionamento sotto vuoto
Ioni di metalli pesanti e chelati metallici	Rimozione degli ioni metallici Complessazione dei metalli
Luce e pigmenti coloranti	Rimozione della luce, confezionamento opaco
Radiazione elettromagnetica ad elevata energia	"Spazzino" di radicali
Radicali perossidi liberi	Antiossidanti
Riscaldamento	Refrigerazione
Lipossigenasi	Inattivazione enzima
Tempo	Scelta di periodo breve della shelf life
Contenuto di umidità (molto basso o molto alto)	Umidità intermedia

8. QUALITA' DELLA CARNE SUINA E VITAMINA E

8.1 VITAMINA E

Il termine vitamina E, indica diversi composti di analoga struttura chimica. In natura, otto sono le forme di vitamina E trovate: quattro tocoferoli (α , β , γ e δ) e quattro tocotrienoli (α , β , γ e δ) (Mc Donald et al., 1992).

Le differenze fra α , β , γ e δ sono legate alla posizione dei gruppi metilici nell'anello mentre, le differenze fra tocoferoli e tocotrienoli consistono nell'insaturazione o meno della catena laterale: i tocoferoli presentano la catena laterale satura, i tocotrienoli insatura (Mc Dowell, 1989).

L' α -tocoferolo è di gran lunga la forma biologicamente più attiva e più diffusa. Le forme β , γ e δ hanno un'attività antiossidante nettamente inferiore; rispettivamente il 56%, il 16% e lo 0.5% di quella α . L' α -tocoferolo si presenta sotto forma di un olio giallo insolubile in acqua ma solubile in solventi organici, è estremamente resistente al calore ma viene prontamente ossidato.

La vitamina E naturale è, infatti, soggetta a distruzione attraverso l'ossidazione e tale processo risulta essere accelerato dal calore, dall'umidità, dalla presenza di grassi rancidi e di tracce di minerali.

Gli integratori comunemente commercializzati contengono d- α -tocoferil acetato o dl- α tocoferil acetato, ossia le forme esterificate del d- α tocoferolo e del dl- α tocoferolo. L'esterificazione aumenta infatti la stabilità della vitamina migliorando la sua resistenza all'attacco degli agenti ossidativi (Hidioglou et al., 1992):

Il dl- α -tocoferil acetato (chiamato anche all-rac- α -tocoferil acetato) è riconosciuto come standard internazionale (1 mg = 1UI). La forma sintetica libera, dl- α -tocoferolo, ha una efficacia pari a 1.1 UI/mg, mentre la forma libera

naturale, d- α -tocoferolo (chiamato anche RRR-tocoferolo), e il suo acetato, hanno un'efficacia rispettivamente pari a 1.49 UI/mg e 1.36 UI/mg.

L'assorbimento della vitamina E avviene in parallelo alla digestione dei grassi ed è facilitata dalla bile e dalla lipasi pancreatica (Ullrey, 1981; Sitrin et al., 1987).

Non bisogna tuttavia dimenticare che anche altri fattori possono intervenire a questo riguardo fra i quali la competizione che si realizza fra le stesse vitamine liposolubili e la presenza di acidi grassi poliinsaturi contenuti nella dieta che, a causa della elevata suscettibilità ai fenomeni di ossidazione, richiedono un aumento dell'apporto di vitamina E (Bontempo et al., 1997).

Sia che venga presentata come alcool libero o come estere, la maggior parte di vitamina E è assorbita sotto forma di alcool.

Infatti, gli esteri vengono largamente idrolizzati nella parete intestinale e l'alcool libero che ne deriva, attraversa i vasi chiliferi ed è trasportato per via linfatica nel circolo generale (Mc Dowell, 1989).

La vitamina E nel plasma è legata principalmente a lipoproteine della frazione globulinica. Recentemente è stata indentificata una proteina (TPB) che si lega specificatamente all' α -tocoferolo e che sarebbe responsabile dell'incorporazione della vitamina nelle lipoproteine a bassissima densità, nonché del suo trasporto e della sua distribuzione intracellulare (Bontempo et al., 1997).

La scala di assorbimento dei vari tocoferoli e tocotrienoli, è dello stesso ordine di grandezza dei loro potenziali biologici. L' α tocoferolo presenta il miglior assorbimento, mentre il γ è assorbito in ragione dell'85% rispetto alle forme α , ma con un'escrezione più rapida (Ullrey, 1981).

Per quanto riguarda la distribuzione, la vitamina E è immagazzinata in tutti i tessuti, soprattutto a livello epatico ed è escreta prevalentemente attraverso la bile. Va anche detto che la velocità con la quale, viene raggiunto il picco di concentrazione plasmatica, e quindi l'efficienza di assorbimento intestinale,

influenza il livello di captazione da parte dei tessuti (Hidiroglou and Karpinski, 1987).

Una delle funzioni che ci interessa, è quella di essere un antiossidante inter ed intracellulare. In questo modo previene l'ossidazione dei lipidi insaturi di membrana impedendo perciò la formazione dei perossidi. E' noto come questi determinino delle perturbazioni della microarchitettura di membrana, l'inibizione dell'attività di enzimi e l'accumulo di prodotti che non sono prontamente degradati in derivati metabolici inattivi (Ullrey, 1981).

La vitamina E assicura anche la stabilità degli eritrociti e l'integrità dei capillari sanguigni (Mc Dowell, 1989).

Gli α -tocoferoli possono inoltre essere coinvolti nella formazione dei fosfolipidi componenti le membrane biologiche (Ullrey, 1981).

Inoltre è stato scoperto che la vitamina E è coinvolta nella formazione di prostaglandine E, a partire dall'acido arachidonico, contrariamente a quanto succede per un antiossidante sintetico (Mc Dowell, 1989).

La vitamina E influenza l'aggregazione piastrinica: agisce impedendo la perossidazione dell'acido arachidonico, richiesto per la formazione delle prostaglandine coinvolte nell'aggregazione piastrinica (Panganamala and Cornwell, 1982).

La carenza di vitamina E porta a situazioni patologiche come risultato di una inadeguata risposta immunitaria. Una particolare attenzione deve essere rivolta al suo ruolo nei confronti della protezione di leucociti e macrofagi durante la fagocitosi e nel meccanismo immunologico attraverso il quale le cellule uccidono i batteri.

I positivi effetti della vitamina E sulla salute animale sono probabilmente correlati anche alla sua capacità di ridurre i glucocorticoidi che sono dei noti immunosoppressori. In aggiunta a ciò, questa vitamina svolge la sua funzione immunitaria anche attraverso l'alterazione del metabolismo dell'acido arachidonico e della conseguente sintesi di prostaglandine, trombossani e

leucotrieni; tutte sostanze la cui concentrazione aumenta in condizioni di stress ostacolando la funzione immunitaria delle cellule (Hadden, 1987).

I fabbisogni in vitamina E sono particolarmente difficili da determinare a causa delle relazioni che essa ha con altri fattori della dieta tra cui gli acidi grassi poliinsaturi, gli antiossidanti, gli aminoacidi solforati e il selenio.

Infatti, i fabbisogni possono aumentare in seguito ad alti livelli di acidi grassi poliinsaturi (PUFA), agenti ossidanti, vitamina A, carotenoidi e minerali, mentre tendono a decrescere con l'aumentare dei livelli di antiossidanti liposolubili, aminoacidi solforati e selenio (Mc Dowell, 1989).

In modo particolare, l'olio di fegato di merluzzo, l'olio di cereali, l'olio di soia, l'olio di girasole e l'olio di semi di lino contengono quote elevate di PUFA che facilmente vanno incontro a processi perossidativi. Se, l'irrancidimento di tali oli, avviene prima dell'ingestione da parte dell'animale, si avrà la distruzione della vitamina E contenuta nell'olio e nell'alimento di cui l'olio rancido fa parte. Quando invece l'irrancidimento avviene durante il consumo, si ha verosimilmente la distruzione delle riserve corporee della vitamina (Scott et al., 1982).

Scott (1980), afferma che il fabbisogno minimo di vitamina E negli animali e nell'uomo è pari a 30 ppm nella dieta. Secondo l'NRC (1988) i fabbisogni per il suino vanno da 20 ppm per i suini in finissaggio ai 50 ppm per i suinetti durante lo svezzamento.

Poiché in natura la sintesi di vitamina E avviene nelle piante, ne deriva che i loro prodotti sono di gran lunga le principali fonti.

E' abbondante in tutti i cereali, particolarmente nel germe e quindi nei prodotti secondari contenenti il germe. In particolare, l'olio di germe di grano risulta essere la risorsa naturale più concentrata, e svariati altri oli, come l'olio di soia, l'olio di arachidi e soprattutto quello di semi di cotone, sono ricchi di tale vitamina.

Sfortunatamente, la maggior parte delle farine attualmente commercializzate, è pressoché priva di tali oli a causa della rimozione con estrazione attraverso solventi (Maynard et al., 1979).

I foraggi verdi e altri prodotti fogliacei, compreso il fieno di buona qualità, sono delle ottime fonti. Infatti, la concentrazione di tocoferoli per unità di sostanza secca nell'erba fresca è 5-10 volte maggiore rispetto a quella di alcuni cereali o loro prodotti (Hardy and Frape, 1983).

Tuttavia, le riserve di vitamina E in tali prodotti risultano essere estremamente variabili e dipendenti da tutti i processi ed i trattamenti cui questi prodotti sono sottoposti. A tal proposito, la macinazione, la miscelazione con minerali, l'aggiunta di grassi e la pellettatura, sono tutti fattori che comportano una notevole distruzione di vitamine E ed A, soprattutto se la dieta non contiene quantità adeguate di antiossidanti tali da prevenire l'ossidazione, in condizioni di umidità ed alta temperatura (Coelho, 1992).

E' noto che i sali ferrosi possono distruggere completamente la vitamina E così come il tricloruro di azoto e il diossido di cloro utilizzati nelle usuali concentrazioni per imbiancare la farina. Infine la cottura distrugge il 47% dei rimanenti tocoferoli nella farina trattata.

Anche l'essiccazione artificiale dei cereali, causa una ingente perdita di vitamina; alcuni autori (Young et al., 1975) riportano un contenuto di α tocoferoli pari a 9,3 ppm nei cereali essiccati artificialmente rispetto ad una media di 20 ppm nei cereali non essiccati. Inoltre, la conservazione di cereali umidi con l'insilamento causa la perdita quasi totale dell'attività della vitamina E. Per concludere sembra che il trattamento, dei cereali immagazzinati, con acidi (acido propionico o una miscela di acido acetico e propionico) possa determinare un'ulteriore perdita di vitamina imputabile probabilmente alla combinazione dell'effetto dell'acido propionico e dell'umidità (Mc Murray et al., 1980).

La forma più attiva di vitamina E naturale, trovata negli alimenti, è il *d*- α -tocoferolo, mentre il *dl*- α -tocoferolo non esiste in natura, poiché, si tratta di un prodotto sintetizzato chimicamente.

Poiché le forme libere sono facilmente ossidate, forme più stabili, quali esteri acetati e succinati, sono stati sintetizzati con riduzione della biopotenzialità.

Alcuni studi con capre e bovini hanno indicato che la forma naturale *d* risulta nel siero e in specifici tessuti altamente concentrata rispetto alla forma chimica sintetizzata *dl* quando somministrata in uguali dosaggi (Hidioglou and Mc Dowell, 1987; Hidioglou et al., 1988a,b).

Tuttavia, non è la forma naturale rispetto alla sintetica ad essere importante per la biopotenzialità della vitamina E, ma gli esteri ed i carrier usati. Hidioglou e Singh (1991) riportano che, a parità di dosaggio, la forma naturale di *d*- α -tocoferil succinato aveva solamente un terzo della biopotenzialità della forma sintetica *dl*- α -tocoferil acetato, indicando che l'estere succinato è molto meno efficace di quello acetato.

Le forme acetate di α tocoferolo sono disponibili in commercio da due fonti principali (Mc Dowell, 1989):

1. α -tocoferil acetato prodotto dall'estrazione di tocoferoli naturali a partire da sottoprodotti raffinati di oli vegetali, distillazione molecolare per ottenere la forma α e poi acetilazione per formare l'estere acetato;
2. α -tocoferil acetato prodotto da sintesi chimica completa, che comporta la formazione di una miscela racemica di parti uguali di *d* ed *l* isomeri.

Le forme *d* ed *l* differiscono soltanto nella posizione spaziale dell'isoprenoide dentro la catena.

Commercialmente, gli acetati *dl* e *d*- α -tocoferil acetati sono disponibili in forma purificata o in varie diluizioni ed includono:

- a) una forma oleosa altamente concentrata;

- b) emulsioni incorporate in polveri o microcapsule da usare a secco, preparazioni dispersibili in acqua;
- c) microcapsule o polveri, composte di tocoferil acetato, incorporate in olio o in una forma emulsionabile, mescolate con gelatina e zucchero, gomma arabica, polvere di soia, o destrina come carrier;
- d) adsorbati di tocoferil acetato oleoso su carrier assorbenti selezionati, in free flowing “dry” powder, farina o granuli. Quest’ultimo tipo si può utilizzare solo negli alimenti.

Quindi, sebbene l’estere sia più stabile della forma libera naturale o della forma alcolica, è consigliabile stabilizzarlo in seguito mediante rivestimento con gelatina o tecniche di adsorbimento, che lo riducono in forma di microcapsule, di granuli o di polvere in modo da poter essere aggiunto più velocemente ed uniformemente all’alimento (Salimei et al., 1992).

I metodi che provvedono alla supplementazione di vitamina E comprendono:

- 1) vitamina E come parte di un concentrato o di un supplemento liquido;
- 2) vitamina E inclusa in una miscela di minerali di libera scelta;
- 3) vitamina E come prodotto iniettabile;
- 4) vitamina E come preparazione in acqua da bere (Mc Dowell, 1989).

Fra tutte queste molteplici possibilità, l’iniezione intramuscolare è sicuramente la forma che consente un più efficace assorbimento della vitamina rispetto ad una preparazione miscibile in acqua contenente α -tocoferil acetato o altra forma dissolta in una base oleosa (Machlin, 1984).

La necessità di integrare la dieta con vitamina E dipende dal fabbisogno delle singole specie, dalle condizioni di produzione ed è correlata alla quantità di vitamina E disponibile nell’alimento o nelle fonti alimentari.

I fattori principali che condizionano la necessità di supplemento includono:

- a) concentrati e foraggi carenti di vitamina E e/o selenio;

- b) pascoli eccessivamente secchi;
- c) diete che contengono in maniera predominante tocoferoli non in forma α e quindi biologicamente meno attivi;
- d) diete in cui la presenza di determinati ingredienti (per es. grassi insaturi ed acqua ricca di nitrati) fanno aumentare i fabbisogni di vitamina E;
- e) condizioni di raccolta, essiccamento ed immagazzinamento degli alimenti che provocano la distruzione di vitamina E e selenio;

accelerati indici di guadagno, di produzione ed efficienza alimentare, che aumentano le domande metaboliche di vitamina E, non solo direttamente ma anche indirettamente, attraverso l'instaurarsi di condizioni stressanti che aumentano la suscettibilità a svariate patologie (Mc Dowell, 1989).

8.2 *STABILITA' LIPIDICA E VITAMINA E*

E' oramai chiaro che la vitamina E agisce come un antiossidante liposolubile che protegge i pigmenti muscolari e gli acidi grassi insaturi dall'ossidazione, con un ruolo specifico nella neutralizzazione dei radicali liberi che causano la perossidazione lipidica. Oltre a severi danni biologici, l'ossidazione lipidica è alla base dei fenomeni di deterioramento della carne, tra i quali, i più importanti sono:

- ♦ danni alle membrane cellulari e intracellulari che diminuiscono la conservabilità della carne e la capacità di ritenzione idrica;
- ♦ alterazione del gusto e dell'aroma;
- ♦ degradazione di acidi grassi essenziali e di molte vitamine;
- ♦ rilascio di composti tossici derivanti principalmente dall'ossidazione del colesterolo;
- ♦ alterazione dei pigmenti muscolari responsabili del colore della carne.

I processi di autossidazione della frazione lipidica sono responsabili del rilascio di radicali liberi della carne lavorata ma soprattutto della carne che è stata cotta o comunque trattata e conservata. I fenomeni di perossidazione autocatalitica iniziano probabilmente subito dopo la macellazione, particolarmente a livello di membrane cellulari a causa dell'alto grado di insaturazione della componente lipidica e del contatto con l'ossigeno.

La supplementazione dietetica con vitamina E, sia essa sotto forma di RRR- α -tocoferolo o della forma sintetica di α -tocoferil acetato, aumenta la concentrazione di α -tocoferolo nel muscolo e riduce la suscettibilità del muscolo stesso e del tessuto adiposo all'ossidazione lipidica.

8.2.1 INTEGRAZIONE DI VITAMINA E: LIVELLI TISSUTALI

L'accumulo della vitamina E nei tessuti è stato studiato sia negli animali monogastrici che nei poligastrici. Un lavoro di Sisk et al., (1993) ha dimostrato che in suini in accrescimento-finissaggio il contenuto di α -tocoferolo dei tessuti è strettamente collegato a quello della dieta. I suini alimentati con una dieta contenente 200 ppm di α -tocoferolo acetato hanno mostrato un progressivo aumento del contenuto vitaminico in tutti i tessuti. Il tempo richiesto per "saturare" il tessuto adiposo è risultato più lungo di quello necessario per il plasma o il muscolo. Asghar et al. (1991) riportarono che un aumentato livello di vitamina E nel mangime corrisponde ad un aumento nei depositi adiposi, così come nelle frazioni microsomiali e mitocondriali del muscolo longissimus dorsi.

Morrissey et al. (1994) hanno osservato una velocità di uptake di α -tocoferolo relativamente bassa in tessuti di suini che avevano ricevuto una dieta supplementata con 200 ppm di α -tocoferil acetato. I livelli di α -tocoferolo aumentavano in tutti i tessuti esaminati con un tempo di supplementazione superiore a 91 giorni. Nel caso del plasma e del muscolo è stato osservato un aumento tendenziale dell'uptake fra i risultati ai giorni 91 e 126, ma i valori non

sono risultati significativamente differenti. La concentrazione di α -tocoferolo nel muscolo longissimus dorsi è aumentata con una velocità media di $0,24 \mu\text{g g}^{-1}$ alla settimana, nelle prime tre settimane, e ad una velocità di $0,18 \mu\text{g g}^{-1}$ alla settimana, da quel momento fino alla fine della prova.

8.2.2 INTEGRAZIONE DI VITAMINA E: RESISTENZA DEL MUSCOLO ALL'OSSIDAZIONE

I risultati di un gran numero di studi, svolti in vari paesi negli ultimi anni, dimostrano inequivocabilmente che l'aggiunta di elevate dosi di vitamina E (da 10 a 20 volte superiori ai fabbisogni) nelle diete di suini in accrescimento e finissaggio, migliora la stabilità ossidativa della carne. Le sostanze che si formano come conseguenza del processo di ossidazione lipidica e che reagiscono con l'acido tiobarbiturico (TBArS) formando un composto cromogeno, diminuiscono fortemente ad un livello significativo nelle carni di suini alimentate con diete arricchite di vitamina E (da 100 a 300 ppm, e più frequentemente 200ppm).

La supplementazione dietetica con α -tocoferil acetato ha ridotto l'ossidazione lipidica e migliorato la stabilità del colore di bistecche di suino durante una prova simulata di conservazione (Monahan et al., 1992). I valori di TBArS sono risultati minori mentre l'indice del rosso (valore "a" di Hunter) in superficie è risultato maggiore nelle bistecche dei suini cui veniva somministrata una quantità di 100 o 200 mg di α -tocoferil acetato/kg di dieta, rispetto alle bistecche dei suini che avevano ricevuto 10 mg/kg dopo 2,4,6 e 8 giorni di conservazione in frigorifero. Cannon et al. (1995) hanno riportato che un supplemento di vitamina E pari a 100 mg/kg di dieta, per 84 giorni, ha provocato dei valori di TBArS significativamente minori ed ha aumentato le proprietà sensoriali di carne precotta, stoccata sotto vuoto e refrigerata, per periodi fino a

56 giorni, rispetto a quelle di suini che avevano ricevuto una dieta non supplementata.

Wen et al. (1997) hanno osservato che, una supplementazione dietetica di 200 o 1000 mg di α -tocoferil acetato/kg per 4 settimane, in suini di 30-35 kg, è risultata in un progressivo aumento del contenuto di α -tocoferolo del muscolo, dei mitocondri e dei microsomi, rispetto a valori corrispondenti di animali che avevano ricevuto una dieta di controllo (30 mg/kg). Le concentrazioni di α -tocoferolo nel muscolo, mitocondri e microsomi dei suini che avevano ricevuto la supplementazione di 1000 mg/kg erano rispettivamente di 3,2-6,1 e 5,6 volte superiori rispetto a quelli del gruppo di controllo. L'aumento in α -tocoferolo era associato ad una progressiva diminuzione nella suscettibilità all'ossidazione lipidica indotta dal complesso ferro-ascorbato del muscolo e delle membrane subcellulari, misurata attraverso il saggio convenzionale TBARS.

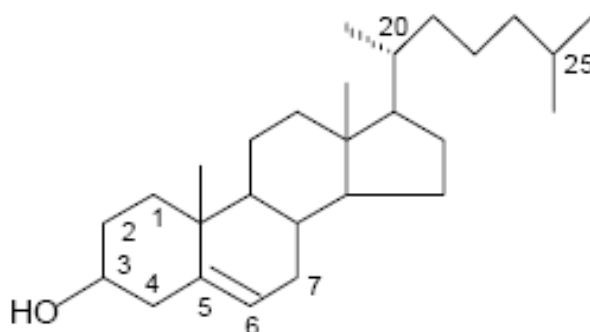
8.2.3 INTEGRAZIONE DI VITAMINA E: OSSIDAZIONE DEL COLESTEROLO

Recentemente, la ricerca sugli effetti biologici di diversi prodotti di ossidazione del colesterolo, ha indicato la pericolosità di queste sostanze nei confronti degli organismi viventi, pericolosità dovuta al tipo di interazione biologica (aterogenicità, citotossicità, mutagenicità e cancerogenicità) e ai livelli minimi attivi propri di questi composti (10^{-7} moli, circa 0,1 μ g).

Il colesterolo possiede un doppio legame in posizione 5,6 e perciò ha la possibilità di ossidarsi simile a quella di un acido grasso monoinsaturo. La velocità di trasformazione ossidativa del colesterolo, anche se inferiore, risulta dello stesso ordine di grandezza di quella di un acido grasso insaturo con doppi legami isolati. Alcuni ossisteroli sono previsti sulla base dei meccanismi già individuati per gli acidi grassi insaturi, mentre la mancanza di altri può essere

spiegata con la selettiva formazione degli idroperossidi del colesterolo. Infatti, l'autossidazione (in condizioni non troppo spinte) genera due isomeri idroperossidi, il 7 α - e il 7 β -, mentre altri idroperossidi possono essere presenti in fase avanzata di perossidazione, quali i 20- e il 25-idroperossido, o in caso di ossigenazione foto-sensibilizzata il 5 α - idroperossido. In tutti i casi, nel tempo si osserva che tra i prodotti di degradazione il 7-chetocolesterolo (7-K) risulta il composto presente in quantità maggiore, fin dall'inizio (Lercker, 2005).

Figura 1. Struttura del colesterolo.



Nella carne, condizioni come la cottura e lo stoccaggio a lungo termine, accelerano la formazione di COPs (Paniangvait et al., 1995). Monahan et al. (1992b), hanno riportato che tre molecole derivanti dall'ossidazione del colesterolo (β -epossido, 7- β -OH e 7-cheto) erano presenti in quantità determinabili nella carne di suino cotta. Dopo due giorni di conservazione a 4°C la carne di suini che erano stati alimentati con diete contenenti 100 o 200 ppm di α -tocoferil acetato avevano livelli significativamente minori di β -epossido, 7- β -OH e 7-cheto rispetto a suini alimentati con una dieta di controllo (10 ppm). I COPs rappresentavano il 2,7 % del colesterolo totale nella carne dei suini di controllo, rispetto a valori di 1,6 % nei suini che avevano ricevuto 200 ppm di α -tocoferil acetato.

Engeseth et al. (1993) non hanno trovato alcun effetto significativo di una supplementazione di 500 ppm di vitamina E sulla concentrazione dei COPs nella carne, immediatamente dopo la cottura, mentre i COPs venivano ridotti del 65 % dopo 4 giorni di conservazione a 4°C nella carne derivante dagli animali

supplementati. L'esistenza di un'elevata e significativa correlazione ($R=0.88$; $P<0,01$) fra il numero di TBARS e i COPs della carne di suino cotta e refrigerata conferma direttamente che l'aggiunta di vitamina E nella dieta può limitare l'ossidazione del colesterolo.

8.2.4 INTEGRAZIONE DI VITAMINA E: CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE

La perdita dell'integrità delle membrane cellulari del muscolo, può modificare la capacità delle stesse di agire come barriera semipermeabile e può contribuire alle perdite essudative della carne (Asghar et al., 1991; Monahan et al., 1994). Questi ricercatori sostengono che la supplementazione dietetica di vitamina E può aumentare l'integrità delle membrane cellulari del muscolo, riducendo in tal modo le perdite per essudazione della carne.

I risultati di diversi studi, infatti, dimostrano che elevati livelli dietetici di vitamina E durante i mesi precedenti la macellazione, possono ridurre le perdite per essudazione sia della carne fresca, fino al 30-40%, che di quella congelata, per oltre il 40%, (Smith et al., 1994).

Dirinck and De Winne (1995) hanno dimostrato che alti livelli dietetici di vitamina E possono migliorare il sapore, la succulenza e la tenerezza della carne. Tale supplementazione, attraverso l'aumento della stabilità ossidativa del tessuto muscolare, ritarda la formazione di composti maleodoranti, in dipendenza sempre della durata della conservazione.

La perdita del colore della carne, da un rosso acceso al marrone, che avviene durante il taglio e la conservazione, è causato dalla combinazione tra ossidazione della mioglobina e dei lipidi. Diversi studi hanno dimostrato che una supplementazione dietetica con vitamina E è molto efficace nella riduzione

dell'ossidazione dei lipidi e della mioglobina, sia nella carne fresca che congelata, (Liu et al., 1995).

E' necessario ricordare anche che, un'elevata ingestione di vitamina E (10g/capo/giorno), può indurre un'anormale "Piggy Taste" nella carne. Si è pensato che, specifici composti volatili caratterizzanti l'aroma, che normalmente sono ossidati, rimangono in uno "stato attivo"(nel senso di non ossidato), nelle carni degli animali trattati (Mordenti et al., 1994).

9. FINALITA' DEL LAVORO

Questo studio, si inserisce in un progetto di ricerca più ampio, finanziato dalla Regione Lombardia, dal titolo: “Selezione e gestione del mais per la qualità del suino pesante”. Il progetto, tra i tanti obiettivi, ne ha anche altri correlati, che coinvolgono la Regione Emilia Romagna e il CRPA, come “Sicurezza delle fonti lipidiche per il suino pesante”, con il coinvolgimento di molti distretti di ricerca tra cui il CRA di Modena e l’ISC di Bergamo.

Con questi, il DIMORFIPA, nella sezione di Zootecnia, Nutrizione e Alimenti, ha collaborato in maniera più stretta, come vedremo poi, per portare a compimento parte di quegli obiettivi oggetto di questa tesi.

9.1 *PREMESSA*

9.1.1 LA PRODUZIONE DEL SUINO PESANTE NEL BACINO PADANO: INCIDENZA DELLE ANOMALIE QUALITATIVE DELLA FRAZIONE ADIPOSA.

Il presente progetto di ricerca si propone di fornire alla filiera di produzione del suino pesante strumenti decisionali per la scelta degli ibridi di mais più adatti alla produzione del suino pesante in funzione della qualità del grasso di deposito, che è fondamentale per la buona riuscita di tutte le derrate ottenute dalla carcassa del suino, ma in particolare del prosciutto crudo D.O.P.

Gli argomenti trattati in questo progetto, come prima menzionato, fanno parte di una linea di lavoro più ampia, che il gruppo di ricerca proponente sta portando avanti con le Regioni Emilia-Romagna e Lombardia relativamente alla valutazione nutrizionale, zootecnica e dei prodotti di salumeria derivati, di una serie di alimenti vegetali, per quello che riguarda la loro componente lipidica.

I principali punti di questa linea di ricerca sono i seguenti.

- Messa a punto di metodi rapidi di determinazione del contenuto in estratto etereo e acido linoleico nelle granelle di mais.
- Determinazione del valore nutritivo di varietà di mais a diverso contenuto di estratto etereo e di acido linoleico.
- Impiego nell'alimentazione del suino di ibridi di mais a diverso contenuto di olio, di acido linoleico e di acido oleico: valutazioni sugli effetti sulle caratteristiche qualitative del tessuto adiposo del suino pesante
- Effetti dell'insilamento sulla composizione acidica della granella di mais

Il progetto di ricerca predisposto per la Regione Lombardia verte maggiormente sulle caratterizzazioni analitiche, la determinazione del valore nutritivo e l'effetto dell'insilamento in diverse varietà di mais; mentre quello per la Regione Emilia Romagna si focalizza sugli aspetti zootecnici e di qualità dei prodotti derivati.

I dati ufficiali dell'Istituto Parma Qualità (IPQ) e dell'Istituto Nord Est Qualità (INEQ), i due Enti che esercitano il controllo sulla filiera produttiva dei prosciutti a D.O.P., indicano per il 2004 in 8.676.859 i suini di produzione nazionale certificati come materia prima per i salumi DOP.

L'ingrasso di questi animali è concentrato in quattro Regioni: Lombardia (53,4%), Emilia Romagna (16,6%), Piemonte (15,0%) e Veneto (7,4%).

In Lombardia vengono dunque ingrassati oltre la metà dei suini pesanti, con una tendenza, negli ultimi anni, all'aumento di questa percentuale.

Gli Istituti sopra menzionati, hanno condotto, dal luglio 2001 all'ottobre 2004 un "Piano unificato di controllo dei requisiti parametrici del grasso" relativo alla conformità, del tessuto adiposo della coscia, ai requisiti previsti dai disciplinari, che fissano in 70 il valore massimo ammissibile del Numero di Iodio (NI) e nel 15% il contenuto massimo in acido linoleico sul totale degli

acidi grassi. Su 697 allevamenti testati, equivalenti a 697 partite per un totale di 6401 campioni, ben 138 (19,8%), sono risultati non conformi.

Interpolando i dati forniti dai medesimi Istituti se ne può dedurre che di tutte le cosce teoricamente disponibili per la stagionatura per prosciutti tipici, circa un 25% viene eliminato dal circuito. In particolare, fra i difetti qualitativi, circa la metà è legata ad aspetti (scarsità del tessuto adiposo di copertura della coscia, eccesso di grasso intermuscolare, anomalie del grasso), sui quali ha una preponderante influenza l'alimentazione.

Le cifre citate indicano da un lato l'estrema severità con cui vengono applicati i Disciplinari di produzione e dall'altro indicano la necessità di intervenire nei settori a monte della filiera, al fine di ridurre l'incidenza di cosce non idonee.

E' dunque ben evidente la gravità del problema e la necessità di dare all'allevatore conoscenze e mezzi tecnici, idonei a tenere sotto controllo le caratteristiche chimico-fisiche del tessuto adiposo dei suini avviati alla macellazione.

9.1.2 IMPORTANZA DELL'ACIDO LINOLEICO NEL DETERMINISMO DELLA QUALITÀ DEL GRASSO DEL SUINO PESANTE

Fra gli acidi grassi insaturi, l'acido linoleico (C_{18:2}) è quello che maggiormente influenza le caratteristiche fisiche e chimiche del tessuto adiposo.

Esso come già fatto presente ripetutamente, pur non essendo l'unico acido grasso insaturo presente nel tessuto adiposo del suino, è quello che presenta una maggiore variabilità di concentrazione in dipendenza dell'alimentazione adottata. Infatti, partendo da livelli "normali" del 9-13% può essere facilmente innalzato al 20%, sul totale degli acidi grassi, del grasso di copertura (Della Casa et al., 1991). L'altro acido grasso insaturo presente in quantità notevole nel

tessuto adiposo del suino, l'acido oleico (C18:1), ha caratteristiche fisiche (punto di fusione) ed una suscettibilità all'ossidazione, molto più favorevoli rispetto all'acido linoleico; questo acido grasso deriva in parte dall'alimento, ma soprattutto dal processo di sintesi endogena dei lipidi a partire da carboidrati o lipidi a corta e media catena. Le variazioni di concentrazione dell'acido oleico ottenibili con l'alimentazione, sono di ampiezza di gran lunga inferiore, rispetto a quelle dell'acido linoleico e sono meno preoccupanti da un punto di vista della qualità del tessuto adiposo.

L'acido linolenico (C18:3), pur essendo un acido grasso essenziale ed il più insaturo fra quelli presenti nel tessuto adiposo del suino, è in concentrazioni inferiori all'1% e non ha pertanto un effetto paragonabile a quello dell'acido linoleico.

Per questo motivo, i disciplinari delle DOP Parma e San Daniele, prevedono che il contenuto in acido linoleico nella razione del suino, dagli 80 kg di peso vivo fino alla macellazione, rappresenti al massimo il 2% sulla sostanza secca. Per evitare il superamento di queste soglie nelle fasi finali dell'ingrasso è vietato l'uso di lipidi a punto di fusione inferiore a 40°C, cioè di tutti gli oli vegetali e del principale grasso di origine animale (lo strutto) che, pur avendo un contenuto relativamente limitato in acido linoleico (9-15%) può comunque determinare il superamento delle soglie di regolamento, a motivo dell'effetto di "concentrazione" dell'acido linoleico sopra citato.

Gli oli vegetali infatti, ad eccezione di quelli di cocco e palma, contengono un grasso estremamente ricco di acido linoleico (50-60%), ed il loro uso, anche in modeste quantità (3%), può condurre a effetti eclatanti sulla composizione acidica del grasso di deposito (Della Casa et al., 1991).

In questo ambito particolare, nel mais, l'alimento più tradizionale per il suino e che da solo può costituire oltre il 55% della sostanza secca della razione, l'acido linoleico rappresenta dal 50 al 60% del totale degli acidi grassi.

9.1.3 ACIDO LINOLEICO NEL MAIS

Il mais, l'alimento più tradizionale per il suini e che da solo può costituire sino al 55% della sostanza secca della razione, presenta un alto contenuto in ac. linoleico, contenuto che, per di più, è estremamente variabile. Recenti indagini condotte su quasi 200 campioni di granella appartenenti a linee pure o a ibridi commerciali e coltivati in ambienti diversi (tutto il territorio nazionale era coperto) hanno mostrato un contenuto lipidico medio sulla sostanza secca del 3,95% ed un contenuto in acido linoleico sulla sostanza secca del 2,28%, ma con variazioni estremamente ampie (Tabella 8).

Il contenuto in lipidi ed in acido linoleico del mais presenta, dunque, una variabilità. Quindi, pur con la stessa formulazione, attraverso l'utilizzo di varietà diverse di mais, si può ottenere una quantità di acido linoleico nella razione molto diversa.

Potrebbe, verificarsi il caso che, un allevatore che utilizza, per la formulazione, dati medi di riferimento sulla composizione lipidica del mais, si ritrovi inconsapevolmente con una razione non conforme al regolamento o, ancor peggio, con caratteristiche non conformi del tessuto adiposo dei suini al macello.

Tabella 8.

	Sostanza secca %	Estratto etereo % sulla S.S.	Ac. linoleico % sul totale degli acidi grassi	Ac. linoleico % sulla S.S.
Media	89,52	3,95	57,78	2,28
Deviazione Standard	1,33	0,45	3,31	0,27
Coefficiente di Variabilità.	1,49	11,46	5,72	11,80
Minimo	86,64	2,55	43,14	1,57
Massimo	93,08	5,16	64,62	2,91

A questo proposito va segnalato che da numerosi anni sono state sviluppate, con tecniche di selezione ed incrocio tradizionali (Valoti e Motto, 2002), varietà di mais ad alto contenuto di olio, finalizzate all'utilizzazione per uso alimentare umano, ma recentemente impiegate anche per sostituire i grassi di origine animali nelle diete sia dei poligastrici, sia dei monogastrici.

Nel caso del suino pesante questo tipo di mais potrebbe rivelarsi particolarmente pericoloso a motivo dell'elevato apporto in acido linoleico.

Molto più interessante sarebbe invece l'uso di mais, ottenuto sempre con tecniche selettive tradizionali, ad alto contenuto di olio ed alto contenuto di acido oleico come quello utilizzato da Rentfrow et al. (2003).

Tabella 9. Rentfrow et al., 2003 mod.

		CONVENZIONALE	ALTO OLIO	ALTO OLIO ALTO OLEICO
Composizione acidica del mais				
Palmitico	%	10,3	9,9	9,4
Stearico	%	1,9	2,9	2,2
Oleico	%	33,1	37,2	58,2
Linoleico	%	52,0	49,2	27,7
Linolenico	%	1,2	1,0	1,1
Composizione acidica delle pancette				
Palmitico	%	25,21 a	24,02 b	24,58 ab
Stearico	%	12,63 a	10,60 b	10,92 b
Oleico	%	44,233 b	43,75 b	47,44 a
Linoleico	%	9,05 b	12,87 a	8,20 c
Linolenico	%	0,34	0,35	0,36

Gli autori hanno messo a confronto un mais tradizionale (CONV), un mais ad alto olio (HO) ed un mais ad alto olio ed alto oleico (HOHO), formulando le diete in modo tale da ottenere lo stesso rapporto fra energia metabolizzabile e lisina.

I tre trattamenti hanno determinato una composizione acidica del tessuto adiposo della pancetta, decisamente differente ed in particolare, HO, ha portato una concentrazione di ac. linoleico superiore agli altri due. Ma è particolarmente

interessante notare che HOHO ha determinato una concentrazione di acido linoleico inferiore a quella di CONV.

Questo è chiaramente dovuto al fatto che, a parità di energia ingerita, i suini alimentati con HOHO hanno assunto meno acido linoleico di quelli CONV, a motivo dell'enorme differenza di composizione acidica della frazione lipidica dei mais. L'utilizzazione di un mais di questo tipo potrebbe rispondere contemporaneamente alle due esigenze, l'una di aumentare il valore nutritivo dei mangimi (aumento del contenuto in olio), l'altra di diminuire il contenuto in acido linoleico della razione.

In questi risultati resta però da approfondire un aspetto importante. Le pancette del gruppo HOHO avevano, rispetto a quelle del gruppo di controllo, un maggiore contenuto di acido oleico, derivante direttamente dall'alimento e quindi, una concentrazione tendenzialmente minore di acidi grassi saturi.

L'insieme di questi due fattori potrebbe determinare una riduzione della consistenza del grasso (peraltro rilevata dai ricercatori americani), anche se certamente di minore entità rispetto all'uso del mais HO; tali aspetti devono essere approfonditi prima di consigliarne questo mais nella produzione del suino pesante.

Resta inoltre da definire la costanza delle caratteristiche produttive e qualitative di queste varietà estremamente nuove e la loro adattabilità alle condizioni di coltivazione proprie della Pianura Padana.

Risultati meno eclatanti, ma senza dubbio più applicabili alla realtà nazionale, potrebbero essere ottenuti utilizzando le linee pure pubbliche per costituire varietà di mais con caratteristiche particolarmente utili per la produzione del suino pesante. La selezione e l'utilizzazione di queste varietà potrebbero, inoltre, fornire un ulteriore elemento di "radicazione" del suino pesante nel territorio.

Questo obiettivo sembra poter essere perseguito efficacemente con mezzi di miglioramento genetico tradizionale; infatti, come sarà esposto in dettaglio

più avanti, la mancanza di differenze di qualche significato nei risultati analitici su campioni delle medesime varietà, in diverse località, in tre successive annate di produzione, ci può consentire di considerare trascurabile l'effetto ambientale.

Tale selezione deve essere tesa a modificare la composizione acidica dell'estratto etereo più che a ridurre il contenuto lipidico delle granelle.

Una semplice riduzione del grasso contenuto nel mais porterebbe, infatti, ad una riduzione del suo valore nutritivo e di conseguenza ad una riduzione del valore nutritivo della razione; evenienza che dovrebbe essere controbilanciata da un aumento dei consumi o dall'uso di fonti lipidiche addizionali, cosa che determinerebbe una, sia pur parziale, perdita del vantaggio acquisito con la selezione del mais. Sarà dunque da preferire, nella selezione, la varietà che, a parità di $C_{18:2}$, apporta la maggior quantità di olio, e quindi di energia, e comunque la determinazione del valore di una certa varietà andrà fatta tenendo conto di entrambi i fattori.

Lo sviluppo di ibridi di mais dedicati all'alimentazione del suino pesante, consentirà, evidentemente, di rafforzare il legame fra territorio e prosciutto a DOP e quindi di ribadire la tipicità del prodotto.

9.1.4 UTILIZZAZIONE DEL PASTONE DI GRANELLA PER L'INGRASSO DEL SUINO PESANTE

Un aspetto estremamente importante, riguarda le modalità di utilizzazione del mais per il suino pesante. Accanto al tradizionale uso sotto forma di farina di granella essiccata al 12-15% di umidità, si va diffondendo, nelle zone a vocazione maidicola, quali la Lombardia, l'uso del pastone di granella insilato al 28-30% di umidità. Secondo alcune stime a nord del Po' circa il 60% delle aziende suinicole utilizza tale tipo di conservazione.

Secondo Wood (1981) i vantaggi di tale tecnologia sono ascrivibili a:

- minori perdite di prodotto nella fase di raccolta in quanto viene anticipata di 10-15 giorni;
- riduzione di costi, tempo ed inquinamento per la mancata essiccazione;
- meccanizzazione delle fasi di raccolta, insilamento, desilamento e distribuzione;
- ottima appetibilità.

Secondo Piva e Santi (1985), si ha inoltre un valore alimentare superiore o uguale al corrispondente prodotto secco. Migliori performances, sono state ottenute in ricerche condotte presso l'Istituto Superiore Lattiero Caseario di Mantova (Caleffi e Broccaioli, 1978 e 1982), ma non in quelle condotte da Mordenti e Santoro, (1979) e Piva et al, (1991). Le modificazioni indotte dall'insilamento della granella sotto forma di pastone sono ben studiate per quanto riguarda i carboidrati e le proteine.

I primi sono soggetti ad una fermentazione (fase aerobica ed anaerobica) che porta alla formazione di acidi grassi volatili; in particolare si formano acido lattico e acido acetico, mentre non sempre viene prodotto acido butirrico (Piva et al 1991; Gaspari et al 1977; Parigi Bini 1976). Per quanto riguarda le proteine, può venire penalizzata la disponibilità di alcuni aminoacidi (lisina ed AA solforati) (Piva, 1984) e si ha comunque sviluppo di azoto ammoniacale.

Secondo Mordenti et al. (1992) un pastone di buona qualità deve rispondere alle seguenti caratteristiche:

- ♦ pH da 3,5 a 4,5;
- ♦ acido lattico da 1,0 a 1,85%;
- ♦ acido acetico da 0,1 a 0,35%;
- ♦ acido butirrico massimo 0,04%;
- ♦ azoto ammoniacale da 0,03 a 0,05%;
- ♦ rapporto azoto ammoniacale/azoto totale da 3 a 6;
- ♦ etanolo da 0,4 a 0,7%.

Mentre esiste una letteratura abbondante relativamente alle modificazioni dei carboidrati durante la maturazione del pastone di granella, per nulla indagate sono quelle cui potrebbero andare incontro gli acidi grassi.

E' quindi necessario colmare questa lacuna soprattutto per evitare che eventuali vantaggi accumulati con il miglioramento genetico del mais possano essere annullati dall'insilamento o viceversa, che l'insilamento determini una riduzione del contenuto in acido linoleico tale, da rendere meno pressante la necessità di scegliere ibridi a basso contenuto di acido linoleico.

9.1.5 IMPIEGO DELLA SPETTROSCOPIA PER RIFLETTANZA NEL VICINO INFRAROSSO (NIRS) PER LA DETERMINAZIONE DI INDICI CHIMICI DI IBRIDI DI MAIS

Le metodiche tradizionali per la determinazione del contenuto in estratto etereo e della composizione acidica degli alimenti, necessitano di tempi, sovente, non compatibili con l'immediato utilizzo dell'alimento stesso.

Ne deriva l'interesse per l'industria di produzione dei mangimi, e per gli allevatori stessi, di disporre di metodi rapidi che, consentano di valutare le caratteristiche di partite di mais di provenienza, e quindi di genetica, sconosciute.

A questo proposito si ritiene che utili risultati possano essere ottenuti mediante l'utilizzo della tecnologia NIRS che già viene utilizzata per l'analisi della composizione chimica di numerosi foraggi e mangimi per animali.

La spettroscopia di riflettanza nel vicino infrarosso (NIRS) è una tecnica utilizzata, ormai di consueto, per la valutazione della qualità nutrizionale di un'ampia gamma di ingredienti e alimenti. I principi della tecnica furono sviluppati

da Karl H. Norris, U.S.D.A., una trentina di anni fa, gettando le basi per una nuova branca della chimica analitica applicata in campo agricolo.

Per la prima volta, nel 1976, Norris e i suoi collaboratori applicarono la tecnica nella valutazione della qualità dei foraggi (Norris et al., 1976).

I primi strumenti commerciali e le prime applicazioni su generi alimentari risalgono alla metà degli anni 70 con la determinazione del contenuto in proteine del mais (Hymowitz, et al., 1974), della soia (Rinne et al., 1975), e la determinazione dell'umidità e del contenuto in proteine di campioni di grano (Williams 1975). A metà degli anni 80 negli Stati Uniti d'America divenne il metodo di riferimento per l'analisi del contenuto in proteine del grano.

NIRS divenne rapidamente una tecnica da laboratorio ideale perché è rapida, poco costosa, non richiede reagenti chimici, non produce prodotti di scarto e non crea problematiche di sicurezza e salute. Inoltre, è una tecnica non distruttiva, non invasiva, non richiede preparazioni particolari del campione, eccetto macinazione ed essiccazione e non necessita di personale particolarmente addestrato, una volta che le calibrazioni sono state sviluppate. Il vantaggio enorme deriva dal fatto che numerosi parametri di un campione possono essere determinati contemporaneamente e praticamente, in tempo reale, dal momento del ricevimento del campione. Tutto ciò ha spinto gli analisti ad abbandonare la propria attenzione su un solo campione e un solo analita per volta e ad avere una visione più ampia, delle relazioni tra i componenti del campione e tra il campione e la popolazione dalla quale proviene.

Il principale svantaggio della spettroscopia NIR è l'alto costo iniziale dello strumento e la sua dipendenza dalla chemometria (Norris, 1989), che ha portato allo strumento l'ingiusto appellativo di "black box", dovuto alla scarsa comprensione di come gli spettri NIR potessero essere messi in relazione con la composizione del campione.

NIRS è strettamente legata alla chemometria, cioè ad applicazioni di matematica alla chimica analitica (Williams & Norris, 1987; Givens et al.,

1998). La tecnica è un'integrazione di spettroscopia, statistica e scienza computeristica. Vengono costruiti modelli matematici che mettono in relazione gruppi chimici funzionali, o molecole, di determinati costituenti dell'alimento, con gli assorbimenti energetici nella regione del vicino infrarosso dello spettro, compresa tra i 700-2500 nm. In questa regione, sono misurate le vibrazioni degli atomi di idrogeno legati ad atomi quali azoto, ossigeno, carbonio e ossigeno legato al carbonio. Gli assorbimenti dell'energia elettromagnetica seguono la legge di Lambert-Beer, che descrive le proprietà di interazione di una sostanza con la radiazione elettromagnetica, in relazione alla concentrazione di un particolare costituente. Poiché molte materie prime per alimenti, risultano opache alla luce, la tecnica NIRS usa la radiazione riflessa (riflettanza) invece che quella trasmessa attraverso il campione (trasmittanza). La trasmittanza nel vicino infrarosso (NIT) può, comunque, essere utilizzata per caratterizzare materie prime e alimenti.

Gli assorbimenti da parte di atomi o molecole, tipici di alcuni costituenti degli alimenti, descrivono in uno spettro, ottenuto graficando il $\log 1/R$ contro le lunghezze d'onda, delle bande dovute alla sovrapposizione di assorbimenti minori. Tali bande, caratteristiche di alcune lunghezze d'onda, sono dovute all'assorbimento della radiazione elettromagnetica che, alle lunghezze d'onda della regione spettrale del vicino infrarosso, provoca, invece che i salti energetici quantizzati da stati fondamentali a stati eccitati, tipici di radiazioni a più alta energia, degli assorbimenti definiti come bande di combinazione e di overtones. Tali bande d'assorbimento sono dovute a movimenti degli atomi nelle molecole, definiti come "stretching" e "bending" (stiramenti e piegamenti) che possono risultare simmetrici o non lungo l'asse del legame. Tali bande di overtones e di combinazione risultano molto sensibili e quindi dipendenti dalle proprietà chimiche e strutturali delle molecole. Ad esempio proteine che formano complessi con dei carboidrati, o fibre, avranno differenti energie di assorbimento caratteristiche, rispetto alle proteine libere.

La chemometria, che coinvolge una trasformazione matematica dei dati di riflettanza e il calcolo dei coefficienti di correlazione ad ogni lunghezza d'onda, contemporaneamente seleziona le lunghezze d'onda che meglio corrispondono ai costituenti dell'alimento oggetto di studio.

Per farla breve, la chemometria non fa altro che correlare dei dati analitici reali, determinati attraverso la chimica classica, a dati di energie di assorbimento a determinate lunghezze d'onda dello spettro della radiazione elettromagnetica.

Sono stati suggeriti diversi trattamenti matematici per manipolare i dati di riflettanza, e ciò indica che non ne esiste uno unico ideale.

I dati spettrali, prima di procedere con la calibrazione vera e propria, possono essere pretrattati allo scopo di migliorare le prestazioni della calibrazione stessa. Le correzioni comunemente usate prevedono la SNV-detrending (standard normal variate-detrending), MSC (multiplicative scatter correction) e la derivatizzazione.

Il detrending agisce riducendo l'effetto light scattering dovuto alla dimensione delle particelle del campione, riducendo la curvatura lineare e quadratica di ogni spettro, riconducendolo, pur conservando le sue caratteristiche, ad uno spettro target il quale può successivamente essere trattato come gli altri.

Il trattamento matematico di derivata prima o seconda è di solito impiegato per amplificare assorbimenti, in determinate regioni spettrali, che possono spiegare differenze analitiche.

La calibrazione di uno strumento che lavora in spettroscopia NIR, si serve dell'analisi multivariata dei dati spettrali, attraverso modelli di regressione multipla dei valori di assorbanza (variabili X) connessi con i valori di riferimento (variabili Y) derivanti dalla chimica umida. Inizialmente sono state utilizzate due comuni variazioni della regressione multipla: la step-up e la stepwise.

Successivamente sono stati sviluppati metodi alternativi di calibrazione, tra i quali: principal component regression (PCR), partial least-squares regression (PLS) successivamente modificato in (MPLS) e l' artificial neural network (ANN).

Non esiste un modello di calibrazione migliore, in assoluto, da usare in tutte le situazioni, ma la MPLS è risultata superiore alla regressione lineare multipla (MLR), poichè implica una standardizzazione delle variabili nella regressione, ogni qualvolta che ogni fattore viene calcolato.

Per quanto riguarda il mais Orman et al. (1992) ha sviluppato una calibrazione per la determinazione del contenuto in olio della granella.

Ci sono ancora molte aspettative nei confronti di questa tecnica poiché la NIRS è una tecnica analitica molto adatta al controllo qualità nell'industria alimentare, perché è una tecnica veloce, che da risultati con una buona precisione, ed è non distruttiva né inquinante.

A questo proposito recentemente Velasco et al.(1999) hanno sviluppato una calibrazione per la determinazione del contenuto, in acido oleico ed in acido linoleico, dell'achenio integrale di girasole.

9.2 OBIETTIVI

Gli obiettivi che questo studio si è preposto di raggiungere, come già ricordato, sono quelli relativi a diversi progetti e che per la realizzazione di questa tesi possiamo semplificare in quattro sperimentazioni principali tra loro collegate, sia per interesse che per il materiale e le strutture utilizzate.

9.2.1 FONTI LIPIDICHE VEGETALI PER IL SUINO PESANTE

E' parte del progetto "Sicurezza fonti lipidiche per il suino pesante": studio dell'utilizzazione esclusiva di fonti lipidiche di origine vegetale, tradizionali ed innovative, per l'alimentazione del suino del circuito DOP: valutazione dietetica, nutrizionale e dei prodotti derivati

Gli obiettivi principali del progetto riguardano la valutazione di alcuni alimenti zootecnici vegetali, i quali sono in grado di aumentare il valore nutritivo delle diete per il suino pesante, grazie al loro alto tenore lipidico, ma senza peggiorare la qualità tecnologica del grasso di deposito.

Son state testate diete completamente vegetali, le quali includono materie prime (mais e girasole) di varietà innovate per la quantità (contenuto di lipidi grezzi) e la qualità (rapporto tra acidi grassi saturi e insaturi) delle sostanze grasse contenute.

L'impiego di tali materie prime, ottenute attraverso una selezione genetica tradizionale, quindi non GM, permetterà di saggiare la possibilità di:

- 1 innalzare la qualità del grasso del suino pesante destinato alle produzioni DOP, abbattendo in modo consistente l'apporto di acido linoleico dietetico;
- 2 incontrare le richieste del consumatore in materia di sicurezza alimentare grazie alla completa esclusione di materie prime di origine animale dalla dieta dei suini.

Recentemente si è manifestata però l'esigenza, da parte dei consumatori, di disporre di carni suina ottenute con mangimi esclusivamente vegetali. Per riuscire ad avere questo è necessario ricercare fonti lipidiche vegetali di elevato valore nutritivo, ma particolarmente povere di acido linoleico.

La possibilità di poter usare in via esclusiva alimenti vegetali nell'allevamento del suino, è un elemento di sicurezza molto importante nel vissuto del consumatore, tanto che alcune catene di distribuzione, hanno già avviato linee di carne suina fresca di così detto "maiale vegetale"; ma mentre questo è abbastanza facile da ottenere per il suino da macelleria, molte difficoltà vengono incontrate con il suino da trasformazione.

L'interesse delle fonti vegetali che si vogliono provare nel progetto sta poi nel fatto che sono varietà di mais e girasole ottenute attraverso metodologie di selezione genetica tradizionali e non attraverso tecnologie di DNA ricombinante. Per ciò potrebbero essere impiegate in produzioni esenti da materie prime GM.

Questi elementi di diversificazione che si andrebbero a dare al prodotto carni suine ottenute con alimentazione esclusivamente vegetale, incontrano sia le esigenze produttive dei trasformatori in termini di qualità del grasso, sia quelle del consumatore in termini di sicurezza alimentare.

Scopo del lavoro è verificare in che misura varietà di mais a diverso contenuto in acido linoleico sono in grado di determinare differenze a carico della composizione acidica del grasso di deposito e conseguentemente delle caratteristiche qualitative della carne fresca e del prosciutto stagionato; le carni dello stesso ciclo sperimentale di allevamento, saranno avviate alla produzione di culatelli, salami felino, coppe e pancette piacentine. Quindi si potranno evidenziare gli effetti del trattamento alimentare anche sullo stato di ossidazione del grasso di questi importanti prodotti di salumeria

La presenza di gruppi sperimentali in cui si utilizza l'olio di girasole ad alto contenuto di acido oleico e bassissimo di acido linoleico (e di varietà ad alto contenuto di acido palmitico), consente di valutare anche gli effetti di questa

fonte lipidica, sulla quale, le conoscenze per gli aspetti relativi alla qualità della carne fresca e dei prosciutti stagionati, sono assolutamente insufficienti.

9.2.2 MIGLIORAMENTO GENETICO DEL MAIS IN FUNZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARNE DEL SUINO PESANTE

Questa azione si propone di determinare il valore nutritivo di varietà di mais a diverso contenuto di estratto etereo e di acido linoleico attraverso un monitoraggio della composizione lipidica e del contenuto lipidico di diversi ibridi, attualmente disponibili sul mercato, di mais commerciali, precommerciali e linee genetiche pure. Poi si passa alla individuazione di materiale genetico di base, particolarmente favorevole per, infine, sviluppare materiali migliorati.

L'obiettivo è di mettere a disposizione degli allevatori ibridi che consentano di contenere a bassi livelli l'apporto di acido linoleico nella razione del suino pesante, pur mantenendo costante il valore nutritivo di quest'ultima attraverso l'individuazione di ibridi a basso contenuto di acido linoleico.

9.2.3 SVILUPPO DI SISTEMI RAPIDI DI VALUTAZIONE DEL CONTENUTO IN ACIDO LINOLEICO DEL MAIS TRAMITE TECNOLOGIA NIR

Sulla base delle informazioni raccolte nell'ambito del precedente obiettivo, sono stati messi a punto sistemi rapidi di valutazione del contenuto in estratto etereo (E.E.%) e dei principali acidi grassi ($C_{18:2}$ in particolare), costituenti la frazione lipidica del mais.

Questa azione si propone di mettere a disposizione della realtà produttiva del settore, un sistema rapido di valutazione, del contenuto in acido linoleico, in partite di mais di origine non conosciuta, in tempi compatibili con un immediato utilizzo.

9.2.4 EFFETTI DELL'INSILAMENTO SULLA COMPOSIZIONE ACIDICA DELLA GRANELLA DI MAIS

Questa azione si propone di studiare gli effetti dell'insilamento sulla composizione acidica della frazione lipidica della granella di mais. L'obiettivo di questa azione è di mettere a disposizione conoscenze, al fine di stimare correttamente il contenuto in acido linoleico della dieta per il suino pesante, basata sull'utilizzo del pastone di granella.

10. MATERIALI E METODI

10.1 FONTI LIPIDICHE VEGETALI PER IL SUINO PESANTE

Sono stati utilizzati 80 suini all'ingrasso dai 30 ai 160 kg di peso vivo, suddivisi secondo il seguente schema sperimentale in 4 piani alimentari:

- 1 **Controllo.** Mangime di formulazione tradizionale in cui il 55% della sostanza secca è rappresentato da una varietà di mais che si posiziona in la media con le varietà testate nel 2002 e 2003 dal punto di vista del contenuto in C18:2 sulla s.s. (E' stato determinato il valore nutritivo della varietà e calcolato il rapporto fra energia netta e lisina del mangime, l'acido linoleico sulla sostanza secca del mangime e quindi l'ingestione giornaliera di acido linoleico). E' stata scelta una varietà a contenuto intermedio sia per l'acido linoleico, sia per l'estratto etereo.
- 2 **Basso linoleico.** Mangime formulato utilizzando la medesima percentuale di mais, ma con la varietà a basso contenuto di acido linoleico sulla s.s. Si prenderà una varietà a basso contenuto di linoleico, sul totale degli acidi grassi, anche se con estratto etereo relativamente alto. In questo modo si otterrà il minimo apporto di ac. linoleico per unità di energia netta ingerita. E' stato calcolato il valore nutritivo della varietà, e il mangime è stato formulato in modo da ottenere lo stesso rapporto fra energia netta e lisina del mangime di controllo. E' stato calcolato l'ac. linoleico sulla sostanza secca del mangime e l'ingestione giornaliera di ac. linoleico.
- 3 **Alto linoleico.** Mangime formulato con i medesimi criteri del punto 2, ma cercando la varietà di mais a più alto contenuto di acido linoleico sul totale degli acidi grassi, in modo tale da avere il massimo apporto di acido linoleico per unità di energia netta ingerita.
- 4 **Olio di girasole alto oleico.** E' stato usato come base, il mangime di controllo togliendo il 3% di crusca e aggiungendo il 3% di olio di girasole

alto oleico. Mantenendo il rapporto fra energia netta e lisina del controllo è stata somministrata una razione isoenergetica ed isolisिनica rispetto al controllo. In questo modo l'ingestione giornaliera di ac. linoleico dovrebbe essere stata la minore tra le diete.

Per questo ciclo di prova, è in corso di completamento la stagionatura dei prosciutti, cui seguirà l'analisi delle caratteristiche qualitative dei prodotti stagionati.

Mangimi

La prima fase della ricerca è stata relativa al reperimento dei tre lotti di mais idonei a produrre i tre diversi tipi di mangime programmati.

Sulla base di una serie di analisi condotte negli anni 2003 e 2004, nell'ambito di un programma di ricerca svolto in collaborazione con l'Associazione Regionale Allevatori della Lombardia e finanziato dalla Regione Lombardia, sono stati prescelti tre gruppi di ibridi che erano risultati avere un contenuto in acido linoleico sulla sostanza secca, notevolmente diverso. Si è preferito utilizzare una miscela di sementi anziché un solo ibrido, per avere minori rischi di fallanze produttive o qualitative nel caso di condizioni ambientali non idonee. I tre lotti di mais sono stati coltivati presso l'az. Beccastecca (CRA Sez. Operativa di Modena), raccolti, essiccati fino ad un'umidità del 13-14%, e stoccati nel mangimificio aziendale.

Nelle analisi citate in precedenza è risultato che fra i due fattori quello a maggiore variabilità è il contenuto in estratto etero, mentre solo pochissimi campioni (appartenenti fra l'altro a linee pure e non a ibridi commerciali) avevano un basso contenuto di acido linoleico sul totale degli acidi grassi.

Animali

Per l'espletamento della prova sono stati utilizzati 80 suini meticcii Duroc x Large White, metà maschi castrati e metà femmine intere suddivisi per peso, età e nidiata di provenienza, in 4 tesi sperimentali, ognuna della quali era

costituita da 2 ripetizioni di maschi e due ripetizioni di femmine (5 animali per cella minima).

Gli animali sono stati pesati individualmente all'inizio della sperimentazione, ogni 28 giorni ed alla fine della sperimentazione (dopo 153 giorni di prova) programmata, al peso di circa 165 kg.

Le razioni sono state somministrate due volte al giorno in forma liquida con rapporto acqua mangime di 2:1; gli animali avevano comunque a disposizione acqua da un abbeveratoio. E' stato utilizzato un razionamento "ad appetito", somministrando cioè, tanto mangime quanto gli animali riuscivano ad ingerirne, in due pasti giornalieri di circa 30' ciascuno. Le razioni erano aumentate settimanalmente regolando l'aumento, sull'appetito del box più lento a terminare la razione. In questo modo è stato possibile evitare che gli animali lasciassero residui in mangiatoia. Il livello massimo di ingestione raggiunto è stato di 3,4 kg/capo/giorno per un totale di 6,5 giorni la settimana (domenica pomeriggio esclusa).

Macellazione

In sede di macellazione le carcasse sono state pesate a caldo e classificate per il tenore in carne magra secondo la griglia EUROP mediante F.O.M., utilizzando l' equazione di stima come da decisione Ce 2001/468:

$$Y = 45,371951 - 0,221432X1 + 0,055939X2 + 2,554674X3$$

dove:

Y = percentuale di carne magra stimata;

X1 = spessore del grasso dorsale (inclusa la cotenna) in millimetri, misurata a 8 centimetri dalla linea mediana della carcassa ad un livello posto tra la terza e la quartultima costa;

X2 = spessore del muscolo Longissimus dorsi misurato allo stesso tempo e nella stessa posizione di X1;

X3 = X2/X1.

L'equazione è valida per un intervallo di peso delle carcasse tra 110,1 e 155 kg.

Successivamente le carcasse sono state sezionate e sono stati rilevati i peso di : cosce, spalle, lombate secondo il taglio Bologna, coppe disossate, pancettoni, coppe rifilate.

Inoltre sulle cosce sinistre è stato rilevato, a 45' dalla macellazione il pH dei muscoli Semimembranoso e Bicipite femorale.

A 24 ore di distanza un prosciutto per ogni suino è stato pesato a freddo per calcolare il calo di raffreddamento, è stato rifilato e sono stati rilevati i seguenti parametri: peso rifilato, parametri morfologici della coscia (lunghezza, spessore massimo, circonferenza massima), spessore del tessuto adiposo in corrispondenza della testa del femore (cosiddetto sottonoce), pH dei muscoli Semimembranoso e Bicipite femorale, colore del muscolo semimembranoso e del tessuto adiposo di copertura della coscia con colorimetro Minolta CR-200 con illuminante D65. Per ogni parametro del colore e per ogni coscia il valore individuale è dato dalla media di tre misurazioni.

Per ogni coscia, è stato prelevato un campione di grasso, a tutto spessore, nel punto di stacco della coscia medesima ed un campione di muscolo Gluteo medio, al fine di determinare la composizione acidica del grasso di copertura e del grasso intramuscolare.

I campioni sono stati immediatamente congelati in attesa di sottoporli alle analisi programmate.

Successivamente un prosciutto per ogni suino è stato avviato alla stagionatura in uno stabilimento aderente al Consorzio del Prosciutto di Parma.

Nel corso della stagionatura, tuttora in corso, sono stati rilevati i cali di peso a fine sale, a fine riposo ed alla sugnatura (7 mesi). Contestualmente le caratteristiche dei prosciutti sono state valutate da un esperto dell'Istituto Parma Qualità.

Analisi statistica

I risultati ottenuti sono stati analizzati tramite l'analisi della varianza con la procedura GLM di SAS versione 8.2 per Windows, secondo il seguente modello:

$$y_{ijk} = M + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

dove y_{ijk} = dipendente variabile osservata sul kmo soggetto del ijmo sottogruppo; M = media generale; A_i = sesso ($i = 1,2$); B_j = alimentazione ($j = 1, \dots, 4$); $(AB)_{ij}$ = interazione sesso x alimentazione; E_{ijk} = errore sperimentale.

Le variabili che differivano per $P \leq 0.01$ e $P \leq 0,05$ sono state testate con il test di Bonferroni rispettivamente con $\alpha = 0.01$ e $\alpha = 0.05$.

Le medie sono state calcolate attraverso LSMEANS della procedura GLM.

10.2 MIGLIORAMENTO GENETICO DEL MAIS IN FUNZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARNE DEL SUINO PESANTE

Nell'ambito di questo obiettivo, presso i laboratori del DIMORFIPA sono stati analizzati una serie di ibridi commerciali e linee pure, provenienti dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Bergamo (ISC), per la determinazione del valore nutritivo e classificazione; inoltre, parte di questi campioni e altri successivi ricevuti dall'ISC, sono serviti per la messa a punto della calibrazione NIR.

Sono state analizzate due serie di campioni raccolti nell'anno 2004.

Complessivamente sono stati analizzati: 131 campioni di ibridi commerciali coltivati a Bergamo (tab. 1 e 2) o Luignano (tab. 3 e 4), 17

campioni appartenenti a linee pure o loro incroci (tab.5), 35 campioni appartenenti a 5 ibridi commerciali coltivati in 5 località (tab. 6).

Queste analisi, oltre a consentire la caratterizzazione ed il posizionamento dei materiali commerciali, hanno anche consentito di giungere ad un primo risultato, relativo all'effetto delle condizioni ambientali sul contenuto in estratto etereo e quindi in acido linoleico del mais.

Ciò è stato possibile confrontando i risultati delle tre campagne di analisi successive condotte. Con i dati ottenuti in una precedente campagna di analisi finanziata dalla Regione Lombardia nell'ambito dell'attività del SATA, è stato inoltre possibile valutare l'effetto dell'annualità di coltivazione.

10.3 SVILUPPO DI SISTEMI RAPIDI DI VALUTAZIONE DEL CONTENUTO IN ACIDO LINOLEICO DEL MAIS TRAMITE TECNOLOGIA NIR

Consiste praticamente in quattro punti, tre dei quali sono stati portati a compimento:

a) Acquisizione degli spettri

Su tutti i campioni di farina di mais, provenienti dall'ISC, sono stati acquisiti gli spettri.

b) Sviluppo delle equazioni di calibrazione

Una volta acquisito un numero sufficiente di spettri e di corrispondenti analisi effettuate per via umida, saranno sviluppate le possibili equazioni per la curva di calibrazione.

c) Validazione

Di solito, un set di campioni viene utilizzato per la validazione delle curva di taratura. Nel nostro caso è stata sfruttata una validazione incrociata.

d) Ring test

Nel gruppo di lavoro sono disponibili più strumentazioni NIRS idonee a questo tipo di determinazioni; ciò permetterà l'esecuzione di un'ulteriore validazione e della validazione della robustezza e della trasferibilità della calibrazione

Per lo scopo sono stati utilizzati 543 campioni di granella di mais; si tratta prevalentemente di ibridi commerciali coltivati in diverse aree geografiche, in annate successive (2004-2005), ma anche di linee genetiche pure, il tutto fornito dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Bergamo.

I campioni sono stati tutti preliminarmente macinati con molino Cyclotec, dotato di griglia da 1 mm, per l'acquisizione degli spettri e per la determinazione dei seguenti parametri chimici:

- ♦ Sostanza secca (S.S.) su 335 campioni, determinata essiccando in stufa ventilata a 60-65°C fino a peso costante;
- ♦ Estratto etereo (E.E.%), su 335 campioni determinato in doppio tramite estrattore Soxtec con etere di petrolio (AOAC 2003.05);
- ♦ Su tutti i 543 campioni è stata determinata la composizione in acidi grassi della frazione lipidica con tecnica di gas-cromatografia capillare;
- ♦ La percentuale di acido linoleico sulla sostanza secca ($C_{18:2}$ S.S.) è stata calcolata sulla base del contenuto lipidico totale (contenuto percentuale di $C_{18:2}$ sul totale degli acidi grassi, moltiplicato per il contenuto percentuale di estratto etereo).
- ♦ I 543 campioni sono stati poi letti utilizzando moduli a tazzine tonde acquisendo gli spettri tra 400 e 2498 nm e registrando gli assorbimenti ogni 2 nm, utilizzando un Foss NIRSystem 6500;
- ♦ Gli spettri sono stati registrati come $\log 1/R$ mediando 25 scansioni del campione dopo 16 scansioni del riferimento interno;
- ♦ Per l'acquisizione dei dati spettrali e per lo sviluppo della calibrazione è stato usato il software WinISI II V. 1.5;
- ♦ I trattamenti matematici a cui sono stati sottoposti gli spettri, includono lo scatter correction (standard normal variate e detrending), derivata prima con gaps e smoothing ogni 4 data point. La calibrazione è stata ottenuta utilizzando il sistema MPLS (Modified Partial Least Square).

La validazione della calibrazione è stata effettuata tramite metodo interno (cross-validation): questo metodo consiste nel costruire il modello, utilizzando tutti i campioni che vengono divisi in quattro gruppi, utilizzandone, come vedremo, tre per la predizione del quarto; a questo punto il gruppo di campioni lasciato fuori (che risulta quindi indipendente dal data-set) viene utilizzato in predizione per calcolare le differenze tra il valore vero e quello predetto di ciascun campione oggetto di predizione. Al termine del test, il gruppo estratto, viene reintrodotta nel data-set e ne viene estratto un altro, che viene sottoposto alla stessa procedura del precedente, e così via per tutti i campioni. Tramite questa procedura è stato possibile calcolare l'errore quadratico medio di cross-validazione (SECV: Square Error of Cross Validation).

10.4 EFFETTI DELL'INSILAMENTO SULLA COMPOSIZIONE ACIDICA DELLA GRANELLA DI MAIS

Sulla base di performance produttiva, diversità genetica, grado di diffusione e contenuto in acido linoleico, sulla sostanza secca totale, sono stati scelti 12 ibridi per la semina dei parcelloni destinati a fornire la granella verde destinata all'insilamento.

Il programma prevedeva l'insilamento di 10 ibridi, ma si è ritenuto opportuno disporre di una più ampia gamma di ibridi per eliminare quelli che eventualmente manifestassero irregolarità nella crescita e nella maturazione.

Il 10/09/04 la granella è stata trebbiata e macinata in partite separate, ma con un unico molino, al fine di garantire l'omogeneità della macinazione e la sostanza secca della granella verde (tab. 27) è risultata mediamente del 71,1%, in accordo con quanto previsto nel piano sperimentale. Come da programma, per ogni ibrido, in contenitori cilindrici in PVC in grado di contenere circa 80 kg di prodotto, sono stati preparati tre sili (tre replicati per ogni ibrido); sono stati poi

posti in un ambiente chiuso e buio al fine di evitare bruschi sbalzi di temperature ed eventuali effetti della luce. Contestualmente per ogni minisilo è stato raccolto un campione di farina umida.

Sui campioni (complessivamente 11 campioni all'insilamento e 33 campioni per ogni tempo di prelievo successivo) sono stati determinati il pH, la sostanza secca, l'acido lattico, l'azoto ammoniacale e la composizione acidica della frazione lipidica; per i campioni prelevati a 2, 7 e 12 mesi dall'insilamento, sono stati determinati anche gli acidi grassi volatili.

I risultati analitici medi relativi alla qualità dell'insilato sono riportati in tab. 28, mentre nelle tabelle successive sono riportati i dati relativi ai singoli ibridi.

L'analisi dei campioni, oltre che per le determinazioni già descritte, prevedono:

- pH in soluzione al 50% con acqua distillata;
- acidi grassi volatili e acido lattico per via gascromatografica;
- azoto ammoniacale per via enzimatica.

I dati ottenuti sono stati poi sottoposti alle appropriate analisi statistiche.

10.5 METODICHE

Oltre le metodiche già descritte, si riportano le altre relative all'analisi delle razioni e delle carni.

Sui mangimi completi sono stati condotte le analisi di cartellino, dell'amido e l'analisi della composizione in acidi grassi della frazione lipidica.

Per la determinazione di sostanza secca, protidi grezzi, estratto etereo, fibra greggia e ceneri sono state utilizzate le metodiche suggerite dall'ASPA (Martilloti et al., 1987 – Metodi di analisi per la valutazione degli alimenti d'impiego zootecnico – CNR – IPRA – Quaderni metodologici n. 8), per la determinazione dell'amido la metodica interna SOP – ZNA 021 (met.

Spettrofotometrico-Enzimatico), l'analisi della composizione in acidi grassi della frazione lipidica è stata eseguita secondo il procedimento C della Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee del 5 settembre 1991, L 248, relativo alla preparazione degli esteri metilici.

Determinazione degli acidi grassi volatili e acido lattico per via gascromatografica

Scopo della presente istruzione operativa è la preparazione dei campioni per la separazione gas-cromatografica su colonna impaccata di acidi grassi volatili (AGV), estratti da liquidi biologici e da insilati secondo il riferimento:

“ GC Separation of VFA C2 – C5 “ Supelco, GC Bulletin, 749F, 1975.

Materiali ed apparecchiature da utilizzare

- Gascromatografo CEinstruments GC 8000 Top Fisons con autocampionatore ThermoQuest AS 2000 dotato di software di gestione.
- Colonna in vetro impaccata, Supelco 80/120, CARBOPACK B-DA/4% CARBOWAX 20M, lunghezza 2m, diametro esterno 6mm, diametro interno 2mm.
- Microsiringa per gascromatografia da 10 µl, con ago cementato.

Reagenti

Tutti i reagenti utilizzati per il condizionamento della colonna, per la preparazione dello standard interno ed esterno, devono essere di purezza analitica espressa di seguito. L'acqua che viene usata deve essere acqua deionizzata.

Condizioni operative

- temperatura della colonna: temperatura iniziale 140°C, temperatura finale di 175°C, isoterma di 26 min a 175°C;
- temperatura dell'iniettore: 250 °C;
- temperatura del rivelatore FID: 250 °C;
- pressione del gas di trasporto: azoto 200 Kpa;

- flusso dei gas del rivelatore : idrogeno 35 ml/min, aria 350 ml/min;
- quantità di sostanza iniettata: 2 µl di soluzione di AGV.

Esecuzione dell'analisi: preparazione dello standard interno

In un pallone tarato da 100 ml pesare:

15,11 ml di acido formico

1,13 g di acido ossalico

0,3 g di acido pivalico

0,1 ml di alcool etilico

portare a volume con H₂O

Preparazione dei campioni

Liquidi biologici (ruminanti, ciecali, da fermentazioni in vitro): vengono prelevati, centrifugati ed immediatamente congelati fino alla determinazione analitica senza quindi aggiunta di conservanti o antifermentativi (è possibile in ogni caso aggiungere piccole quantità di acido metafosforico o calomelano, nel qual caso bisogna tenere in considerazione l'effetto diluizione nei calcoli finali).

Insilati: pesare 50 g di campione in un sacchetto aggiungere 50 ml di acido solforico 0,1 N, omogeneizzare per 3 minuti in apparecchio Stomacher, filtrare su filtro veloce.

I campioni e lo standard esterno da iniettare vengono preparati diluendo due parti di campione, o standard esterno, con una parte di soluzione di standard interno.

Identificazione dei picchi

L'identificazione dei singoli picchi viene effettuata in base ai tempi di ritenzione e per confronto con una miscela di AGV e di acido lattico utilizzata come

standard esterno, preparata come di seguito, analizzata nelle medesime condizioni dei campioni da sottoporre ad analisi.

Espressione dei risultati.

Si riportano i contenuti dei singoli AGV e dell'acido lattico espressi come concentrazione (p/v o molare) o come percentuale molare.

Le determinazioni dell'umidità e dei lipidi greggi del muscolo fresco e dell'umidità e delle proteine gregge della porzione magra del prosciutto stagionato sono state effettuate secondo le metodiche tradizionali suggerite da Martillotti et al.,1987.

Numero Di Iodio – Metodo di Hanus

Preparazione del campione di prova.

Prelevare una quantità rappresentativa di grasso, se presente, togliere la cotenna ed utilizzare lo strato di grasso immediatamente sotto. Omogeneizzare con un tritacarne.

Procedimento

- Aggiungere a 10 g di campione tritato 1 cucchiaino circa di sodio solfato anidro e mettere in fusione a 102 °C per circa 20min; filtrare su filtro sottile e utilizzare il grasso fuso così ottenuto; il grasso dopo fusione deve essere limpido.
- Pesare circa 0,5g di filtrato (prendere nota del peso fino alla quarta cifra decimale) in beuta con tappo;
- aggiungere 10 ml di tetracloruro di carbonio, 25 ml esatti di soluzione di monobromuro di iodio 0,1 M (sciolto in acido acetico glaciale), tappare, agitare delicatamente e lasciare al buio per 15 min;
- aggiungere 100 ml di acqua e 25 ml di Ioduro di potassio al 10%;

- titolare con con tiosolfato di sodio 0,1 N usando come indicatore la salda d'amido (soluz. all'1% in acqua);
- ripetere una prova in bianco.

Il numero di iodio è espresso come grammi di iodio fissati da 100g di grasso fuso anidro.

Determinazione della percentuale di acido linoleico

L'analisi del contenuto percentuale in acido linoleico, sul totale degli acidi grassi, viene eseguita seguendo il procedimento C, della Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee del 5 settembre 1991, L 248, relativo alla preparazione degli esteri metilici.

Reattivi

- (1) Soluzione di acido cloridrico in metanolo al 2%. Si prepara facendo gorgogliare acido cloridrico gassoso in metanolo anidro.
- (2) Esano per cromatografia.

Preparazione degli esteri metilici degli acidi grassi

Si introducono in provetta di vetro 0.2 g di sostanza grassa e 2 ml di soluzione di acido cloridrico-metanolo. Si tappa e si pone la provetta in bagno a 100°C per 40 minuti. Si raffredda e si aggiungono 2 ml di acqua distillata e 1 ml di esano. Si centrifuga e si preleva la fase esanica che è pronta per l'analisi gascromatografica.

Analisi gascromatografica degli esteri metilici degli acidi grassi

Si utilizza una comune apparecchiatura per gascromatografia, facendo uso di una colonna capillare e di un rivelatore a ionizzazione di fiamma.

L'analisi gascromatografica è stata eseguita su gascromatografo HRGC MEGA2 series equipaggiato di colonna Supelco SP2330 (30 mt x 0,25mm i.d.).

La temperatura iniziale della colonna era di 140°C con incremento di 5°C/min. fino a 210°C; temperatura dell'iniettore e del rivelatore (FID) 250°C. La pressione del gas di trasporto (Elio) era di 150 kPa ed è stato iniettato 1 microlitro di campione con un rapporto di splittaggio di 1:100.

I singoli acidi grassi sono espressi come percentuale del totale degli acidi grassi.

Il contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca è calcolato con la seguente formula: (estratto etereo sulla sostanza secca x percentuale di acido linoleico sul totale degli acidi grassi) /100

L'identificazione degli esteri metilici presenti in miscela si ottiene per confronto dei tempi di ritenzione con standard noti.

Potranno essere impiegate condizione cromatografiche diverse da quelle indicate (colonna e impostazione dello strumento) documentando la capacità delle condizioni cromatografiche scelte di determinare correttamente la composizione percentuale di miscele di acidi grassi standard a composizione percentuale nota.

La composizione della miscela di esteri metilici viene determinata con il metodo di normalizzazione interno (si assume che la totalità dei componenti del campione siano rappresentati sul cromatogramma in modo che il totale delle aree sotto i picchi costituisca il 100% dei costituenti), utilizzando fattori di correzione che convertono le percentuali delle aree e dei picchi in percentuale in peso dei componenti (i fattori di correzione si determinano con l'ausilio di un cromatogramma derivato dall'analisi di una miscela di riferimento di esteri metilici di composizione nota, effettuata in condizioni operative identiche a quelle del campione). Le espressioni di calcolo da utilizzare per il calcolo dei fattori di correzione sono comprese nel metodo di riferimento.

Colore

Per la misura del colore del muscolo e del grasso di copertura è stato utilizzato uno spettrofotometro di riflettanza (Minolta CR-500d; illuminante D65 e angolo dell'osservatore = 10°).

Su una sezione di muscolo (misura parallela alle fibre) e su una sezione di grasso di copertura, sono stati misurati gli indici colorimetrici CIE L*, a*, b*, croma e tinta e se ne registra la variazione per esposizione all'aria a 4°C.

Grasso Intramuscolare

Preparazione del campione

Prelevare una quantità adeguata e rappresentativa di muscolo semimembranoso, togliere il grasso esterno e il tessuto connettivo, omogeneizzare con tritacarne.

Procedimento

- Pesare, con la precisione di 0,1 g in capsula di porcellana, in cui è stato messo uno strato di solfato di sodio anidro, 10 g di campione finemente omogeneizzato e ricoprire con solfato di sodio anidro);
 - porre la capsula contenente il campione in stufa a 103 ± 2 °C per 18-19 ore, quindi estrarla, porla in essiccatore e lasciarla raffreddare;
 - tritare finemente il contenuto della capsula in mortaio e travasare quantitativamente nel ditale estrattore; pulire bene la capsula, il mortaio, il pestello con cotone un poco imbevuto di etere e aggiungere anche questo nel ditale, quindi ricoprire bene il tutto con cotone;
- mettere il ditale così preparato nell'estrattore Soxhlet, ricoprirlo di etere ed estrarre a bagnomaria per 6 h (oppure se si usano estrattori a solventi rispettare procedure e tempi previsti per l'apparecchiatura); raccogliere l'etere in pallone (o appositi contenitori) precedentemente portato a peso costante;

- togliere il ditale dall'estrattore, svaporare dal pallone tutto l'etere quindi mettere il pallone in stufa a 103 °C. per circa 1 h ;
 - raffreddare in essiccatore il pallone e pesare sulla bilancia analitica.
- Il grasso intramuscolare si esprime come g/100g di muscolo.

11. RISULTATI E DISCUSSIONE

11.1 FONTI LIPIDICHE VEGETALI PER IL SUINO PESANTE

Mangimi

Le analisi dei tre pools di mais sono riportate in tabella 10; esse risultano in linea con quanto atteso in fase di impostazione.

In tabella 11 è riportata la composizione acidica dell'estratto etereo del mais dei singoli lotti e la composizione acidica dell'olio di girasole utilizzato nella quarta tesi sperimentale.

In tabella 12 è riportata la formulazione dei mangimi utilizzati; essi sono stati formulati in modo da essere isoenergetici ed isolisnici e sono stati somministrati con il medesimo razionamento.

Tutte le analisi sono state eseguite almeno in duplicato.

Tabella 10. Caratteristiche compositive del mais utilizzato. (dati espressi sulla sostanza secca)

	Sostanza Secca	Protidi Grezzi	Lipidi Grezzi	C18:2 sul totale degli acidi grassi	C 18:2 sulla sostanza secca	Ceneri	Amido
	%	%	%	%	%	%	%
Lotto 1	90,93	9,09	3,02	59,08	1,78	1,07	69,66
Lotto 2	90,55	9,17	4,12	59,10	2,43	1,15	69,00
Lotto 3	90,70	9,40	4,60	60,03	2,76	1,09	65,21

Lotto 1 = basso linoleico

Lotto 2 = medio linoleico

Lotto 3 = alto linoleico

Tabella 11. Composizione percentuale in acidi grassi dei tre lotti di mais e dell'olio di girasole.

	C16:0	C18:0	C18:1n9	C18:2n6	C18:3n3
--	-------	-------	---------	---------	---------

Mais lotto 1	14,53	1,57	23,09	59,08	1,43
Mais lotto 2	14,09	1,58	23,51	59,1	1,45
Mais lotto 3	15,57	1,76	20,58	60,04	1,67
Olio di girasole	4,15	3,41	86,71	3,27	0,06

Tabella 12. Analisi dei mangimi completi utilizzati nella prova. (dati espressi sulla S.S.)

PERIODO	TESI	S.S. %	PG % ss	EE % ss	FG % ss	Cen % ss	Amido % ss
da 50 a 90 kg	basso	88.00	17.11	2.74	4.53	5.27	53.59
da 50 a 90 kg	medio	87.46	17.30	3.27	4.93	5.33	53.10
da 50 a 90 kg	alto	87.54	17.57	3.81	4.60	5.27	49.55
da 50 a 90 kg	girasole	87.86	17.97	5.06	5.90	5.17	48.35
da 90 a 120 kg	basso	90.70	16.20	2.57	4.17	3.65	51.54
da 90 a 120 kg	medio	89.96	16.85	3.05	4.22	5.31	50.82
da 90 a 120 kg	alto	89.45	17.09	3.58	4.81	5.34	51.11
da 90 a 120 kg	girasole	89.26	17.19	4.90	5.64	5.23	47.39
da 120 a 160 kg	basso	88.54	16.09	2.65	4.50	5.07	53.47
da 120 a 160 kg	medio	88.03	16.82	3.28	4.51	5.16	54.60
da 120 a 160 kg	alto	88.04	16.86	3.49	4.88	4.70	53.57
da 120 a 160 kg	girasole	88.62	17.14	5.01	5.57	5.21	50.17

Tabella13. Composizione percentuale in acidi grassi e contenuto in acido linoleico calcolato dei mangimi completi utilizzati nella prova.

PERIODO	TESI	Ac. Linoleico % ss	C16:0	C18:0	C18:1n9	C18:2n6	C18:3n3	C20:1
da 50 a 90 kg	basso	1.60	14.29	2.01	21.85	58.38	3.22	0.25
da 50 a 90 kg	medio	1.93	13.57	1.89	22.37	59.00	2.90	0.27
da 50 a 90 kg	alto	2.26	13.22	2.01	22.64	59.22	2.66	0.25
da 50 a 90 kg	girasole	1.59	9.91	2.81	53.55	31.39	2.05	0.29
da 90 a 120 kg	basso	1.48	14.65	2.04	22.60	57.41	3.01	0.29
da 90 a 120 kg	medio	1.77	14.07	1.95	22.97	58.09	2.67	0.25
da 90 a 120 kg	alto	2.11	13.85	2.02	22.27	59.08	2.52	0.26
da 90 a 120 kg	girasole	1.53	10.00	2.73	53.83	31.21	1.97	0.26
da 120 a 160 kg	basso	1.56	14.02	1.94	22.06	58.70	2.98	0.30
da 120 a 160 kg	medio	1.85	19.55	2.24	17.51	56.52	4.01	0.16
da 120 a 160 kg	alto	2.08	13.26	2.00	22.22	59.73	2.55	0.23
da 120 a 160 kg	girasole	1.57	9.74	2.77	53.96	31.33	1.93	0.27

Tabella 14 Formulazione dei mangimi utilizzati

periodo		da 50 a 90 kg di p.v.				da 90 a 120 kg di p.v.				da 120 a 160 kg di p.v.			
mais utilizzato		lotto 1	lotto 2	lotto 3	lotto 2 +olio di girasole	lotto 1	lotto 2	lotto 3	lotto 2 +olio di girasole	lotto 1	lotto 2	lotto 3	lotto 2 +olio di girasole
mais	%	52,00	52,00	52,00	26,98	53,00	53,00	53,00	27,98	55,00	55,00	55,00	29,81
orzo	“	22,15	19,15	18,45	40,00	22,25	19,75	18,25	40,00	21,80	19,30	17,80	40,00
crusca	“	5,00	8	9	10,00	5,00	7,50	9,00	10,00	5,00	7,50	9,00	10,00
soia	“	17,5	17,5	17,2	17,20	16,50	16,50	16,50	16,30	15,00	15,00	15,00	14,50
l-lisina	“	0,20	0,2	0,2	0,17	0,15	0,15	0,15	0,12	0,10	0,10	0,10	0,09
dl-metionina	“	0,05	0,05	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
olio di girasole	“	-	-	-	2,50	-	-	-	2,50	-	-	-	2,50
int. minerale e vitaminica	“	3,10	3,1	3,1	3,10	3,1	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Valori calcolati													
Energia digeribile	Mcal/kg	3,22	3,22	3,22	3,22	3,21	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Lisina	g/kg	8,63	8,69	8,66	8,68	7,99	8,04	8,07	8,06	7,23	7,28	7,31	7,39
Lisina/E.D.	g/Mcal.	2,68	2,70	2,69	2,69	2,48	2,50	2,50	2,51	2,24	2,26	2,27	2,29
Energia Netta	Mcal/kg.	2,34	2,33	2,34	2,34	2,34	2,35	2,34	2,34	2,36	2,36	2,36	2,36
Lisina/IE.N.	g/Mcal.	3,70	3,72	3,69	3,71	3,41	3,43	3,45	3,44	3,07	3,09	3,10	3,14

Rilievi alla macellazione

I risultati di macellazione sono riportati in tabella 16. Nessuno dei parametri di macellazione ha mostrato differenze significative; in particolare la percentuale di carne magra rientra per tutte le tesi nella classe R, la classe centrale della griglia EUROP, che è la più rappresentativa per il suino pesante.

Le rese dei singoli tagli, calcolate sul peso a caldo della carcassa, non differiscono fra le tesi.

Nella tabella 17 sono riportate le caratteristiche morfologiche dei prosciutti e i cali di peso agli stadi di lavorazione raggiunti. Per nessuno di questi parametri sono state rilevate differenze significative.

Del pari nessuna differenza è stata rilevata per quanto riguarda il pH muscolare e il colore del muscolo semimembranoso e del tessuto adiposo misurati in sede di rifilatura.

E' dunque stato raggiunto il primo obiettivo della ricerca e cioè quello di ottenere animali con uguali caratteristiche di accrescimento e di carcassa, condizione necessaria per trarre più precise inferenze dall'analisi statistica dei risultati dell'analisi chimica delle carni e dei grassi.

Nella tabella 19 sono riportati la composizione acidica ed il n. di Iodio del tessuto adiposo di copertura della coscia.

Il diverso contenuto in acido linoleico dei mais utilizzati ha determinato una significativa differenza di contenuto in acido linoleico del grasso sottocutaneo.

Infatti il mangime a basso contenuto di acido linoleico (attorno all'1,55% come media dei tre periodi) mostra una percentuale di acido linoleico del lardo del 13,5%, quello a medio contenuto (attorno all'1,85% come media dei tre periodi) una percentuale del 15,65% e quello ad alto contenuto (attorno al 2,15% come media dei tre periodi) una percentuale del 17,45%.

L'aumento dell'acido linoleico ha determinato un calo significativo solamente per l'acido oleico che risulta significativamente diverso fra la tesi basso linoleico e la tesi alto linoleico; esaminando però il totale degli acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi appare evidente che tutti tre risultano significativamente diversi fra le due tesi.

Diverso è invece il comportamento della tesi contenente olio di girasole ad alto contenuto di acido oleico. In questo caso, agendo in fase di formulazione sul rapporto mais/orzo a parità di energia del mangime, l'apporto di acido linoleico con il mangime è risultato esattamente sovrapponibile (circa l'1,55%) a quello della tesi basso linoleico e di conseguenza uguale risulta il contenuto in acido linoleico del grasso di deposito, ma l'aumento di oltre 5 punti percentuali di acido oleico si riflette completamente sul contenuto in acido grassi saturi. Questo spiega anche la notevole differenza del valore del n. di Iodio fra le due tesi (mais basso linoleico vs olio di girasole), pure a parità di contenuto in acido linoleico. Questo aspetto è estremamente importante in quanto, pur a parità di contenuto in acido linoleico, il grasso delle cosce dei due gruppi potrebbe avere diverse caratteristiche di consistenza e di attitudine alla stagionatura proprio in funzione del diverso rapporto fra acidi grassi saturi e monoinsaturi.

Questa verifica è in corso con le valutazioni soggettive operate da un esperto dell'Istituto Parma Qualità in fasi successive della stagionatura e i dati relativi saranno elaborati una volta disponibili nella loro completezza a fine stagionatura. Nella tabella 20 è riportata la composizione acidica del grasso intramuscolare. In questo caso fra le tre tesi contenenti diversi mais non si registrano differenze per il contenuto in acido linoleico, mentre più bassa ne è la percentuale nella tesi olio di girasole; in quest'ultima il contenuto di acido oleico è il più alto anche se non raggiunge la soglia della significatività statistica ($P=0,0599$) e il contenuto di acidi grassi saturi è il più basso e significativamente diverso da tutti tre i gruppi a base mais. Questo aspetto merita di essere ulteriormente approfondito in quanto un aumento degli acidi grassi monoinsaturi

ed una riduzione dei saturi viene considerato positivamente dal punto di vista delle caratteristiche dietetiche per il consumatore.

Tab 15 Risultati in vita (nessuna differenza è risultata significativa all'analisi statistica)

		Tesi 1	Tesi 2	Tesi 3	Tesi 4
		Mais basso linoleico	Mais medio linoleico	Mais alto linoleico	Olio di girasole
Peso vivo medio iniziale	kg	48,7	48,7	48,7	48,7
Peso vivo medio finale	kg	169,1	166,8	169,9	168,7
Accrescimento medio giornaliero	g	782	767	787	779
Indice di conversione alimenti		3,41	3,48	3,39	3,42

Tab 16 Risultati di macellazione e sezionatura (nessuna differenza è risultata significativa all'analisi statistica)

		Tesi 1	Tesi 2	Tesi 3	Tesi 4
		Mais basso linoleico	Mais medio linoleico	Mais alto linoleico	Olio di girasole
Peso della carcassa a caldo(*)	kg	144,9	143,5	145,7	144,2
Resa Lorda	%	85,7	85,7	85,5	85,5
Percentuale di carne magra	%	47,5	46,3	46,7	45,4
Peso prosciutti	kg	36,0	35,8	36,2	36,1
Resa prosciutti (**)	%	24,8	24,9	24,9	25,1
Peso spalle	kg	20,2	19,7	20,1	19,7
Resa spalle (**)	%	14,0	13,7	13,8	13,7
Peso lombi taglio Bologna	kg	15,6	15,3	15,5	15,3
Resa lombi	%	10,8	10,6	10,6	10,6
Peso coppe rifilate	kg	5,5	5,4	5,5	5,5
Resa coppe rifilate (**)	%	3,8	3,8	3,8	3,8
Peso pancette	kg	16,6	16,4	16,5	16,7
Resa pancette(**)	%	11,5	11,4	11,3	11,5

(*) peso a caldo comprensivo di diaframma, reni e sugna

(**) sul peso della carcassa a caldo

Tab 17 Caratteristiche ponderali e morfologiche dei prosciutti (nessuna differenza è risultata significativa all'analisi statistica)

		Tesi 1	Tesi 2	Tesi 3	Tesi 4
		Mais basso linoleico	Mais medio linoleico	Mais alto linoleico	Olio di girasole
Peso a freddo coscia sinistra	kg	17,9	17,8	17,9	18,0
Calo di raffreddamento	%	1,05	1,09	1,07	1,09
Peso rifilato	kg	14,3	14,1	14,2	14,2
Calo di rifilatura	%	20,1	20,3	20,4	20,8
Peso uscita sale	kg	13,8	13,6	13,7	13,7
Calo di salatura	%	3,6	3,6	3,6	3,6
Peso a fine riposo	kg	11,7	11,6	11,6	11,7
Calo a fine riposo	%	18,1	18,0	18,3	17,7
Peso alla sugnatura (7 mesi)	kg	10,7	10,7	10,7	10,8
Calo alla sugnatura	%	24,8	24,7	25,0	24,2
Misure morfologiche					
Lunghezza	cm	51,1	50,6	51,0	51,0
Spessore	cm	19,4	19,1	19,1	19,1
Circonferenza	cm	102,4	101,2	101,7	101,5
Spessore grasso sottouoce	cm	2,8	3,0	2,6	2,8

Tabella 18. pH e colore dei muscoli e del grasso sottocutaneo (nessuna differenza è risultata significativa all'analisi statistica).

	Tesi 1	Tesi 2	Tesi 3	Tesi 4
	Mais basso linoleico	Mais medio linoleico	Mais alto linoleico	Olio di girasole
Semimembranoso				
pH1	6,02	5,95	6,24	6,13
pHu	5,70	5,70	5,70	5,69
Colore				
L	48,6	49,9	46,3	47,9
a*	9,3	9,1	8,2	9,2
b*	3,6	3,8	3,2	3,5
Bicipite femorale				
pH1	6,21	6,08	6,28	6,23
pHu	5,73	5,71	5,68	5,69
Tessuto adiposo sottocutaneo				
L	78,7	78,2	77,0	77,9
a*	2,4	2,3	2,3	2,1
b*	4,0	3,8	3,8	3,4

Tabella 19. Caratteristiche del tessuto adiposo sottocutaneo.

	Tesi 1	Tesi 2	Tesi 3	Tesi 4
	Mais basso linoleico	Mais medio linoleico	Mais alto linoleico	Olio di girasole
Grasso sottocutaneo				
Composizione acidica				
Ac. Mirisico	1,54	1,49	1,45	1,43
Ac. Palmitico	23,86 A	23,68 A	22,82 AB	21,91 B
Ac. Palmitoleico	2,05 A	1,94 A	1,82 AB	1,51 B
Ac. Stearico	13,12 A	12,76 A	12,30 A	10,73 B
Ac. Oleico	43,14 B	41,60 BC	41,24 C	48,55 A
Ac. Linoleico	13,64 C	15,65 B	17,45 A	13,14 C
Ac. Linolenico	0,85	0,82	0,82	0,82
Ac Eicosenoico	0,70	0,66	0,68	0,76
Ac. Eicosadienoico	0,55 BC	0,63 AB	0,71 A	0,47 C
n. di Iodio	63,9 C	66,0 B	68,3 A	67,7 AB
Ac. grassi saturi	38,74 A	38,11 AB	36,78 B	34,27 C
Ac. grassi monoinsaturi	45,88 B	44,21 BC	43,74 C	50,83 A
Ac. grassi polinsaturi	15,04 C	17,10 B	18,98 A	14,42 C

N.B. Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative almeno per $P \leq 0,01$ se maiuscole, per $P \leq 0,05$ se minuscole

Tabella20. Composizione acidica del grasso intramuscolare.

	Significatività	Tesi 1	Tesi 2	Tesi 3	Tesi 4
		Mais basso linoleico	Mais medio linoleico	Mais alto linoleico	Olio di girasole
Estratto etereo sulla s.s.	n.s.	9,41	10,60	9,09	9,49
Ac. Miristico	n.s.	1,18	1,18	1,11	1,14
Ac. Palmitico	n.s.	22,75	22,73	22,39	22,27
Ac. Palmitoleico	n.s.	2,94	3,03	2,74	2,72
Ac. Stearico	n.s.	12,69	12,39	12,34	12,18
Ac. Oleico	P=0,0599	43,80	44,01	43,06	45,78
Ac. Linoleico	P<0,01	10,65 AB	11,12 AB	12,42 A	10,36 B
Ac. Linolenico	n.s.	0,36	0,34	0,31	0,31
Ac Eicosenoico	n.s.	0,65	0,64	0,61	0,67
Ac. Eicosadienoico	P<0,01	0,3	0,31	0,35	0,27
Ac Arachidonico	n.s.	2,76	2,51	2,81	2,63
Ac. grassi saturi	P<0,01	37,61 A	37,25 A	36,39 A	34,63 B
Ac. grassi monoinsaturi	P=0,0771	48,46	48,56	47,42	50,09
Ac. grassi polinsaturi	P<0,05	14,36 ab	14,56 ab	16,15 a	13,82 b

N.B. Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative almeno per $P \leq 0,01$ se maiuscole, per $P \leq 0,05$ se minuscole

11.2 MIGLIORAMENTO GENETICO DEL MAIS IN FUNZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARNE DEL SUINO PESANTE

Confronto fra campioni raccolti nell'anno 2004.

La statistica semplice delle due serie di campioni relativi agli ibridi commerciale (tab. 21 e 22) ha confermato una notevole variabilità per entrambi i parametri che entrano nella determinazione del contenuto di ac. linoleico sulla S.S. della farina. In particolare risulta interessante la presenza di campioni estremi per la percentuale di acido linoleico sul totale degli acidi grassi, che va dal 47 al 65%.

Tabella 21. Analisi di 51 ibridi provenienti da ISC di Bergamo (51 campioni anno) Statistica semplice

	Estratto Etereo (%sulla S.S.)	C18:2 (% sul totale degli acidi grassi)	C18:2 (% sulla S.S.)
Media	3,89	58.49	2.27
Deviazione standard	0,31	2.67	0.15
C.V.	8,00	4.56	6.79
Minimo	3,15	52.16	1.91
Massimo	4,67	62.26	2.68

Tabella 22 Analisi di 80 ibridi provenienti da Luignano – Statistica semplice

	Estratto Etereo (%sulla S.S.)	C18:2 (% sul totale degli acidi grassi)	C18:2 (% sulla S.S.)
Media	3,95	60,11	2,37
Deviazione standard	0,32	3,18	0,17
C.V.	8,04	5,29	7,06
Minimo	3,15	47,05	1,98
Massimo	4,74	64,94	2,75

Effetto dell'ibrido e della località di coltivazione.

La località di coltivazione (tab. 23) non ha indotto differenze statisticamente significative per quanto riguarda il contenuto in estratto etereo sulla sostanza secca e in acido linoleico sulla sostanza secca, mentre differenze significative, seppure di modesta entità, sono rilevabili a carico della percentuale di acido linoleico sul totale degli acidi grassi.

Giova ricordare che nel primo anno di indagine (raccolta 2002) erano state rilevate differenze di lieve entità per estratto etereo sulla sostanza secca e acido linoleico sulla sostanza secca; nel secondo anno (raccolta 2003) non era stata rilevata nessuna differenza.

Questo può in sintesi portarci alla conclusione che un effetto della località di coltivazione, pur se presente, non è in grado di invalidare l'opera di miglioramento genetico per il carattere considerato. Ciò ci conforta nel proseguimento del programma di lavoro.

Interessanti appaiono invece le differenze fra ibridi (tab. 24). Kermess e PR33A46 mostrano un contenuto in acido linoleico sulla sostanza secca inferiore rispetto agli altri tre ibridi; queste differenze sono però determinate esclusivamente da un minore contenuto di estratto etereo sulla sostanza secca, fattore che, come già evidenziato nella discussione dei risultati della precedente campagna di analisi, comporta presumibilmente una riduzione del valore nutritivo della granella.

Si riconferma dunque come sia auspicabile reperire ibridi il cui basso contenuto di acido linoleico sia determinato da un basso contenuto di acido linoleico sul totale degli acidi grassi piuttosto che da un basso contenuto di estratto etereo.

Tabella 23. Effetti della località e della varietà (35 campioni - 5 varietà coltivate in 7 località).

	Sost. Secca	Estr.Etereo Sulla S.S.	Ac. linoleico sulla S.S.	Acidi grassi (sul totale degli acidi grassi)				
				C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Località								
Media generale	93,29	3,80	2.28	13.83	1.82	22.09	60.16	1.35
ALBAIRATE	93,14 BCD	3,77	2.26	13.90	1.79	22.18 AB	60.06 AB	1.44
BEREGUARDO	93,37 ABC	3,74	2.24	14.02	1.86	22.12 AB	59.90 AB	1.32
BERGAMO	92,25 D	3,72	2.23	13.85	1.85	22.27 AB	59.99 AB	1.30
MONTICHIARI	93,52 ABC	3,83	2.34	13.73	1.72	21.63 B	60.98 A	1.35
MORIMONDO	93,87 AB	3,81	2.30	13.86	1.84	22.01 AB	60.23 AB	1.36
TRIGOLO	92,76 CD	3,85	2.35	13.58	1.83	21.30 B	61.13 A	1.34
VIGEVANO	94,14 A	3,85	2.27	13.88	1.87	23.10 A	58.87 B	1.32
Significatività del modello	P <0,001	n.s.	n.s.	n.s.	n..s.	<0.01	<0.01	n.s.

Lettere diverse sulla stessa colonna indicano differenze significative per P<0,01 se maiuscole e P<0,05 se minuscole

Tabella 24. Effetti della località e della varietà (35 campioni - 5 varietà coltivate in 7 località)

	Sost. Secca	Estr.Etereo sulla S.S.	Ac. linoleico sulla S.S.	Acidi grassi (sul totale degli acidi grassi)				
				C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Varietà								
Media generale	93,29	3,80	2.28	13.83	1.82	22.09	60.16	1.35
KERMESS	93,30	3,14 C	1.90 C	12.96 C	2.17 A	22.12 B	60.71 A	1.23
PR33A46	93,31	3,43 B	2.07 B	15.09 A	1.42 C	21.08 C	60.36 A	1.34
TEVERE	93,27	4,18 A	2.45 A	14.03 B	1.90 B	23.24 A	58.76 B	1.40
ELEONORA	93,35	4,10 A	2.48 A	13.41 BC	1.62 C	22.43 AB	60.52 A	1.21
CORONA	93,24	4,14 A	2.51 A	13.66 BC	2.02A B	21.57 BC	60.47 A	1.56
Significatività del modello	n.s.	P<0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	n.s.

Lettere diverse sulla stessa colonna indicano differenze significative per P<0,01.

Tabella 25 Effetti della località e della varietà (50 campioni - 5 varietà coltivate in 10 località).

	raccolta 2003				raccolta 2004		
	Sost. Secca	Estr.Etereo sulla S.S.	Ac. linoleico sulla S.S.		Sost. Secca	Estr.Etereo sulla S.S.	Ac. linoleico sulla S.S.
Varietà				Varietà			
Media generale	88,22	3,80	2,29	Media generale	93,29	3,80	2.28
KERMESS	88,16	3,18 B	1,93 B	KERMESS	93,30	3,14 C	1.90 C
PR33A46	88,10	3,48 B	2,11 B	PR33A46	93,31	3,43 B	2.07 B
ELEONORA	88,21	4,09 A	2,46 A	TEVERE	93,27	4,18 A	2.45 A
TEVERE	88,24	4,16 A	2,46 A	ELEONORA	93,35	4,10 A	2.48 A
CORONA	88,38	4,10 A	2,49 A	CORONA	93,24	4,14 A	2.51 A
Significatività del modello	-	P<0,001	P<0,001	Significatività del modello	n.s.	P<0,01	<0.01

Lettere diverse sulla stessa colonna indicano differenze significative per P<0,01.

Confronto fra annate di coltivazione.

Un primo confronto (tabella 25) può essere fatto fra 5 ibridi coltivati in 10 località nel 2003 e 7 località nel 2004. Appare evidente che non solo il rank fra diversi ibridi è mantenuto, ma i risultati analitici sono praticamente sovrapponibili.

Questo risultato è confermato dall'analisi del comportamento in tre anni successivi di tre varietà (Corona, Eleonora e Tevere) considerate classiche (tab. 26) dove nelle tre annate successive manca qualsiasi differenza fra i tre ibridi per i parametri che concorrono a definire il contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca.

Tabella 26. Effetti dell'anno e dell'ibrido (81 campioni - 3 ibridi coltivati in 10 località per 2 anni e 7 località per 1 anno).

	Sost. Secca	Estr.Etereo sulla S.S.	Ac. linoleico sulla S.S.	Acidi grassi (sul totale degli acidi grassi)				
				C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Media generale	90.48	4.12	2.48	13.79	1.78	21.34	60.21	1.52
Anno								
I	90.71 B	4.12	2.49	13.43 B	1.66 B	21.18 B	60.57	1.57 A
II	88.28 C	4.12	2.47	14.21 A	1.85 A	20.74 BC	60.06	1.56 A
III	93.29 A	4.14	2.48	13.70 B	1.85 A	22.41 A	59.92	1.39 B
Significatività	<0.01	n.s.	n.s.	<0.01	<0.01	<0.01	n.s.	<0.01
Varietà								
CORONA	90.62	4.10	2.49	13.53 B	1.95 A	20.81 B	60.86 A	1.61 A
ELEONORA	90.84	4.09	2.47	13.72 AB	1.59 C	21.44 B	60.55 A	1.38 B
TEVERE	90.81	4.19	2.48	14.09 A	1.82 B	22.08 A	59.14 B	1.54 A
Significatività	n.s.	ns	ns	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Lettere diverse sulla stessa colonna per ogni fattore indicano differenze significative per $P < 0,01$.

Alla luce di questi risultati si ritiene che si possa considerare che la località e l'annata di coltivazione non hanno influenza sulle caratteristiche della frazione lipidiche della granella di mais, o se tale influenza esiste è in misura talmente limitata, da non inficiare i miglioramenti ottenibili con un piano di miglioramento genetico.

Per questo motivo si ritiene che sia ormai possibile classificare tutti gli ibridi commerciali analizzati nel corso di tre campagne successive sulla base del contenuto in estratto etereo, di acido linoleico sul totale degli acidi grassi e di acido linoleico sulla sostanza secca.

In tale classificazione (tab. 27) non si tiene dunque conto dell'anno di campionamento o della località di coltivazione, ma per ogni ibrido viene riportato il valore analitico medio ed i suoi parametri di variabilità considerando tutti i campioni che sono stati analizzati.

Per alcuni ibridi, presenti con un solo campione o due campioni, i valori riportati in queste tabelle necessitano di una conferma, che verrà ottenuta con le successive campagne di analisi.

Questi risultati ci consentiranno di fare una prima ipotesi su quale sia la differenza fra ibridi che possa essere considerata rilevante sulla qualità del grasso depositato; in questo modo si potrà costruire un indice che tenga conto anche di tutti gli altri aspetti agronomici e qualitativi dell'ibrido e dove il contenuto in acido linoleico possa entrare con un proprio valore.

Nel terzo anno di indagine saranno proseguite le analisi per via umida degli ibridi più diffusi a livello nazionale. Inoltre, utilizzando la strumentazione NIRS le cui curve di taratura sono state messe a punto come più avanti descritto, sarà possibile condurre uno screening fra un numero molto elevato di ibridi anche a scarsa diffusione oltre che di linee di breeding e loro prodotti.

Questo consentirà da un lato di accelerare l'opera di selezione e dall'altro di evidenziare l'eventuale presenza di ibridi interessanti per questo parametro anche se poco diffusi, tenendo sempre presente che il target è l'individuazione di ibridi il cui basso contenuto di acido linoleico sia dovuto ad una bassa percentuale sul totale degli acidi grassi piuttosto che ad un basso contenuto di estratto etereo.

Tabella 27. Ibridi analizzati nei tre anni di indagine in ordine per contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca.

nome	n.	E. E. sulla s.s.		C18:2 su t.a.g.		C18:2 sulla s.s.	
		media	C.V.	media	C.V.	media	C.V.
Lo1270 2003	1	4,28		41,68		1,78	
PORDOI	1	3.48		52.06		1.81	
KERMESS	24	3.10	6.87	60.61	1.82	1.88	6.54
KULT	1	3.63		53.49		1.94	
CALEDON	15	3.56	7.09	55.48	1.26	1.97	6.70
OPEN	1	3.70		54.45		2.01	
KALIBO	2	3.75	1.14	53.80	1.23	2.02	0.08
LG65109	1	3.46		58.94		2.04	
GOLDREX	1	3.65		56.04		2.04	
MAS 483	1	3.94		52.30		2.06	
SQUADRA	2	3.34	1.69	61.85	4.57	2.07	6.26
BALKA	1	3.44		60.16		2.07	
JCR 602	1	3.58		57.73		2.07	
Lo1303 x Lo1290	1	3.49		59.42		2.07	
HELEN	3	3.37	2.14	61.62	4.97	2.08	5.00
KARATE	2	3.31	4.16	62.72	2.03	2.08	6.19
KLAXON	3	3.40	7.55	61.48	3.41	2.09	6.38
PR33A46	19	3.45	5.24	60.62	2.11	2.09	4.64
KUBRICK	2	3.87	4.30	54.10	5.06	2.09	9.35
CECILIA	1	3.70		56.66		2.10	
COVENTRY	2	3.65	3.39	57.47	4.32	2.10	0.93
FURIO	1	3.43		61.16		2.10	
PR34A92	1	3.94		53.50		2.11	
Lo1297 x Lo 1270	1	3.86		54.88		2.12	
Lo1187C x Lo 1270	1	3.98		53.52		2.13	

Continua Tabella 27 Ibridi analizzati nei tre anni di indagine in ordine per contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca.

nome	n.	E. E. sulla s.s.		C18:2 su t.a.g.		C18:2 sulla s.s.	
		media	C.V.	media	C.V.	media	C.V.
Lo 1263 2003	1	3.98		53.63		2.13	
MANILA	1	3.88		55.10		2.14	
KX1393	1	3.69		57.96		2.14	
BUONARROTI	1	3.84		56.27		2.16	
GRECALE	2	3.43	0.10	63.01	3.62	2.16	3.73
GOLDMICHEL	1	3.88		55.82		2.17	
LG34.40	1	3.79		57.38		2.17	
Lo 1279 2003	1	3.94		55.12		2,17	
TAMIGI	5	4.31	5.52	50.64	1.66	2.18	5.93
COTOS	15	3.64	3.88	60.00	1.71	2.18	4.05
GOLDMAN	1	3.88		56.36		2.19	
JCR 601	1	3.82		57.48		2.19	
GERAL	4	3.74	3.53	58.82	3.03	2.20	3.88
FRASSINO	6	3.79	3.85	58.22	1.01	2.21	4.84
SIMETO	1	4.13	4.13	53.56		2.21	
DKC6841	2	3.80	1.58	58.21	4.32	2.21	5.90
SIV244	1	3.85		57.55		2.21	
TR614	1	3.89		57.12		2.22	
KXA 4531	1	4.74		47.05		2.23	
PR34W47	2	3.83	3.79	58.23	5.39	2.23	9.17
SAVONA	1	4.12		54.34		2.24	
DKC4626	1	4.00	4.00	55.98		2.24	
Lo1187D x Lo 1270	1	4.03		55.74		2.24	
R_300_1	1	4.12		54.53		2.24	
GOLDIMAX	1	3.75	3.75	59.93		2.25	
TONACHI	2	3.80	0.66	59.55	0.41	2.26	1.07
PR31N27	1	3.78		59.93		2.26	
Lo 1187 x Lo1270	1	3.90		58.14		2.26	

Continua Tabella 27. Ibridi analizzati nei tre anni di indagine in ordine per contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca.

nome	n.	E. E. sulla s.s.		C18:2 su t.a.g.		C18:2 sulla s.s.	
		media	C.V.	media	C.V.	media	C.V.
ALIPRESTI	1	3.97		57.08		2.27	
AGR7403	1	3.69		61.74		2.28	
AGRISTER	1	3.98		57.45		2.28	
PR36B08	1	4.04		56.70		2.29	
PR34G13	1	4.43		52.01		2.30	
PROXIMA	4	3.86	5.45	59.75	1.73	2.30	5.84
DKC6040	2	4.25	8.41	54.37	5.46	2.30	2.96
EVOLIA	1	3.88		59.47		2.31	
PARMA	1	4.39		52.64		2.31	
GOLDALIN	1	4.05		57.09		2.31	
PR33R77	1	4.15		55.71		2.31	
R_600_2	1	3.69		62.80		2.31	
KOMPACT	2	3.68	0.86	62.86	1.36	2.31	2.22
GOLDECLAT	1	4.14		56.00		2.32	
SAETA	3	3.75	3.70	61.74	2.73	2.32	5.13
GARDA	1	4.54		51.08		2.32	
CUARTAL	4	4.06	2.62	57.14	3.12	2.32	5.36
DK440	1	4.13		56.28		2.32	
MA-N 0273	1	3.99		58.27		2.32	
PR34B19	1	3.89		59.85		2.33	
AZZURRO	1	4.22		55.24		2.33	
PAOLIS	2	4.02	0.97	57.95	4.15	2.33	5.11
R_700_1	1	3.77		61.89		2.33	
LG3562	1	4.05		57.54		2.33	
GOLDASTE	4	4.04	6.61	57.68	4.12	2.33	7.41
DRAFT	1	3.91		59.71		2.33	
PR31Y43	2	3.79	5.98	61.78	2.42	2.34	3.56
SANCIA	1	3.87		60.50		2.34	

Continua Tabella 27 Ibridi analizzati nei tre anni di indagine in ordine per contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca.

nome	n.	E. E. sulla s.s.		C18:2 su t.a.g.		C18:2 sulla s.s.	
		media	C.V.	media	C.V.	media	C.V.
PR32W86	1	3.84		60.90		2.34	
DKC6818-NILO	1	3.92		59.66		2.34	
SIV5802	2	4.25	0.17	55.17	6.74	2.34	6.58
PR33J24	11	3.90	3.35	60.20	2.16	2.35	3.41
MAS 613	2	3.81	1.02	61.83	2.78	2.35	3.80
PR34B23	3	4.17	2.88	56.52	2.77	2.36	3.56
SAMMY	2	3.94	2.16	59.87	1.71	2.36	3.86
STERN	1	4.27		55.22		2.36	
DKC5143	1	4.01		58.94		2.36	
DKC6818	2	3.91	1.36	60.49	2.78	2.36	1.42
GOLDSIX	1	3.78		62.56		2.36	
PR34M94	1	4.09		57.82		2.36	
KENNEDY	1	4.23		56.03		2.37	
EXP253D	1	4.21		56.39		2.37	
CISKO	1	4.31		55.09		2.37	
DKC5783	2	4.25	4.16	56.22	6.37	2.38	2.20
LZM 550/06	1	3.93		60.68		2.38	
R_600_1	3	4.04	5.02	59.18	5.20	2.39	5.60
PR31G98	4	3.97	3.73	60.17	2.03	2.39	5.14
GRITZ	1	4.05		59.00		2.39	
BARDENAS	1	4.20		56.94		2.39	
GABRIELE	1	4.13		57.97		2.39	
FMB 04-72	1	3.96		60.53		2.39	
KAREN	3	3.86	6.72	62.19	1.89	2.40	5.36
KUDOS	10	4.10	6.10	58.49	1.71	2.40	6.30
HELDER	8	4.12	8.27	58.16	2.06	2.40	8.45

Continua Tabella 27 Ibridi analizzati nei tre anni di indagine in ordine per contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca.

nome	n.	E. E. sulla s.s.		C18:2 su t.a.g.		C18:2 sulla s.s.	
		media	C.V.	media	C.V.	media	C.V.
KELADA	1	4.00	4.00	59.96		2.40	
DKC6530	3	3.92	2.45	61.49	1.65	2.41	2.12
VAN GOGH	2	4.06	2.58	59.37	0.62	2.41	1.96
MAS 473	1	3.93		61.35		2.41	
SENEGAL	1	4.19		57.52		2.41	
MADERA	1	4.08		59.07		2.41	
JEFF	3	4.04	3.18	59.73	3.27	2.41	3.39
MITIC	9	4.10	7.41	58.96	2.58	2.42	7.59
PR32F10	3	3.96	5.84	61.08	3.60	2.42	4.92
R_500_1	3	4.47	6.86	54.33	6.17	2.42	3.63
ALICIA	1	4.00		60.66		2.43	
AUCEAN	1	4.11		59.26		2.44	
DKC6610	7	3.95	5.51	61.70	1.31	2.44	5.63
LARIGAL	2	4.06	1.05	60.22	3.56	2.44	4.60
Lo1261x Lo1290	1	4.12		59.66		2.46	
PR32W92	7	4.05	7.49	60.66	1.38	2.46	7.63
TUCSON	2	4.13	6.77	59.75	2.39	2.47	9.15
TEVERE	34	4.17	4.12	59.18	1.83	2.47	4.18
ELEONORA	34	4.10	4.41	60.42	1.73	2.47	4.42
NARBONE	2	4.15	8.42	59.59	0.12	2.48	8.55
CEREA	1	4.43		56.06		2.49	
COLIN	1	4.18		59.55		2.49	
PR32D99	1	4.45		55.98		2.49	
BETTY	1	4.71		52.85		2.49	
BRIAN	1	4.51		55.23		2.49	
BELGRANO	1	4.26		58.54		2.49	

Continua Tabella 27. Ibridi analizzati nei tre anni di indagine in ordine per contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca.

nome	n.	E. E. sulla s.s.		C18:2 su t.a.g.		C18:2 sulla s.s.	
		media	C.V.	media	C.V.	media	C.V.
CORONA	30	4.10	6.67	60.85	2.40	2.49	6.47
ES ABOUKIR	1	4.18		59.75		2.50	
ALIPRANTO	2	4.06	2.44	61.64	3.39	2.50	5.83
PR32D12	2	4.08	2.34	61.40	2.91	2.51	0.57
LH235 x Lo1290	1	4.17		60.38		2.52	
MAVERIK	1	4.08		61.82		2.52	
LG0270	1	4.40		57.55		2.53	
Lo1301 x Lo1292	1	4.29		59.10		2.53	
Lo1227wx x Lo1356wx	1	4.20		60.39		2.53	
Lo131341wx x Lo1378wx	1	4.17		60.91		2.54	
DKC6309	3	4.08	9.11	62.40	2.55	2.54	8.83
CHALCAO	4	4.37	2.51	58.39	1.16	2.55	2.60
OROCUE	1	4.35		58.67		2.55	
LG23.06	1	4.27		60.23		2.57	
ARPER	1	4.51		57.18		2.58	
NIKAIA	5	4.59	8.83	56.32	1.91	2.59	9.99
BARLETTA	1	4.31		60.24		2.60	
FERRER	1	4.54		57.47		2.61	
BUKARI	1	4.62		56.71		2.62	
OH 622	2	4.21	4.53	62.32	0.80	2.62	5.34
VARENNE	2	4.65	0.53	56.54	2.48	2.63	3.02
Lo1309ae x Lo1250ae	1	4.29		61.34		2.63	
ALIVAL	1	4.54		58.15		2.64	

Continua tabella 27. Ibridi analizzati nei tre anni di indagine in ordine per contenuto di acido linoleico sulla sostanza secca.

nome	n.	E. E. sulla s.s.		C18:2 su t.a.g.		C18:2 sulla s.s.	
		media	C.V.	media	C.V.	media	C.V.
COSTANZA	1	4.33		61.02		2.64	
PAMPERO	1	4.48		59.79		2.68	
Lo 1301 2003	1	4.88		55,41		2.70	
NEWPORT	1	4.71		57.21		2.70	
LOLITA	1	4.39		62.30		2.73	
SISRED	1	4.71		58.47		2.75	
CECINA	1	5.09		54.47		2.77	
ALISUN	1	4.74		58.47		2.77	
DUENDE	1	4.72		59.04		2.79	
PLINIO	2	4.98	3.57	56.62	1.25	2.82	2.32
Lo1309ae x Lo1310ae	1	4.75		59.85		2.84	
ANNIBALE	2	5.01	1.52	57.01	1.27	2.86	2.79
Lo904ae x Lo1358ae	1	5.50	5.50	58.65		3.23	

11.3 SVILUPPO DI SISTEMI RAPIDI DI VALUTAZIONE DEL CONTENUTO IN ACIDO LINOLEICO DEL MAIS TRAMITE TECNOLOGIA NIR

La popolazione di campioni oggetto della calibrazione, mostra, dall'analisi per via umida, buona distribuzione in termini di E.E.% (circa 3 punti in percentuale), $C_{18:2}$ che va dal 45.36% al 71.81% sul totale degli acidi grassi e $C_{18:2}$ S.S., che varia dall'1.51% al 3.20% (Tabella 28 e Figure 2, 3 e 4). La calibrazione fin qui ottenuta mostra, in relazione ai parametri in oggetto (E.E%, $C_{18:2}$ % e $C_{18:2}$ S.S.) buoni coefficienti di determinazione superiori a 0.90 (Figure 6, 7 e 8) SECV piuttosto bassi e relativi RPD > 3, indicando buone prestazioni dell'equazione da utilizzare in fase di predizione.

Figura 2

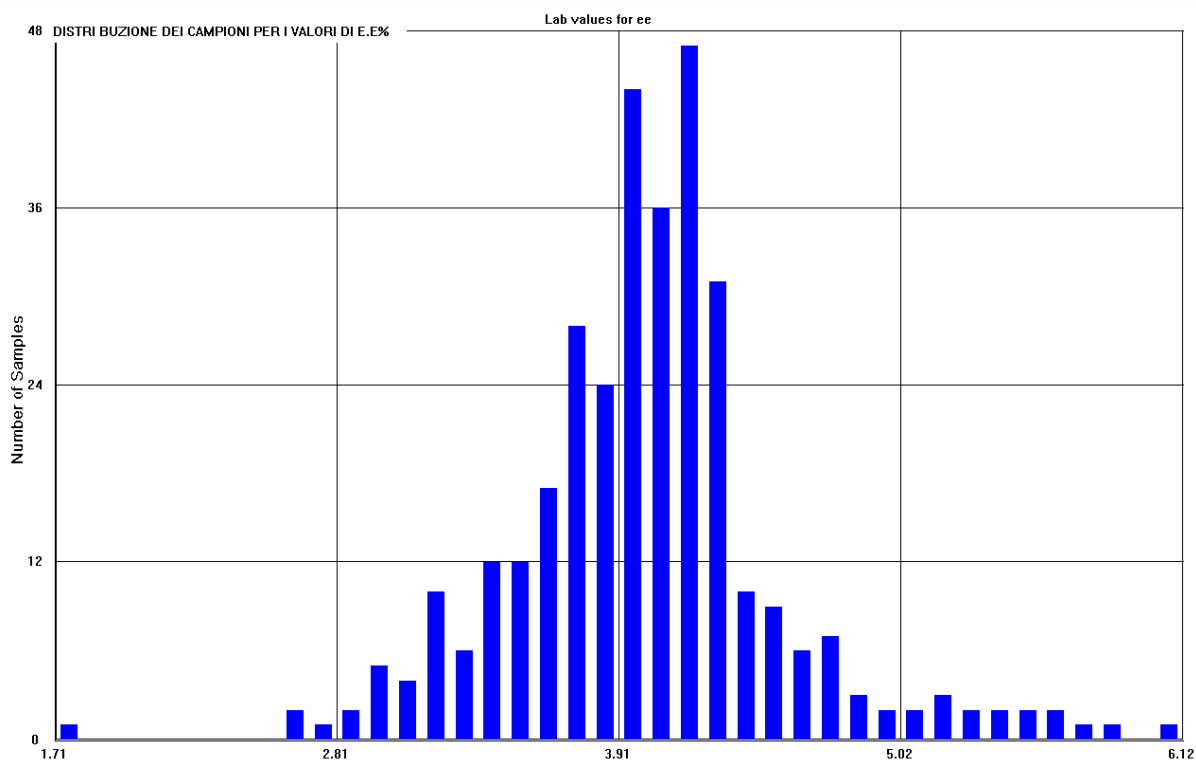


Figura 3

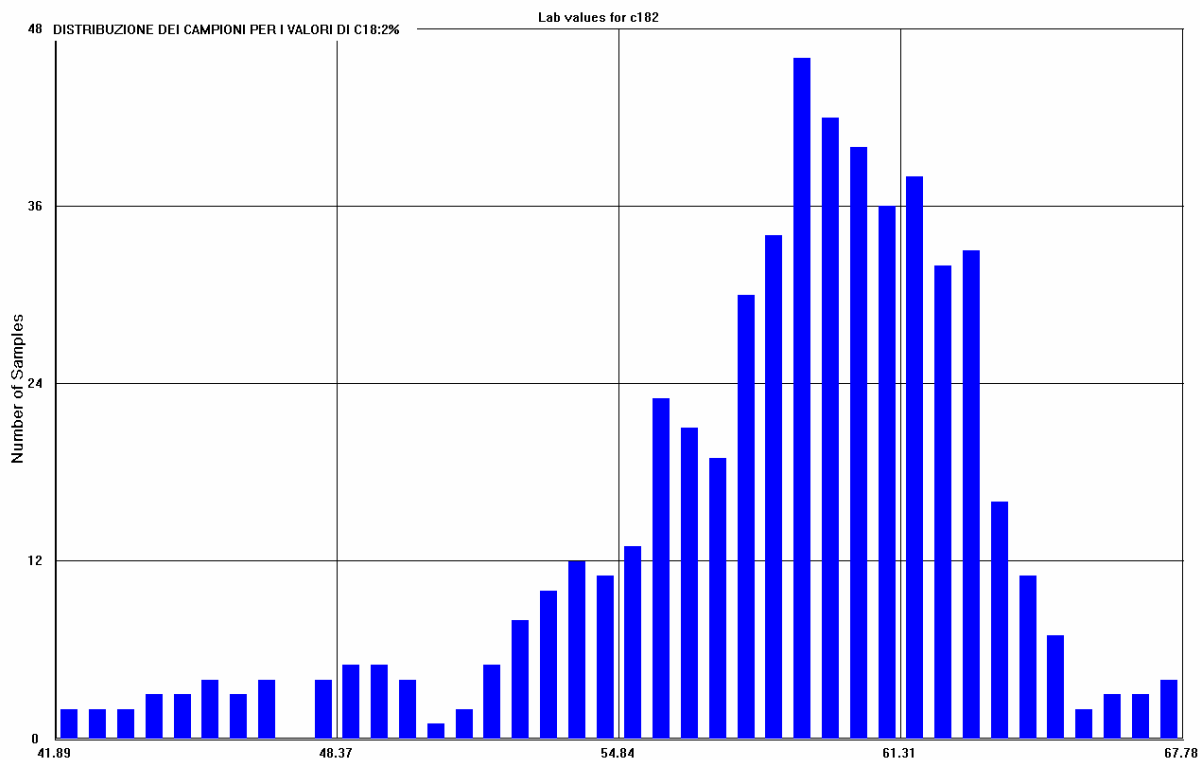
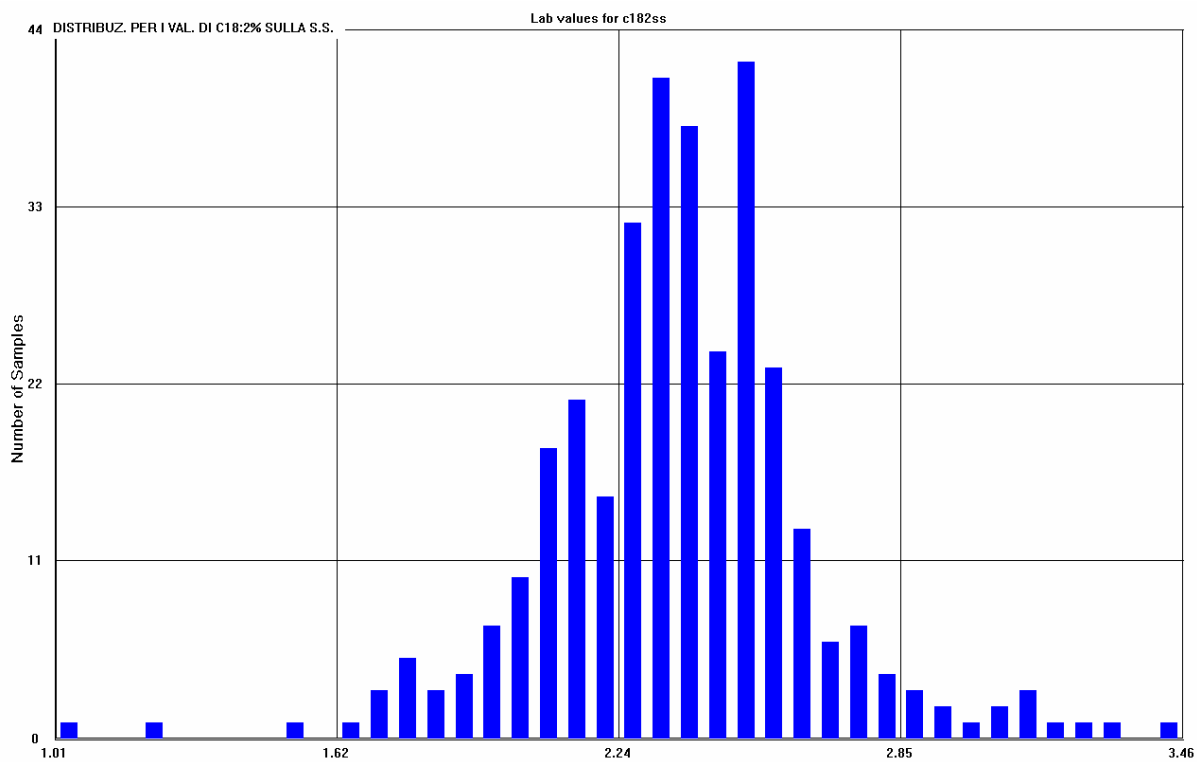


Figura 4



Sono stati presi in considerazione anche il contenuto in sostanza secca della farina, ottenuta dalla macinazione della granella e del contenuto percentuale di acido palmico, stearico ed oleico.

Mentre per l'acido oleico troviamo correlazioni buone tra i valori di laboratorio e i valori di predizione in fase di cross-validazione (Tab. 28), per il palmitico e lo stearico le correlazioni risultano ancora abbastanza scadenti.

Per il parametro sostanza secca, il dato è invece buono (Figura 5.)

Tab. 28. Parametri statistici della calibrazione

Parametro	N	Mean	SD	Est. Min	Est. Max	SEC	RSQ	SECV	1-VR	RPD
S.S.	329	92.27	0.99	89.30	95.23	0.25	0.94	0.34	0.88	2.93
E.E.	325	4.01	0.52	2.46	5.56	0.11	0.96	0.12	0.95	4.24
C16:0	532	13.83	1.26	10.06	17.60	0.71	0.68	0.93	0.46	1.36
C18:0	520	1.67	0.30	0.79	2.56	0.20	0.55	0.24	0.39	1.26
C18:1	520	23.56	3.92	11.81	35.32	1.21	0.90	1.50	0.86	2.60
C18:2	524	58.59	4.41	45.36	71.81	0.98	0.95	1.15	0.93	3.83
C18:2 S.S.	324	2.36	0.28	1.51	3.20	0.07	0.94	0.08	0.92	3.48

✓ **SED** (Accuratezza) = differenza fra la metodica di riferimento (analisi per via umida) e la metodica valutata

✓ **SEL** (Ripetibilità o precisione) = differenza fra ripetizioni con la stessa metodica

✓ **SEC** (Errore standard di calibrazione) = differenze tra i valori di laboratorio (analisi per via umida) e i valori NIRS di calibrazione

✓ **SEP** (Errore standard di predizione) = differenze tra i valori di laboratorio (analisi per via umida) e i valori NIRS di predizione

✓ **SECV** (Errore standard di cross-validazione) = differenze tra i valori di laboratorio (analisi per via umida) e i valori NIRS di cross-validazione

✓ **R² o RSQ** (Coefficiente di correlazione) = rapporto tra i valori di laboratorio (analisi per via umida) e valori NIRS.

✓ **1-VR** (1 minus variance ratio) = rappresenta quella porzione della varianza totale, spiegata in fase di cross-validazione; è comparabile con il coefficiente di determinazione R²

✓ **RPD** (Ratio Performance Deviation) = $SD/SECV$, rappresenta un parametro di controllo delle performance della calibrazione in fase di cross-validazione; in funzione dell' applicazione e del parametro in esame, valori di **RPD** >3 in concomitanza di **RSQ** >0.90 indicano buone prestazioni della calibrazione sviluppata, come nel caso dei parametri oggetto di inchiesta.

Figura 5. RSO tra i valori lab e quelli NIR per il parametro S.S. %

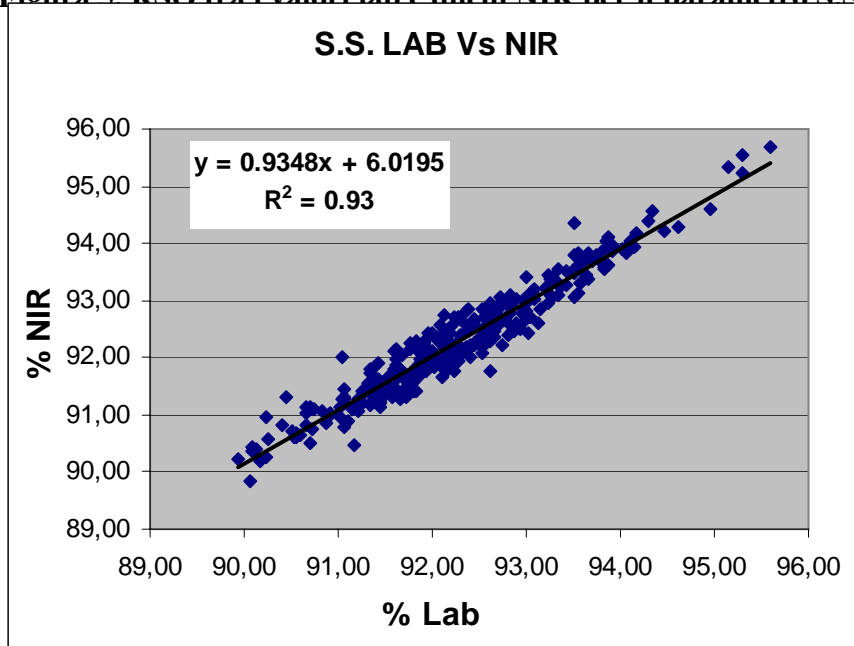


Figura 6. RSQ tra i valori lab e quelli NIR per il parametro E.E. %

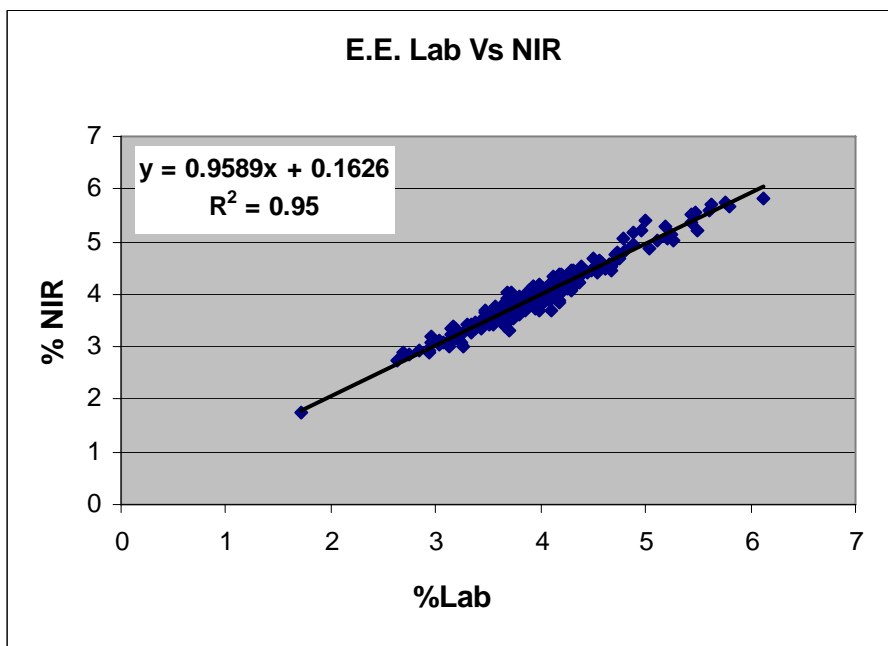


Figura 7. RSQ tra i valori lab e quelli NIR per il parametro C_{18:2}%

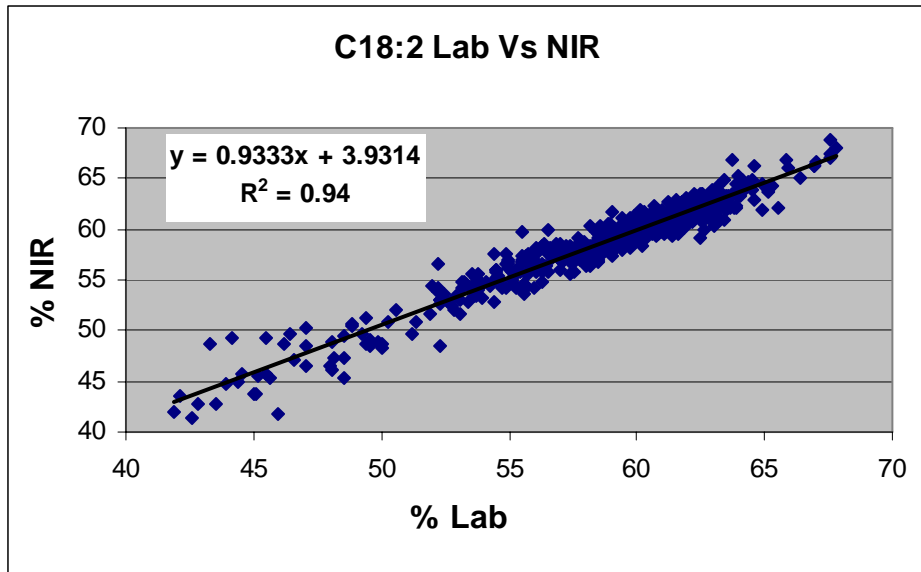
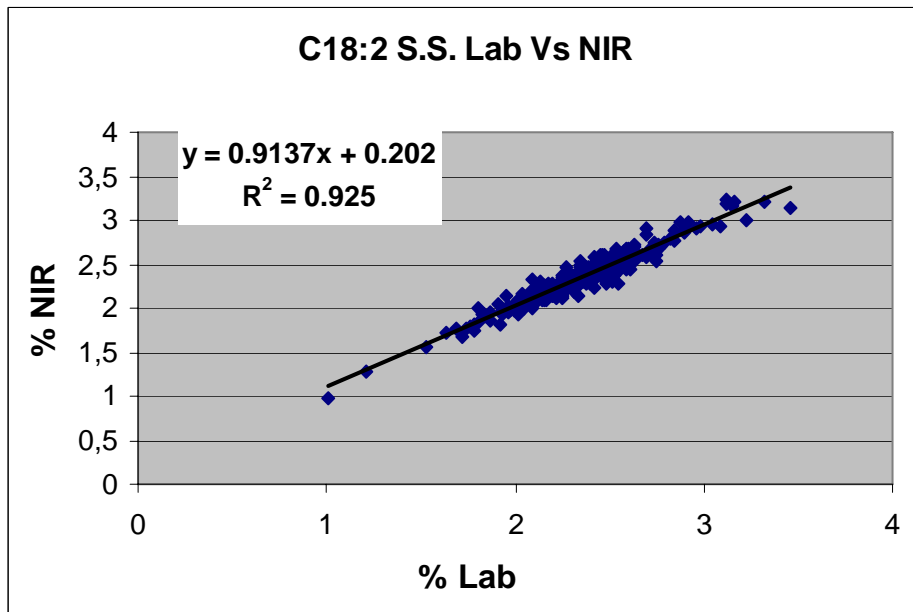


Figura 7. RSQ tra i valori lab e quelli NIR per il parametro C_{18:2}% S.S.



11.4 EFFETTI DELL'INSILAMENTO SULLA COMPOSIZIONE ACIDICA DELLA GRANELLA DI MAIS

Le caratteristiche dell'insilato possono considerarsi buone; il pH è compreso fra 4 e 4,5, la perdita di sostanza secca è estremamente limitata (meno dell'1%) e gli acidi grassi volatili (acetico, propionico e butirrico) sono ampiamente al di sotto dei limiti riportati dalla letteratura. L'acido lattico e l'azoto ammoniacale rientrano, dopo 7 mesi di insilamento, nei valori riportati in letteratura, mentre superano tale soglia dopo 12 mesi.

I campioni dei sili aziendali hanno valori tendenzialmente più bassi per l'acido lattico e sempre superiori per quanto riguarda l'azoto ammoniacale; ciò ci conferma la "normalità" dei risultati ottenuti con i sili sperimentali, anche alla luce della difficoltà di stabilire delle soglie sicuramente affidabili per questi parametri qualitativi del pastone di mais.

Per quanto riguarda le caratteristiche della frazione lipidica dei pastoni si nota nei primi due mesi di insilamento un aumento del contenuto in estratto etereo che rimane poi sostanzialmente stabile. Questo può essere legato in parte alla riduzione del contenuto in carboidrati del pastone che vengono utilizzati dai batteri fermentanti ed in parte all'aumento della flora batterica la cui membrana è ricca di lipidi.

Molto interessante è l'andamento della composizione acidica.

Prima di tutto non è stata rilevata la presenza di prodotti di bioidrogenazione (transisomeri e CLA), ed anzi la modesta quantità di acido Cis-Vaccenico (C18:1n7) rilevata al momento dell'insilamento e dopo due mesi, scompare successivamente.

La tendenza, comune a tutti gli ibridi a prescindere dalla loro composizione acidica iniziale, è ad una diminuzione percentuale degli acidi grassi saturi e monoinsaturi ed un aumento percentuale dei polinsaturi, in particolare dell'acido linoleico che ne costituisce la quasi totalità.

La riduzione percentuale degli acidi grassi saturi e monoinsaturi non significa presumibilmente una loro demolizione, ma probabilmente è dovuta all'aumento della flora batterica i cui lipidi di membrana sono particolarmente ricchi di acidi grassi polinsaturi come si può dedurre dal contemporaneo aumento dell'estratto etereo.

Ciò che lascia perplessi sono i valori percentuali dell'acido linoleico al momento dell'insilamento; essi infatti risultano, per tutti gli ibridi, più bassi dei corrispondenti valori rilevati nelle granelle secche nel corso di ormai tre campagne di analisi, mentre il contenuto in estratto etereo rientra nel range dei valori rilevati, anche se non nella fascia più alta.

Da ciò deriva che il contenuto in acido linoleico sulla sostanza secca è all'insilamento sempre più basso delle rispettive granelle secche e solo in alcuni ibridi raggiunge nel corso dell'insilamento valori paragonabili a quelli delle granelle secche.

Vista l'importanza ai fini pratici di un tale andamento del pastone insilato, è necessario condurre una serie di accertamenti supplementari prima di considerarlo acquisito.

Tali accertamenti riguarderanno campioni di granelle appartenenti allo stesso ibrido ed alla stessa strip ma raccolte a tempi diversi in modo tale da avere il 28-30% di umidità (granella pronta per l'insilamento) o il 22-24% di umidità (pronta per l'essiccazione); in questo modo sarà possibile evidenziare se durante la fase di perdita di umidità della granella in campo si verifichi anche una modificazione degli acidi grassi.

Saranno inoltre messe a confronto la metodica di metilazione degli acidi grassi prevista dalla normativa, con quella di etilazione che risulta più opportuna per gli insilati di granella al fine di non perdere acidi grassi che siano stati esterificati dall'alcool etilico prodotto dalle fermentazioni.

Tab. 29. Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (media di 11 ibridi)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6.48 A	4.26 B	4.26 B	4.19 C
Sostanza secca		71.10 A	70.41 B	70.15 B	70.40 B
Estratto etereo	% s.s.	3.57 C	3.94 A	3.93 A	3.81 B
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	1,91 C	2,16 B	2,25 A	2,25 A
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	ppm. Sulla s.s.	88 D	733 C	845 B	1037 A
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0.30 B	0.27 C	0.33 A
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr.	tr.	tr.
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0.12	0.12	0.12
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	0.01 A	0.01 A	0.02 B
Acido lattico	% s.s.	n. d.	3.59 C	3.99 B	4.42 A
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0.18 A	tr	0,04 B	0,04 B
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0.52 A	0,20 B	0,12 C	0,05 D
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0.06 A	0,05 B	0,03 C	0,02 D
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	15.07 B	15,40 A	14,32 C	13,39 D
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0.18 A	0,21 A	0,11 B	0,07 C
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,32 A	2,18 B	2,03 C	1,91 D
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	23,78 A	23,05 B	23,71 A	23,25 B
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,60 B	0,64 A	tr.	tr.
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	55,34 D	56,12 C	57,78 B	59,44 A
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,58 B	1,71 A	1,50 C	1,52 C
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,25 B	0,32 A	0,25 B	0,23 B
Sommatoria saturi	%	18,23 A	17,92 A	16,61 B	15,47 C
Sommatoria monoinsaturi	%	24,84 A	24,25 B	24,12 B	23,57 C
Sommatoria polinsaturi	%	56,93 D	57,83 C	59,27 B	60,95 A

Tab. 30 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido Corona)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,52	4,44	4,40	4,28
Sostanza secca		71,56	70,11	70,48	70,64
Estratto etereo	% s. s.	4,02	4,45	4,47	4,28
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	2,26	2,44	2,58	2,56
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	66	744	797	981
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,28	0,27	0,33
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,12	0,13	0,14
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido lattico	% s.s.	n. d.	2,67	3,62	4,04
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,22	0	0,06	0,03
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,50	0,27	0,12	0,05
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,06	0,05	0,03	0,02
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	14,24	15,65	14,30	13,10
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,12	0,14	0,08	0,02
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,39	2,38	2,32	2,19
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	22,17	22,26	22,92	22,62
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,50	0,56	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	57,67	56,36	58,21	60,04
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,73	1,82	1,61	1,65
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,22	0,33	0,23	0,20
Sommatoria saturi	%	17,52	18,45	16,91	15,45
Sommatoria monoinsaturi	%	23,08	23,37	23,27	22,86
Sommatoria	%	59,40	58,18	59,82	61,69

Tab. 31 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido DK6309)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,58	4,43	4,42	4,35
Sostanza secca		73,54	74,59	72,23	73,18
Estratto etereo	% s. s.	3,83	4,09	4,14	3,72
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	2,18	2,29	2,43	2,22
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	71	609	711	869
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,26	0,24	0,28
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,06	0,07	0,07
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	0,01	tr	0,01
Acido lattico	% s.s.	n. d.	3,51	4,11	4,23
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,21	0	0,04	0,06
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,63	0,11	0,07	0,06
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,09	0,04	0,03	0,02
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	13,17	13,86	13,15	12,92
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,13	0,15	0,09	0,09
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,51	2,59	2,35	2,14
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	22,51	22,98	23,35	22,60
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,54	0,64	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	58,24	57,33	58,97	60,1
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,70	1,80	1,57	1,65
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,13	0,34	0,26	0,22
Sommatoria saturi	%	16,71	16,68	15,71	15,26
Sommatoria monoinsaturi	%	23,36	24,19	23,75	22,94
Sommatoria polinsaturi	%	59,93	59,13	60,54	61,79

Tab. 32 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido Duende)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,54	4,29	4,15	4,21
Sostanza secca		74,40	73,47	73,49	73,66
Estratto etereo	% s. s.	4,18	4,27	4,41	4,33
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	2,26	2,29	2,49	2,55
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	52	574	625	854
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,30	0,25	0,27
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,09	0,09	0,11
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	tr	tr	0,01
Acido lattico	% s.s.	n. d.	2,20	3,53	3,72
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,17	0	0,06	0,04
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,40	0,17	0,09	0,03
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,05	0,04	0,03	0,02
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	14,07	15,02	13,98	12,76
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,16	0,16	0,11	0,06
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,35	2,34	2,12	1,82
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	25,10	24,77	25,00	24,21
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,48	0,53	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	55,06	54,70	56,63	59,20
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,73	1,85	1,62	1,59
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,27	0,27	0,24	0,20
Sommatoria saturi	%	17,13	17,64	16,35	14,72
Sommatoria monoinsaturi	%	26,07	25,81	25,40	24,49
Sommatoria polinsaturi	%	56,79	56,55	58,25	60,79

Tab. 33 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido Eleonora)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,48	4,17	4,20	4,10
Sostanza secca		68,76	68,19	68,52	68,63
Estratto etereo	% s. s.	4,00	4,40	4,20	4,14
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	2,10	2,42	2,40	2,51
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	98	799	923	1100
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,33	0,30	0,37
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,08	0,08	0,07
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	0,02	0,02	0,03
Acido lattico	% s.s.	n. d.	4,73	5,04	5,61
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,18	0	0,03	0,04
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,51	0,14	0,16	0,06
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,08	0,04	0,03	0,03
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	15,53	15,26	14,67	13,10
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,14	0,18	0,12	0,06
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,13	1,98	1,85	1,38
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	24,35	23,39	23,91	22,93
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,63	0,63	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	54,62	56,41	57,52	60,92
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,40	1,56	1,35	1,20
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,28	0,25	0,24	0,20
Sommatoria saturi	%	18,52	17,51	16,80	14,67
Sommatoria monoinsaturi	%	25,46	24,51	24,33	23,21
Sommatoria polinsaturi	%	56,02	57,98	58,87	62,12

Tab. 34. Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido Hellen)

		Tempo			
		Insilamen to	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,44	4,21	4,27	4,18
Sostanza secca		69,74	70,73	69,34	69,54
Estratto etereo	% s. s.	3,25	3,54	3,39	3,36
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	1,77	2,03	2,00	2,09
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	86	725	874	1050
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,26	0,25	0,32
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,19	0,18	0,17
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	0,03	0,03	0,03
Acido lattico	% s.s.	n. d.	4,53	4,62	5,03
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,17	0	0,03	0,03
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,60	0,25	0,14	0,16
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,10	0,06	0,04	0,03
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	13,94	13,91	13,15	11,74
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,4	0,16	0,11	0,08
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,12	1,95	1,88	1,63
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	23,97	22,39	23,36	22,26
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,63	0,69	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	56,42	58,51	59,49	62,15
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,49	1,66	1,46	1,60
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,26	0,24	0,23	0,22
Sommatoria saturi	%	17,02	16,26	15,30	13,66
Sommatoria monoinsaturi	%	25,07	23,57	23,75	22,59
Sommatoria polinsaturi	%	57,91	60,17	60,95	63,75

Tab. 35 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento.(ibrido Kalibo)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,38	4,08	4,19	4,07
Sostanza secca		68,30	67,25	66,84	67,26
Estratto etereo	% s. s.	3,66	3,94	4,01	3,85
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	1,70	1,99	2,10	2,12
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	92	776	930	1130
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,29	0,19	0,31
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,08	0,08	0,08
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido lattico	% s.s.	n. d.	3,36	4,01	5,09
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,15	0	0,03	0,4
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,47	0,12	0,06	0,04
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,07	0,05	0,03	0,02
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	16,23	15,77	14,56	13,20
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,14	0,15	0,09	0,08
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,86	2,48	2,36	2,30
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	29,09	27,03	28,23	27,12
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,55	0,56	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	48,50	51,72	52,79	55,29
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,45	1,67	1,47	1,57
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,29	0,27	0,26	0,23
Sommatoria saturi	%	19,88	8,52	17,12	15,67
Sommatoria monoinsaturi	%	30,16	28,10	28,63	27,47
Sommatoria polinsaturi	%	49,95	53,38	54,26	56,86

Tab. 36 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido Kermess)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,40	4,03	4,13	4,09
Sostanza secca		68,56	69,14	67,91	67,65
Estratto etereo	% s. s.	2,80	3,24	3,37	3,31
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	1,49	1,70	1,92	1,95
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	95	816	989	1253
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,32	0,24	0,31
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,07	0,08	0,09
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	0,03	0,02	0,03
Acido lattico	% s.s.	n. d.	5,72	5,56	6,22
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,20	0	0,03	0,02
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,57	0,18	0,10	0,06
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,04	0,04	0,03	0,02
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	14,48	14,77	14,03	12,73
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,12	0,14	0,09	0,06
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,88	2,58	2,52	2,36
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	24,51	23,06	24,02	23,73
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,57	0,56	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	54,72	56,53	57,38	59,31
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,55	1,66	1,45	1,40
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,20	0,31	0,24	0,25
Sommatoria saturi	%	18,28	17,66	16,78	15,24
Sommatoria monoinsaturi	%	25,45	2,15	4,39	24,05
Sommatoria polinsaturi	%	56,27	58,19	58,83	60,72

Tab. 37 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido Lolita)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,44	4,13	4,14	4,12
Sostanza secca		71,39	70,23	70,74	71,01
Estratto etereo	% s. s.	3,21	3,94	3,79	3,66
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	1,73	2,23	2,20	2,17
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	104	783	860	1062
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,30	0,28	0,37
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,12	0,10	0,11
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	0,03	0,03	0,02
Acido lattico	% s.s.	n. d.	5,09	4,89	5,04
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,19	0	0,03	0,05
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,51	0,14	0,09	0
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,04	0,05	0,03	0,02
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	16,12	15,53	14,74	14,05
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,14	0,15	0,08	0,05
Ac. Stearico (C18 :0)	%	1,89	1,83	1,73	1,73
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	22,13	21,52	22,70	22,63
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,72	0,73	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	56,22	57,84	58,67	59,63
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,55	1,65	1,44	1,45
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,32	0,42	0,35	0,29
Sommatoria saturi	%	18,84	17,63	16,69	15,90
Sommatoria monoinsaturi	%	23,38	22,88	23,19	23,02
Sommatoria polinsaturi	%	57,78	59,48	60,11	61,08

Tab. 38 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido PR33A46)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,47	4,35	4,27	4,22
Sostanza secca		72,12	69,94	70,94	70,62
Estratto etereo	% s. s.	2,97	3,35	3,41	3,26
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	1,6	1,81	2,01	1,89
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	96	821	920	1151
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,31	0,27	0,31
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,17	0,17	0,19
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	tr	0,01	0,02
Acido lattico	% s.s.	n. d.	2,66	2,92	3,34
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,16	0	0,06	0,3
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,48	0,34	0,21	0,04
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,05	0,06	0,04	0,03
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	17,34	17,81	15,94	16,33
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,15	0,20	0,09	0,04
Ac. Stearico (C18 :0)	%	1,76	1,71	1,39	1,53
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	21,03	21,22	21,10	21,87
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,66	0,74	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	56,35	55,72	59,36	58,38
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,55	1,61	1,40	1,40
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,28	0,44	0,28	0,29
Sommatoria saturi	%	19,89	20,01	17,70	18,00
Sommatoria monoinsaturi	%	22,20	22,66	21,54	22,2
Sommatoria polinsaturi	%	57,90	57,33	60,76	59,78

Tab.39 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido PR33J24)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,50	4,35	4,34	4,25
Sostanza secca		72,47	71,54	71,29	71,81
Estratto etereo	% s. s.	3,69	4,18	4,05	4,03
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	1,96	2,30	2,33	2,33
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	ppm. sulla s. s.	103	707	839	1012
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,31	0,30	0,38
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,13	0,13	0,13
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	tr	0,01	0,03
Acido lattico	% s.s.	n. d.	2,67	2,76	3,19
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10 :0)	%	0,17	0	0,03	0,03
Ac. Laurico (C12 :0)	%	0,52	0,16	0,09	0,02
Ac. Miristico (C14 :0)	%	0,04	0,05	0,04	0,03
Ac. Palmitico (C16 :0)	%	16,06	16,33	15,00	4,51
Ac. Palmitoleico (C16 :1)	%	0,15	0,18	0,15	0,10
Ac. Stearico (C18 :0)	%	2,18	1,99	1,78	1,87
Ac. Oleico (C18 :1n9)	%	23,22	22,12	22,79	23,02
Ac. Cis Vaccenico (C18 :1n7)	%	0,68	0,67	0	0
Ac. Linoleico (C18 :2n6)	%	54,93	56,26	58,22	58,47
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,62	1,74	1,52	1,57
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,24	0,32	0,22	0,23
Sommatoria saturi	%	19,08	18,64	17,03	16,54
Sommatoria monoinsaturi	%	24,37	23,36	23,23	23,42
Sommatoria polinsaturi	%	56,55	58,00	59,74	60,04

Tab. 22 Variazioni delle caratteristiche del pastone durante l'insilamento. (ibrido Sancia)

		Tempo			
		Insilamento	2 mesi	7 mesi	12 mesi
pH	n	6,46	4,41	4,35	4,24
Sostanza secca		71,34	69,32	69,92	70,40
Estratto etereo	% s. s.	3,61	3,91	3,95	3,94
Acido linoleico sulla sostanza secca	%	1,96	2,14	2,28	2,35
Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	p. p. m. sulla s. s.	106	710	828	945
Acido acetico	% s.s.	n. d.	0,35	0,35	0,37
Acido propionico	% s.s.	n. d.	tr	tr	tr
Acido isobutirrico	% s.s.	n. d.	0,20	0,18	0,18
Acido norbutirrico	% s.s.	n. d.	tr	0,03	0,03
Acido lattico	% s.s.	n. d.	2,38	2,84	3,12
Acido grassi sul totale degli acidi grassi					
Ac. Caprico (C10:0)	%	0,19	0	0,04	0,07
Ac. Laurico (C12:0)	%	0,47	0,29	0,17	0,05
Ac. Miristico (C14:0)	%	0,04	0,05	0,03	0,03
Ac. Palmitico (C16:0)	%	14,59	15,53	14,06	1,82
Ac. Palmitoleico (C16:1)	%	0,14	0,20	0,10	0,09
Ac. Stearico (C18:0)	%	2,30	2,17	1,98	2,05
Ac. Oleico (C18:1n9)	%	23,49	22,81	23,43	22,72
Ac. Cis Vaccenico (C18:1n7)	%	0,70	0,73	0	0
Ac. Linoleico (C18:2n6)	%	56,04	55,97	58,28	60,28
Ac. Linolenico (C18:3n3)	%	1,65	1,75	1,56	1,59
Ac. Gadoleico (C20:1n9)	%	0,25	0,32	0,24	0,22
Sommatoria saturi	%	17,69	18,14	16,34	15,08
Sommatoria monoinsaturi	%	24,61	24,13	23,82	23,05
Sommatoria polinsaturi	%	57,69	57,73	59,85	61,88

12. CONCLUSIONI

Per quanto riguarda il progetto “Fonti lipidiche vegetali per il suino pesante”, primo sono stati messi a confronto tre mangimi contenenti mais a diverso contenuto di acido linoleico dovuto ad un diverso contenuto di estratto etereo della granella. Le differenze in termini di acido linoleico nei tre mangimi risultavano di circa lo 0,3% sulla sostanza secca.

Non si sono registrate differenze per prestazioni produttivi in vita ed al macello, ne’ per le caratteristiche delle carcasse e del tessuto muscolare. La composizione acidica è risultata significativamente variata: l’acido linoleico è aumentato del 12,6 al 16,3 % e il numero di iodio da 64 a 68,3.

Questo significa che gli animali che hanno ricevuto questo trattamento, sono fuori dal limite previsto dal disciplinare, sia per quanto riguarda il contenuto in acido linoleico, sia per il numero di Iodio (10% dei prosciutti con un valore oltre 70).

Non si sono registrate differenze per prestazioni produttivi in vita ed al macello, ne’ per le caratteristiche delle carcasse e del tessuto muscolare. La composizione acidica risulta significativamente variata; fra il basso linoleico ed il controllo l’acido linoleico aumenta significativamente dal 12,2 a 13,9%; per il numero di Iodio passa da, ed è significativa, da 63,6 a 65,4.

Questi risultati confermano che:

- con ibridi di mais a contenuto di acido linoleico particolarmente alto è possibile oltrepassare i limiti qualitativi imposti dal Disciplinare per la DOP Prosciutto di Parma anche rispettando i vincoli di formulazione dettati dal Disciplinare medesimo;

- anche differenze di contenuto di acido linoleico nel mais, dell’ordine dello 0,3% sulla s.s., che comportano differenze nel mangime dell’ordine dello 0,15%, possono determinare differenze significative a carico della composizione acidica e del numero di Iodio del grasso di deposito.

Per ciò che riguarda lo sviluppo di sistemi rapidi di valutazione del contenuto in acido linoleico del mais tramite tecnologia NIR, l'utilizzo di tale tecnologia, si adatta bene al fine di rendere disponibile agli allevatori e ai produttori di alimenti un sistema rapido di valutazione del contenuto in acido linoleico in partite di mais di origine non conosciuta in tempi compatibili con un immediato utilizzo.

Le prestazioni della calibrazione in oggetto, testimoniano accurate predizioni per l'E.E. e per gli acidi grassi di rilievo oggetto di studio.

Allo scopo di rendere più flessibile l'uso in ambito commerciale della calibrazione, sarà necessario testare la stessa con miscele di ibridi commerciali, che rappresentano la realtà produttiva, ed eventualmente aggiornare e migliorare la calibrazione in questo senso.

Per la scelta dei campioni da utilizzare nell'ulteriore sviluppo della calibrazione si utilizzerà il metodo delle componenti principali PCA (Principal Components Analysis), metodo per cui si scelgono i campioni in base al loro spettro e mediante l'uso di due algoritmi. Il primo serve per escludere i campioni con spettro anomalo ($GH > 3$, dove H è la distanza standardizzata di Mahalanobis). Il secondo è applicato ai campioni così selezionati, eliminando quelli con spettro troppo simile ($NH < 0.6$).

Su questi campioni così selezionati si procederà alla determinazione per via umida dei componenti analitici, ed i relativi spettri NIR verranno aggiunti alla calibrazione esistente.

Per il discorso, effetti dell'insilamento sulla composizione acidica della granella di mais, è degno di nota il fatto che non si ha comparsa di acidi grassi diversi da quelli contenuti nelle granelle secche, si ha però una chiara tendenza all'aumento dell'estratto etereo e del contenuto di acido linoleico, che negli insilati sperimentali aumenta del 10% circa; si ipotizza che lo sviluppo della massa microbica a scapito di carboidrati e proteine, notoriamente insatura nelle sue membrane, possa essere la causa di tale fenomeno.

BIBLIOGRAFIA

A.O.A.C., 1990: (Association of Official Analytical Chemists) 15: 937.

Ashgar A., Gray J. I., Booren A. M., Gomaa E. A., Abouziied M. M., Miller E. F. and Buckley D. J., 1991. Effect of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of α -tocopherol in the muscle and on pork quality.

Bochicchio D., Faeti V., Marchetto G., Poletti E., Maranesi M., Mordenti A.L., Della Casa G., 2005. Effect of feeding partially hydrogenated lard on trans-fatty acid content of muscle and backfat of heavy pigs. *Meat Sci.*, 71: 651–656.

Bontempo V., Baldi A., Dell'Orto V., 1997. Utilizzo di differenti forme di vitamina E nella dieta della bovina. *Large Animal. Rev.*, 3 (3): 39-45.

Buckley B. J., Morrissey P. A. and Gray J. I., 1995. Influence of dietary Vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J. Anim. Sci.*, 73: 3122-3130.

Buettner G.R. and Jurkiewicz B.A., 1996. *Rad. Res.*, 145: 532.

Burton G. W., Joyce A. and Ingold K. U. (1983): *Arch. Biochem. Biophys.*, 221, 281.

Caleffi A. e Broccaioli A., 1978. Prove di alimentazione di suini all'ingrasso utilizzando pastone di pannocchia. Opuscolo edito dall'Istituto Superiore Lattiero Caseario di Mantova.

Caleffi A. e Broccaioli A., 1982. Il pastone di pannocchia conservato in silos con estrazione dall'alto nell'ingrasso dei suini. Opuscolo edito dall'Istituto Superiore Lattiero Caseario di Mantova.

Cannon J.E., Morgan J.B., Schmidt J.R., Delmore R.J., Sofos J.N., Smith G.C. and Williams S.N., 1995. Proc. 41st Int. Congr. Meat Sci. Technol., San Antonio, TX, 370.

Cantoni A.M., Corradi A. e Gabbi C., 1988. Atti XLII Conv.Naz. S.I.S. Vet., Mantova 29-30 Sett. - 1 Ott., Parte I, 521

Centoducati P., Braghieri A., Melodia L. e Tateo A., 1996. Qualità della carne ovina in funzione dell'età di macellazione e del livello nutritivo della razione. In:

"Atti del XII Congresso Nazionale S.I.P.A.O.C.", Varese, 22-24 ottobre 1996: 141-144.

Chan K. M. and Decker E. A. (1994): Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 34, 403.
Chizzolini R., Dazzi G., Campanini G., Madarena G., Campesato E. e Cannizzaro C., 1989. 35th Int. Cong. Meat Sci. Technol., Copenhagen 20-25 Agosto, 1047.

Christie W.W. and Moore J.H., 1969. The effect of dietary copper on the structure and physical properties of adipose tissue triglycerides in pigs. Lipids, 4: 345.

Coelho M.B., 1992. Vitamin stability in premixes and feeds: a practical approach. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Rochester NY, Basf Symposium, 44.

Coppack S.W., 1999. Glycerol and nonesterified fatty acid metabolism in human muscle and adipose tissue in vivo Am. J. Physiol. 276 (Endocrinol Metab. 39): E233-E240.

Decker E.A., Crum A.D., Shanta N.C. and Morrissey P.A., 1993. J. Food Sci., 58: 233.

Della Casa G., Cavuto S., Poletti E., Campanelli G. and Marchetto G., 1997. Use of hydrogenated fats in the finishing period to improve the fat quality of heavy pigs fed with full fat soyabean in the growing period. Zootecnia e Nutrizione Animale, 4: 207-219.

Della Casa G., Fabbri R., Bergonzini E., Gigli S. e Rosi M.A., 1990. Soia Integrale fioccata nell'alimentazione del suino pesante. In: Caratteristiche del grasso sottocutaneo e stagionatura dei prosciutti. Ann. Ist. Sper. Zootec., 23(1-2): 99.

Della Casa G., Fabbri R., Bergonzini E., Gigli S., Rosi M.A., 1991. Soia integrale fioccata nell'alimentazione del suino pesante. III - Caratteristiche del grasso sottocutaneo e stagionatura dei prosciutti. Suinicoltura, 32(3): 87-92.

Della Casa G., Panciroli A., Cavuto S., Faeti V., Poletti E., Calderone D. and Marchetto G., 1999. Effects on pig fat quality of partially hydrogenated lard fed to growing-finishing heavy pigs. Zootecnia e Nutrizione Animale, 25: 51-62.

Dell'Orto V. e Sgoifo Rossi C.A., 2000. Aspetti nutrizionali e gestionali per la produzione di carne bovina di qualità. L'Informatore Agrario, 14: 45-56.

Dirinck P. and De Winne A., 1995. Effet des taux élevés de supplémentation en vitamine E sur la qualité sensorielle des viandes de porc. Journées Rech. Porcine en France, 27: 323-328.

Dirinck P. and De Winne A., 1995. Effet des taux élevés de supplémentation en vitamine E sur la qualité sensorielle des viandes de porc. Journées Rech. Porcine en France, 27: 323-328.

Duthie G. G., Wahle K. W. J. and James W. P. T., 1989. Oxidants, antioxidants and cardiovascular disease. Nutr. Res. Rev., 2: 51-52.

Engberg R.M., Lauridsen C., Jensen S.K. and Jacobsen K., 1996. Poultry Sci. 75: 1003.

Engeseth N.J., Gray J.I., Booren A.M. and Ashgar A., 1993. Meat Science 48: 1.

Enser M., 1991. Animal carcass fats and fish oils. In "Analysis of Oilseeds, Fats and Fatty Foods". J.B. Rossell and J.L.R. Pritchard Ed., 329. Elsevier Applied Science, London and New York.

Galvin K., Morrissey P.A. and Buckley D.J., 1997. Br. Poultry Sci., 38: 499.

Gaspari F., Giardini A. e Vecchietini M., 1977. La conservazione in silo dei foraggi e delle granelle umide dei cereali foraggeri. Atti dell'Incontro di Aggiornamento e di Studio sull'utilizzazione dei cereali foraggeri nella produzione della carne. Bologna, 11 marzo 1977. Accademia Nazionale dell'Agricoltura.

Givens D.I., de Boever J.L. & Deaville E.R., 1998. The principles, practices and some future applications of near infrared spectroscopy for predicting the nutritive value of foods for animals and humans. Nutrition Research Reviews, 10: 83-114.

Gunstone F.D, Harwood J.L and Padley F.B., 1986. The lipid handbook, Chapman & Hall Eds., London-New York, 453-457.

Hadden J.W., 1987. Neuroendocrine modulation of the thymus-dependent immune system. Ann. N. Y. Acad. Sci., 496: 39.

Halliwell B. and Chirico S., 1993. Am. J. Clin. Nutr., 57: 715S.

Halliwell B., Murcia M.A., Chirico S. and Aruoma A., 1995. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 35: 7.

Hardy B. and Frappe D.L., 1983. "Micronutrients and Reproduction" Hoffmann-LaRoche, Basel., 1895.

Hidiroglou M. and Karpinski K., 1987. Vitamin E kinetics in the sheep. *Br. J. Nutr.*, 58: 113.

Hidiroglou M. and Singh K., 1991. Plasma α -tocopherol profiles in sheep after oral administration of oil- α -tocopheryl acetate and d- α -tocopheryl succinate. *J. Dairy Sci.*, 74: 2718.

Hidiroglou N. and Mc Dowell L.R., 1987. Plasma and tissue levels of vitamin E in sheep following intramuscular administration in an oil carrier. *Int. J. Vitam. Res.*, 57: 261.

Hidiroglou N., Laflamme L.F. and Mc Dowell L.R., 1988a. Blood plasma and tissue concentrations of vitamin E in beef cattle as influenced by supplementation of various tocopherol compounds. *J. Anim. Sci.*, 66: 3227.

Hidiroglou N., Mc Dowell L.R. and Pastrana R., 1988b. Bioavailability of various vitamin E compounds in sheep *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 58: 189.

Hidiroglou N., Mc Dowell L.R., Papas A.M., Antapi M. and Wilkinson N.J., 1992. Bioavailability of vitamin E compounds in lambs. *J. Anim. Sci.*, 70: 2556.

Hymowitz T., Dudley J.W., Collins F.I. and Brown C.M., 1974. Estimations of protein and oil concentration in corn, soybean and oat seed by near-infrared light reflectance. *Crop Sci.*, 14: 713–715.

Irie M. and Nashimura K., 1986. Effects of feeding period and dietary levels of kapok meal on porcine fat. *Jap. J. Swine Science*, 23 (4): 184.

Istituto Parma Qualità. "Prosciutto di Parma" Denominazione di Origine Protetta. Sistema di controllo e schema di autocertificazione. Manuale n.1. Adempimenti e prescrizioni dei soggetti interessati al sistema di controllo. Langhirano (PR).
J. Sci. Food Agric, 57: 31-41.

Jensen M.O., 2002. Energetics of glycerol conduction through aquaglyceroporin GlpF. *PNAS*.

Keher J. P., 1993. *Crit. Rev. Toxicol.*, 23: 21.

Keher J.P. and Smith C.V., 1994. In "Natural antioxidants in health and disease". B. Frei ed., 25. Academic press, London.

Kozono D., 2002. Aquaporin water channels: atomic structure and molecular dynamics meet clinical medicine. *The journal of clinical investigation*.

Lercker G., 2005. L'ossidazione delle sostanze grasse. In "Alimenti e salute. I nutrienti strategici". Cocchi M. e Mordenti A.L. ed., 419-436. CLUEB Editrice, Bologna.

Liu Q., Lanari M.C. and Schaefer D.M., 1995. *J. Anim. Sci.*, 73: 3131.

Machlin L.J., 1984. In: "Handbook of vitamins". Machlin L.J.ed., Dekker, New York, 99-145.

Manfredini M., 1992. Produzione qualitativa e cause di variabilità. In: "Ovinicoltura" UNAPOC, Roma: 189-198.

Martillotti F., Antogiovanni M., Rizzi L., Santi E., Bittonte G., 1989: "Metodi di analisi per la valutazione degli alimenti d'impiego zootecnico" Quaderno Metodologico n°8, C.N.R.-I.P.R.A., Roma.

Maynard L.A., Loosli J.K., Hintz H.F. and Warner R.G., 1979. "Animal Nutrition" 7th ed. McGraw-Hill, New York, 283-355.

Mc Laren K., 1980. In "Developments in food colours - 1" J. Walford ed., 27. Applied Sci. Publ., London.

McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., 1992. "Nutrizione Animale", Traduzione dall'inglese 4th ed. di Albin M., revisione di Piana G. Tecniche Nuove, Milano.

McDowell L.R., 1989. "Vitamins in Animals Nutrition: Comparative Aspects to Human Nutrition". Dept. of Animal Science, University of Florida, Gainesville. Academic Press, Inc. San Diego, California.

McMurray C.H., Rice D.A. and Blanchflower W.J., 1980. *Proc. Nutr. Soc.*, 39: 65 (abstr.).

Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato, 1993. Decreto Ministeriale 18 dicembre 1993: Approvazione delle prescrizioni produttive di cui all'art. 4 della legge 13 febbraio del 1990 n°26 concernenti le razze, l'alimentazione e l'allevamento dei suini destinati al circuito della produzione tutelata per la preparazione del Prosciutto di Parma.

- Monahan F.J., Ashgar A., Gray J.I., Buckley D.J. and Morrissey P.A., 1992. Influence of dietary vitamin E (α -tocopherol) on the color stability of pork chops. Proc. 38th Int. Congr. Meat Sci. Technol., Clermont Ferrand, 543-546.
- Monahan F.J., Gray J.I., Ashgar A., Haug A., Strasburg G.M., Buckley D.J. and Morrissey P.A., 1994. J.Agric. Food Chem., 42-59.
- Monahan F.J., Gray J.I., Booren A.M., Miller E.R., Buckley D.J., Morrissey P.A. and Gomaa E.A., 1992b. J.Agric. Food Chem., 40: 1310.
- Mordenti A. e Santoro P., 1979. Utilizzazione delle granelle umide di cereali (pastoni) nel razionamento dei suini all'ingrasso. Selezione Veterinaria, 20(4): 459-476.
- Mordenti A., Piva G. and Della Casa G., 1994. Nutrition and fat quality in the heavy pig. Ital. J. Food Sci., 2: 141-155.
- Mordenti A., Rizzitelli N., Cevolani D., 1992. Pastoni di mais. In "Manuale di alimentazione del suino". Ed agricole, Bologna.
- Morrissey P.A., Quinn P.B. and Sheehy P.J.A., 1994. Proc. Nutr. Soc., 53: 571.
- Morrissey P.A., Sheehy P.J.A., Galvin K., Kerry J.P. and Buckley D.J., 1998. Lipid stability in meat and meat products. Meat Science, 49: S73- S86.
- Mourot J., 1994. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. Livestock production science.
- Murphy T.K., Lynch P.B., Buckley D.J., Monahan F.J. and Morrissey P.A., 1991. Proc. 37th Int. Congr. Meat Sci. Technol., Kulmbach, Germany, 1269.
- Norris K.H., 1989. Introduction - definition of NIRS analysis. In: Marten G.C., Shenk J.S. and Barton F.E., II ed. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality. USDA, Washington D.C., Agriculture Handbook No.643: 6.
- Norris K.H., Barnes R.F., Moore J.E. and Shenk J.S., 1976. Prediction of forage quality by infrared reflectance spectroscopy. Journal of Animal Science, 43: 889-887.
- NRC, 1988. "Vitamin Tolerance of Animals". National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C.

Orman B.A. and Schumann R.A. Jr, 1992. Nondestructive single-kernel oil determination of maize by near-infrared transmission spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69:1036-1038.

Pacchioli M. T., Virgili R., Della Casa G. and Rossi A., 2006. Dry cured ham production chain: raw material production factors relevant for ham's quality traits. In "International Dry-Cured Meat Congress, Oslo 7 June, 2006.

Packer L. and Kagan V.E., 1993. In "Vitamin E in health and disease", L. Packer and J. Fuchs ed., 179. Marcel Dekker inc., New York.

Packer L., 1993. In "New developments in lipid protein interactions and receptor function", K.W.A. Wirtz, L. Packer, J. Gustafsson, A.E. Evangelopoulos and J.P. Changeux ed., 297. Plenum Press, New York.

Panella F., Morbidini L., Sarti F.M. e Sarti D.M., 1995. Caratteristiche delle carcasse e qualità delle carni ovine, con particolare riferimento alla razza merinizzata - In: Atti del Convegno: "L'allevamento ovino e caprino in Basilicata: orientamento, attività selettive e patologie", Latronico (PZ), 14 dicembre: 41-70.

Panganamala R.V. and Cornwell D.C., 1982. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 393: 376-391.

Paniangvait P., King A.J., Jones A.D. and German B.G., 1995. *J. Food Sci.*, 60: 1159.

Parigi-Bini R., 1978. *Insilati di mais. Produzione, conservazione, caratteristiche nutritive ed utilizzazione zootecnica.* A cura della Asgrow Italia. Lodi.

Pawlowski N.E., Hendriks J.D., Bailey M.L. and Nixon J.S., 1985. Structural-bioactivity relationship for tumour promotion by cyclopropenes. *J. Agric. Food Chem.*, 33: 767.

Phelps R.A., Shenstone F.S., Kemmerer A.R. and Evans R.J., 1965. A review of cyclopropenoid compounds: biological effects of some derivatives. *Poultry Sci.*, 44: 358.

Piva G., 1984. I pastoni di cereali. *Suinicoltura*, 25(6): 35-38.

Piva G., Ferrarini F., Morlacchini M., Varini G, Grandini A., Mandolini F., 1991. Il pastone di granella di mais nell'alimentazione del suino pesante. Atti del Convegno Nazionale: "Parliamo di...produzione e trasformazione della carne suina". Fossano 17-18 ottobre 1991, 115-124.

Piva G., Santi E., Carini E.e Dellaglio F, 1983. Pastone di mais: accorgimenti per migliorarne la conservazione e l'utilizzazione. *Suinicoltura*, 24(9): 59-62.

Rentfrow G., Sauber T.E., Allee G.L and 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 Science*, 64: 459-466.

Rinne R.W., Gibbons S., Bradley J., Seif R. and Brim C.A., 1975. Soybean protein and oil percentages determined by infrared analysis. *ARS/USDA, North Central Bull.*, Peoria, 26: 1-4.

Salimei E., Dell'orto V. e Bucci V., 1992. Studio di alcune caratteristiche di mangimi completi *L'Informatore Agrario*, 28: 27.

Sañudo C., Santolaria M.P., María G., Osorio M. and Sierra I., 1996. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production system. *Meat Science*, 42: 195-202.

Scott M.L., 1980. *Fed. Proc., Fed. Am. Soc. Exp. Biol.*, 39: 2736-2739.

Scott M.L., Nesheim M.C. and Young R.J., 1982. "Nutrition of the Chicken" Scott ed. Ithaca, New York, 119-276.

Sheehy P.J.A., Morrissey P.A. and Flynn A., 1991. *Br. Poultry Sci.* 32: 391.

Sheehy P.J.A., Morrissey P.A. and Flynn A., 1994. *Br. J. Nutr.* 71: 53.

Sies H. and Sthal W.M., 1995. *Am. J. Clin. Nutr.*, 62: 1315S.

Sies H., Sthal W.M. and Sundquist A.L., 1992. *Ann. New York Acad. Sci.*, 669: 7.

Sisk H.M., Molloy P.A., Morrissey P.A. and Buckley B.J., 1994. *Proc. Nutr. Soc.*, 54: 13A.

Sitrin M.D., Liberman F., Jensen W.E., Noronha A., Milburn C. and Addington W., 1987. *Ann. Intern. Med.*, 107: 51-54.

Smith L.L., 1992. In: *Biological effects of cholesterol oxides*. S.K. Peng and R.J. Morin ed., 7-31. CRC Press, Boca Raton, Fl.

- Stahly T.S., 1984. Use of fats in diets for growing pigs. In "Fats in Animal Nutrition". J. Wisemann ed., 313. Butterworths, London.
- Staprans I., Rapp J. H., Pan X. M., Kim K. Y. and Feingold K. R., 1994. *Arterioscler. Thromb.*, 14 (12): 1900-1905.
- Stocker R., Bowry V.W. and Frei B. 1991. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 88: 1646.
- Thurnham D.I., 1990. *Proc. Nutr. Soc.*, 53: 77.
- Ullrey D.E., 1981. *J. Anim. Sci.*, 53: 1039-1056.
- Valoti P. e Motto M., 2002. I mais speciali. *Sementi Elette*, 48(1-2): 48-54.
- Velasco L., Pérez-Vich B. and Fernández-Martínez J.M., 1999. Nondestructive screening for oleic and linoleic acid in single sunflower achenes by near-infrared reflectance spectroscopy. *Crop. Sci.*, 39: 219-222.
- Vergara H. and Gallego L., 1999. Effect of the suckling and length of lactation period on carcass and meat quality in intensive lamb production systems. *Meat Sci.*, 53: 211-215.
- Wen J., Morrissey P.A., Buckley D.J. And Sheehy P.J.A., 1997. *Meat Science*, 47: 301.
- Williams P.C. & Norris K.H., 1987. Near Infrared Reflectance Technology in the agricultural and food industry. American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, Minnesota, 1-143.
- Wood J. D. and Enser M., 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British J. Nutr.*, 78 supp.(1): S49-S60.
- Wood J.D., 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In "Fats in Animal Nutrition". J. Wisemann ed., 407-435. Butterworths, London.
- Wood M., 1981. Conveniente il mais umido nell'alimentazione dei suini. *L'informatore Agrario*, 37(23): 21311-21313.
- Young L.G., Lun A., Pos J., Frshaw R.P. and Edmeades D. E., 1975. *J. Anim. Sci.*, 40: 495-499.

RINGRAZIAMENTI

Prima di tutto, mi premeva fare un ringraziamento alla memoria del Prof. Archimede Mordenti, referente scientifico di molti dei progetti che hanno permesso la realizzazione di questa tesi, sempre pronto ad indicare la giusta direzione nel risolvere qualsiasi problema di carattere scientifico e a trasmettere entusiasmo in ciò che si faceva, ma che anche sapeva dare consigli, quasi da padre, data l'esperienza e l'elevata umanità che lo distingueva.

Ringrazio, poi, il Prof. Andrea Formigoni, per avermi accolto sotto la sua ala e per avermi dato l'opportunità e la disponibilità di portare a compimento questo lavoro.

La tesi, per ciò che riguarda la fase relativa agli animali, la coltivazione di mais utilizzati per le razioni e la predisposizione dei minisilos sperimentali, è stata svolta presso il C.R.A., Istituto Sperimentale per la Zootecnia Sezione Operativa di Modena; ringrazio, quindi, il Direttore Dr. Giacinto della Casa, referente scientifico di molti dei progetti coinvolti, Davide, con cui ho condiviso dei bei periodi portando avanti i progetti dal punto di vista analitico e tutto il restante personale coinvolto per il lavoro svolto a tutti i livelli.

Le partite di mais, monitorate per le caratteristiche della frazione lipidica e utilizzate per la calibrazione dello strumento NIR, provenivano dall'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura Sezione di Bergamo, che si è occupato degli aspetti genetici di selezione e agronomici, ringrazio quindi, il Dr. Alberto Verderio e tutti i suoi collaboratori in questo progetto.

Ringrazio anche l'ARAL, la Regione Lombardia, il CRPA e tutti quelli coinvolti in questi progetti, che in qualche maniera, hanno fornito materiale per questa tesi.

Ringrazio sentitamente Andrea Panciroli, senza di cui, la fase delle determinazioni analitiche e della messa a punto della calibrazione NIR, non

sarebbe stata possibile; tale parte è stata svolta presso i laboratori della sezione di Zootecnia Nutrizione e Alimenti del Dipartimento di Morfofisiologia e Produzioni Animali dell'Università di Bologna, per cui, ringrazio tutto il personale e gli altri ragazzi per avermi sopportato e aiutato, con cui ho condiviso momenti anche molto divertenti.

Ringrazio, infine, il Prof. Lercker per le preziose indicazioni durante la mia formazione sulle tecniche analitiche apprese, in campo di lipidi, e appunto, ringrazio il gruppo "lipidi" con i quali ho condiviso un bel periodo, all'inizio di questa esperienza, presso i laboratori di Villa Americi, del campus di Scienze degli Alimenti di Cesena, dove ho avuto la fortuna di incontrare Alegria, la quale dovrò sempre ringraziare per il sostegno morale attraverso il buon umore e l'entusiasmo profuso, dal momento in cui l'ho conosciuta.