

Effetto dell'integrazione alimentare di differenti estratti vegetali contenenti composti fenolici nel coniglio: prestazioni produttive e qualità della carne

Raffaella Cardinali¹, Alessandro Dal Bosco², Cecilia Mugnai³, Simona Mattioli², Silvia Ruggeri², Antonella Dalle Zotte⁴, Marco Cullere⁴, Luciano Morbidini², Cesare Castellini²

¹Mignini & Petrini spa; ²Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Perugia; ³Facoltà di Bioscienze e Tecnologie Agro-alimentari, Università di Teramo; ⁴Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute, Università degli Studi di Padova

«DIETARY SUPPLEMENTATION OF DIFFERENT PLANT EXTRACTS CONTAINING PHENOLIC COMPOUNDS IN RABBITS: PERFORMANCE AND MEAT QUALITY»

Summary. The present experiment studied the effect of dietary supplementations with oregano, rosemary and oregano+rosemary on rabbit growth performance and meat quality. Five groups of forty New Zealand White (NZW) weaned rabbits were submitted to the following dietary treatments: Standard diet (S); Standard diet +150 ppm vitamin E (E); Standard diet + 0.2% oregano extract (O); Standard diet + 0.2% rosemary extract (R); Standard diet + 0.1% oregano extract + 0.1% rosemary extract (OR). Each diet contained integrations of: 50 ppm vitamin E, CLA 0.5% (from soy oil), 3% Omega Lin[®] (Mignini & Petrini) and 0.5% mixed vitamins. Rabbits were slaughtered at 80 d of age and slaughter yield and carcass traits were determined. On *Longissimus dorsi* (LD) muscle, the ultimate pH was measured, the cooking loss and the Water Holding Capacity (WHC) were estimated, the L*, a* and b* color parameters and the antioxidant status (TBARs) were measured. The body weight, which was recorded at 80 days of age, was higher in O and OR groups (2344 g and 2368 g, P<0.05) compared to the other dietary treatments; O group recorded the best DWG (24.26 g/d, P<0.05), FCR (2.59, P<0.05) and carcass weight (1425 g, P<0.05). The best carcass yield was recorded for dietary groups integrated with aromatic essences. The S group showed the highest value for cooking loss (P<0.05), thus highlighting the importance of a dietary integration with antioxidants to preserve the integrity of the muscle membranes. Analyzing the color parameters, only the red index "a*" reached the statistical significance. Specifically, it showed the lowest values for O and OR groups, as it is desirable for rabbit meat. Concerning the oxidative stability of the meat, groups E and O showed lower MDA contents compared to the other dietary treatments (P<0.05). In conclusion, a dietary supplementation with natural extracts showed positive effects on rabbits' performances and some meat quality parameters.

Key words: Rabbit, oregano, rosemary, performance, meat quality

Riassunto. La presente prova sperimentale ha analizzato l'effetto dell'integrazione alimentare con origano, rosmarino e loro combinazione sulle prestazioni produttive e sulla qualità della carne di conigli in accrescimento. Per la prova sono stati utilizzati 200 conigli di razza Bianca di Nuova Zelanda che, allo svezzamento, sono stati divisi in cinque gruppi omogenei per peso vivo e sottoposti ai seguenti trattamenti alimentari: dieta Standard (S); dieta standard +150 ppm di vitamina E (E); dieta standard + 0,2% estratto di origano (O); dieta standard + 0,2% estratto di rosmarino (R); dieta standard + 0,1% estratto di origano +0,1% estratto do rosmarino (OR). Ciascuna dieta conteneva un'integrazione di 50 ppm di vitamina E, CLA 0,5% (estratto da olio di soia), 3% OmegaLin[®] (Mignini &

Petrini) e 0,5% complesso vitaminico. 8 conigli/gruppo sono stati macellati all'età di 80 giorni e successivamente è stata calcolata la resa alla macellazione ed analizzati alcuni parametri della carcassa. Sul muscolo *Longissimus dorsi* (LD) sono stati misurati il pH, il colore (CIE L*, a*, b*) e lo stato ossidativo (TBARs); sono inoltre stati calcolati il calo cottura e la capacità di ritenzione idrica (WHC). Il peso vivo raggiunto a 80 giorni d'età è stato superiore nei gruppi O e OR (2344 g e 2368 g, P<0,05); inoltre il gruppo O ha fatto registrare i migliori valori relativi all'accrescimento medio giornaliero (24,26 g/d, P<0,05), all'indice di conversione alimentare (2,59, P<0,05) e peso della carcassa (1425 g, P<0,05). La resa alla macellazione è stata influenzata dalle integrazioni alimentari con estratti vegetali, facendo registrare in questi gruppi i migliori risultati. La percentuale del calo cottura è risultata superiore solo nel gruppo S, evidenziando quindi l'importanza di un'integrazione alimentare con antiossidanti per preservare l'integrità delle membrane muscolari. Analizzando i parametri del colore, solo l'indice del rosso "a*" ha raggiunto la significatività statistica e nei gruppi O e OR sono stati registrati i valori più bassi, come auspicabile per la carne di coniglio. Analizzando lo stato ossidativo, la concentrazione di MDA più bassa è stata osservata a carico dei gruppi E ed O (P<0,05). In conclusione, l'integrazione alimentare con estratti vegetali ha mostrato effetti benefici sulle prestazioni produttive e su alcuni parametri qualitativi della carne di coniglio.

Parole chiave: Coniglio, origano, rosmarino, prestazioni produttive, qualità della carne

Introduzione

L'industria alimentare ha utilizzato per oltre 50 anni antiossidanti sintetici (1), ma le ultime ricerche in questo settore hanno dimostrato l'esistenza di un alto rischio per la salute umana. Inoltre, Barlow riporta che il consumatore moderno preferisce l'utilizzo di ingredienti "naturali" e questo ha orientato la ricerca verso lo studio di estratti ottenuti da piante aromatiche da utilizzare come antiossidanti alternativi (2). Una delle principali cause del deterioramento della carne è ascrivibile all'ossidazione dei lipidi, che induce profondi cambiamenti sul *flavor*, la *texture* ed il valore nutrizionale (3). Anche il colore della carne è un importante parametro di scelta dal momento che il consumatore lo relaziona con la freschezza. L'uso di alcune erbe e spezie (rosmarino, salvia, tè verde, aglio, cannella, noce moscata e petali di rosa) potrebbe essere quindi considerato come strumento per il miglioramento della *shelf-life* della carne che risulta particolarmente vulnerabile all'ossidazione (4), considerando al tempo stesso che non vanno a modificare negativamente né le caratteristiche fisiche né quelle sensoriali della carne. Al rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.) è stato attribuito un effetto antiossidante (5, 6) e per ciò è ampiamente usato nell'alimentazione animale come fonte naturale di polifenoli. I prodotti a base di rosmarino possono essere composti dalle sole foglie, dall'olio essenziale, dalle foglie distillate o dall'estratto della seconda distillazione con differenti solven-

ti. Molte prove sperimentali sono state effettuate al fine di migliorare la qualità della carne di diverse specie (7-12). Diete integrate con rosmarino sembrano inibire i processi ossidativi della carne, soprattutto la lipo-ossidazione, ed in minor misura la crescita microbica. Alcuni autori riportano inoltre alcune differenze relative al contenuto di polifenoli in piante di rosmarino coltivate o selvatiche e a diversi stadi vegetativi (13). L'origano (*Oregano vulgare* L.) è una pianta aromatica largamente coltivata in tutta l'area del Mediterraneo (14). L'olio essenziale di origano possiede proprietà antimicrobiche (15), antifunginee (16) ed antiossidanti (17) attribuibili ai suoi componenti fondamentali che sono il carvacrolo, il timolo e i loro precursori il α -terpinene e il p-cimene. Essi esplicano la loro azione biologica sulle cellule sia a livello fisiologico che metabolico: rendono le membrane batteriche permeabili (15) e interagiscono con i lipidi di membrana convertendo i radicali idrossilici in molecole più stabile (18). L'origano è stato utilizzato per migliorare sia le performance degli animali allevati che la qualità della loro carne. Diete integrate con olio di origano hanno migliorato le performance nel maiale (19) e nel pollo (20), mentre in altri casi studio sembra non aver indotto alcun beneficio (21-23). Comunque, diete integrate con origano hanno migliorato le caratteristiche della carne, sia dopo la macellazione che durante la conservazione, nelle pecore (22), nel pollo (24) e nel coniglio (25), riducendo al tempo stesso le emissioni di odori negli allevamenti intensivi (26).

Lo scopo di questo studio è stato quello di analizzare l'effetto dell'integrazione alimentare con origano e rosmarino e loro associazione, rispetto ad una dieta standard ed una con l'aggiunta di vitamina E, sulle performance e sulla qualità della carne di coniglio.

Materiali e metodi

Il protocollo sperimentale è stato messo a punto seguendo le linee guida del comitato animale dell'Università degli Studi di Perugia e lo studio è stato eseguito presso la sezione sperimentale avicunicola del Dipartimento di Biologia Applicata. Un totale di 200 coniglietti di razza bianca di Nuova Zelanda, svezzati a 30 giorni d'età, omogenei per sesso e peso, sono stati sottoposti ai seguenti trattamenti alimentari fino a 80 giorni d'età:

- dieta Standard (S);
- dieta standard +150 ppm di vitamina E (E);
- dieta standard + 0,2% estratto di origano (O) (Phenbiox®);
- dieta standard + 0,2% estratto di rosmarino (R) (Phenbiox®);
- dieta standard + 0,1% estratto di origano +0,1% estratto di rosmarino (OR) (Phenbiox®).

Ciascuna dieta conteneva un'integrazione di 50 ppm di vitamina E, 0,5% di CLA (estratto da olio di soia), 3% di OmegaLin® (Mignini & Petrini) e 0,5% di complesso vitaminico. Tutti gli animali alloggiavano in gabbie singole (600 x 250 x 330 mm). Il programma alimentare è stato regolato in base ai risultati ottenuti da precedenti prove sull'ingestione volontaria di alimento. L'acqua è stata somministrata *ad libitum*. La temperatura ambientale ed il programma luce in allevamento è stato di 15-18°C e 16L:8B, rispettivamente.

Giornalmente è stato registrato il consumo di mangime e l'eventuale residuo, per il calcolo dell'Indice di Conversione Alimentare (ICA).

Settimanalmente tutti i soggetti sono stati pesati ed è stato calcolato l'Accrescimento Medio Giornaliero (AMG).

I soggetti morti sono stati registrati e sottoposti ad esami anatomo-patologici.

Otto conigli/gruppo sono stati sacrificati a 80 giorni di età ed il peso della carcassa è stato determinato seguendo le linee guida di Blasco e Ouhayoun (27).

Dopo la refrigerazione (24 h a +4°C) delle carcasse, è stato isolato il muscolo *Longissimus dorsi* (LD) e, successivamente, sono stati separati sia il tessuto connettivo che quello adiposo.

Analisi chimiche

Il pH è stato misurato dopo 24 ore *post mortem*, con un pHmetro Knick digitale (Broadly Corp. Santa Ana CA, USA), dopo l'omogeneizzazione di 1 g di muscolo con iodoacetato (28). Per valutare il calo cottura, campioni di muscolo del peso di 20 g sono stati posti in contenitori di alluminio aperto e cotti in un forno elettrico (pre-riscaldato a 200°C) per 15 min, fino al raggiungimento della temperatura interna di 80°C (29). Il calo cottura è stato stimato come la percentuale del peso dei campioni cotti (raffreddati per 30 minuti a 15°C) rispetto al peso dei campioni freschi.

La capacità di ritenzione idrica (WHC) è stata stimata in seguito alla centrifugazione di 1g di muscolo per 4 minuti a 1.500 x g (30). L'acqua rimanente dopo la centrifugazione è stata quantificata essiccando il campione per tutta la notte a 70°C. La WHC è stata calcolata come segue: (peso del campione dopo la centrifugazione - peso dopo l'essiccamento) x 100/peso iniziale.

I parametri del colore sono stati determinati sul muscolo utilizzando un analizzatore tristimolo (Minolta Chroma Metre CR-200, Azuchi-Macgi Higashi-Ku, Osaka 541, Japan) con CIElab color System (1976), il quale dà la media di tre successive misurazioni della luminosità (L*), parametro del rosso (a*) e del giallo (b*).

Il grado di perossidazione lipidica del muscolo è stato valutato mediante spettrofotometro (impostato a 532 nm, Hitachi U-2000), misurando l'assorbanza delle sostanze reattive all'acido Tiobarbiturico (TBARS) e usando una curva di calibrazione con 1,1,3,3, tetraetossipropano secondo la metodica modificata di Ke et al. (31). I risultati sono stati espressi in mg di malondialdeide/kg muscolo.

Analisi statistica

I dati sono stati elaborati mediante procedura GLM di STATA (32), basato su un modello lineare per valutare l'effetto fisso del trattamento alimentare.

Risultati e discussione

In Tabella 1 sono riportate le prestazioni produttive dei conigli sottoposti a sperimentazione.

Il conigli appartenenti ai gruppo O e OR hanno raggiunto il peso più elevato a fine prova, facendo registrare al tempo stesso i migliori accrescimenti medi giornalieri. Il gruppo O presenta il migliore indice di conversione alimentare ($P < 0,05$) non hanno evidenziato alcuna differenza significativa tra i gruppi in seguito ad un'integrazione alimentare del 10 e del 15% semi di *Salvia hispanica* L. riguardo al peso alla macellazione, all'accrescimento medio giornaliero ed all'indice di conversione alimentare (33). Neanche Yalçin et al., analizzando un'integrazione del 10, 20 e 30% di semi di vecchia, hanno ottenuto risultati significativi

sulle performance (34), così come Dal Bosco et al. con un'integrazione di 8% di semi di lino estruso (35).

La percentuale di mortalità registrata (un unico caso nel gruppo Origano) è attribuibile a problemi enterici; tale valore è ben al di sotto delle percentuali di mortalità registrate negli allevamenti commerciali. Gli altri gruppi sperimentali non hanno fatto registrare nessun caso di mortalità, grazie al buono stato di salute degli animali oggetto della prova.

L'effetto dell'integrazione alimentare di estratti di origano e rosmarino sulla carne di coniglio sono riportati in Tabella 2. Il peso della carcassa è risultato maggiore nei gruppi O e OR; Dalle Zotte e Cossu, in uno studio volto a valutare l'effetto di un'integrazione alimentare con estratto di tannini (*Quebracho schinopsis* spp.), non hanno osservato differenze significative

Tabella 1. Effetto dell'integrazione alimentare sulle performance dei conigli

		S	E	O	OR	R	P-value	RSD
N		40	40	40	40	40		
Peso Vivo (30 giorni)	g	818,9	809,6	810,3	831,5	841,5	0,758	85,5
Peso Vivo (80 giorni)	"	2277 ^A	2296 ^A	2344 ^B	2368 ^B	2239 ^A	<0,001	101,3
AMG	g/d	23,67 ^A	23,59 ^A	24,26 ^B	24,98 ^B	23,89 ^B	<0,001	2,97
ICA		3,70 ^B	3,75 ^B	2,59 ^A	3,52 ^B	3,68 ^B	<0,001	0,46
Mortalità*	%	0	0	2,5	0	0	-	

^{A,B} differenti apici nella stessa riga indicano una significatività $P < 0,01$

Deviazione standard residua

* = χ^2

Tabella 2. Effetto del trattamento dietetico sulle caratteristiche reologiche e il contenuto di TBARs (mg MDA/kg carne) sul muscolo *Longissimus dorsi* (LD) di coniglio

		S	E	O	OR	R	P-value	RSD
N		8	8	8	8	8		
Peso Carcassa	g	1338 ^A	1341 ^A	1425 ^B	1418 ^B	1367 ^A	<0,001	102,3
Resa Carcassa	%	58,8 ^A	58,4 ^A	60,8 ^B	59,9 ^B	61,1 ^B	<0,001	0,56
pHu		5,79 ^B	5,76 ^B	5,84 ^C	5,78 ^B	5,72 ^A	<0,001	0,02
Calo Cottura	%	31,14 ^B	30,28 ^A	30,08 ^A	30,25 ^A	29,89 ^A	<0,001	1,13
WHC	"	58,0	59,6	61,2	56,9	57,6	0,08	2,68
Colore								
L*		59,22	58,79	59,08	58,82	58,30	0,27	4,84
a*		3,31 ^b	3,88 ^b	2,99 ^a	2,97 ^a	3,17 ^{ab}	<0,05	0,24
b*		1,95	1,16	1,85	0,75	0,49	0,18	0,48
TBARs	mg MDA/kg	0,24 ^c	0,17 ^a	0,18 ^a	0,20 ^b	0,21 ^b	<0,005	0,10

^{A,B} differenti apici nella stessa riga indicano una significatività $P < 0,01$; ^{a,b} differenti apici indicano una significatività $P < 0,05$.

^c Deviazione standard residua.

per questo parametro (36). I valori di pH misurati 24 ore dopo la macellazione sono in accordo con quanto riportato in bibliografia (37); Virag et al. riportano un aumento di pH nel muscolo *Longissimus dorsi* in conigli la cui alimentazione era stata integrata con 300 mg/kg di vitamina E (38), mentre Castellini et al. non hanno evidenziato alcuna differenza nei valori di pH dopo un'integrazione di vitamina E (39).

Il calo cottura si è ridotto in tutti i gruppi sperimentali che avevano un'integrazione di vitamina E ed estratti vegetali; il gruppo controllo (S) ha infatti fatto registrare il maggior valore (31,14%; $P < 0,05$). I valori relativi alla capacità di ritenzione idrica (WHC) non hanno mostrato differenze significative tra i gruppi. I valori di calo cottura e WHC sono probabilmente da attribuire ad un tendenziale aumento del pH e all'effetto positivo degli antiossidanti sull'integrità delle fibre muscolari. Stanley e Asghar et al. analizzando la carne di pollo, hanno osservato che l' α -tocoferolo preserva la funzionalità delle membrane e aumenta la semipermeabilità contro le perdite essudative (40, 41); secondo Cheah et al. l'effetto benefico della vitamina E sulla perdita da sgocciolamento è dovuta alla capacità dell' α -tocoferolo di stabilizzare le membrane cellulari (42).

Al contrario, Meineri et al. hanno osservato una perdita di cottura maggiore (+ 4,32%, $P < 0,05$) sulle carni di coniglio con un'integrazione alimentare del 10% di semi di Chia (*Salvia hispanica* L.) (33).

Analizzando i parametri del colore, è stato possibile osservare, in tutti i gruppi sperimentali, una marcata riduzione ($P < 0,05$) del parametro rosso (a*) nel muscolo LD ed in particolar modo nei gruppi O e OR. È noto che il colore della carne dipende dallo stato della mioglobina e dal grado di ossidazione del ferro contenuto nel pigmento eme (43).

I composti antiossidanti probabilmente ritardano questo processo degradativo, con conseguente riduzione della produzione della meta-mioglobina (colore marrone).

Un'altra possibile spiegazione potrebbe essere collegata all'azione chelante del ferro ad opera degli estratti di rosmarino (44) con conseguente riduzione dell'ossidazione della mioglobina. Inoltre, alcuni Autori hanno riportato che estratti di piante con proprietà antimicrobiche come l'origano, possono essere

utilizzate per aumentare la *shelf life* della carne (45) influenzandone positivamente la conservabilità.

Ad esempio, i film attivi contenenti olio essenziale di origano sono in grado di ridurre la crescita della flora totale e di *Pseudomonas* in particolare, in modo da inibire la crescita di batteri lattici nelle carni (46). I film a base di origano si sono rivelati efficaci anche contro la *Salmonella typhimurium* ed *E. coli* O157: H7 inoculato in fettine di manzo (47).

Il valore del giallo (b*) e quello della luminosità (L*) invece, non hanno mostrato una variazione significativa tra i gruppi sperimentali.

Come previsto, l'integrazione alimentare di vitamina E ha ridotto significativamente i processi ossidativi nella carne. Contrariamente alle aspettative, soltanto nel gruppo O si è osservato un effetto significativo sullo stato ossidativo della carne di coniglio paragonabile all'integrazione di vitamina E.

Infatti, la concentrazione di MDA ha mostrato una riduzione della stabilità ossidativa della carne cruda nei gruppi E ed O, mentre gli altri gruppi sperimentali OR e R hanno mostrato valori intermedi, comunque sempre inferiori rispetto al gruppo di controllo (0,24 mg MDA/Kg; $P < 0,05$).

In uno studio precedente è stato possibile osservare che una dieta integrata con vitamina E inibiva notevolmente i processi ossidativi della carne con valori più bassi di perossidazione e TBA-Rs (48).

Per quanto riguarda gli estratti vegetali (1000 mg di rosmarino/kg dieta), in una precedente ricerca su carne di piccione (9), hanno evidenziato un miglioramento dei parametri fisici della carne ed una riduzione della lipio-ossidazione durante la conservazione. Anche Tanabe et al. hanno ottenuto un'inibizione dell'ossidazione dei lipidi del 73 e del 58% in un omogenato di maiale la cui dieta era stata integrata con rosmarino e origano (49).

In conclusione è possibile affermare che un'integrazione alimentare con origano e rosmarino migliora le prestazioni produttive, caratteristiche fisiche e lo stato ossidativo della carne di coniglio.

I valori superiori relativi al peso alla macellazione, all'accrescimento medio giornaliero ed all'indice di conversione alimentare nei gruppi O e OR, sottolineano il fatto che un'adeguata integrazione con antiossidanti di origine vegetale può influenzare positivamente anche le prestazioni produttive.

Il miglioramento di calo cottura in tutti i gruppi sperimentali rafforza l'ipotesi che un'integrazione alimentare con fitoderivati può avere un effetto benefico sui alcuni parametri fisici della carne che influenzano fortemente i criteri di scelta del consumatore.

I risultati ottenuti sui parametri del colore sottolineano l'importante effetto dell'integrazione sul metabolismo muscolare, come è confermato dai parametri del rosso sul muscolo *Longissimus dorsi*.

Ulteriori ricerche sono necessarie per valutare l'effetto di diversi livelli di integrazione, ed eventualmente combinazioni di estratti di piante, sullo stato ossidativo della carne di coniglio, valutandone al contempo l'applicabilità economica.

Bibliografia

- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol* 1995; 28: 25.
- Barlow SM. Toxicologic aspects of antioxidants used as food additives. In "Food Antioxidants". Hudson B. J. F. Elsevier Applied Science. London and New York, 1990: 253-307.
- Gil MD, Bañón SJ, Cayuela JM, Laencina J, Garrido M.D. Utilización de extractos de plantas como antioxidantes naturales en carne y productos cárnicos: revisión. *Eurocarne* 2001; 101: 1-10.
- Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Lee EJ, Ahn DU. Improving functional value of meat products. A review. *Meat Sci* 2010; 86:15-31.
- Inatani R., Nakatani N, Fuwa H. Antioxidative effect of the constituents of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and their derivatives. *Agric Boil Chem* 1983; 47: 521-526.
- Hermann K. Phenolische Pflanzeninhaltsstoffe als natürliche Antioxidantien. *Fette Seifen Anstrichmittel* 1973; 75: 499.
- Basmacioglu H, Tokusoglu Ö, Ergül M. The effect of oregano and rosemary essential oils or alpha-tocopherol acetate on performance and lipid oxidation of meat enriched with n-3 PUFA's in broilers. *S Afr J Anim Sci* 2004; 34:197-210.
- Cullen SP, Monahan FJ, Callan JJ, O'Doherty JV. The effect of dietary garlic and rosemary on grower finisher-pig performance and sensory characteristics of pork. *Irish J Agr Food Res* 2005; 44: 57-67.
- Dal Bosco A, Castellini C, Cardinali R. Effect of dietary administration of rosemary extract on the oxidative stability of pig meat. *Ital J Food Sci* 2005; 4 (17): 419-428.
- Govaris A, Florou-Paneri P, Botsoglou E, Giannenas I, Amvrosiadis I, Botsoglou N. The inhibitory potential of feed supplementation with rosemary and/or α -tocopherol acetate on microbial growth and lipid oxidation of turkey breast during refrigerated storage. *LWT-Food Sci Technol* 2007; 40: 331-337.
- Abou-Arab EA, Abu-Salem FM. Effect of natural antioxidants on the stability of ostrich meat during storage. *Grasas Aceites* 2010; 61: 102-108.
- Nieto G, Díaz P, Bañón S, Garrido MD. Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *2010 Meat Sci*; 84: 23-29.
- Sotomayor JA, Martínez C, Moñino I, Lax V, Quílez M, Jordán MJ. Effect of altitude on *Rosmarinus officinalis* essential oil in Murcia (Spain). *Acta Hort* 2009; 826: 309-316.
- Kokkini S, Karousou R, Hanlidou E, Lanaras T. Essential oil composition of Greek (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) and Turkish (O-onites) oregano: A tool of their distinction. *J Essent Oil Res* 2004; 16: 334-338.
- Lambert RJW, Skandamis PN, Coote PJ, Nychas GJE. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol, thymol and carvacrol. *J Appl Microbiol* 2001; 91: 453-462.
- Adam K, Sivropoulou A, Kokkini S, Arsenakis M. Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia* and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *J Agr Food Chem* 1998; 46: 1739-1745.
- Martinez-Tome M, Jimenez AM, Ruggieri SS, Frega N, Strabbioli R, Murcia MA. Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives. *J Food Protect* 2001; 64: 1412-1419.
- Yanishlieva-Maslarova NV. Inhibiting oxidation. 2001. In Pokorny J, Yanishlieva N, Gordon MH: *Antioxidants in food: practical applications*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 22-70.
- Namkung H, Li M, Gong J, Yu H, Cottrill M, de Lange CFM. Impact of feeding blends of organic acids and herbal extracts on growth performance, gut microbiota and digestive function in newly weaned pigs. *Can J Anim Sci* 2004; 84: 697-704.
- Giannenas IA, Florou-Paneri P, Botsoglou NA, Christaki E, Spais AB. Effect of supplementing feed with oregano and/or α -tocopherol acetate on growth of boiler chickens and oxidative stability of meat. *J Anim Feed Sci* 2005; 14: 521-535.
- Janz JAM, Morel PCH, Wilkinson BHP, Purchas RW. Preliminary investigation of the effects of low-level dietary inclusion of fragrant essential oils and oleoresins on pig performance and pork quality. *Meat Sci* 2007; 75: 350-355.
- Symeon G. K., Zintilas, C., Ayoutanti, A., et al. Effect of dietary oregano essential oil supplementation for an extensive fattening period on growth performance and breast meat quality of female medium-growing broilers. *Canadian Journal of Animal Science* 2009; 89, 331-334.
- Simitzis PE, Deligeorgis SG, Bizelis JA, et al. Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Sci* 2008; 79: 217-223.
- Botsoglou NA, Grigoropoulou SH, Botsoglou E, et al. The

- effects of dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. *Meat Sci* 2003; 65: 1193-1200.
25. Botsoglou, NA, Florou-Paneri P, Christaki E, et al. Performance of rabbits and oxidative stability of muscle tissues as affected by dietary supplementation with oregano essential oil. *Arch Anim Nutr* 2004; 58: 209-218.
 26. Varel, VH. Carvacrol and thymol reduce swine waste odor and pathogens: Stability of oils. *Current Microbiology* 2002; 44: 38-43.
 27. Blasco A, Ouhayoun J. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci* 1993; 4: 93-99.
 28. Korkeala H, Mäki-Petäis O, Alanko T, Sorvettula O. Determination of pH in meat. *Meat Sci* 1984; 18: 121-125.
 29. Cyril HW, Castellini C, Dal Bosco A. Comparison of three cooking methods of rabbit meat. *Ital J Food Sci* 1996; 8: 337.
 30. Nakamura M, Katoh K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. *Bulletin of Ishikawa Prefecture College of Agriculture* 1985; 11: 45-49.
 31. Ke PJ, Ackman RG, Linke BH, Nash DM. Differential lipid oxidation products in various parts of frozen mackerel. *J. Food Techn* 1977; 12: 37.
 32. StataCorp, 2005. Stata Statistical Software: Release 9.0 College Station, TX: StataCorp.
 33. Meineri G, Peiretti PG. Apparent digestibility of mixed feed with increasing levels of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds in rabbit diets. *Ital J Anim Sci* 2007; 6: 778-780.
 34. Yalçın S, Tuncer I, Yalçın S, Onbasilar EE. The use of different levels of common vetch seed (*Vicia sativa* L.) in diets for fattening rabbits. *Livest Prod Sci* 2003; 84: 93-97.
 35. Dal Bosco A, Castellini C, Bianchi L, Mugnai C. Effect of dietary α -linolenic acid vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Sci* 2004; 66: 407-413.
 36. Dalle Zotte A., Cossu M. E. Dietary inclusion of tannin extract from red quebracho trees (*Schinopsis* spp) in the rabbit meat production. *Italian J. Anim. Sci.* 2009; 8, (suppl 2) 784-786.
 37. Pla M. A comparison of the carcass traits and meat quality of conventional and organically produced rabbit. *Livest. Sci.* 2008; 115: 1-12.
 38. Virag G.Y., Eiben C.S., Tòth T., Schmidt J. Colour and pH of rabbit meat and fat deposits as affected by the source and dose of dietary vitamin E supplementation. *Proc. 8th World Rabbit Congress*, 1998; 1467-1471.
 39. Castellini, C., Dal Bosco, A., Bernardini, M., & Cyril, H. W. (1998). Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability of raw and cooked rabbit meat. *Meat Science*, 50, 153-161.
 40. Stanley DW. Biological membrane deterioration and associated quality losses in food tissues. *Cri Rev Food Nutr* 1991; 30: 487-553.
 41. Asghar A, Gray JI, Booren AM, Gomaa EA, Abouzied MM, Miller ER, et al. Effects of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of α -tocopherol in the muscle and on pork quality. *J Sci Food Agr* 1991; 57: 31-41.
 42. Cheah KS, Cheach AM, Krausgrill DI. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. *Meat Sci* 1995; 39: 255-64.
 43. Hulot F., Ouhayoun J. (1999). Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World rabbit Sc.* 7:15.
 44. Samman S, Sandtrom B, Toft M, et al. Green tea or rosemary extract added to foods reduces nonheme-iron adsorption. *Am J Clin Nutr* 2001; 73: 607-612.
 45. Chouliara E, Karatapanis A, Savvaidis IN, Kontominas MG. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 degrees C. *Food Microbiol* 2007; 24: 607-617.
 46. Zinovizdou KG, Koutsoumanais KP, Biliaderis CG. Physico-chemical properties of whey protein isolate films containing oregano oil and their antimicrobial action against spoilage flora of fresh beef. *Meat Sci* 2009; 82: 338-345.
 47. Oussalah M, Caillet S, Salmiéri L, Lacroix M. Antimicrobial effects of alginate-based film containing essentials oils for the preservation of whole beef muscle. *J Food Protect* 2006; 69: 2364-2369.
 48. Dal Bosco A, Castellini C, Bernardini M. Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *J Food Sci* 2001; 66: 1047-1051.
 49. Tanabe H, Yoshida M, Tomita N. Comparison of the antioxidant activities of 22 commonly used culinary herbs and spices on the lipid oxidation of pork meat. *Anim Sci J* 2002; 73: 389-393.

Correspondence:

Prof. Alessandro Dal Bosco

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali,

Università degli Studi di Perugia

Tel 075 5857110 - Fax 075 5857122

E-mail: alessandro.dalbosco@unipg.it