
Importància biològica dels **additius antioxidants en alimentació animal**

Biological importance of antioxidant additives in animal nutrition

REBUT: 10/3/2011 ACCEPTAT: 14/4/2011

SILVIA PERIS

Industrial Tècnica Pecuària, SA
(ITPSA). Valls

RESUM: *Durant la seva evolució, els organismes vivents han desenvolupat mecanismes de protecció contra l'oxidació específics per al control dels radicals lliures i altres substàncies tòxiques que es formen a nivell cel·lular. No obstant això, quan aquests mecanismes es superen és quan esdevenen efectes adversos, que poden conduir a la malaltia. L'addició dels antioxidants en alimentació animal ha comportat una menor incidència de certes malalties lligades a carències de vitamines i elements lligats al sistema antioxidant propi de l'animal, i ha permès el pas cap a una producció animal més intensiva, amb un major rendiment dels animals.*

Amb relació als aliments, la no suplementació d'un pinso amb antioxidants pot comprometre diferents nutrients, així com també una disminució en la digestibilitat del greix, i conduir a disminucions en l'energia metabolitzable. A més, com a conseqüència de l'oxidació dels aliments, es produeixen mals sabors i olors que afecten la palatabilitat del pinso i, per tant, en limiten la ingestió per part de l'animal. Per altra banda, els efectes d'alimentar els animals amb greixos oxidats han estat demostrats en nombrosos casos, que es mostren en aquest article. Entre aquests: augment de la incidència de remolliment cerebral en pollastres, augment de la diàtesi exsudativa, disminució de la digestibilitat i empitjorament de la taxa de creixement.

En aquesta revisió es mostra com l'addició d'antioxidants en la dieta resol aquests problemes, tant els efectes sobre l'aliment en si mateix, com aquells sobre l'animal, donat que atura el procés d'oxidació dels greixos i principis actius susceptibles, i els preserva de la seva degradació.

PARAULES CLAU: *Oxidació lipídica, etoxiquina, alimentació animal.*

ABSTRACT: *During their evolution, living organisms have developed mechanisms to protect against oxidation specifically to control free radicals and other toxic substances that are formed at cellular level. However, when these mechanisms are surpassed, adverse affects are generated that can lead to disease. The addition of antioxidants in animal nutrition has led to a lower incidence of certain diseases linked to vitamin deficiencies and elements associated with the animal's own antioxidant system and it has*

Correspondència: Silvia Peris,
Novus International Inc.,
Pol. Industrial Francolí, 30,
43080 Tarragona, Espanya.
Tel.: 977 556 421.
A/e: Silvia.Peris@novusint.com

permitted advances in the intensification of animal production, with higher animal performance.

In relation to feed, a lack of antioxidant supplement in compound feed may threaten different nutrients, as well as decreasing the digestibility of fat, leading to decreased metabolic energy. Moreover, as a result of the oxidation of feed, flavour and scent can be negatively affected, a factor that can influence the palatability of the feed and thus reduce the animal's intake. Additionally, the effects of feeding animals with oxidised fats have been demonstrated in numerous studies, detailed in this article. Among them: increased incidence of poultry encephalomalacy, increased incidence of exudative diathesis, decreased digestibility and deterioration of growth rate.

This review shows how the addition of antioxidants to the diet can solve the problems related to both the effects on feed and the effects on the animals, since it stops the process of oxidation of fats and susceptible active substances, thus preserving them from degradation.

KEYWORDS: *Antioxidants, lipid oxidation, ethoxyquin, animal nutrition.*

INTRODUCCIÓ

Generalment s'accepta que els organismes vivents paguin un preu per viure en una atmosfera d'oxigen. Tot i que l'oxigen és absolutament necessari per a mantenir la producció d'energia en l'organisme, quan es troba en excés passa a ser tòxic. Hi ha força informació en la bibliografia que indica que en les reaccions metabòliques pròpies de les cèl·lules aeròbies es produeixen radicals lliures i altres espècies reactives d'oxigen, els quals afecten nombrosos processos biològics (Halliwell, 1994; Fellenberg i Speisky, 2006). De fet, des de ja fa temps es postula que els radicals lliures i els productes tòxics provinents del seu metabolisme tenen algun paper en el procés d'envel·liment, i estan implicats en diverses malalties degeneratives (Hogg, 1998). En el cas de les diferents espècies animals, la informació és més escassa. No obstant això, hi ha informació que relaciona el paper dels radicals lliures amb malalties com la síndrome d'hipertensió pulmonar (PHS) (Bottje i Wideman, 1995), la distròfia muscular nutricional, el remolliment cerebral o la diàtesi exsudativa (Combs, 1994), entre d'altres. Per tant, els antioxidants podrien tenir un paper important en la seva prevenció.

Durant la seva evolució, els organismes vivents han desenvolupat mecanismes de protecció contra l'oxidació específics per al tractament dels radicals lliures i altres substàncies tòxiques que es formen contínuament a nivell cel·lular. Aquests mecanismes inclouen antioxidants naturals solubles en greixos (vitamines A i E, carotenoides i ubiquinones), antioxidants polars (àcid ascòrbic, glutatió i àcid úric) i enzims antioxidants: glutatió peroxidasa, catalasa i superòxid-dismutasa. Aquests compostos es troben dins dels orgànuls (compartiments bicel·lulars), permeten d'aquesta manera una màxima protecció cel·lular i operen en associació, formant un sistema antioxidant integrat (Fellenberg i Speisky, 2006). No obstant això, quan aquests mecanismes es superen és quan esdevenen els efectes adversos, que poden arribar a conduir a la malaltia.

BREU APUNT HISTÒRIC SOBRE L'APLICACIÓ DELS ANTIOXIDANTS EN ALIMENTACIÓ ANIMAL

La suplementació dels pinsos amb antioxidants s'inicià al voltant dels anys cinquanta. Aquest fet va permetre d'incloure-hi ingredients més

energètics, a base d'olis i greixos de diferents orígens, que sense una protecció antioxidant adequada produïen problemes d'enranciment, la qual cosa conduïa a alteracions de la palatabilitat dels pinsos per als animals, a més d'importants problemes de salut en aquests.

L'addició dels antioxidants va comportar el pas cap a una producció més intensiva, amb un major rendiment dels animals (Shimada, 1984) i menor incidència de certes malalties lligades a carències de vitamines i elements lligats al sistema antioxidant propi de l'animal. Això va ser degut també al fet que amb els antioxidants va ser possible començar amb la formulació del que són els actuals complements vitamínico-minerals (Rostagno *et al.*, 2009).

CARACTERÍSTIQUES I TIPUS D'ANTIOXIDANTS

Es considera que les condicions que un antioxidant ha de complir per a ser emprat en alimentació animal són:

— No ser tòxic a la dosificació utilitzada, inclús en períodes de consum tan perllongats com tota la vida de l'animal.

— No modificar l'olor ni el sabor dels aliments, sinó al contrari, ha d'evitar que es formin les substàn-

cies que provoquen els olors i sabors rancis.

— El seu preu ha d'influir poc en el cost del pinso.

— Ha de ser eficaç a dosis baixes.

— Ha de protegir de l'oxidació i destrucció de les vitamines i pigments essencials, cosa que ha de quedar demostrada per un increment en les reserves d'aquests en l'organisme.

— Un antioxidant realment eficaç ha de reduir la demanda de nutrients antioxidants (vitamina E, Se) i protegir l'animal dels símptomes de la seva deficiència.

En alimentació animal els antioxidants es poden classificar, en funció del seu origen, en dos grans grups: naturals i sintètics. D'entre els sintètics destaquen bàsicament el butil-hidroxitoluè (BHT), l'hidroxibutilanisol (BHA) i l'etoxiquina. El mecanisme d'acció de tots tres es basa en la seva estructura fenòlica, que els permet actuar com a acceptors de radicals lliures i donar lloc a radicals lliures estables, gràcies a la seva estructura molecular. D'aquesta manera bloquegen el procés d'oxidació en la seva fase d'iniciació. Un mecanisme d'acció similar és atribuït també als tocoferols (amb funció antioxidant principalment les formes gamma i delta), pertanyents al grup dels antioxidants naturals. No obstant això, aquestes molècules són molt més inestables que

les sintètiques i es destrueixen en gran mesura durant els processos de fabricació del pinso. Així, per exemple, mentre que durant l'extussió i l'emmagatzemament del pinso es manté un 85 % de l'etoxiquina, en el cas dels tocoferols aquest percentatge és tan sols d'un 20 % (Coelho, 1995).

CONSEQÜÈNCIES DE L'OXIDACIÓ LIPÍDICA

a) En els aliments

Actualment, la utilització dels antioxidants en alimentació animal està molt justificada. Per una banda, la no-suplementació d'un pinso amb antioxidants pot comprometre diferents nutrients, alguns d'essencials, com, per exemple, els àcids grassos insaturats i les vitamines liposolubles, principalment, així com els pigments carotenoides. La digestibilitat del greix també disminueix amb l'oxidació, la qual cosa comporta una disminució de l'energia metabolitzable (Dibner *et al.*, 1996, taula 1). L'oxidació és una reacció que genera calor i el seu efecte net és una reducció de l'energia disponible per a l'animal. A més, com a conseqüència de l'oxidació dels aliments, es produeixen mals sabors i olors que afecten la palatabilitat del pinso i, per tant, en limiten la ingestió per part de l'animal.

b) En els animals

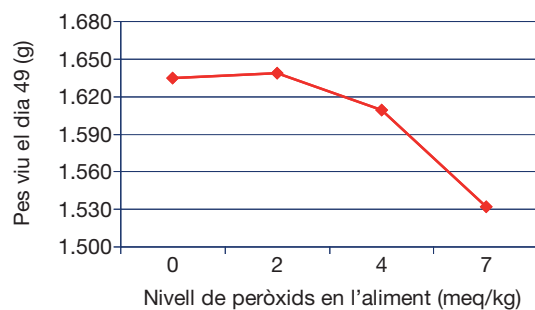
D'altra banda, els efectes d'alimentar els animals amb greixos oxidats, per tant amb peròxids, han estat demostrats en nombrosos casos. Entre aquests efectes destaquen els següents: peroxidació de les membranes cel·lulars, augment de la incidència de remolliment cerebral en pollastres (per deficiència de vitamina E), augment de la diàtesi exsudativa, disminució de la digestibilitat i empitjorament de la taxa de creixement i dels índexs de conversió (figura 1) (Cabel *et al.*, 1988; Shermer *et al.*, 1995).

El mateix patró es produeix en l'hematòcrit. L'efecte del greix oxidat en l'hematòcrit és secundari a la presència de greix oxidat en la membrana cel·lular dels eritròcits, la qual cosa causa canvis en la viscositat i permeabilitat de la membrana, i condueix a una pèrdua d'hemoglobina i una reducció en la duració mitjana dels eritròcits (Shermer *et al.*, 1995).

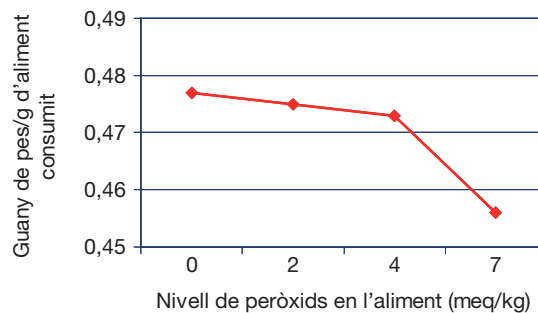
Per a l'examen d'aspectes funcionals del sistema gastrointestinal, els mateixos autors van dur a terme experiments *in vitro* de captació de nutrients utilitzant talls de budell. La captació de nutrients per part de les cèl·lules depèn de les propietats de la membrana apical de les cèl·lules intestinals. Com s'ha indicat a l'inici de l'article, els greixos oxidats poden ser incorporats en la membrana

TAULA 1. Efecte de l'oxidació sobre el valor nutritiu dels aliments suplementats a pollastres de 14 dies d'edat (Dibner *et al.*, 1996)

Aliment addicionat amb un 5 % de greix	Energia metabolitzable (kcal/kg)	Digestibilitat del greix (%)	Pes del fetge (g / 100 g PV)
Experiment 1: Addició de greix animal + vegetal			
Fresc	3.044	86,0	3,1
Oxidat	2.905	79,5	4,1
Experiment 2: Addició d'oli de blat de moro			
Fresc	3.089	85,4	3,1
Oxidat	2.936	78,6	3,7



a) Sobre el pes viu



b) Sobre l'índex de conversió

FIGURA 1. Efecte de la qualitat del greix sobre els paràmetres productius en pollastres d'engreix (Cabel *et al.*, 1988).

cel·lular (Carubelli i McCay, 1987; Ashida *et al.*, 1988), i aquest fenomen ha estat associat amb canvis en la permeabilitat de la membrana, mesurats mitjançant la pèrdua d'hemoglobina dels eritròcits, tal com s'ha escrit anteriorment, així com també en altres treballs (Girotti *et al.*, 1987; Henning i Watkins, 1989). En aquest experiment en concret s'ha descrit un augment en la capacitat d'absorció de la glucosa, mesurada com a O-metil-glucosa (un anàleg de la glucosa que no es metabolitza), per part de les cèl·lules epitelials del budell prim, tant en aus com en porcí, quan s'alimenta els animals amb greix oxidat. La raó d'aquest augment s'atribueix a la menor energia metabolitzable que aporten els greixos oxidats, i que fa que les cèl·lules entrin en un dèficit d'energia. Una altra raó que s'apunta és també que l'animal en creixement requereixi més energia en condicions d'estrès oxidatiu (Shermer *et al.*, 1995).

Pel que fa a la microflora intestinal, també s'observen efectes, tot i que transitoris, tant en aus com en porcí. En el mateix estudi Shermer *et al.* (1995) descriuen una disminució en el nombre de lactobacils i un increment en el d'*E. coli* al nivell del cec en els animals suplementats amb greix oxidat. Els lactobacils no disposen del sistema de la superòxid-dismutasa per a respondre a l'estrès oxidatiu, a diferència de l'*E. coli* i altres bacteris que sí que el tenen (Fridovich, 1988). Aquesta disminució, com s'ha comentat, és

transitòria. Els lactobacils mostren tolerància a l'oxigen i, tot i que la seva multiplicació es veu temporalment inhibida pels peròxids, es poden recuperar d'aquest efecte (Fridovich, 1988). No obstant això, una disminució d'aquests microorganismes, especialment quan s'acompanya d'un augment en el nombre d'*E. coli*, pot incrementar les possibilitats d'una infecció oportunista per *E. coli* o d'altres patògens.

Finalment, cal destacar l'efecte de la utilització de greixos oxidats sobre la mortalitat dels animals (figura 2). En el treball de Hung *et al.* (1981), per exemple, es mostra com, en peixos, concretament en la truita Rainbow, la mortalitat, el percentatge de cèl·lules vermelles que han sofert hemòlisi i les concentracions plasmàtiques i hepàtiques de RRR- α -tocoferol varen estar afectats de forma significativa per l'addició en els pinsos d'olis altament oxidats.

EFFECTE DE L'ADDICIÓ D'ANTIOXIDANTS

L'addició d'antioxidants en la dieta resol aquests problemes, tant els efectes sobre l'aliment en si mateix, com sobre l'animal, donat que atura el procés d'oxidació dels greixos i principis actius susceptibles i els preserva de la seva degradació.

a) En els aliments

En la taula 2 s'aprecia com gràcies a l'addició d'antioxidants, en aquest cas BHT o etoxiquina, a la farina de

peix, un ingredient del pinso altament oxidable, s'evita la pèrdua d'energia metabolitzable disponible per a l'animal (March *et al.*, 1965). És a dir, la degradació de nutrients queda frenada de manera que l'animal disposa de més energia per a assimilar per part de l'organisme.

b) En els animals

El fet que les aus alimentades amb dietes no estabilitzades i que contenen greix no oxidat presentin menors pesos vius i majors índexs de conversió que aquelles que consumeixen dietes estabilitzades amb etoxiquina (figura 3) suggereix la formació des d'un principi de productes oxidats associats amb la barreja del greix en el pinso i el mateix procés de fabricació d'aquest (Dibner *et al.*, 1996). La mateixa barreja amb el pinso *per se* ja genera les condicions

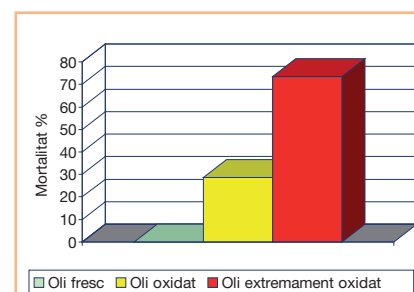


FIGURA 2. Efecte de la qualitat de l'oli d'arengada sobre la mortalitat en peixos (valor de peròxids en meq/kg: oli fresc: 5; oli oxidat: 120; oli extremament oxidat: 314) (Hung *et al.*, 1981).

TAULA 2. Efecte de l'addició d'antioxidants sobre l'energia metabolitzable de farina de peix (March et al., 1965)

	ME ¹ (Cal/lb)	% del control
Farina d'arengada, 13 mesos d'emmagatzemament		
Control	1.445	—
0,07 % BHT	1.535	106
0,15 % BHT	1.530	106
Farina d'arengada, 13 mesos d'emmagatzemament		
Control	1.410	—
0,05 % etoxiquina	1.785	127

¹ME: Energia metabolitzable.

ideals per a l'oxidació del greix, incloent-hi un augment de l'àrea superficial d'aquest, l'exposició a salts prooxidants (ferro i coure, per exemple) i la calor.

Aquests mateixos autors (Dibner *et al.*, 1996) demostren com l'addició de l'antioxidant, en aquest cas l'etoxiquina, és capaç d'evitar els efectes relacionats amb la degradació de membrana dels eritròcits i els efectes perjudicials que s'observen a la flora intestinal, mostrats anteriorment en aquest mateix article (figures 4 i 5).

c) En el producte final d'origen animal

Finalment, pel que fa al producte final que arriba al consumidor, carn, llet i ous, també se n'han descrit millores en l'estabilitat gràcies a l'addició d'antioxidants en la dieta

dels animals. L'enranciment oxidatiu representa una de les principals causes del deteriorament d'aquests productes. A part de produir olors desagradables, és responsable de la pèrdua de l'aroma, la consistència, la textura, l'aparença i el valor nutricional d'aquests productes (Gray *et al.*, 1996; Valenzuela i Nieto, 1996).

En aquest sentit, en un estudi de Bartov i Bornstein (1981) en el qual s'avaluava l'efecte de la suplementació amb el pinso amb etoxiquina o BHT, sols o en combinació amb vitamina E, es destaca que l'addició dels antioxidants sintètics sols redueix l'enranciment oxidatiu del teixit adipós. Alhora, s'observa un augment significatiu de la deposició de vitamina E en aquest teixit, fet que els autors atribueixen a un efecte protector de l'antioxidant sintètic

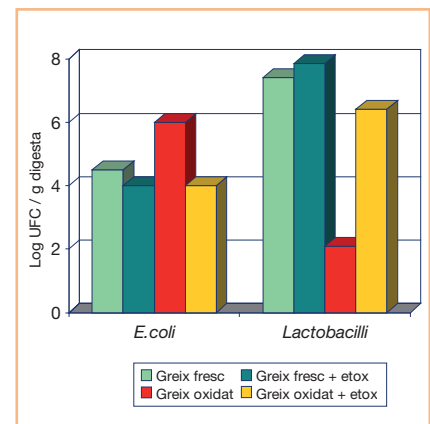


FIGURA 5. Efecte de la qualitat del greix i l'addició d'etoxiquina en pollastres d'engreix sobre la microflora intestinal.

sobre la vitamina E de la dieta, o a un menor consum de vitamina E (l'anomenat «efecte estalvi»). En el mateix treball es va constatar que l'addició d'etoxiquina en combinació amb vitamina E augmentava la deposició de vitamina en els teixits adipós i muscular (en comparació amb l'addició de vitamina E sola a la mateixa concentració) i que es disminuïen substancialment els paràmetres d'enranciment oxidatiu en comparació amb l'addició dels mateixos antioxidants sols (taula 3).

Finalment, Lin *et al.* (1989) van demostrar que els pollastres alimentats amb dietes enriquides amb vitamina E o una barreja de BHT/BHA mostraven una millor estabilitat oxidativa en la carn refrigerada (4 °C) així com també en la congelada (≤ 18 °C).

CONCLUSIONS

De la informació aportada en el present article es desprèn que la inclusió d'antioxidants en la dieta en alimentació animal ha permès la introducció de substàncies energètiques i vitamines liposolubles, la qual cosa ha conduït a un augment en l'eficiència de producció de carn, llet i ous per part dels animals. Dit d'una altra manera, els antioxidants són actualment substàncies imprescindibles en alimentació animal.

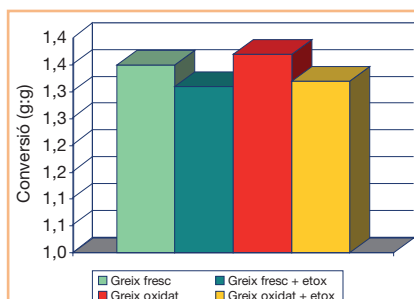


FIGURA 3. Efecte de la qualitat del greix i l'addició d'etoxiquina en pollastres d'engreix (Dibner *et al.*, 1996).

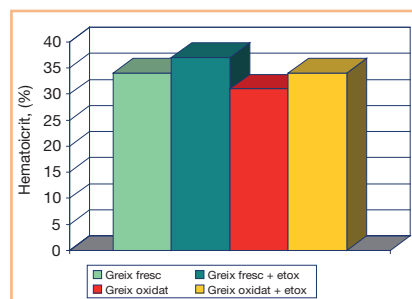


FIGURA 4. Efecte de la qualitat del greix i l'addició d'etoxiquina en pollastres d'engreix sobre el valor hematòcrit (Dibner *et al.*, 1996).

TAULA 3. Efectes de la vitamina E, antioxidants sintètics i la combinació d'ambdós sobre l'estabilitat del muscle (Bartov i Bornstein, 1981)

Additiu en la dieta		Sobre l'animal	
Antioxidants 125 mg/kg	α -tocoferol mg/kg	Peròxids meq/kg	Estabilitat en muscle, TBA
Cap	0	56,6	171
Cap	40	45,1	103
Etoxiquina	0	46,9	157
BHT	0	44,3	183
Etoxiquina	40	32	58
BHT	40	37,7	112

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- ASHIDA, H.; KANAZAWA, K.; NATAKE, M. (1988). «Comparison of the effects of orally administered linoleic acid and its hydroperoxides and secondary autoxidation products». *Agric. Biol. Chem.*, 52, p. 2007-2014.
- BARTOV, I.; BORNSTEIN, S. (1981). «Stability of abdominal fat and meat of broilers: Combined effects of dietary vitamin E and synthetic antioxidants». *Poult. Sci.*, 60, p. 1840-1845.
- BOTTJE, W. G.; WIDEMAN, R. F. (1995). «Potential role of free radicals in the pathogenesis of Pulmonary hypertension syndrome». *Poultry and Avian Biology Reviews*, 6, p. 211-231.
- CABEL, M. C.; WALDROUP, P. W.; SHERMER, W. D.; CALABOTTA, D. F. (1988). «Effects of ethoxyquin feed preservative and peroxide level on broiler performance». *Poultry Sci.*, 67, p. 1725-1730.
- CARUBELLI, R.; MCCAY, P. B. (1987). «Dietary butylated hydroxytoluene protects cytochrome P-450 in hepatic nuclear membranes of rats fed 2-acetylaminofluorene». *Nutrition and Cancer*, 10, p. 145-148.
- COELHO, M. (1995). «Ethoxyquin: science vs. marketing». *Petfood Industry*, set./oct. p. 6.
- COMBS, F. E. JR. (1994). «Clinical implications of selenium and vitamin E in poultry nutrition». *Veterinary Clinical Nutrition*, 1(3), p. 133-140.
- DIBNER, J. J.; ATWELL, C. A.; KITCHELL, M. L.; SHERMER, W. D.; IVEY, F. J. (1996). «Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue». *Animal Feed Sci. Tech.*, 62, p. 1-14.
- FELLENBERG, M. A.; SPEISKY, H. (2006). «Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability». *World's Poul. Sci. J.*, 62, p. 53-70.
- FRIDOVICH, I. (1988). «The biology of oxygen radicals: general concepts». A: HALLIWELL, B. (ed.). *Oxygen radicals and tissue injury. Proceedings of an Upjohn Symposium*. Bethesda, MD: Federation of American Societies for Experimental Biology, p. 1 a 8.
- GIROTTI, A. W.; BACHOWSKI, G. J.; JORDAN, J. E. (1987). «Lipid peroxidation in erythrocyte membranes: cholesterol product analysis in photosensitized and xanthine oxidase-catalyzed reactions». *Lipids*, 22, p. 401-408.
- GRAY, J. L.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. (1996). «Oxidative quality and shelf life of meats». *Meat science*, 43, p. 111S-123S.
- HALLIWELL, B. (1994). «Free radicals and antioxidants: a personal view». *Nutrition Reviews*, 52 (8), p. 253-265.
- HENNING, B.; WATKINS, B. A. (1989). «Linoleic acid and linolenic acid: effect on permeability properties of cultured endothelial cell monolayers». *Am. J. Clin. Nutr.*, 49, p. 301-305.
- HOGG, N. (1998). «Free radicals in disease». *Seminars in Reproductive Endocrinology*, 16, p. 241-288.
- HUNG, S. S. O.; CHO, C. Y.; SLINGER, S. J. (1981). «Effect of oxidized fish oil, DL- α -Tocopheryl acetate and ethoxyquin supplementation on the vitamin E nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed practical diets». *J. Nutr.*, 111, p. 648-657.
- LIN, C. F.; ASGHAR, A.; GRAY, J. I.; BUCKLEY, D. J.; BOOREN, A. M.; CRACKEL, R. L.; FLEGAL, C. J. (1989). «Effects of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on broiler growth and meat stability». *British Poult. Sci.*, 30, p. 855-864.
- MARCH, B. E.; BIELY, J.; TARR, H. L.; CLAGGETT, F. (1965). «The effect of antioxidant treatment on the metabolizable energy and protein value of herring meal». *Poult. Sci.*, 44, p. 679-685.
- ROSTAGNO, H. S.; PÁEZ, L. E.; TOLEDO, R. S.; ALBINO, L. F. T. (2009). *Dietas vegetales para pollos de engorde de alta productividad*. Engormix.com.
- SHERMER, W. D.; IVEY, F. J.; ANDREWS, J. T.; ATWELL, C. A.; KITCHELL, M. L.; DIBNER, J. J. (1995). «Feeding oxidized fats to broilers: poor performance is associated with functional changes in the gastrointestinal system». *J. Australia Poultry Sci.*, 7, p. 153-159.
- SHIMADA, A. S. (1984). *Fundamentos de Nutrición animal comparativa*. México DF: Consultores en Producción Animal. 375 p.
- VALENZUELA, A.; NIETO, S. (1996). «Synthetic and natural antioxidants: food quality protectors». *Grasas y aceites*, 47, p. 186-196.