

LA OXIDACIÓN Y SUS EFECTOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Antioxidantes: criterios para una adecuada elección

Dra. Sílvia Peris

Dep. Técnico, Industrial Técnica Pecuaria, S.A.

Introducción

Los procesos de oxidación que sufren distintos componentes presentes normalmente en los alimentos para animales afectan a sus cualidades, tanto organolépticas como nutricionales, produciéndose una disminución de la vida media del producto final. Los ingredientes más sensibles a padecer dichos procesos son aquéllos que contienen dobles enlaces, entre los que se encuentran principalmente las grasas, aceites y otros nutrientes esenciales (ácidos grasos, vitaminas, carotenoides, etc.).

Sin embargo, la oxidación y la consecuente formación de radicales libres presentan una mayor relevancia que simplemente la de una reducción del valor nutritivo de los piensos y sus ingredientes. Dichos procesos de reacción y formación de los llamados radicales libres van unidos a una disminución de la inmunidad de los animales y, en consecuencia, de la aparición de enfermedades e incremento de la mortalidad.

Por ello, es de gran interés el estudio y comprensión del proceso oxidativo, así como el conocimiento de los métodos de estabilización de las grasas en la alimentación animal.

La autooxidación

La oxidación de las grasas es un proceso autocatalítico que se produce entre el oxígeno molecular atmosférico y los lípidos insaturados, y que se denomina enranciamiento. Tras él, la grasa desarrolla malos olores, además de disminuir su palatabilidad y la del alimento que la contiene, incrementándose por otro lado la corrosión intensa de partes metálicas que entren en contacto con la grasa —molino, mezcladora, toneles metálicos, etc.—. Desde el punto de vista biológico, debemos señalar que este enranciamiento favorece la presentación de procesos patológicos,

tales como encefalomalacias y diátesis exudativas en pollos, así como distrofia muscular y esteatitis en cerdos, aves y rumiantes.

Se ha demostrado claramente que la oxidación de las grasas tiene lugar en los enlaces insaturados de los ácidos grasos, considerándose un proceso de reacción en cadena. En dicho proceso se diferencian tres etapas: iniciación, propagación y terminación.

La primera etapa de la oxidación, la iniciación, se produce por la escisión del enlace hidrógeno-carbono de una molécula insaturada, por ejemplo el ácido linoléico, formándose así un radical libre, muy inestable, capaz de reaccionar con el oxígeno para formar un peróxido. Esta reacción se ve favorecida por la presencia de iones

Artículo patrocinado por



metálicos (Fe⁺⁺, Cu⁺⁺), así como por la luz y la temperatura elevada (Fig. 1).

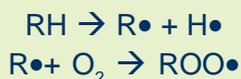


Fig. 1. Etapa de Iniciación en el proceso de la oxidación: RH: ácido graso; R•: radical lipídico; H•: ión hidrógeno liberado; ROO•: radical peróxido.

Los radicales lipídicos son altamente reactivos y pueden rápidamente desencadenar la reacción de Propagación, bien por absorción de un átomo de hidrógeno de otro lípido, bien por reacción con el oxígeno molecular, dando lugar al hidroperóxido primario. Cada uno de ellos puede dar lugar por escisión a dos radicales capaces de acelerar esta fase de la oxidación. (Fig. 2).

Así, durante la etapa de propagación, cada radical puede atacar a nuevas moléculas, produciéndose de este modo nuevos radicales capaces de continuar con la degradación de los ingredientes.

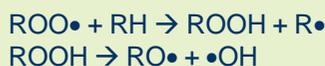


Fig. 2. Etapa de Propagación en el proceso de la oxidación: ROOH: hidroperóxido primario

La etapa de terminación se caracteriza por producirse una serie de reacciones en las cuales dos radicales activos se combinan formando productos de elevado peso molecular, o bien se descomponen en productos de bajo peso molecular, liberando compuestos olorosos y eliminándose de este modo los radicales activos de la cadena de reacción (Fig. 3).

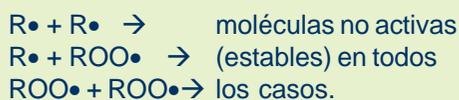


Fig. 3. Etapa de Terminación en el proceso de la oxidación.

Antioxidantes

Un antioxidante es aquel compuesto capaz de retrasar, impedir o prevenir el proceso oxidativo.

Existen dos tipos de antioxidantes: los naturales, como los tocoferoles —vitamina E y similares—; y los sintéticos, como el Etoxiquin, el BHT y el BHA. Ambos tipos pueden ser clasificados, según su modo de acción, como estabilizadores de radicales libres —Etoxiquin, BHT, BHA—, o como secuestradores de oxígeno —vitamina E—,

que reaccionan con este elemento en un ciclo cerrado. Por otro lado, existen las llamadas sustancias sinérgicas y quelantes, tales como el ácido cítrico y los fosfatos, los cuales neutralizan los iones metálicos, evitando así que actúen como iniciadores de la oxidación.

Todos ellos, considerados antioxidantes primarios, actúan en la primera fase de la oxidación a modo de freno, interrumpiendo la cadena de reacción mediante la captación de los radicales reactivos e inactivándolos mediante la formación de compuestos no reactivos. Este proceso de atenuación provoca el consumo del propio antioxidante.

La actividad del antioxidante utilizado puede ser estimada cuantitativamente mediante la determinación de los productos primarios o secundarios de la oxidación lipídica —peróxidos—, o mediante la monitorización de otras variables. Estos estudios se pueden llevar a cabo bajo condiciones normales de almacenaje, o bien sometiendo a las grasas a una oxidación acelerada como es el caso del Método de Oxígeno Activo —AOM—, o el sistema automatizado Rancimat. En este último, un caudal de aire por unidad de tiempo es insuflado a través de la muestra de grasa a analizar que se halla calentada a una temperatura de 100 - 120°C.

Durante esta oxidación inducida, los productos volátiles de descomposición producidos, básicamente ácido fórmico, son arrastrados y recuperados en una celda de vidrio llena de agua destilada, donde se determina la conductibilidad. El tiempo necesario para provocar una variación en la conductividad se denomina Tiempo de Inducción.

De esta forma, la eficacia de un antioxidante se relaciona con la amplitud del tiempo de inducción, que se expresa como Índice Antioxidante, o como Factor de Protección, siendo más efectivo un antioxidante cuando mayor es este Tiempo de Inducción (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de la efectividad de los antioxidantes mediante el test Rancimat

Antioxidante	Tiempo de inducción, h	Factor de protección, %
Control	23,3	0
Etoxiquin 125 (mg/kg)	21,5	135,6
BHT 175 (mg/kg)	20,1	50,4

En el campo de la alimentación animal se conoce la alta relación existente entre la oxidación de las grasas de la dieta y la reducción de las producciones de los animales, como así lo demuestra la prueba llevada a cabo por Shermer —1983— con broilers alimentados con una ración a la que se añade grasa oxidada, con altos contenidos

en peróxidos –25, 50, 100, 150 meq/kg—. En dicha prueba, tanto el consumo como la ganancia de peso se redujeron drásticamente. En un ensayo posterior, Cabel y col. –1988— destacaron que a nivel de campo incluso bajos valores de peróxidos en la dieta, del orden de 2–4 meq/kg, podían afectar negativamente al consumo e índice de conversión, y con valores del orden de 7 meq/kg podía apreciarse una caída drástica en la ganancia de peso (Fig. 4).

Las consecuencias patológicas del ataque peroxidativo son particularmente graves en los animales de granja. Las manifestaciones más comunes incluyen la miopatía esquelética o cardíaca, como resultado de la muerte celular por alteración de la pared celular, por lo que se debe prestar mucha atención a la calidad dietética de la grasa empleada (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la suplementación con Etoxiquin, vitamina E y BHT sobre la mortalidad por encefalomalacia y el contenido de vitamina A en el hígado de pollos (*)

Antioxidante	Mortalidad, %	Vitamina A, UI
Control	25	0
Vitamina E, 20 mg/kg	0	0
Etoxiquin, 80 mg/kg	5	223
BHT, 80 mg/kg	45	110

(*) Bartov y Bornstein, 1971

En diversos trabajos se demuestra claramente la eficacia práctica de los antioxidantes en la protección de las grasas, vitaminas y otros nutrientes. En la alimentación animal la dificultad estriba en establecer cuál es el más eficaz y adecuado a nuestras necesidades.

En la actualidad existe un gran interés en potenciar el efecto combinado de antioxidantes sintéticos y naturales, como por ejemplo la vitamina E, ya que estas sustancias, al igual que las grasas, son muy susceptibles a la oxidación pudiendo perder por lo tanto su importante

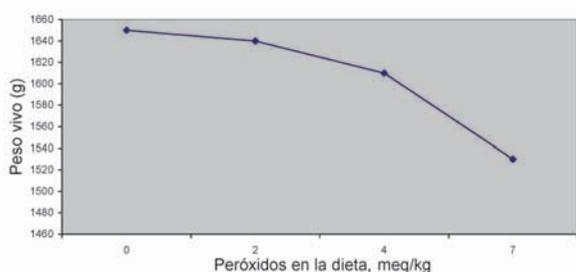


Fig. 4. Efecto de la calidad de la grasa sobre el peso final de los pollos (Cabel y col., 1988)

Tabla 3. Comparación de los efectos de la suplementación con Etoxiquin y vitamina E sobre la estabilidad de la grasa del animal (*)

Aditivo en la dieta		Grasa corporal <i>in vivo</i>	
Etoxiquin, mg/kg	Vit. E, mg/kg	Vit. E, mg/kg	Peróxido, meq/kg
0	0	1,4	27,6
0	10	3,6	18,4
0	30	9,0	3,1
125	0	2,8	7,7
125	10	6,3	0

(*) Bartov y Bornstein, 1981

función *in vivo* de protección de los complejos lipoproteicos de la pared celular y del tejido graso. Por ello, mediante la utilización de los antioxidantes sintéticos, se consigue preservar este tipo de microingredientes, tal como se observa en el estudio reflejado en la Tabla 3.

Gran parte de la investigación actual apunta hacia la consideración de que el antioxidante sintético de elección es el Etoxiquin, el cual incorporado al alimento permite dar estabilización a los lípidos, tanto *in vitro* como *in vivo*. (Tabla 3)

A menudo se argumenta que la utilización de un antioxidante es poco útil, a menos que el tiempo entre producción y consumo del alimento sea largo. Esto se basa en que la oxidación solamente ocurre en el alimento y que los antioxidantes tan solo protegen frente a la oxidación hasta que el alimento es consumido. Sin embargo, como ha sido señalado anteriormente, los antioxidantes tienen también la capacidad de proteger micronutrientes, como la vitamina E –Tabla 3—, permitiendo así que se expresen sus efectos incluso después de la ingestión del alimento, en el propio cuerpo del animal.

El Etoxiquin, utilizado a la dosificación correcta, ha demostrado su efectividad para prevenir la alteración lipídica en productos con elevado porcentaje de grasa, como son las harinas de carne y pescado, siendo además el antioxidante de elección para ser adicionado en materias altamente procesadas –extrusión, granulación, etc.—, en las que se destruye la estructura interna. El Instituto de Investigación de la Industria Pesquera –«Fishing Industry Research Institute», FIRI— ha llevado a cabo un gran número de investigaciones para la búsqueda de factores que reduzcan el calentamiento espontáneo de la harina de pescado y su consecuente

Tabla 4. Dosis de Etoxiquín para alimentación animal en función de la materia prima a proteger.

Materia prima	Dosis, g/Tm
Alimentos ricos en grasa	125 a 150
Alimentos bajos en grasa	50 a 75
Grasa y subproductos animales	200 a 500
Aceites y harinas de pescado	400 a 750
Alfalfa y forrajes	150

pérdida de calidad. Dichas investigaciones resaltan que tan sólo el Etoxiquín es capaz de estabilizar el producto y prevenir la pérdida por formación de calor (Möhr, 1983; Petrescu, 1984; 1985) (Tabla 4).

Numerosas investigaciones han demostrado la superioridad del Etoxiquín sobre otros compuestos sintéticos —Machilm y col., 1959; Krishnamurrthy y Bieri, 1962; Bartov y Bornstein, 1971—. Combs y Regenstein (1980), demostraron que el Etoxiquín incrementaba los niveles plasmáticos de vitamina E a la vez que promovía la utilización del selenio como componente esencial de la enzima glutatión peroxidasa, otro de los protectores biológicos contra la oxidación celular. Los datos del estudio de Bartov y Bornstein —1981— demostraron que la combinación de vitamina E y Etoxiquín sobre la estabilidad del tejido muscular frente a la alteración oxidativa parecía ser aditiva, siendo interesante el resaltar que el BHT, sólo o en combinación, no mejoraba la estabilidad de la carne (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de la vitamina E, de los antioxidantes sintéticos y su combinación en la estabilidad del tejido muscular

Antioxidante dieta		En el animal	
Antioxidantes 125 mg/kg	Vit. E, mg/kg	Peróxido,	Estabilidad TBA
Sin	0	56,6	171
Sin	40	45,1	103
Etoxiquin	0	46,9	157
BHT	0	44,3	183
Etoxiquin	40	32	58
BHT	40	37,7	112

En otros estudios en los que se comparó la estabilidad de la vitamina A bajo condiciones de campo, donde temperatura y humedad incrementan el riesgo de la oxidación, se observó que las dietas suplementadas con Etoxiquín —187 mg/kg— contenían significativamente

mayor cantidad de vitamina A que el control o la dieta con BHT —Jones y col., 1986—. En ponedoras, los investigadores encontraron que añadiendo Etoxiquín en el agua de bebida, para asegurar que el antioxidante actuara solo in vivo, mejoró significativamente la pigmentación de las xantofilas a nivel de la yema, lo cual indicaba que se incrementaba su estabilidad frente a la oxidación, así como su propiedad pigmentante (Seeman, 1990).

Alternativas al Etoxiquín

En general, los antioxidantes naturales como las vitaminas E y C son, comparativamente, menos económicos y eficientes que los antioxidantes sintéticos, ya que pierden eficacia al ser procesados.

El Butil Hidroxitolueno —BHT— y el Butil Hidroxianisol —BHA— han venido siendo utilizados como antioxidantes desde 1954. Tienen licencia GRAS, aunque algunos estudios demuestran cierta problemática acerca de su seguridad en el uso —Ito y col., 1986—. Por el contrario, además, se requieren mayores niveles para conseguir el mismo efecto antioxidante que el Etoxiquín.

El etoxiquín también protege in vivo de la oxidación

Bibliografía

Bartov, I. and Borstein, S., 1971 Comparison of BHT and Ethoxyquin as antioxidants in the nutrition of broilers. *Poultry Sci.* 51: 859-868.

Bartov, I. and Borstein, S., 1981. Stability of abdominal fat and meat of broilers: Combined effect of dietary vitamin E and synthetic antioxidant. *Poultry Sci.*, 60:1840-1845.

Cable, 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.*, 67:1725-1730.

Combs, G.F.jr. and Regenstein, J.M., 1980. Influence of Selenium, Vitamin E, and Ethoxyquin on Lipid Peroxidation in Muscle Tissues from Fowl during Low Temperature Storage. *Poultry Sci.*, 59: 347-351.

Ito, N., Hirose, M., Fukushima, H., Tsuda, T., Shirai, T. and Tatematsu, M., 1986. Studies on antioxidants and their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogens. *Food Chem. Toxicol.*, 24:1007-1025.

Jones, F.T., Ward, J.B., Brewer, C.E., 1986. Antioxidant use in broiler feeds. *Poultry Sci.*, 65:779-781.

Krishnamurrthy, S. and Bieri, J.G., 1962. Dietary antioxidants as related to Vitamin E function. *J. Nutr.*, 77:245-252.

Machlin, L.J., Gordon, R.S. and Meisky, K.H., 1959. The effect of antioxidants on vitamin E deficiency symptoms and production of liver 'peroxide' in chicken. *J. Nutr.*, 67:333-343.

Möhr, N.G., 1983. A note on ethoxyquin as an antioxidant. 37 Annual Report, FIRI.

Petrescu, I., 1984. The rapid initial decomposition of peroxides in fresh fish as a result of antioxidant action. 38 Annual Report, FIRI.

Petrescu, I., 1985. Material with antioxidant activity prepared from commercial ethoxyquin. 39 Annual Report, FIRI.

Seeman, M., 1990. The role of vitamin E and antioxidants in feed (I). Pay attention to fat spoilage. *Poultry ed. Misset*, June, pg. 25.

Shermer, W.D., 1983. Oxidation and its effects on rendered products used in today feed. *Proc. Of Arkansas Nutr. Conf.*, September 22-23, 1983:27-41.