

INTRODUCCIÓN

La existencia de productos de amplia disponibilidad y aceptación por parte del consumidor, tales como los huevos y la carne de pollo han promovido la investigación para diversificar la oferta, modificando y mejorando nutritivamente dichos productos. Ello ha permitido hasta el presente la aparición de nuevos productos destinados al consumo humano con peculiaridades nutritivas beneficiosas en lo que recientemente se ha dado en llamar nutraceuticos. Numerosos foros se dedican en la actualidad a la calidad de la carne de pollo y huevos, en las que se refleja el interés despertado en el sector por este tema.

Hablar de calidad implica considerar numerosos aspectos: entre ellos, calidad en los distintos aspectos de cría y producción (bienestar animal), calidad sanitaria (higiene y salubridad del producto final), nutricional y tecnológica. Si nos centramos en los factores que condicionan la calidad nutritiva de la carne de pollo, hemos de referirnos básicamente a aspectos relacionados con la calidad de la proteína (valor biológico), de la grasa (en cuanto a cantidad total y perfil lipídico), composición mineral y vitamínica y nivel de enranciamiento. Atendiendo a las líneas prioritarias de investigación de la última década, es el tipo de grasa y la composición vitamínica las que más se han potenciado. Serán estas estrategias de mejora nutricional las que consideraremos, pues, en la presente revisión

De todas las producciones animales, es la carne de pollo la que presenta una notable aceptación por parte del consumidor. No tan sólo es una de las carnes de mayor consumo total en la mayoría de los países occidentales (España y Portugal son las excepciones, siendo superado el consumo de pollo, en kg por habitante y año, por el consumo de pescado), sino que además es la carne que con mayor frecuencia semanal es consumida. Esta apreciación parece ser debida a distintos factores: No tan sólo se ofrece de la misma una imagen de producto sano, nutritivo y equilibrado, sino que además parecía haber estado relativamente desligada de escándalos y polémicas, hasta el reciente caso de las dioxinas, a diferencia de lo que sucede con

	Unidades	Valor por 100 g de porción comestible
Humedad	g	74,760
Energía	kcal	110,000
Energía	kJ	460,000
Proteína	g	23,090
Total lípidos (grasa)	g	1,240
Carbohidratos, por diferencia	g	0,000
Fibra, total	g	0,000
Cenizas	g	1,020
Minerales		
Calcio, Ca	mg	11,000
Hierro, Fe	mg	0,720
Magnesio, Mg	mg	28,000
Fósforo, P	mg	196,000
Potasio, K	mg	255,000
Sodio, Na	mg	65,000
Zinc, Zn	mg	0,800
Cobre, Cu	mg	0,041
Manganeso, Mn	mg	0,018
Selenio, Se	mcg	17,800
Vitaminas		
Vitamina C, ácido ascórbico	mg	1,200
Tiamina	mg	0,070
Riboflavina	mg	0,092
Niacina	mg	11,194
Ácido pantoténico	mg	0,819
Vitamina B-6	mg	0,550
Folato	mcg	4,000
Vitamina B-12	mcg	0,380
Vitamina A, IU	IU	21,000
Vitamina A, RE	mcg_RE	6,000
Vitamina E	mg_AT	0,133
Lípidos		
Ácidos grasos, saturados	g	0,330
4:0	g	0,000
6:0	g	0,000
8:0	g	0,000
10:0	g	0,000
12:0	g	0,000
14:0	g	0,010
16:0	g	0,210
18:0	g	0,100
Ácidos grasos, monoinsaturados	g	0,300
16:1	g	0,030
18:1	g	0,250
20:1	g	0,000
22:1	g	0,000
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0,280
18:2	g	0,170
18:3	g	0,010
18:4	g	0,000
20:4	g	0,040
20:5	g	0,000
22:5	g	0,010
22:6	g	0,020
Colesterol	mg	58,000
Aminoácidos		
Triptófano	g	0,270
Treonina	g	0,975
Isoleucina	g	1,219
Leucina	g	1,732
Lisina	g	1,962
Metionina	g	0,639
Cistina	g	0,296
Fenilalanina	g	0,916
Tirosina	g	0,779
Valina	g	1,145
Arginina	g	1,393
Histidina	g	0,717
Alanina	g	1,260
Ácido aspártico	g	2,058
Ácido glutámico	g	3,458
Glicina	g	1,134
Prolina	g	0,949
Serina	g	0,794

las carnes de cerdo y ternera, que se han visto envueltas en repetidas controversias (colesterol, hormonas, anabolizantes, resistencias a antibióticos, BSE). Además, el pollo es un producto barato y fácil de cocinar. ¿Lo tiene todo? Prácticamente. En todo caso, tiene bastantes puntos a su favor si se intenta diseñar un producto mejorado nutricionalmente que pueda ser bien aceptado por el consumidor.

La composición media de la carne de pollo se presenta en la tabla adjunta.

ÁCIDOS GRASOS

La demanda del consumidor de productos alimenticios de mayor calidad sanitaria ha renovado el interés en la modificación de la composición lipídica de la carne de pollo y de los huevos. Mientras que los trabajos relacionados con la reducción del contenido en colesterol de los productos avícolas han proporcionado pocos frutos, la modificación de los ácidos grasos ha demostrado ser un método viable para aportar un valor añadido a los productos avícolas destinados a un sector de la población preocupada por su salud. En la sociedad occidental, un exceso de consumo de AG $\omega 6$ (presente en la mayoría de grasas vegetales de consumo habitual, bien sea como tal o como derivados - soja, girasol, maíz...) y una carencia de AG $\omega 3$, presentes casi de forma exclusiva en productos de origen marino, ha favorecido el desequilibrio dietético de estas familias de ácidos grasos. Dada la asociación con una disminución en el riesgo de enfermedades cardiovasculares que esta última familia de ácidos grasos ha demostrado, recientes estudios nutricionales relacionados con la grasa dietética se han centrado fundamentalmente en el enriquecimiento selectivo de estos ácidos grasos. El enriquecimiento de la carne de ave y de los huevos con ácidos grasos omega 3 puede proveer de una excelente fuente alternativa a un consumo de pescado que, por una cierta disponibilidad estacional, carestía y falta de preferencia por parte del consumidor occidental, no está presente en la alimentación diaria tal y como debiera, excluyendo así la fuente principal de estos ácidos grasos omega 3.

La comunidad científica ha pretendido incrementar la serie $\omega 3$ de ácidos grasos a partir de la utilización de aceites de pescado, linaza, algas y otros tipos de preparados comerciales (MaxEPA[®], DHAGold[®], entre otros) en distintas producciones animales como son la carne de pollo, cerdo (también en huevos), aprovechando distintos aspectos fisiológicos del animal a considerar:

Por un lado, la confirmada CAPACIDAD DE MANIPULACIÓN de la composición lipídica de depósito de los animales monogástricos cuyo perfil lipídico ciertamente es más maleable que en los animales rumiantes y permite la obtención de un tipo de grasa determinada según los objetivos dietéticos actuales.

El TIEMPO DE ADMINISTRACIÓN de una dieta y la posibilidad de cambio de la misma son factores a tener en cuenta a fin de hacer visible el deseado cambio en la composición lipídica de la canal. Este cambio debe realizarse dentro del periodo de crecimiento / cebo del animal. Según la capacidad de modificación del perfil lipídico atendiendo a la especie productiva, se podrá actuar en consecuencia a nivel nutricional y/o de manejo sobre el animal.

En el caso concreto del **pollo broiler**, con un ciclo de producción más corto que en la especie porcina y con una síntesis lipídica prácticamente restringida a nivel hepático, experimentos realizados por nuestro grupo (López-Ferrer *et al*, 1999) han puesto de manifiesto lo fácilmente manipulable que es la grasa tisular con tan sólo una semana de sustitución de las fuentes dietéticas de grasa. Así, la sustitución de un 8% de aceite de pescado por aceite de linaza o colza una o dos semanas previas al sacrificio, comportó un cambio importante en el perfil lipídico de las muestras de muslo y pechuga analizadas. Al cuantificar dicho cambio, es de destacar cómo la principal variación de dicho perfil ya se había realizado -principalmente en las muestras de muslo- en la primera semana de sustitución de una dieta por la otra, tal y

como la Tabla adjunta permite comprobar. Estos experimentos no hacen sino confirmar lo que Jones (1986) ya había previamente demostrado con pollos broiler: La renovación o *turnover* lipídico de las aves es rápido y los resultados son ya apreciables tras un período relativamente corto (inferior a 10 días) de actuación a través de la dieta.

		1 semana sustitución	2 semanas sustitución
FO / LO	pechuga	17,3%	52,6%
	muslo	50,0%	80,4%
FO / RO	pechuga	20,4%	71,3%
	muslo	26,8%	58,2%

Calculado a partir de la proporción del sumatorio de EPA, DPA y DHA de ambos tratamientos de sustitución frente al tratamiento que incluyó 8,2% Aceite de Pescado durante la totalidad del período experimental

Las LIMITACIONES que aparecen a la hora de incrementar con AG ω 3 el perfil lipídico de la carne de pollo están, pues, más directamente relacionadas con factores ligados a los ingredientes comúnmente utilizados que con una posible falta de habilidad del animal de depositarlos en sus tejidos. Es un hecho probado que los AG ω 3 de cadena larga se adquieren tan sólo a partir de fuentes de grasa de origen marino, bien sea en forma de harinas de

pescado (Hulan *et al.*, 1988, 1989), aceites de pescado (Chanmugam *et al.*, 1992; Scaife *et al.*, 1994) o como algas (Herber y Van Elswyck, 1996, 1998).

Por lo que respecta a los dos primeros ingredientes (harinas y aceites de pescado), se ha de remarcar la limitación de su inclusión en la dieta dados los problemas que pueden ocasionar. Pruebas directas relacionadas con la influencia de tales ingredientes sobre el sabor del producto final (Atkinson *et al.*, 1972a,b), las revisiones de autores tales como Hargis y Van Elswyck (1993), así como los resultados de nuestros propios paneles organolépticos en los experimentos de sustitución del aceite de pescado por aceites vegetales confirman tal hecho (López-Ferrer *et al.*, 1999b). Los panelistas supieron identificar claramente las muestras de los animales alimentados con aceite de pescado (8,2%) durante la totalidad del período experimental, así como apreciaron mejoras organolépticas en la carne toda vez que el aceite de pescado fue suprimido de la dieta. Dicha mejora organoléptica fue proporcional a la magnitud de la exclusión realizada. Estos paneles se basaron en la técnica propuesta por Seemann (1981), a partir de un test triangular, con panelistas previamente entrenados, que establecía una comparación de tratamientos 2 a 2.

En relación al último ingrediente -las algas- si bien es cierto que su utilización está extendida a nivel comercial -sobre todo en la obtención de huevos enriquecidos en EPA y DHA- el principal problema para su valoración en la presente discusión radica en la escasez de referencias bibliográficas científicas, por tratarse de productos estrictamente registrados bajo copyright. La carestía de estos productos, un cierto desconocimiento de la exacta composición química de los mismos, así como la ausencia de citas bibliográficas contrastadas, acaba por limitar la posible discusión que como fuente de omega 3 éstos suscitarían.

No obstante, el floreciente mercado de los productos nutracéuticos omega-3 no parece acabar de descartar la utilización de aceites y harinas de productos marinos, de menor coste que las algas y fácilmente asequibles en el mercado. Su utilización, además -pese a la enorme variabilidad que estos productos presentan- está mucho más referenciada a nivel bibliográfico. Quizá por ello se han intentado desarrollar técnicas que permitan su utilización a tal fin, tratando de evitar los perjuicios organolépticos que los mismos pueden ocasionar. De entre las principales actuaciones llevadas a cabo a fin de incrementar el nivel de AG ω 3 a la par que se evitaba un sabor desagradable en el producto final, se pueden destacar tres claras opciones desarrolladas:

En primer lugar, se ha LIMITADO la inclusión de ingredientes en base a pescado (fundamentalmente en piensos de segunda edad y de retirada), aunque sin resignarse, no obstante, a su ausencia. Proporciones en torno al 1 - 2% de aceite

de pescado se han barajado en la fórmula y permiten confirmar un enriquecimiento en AG $\omega 3$ en estos productos aún sin comportar aún un serio perjuicio en la calidad del sabor (Fry *et al.*, 1965; Miller *et al.*, 1967, 1969; López-Ferrer *et al.*, 1999b).

La LIMITACIÓN en la inclusión de los productos marinos (como porcentaje variable de la dieta base durante todo el período de crecimiento) permite pues, en cierta forma, subsanar el problema, como ya se ha mencionado. Ahora bien, los resultados obtenidos en la bibliografía también demuestran claramente una inferior deposición tisular de los AG $\omega 3$ en una relación directa a la mejora en la palatabilidad del producto (Miller *et al.*, 1967, 1969; Miller y Robisch, 1969).

Los resultados combinados de los experimentos realizados por parte de nuestro equipo (López-Ferrer *et al.*, 1999b y Tesis) parecen confirmar cómo niveles crecientes de DHA, EPA y DPA en la dieta (aportados como aceite de pescado, incluido desde un 0 hasta un 8,2% en la fórmula), se correlacionan muy positivamente ($R^2 = 0,99$; 0,94 y 0,91 para EPA, DPA y DHA, respectivamente) con niveles crecientes y proporcionales de tales AG en el tejido, tal y como la tabla adjunta permite observar.

A los niveles utilizados de aceite de pescado en el pienso (con su correspondiente nivel de AG $\omega 3$) en las condiciones experimentales impuestas en nuestro protocolo de trabajo no parece alcanzarse un *plateau*

en la acumulación tisular de estos AG. Esto es, niveles crecientes de dichos AG en la dieta se corresponden con niveles crecientes de los mismos en los tejidos de depósito. Sin embargo, si bien existe esta proporcionalidad ante los niveles de utilización abarcados, la respuesta no es todo lo deseable que podría esperarse a fin de enriquecer eficaz y abundantemente la carne del broiler por incurrir en los ya comentados perjuicios organolépticos. No, al menos, sin superar los límites prefijados de utilización de este ingrediente a fin de evitar tales problemas. Estos parecen hallarse en el producto final -recordemos- cuando se supera un 1,5 - 2% en la presencia de aceite de pescado durante el período de acabado del pollo broiler (Fry *et al.*, 1965).

Nuestros propios resultados obtenidos en muestras de muslo de pollos broiler alimentados con un remanente final de tan sólo un 1% de aceite de pescado, permitieron confirmar este hecho. Estas muestras presentaron unos niveles de AG omega 3 superiores a los obtenidos cuando no se utilizó una fuente directa de estos AG, sin incurrir en perjuicios organolépticos y los panelistas no las pudieron diferenciar de los del control positivo (muestras de animales alimentados con 8% sebo) (López-Ferrer *et al.*, datos no publicados).

La segunda posible solución al problema sensorial que aparece ante la utilización de productos derivados del pescado, si pretenden utilizarse como fuente de $\omega 3$ - parece hallarse en el establecimiento de PROGRAMAS DE SUSTITUCIÓN de la fuente grasa de la dieta, habida cuenta de la probada eficiencia del pollo broiler en modificar rápidamente su depósito lipídico tisular. Una sustitución de este ingrediente durante los períodos finales del crecimiento del animal han sido probados anteriormente como beneficiosos a efectos de conseguir una mejora en los aspectos organolépticos del producto final (Atkinson *et al.*, 1972a) aunque siempre a expensas -de nuevo- de una pérdida en tales AG en el depósito final. Estas pérdidas, con tan sólo una semana de sustitución de la dieta en base a aceite de pescado, alcanzaron proporciones superiores al 50% (López-Ferrer *et al.*, 1999b). No obstante, es preciso aclarar cómo no todos los tejidos

Ecuaciones de regresión de Ácidos Grasos Poliinsaturados Omega 3 de Cadena Muy Larga de muestras de muslo en función de su inclusión en la dieta

	Ecuación	R ²	P<
EPA	y = 0,511x - 0,055	0,99	0,001
DPA	y = 1,294x + 0,079	0,94	0,001
DHA	y = 0,709x - 0,571	0,91	0,001
EPA + DPA + DHA	y = 0,641x - 0,477	0,97	0,001

poseen iguales preferencias de depósitos de AG ni parecen responder de idéntica manera a cambios en el perfil lipídico de la dieta.

En el primero de los casos, una deposición selectiva es evidente por cuanto que, a igualdad de fuente de grasa dietética, los tejidos musculares presentan una mayor proporción de AG POLI - ω 3 y ω 6- frente a tejidos puramente de depósito de triglicéridos como es la grasa abdominal. La probada vehiculación selectiva de distintos tipos de AG dentro de los quilomicrones y lipoproteínas de transporte, bien sea como fosfolípidos (POLI) o triglicéridos (SAT, MONO, POLI), permite una diferenciación en el destino de los mismos (Ajuyah *et al.*, 1993a; Bézard *et al.*, 1994).

La composición intrínseca del tejido aparece, de esta manera, como otro factor a considerar a la hora de analizar el depósito lipídico del animal. Sustituciones de la dieta en base a aceite de pescado por otra con aceite vegetal durante la semana previa al sacrificio (López-Ferrer *et al.*, 1999b) se tradujeron en diferencias estadísticamente significativas en el depósito de algunos de los ω 3 de cadena larga (principalmente en DHA) en aquellos tejidos más grasos, como es el muslo. Este muslo sufrió claramente los cambios en una forma más acusada (hasta un 60% de diferencia entre tratamientos) a la que experimentaron las muestras de pechuga. En un tejido menos graso como la pechuga se necesitaron dos semanas de sustitución de la fuente de grasa para hacer evidente la variación dietética realizada por lo que respecta al análisis concreto del depósito de los ω 3 de cadena larga (DPA y DHA, principalmente).

Pese a que la inferior proporción en VLCn3 de los tratamientos sustitutorios se revela -en general- tras una semana (dos, en el caso de la pechuga, para DPA y DHA) de sustitución de la fuente lipídica de la dieta, es posible todavía conseguir una mejora nutricional más que aceptable en el perfil lipídico del animal, con respecto a los niveles que se obtendrían sin la utilización de tales ingredientes y planteamientos de sustitución.

Por otra parte, son muchos los factores que condicionan el depósito graso final del animal, así como su calidad nutritiva y organoléptica. Los más destacables son tanto el perfil lipídico del ingrediente como la pauta de aplicación propuesta y los planes de prevención de la degradación oxidativa. No todos los aceites de pescado son igual de eficientes a la hora de enriquecer con ácidos grasos omega 3 la carne de pollo (fundamentalmente condicionado por el cociente EPA:DHA), ni todos los programas de utilización son igual de eficaces.

La utilización de otras fuentes NO MARINAS en la dieta del pollo también han sido contrastadas en la bibliografía consultada, así como por parte de nuestro equipo de trabajo como una tercera alternativa al uso de productos marinos. Aceites y harinas de **colza** y, principalmente, de **linaza**, se han propuesto como alternativas posibles a las fuentes

marinas. Estos aceites vegetales han sido probados como sustitutos del aceite y harina de pescado dado su elevado contenido en el precursor de toda la familia de AG ω 3, el ácido linolénico (LNA). Un incremento en este precursor podría favorecer, en principio, una superior conversión hacia sus derivados en el hígado por cuanto que se limita la generación de los derivados ω 6 a partir del ácido linoleico por competición directa entre ambos precursores. Distintos autores han podido

Ecuaciones de regresión de Ácidos Grasos Poliinsaturados Omega 3 de Cadena Muy Larga de muestras de muslo en función de la inclusión en la dieta de su precursor, el Ácido Linolénico

	Ecuación	R ²	P<
EPA	$y = 0,009x + 0,15$	0,84	0,001
DPA	$y = 0,010x + 0,06$	0,73	0,001
DHA	$y = 0,006x + 0,09$	0,74	0,001
EPA + DPA + DHA	$y = 0,026x + 0,29$	0,85	0,001

confirmar un mayor contenido en AG ω 3 de cadena larga (LC ω 3) en diferentes depósitos lipídicos del tejido muscular del animal (Ajuyah *et al.*, 1993a) ante la utilización de LNA incluido como tal en la dieta (Whelan *et al.*, 1991) o mediante la utilización de estos ingredientes alternativos (Chanmugam *et al.*, 1992).

Sin embargo, a tenor de los resultados obtenidos por nuestro equipo en ningún momento se alcanzaron los niveles tisulares que se conseguían mediante la utilización de aceite de pescado, en cualquiera de las formas en que éste fue sido administrado y/o sustituido. Una evidente conversión a partir del precursor es apreciable por cuanto que, ya a tempranas edades del animal, éste demostró ser capaz de sintetizar, en el hígado, importantes cantidades de estos AG ω 3 de cadena muy larga, obtenidos obviamente a partir del LNA de la dieta. Esta probada generación de EPA, DPA y DHA ha permitido unos depósitos en estos AG en tejidos musculares, con una clara proporcionalidad según el nivel de LNA (administrado como aceite de linaza) presente en la dieta ($R^2 = 0,80$; $0,72$ y $0,76$ para EPA, DPA y DHA), tal y como se puede observar en las siguientes ecuaciones de regresión.

No obstante la mencionada respuesta, el incremento de estos AG en los tejidos (aún pudiendo presentar diferencias estadísticamente significativas) nunca se ha demostrado lo bastante elevado como para considerar el producto obtenido como interesante desde un punto de vista estrictamente nutricional: el principal depósito de POLI ω 3 en estos tejidos fue en forma de LNA y no como sus derivados (EPA, DPA, DHA, básicamente los más interesantes).

Tampoco un mayor tiempo de administración de la dieta rica en el precursor de la familia ω 3 supuso una más elevada síntesis y posterior deposición de LC ω 3 en los tejidos musculares del animal. Ya a la edad de 24 días, el análisis en ácidos grasos de las muestras de hígado confirmó la plena capacidad del animal de elongar y desaturar los ácidos linolénico y linoleico hacia sus respectivos derivados. Sin embargo, este perfil hepático -que demostró ser prácticamente constante a lo largo de la edad del animal- en ningún momento se reflejó en las muestras de tejido muscular analizado.

Es lícito pensar, pues, en la existencia de órganos con una superior preferencia por estos AG generados en el organismo, tales como el hígado y el cerebro, durante fases de crecimiento. Estas necesidades primordiales provocarían un escaso depósito de estos AG en los tejidos musculares cuando son absorbidos y/o sintetizados en limitadas cantidades (Bézar *et al.*, 1994; Jeppesen *et al.*, 1999).

Además de los mencionados aspectos a considerar a partir de la utilización de distintos ingredientes en vistas a incrementar en ácidos grasos ω 3 la carne de pollo, es necesario tener en cuenta otro factor más que afecta, en este caso, a la calidad lipídica del producto obtenido.

Por un lado, los productos resultantes son ciertamente más sensibles a la OXIDACIÓN LIPÍDICA, por cuanto que el número de dobles enlaces presentes es superior. Una elevada proporción de POLI comportará una superior presencia de productos de oxidación en los alimentos (Hamilton, 1989). Una prevención de dicha oxidación se hace, pues, imprescindible a fin de que el producto nutricionalmente mejorado no sea paralelamente nocivo para la salud. El uso de antioxidantes es esencial para un mantenimiento de la misma, habiéndose probado una efectividad en el control de esta oxidación mediante la utilización de antioxidantes como la vitamina E (α -*tocopherol*) en el pienso de ponedoras y broilers (Bartov y Frigg, 1992; O'Neill *et al.*, 1998; Galobart *et al.*, 1999). En los trabajos de investigación realizados por nuestro departamento y presentados en estas jornadas se ha efectuado un control mínimo de la oxidación mediante la adición de 0,02% de BHT (de acción *in vitro*) en el pienso, por cuanto que un estudio de la misma no suponía el objetivo principal de los trabajos. No obstante, diversos trabajos han propuesto valores diferentes en los aditivos a

utilizar según el nivel de POLI de la dieta y según el nivel de grasa total (mín. 50 ppm α -tocoferol en dietas para ponedoras ricas en ácidos grasos omega-6, Galobart *et al.*, 1999). Dada la habilidad por parte del animal para depositar vitamina E en el tejido muscular, tal y como se verá en el siguiente apartado, un enriquecimiento combinado de ambos nutrientes por parte del animal se puede proponer a fin de conseguir un producto plenamente mejorado.

Pese a no haberse mencionado, previamente, debido a la actualmente escasa existencia de artículos científicos relacionados con el tema, el enriquecimiento de las canales de animales con *ácido linoleico conjugado* permitiría una opción alternativa a la hora de mejorar nutricionalmente la carne de pollo. Se ha podido constatar cómo la utilización de dietas enriquecidas con este ácido graso conlleva importantes reducciones en el nivel de grasa del animal, una superior proporción de masa corporal magra y un incremento de los depósitos de este AG a nivel tisular, tanto en pollo como en cerdo o rata (Pariza *et al.*, 1996). En pollos, el uso de este ácido graso ha permitido constatarlo como un potente regulador de la acumulación y retención de grasa corporal. El modo de acción propuesto se ha relacionado a una reducción en la respuesta catabólica inducida por estimulación inmune sin afectar adversamente a dicha función, un reflejo de lo cual es la promoción del crecimiento. Si estos estudios se profundizan y constatan en la especie humana, un amplio campo de investigación aplicada se abre para los nutricionistas.

VITAMINA E

El término vitamina E se utiliza como una descripción genérica para todos los derivados tocol y tocotrienol que cualitativamente exhiben la actividad biológica del α -tocoferol. La forma comercialmente utilizada de vitamina E para la suplementación animal es la de éster acetato de all-rac- α -tocoferol. Los ésteres son resistentes a la oxidación y no presentan, como tales, actividad antioxidante aunque, cuando son hidrolizados en el estómago, permiten la liberación de α -tocoferol, con marcado poder antioxidante. La vitamina E no puede ser sintetizada por los animales, por lo que dependen del aporte dietético. La concentración de alfa-tocoferol en la carne de pollo depende del nivel dietético de α -tocoferol y del tiempo de suplementación y es por ello que el nivel de vitamina E presente en los tejidos refleja la disponibilidad dietética. Debido a las características liposolubles de la vitamina E, la absorción de la misma es dependiente de la capacidad por parte de los animales de digerir y absorber grasa.

La absorción intestinal de la vitamina E se sitúa alrededor del 15 al 45%, pero diversos factores la pueden modificar. Así, la eficacia de absorción del α -tocoferol se reduce cuando se incrementa la cantidad ingerida (Traber *et al.*, 1986; Schmandke *et al.*, 1969; Grobas, 1997). Por otro lado, la presencia de grasa en la dieta, sobre todo de triglicéridos de cadena media, aumenta la absorción de α -tocoferol (Gallo-Torres, 1971), mientras que la presencia de AG poliinsaturados de cadena larga reducen su absorción (Gallo-Torres, 1970). Los niveles elevados de AG poliinsaturados en la dieta aumentan las necesidades de vitamina E por dos motivos: En primer lugar, porque disminuyen la cantidad de vitamina E absorbida y, por otro lado, porque incrementan su consumo a nivel metabólico, pues incrementa la presión oxidativa (Muggli, 1994).

Otros factores que pueden reducir la absorción de vitamina E son déficits en la producción de sales biliares y elevadas concentraciones de vitamina A o ácido oleico. Dosis altas de vitamina A en la dieta producen una disminución en la concentración de vitamina E en el huevo tal y como ha podido ser demostrado por distintos autores (Surai *et al.*, 1998; Grobas, 1997)

La capacidad antioxidante de la vitamina E en la carne de pollo ha sido más que probada en numerosos trabajos de investigación. La oxidación lipídica es uno de los procesos primarios de deterioro de calidad de la carne y de los productos cárnicos durante el almacenamiento (Pearson *et al.*, 1983). Los cambios de calidad se manifiestan como

cambios adversos en aroma, color, textura y valor nutricional y por la posible producción de compuestos tóxicos. La suplementación dietética con vitamina E por encima de los requerimientos del animal ha demostrado poder acumularse *in vivo* y ser capaz de reducir la oxidación lipídica en la carne y derivados, *in vivo* y *post-mortem*, tal y como la tabla adjunta demuestra. La adición de vitamina E *post-mortem* no es posible, pues el α -tocoferol no puede incorporarse de manera efectiva en las membranas celulares, por lo que no puede desempeñar su actividad antioxidante de manera eficaz. Esta oxidación se manifiesta como una conversión de la mioglobina muscular a metamioglobina y el desarrollo de aromas rancios y sabores procedentes de la degradación de ácidos grasos poliinsaturados en las membranas tisulares. La suplementación con vitamina E incrementa su deposición en los tejidos del animal, por orden: corazón > pulmón > hígado > muslo > pechuga > cerebro (Sheehy et al., 1991). Así, su enriquecimiento en los tejidos musculares permite retardar la oxidación e incrementar la vida de almacenaje de la carne. Por otro lado, dados sus probados efectos sobre distintos parámetros sanitarios, relacionados igualmente a su capacidad antioxidante, su ingestión por parte del ser humano a través de la carne de pollo puede suponer un sistema de control complementario a distintos tipos de enfermedades, tales como angina de pecho (Rapola *et al.*, 1996), cáncer de mama (Dabrosin C, Ollinger K, 1998) y otras patologías.

Por lo que se refiere a su papel específico en el control de la oxidación de los AG, numerosos trabajos han demostrado el efecto protector de la vitamina contra la oxidación de estos AG, así como se ha demostrado que la suplementación dietética con α -tocoferol reduce la formación de compuestos de oxidación del colesterol en carne de pollo (Grau *et al.*, 1997). Los oxisteroles, al igual que otros compuestos de oxidación lipídica son potencialmente nocivos para la salud del consumidor ya que se ha relacionado su consumo con la aparición de patologías diversas como enfermedades cardiovasculares, cancer, envejecimiento, cataratas...

Especies	Vitamina E en pienso (mg/ kg)	Vitamina E en músculo (mg/ 100 g)	TBA tras Almacenaje (días)
Pollo*	16	0,20	0,86 (5)
	40	0,50	0,50 (14)
	60	0,62	0,36 (14)
Pavas**	5	0,10	1,64 (7)
	150	0,13	0,81 (7)
	250	0,19	0,62 (7)
	450	0,21	0,39 (7)

*Broilers alimentados durante 8 semanas
 **Dieta suplementada sem 16 a 20
 Fuente: Marusch *et al.*, 1975

Especies	Vitamina E en pienso (mg/ kg)	Vitamina E en músculo (mg α T/ kg)	Red. Oxidación (%)**
Pollo	0	1,6	
	120*	6,9	92%
	0	1,4	
	100	5,8	84%
	46	4,0	
	146	2,5	
	546	18,5	
	46	9,5	
	146	10,5	
	546	20,0	
Pavo	0	1,7	
	100	9,9	69%
	250	2,4	

*Broilers alimentados durante 4 días previo sacrificio **Reducción TBA's Fuente: Jensen *et al.*, 1998

El mencionado control de la oxidación de la carne se ha demostrado tanto en monogástricos como en poligástricos, pese a que las eficiencias de deposición de vitamina E en las distintas especies animales varía sustancialmente y viene directamente determinado por la deposición promovida de vitamina E en los tejidos estudiados. Así, tal y como la tabla adjunta refleja, la suplementación requerida en pavos es muy superior a la necesaria en pollos a fin de poder controlar eficientemente el nivel oxidativo de la carne.

Animales alimentados con un mayor nivel de AG poliinsaturados, tal y como ya se ha mencionado anteriormente, a fin de mejorar el ratio POLI:SAT,

o alimentados con AG omega 3 (aceites de linaza o pescado) incrementan la susceptibilidad de la carne a la oxidación. Incrementos concomitantes en vitamina E son necesarios para prevenir el deterioro del sabor debido a la peroxidación lipídica: Pavos alimentados con 2% de aceite de atún durante nueve semanas no presentaron alteraciones del aroma cuando fueron suplementados con 250 mg vitamina E/ kg (Crawford et al., 1975), pero se pudieron percibir alteraciones en el aroma cuando se utilizaron niveles inferiores de tal nutriente. En un engorde paralelo con pollos broiler, pese a utilizar niveles similares de ácidos grasos poliinsaturados al del engorde de pavos promovido por Crawford et al (1975), a un nivel semejante de aceite de pescado, Huang y Miller (1993), con tan sólo 50 mg/ kg vitamina E, pudieron controlar el desarrollo de aromas extraños.

La Tabla adjunta ofrece una revisión de distintos trabajos experimentales que han postulado el incremento de la concentración de α -tocoferol en la carne de pollo a fin de favorecer un mayor control oxidativo de la misma, sin olvidar que constituye una posible suplementación vitamínica para el consumidor.

OTROS NUTRIENTES

Por último, se ha de destacar que los esfuerzos por enriquecer la carne de pollo con otros nutrientes potencialmente interesantes para el hombre, son comparativamente escasos comparados con el huevo. Con este último, se han ensayado incrementos en el depósito de retinol y beta-caroteno (Jiang *et al.*, 1994), cobre (Jackson *et al.*, 1979) o selenio (Davis y Fear, 1996), con mayor o menor éxito, no habiéndose encontrado en la bibliografía trabajos centrados en la carne de pollo.

REFERENCIAS

- Ajuyah, A. O., R. T. Hardin y J. S. Sim, 1993. Studies on canola seed in turkey grower diet: Effects on n3 fatty acid composition of breast meat, breast skin and selected organs. *Can J. Anim. Sci.* 73: 177-181.
- aAtkinson, A., L. G. Swart, R. P. Van Der Merwe y J. P. H. Wessels, 1972. Flavor studies with different levels and times of fish meal feeding and some flavor-imparting additives in broiler diets. *Agroanimalia* 4: 53-62
- bAtkinson, A., R. P. Van Der Merwe y L. G. Swart, 1972. The effect of high levels of different fish meals, of several antioxidants and poultry byproduct meal on the flavor and fatty acid composition of broilers. *Agroanimalia* 4: 63-68
- Bartov, I. y Frigg, M. 1992. Effect of high concentrations of dietary vitamin E during various age periods on performance, plasma vitamin E and meat stability of broiler chicks at 7 weeks of age. *Br. Poult. Sci.* 33: 393-402
- Bézar, J., J. P. Blond, A. Bernard y P. Clouet, 1994. The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. *Reprod. Nutr. Dev.* 34: 539-568
- Chanmugam, P., M. Boudreau, T. Boutte, R. S. Park, J. Hebert, L. Berrio y D. H. Hwang, 1992. Incorporation of Different Types of n-3 Fatty Acids into Tissue Lipids of Poultry. *Poultry Sci.* 71: 516-521
- Crawford, L.; Kretsch, M. J.; Peterson, D. W. y Lilyblade, A. L. 1975. The remedial and preventive effect of dietary α -tocoferol on the development of fishy flavour in turkey meat. *Journal of Food Science*, 40: 751-755

- Dabrosin, C. y Ollinger, K. 1998. Protection by alpha-tocopherol but not ascorbic acid from hydrogen peroxide induced cell death in normal human breast epithelial cells in culture. *Free Radic Res* 1998 Sep 29:3 227-34
- Davis, R.H. y J. Fear. 1996. Incorporation of selenium into egg proteins from dietary selenite. *Br Poult Sci*, 37 (1): 197-211
- Fry, J. L., P. Van Walleggem, P. W. Waldroup y R. H. Harms, 1965. Fish meal studies. 2. Effects of levels and sources on "fishy flavour" in broiler meat. *Poultry Sci.* 44: 1016-1019
- Galobart, J.; Barroeta, A. C.; Baucells, M. D. y Guardiola, F. 1999. Vitamin E levels and lipid oxidation in omega 3 fatty acid enriched eggs. *Proceedings of the VIII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg products.* Bologna, Italia, Septiembre 1999. Vol II: 161-164
- Gallo-Torres, H.E. 1970. *Biochim. Biophys. Acta.* 889: 310-315
- Gallo-Torres, H.E.; Weber, F. Wiss, O. 1971. *Int. J. Vitamin. Nutr Res.* 41: 504-515
- Grau, A.; Guardiola, F.; Rafecas, M.; Boatella, J.; Codony, R. Influence of dietary fat source and vitamin E and C supplementation on oxysterol formation in raw and cooked dark broiler meat. *Récents progrès en génie des procédés.* 1998, 11.
- Grobas, S. 1997. *Influencia de la nutrición sobre el tamaño del huevo.* Tesis doctoral.
- Hamilton, R. J. 1989. The chemistry of rancidity in foods. *En: Rancidity in foods* (Allen, J. C. y Hamilton, R. J., eds.), Elsevier pub. London
- Hargis, P. S. y M. E. Van Elswyck, 1993. Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World's Pou. Sci. Assoc.* 49: 251-264
- Herber, S. M. y Van Elswyck, M. E. 1996. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Sci* 75 (12): 1501-1507
- Huang, Y. X. y Miller, E. L. 1993. The effect of dietary oils and α -tocopherol on the n-3 fatty acid content and oxidative stability of broiler meat. *En: Safety and Quality of Food from animals.* British Society of Animal Production Occasional Publication no 17: 108-111 (JD Wood y TLJ Lawrence, eds) Edinburgh: BSAP
- Hulan, H. W., R. G. Ackman, W. M. N. Ratnayake y F. G. Proudfoot, 1988. Omega-3 fatty acid levels and performance of broilers chickens fed redfish meal or redfish oil. *Can. J. Anim. Sci.* 68: 533-547.
- Hulan, H. W.; Ackman, R. G.; Ratnayake, W. M. N. y Proudfoot, F. G. 1989. Omega-3 Fatty Acid Levels and General Performance of Commercial Broilers Fed Practical Levels of Redfish Meal. *Poultry Sci.* 68: 153-162
- Jackson, N.; M. H. Stevenson, G. M. Kirkpatrick. 1979. Effects of the protracted feeding of copper sulphate-supplemented diets to laying, domestic fowl on egg production and on specific tissues, with special reference to mineral content. *Br J Nutr* 1979, 42 (2): 253-66

Jensen, C.; Lauridsen, L. y Bertelsen, G. 1998. Dietary vitamin E: Quality and storage stability of pork and poultry. *Trends in Food Science and Technology* (9): 62-72

Jeppesen, P. B.; Høy, C. E. y Mortensen, P. B. 1999. Differences in essential fatty acid requirements by enteral and parenteral routes of administration in patients with fat malabsorption. *Am. J. Clin. Nutr.* 70 (1): 78-84

Jiang, Y.H., R. B. McGeachin, C. A. Bailey. 1994. alpha-tocopherol, beta-carotene, and retinol enrichment of chicken eggs. *Poult Sci* 1994, 73 (7): 1137-43

Jones, R. L. 1987. Nutritional influences on carcass composition in the broiler chicken. *Proceedings of the Nutrition Society*, 45: 27-32

López-Ferrer, Sigfrido. Tesis Doctoral, 1999

aLópez-Ferrer, S., M.D. Baucells, A. C. Barroeta y M. A. Grashorn, 1999. Influence of vegetable oil sources on quality parameters of broiler meat. *Archiv. Geflug.* 63 (1): 29-35

bLópez-Ferrer, S., M.D. Baucells, A. C. Barroeta y M. A. Grashorn, 1999. N-3 Enrichment of Chicken Meat Using Fish Oil: Alternative Substitution with Rapeseed and Linseed Oils. *Poultry Sci.* 78 (3): 356-365

Marusich, W. L.; De Ritter, E.; Ogrins, E. F.; Keating, J.; Mitrovic, M. y Bunnell, R. H. 1975. Effect of supplemental vitamin E in control of rancidity in poultry meat. *Poultry Science*, 54: 831-844

Miller, D.; Gruger, E. H. Jr.; Leong, K. C. y Knobl, G. M. Jr. 1967. Effect of refined menhaden oils on the flavor and fatty acid composition of broiler flesh. *Journal of Food Science.* 32: 342-345

Miller, D. y Robisch, P. 1969. Comparative Effect of Herring, Menhaden, and Safflower Oils on Broiler Tissues Fatty Acid Composition and Flavor. *Poultry Sci.* 48: 2146-2157

Miller, D.; Leong, K. C. y Smith, P. 1969. Effect of feeding and withdrawal of menhaden oil of broiler tissues' fatty acid composition and flavor. *Poultry Sci.* 34: 136-141

Mugli, R. Physiological requirements of vitamin E as a function of the amount and type of polyunsaturated fatty acid. *World Rev Nutr. Diet.* 1994. 75: 166-168

O'Neill, L. M.; Galvin, K.; Morrissey, P. A. y Buckley, D. J. 1998. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat and meat products. *Br. Poult. Sci.*, 39: 365-371

Pariza, M.; Park, Y.; Cook, M.; Albright, K. y Liu, W. 1996. Conjugated linoleic acid (CLA) reduces body fat. *Experimental biology* (Abstract, in press).

Rapola JM, Virtamo J, Haukka JK, Heinonen OP, Albanes D, Taylor PR, Huttunen JK Effect of vitamin E and beta carotene on the incidence of angina pectoris. A randomized, double-blind, controlled trial [see comments] [published erratum appears in JAMA 1998 May 20;279(19):1528] *JAMA* 1996 Mar 6 275:9 693-8

SAS Institute, 1996. SAS® User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Scaife, J. R., J. Moyo, H. Galbraith, W. Michie y V. Campbell, 1994. Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. *Br. Poult. Sci.* 35: 107-118

Schmandke, H.; Sima, C.; Maune, R. 1969. *Int. Z. Vitaminforsch* 39:296-298

Seemann, G., 1981. Vorschlag eines verbesserten Verfahrens zur Ermittlung sensorischer Unterschiede. *Arch. Geflügelk.* 45: 248-251.

Sheehy, P.J.A.; P. A. Morrissey; A. Flynn, 1991. Influence of dietary alpha-tocopherol on tocopherol concentration in chick tissues. *Br Poult Sci.* 32, 391-397.

Surai,P.F.; I. A. Ionov; T. V. Kuklenko; I. A. Kostjuk y A. MacPherson, 1998. Effect of supplementing the hen's diet with vitamin A on the accumulation of vitamins A, and E, ascorbic acid and carotenoids in the egg yolk and in the embryonic liver. *Br. Poult. Sci.* 39, 257-263.

Traber M.G.; H. J. Kayden; J. B. y M. H. Green, 1986 *Am. J. Clin Nutr* 44:914-923

Whelan, J., K. S. Broughton y J. E. Kinsella, 1991. The comparative effects of dietary α -linolenic acid and fish oil on 4- and 5-series leukotriene formation in vivo. *Lipids* 26: 119-126