



Universitat Autònoma
de Barcelona



USO DE GRASAS ÁCIDAS EN POLLOS DE CARNE

Departament de Ciència Animal i dels Aliments
Universitat Autònoma de Barcelona
Facultat de Veterinària



Trabajo presentado para la superación de los 15 créditos del Módulo
Trabajo Fin de Máster del
Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal

SEPTEMBER 15, 2016
ISMAEL ANDRÉS RAMOS

Tutora: Ana Cristina Barroeta Lajusticia

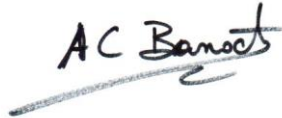
Informe del tutor:

Ana Cristina Barroeta Lajusticia, Catedrática del Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Universitat Autònoma de Barcelona,

Informa:

Que el trabajo de investigación titulado: “Uso de grasas ácidas en pollos de carne” ha sido realizado bajo su supervisión por el Sr. Ismael Andrés Ramos dentro del módulo Trabajo Fin de Máster del Máster Oficial de Calidad de Alimentos de Origen Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Para que conste a los efectos oportunos, firmo la presente en Bellaterra, 28 de agosto de 2016.

Handwritten signature of Ana C. Barroeta in black ink, consisting of the initials 'AC' followed by the name 'Barroeta' in a cursive script.

Fdo.: Ana C. Barroeta

Agradecimientos:

Quiero dar las gracias a todas aquellas personas que han estado conmigo a lo largo de este intenso año. De entre los cuales quiero darle especialmente las gracias a:

-Ana, mi tutora, por haberme apoyado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles y haberme enseñado que la investigación puede ser apasionante.

-Mis padres y mi hermana, por haber estado conmigo a pesar de la distancia y por haber mostrado una gran comprensión en todo momento.

-A Raquel y Alberto por las incontables, pero divertidas e instructivas, horas en la granja y en el laboratorio y por todo el apoyo mutuo que nos hemos dado.

-Al resto de becarios y demás personal docente y técnico del SNIBA por las entretenidas sesiones de toma de muestras y la ayuda prestada.

-A todos mis compañeros del Máster por este maravilloso año juntos, pero en especial a Robert, Paula, Alice e Irene que han llegado a ser verdaderos amigos.

Lista de abreviaturas:

AG: Ácidos Grasos

AGI: Ácidos Grasos Insaturados

AGL: Ácidos Grasos Libres

AGMI: Ácidos Grasos Monoinsaturados

AGPI: Ácidos Grasos Poliinsaturados

AGS: Ácidos Grasos Saturados

EM: Energía Metabolizable

CMD: Consumo Medio Diario

DAG: Diacilglicéridos

GMD: Ganancia Media Diaria

I/S: Ratio de ácidos grasos insaturados/saturados

IT: Índice de Transformación del alimento

MAG: Monoacilglicéridos

TAG: Triacilglicéridos

Índice de contenidos:

❖ Resumen.....	1-2
❖ Summary.....	3-4
❖ Introducción.....	5-7
❖ Revisión bibliográfica.....	8-15
➤ Aceites nativos.....	8-10
➤ Aceites ácidos.....	10-13
➤ Influencia de los AG de la dieta en la composición de la carne y de la grasa abdominal del pollo de carne.....	13-15
❖ Material y métodos.....	16-21
➤ Animales e instalaciones.....	16
➤ Piensos y grasas experimentales.....	16-19
➤ Controles.....	19-20
➤ Determinaciones analíticas.....	20
➤ Análisis estadístico.....	21
❖ Resultados y discusión.....	22-29
➤ Parámetros productivos.....	22-24
➤ Rendimientos.....	25-26
➤ Análisis cromatográfico de AG.....	26-29
❖ Conclusiones.....	30
❖ Bibliografía.....	31-35

Resumen:

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la incorporación de grasas con distinto grado de saturación (aceite de palma: saturada y/o aceite de soja: insaturada) y contenido creciente de ácidos grasos libres (AGL: 0, 20, 47 y 67%) en el pienso de los pollos broiler y su efecto sobre los parámetros productivos y el perfil en AG de la carne.

Para ello, se utilizaron un total de 528 pollos de carne hembras de la estirpe Ross 308 de 1 día de edad que se distribuyeron aleatoriamente en 48 jaulas y se les asignó uno de los 8 piensos experimentales (6 réplicas /tratamiento). Los 8 piensos experimentales se formularon a partir de una dieta en base a trigo y soja con un 6% de grasa añadida. La grasa suplementada difería en el tipo y % de AGL: Aceite de soja con 0 (S0), 20 (S20), 47 (S47) y 67 (S67) % de acidez y aceite de palma al 0 (P0), 20 (P20) 47 (P47) y 67 (P67) % de acidez. A lo largo de todo el período experimental se realizaron controles de peso y consumo para calcular la GMD, CMD e IT. Al final del experimento, 37 días de edad, se sacrificaron 3 animales por réplica (18 pollos por tratamiento) y se procedió a determinar el rendimiento de la canal y el % de grasa abdominal. En paralelo, se analizó el % de AG de los muslos y contramuslos con piel de los pollos de cada tratamiento. Los pollos de carne alimentados con aceite de soja, es decir, con el grado de insaturación más alto, presentaron mejores índices de transformación, mayor peso vivo final y menor depósito de grasa abdominal que los alimentados con aceite de palma, la grasa más saturada, independientemente de su nivel de acidez. En cuanto al grado de acidez, las grasas con niveles moderados de acidez (20% de AGL) dieron lugar a los mejores resultados (peso vivo final, GMD global y rendimiento de canal). Por otro lado, el depósito de grasa abdominal tiende a disminuir conforme aumenta la cantidad de AGL en la ración.

Como era de esperar el perfil de ácidos grasos de la carne fue diferente en los pollos alimentados con aceite de soja que en los alimentados con aceite de palma, reflejándose la composición de la grasa ingerida por el animal. La carne de los pollos que consumieron aceite de palma en comparación con los que consumieron aceite de soja, presentó mayores % de AGS (S:28 vs. P:33,20; $P < 0,01$) y AGMI (S:38,53 vs. P:52,12; $P < 0,01$) y menor contenido de AGPI (S:33,33 vs. P:14,51; $P < 0,01$). Los cambios en el perfil lipídico de la carne al aumentar el nivel de AGL fueron diferentes en función del tipo de grasa añadida. Al incrementar la cantidad de AGL en el aceite de soja se produce una reducción del % de AGPI en 10 unidades porcentuales (S0: 36,3 vs. S67: 25,8) en

paralelo a un aumento en el % de AGS (S0:26,5 vs. S67: 30,9) y AGMI (S0:37 vs. S67:43). En cambio al aumentar el % de acidez del aceite de palma suplementado al pienso no se modifican los % de AG insaturados (AGMI 51,4-53,3 y AGPI 14,7-14,1) y únicamente se observa una reducción, de menor magnitud en el % de AGS (P0:33,8 vs. P67: 32,4).

Por todo ello, podemos concluir que la inclusión en la dieta de aceite de palma y soja con niveles bajos de acidez (alrededor del 20% AGL) es adecuado en la alimentación de pollos de carne ya que permite altos ritmos de crecimiento, sobre todo durante la fase de crecimiento-acabado. En relación al perfil en AG de la carne de pollo, no se ve modificado sustancialmente al aumentar el % de AGL del aceite de palma suplementado en la ración hasta niveles del 67%. Por el contrario, conforme aumentamos el contenido de AGL del aceite de soja suplementado en la ración (hasta el 67%) se incrementa la proporción de AGS y disminuye el % de AGPI del muslo-contramuslo con piel del pollo.

Summary:

The aim of this study was to investigate the effect of the saturation degree and the acidity level of the supplemented fat in the diets on the productive parameters, in the fat deposition and in the fatty acids meat profile of poultry.

A total of 528 1-day female broiler chickens of Ross 308 line were used. They were randomly distributed in 48 cages. The broiler chickens were fed with a diet based in the addition of a 6% of: soybean oil with a 0%, 20%, 47% and 67% of free fatty acids and palm oil with a 0%, 20%, 47% and 67% of free fatty acids. Each one of the experimental treatments were randomly assigned to each cage. During the whole experiment the weight and the consume of fodder were controled and registred to calculate the average daily gain, the average daily feed intake and the transformation index. At the end of the experiment, when animals were 37 days old, 18 animals for treatment were slaughtered. Then, the carcass weight and the % of abdominal fat were calculated. Moreover the % of fatty acids from the leg meat with the skin of the chicken of each treatment were analyzed. Chickens fed with the highest unsaturation level (soybean oil) had better transformation index, higher body weight and lesser abdominal fat depots than those fed with the highest saturated level (palm oil) regardless of the acidity degree of the fodder. Concerning the acidity degree, moderate acidity degrees (20% of free fatty acids) showed the best results in body weigth, average daily gain and carcass weight. Otherwise, the abdominal fat deposition tends to get lower as the free fatty acids get increased.

The analysis of the fatty acids profile showed that the profile was different depending on the composition of the diet given. The meat of the chickens fed with palm oil had a bigger % of saturated fatty acids (S:28 vs. P:33,20; $P < 0,01$) and monounsaturated fatty acids (S:38,53 vs. P:52,12; $P < 0,01$) and a lesser content of polyunsaturated fatty acids (S:33,33 vs. P:14,51; $P < 0,01$). The changes on the lipidic meat profile, regarding to the increase of the free fatty acids content, were different depending on the fat given. Increasing the free fatty acids content in soybean oil produced a reduction of the % of polyunsaturated fatty acids content (S0: 36,3 vs. S67: 25,8) and increased the % of saturated fatty acids (S0:26,5 vs. S67: 30,9) and monounsaturated fatty acids (S0:37 vs. S67:43). On the other hand increasing the free fatty acids content in palm oil didn't change the % of the unsaturated fatty acids profile (AGMI 51,4-53,3 y AGPI

14,7-14,1) and produced a little reduction on the % of the saturated fatty acids profile (P0: 33,8 vs. P67: 32,4).

Therefore, it can be concluded that the inclusion of palm oil and soybean oil with low acidity degree (20% of free fatty acids) in diets could be suitable in poultry because there are higher growing cycles, especially during the last days. Moreover the fatty acids profile of the chicken meat is not modified by the increasing the content of free fatty acids of the palm oil in the diet till 67% acidity degree. Otherwise while the free fatty acids content is increased on the soybean oil there is an increase of the saturated fatty acids and a decrease of the % of polyunsaturated fatty acids in the chicken meat.

1-Introducción:

Se calcula que para el año 2050 la Tierra estará poblada por 9,1 billones de personas (Miller, 2008). En base a esta predicción, han surgido una gran cantidad de dudas sobre la capacidad de producir toda la comida necesaria para alimentar a toda la población humana en los años venideros. Ésta predicción se ha convertido en uno de los mayores retos de nuestro tiempo (Olsen, 2011).

A pesar de que los productos de la agricultura pueden llegar a cubrir la mayor parte de las necesidades nutricionales, las proteínas animales son muy necesarias para tener una dieta completa y equilibrada.

En las últimas décadas, el sector ganadero se ha transformado a un ritmo sin precedentes. Los países con las economías que más rápido crecen en el mundo, tiene una demanda creciente de alimentos de origen animal por lo que se han incrementado significativamente las actividades relacionadas con la producción animal, con la consiguiente aparición de innovaciones tecnológicas y cambios estructurales en el sector. La alimentación animal, por su importancia económica dentro de la cadena de producción, es uno de los aspectos que ha sido objeto de estudios e investigaciones de innovación.

Además, las aves comerciales para la producción de huevos y carne tienen altas necesidades de proteína y energía y no toleran niveles elevados de fibra en sus dietas. Todo ello unido a la baja capacidad de ingestión, hace que sus raciones deban ser muy concentradas en energía, lo que se traduce en un elevado coste, en especial, cuando la mayoría de los ingredientes son de importación (FAO, 2016).

El uso de suplementos grasos en los piensos de los animales monogástricos es una práctica muy común en la industria alimentaria y la producción animal. Por su alto contenido energético (9 kcal/g de grasa), los suplementos grasos son ideales para cubrir los requerimientos energéticos de los animales así como sus necesidades de ácidos grasos (AG) esenciales. Además en determinadas circunstancias, dar energía en forma de grasa es más barato que darla en forma de carbohidratos (Doreau and Chilliard, 1997).

Por otro lado, está bien establecido que los AG son los componentes lipídicos con mayor energía y su digestibilidad depende de su polaridad. Como norma general, cuanto más apolar sea un AG, peor será su absorción (Vilarrasa, 2011). Además, se ha

demostrado en distintos experimentos, y en concreto en pollos de carne, que el aprovechamiento de las grasas depende no solo de su composición en AG, sino que también se ve afectada por el tipo de estructuras lipídicas y la presencia o no de compuestos indeseables (Ferrini et al, 2010, Vilarrasa, 2014).

Otro aspecto importante a tener en cuenta y que ha sido objeto de gran interés, es cómo afectan los distintas materias grasas suplementadas a la ración de los animales a la composición y calidad lipídica de la carne (Rondelli et al, 2004).

Por todo ello, las empresas dedicadas a la alimentación animal tienen como reto la búsqueda de nuevos y económicos recursos que puedan destinarse a la fabricación de los piensos siempre que se respete la calidad y seguridad de la producción.

En el proyecto europeo finalizado en 2008, coordinado por el Dr. Codony (Dept. Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de la UB) y en el que también participó la Unidad de Nutrición Animal de la Facultad de Veterinaria de la UAB, se realizó un recolección de diversos tipos de subproductos grasos para su uso en piensos. De todos ellos se realizó una caracterización exhaustiva de composición, y de sus niveles de oxidación y de contaminación. A partir de estos estudios se han identificado materias grasas, subproductos de la cadena alimentaria, que presentan características muy valiosas para alimentación animal sin suponer un riesgo para la salud de los animales y asegurando la calidad y seguridad de los alimentos producidos.

Entre los residuos hablados en el párrafo anterior se encuentran los aceites ácidos y las oleínas que se generan a partir de la refinación de los aceites para consumo humano, por lo que su incorporación en la cadena de producción supondría una reducción de residuos para el medioambiente. Estos aceites ácidos poseen una alta proporción de ácidos grasos libres (AGL) que tienen un bajo coste, pero también un valor nutricional más bajo que los aceites convencional.

Centrado en este tipo de subproductos, se está desarrollando el proyecto de investigación titulado “Utilización de aceites ácidos esterificados en la alimentación de animales monogástricos. Nutrición comparada y repercusiones sobre la calidad lipídica de la carne” (AGL2010-22008-C02) con la colaboración del equipo de investigación de la unidad de Nutrición Animal del departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos de la UAB y el departamento de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de la UB cuyo objetivo es la caracterización de los aceites ácidos obtenidos de la refinación

industrial de aceites y grasas y generar información aplicada sobre su incorporación en la alimentación de diversos animales monogástricos, centrado en la modificación de la composición lipídica de carne y tejidos adiposos, por las implicaciones que conlleva en parámetros tecnológicos, sensoriales y de valor nutritivo para el consumidor.

El presente trabajo se enmarca dentro de este proyecto y tiene como objetivo global estudiar el efecto de la incorporación de materias grasas que difieren en el grado de saturación y en el contenido de ácidos grasos libres sobre:

- Los rendimientos productivos del pollo.
- La composición en ácidos grasos de la carne de pollo.

2-Revisión bibliográfica:

2.1-Aceites nativos:

Los aceites nativos son aceites que por sus características no se usan para el consumo humano pero si pueden ser utilizados en alimentación animal. Estos aceites tienen una alta variabilidad en el grado de acidez, pueden tener aromas y sabores desagradables, y en ocasiones, un color de apariencia poco natural.

Por ello estos aceites nativos se someten a una serie de procesos de refinado para mejorar sus características y así poder ser comercializados para alimentación humana. De los procesos de refinado de los aceites nativos se obtienen dos tipos de aceites, los aceites refinados y los aceites ácidos. Los aceites refinados son los que se destinan a consumo humano y que no son objeto de este estudio.

Actualmente, la producción de aceites nativos se encuentra alrededor de 185,49 millones de toneladas (2015/16 forecast; USDA, 2016). De palma se han producido 65,39 y de soja 53,63. La *figura 2.1.1* muestra los niveles de producción desde 1994/95 hasta 2014/15 para los principales aceites vegetales. A lo largo de estos 20 años, la producción se ha incrementado en 97,1 millones de toneladas. El aceite de palma se ha incrementado 47,2 millones de toneladas y el de soja 26,4 millones de toneladas. El gráfico muestra claramente que la producción del aceite de palma ha sido superior a la de soja desde el año 2004/05 y además representan el 63% de la producción mundial de aceites vegetales.

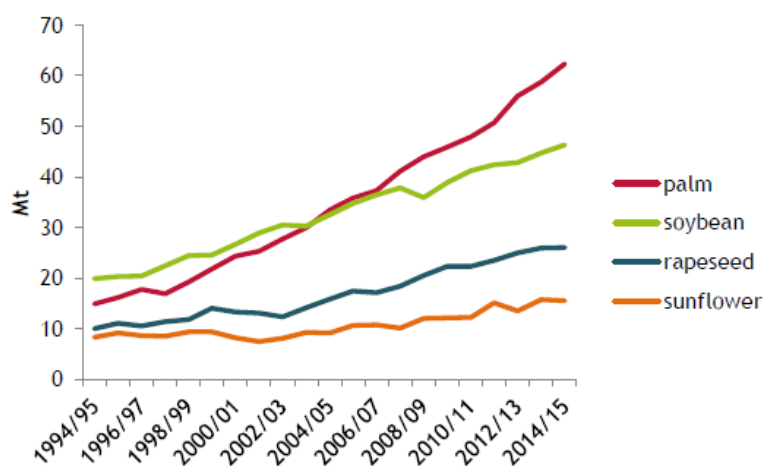


Figura 2.1.1 Producción global (Millones de toneladas) de los principales aceites vegetales (palma, soja, colza y girasol) a lo largo de 20 años (USDA, 2014).

Indonesia, Malasia y Tailandia son los mayores productores de aceite de palma. El precio de Malasia de aceite de palma en el año 2015/16 ha sido de 596 \$/t (USDA, 2016). Mientras que los mayores productores de aceite de soja son USA, Argentina y Brasil y el precio ha sido de 670 \$/t (USDA, 2016).

Las grasas y aceites nativos utilizados en alimentación animal están principalmente formados de triacilglicéridos (TAG), que son ésteres de AG y glicerol, con solo un 1-3% de mezcla de humedad, impurezas y fracción insaponificable (Linderborg and Kallio, 2005; Berry, 2009; Christie, 2011).

Los TAG constituyen la mayoría de los lípidos neutros y consisten en tres moléculas de AG, cada una de las cuales con su propia longitud de cadena y grado de insaturación, esterificados a tres grupos alcohol unidos a los átomos de carbono de la molécula de glicerol (Tocher, 2003; Berry, 2009). La naturaleza de los ácidos grasos que los constituyen es la que determina el valor energético de los TAG.

Los AG están formados por una cadena lineal compuesta por un número par de carbonos (entre 4 y 22). Según la longitud de su molécula los AG pueden ser de cadena corta (de 4 a 6 átomos de carbono), media (de 8 a 12) o larga (> 12). Si todos los átomos de carbono que componen la cadena de un AG van unidas por enlaces simples se denominan AG saturados, si tienen un doble enlace se denominan monoinsaturados y si tienen dos o más, poliinsaturados (http://www.grupocto.es/web/medicina/ar/pdf/EI_Man4ed_CapMbn.pdf).

La función principal de los triacilglicéridos es almacenar energía química. Si la demanda energética de los seres vivos para sus procesos metabólicos es inferior al consumo de energía, gran parte de este exceso se almacena en los enlaces de las moléculas de triacilglicéridos localizadas dentro de células especializadas en el almacenamiento de grasa, que se denominan adipocitos. Si no hay cantidad suficiente de carbohidratos para el metabolismo, se degradan los triacilglicéridos para utilizarse como fuente de energía (http://medicina.usac.edu.gt/quimica/biomol2/lipidos/Triacilglic_ridos_-_Grasas_Neutras-.htm).

La posición de los AG vienen definidas por el sistema de “número esteroespecífico” (sn-) como sn-1, sn-2 y sn-3 (Figura 2.1.2) (Linderborg and Kallio, 2005; Berry, 2009; Christie, 2011).

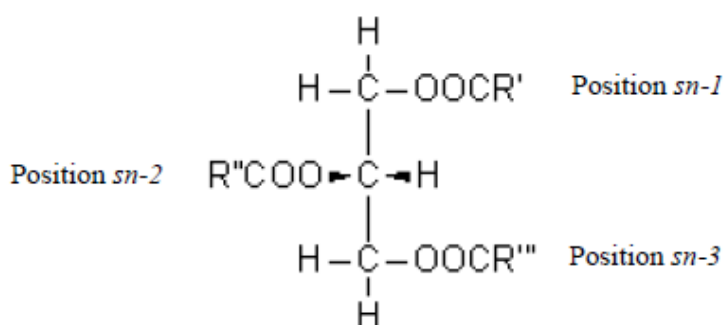


Figura 2.1.2: Proyección de Fisher de un tryacil-sn-glicerol (Vilarasa, 2014)

El aceite crudo de palma es un aceite de origen vegetal que se obtiene del mesocarpio de la fruta de la palma *Elaeis guineensis*. El fruto de la palma es ligeramente rojo, al igual que el aceite embotellado sin refinar. El aceite crudo de palma es una fuente rica en vitamina A y vitamina E. Se usa como materia prima en la producción de biodiésel. También es utilizado en la producción de piensos para alimentación animal, por su alto aporte energético (Genty, 1984). El aceite de palma es saturado siendo su composición promedio: 40-48% AGS (principalmente palmítico), 37-46% AGMI (principalmente oleico) y 10% AGPI. Su composición química es $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$ (IUPAC, 2016).

El aceite de soja es un aceite vegetal que procede del prensado de la soja (*Glycine max*). Este aceite es rico en AGPI. Se emplea mayoritariamente en alimentación humana y también en alimentación animal, aunque está incrementando su presencia en la industria del biodiésel. El aceite de soja se caracteriza por poseer moléculas de cadena larga de 13 a 16 enlaces (Wilson, 2004). La composición en AGS es: trazas de ácido láurico y mirístico, 11-12% de ácido palmítico y 3-5% de ácidos esteárico. En cuanto a la composición en AGI es: trazas de ácido palmitoléico y araquidónico, 22% de ácido oléico, 54% de ácido linoléico, 7,5% de ácido linoléico (IUPAC, 2016).

2.2-Aceites ácidos:

Los aceites ácidos y oleínas se generan como un residuo de la refinación de los aceites para consumo humano (Vilarrasa, 2011), por lo que su incorporación en la cadena

productiva llevaría consigo la disminución de residuos para el medioambiente, así como un abaratamiento general de los precios de las fórmulas.

Es difícil calcular el stock mundial de aceites ácidos, ya que no todos los aceites crudos se refinan (algunos se destinan directamente a alimentación animal y otros tienen otros usos industriales). El punto crucial que decide si los aceites ácidos son aprovechables o no, es el precio entre los aceites nativos y el aceite ácidos, ya que puede fluctuar (Vilarasa, 2014).

Se calcula que el precio de estos subproductos puede ser hasta de un 38% menor respecto del precio de los aceites nativos de los que proceden. De acuerdo con la Malasyan Palm Oil Board, antes de octubre del 2009, la diferencia entre los aceites ácidos y nativos de palma superaba los 150 \$/t. En mayo del año anterior la diferencia se encontraba por encima de los 500 \$/t. A principios del 2010 el diferencial de precios del aceite ácido en relación al aceite nativo era menor de 75\$/t (Cheah, 2010).

Los aceites ácidos, por lo tanto, pueden ser una interesante alternativa para la falta de stock de aceites y cereales, ya que la industria del biodiesel se encuentra en claro aumento (Parini y Cantini, 2009). Estos aceites ácidos se pueden añadir a la dieta de los animales como se añaden otros tipos de grasas.

La composición de los aceites ácidos afecta al valor nutricional del pienso y a la disponibilidad de los nutrientes. Los aceites ácidos muestran un alto potencial en alimentación animal, sobre todo cuando nos referimos a su perfil en ácidos grasos, ya que el aporte de AG esenciales y ratio n-6/n-3/n-9, es similar a las grasas convencionales de las que derivan. Se sabe que no sólo es importante la composición en AG sino también su estructura y disposición en la molécula de glicerol. Tal y como ya se ha dicho, las grasas nativas están formadas casi en su totalidad por triglicéridos (97-99%), sin embargo los aceites ácidos tienen un porcentaje alto, y variable según el proceso de refinación (química o física), de AGL y por lo tanto menor contenido de triglicéridos o grasas neutras. La refinación química (*figura 2.2.1*) es más frecuente y, durante la misma, se trata la grasa y/o aceite con una solución alcalina, reduciendo su contenido de AGL a través de la transformación en jabones solubles en agua. El subproducto que se obtiene presenta un contenido en AGL entre 40 y 60% y se conoce comúnmente como oleínas/grasoleínas. Por otro lado, los aceites con bajo contenido en fosfolípidos, como el aceite de palma y algunos de semillas suelen someterse a refinación física (*figura 2.2.1*), para eliminar las impurezas volátiles, obteniéndose un aceite con un porcentaje de AGL

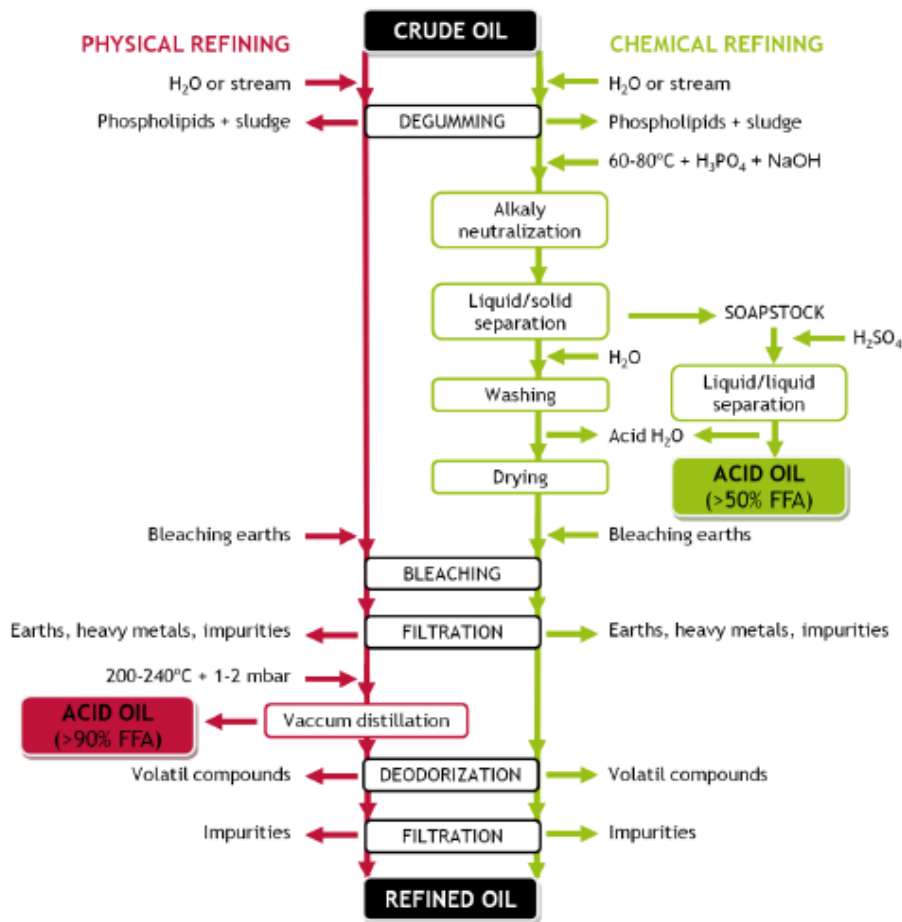


Figura 2.2.1 Diagrama de flujo de de los procesos de refinamiento de aceites nativos (Vilarasa, 2011,2014)

alrededor del 90%, que se conoce como aceite ácido (Vilarasa, 2014). Ambos, aceites ácidos y oleínas (que a continuación denominaremos, de forma genérica, aceites ácidos), son productos muy interesantes desde el punto de vista nutricional y de precio competitivo (Nuchi et al. 2009).

Tal y como ya se ha dicho, las grasas nativas están formadas casi en su totalidad por triglicéridos (97-99%), sin embargo los aceites ácidos pueden llegar a tener entre un 40 y un 90 % de AGL.

En relación a los ácidos grasos libres, diferentes trabajos pusieron de manifiesto en aves que conforme aumentamos la proporción de AGL disminuye la disponibilidad de la energía, sobre todo con grasas saturadas y en animales jóvenes (Wiseman y Salvador, 1991; Wiseman et al, 1991; Blanch et al, 1995; Blanch et al., 1996; Vila y Esteve-Garcia, 1996; Jorgensen y Fernández, 2000). Por lo tanto, uno de los principales puntos críticos de estos subproductos con alta cantidad de AGL es que tienen un valor energético menor que los aceites crudos. Por otro lado, en el proyecto coordinado por Codony en 2008 se

concluyó que la composición de los aceites era compleja y que no solo incluía triglicéridos, otros glicéridos y AGL, sino también otros compuestos de degradación lipídica, que podían reducir su valor nutritivo e incluso conllevar perjuicios importantes para el animal y para el alimento producido. Es decir, que otro punto crítico en la utilización de los compuestos de alto valor nutricional de los aceites ácidos es que se vea comprometida por la presencia de sustancias no deseables tales como polímeros, productos de oxidación, contaminantes; humedad, impurezas e insaponificables entre otros.

A pesar de estos condicionantes, como ya se ha recalcado, los aceites ácidos obtenidos de estos procesos de refinado son económicamente muy interesantes para la alimentación animal y para los productores de alimentos.

2.3-Influencia de los AG de la dieta en la composición de la carne y de la grasa abdominal del pollo de carne:

Está bien establecido que a través de la nutrición, concretamente modificando la fracción grasa de la ración, podemos alterar la composición lipídica de los diferentes tejidos y células. De forma que, el perfil en ácidos grasos de la grasa del alimento, influye sobre la composición de las membranas, es decir en los lípidos estructurales y, por lo tanto, afecta a sus funciones metabólicas (Kavouridou, 2004). También se sabe que la modificación del perfil lipídico a través de la dieta es más evidente en la grasa abdominal que en el tejido muscular (Lopez-Bote et al., 1997a y 1997b; Hrdinka et al. 1996).

El pollo se ha considerado como un modelo apropiado en estudios de metabolismo lipídico, ya que es bastante sensible a modificaciones dietéticas. Muchos de estos estudios se refieren al grado de saturación de la grasa añadida en la dieta, y como esta influye en el perfil de los ácidos grasos del animal. La grasa ingerida por los animales monogástricos sufre pocas modificaciones en su tracto digestivo, de tal manera que, los ácidos grasos de la dieta se reflejan en la composición de sus tejidos (Yau et al., 1991; Pinchaso y Nir, 1992; Blanch et al, 1995; Saenz et al., 1999).

En el experimento llevado a cabo por Rondelli et al. en 2004 con pollos broiler demostraron que los animales alimentados con distintos piensos y distintos aceites presentaban un perfil de ácidos grasos en la grasa abdominal claramente diferente. En concreto, en el caso de 18:2 y 18:3, los animales alimentados con el pienso enriquecido en soja presentaban un 23,8% y 2,1% respectivamente. Los animales a los que se les dio

pienso con sebo de bovino poseían, en los AG 18:2 y 18:3, un 16,4% y 1,4%, respectivamente. Todo el estudio les permitió determinar que hay en casos que la composición en algunos AG puede variar hasta en un 50%, dependiendo de la dieta del animal.

Algunos estudios se han centrado en la mejora de la calidad lipídica de la carne de pollo, aumentando su contenido en ácidos grasos poliinsaturados omega-3 ya que se ha demostrado que poseen un efecto beneficioso sobre la prevención y desarrollo de las enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, también se ha demostrado que el incremento del grado de insaturación de la carne produce una disminución de la calidad organoléptica (Saenz et al., 1999). Uno de los principales problemas observados es la aparición de canales con grasas blandas u oleosas al aumentar el grado de insaturación de los depósitos lipídicos, ya que se disminuye su punto de fusión. Esto produce un rechazo por parte del consumidor debido a su aspecto. Por ello, con la finalidad de conseguir un equilibrio entre el valor nutritivo y organoléptico de la carne de pollo, se han estudiado diferentes alternativas. Algunas estrategias se plantean disminuir la cantidad de AGPI, en las últimas fases de la vida del animal, sobre todo en los momentos próximos al sacrificio en base a incluir niveles más bajos de grasas insaturadas o de realizar mezclas de grasas (Lopez-Ferrer S. et al., 1999). Pero el problema más importante de aumentar el grado de insaturación de la carne es que provoca una mayor susceptibilidad a la oxidación lipídica, factor que determina el deterioro de la calidad global de la carne. Esta degradación de la fracción lipídica se ve favorecida por los procesos de cocinado y almacenamiento (Cortinas et al., 2001; Grau et al., 2001). Por ello, otra opción, es acompañar la inclusión de grasas poliinsaturadas con niveles crecientes en el pienso de antioxidantes naturales y de acción in vivo (Scaife et al., 1994; Barroeta, 2007).

En cuanto a la cantidad de grasa abdominal y su composición se sabe que es un buen indicador de la composición de los ácidos grasos de un broiler, ya que es muy sensible a las variaciones en la composición de la dieta. Existen diferentes estudios realizados Sobre el efecto del tipo de grasa dietética en la cantidad de grasa depositada por parte del organismo animal,. En concreto, se refieren al efecto del diferente grado de saturación de la grasa añadida al pienso, sobre la cantidad de grasa depositada en el animal (Yau et al., 1991; Pinchasov y Nir, 1992; Hermier, 1997 Sanz et al., 1999). Las dietas suplementadas con AGPI producen una menor deposición de grasa abdominal en comparación con aquellas dietas en las que se añaden AGS (Crespo N. y Esteve-García E., 2002; Sanz M.

et al., 2000). Sus resultados básicamente fueron que al incrementar el grado de saturación de una grasa se incrementaba la cantidad de grasa depositada en la región abdominal. Por el contrario el consumo de AGPI disminuyen la lipogénesis e incrementan el metabolismo, especialmente el proceso de beta-oxidación (Barroeta, 2007). Por lo tanto si esto es así, el animal tendría una menor capacidad de deposición de ácidos grasos en caso de alimentarse a base de una dieta rica en AGPI.

La literatura consultada, en concordancia con los resultados anteriores del grupo de investigación donde se enmarca este trabajo, han demostrado que la utilización de las grasas consumidas por parte del animal monogástrico no solo depende del grado de saturación sino también de la estructura de los lípidos que los constituyen. Los aceites ácidos son subproductos de la refinación de los aceites que se caracterizan por presentar un perfil en AG similar al aceite nativo del que provienen pero un mayor % de AG en forma libre y, por consiguiente un menor contenido de TAG. Partimos de la premisa que los aceites ácidos son materias grasas alternativas, económicamente y nutricionalmente interesantes, para su incorporación en la alimentación de los pollos de carne. Nuestra hipótesis es que al cambiar la estructura molecular de los lípidos de la dieta se modifica el grado de utilización de los AG consumidos y esto tendrá un efecto sobre el nivel y tipo de AG disponibles por parte del animal para su depósito en los tejidos.

Además, la revisión bibliográfica realizada ha puesto de manifiesto la escasez de trabajos que determinen el efecto de la presencia de AGL en la dieta sobre la cantidad de grasa depositada y el perfil en AG de la carne producida en pollos de carne.

Por ello, el presente trabajo se plantea determinar el efecto de la presencia de AGL en la grasa dietética y su efecto sobre los parámetros productivos pero también sobre la cantidad de grasa abdominal depositada, como indicador del grado de engrasamiento del animal y sobre el perfil en AG del muslo y contramuslo con piel del pollo de carne.

Para ello, se ha realizado un experimento que compara la utilización de grasas saturadas (aceite de palma) e insaturadas (aceite de soja) con distinto % de AGL en la alimentación de pollos de carne.

3-Material y métodos:

3.1-Animales e instalaciones:

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del *Servei de Granges i Camps Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona* (UAB; Barcelona, España). El procedimiento experimental recibió la aprobación previa del Comité de Ética de la misma institución. Tanto el alojamiento como el manejo de los animales se ajustaban a las directrices de la Unión Europea.

Se utilizaron un total de 528 pollos de carne hembras de la estirpe Ross 308 de 1 día de edad (empresa Pondex S.A.U; Juneda, Lleida, España). A la llegada de las aves, éstas se pesaron e identificaron individualmente en el ala y se distribuyeron en la granja experimental que dispone de un módulo de crianza de pollitos mediante un sistema de batería de 3 pisos con 48 jaulas (50x60 cm) asignándose a cada uno de los 8 tratamientos experimentales, resultando en 6 réplicas por tratamiento (cada jaula contenía 11 pollos hasta los 14 días y 3 pollos de 15 días al final).

Durante todo el experimento, las aves fueron alimentadas con pienso y agua administrados *ad libitum*. Las instalaciones utilizadas permitieron mantener las condiciones óptimas de temperatura, humedad, iluminación y ventilación siguiendo las recomendaciones de las guías de manejo de la estirpe (<http://es.aviagen.com/ross/>).

3.2- Piensos y grasas experimentales:

Se siguió un plan de alimentación de 2 fases: Un pienso de iniciación hasta los 21 días de vida y pienso de acabado desde 22 días hasta el final del experimento.

Las dietas se formularon para cumplir los requisitos de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2008). Se parte de una dieta en base a trigo y soja, a la que se añadió un 6 % de las diferentes grasas experimentales. La fabricación de los piensos experimentales se realizó en la fabrica experimental Mas de Bover del Servei de Nutrició del IRTA (Reus, Tarragona). La composición de las dietas de iniciación y crecimiento-acabado se presentan en las *tablas 3.2.1 y 3.2.2*.

Tabla 3.2.1: Composición de los piensos de 1ª Edad

INGREDIENTES	FÓRMULA %
Trigo	54,46
Soja 47	35,4
Grasa (aceite o oleina)	6,00
Carb. Calcico	1,44
Fosfato monocalcico	0,99
TiO ₂	0,50
Sal	0,40
Corrector	0,40
DL-Metionina	0,23
L-Lisina-HCL	0,15
Etoxiquin 66%	0,02

Tabla 3.2.2: Composición de los piensos de 2ª Edad

INGREDIENTES	FÓRMULA %
Trigo	44,00
Soja 47	27,25
Cebada	18,58
Grasa (aceite o oleina)	6,00
Carb. Calcico	1,39
fosfato monocalcico	1,20
TiO ₂	0,50
Corrector	0,40
Sal	0,35
DL-Metionina	0,17
L-Lisina-HCL	0,12
L-Treonina	0,02
Etoxiquin 66%	0,02

Para el diseño de los 8 tratamientos dietéticos se siguió un diseño factorial de 2 x 4 con 2 tipos de grasa (saturada, en base a aceite de palma) e insaturada (en base a aceite de soja) y 4 niveles de acidez (0, 20, 47 y 67 % de AGL). Para ello el punto de partida fue la utilización y combinación de aceite de soja con aceite ácido de soja o bien de aceite de palma con aceite ácido de palma. El perfil en ácidos grasos de los 8 piensos experimentales según la edad aparecen en las *tablas 3.2.3 y 3.2.4*.

Tabla 3.2.3: Composición en ácidos grasos de los piensos experimentales de 1ª Edad

Tratamientos ¹ 1ª Edad (0-21 días)								
Saturación	Soja				Palma			
Acidez	0	20	47	67	0	20	47	67
Tratamiento ²	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
<i>Ácidos grasos</i>								
C12:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,26	0,21	0,00
C14:0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,06	1,07	1,02	0,98
C16:0	13,01	14,07	15,65	16,37	36,87	38,14	37,57	37,83
C16:1	0,00	0,00	0,22	0,25	0,23	0,22	0,21	0,22
C18:0	4,11	4,39	4,70	5,07	4,01	4,04	3,95	4,03
C18:1n9c	21,22	21,39	22,01	22,37	31,63	31,75	31,23	30,96
C18:1n11c	1,42	1,41	1,42	1,44	0,91	0,89	0,89	0,90
C18:2n6c	52,80	51,63	49,52	48,31	22,76	21,52	22,66	22,72
C18:3n3	6,17	5,78	5,06	4,64	1,66	1,58	1,72	1,83
C20:0	0,36	0,38	0,38	0,41	0,35	0,33	0,30	0,30
C20:1n9	0,29	0,29	0,29	0,29	0,24	0,21	0,23	0,22
C22:0	0,40	0,43	0,44	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
C24:0	0,20	0,25	0,30	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00
AGS	18,10	19,50	21,47	22,70	42,57	43,83	43,05	43,14
AGMI	22,93	23,09	23,95	24,35	33,00	33,06	32,56	32,31
AGPI	58,97	57,41	54,58	52,95	24,43	23,10	24,38	24,55

¹: Los valores están expresados en porcentaje para cada ácido graso y por tratamiento.

²: T1: Tratamiento de soja 0% AGL; T2: Tratamiento de soja 20% AGL; T3: Tratamiento de soja 47% AGL; T4: Tratamiento de soja 67% AGL; T5: Tratamiento de palma 0% AGL; T6: Tratamiento de palma 20% AGL; T7: Tratamiento de palma 47% AGL; T8: Tratamiento de palma 67% AGL.

Tabla 3.2.4: Composición en ácidos grasos de los piensos experimentales de 2ª Edad

Tratamientos ¹ 2ª Edad (22-37 días)								
Saturación	Soja				Palma			
Acidez	0	20	47	67	0	20	47	67
Tratamiento ²	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
<i>Ácidos grasos</i>								
C12:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,26	0,22	0,19
C14:0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	1,07	1,01	1,03
C16:0	14,39	14,73	16,20	17,21	37,80	37,64	38,37	39,93
C16:1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,22	0,19	0,19
C18:0	4,01	4,17	4,62	4,71	3,85	3,83	3,77	3,88
C18:1n9c	20,50	20,57	20,96	20,92	31,26	30,67	30,19	30,31
C18:1n11c	1,34	1,35	1,34	1,33	0,85	0,86	0,83	0,81
C18:2n6c	52,37	51,94	50,20	49,52	22,39	23,12	23,08	21,45
C18:3n3	6,13	5,90	5,25	4,79	1,72	1,78	1,80	1,70
C20:0	0,38	0,38	0,40	0,41	0,36	0,34	0,31	0,29
C20:1n9	0,27	0,27	0,27	0,25	0,23	0,22	0,23	0,21
C22:0	0,40	0,44	0,47	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00
C24:0	0,20	0,24	0,30	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00
AGS	19,38	19,96	21,98	23,18	43,39	43,13	43,68	45,33
AGMI	22,12	22,20	22,57	22,51	32,51	31,97	31,45	31,52
AGPI	58,50	57,84	55,45	54,32	24,11	24,90	24,88	23,16

¹: Los valores están expresados en porcentaje para cada ácido graso y por tratamiento.

²: T1: Tratamiento de soja 0% AGL; T2: Tratamiento de soja 20% AGL; T3: Tratamiento de soja 47% AGL; T4: Tratamiento de soja 67% AGL; T5: Tratamiento de palma 0% AGL; T6: Tratamiento de palma 20% AGL; T7: Tratamiento de palma 47% AGL; T8: Tratamiento de palma 67% AGL.

3.3-Controles:

A lo largo de todo el ensayo se realizaron controles del consumo de pienso de los animales. En paralelo, se registró el peso vivo al inicio, a los 21 y 37 días de edad (final del experimento). A partir de estos datos se calculó CMD, la GMD y el IT para el período de iniciación (0-21 días) de crecimiento (de 22 a 37 días) y el global de todo el ensayo (0-37 días).

Al final del experimento, los pollos con 37 días de edad fueron sacrificados de acuerdo con el protocolo del comité de ética de la institución. Se procedió a la extracción

de la grasa abdominal (desde el proventrículo rodeando la molleja y bajando hasta la cloaca) ayudándose de un bisturí y de las manos. A medida que se extrajo la grasa abdominal se procedió a su pesado.

Para el cálculo del rendimiento de canal, se pesó la canal eviscerada (con patas, cabeza y plumas, sin paquete de vísceras ni grasa abdominal).

Posteriormente, se realizó la separación y el desplumado de una extremidad posterior (muslo y contramuslo) de los 3 pollos de cada réplica. Tras el deshuesado, se procedió a triturar y homogeneizar durante 60 segundos los 3 muslos y contramuslos con piel de cada réplica. La trituradora usada era un modelo Blixer 3 con número de serie V1130133101. Posteriormente, las muestras se envasaron y conservaron en congelación (-20 °C) hasta su posterior liofilización durante 3 días (marca Telestar, modelo LyoAlfa15, número de serie 6208. Después de la liofilización fueron pesadas de nuevo y picadas con un molino pequeño (marca Moulinex, modelo A843, número de serie A84324F). tras lo cual molieron y se guardaron a 4 °C hasta su posterior análisis.

3.4-Determinaciones analíticas:

Se procedió a la determinación del perfil en AG de las muestras de carne (muslo y contra muslo con piel) liofilizadas de los distintos tratamientos.

El contenido de AG del muslo y del contramuslo se determinó por el método de Carrapiso et al. (2000). Estas técnicas consisten en una transesterificación directa en la que se consigue la extracción de lípidos y metilación AG en un solo paso. Las muestras se incuban a 70 °C con cloruro metanólico y la capa orgánica se extrae con tolueno. Al comienzo del procedimiento se añade ácido nonadecanoico (C19, Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO) como un estándar interno. Los extractos de éster de metilo se inyectan en un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama (HP 6890 de Agilent, Waldbronn, Alemania) siguiendo las condiciones del método descrito por (Cortinas et al., 2004). Las áreas de los picos se integran y se convierten a las concentraciones (mg / g) por comparación con el área de pico del patrón interno. Los AG fueron identificados por búsqueda de sus tiempos de retención de los picos simples con los de sus normas relativas (37 Supelco® componente FAME Mix, Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO). Este análisis se logró gracias al apoyo del *Servei d'Anàlisi Química de la UAB*.

3.5-Análisis estadístico:

Los datos numéricos obtenidos fueron sometidos a un análisis de doble vía de la varianza (ANOVA) mediante el programa R Estadístico Versión 3.2.3, 2014-07-11, R.app 1.65. Los modelos incluyen el grado de saturación y el grado de acidez como factores principales. Por lo tanto, el modelo fue:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + t_j + (at)_{ij} + e_{ij}$$

Donde Y_{ij} es la variable dependiente observada; μ es la media general; a_i es el efecto del grado de saturación; t_j es el efecto del nivel de acidez; $(at)_{ij}$ es la interacción entre el grado de saturación y el nivel de acidez, y e_{ij} es el error aleatorio.

Se realizó la comparación de los diferentes tratamientos y su interacción, en caso de existir diferencias significativas ($P \leq 0.05$) se realizaron las comparaciones múltiples de medias que fueron hechas usando la corrección de Tukey del mismo paquete estadístico.

4-Resultados y discusión:

4.1-Parámetros productivos:

Se ha realizado la comparación de los parámetros productivos: ganancia media diaria (GMD), consumo medio diario (CMD) e índice de transformación (IT), entre tipo de grasa suministrada, grado de acidez e interacción de forma global (desde el inicio hasta el sacrificio 0-37 días) y de forma parcial 0-21 días (1ª Edad) y fase final 22-37 días (2ª Edad) (*Tabla 4.1.1.*).

Se ha observado que el peso vivo a los 21 días se ve afectado no solo por el grado de saturación sino también por el nivel de acidez de la grasa suplementada en el pienso de los pollos de carne ($P < 0,05$). Los mayores pesos vivos registrados coincidieron con la incorporación al pienso de oleínas de soja con un 20% de acidez (S20: 874,4 g), seguidos de los animales que consumieron aceite de soja nativo y aceite de palma con un 20% de acidez (S0: 834,1 y P20: 834,2). Los pesos vivos más bajos se obtuvieron con los pollos que consumieron la palma nativa y las grasas con niveles de acidez más elevados (47 y 67 %).

Durante el periodo de 22 a 37 días se ha observado que el índice de transformación se modificó en función del tipo de grasa añadida, en concreto, los animales que consumieron aceite de palma presentaron un peor I/T (1,71) que los animales que consumieron aceite de soja (1,67), lo que se reflejó en el peso vivo final a los 37 días (S: 2263 vs. P: 2197,2 g; $P < 0,004$). Estos resultados concuerdan con el hecho de que las grasas insaturadas son mejor absorbidas, debido a que las grasas con alto contenido en AGPI como los aceites de soja tienen un mayor nivel de digestibilidad que las grasas con alto nivel de AG saturados como el sebo o la palma, como ha sido demostrado por otros autores (Zollitsch et al., 1997; Barroeta, 2007; González-Ortiz et al., 2013; Vilarrasa, 2014). Esto se asocia principalmente a la sinergia que se establece entre los AG, la presencia de AGPI favorece la solubilización micelar de los AGS y consecuentemente su absorción se ve incrementada (Ferrini, 2008).

En cuanto al grado de acidez, se observan diferencias estadísticamente significativas en la GMD durante la 2ª fase y en el global el experimento. Independientemente de la grasa utilizada, palma o soja, los pollos que consumieron las grasas con el 20% de ácidos grasos libres presentaron una mayor GMD en comparación

con las aves que consumieron los aceites nativos (2ª edad 20%: 91,02 vs 0%: 85,7 g/pollo/día; 0-37 d 20%: 61,26 vs 0%: 57,77; $P < 0,004$). Este mayor crecimiento se ve reflejado en un mayor peso vivo al final del período experimental (20%: 2303,03 vs 0%: 2181,7 y 47%: 2192,03, $P < 0,001$). No se ha observado un mejor índice de transformación en los tratamientos con el 20% de acidez ya que el CMD tiende a ser mayor.

Existen pocos trabajos que hayan estudiado el efecto de la utilización de materias grasas con crecientes grados de acidez en pollos de carne. La mayoría de autores comparan grasas con grados de acidez extremos, nativas frente a oleínas (60-67 % de AGL), lo que corresponde con los tratamientos extremos de este ensayo. Además existe cierta controversia, por ejemplo Wiseman et al. en 1991 en su experimento obtuvo como resultados que al usar grasas con una alta acidez y, por lo tanto, mayor cantidad de AGL había una gran disminución de la digestibilidad de las grasas y peores parámetros productivos. Mientras que en otros trabajos, concordando con este estudio, no se observan diferencias en los parámetros productivos utilizando oleínas (Vila y Esteve Garcia, 1996; Vilarrasa, 2014). Cabe destacar que de los resultados obtenidos se deduce que el crecimiento de los pollos puede verse favorecido por la presencia de niveles moderados de ácidos grasos libres, pero al incrementar por encima del límite moderado (20%) no solo no mejoran si no que empeoran con respecto a los aceites nativos.

Tabla 4.1.1: Datos productivos (parciales y totales) y rendimientos

	TRATAMIENTOS										TIPO DE GRASA		TRATAMIENTO					ESTADÍSTICA			
	SOJA					PALMA					GRADOSATURACIÓN		ACIDEZ					P-VALLES		INTERACCIÓN	
	ACIDEZ (% agl)	0	20	47	67	0	20	47	67	SOJA	PALMA	0	20	47	67	RSE	SATURACION	ACIDEZ	INTERACCIÓN		
0-21 (1ª Edad)																					
GND	36,790	37,450	37,730	38,040	36,89	35,95	37,52	36,61	37,5	36,7	36,8	36,7	37,6	37,3	2,103	0,221	0,710	0,726			
CMD	68,670	67,440	71,420	66,970	68,60	69,55	70,79	66,48	68,8	69,0	68,6	68,5	71,1	66,7	3,741	0,869	0,071	0,826			
IT	1,860	1,770	1,830	1,810	1,90	1,91	1,92	1,78	1,82	1,88	1,88	1,84	1,88	1,90	0,170	0,309	0,589	0,645			
PV (21 días)	834,1 ^{ab}	874,4 ^a	785,1 ^b	798,6 ^b	781,6 ^b	834,2 ^{ab}	791,4 ^b	810,1 ^b	821,6	805,1	807,1	851,8	788,3	804,5	55,96	0,063	<0,01	0,045			
22-37 (2ª Edad)																					
GND	85,270	91,670	87,410	90,370	86,13	90,38	87,09	85,52	88,68	87,28	85,7 ^b	91,02 ^a	87,25 ^{ab}	87,95 ^{ab}	4,323	0,268	0,033	0,413			
CMD	141,34	151,49	146,92	145,72	145,64	150,95	149,50	145,44	146,34	147,72	143,49	151,25	148,35	145,58	6,108	0,443	0,052	0,788			
IT	1,680	1,670	1,690	1,630	1,71	1,69	1,69	1,74	1,67	1,71	1,69	1,68	1,69	1,69	0,058	0,024	0,933	0,185			
PV (37 días)	2239,90	2327,10	2190,20	2290,10	2123,4	2280,3	2194,3	2178,4	2263,2	2197,2	2181,7 ^b	2303,03 ^a	2192,3 ^b	2230,9 ^{ab}	128,90	<0,01	<0,01	0,189			
0-37 (Global)																					
GND	58,07	61,89	58,24	59,68	57,46	60,63	58,37	57,88	59,47	58,58	57,77 ^b	61,26 ^a	58,30 ^b	58,78 ^{ab}	2,373	0,203	<0,01	0,776			
CMD	98,97	104,76	100,96	99,11	101,22	105,33	95,91	101,87	100,76	101,08	100,20	105,10	98,44	100,62	6,281	0,994	0,110	0,429			
IT	1,70	1,71	1,76	1,68	1,78	1,74	1,68	1,76	1,72	1,74	1,75	1,73	1,72	1,72	0,069	0,280	0,659	0,071			
Peso canal (gramos)	2023,10	2083,10	1949,40	2046,60	1933,90	2017,50	1949,70	1956,60	2027,20	1965,50	1975,7 ^{ab}	2047,3 ^a	1949,5 ^b	1998,9 ^{ab}	120,80	<0,01	0,013	0,429			
Rendimiento de la canal	89,66	89,12	89,73	89,04	89,09	88,72	89,56	89,41	89,38	89,18	89,39	88,91	89,64	89,24	1,059	0,339	0,062	0,328			
Grasa abdominal	30,69	32,26	21,62	29,38	35,03	35,40	29,88	27,96	28,34	32,12	32,4 ^{ab}	34,03 ^a	25,89 ^c	26,60 ^{bc}	7,194	<0,01	0,034	0,074			
	1,60	1,61	1,11	1,47	1,81	1,76	1,50	1,48	1,45	1,65	1,71 ^a	1,70 ^{ab}	1,33 ^c	1,48 ^{bc}	0,349	<0,01	0,047	0,127			

Los valores están expresados en porcentaje para cada ácido graso y por tratamiento.

^{a-c}: Valores en la misma fila con distintos superscriptos presentan diferencias significativas.

4.2-Rendimientos:

Los efectos del tipo de grasa, del grado de acidez y de la interacción en el peso de la canal, en el rendimiento de la canal y en la cantidad de grasa abdominal vienen reflejados en la (Tabla 4.1.1).

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en el peso de la canal y la grasa abdominal, tanto en gramos como en %, para el tipo de grasa y la acidez.

En concordancia con los resultados obtenidos para el peso vivo, los animales suplementados con aceite de soja presentaron canales con más peso (2072,2 g) que los suplementados con aceite de palma (1965,5 g), relacionado con el mayor aprovechamiento de las fuentes insaturadas por parte de las aves (Vieira et al., 2006). En cuanto al efecto del grado de acidez, los animales suplementados con oleínas al 20% de acidez presentaron mayor peso de la canal (2047,3 g), frente al resto de tratamientos (0%: 1975,7 g, 47%: 1949,5 g y 67%: 1998, 9 g).

En paralelo, nuestros resultados indican que La cantidad de grasa abdominal en gramos y % es mayor en los animales suplementados con palma (32,12g 1,65% del peso vivo) que en los suplementados con soja (28,54 g, 1,45%; $P < 0,001$). Existen diferentes estudios realizados, sobre el efecto del tipo de grasa dietética sobre la cantidad de grasa depositada por parte del organismo animal. Los resultados obtenidos en estos estudios concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo. En concreto, se refieren al efecto del diferente grado de saturación de la grasa añadida al pienso, sobre la cantidad de grasa depositada en el animal (Pinchasov y Nir, 1992; Hermier, 1997). Sus resultados básicamente fueron que al incrementar el grado de saturación de una grasa aumentaba la cantidad de grasa depositada en la región abdominal mientras que al aumentar la poliinsaturación se producía la disminución. El grado de poliinsaturación de la grasa hace que el animal deposite mucha menos grasa abdominal que con las grasas saturadas (Gonzalez-Ortiz et al., 2013; Vilarrasa, 2014). Sabiendo que los aceites de soja tienen más AGPI, y que estos son más digestibles, sería lógico pensar que los piensos con estas grasas produjesen un mayor depósito de grasa abdominal, pero no es así. Se debe a que los AGPI a pesar de ser más absorbibles también son más oxidables lo que favorece su consumo cuando se encuentran circulando en sangre por lo que, a la hora del depósito abdominal, hay menor disponibilidad (Ferrini, 2008). Además esto se encuentra relacionado también con el hecho de que el consumo de AGPI aumenta la tasa de

catabolismo lipídico y disminuye el nivel de síntesis lipídica endógena del ave (Crespo y Esteve-García, 2002; Vilarrasa, 2014).

En cuanto a la acidez, existen pocos trabajos que estudien el efecto del grado de acidez sobre el depósito de grasa abdominal y la tendencia observada en este estudio es a una reducción de este depósito corporal conforme aumenta la proporción de AGL de la ración, independientemente del tipo de grasa utilizada, saturada o insaturada.

4.3-Perfil en ácidos grasos de la carne de pollo:

En la *tabla 4.3.1* se presenta el perfil en AG del muslo de pollo con piel en función del tipo de grasa, su acidez y la interacción.

Está bien establecido que el perfil lipídico de la carne de pollo se encuentra directamente relacionado con la composición lipídica del pienso consumido, especialmente durante los últimos 10 días anteriores a su sacrificio. Por ello, prestaremos especial atención a la composición del pienso de 2ª Edad que se encuentra en la *tabla 3.2.4*.

Podemos observar cómo, independientemente de su nivel de acidez, los piensos suplementados con soja presentan una alta proporción de AGPI (54-58%, principalmente por la presencia de linoléico (C18:2n6c 49-52%) y una menor cantidad de AGS (19-23%) y AGMI (22%), mientras que en los piensos que se incluyó aceite de palma ocurre lo contrario, hay una mayor proporción de AGS (43-45%) principalmente por la presencia de palmítico (C16:0 37-39%) y AGMI (31-32% por la gran presencia de oleico C18:1n9c 30-31%) que de AGPI.

Los cuatro primeros tratamientos (T1-T4) son piensos con soja en nivel ascendente de acidez (0, 20, 47 y 67%). Se puede ver que de forma general estos piensos poseen una gran proporción de AGPI que descienden al aumentar la acidez, que además posteriormente se vio reflejado en la carne. También poseen una menor cantidad de AGS que aumenta al aumentar la acidez, mientras que los AGMI se mantienen constantes. Los otros cuatro tratamientos (T5-T8) son piensos con palma y con acidez ascendente. Se ve una gran proporción de AGS y AGMI y una menor proporción de AGPI. En estos cuatro tratamientos al aumentar la acidez apenas varía la proporción de las diferentes familias de AG.

Tabla 4.3.1: Perfil de ácidos grasos de las muestras de muslo y contramuslo de pollos broiler

ÁCIDOS GRASOS %	TRATAMIENTO												TIPO DE GRASA		TRATAMIENTO						ESTADÍSTICA			
	SOJA						PALMA						GRADO SATURACIÓN		ACIDEZ						P-VALUES		INTERACCIÓN	
	0	20	47	67	0	20	47	67	0	20	47	67	SOJA	PALMA	0	20	47	67	RSE	TIPO DE GRASA	% SATURACIÓN	INTERACCIÓN		
C14:0	0.40 ^f	0.4 ^e	0.39 ^f	0.46 ^b	0.83 ^a	0.83 ^a	0.8 ^a	0.79 ^a	0.42	0.81	0.63	0.61	0.62	0.63	0.02	<0.01	0.186	<0.01	<0.01	0.186	<0.01	<0.01		
C16:0	19.52 ^d	19.59 ^d	19.89 ^d	22.93 ^c	27.06 ^b	26.62 ^{ab}	26.51 ^{ab}	25.87 ^b	20.52	26.54	23.63	23.10	23.57	24.40	0.57	<0.01	<0.01	<0.01	0.57	<0.01	<0.01	<0.01		
C16:1	3.07 ^e	3.06 ^e	3 ^e	4.07 ^b	5.05 ^a	5.01 ^a	5.25 ^a	5.29 ^a	3.31	5.14	4.15	4.04	4.24	4.68	0.35	<0.01	<0.01	<0.01	0.35	<0.01	<0.01	0.019		
C17:0	0.16 ^b	0.18 ^{ab}	0.19 ^{ab}	0.19 ^a	0.12 ^e	0.12 ^e	0.12 ^e	0.12 ^e	0.18	0.12	0.14	0.15	0.15	0.16	0.02	<0.01	0.052	<0.01	0.02	<0.01	0.052	0.089		
C18:0	6.18	6.54	6.77	6.98	5.50	5.46	5.44	5.39	6.61	5.45	5.81	6.00	6.03	6.18	0.42	<0.01	0.260	<0.01	0.42	<0.01	0.260	0.100		
C18:1n9c	31.72 ^e	31.47 ^e	31.57 ^e	36.48 ^b	43.58 ^a	44.3 ^a	44.08 ^a	45.15 ^a	32.88	44.24	38.19	37.88	38.52	40.82	0.85	<0.01	<0.01	<0.01	0.85	<0.01	<0.01	0.014		
C18:1n7	1.88	1.88	1.89	2.14	2.22	2.15	2.20	2.29	1.95	2.22	2.06	2.01	2.06	2.22	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	0.120		
C18:2n6c	31.58 ^a	31.55 ^a	31.07 ^a	23.16 ^b	12.88 ^c	12.75 ^c	12.79 ^c	12.34 ^c	29.25	12.70	21.38	22.15	20.92	17.75	1.07	<0.01	0.059	<0.01	1.07	<0.01	0.059	<0.01		
C18:3n3	0.16 ^a	0.16 ^a	0.16 ^a	0.12 ^b	0.12 ^b	0.13 ^{ab}	0.12 ^b	0.12 ^{ab}	0.15	0.12	0.14	0.14	0.14	0.12	0.02	<0.01	0.034	<0.01	0.02	<0.01	0.034	0.017		
C20:1n9	3.21 ^a	2.99 ^{ab}	2.74 ^b	1.57 ^c	0.77 ^d	0.78 ^d	0.74 ^d	0.38 ^e	2.62	0.77	1.88	1.89	1.65	1.15	0.21	<0.01	0.010	<0.01	0.21	<0.01	0.010	<0.01		
C20:1n9	0.30 ^{bc}	0.3 ^c	0.29 ^c	0.34 ^{ab}	0.37 ^a	0.36 ^a	0.37 ^a	0.38 ^a	0.31	0.37	0.34	0.33	0.33	0.36	0.02	<0.01	0.010	<0.01	0.02	<0.01	0.010	0.297		
C20:2n6	0.27 ^a	0.28 ^a	0.28 ^a	0.22 ^b	0.17 ^c	0.17 ^c	0.18 ^c	0.17 ^c	0.26	0.17	0.21	0.22	0.23	0.20	0.01	<0.01	0.000	<0.01	0.01	<0.01	0.000	<0.01		
C20:3n6	0.18 ^a	0.18 ^a	0.19 ^a	0.13 ^b	0.13 ^b	0.13 ^b	0.14 ^b	0.13 ^b	0.17	0.13	0.15	0.15	0.16	0.13	0.01	<0.01	0.071	<0.01	0.01	<0.01	0.071	<0.01		
C20:4n6	0.77 ^a	0.85 ^a	0.91 ^a	0.52 ^b	0.56 ^b	0.52 ^b	0.58 ^b	0.53 ^b	0.76	0.55	0.65 ^{ab}	0.69 ^{ab}	0.73 ^a	0.52 ^b	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	<0.01	0.060		
OTROS	0.47	0.48	0.51	0.48	0.48	0.53	0.50	0.48	0.49	0.50	0.48	0.51	0.51	0.48	0.03	0.16	0.02	0.03	0.16	0.02	0.16	0.13		
AGS	26.53 ^e	26.93 ^e	27.53 ^e	30.88 ^d	33.81 ^d	33.31 ^d	33.12 ^d	32.43 ^{cd}	28.00	33.20	30.50	30.15	30.64	31.66	0.89	<0.01	0.005	<0.01	0.89	<0.01	0.005	<0.01		
AGMI	37.05 ^e	36.79 ^e	36.81 ^e	43.14 ^d	51.35 ^d	51.96 ^d	52.05 ^d	53.27 ^d	38.53	52.12	44.85	44.38	45.28	48.20	1.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.01	<0.01	<0.01	0.005		
AGPI	36.30 ^f	36.16 ^f	35.51 ^f	25.78 ^f	14.67 ^f	14.58 ^f	14.67 ^f	14.10 ^f	33.33	14.51	24.50	25.37	23.93	19.94	1.35	<0.01	<0.01	<0.01	1.35	<0.01	<0.01	<0.01		

Los valores están expresados en porcentaje para cada ácido graso y por tratamiento.

^{a-c}: Valores en la misma fila con distintos superscripts presentan diferencias significativas.

En relación a los resultados de la carne de pollo, en la parte inferior de la *tabla 4.3.1* vienen reflejados los datos referentes a los % de AGS, AMI y AGPI totales de las muestras analizadas. Podemos observar como, el perfil de AG se vio modificado no solo por el tipo de grasa sino también por el grado de acidez de la misma ($P < 0,05$). Como era de esperar, la composición en AG de los tejidos ha sido un claro reflejo del perfil de AG de los piensos y grasas administrados, lo que concuerda con los experimentos de otros investigadores (Pinchasov y Nir, 1992; Rondelli et al., 2004; Ferrini et al., 2008). Los animales alimentados con los piensos con palma mostraron un mayor contenido de AGS y AGMI y un menor contenido de AGPI ($P < 0.001$) que aquellos alimentados con soja. El % de AGS de la carne de los animales que recibieron pienso con aceite de palma fue de un 33,20%, mientras que los que recibieron pienso con aceite de soja tenían solo un 28%, diferencias que se deben sobre todo a la presencia de ácido palmítico (C16:0: 26,54% P vs. 20,52% S).. El % de AGMI fue superior en el grupo de animales de palma (52,12%) que en los de soja (38,53%) debido a la mayor presencia de oleico (C18:1n9c: 44,24% P vs. 32,88% S). En cuanto al perfil de los AGPI ocurre justo lo contrario, fue superior en los animales suplementados con soja (33,33%) que en los animales con palma (14,51%). en relación a la alta cantidad de ácido linoleico de los animales alimentados con soja (C18:2n6c: 29,25% S).

En cuanto al efecto de la presencia de AGL, el efecto fue diferente para la palma que para la soja. Se puede observar que en el caso de la palma al aumentar la acidez (0, 20, 47 y 67%) el % de AGS, AGMI y AGPI se mantiene más o menos constante. Sin embargo en el caso de la soja al aumentar la acidez observamos modificaciones más acusadamente en el perfil lipídico de la carne. Al aumentar el nivel de acidez de la soja hasta el 67%, el % de AGS se incrementa en un 4,35% (S0: 26,53 % vs. S67: 30,88%), los AGMI en un 6,09% (S0: 37,05% vs. S67: 43,14), mientras que el % de AGPI se ve reducido en un 10,52% (S0: 36,30% vs. S67: 25,78). Estos resultados pueden explicarse, en parte, por los cambios de perfil observados en la ración. Al incorporar aceite de soja con mayor % de AGL, se produce un incremento de la % de AGS y una disminución de la % de AGPI de los piensos que se refleja en el perfil de la carne. Por otro lado, el % de AG de los piensos con aceite de palma permaneció prácticamente constante independientemente de la incorporación de aceite de palma con diferente contenido de AGL y por ello su composición en AG no se ve prácticamente afectada. Otra posible explicación a estos resultados es que en el caso de los aceites y grasas insaturadas al

incrementar el número de AGL aumentan las reacciones de peroxidación lo que favorece la degradación de los AGMI y AGPI y por lo tanto disminuye su % y como en el caso de la soja, donde se observa una disminución más acusada (Baião y Lara, 2005). Existe una clara ausencia de trabajos que hayan estudiado el efecto de niveles crecientes de AGL en el pienso sobre el perfil en AG del muslo de pollo por lo que los resultados de este trabajo resultan novedosos y de difícil comparación.

5-Conclusiones:

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en este trabajo a disertación se presentan las siguientes conclusiones:

- La inclusión en la dieta de aceite de palma y soja con niveles bajos de acidez (alrededor del 20% AGL) es adecuado en la alimentación de pollos de carne ya que permite altos ritmos de crecimiento, sobre todo durante la fase de crecimiento-acabado.
- El perfil de AG de la carne de pollo no se ve modificado sustancialmente al aumentar el % de AGL del aceite de palma suplementado en la ración hasta niveles del 67%.
- Conforme aumentamos el contenido de AGL del aceite de soja suplementado en la ración (hasta el 67%) se incrementan la proporción de AGS y disminuyen los AGPI.

Bibliografía:

- Baião, N. C., & Lara, L. J. C. (2005). Oil and fat in broiler nutrition. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 7(3), 129-141.
- Barroeta, A. C. (2007). Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA. *World's Poultry Science Journal*, 63(02), 277-284.
- Blanch, A., Barroeta, A. C., Baucells, M. D., & Puchal, F. (1995). The nutritive value of dietary fats in relation to their chemical composition. Apparent fat availability and metabolizable energy in two-week-old chicks. *Poultry science*, 74(8), 1335-1340.
- Blanch, A., A. C. Barroeta, M. D. Baucells, X. Serrano, and F. Puchal (1996). Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61(1-4): 335-342.
- Carrapiso, A. I., M. Luisa Timón, M. Jesus Petron, J. F. Tejada, and C. García. (2000). In situ transesterification of fatty acids from iberian pig subcutaneous adipose tissue. *Meat Sci.* 56(2): 159-164.
- Cheah, K. Y.; Toh, T. S.; Koh, P. M., (2010): Palm fatty acid distillate biodiesel: Next-generation palm biodiesel. <http://www.aocs.org/Membership/FreeCover.cfm?itemnumber=3504>. Accedido 7 de mayo 2016.
- Christie, W. W. (2011). The AOCS lipid library. <http://lipidlibrary.aocs.org> (Accedido 17 de mayo 2016).
- Cortinas L.; Galobart J.; Barroeta A.C. Castillo M.S. y Jensen S.K. Influencia del nivel de insaturación dietética sobre el depósito y efecto antioxidante del alfa-tocoferol en muslo de pollo (crudo, cocido y cocido-refrigerado). XXXVIII Symposium Científico de Avicultura. Córdoba, España. 2001. 141-148.
- Cortinas, L., C. Villaverde, J. Galobart, M. D. Baucells, R. Codony, and A. C. Barroeta. (2004). Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. *Poult. Sci.* 83(7): 1155-1164.
- Crespo, N. y Esteve-García, E. (2002) Dietary linseed oil produces lower abdominal fat deposition but higher de novo fatty acid synthesis in broiler chickens. *Poultry Science* 81: 1555-1562.

- Doreau, M., and Y. Chilliard. (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *Br. J. Nutr.* 78(01): 15-35.
- http://medicina.usac.edu.gt/quimica/biomol2/lipidos/Triacilglic_ridos_-Grasas_Neutras-.htm (Accedido el 08 de mayo de 2016).
- <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/poultry/production.html> (Accedido el 31 de mayo de 2016).
- Ferrini, Gabriele. (2008). Efecto del perfil en ácidos grasos de la ración sobre la cantidad y distribución de lípidos en el pollo de carne. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Ferrini, G; Baucells, M.D; E. Esteve-García, E and Barroeta, A.C (2008). Dietary Polyunsaturated Fat Reduces Skin Fat as Well, 528-535.
- Genty, P. (1984). Estudios entomológicos con relación a la palma africana en América Latina. *Revista Palmas*, 5(1), 22-31.
- González-Ortiz, G., Sala, R., Cánovas, E., Abed, N., & Barroeta, A. C. (2013). Consumption of dietary n-3 fatty acids decreases fat deposition and adipocyte size, but increases oxidative susceptibility in broiler chickens. *Lipids*, 48(7), 705-717.
- Grau A.; Codony R.; Grimpa S.; Baucells M.D. and Guardiola F. (2001). Cholesterol oxidation in frozen dark chicken meat: influence of dietary fat source and alfa-tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Meat Sci.* 2001. 57: 197-208.
- Gu, X.; Li, D., (2003): Fat nutrition and metabolism in piglets: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 109: 151–170.
- Hrdinka, C., Zollitsch, W., Knaus, W. y Lettner, F. (1996). Effects of Dietary Fatty Acid Pattern on Melting Point and Composition of Adipose Tissues and Intramuscular Fat of Broiler Carcasses. *Poultry Sci.* 75, 208-215.
- Hermier, D. (1997). Lipoprotein metabolism and fattening in poultry. *The Journal of nutrition*, 127(5), 805S-808S.
- Jørgensen, H., & Fernández, J. A. (2000). Chemical composition and energy value of different fat sources for growing pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 50(3), 129-136.

- <http://iupac.org/> (visitados el 01/06/2016).
- Kavouridou, K. (2004). Efectos del perfil de ácidos grasos de la ración sobre la composición corporal en broilers. Tesina de máster. Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Veterinaria.
- Krogdahl, A., (1985). Digestion and absorption of lipids in poultry. *Journal of Nutrition*, 115: 675–685.
- Linderborg, K. M., and H. P. T. Kallio (2005). Triacylglycerol fatty acid positional distribution and postprandial lipid metabolism. *Food Rev. Int.* 21(3): 331-355.
- López-Bote C.J.; Sanz M.; Isabel B.; Perez de Ayala P. y Flores A. (1997a). Effect of dietary lard on performance, fatty acid composition and susceptibility to lipid peroxidation in growing-finishing female and entire male pigs. *Canadian J. An. Sci.* 77: 301-306.
- López-Bote C.J.; Rey A.I.; Sanz M.; Gray J.I. y Buckley D.J. (1997b). Dietary vegetable oils and alpha-tocopherol reduce lipid oxidation in rabbit muscle. *J. Nutrition*. 127: 1176-1182.
- López-Ferrer S.; Baucells M.D.; Barroeta A.C. y Grashorn M.A. (1999). Influence of vegetable oil sources on quality of broiler meat. *Arch. Geflügelk* 63 (1): 29-35.
- Miller, F.P., (2008). After 10,000 years of agriculture, whither agronomy? *Agronomy Journal* 100, 22-34.
- Nuchi C, Guardiola F, Bou R, Bondioli p, Bella LD and Codony R (2009). *J. Agric. Food Chem.* 57 (5): 1952-1959.
- Olsen, Y., 2011. Resources for fish feed in future mariculture. *Aquaculture Environment Interactions* 1, 187-200.
- Parini, M., and F. Cantini (2009). Socio-economical features on the application of coproducts of lipidic source for animal feeding-part II. *Riv. Ital. Sostanze Grasse.* 86(1):49-67.

- Pinchasov, Y., Nir, I. (1992). Effects of dietary polyunsaturated fatty acids concentration on performance, fat deposition and carcass fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Science* 71: 1504-1512.
- Rondelli, SG., Martinez, O., and García, PT (2004). Effects of different dietary lipids on the fatty acid composition of broiler abdominal fat. *Brazilian Journal of poultry science. Brasileira.* 171–175.
- Saenz, M., Flores, A., Lopez-Bote, J. (1999). Effect of the fatty acid saturation in broiler diets on abdominal fat and breast muscle fatty acid composition and susceptibility to lipid oxidation. *Poultry Science* 78: 378-382.
- Sanz, M., Lopez-Bote, C.J., Flores, A. and Carmona, J.M. (2000). Effect of the inclusion time of dietary saturated and unsaturated fats before slaughter on the accumulation and composition of abdominal fat in female broiler chickens. *Poultry Science* 79: 1320-1325.
- Scaife JR, Moyo J, Galbraith H, Michie W, C. V. (1994). Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. *British Poultry Science.*, Mar 35(1), 107–18.
- Tocher, D.R., (2003). Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. *Reviews in Fisheries Science* 11 (2), 107-184.
- USDA, 2016: Oilseeds: World markets and trade. <http://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>. Visitado en mayo 2016.
- Vieira, S. L., Viola, E. S., Berres, J., Olmos, A. R., Conde, O. R. A., & Almeida, J. G. (2006). Performance of broilers fed increased levels energy in the pre-starter diet and on subsequent feeding programs having with acidulated soybean soapstock supplementation. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 8(1), 55-61.
- Vila, B., & Esteve-Garcia, E. (1996). Studies on acid oils and fatty acids for chickens. II. Effect of free fatty acid content and degree of saturation of free fatty acids and neutral fat on fatty acid digestibility. *British poultry science*, 37(1), 119-130.
- Vilarrasa, E. (2011). Effects of the use of esterified acid oils with different saturation degree and different monoacylglycerides content in broiler chicken

diets. Tesina de máster. Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Veterinària.

- Vilarrasa, E. (2014). Use of re-esterified oils in pig and broiler chicken diets. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Veterinària.
- Wilson, R. F. (2004). Seed composition. Soybeans: improvement, production, and uses, (soybeansimprove), 621-677.
- Wiseman, J., and F. Salvador. 1991. The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. *Poult. Sci.* 70(3): 573-582.
- Wiseman, J., Salvador, F., & Craigon, J. (1991). Prediction of the apparent metabolizable energy content of fats fed to broiler chickens. *Poultry Science*, 70(7), 1527-1533.
- Yau, J., Denton, JH., Bailey, CA., Sams, AR. (1991). Customizing the fatty acid content of broiler tissues. *Poultry Science* 70: 167-172.
- Zollitsch, W., W. Knaus, F. Aichinger, and F. Lettner. (1997). Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 66:63–73.