

COM-19

## Relación entre el grado de utilización de las grasas y la excreción de ácidos grasos libres en pollos de carne

R. RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ<sup>1\*</sup>, A. TRES<sup>2</sup>, V. ZANCANELA<sup>3</sup>, G. PROCIDA<sup>2</sup> y A.C. BARROETA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Veterinaria/Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos, Grupo de Nutrición, Manejo y Bienestar Animal, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, España; <sup>2</sup>Facultad de Farmacia/Departamento de Nutrición y Bromatología Grupo LiBifood, Universidad de Barcelona, 08028 Barcelona, España; <sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá/Departamento de Zootecnia, 87020-900 Maringá, Brazil.

\*email: Raquel.Rodriguez@uab.cat

---

El objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre la utilización de la grasa dietética y la presencia de las diferentes fracciones lipídicas a lo largo del tracto gastrointestinal en pollos de carne. Para ello se procedió a la determinación en pienso, contenido de molleja, duodeno, yeyuno e íleon y en excreta, de los triglicéridos (TAG), diglicéridos (DAG), monoglicéridos (MAG) y ácidos grasos libres (AGL) mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-RID). Es conocido que el grado de saturación de la grasa ejerce un efecto importante en la absorción aparente de los ácidos grasos sobre todo en pollitos a primeras edades. De cara a profundizar en el mecanismo de acción a nivel de digestión y absorción, se plantea este estudio comparando una grasa saturada frente a una insaturada y estudiando la evolución del contenido en TG, DG, MG y AGL a lo largo del tracto intestinal. Se utilizaron 160 pollos de carne hembra, Ross 308, de 1 día de edad, que se distribuyeron al azar en 16 jaulas (8 réplicas por tratamiento) y se criaron hasta los 21 días de edad. Se utilizaron 2 tratamientos distintos que resultaron de la adición de un 6% de aceite de palma (P) como fuente de grasa saturada, o de soja (S) como fuente de grasa insaturada, sobre un pienso base al que también se le añadió 0,5 % de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), como marcador inerte para el cálculo de la digestibilidad. En términos generales, la digestibilidad aparente de los AG fue superior en el tratamiento S, con un % de AGI superior al del tratamiento P. Se encontraron diferencias significativas en la utilización de los AGPI (P<0,001) y en menor medida de los AGMI (P<0,05). Los coeficientes de digestibilidad aparente más bajos y las mayores diferencias entre tratamientos, se observan en los AGS (P<0,001), tanto en el palmítico (C16:0) como el esteárico (C18:0). El estudio de las fracciones lipídicas evidenció que la evolución de las mismas a lo largo del tracto intestinal varía en función del tipo de grasa ingerida (grado de saturación). El % de AGL en los distintos tramos del tracto digestivo es inversamente proporcional al de los TAG y en menor medida al de los DAG. El incremento en el % de AGL que se produce tras el paso por la molleja, fue superior y más rápido en los pollos que consumieron la grasa insaturada, lo cual se asocia a la mayor hidrólisis de los TAG y los DAG para este tratamiento. También se observa que tras el paso por yeyuno, los AGL disminuyen, lo cual se relaciona con la absorción de los

mismos, que fue más rápida en las aves del tratamiento S. Es posible decir, que la hidrólisis lipídica es más rápida y eficiente en las aves que consumieron aceite de soja, resultados que concuerdan con los menores coeficientes de digestibilidad observados para las dietas con aceite de palma, lo que provocó una mayor excreción de AGL. Los resultados sugieren que el grado de saturación de la grasa tiene un efecto importante en el ritmo de hidrólisis y posterior absorción aparente de los productos de la lipólisis, siendo más rápida y eficiente con la ingestión de grasa insaturada. La excreción de ácidos grasos libres aumentó con el grado de saturación de la grasa, lo que sugiere que el proceso de emulsión y el efecto emulsionante de las sales biliares son los factores más limitantes para la digestión de la grasa.

The aim of this study was to determine the relation between the utilization of dietary fat and the presence of lipid classes throughout the gastrointestinal tract in broiler chickens. The content of triacylglycerols (TAG), diacylglycerols (DAG), monoacylglycerols (MAG) and free fatty acids (FFA) were determined by high performance liquid chromatography (HPLC-RID). It is well known that the degree of fat saturation influence the digestion and absorption of fat and FA, mainly at early ages. To understand better the digestion and absorption of fat we considered two different fat sources (saturated and unsaturated source) and we determined lipid classes (TAG, DAG, MAG and FFA) in gizzard, duodenum, jejunum and ileum content, as well as in excreta. A total of 160 one day-old female broiler chickens of the Ross strain were distributed randomly in 16 cages (8 replicates for each treatment) and they were reared until 21 days of age. The 2 dietary treatments were the result of adding 6% of palm oil (P; saturated source) or soybean oil (S; unsaturated source) in the plain diet. Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>; 0.5%) was also added in the plain diet to estimate the digestibility of FA. All of the productive parameters (average daily intake, ADI; average daily gain, ADG; and feed conversion ratio, FCR) were determined between 0 and 21 days of age, all of them were normal. In general, the apparent digestibility of FA was greater in the S treatment, with a higher proportion of unsaturated fatty acids (UFA), because it is well known that the unsaturation degree benefits the digestion and the absorption processes, and also benefits the digestion of the saturated fatty acids (SFA). There were significant differences in the utilization of PUFA (P<0,001), and also, but a lesser extent, in MUFA (P<0,05). The lowest apparent digestibility coefficients and the greatest differences between treatments were observed in the SFA (p<0.001), like palmitic acid (C16:0) or stearic acid (C18:0). The increase in TAG %, after its gizzard passage, was higher and faster in chickens that fed the unsaturated fat, possibly due to the more efficient and faster TAG and DAG hydrolysis observed in this treatment. After the jejunum, the AGL % decreases, probably due to a faster absorption of AGL for the S treatment. The fastest and most efficient hydrolysis for the chickens fed soybean oil agree with the lower apparent digestibility coefficients observed for the chickens fed palm oil whose excreta level of AGL was higher, evincing a lower utilization of this fat. The results suggest that the saturation degree of fat has an important effect in the hydrolysis and the subsequent FA apparent absorption of the lipolysis products, being faster and more efficient with the ingestion of unsaturated fat. The excretion of FFA increased with the degree of fat saturation, which means that the emulsification process and the emulsifying effect of bile salts are the most limiting factor in the digestion of fat.

---

**Palabras clave:** Fracciones lipídicas; ácidos grasos; HPLC-RID; grado de saturación; pollos de carne

**Keywords:** lipid classes; fatty acids; HPLC-RID, saturation degree; broiler chickens

## Introducción

El alto porcentaje que representa la alimentación de los pollos de carne sobre el total de los costes de producción y el encarecimiento progresivo de los piensos han hecho que se intenten buscar estrategias más rentables. La inclusión de materias grasas es una práctica habitual en los planes de alimentación para pollos de carne debido a su alto contenido energético (15-30% de la energía de la ración) y a su aportación de ácidos grasos (AG) esenciales. Es por este motivo que la estrategia nutricional se basa en incorporar materias grasas alternativas más baratas, sostenibles, eficientes y que permitan obtener la mayor eficiencia nutritiva de cara al crecimiento y rendimiento de los pollos de carne. Para ello, es imprescindible profundizar en el proceso de digestión y utilización de los AG a lo largo del tracto gastrointestinal, lo que permitirá conocer los puntos críticos en este proceso y proponer estrategias para mejorar la eficiencia energética del pienso.

A pesar de que está bien establecido que la absorción de los ácidos grasos (AG), sobretodo de los saturados, es inferior cuando los AG se encuentran en forma libre que cuando se encuentran formando parte de los triglicéridos (TAG) (Young, 1961; Wiseman y Salvador, 1991; Vilà y Esteve-García, 1996b) y que el grado de insaturación de la grasa beneficia la digestión y absorción de la misma (Renner, 1965; Sklan et al., 1973), los estudios que se han llevado a cabo para entender mejor como se produce la digestión de la grasa en pollos de carne son limitados y en algunos casos contradictorios. Según Hurwitz (1973) tanto el yeyuno como el íleon participan en la absorción de la grasa, por el contrario, según Sklan et al. (1975) la absorción de los AG tiene lugar principalmente en el duodeno y yeyuno proximal. Sin embargo, Tanchaenrat et al. (2014) determina la digestibilidad de los AG a lo largo del tracto gastrointestinal tras la ingestión de dos fuentes de grasa distintas (saturada e insaturada) y concluye que a nivel de yeyuno se digiere el 75% de la grasa, mientras que a nivel de íleon lo hace el 15-20%. También determina que en el yeyuno no existen diferencias entre la digestibilidad de la grasa, ya sea saturada o insaturada, y sin embargo en el íleon proximal y distal los coeficientes de digestibilidad son superiores para la grasa insaturada que para la saturada.

El objetivo de este trabajo es profundizar en el estudio del proceso de hidrólisis que sufre la grasa tras su paso por el tracto gastrointestinal en pollos de carne, así como comparar este proceso para una fuente de grasa saturada y una insaturada. Para ello, se determinó la evolución de las fracciones lipídicas a lo largo de los distintos tramos del tracto gastrointestinal, así como también en el pienso y excreta. En paralelo, se estudió la digestibilidad de los AG en función de la grasa añadida (aceite de palma o aceite de soja).

## Materiales y métodos

### *Pienso y diseño experimental*

Los piensos experimentales se formularon para satisfacer o exceder las necesidades señaladas en FEDNA (2008) a partir de una dieta base (Tabla 1) suplementada con un 6% de aceite de palma (P) o de soja (S), según el caso, como fuente de grasa saturada e insaturada respectivamente. La fabricación del pienso y la posterior incorporación del 6% de grasa se llevaron a cabo en la fábrica de piensos "PensosMolinet" (Gaia, Barcelona, España). Al pienso también se le añadió 0,5 % de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), como marcador inerte para el cálculo de la digestibilidad de la grasa y los AG.

**Tabla 1. Ingredientes y composición de las dietas experimentales**

Ingredientes, % (p/p)	Pienso
Trigo	54.5
Harina de soja 47 %	35.4
Grasa experimental <sup>1</sup>	6.00
Fosfato dicálcico	0.99
Carbonato de cálcico	1.44
Cloruro de sodio	0.40
Pre-mezcla de vitaminas y minerales <sup>2</sup>	0.40
DL-Metionina	0.23
L-Lisina	0.15
Dióxido de titanio	0.50
Etoxiquin 66%	0.02

<sup>1</sup> Aceite de palma nativo (P) o aceite de soja nativo (S).

<sup>2</sup> Proporción por kg de alimento: vitamina A (E-672) 10000 UI; vitamina D3 (E-671) 2000 UI; vitamina E (alfa-tocoferol) 49,5 IU; vitamina B1 2 mg; vitamina B2 5 mg; vitamina B6 4 mg; vitamina B12 4 µg; vitamina K3 5 mg; pantotenato de calcio 10 mg; ácido nicotínico 25 mg; ácido fólico 1 mg; biotina 15 µg; Fe (de FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) 60 mg; I (de Ca(I<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 2 mg; Co (de 2CoCO<sub>3</sub>·3Co(OH)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O) 0,6 mg; Cu (de CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) 20 mg; Mn (de MnO) 150 mg; Zn (de ZnO) 125 mg; Se (de Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) 0,30 mg; Mo ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>) 1,2 mg.

### *Animales e Instalaciones*

Se utilizaron un total de 160 pollos de carne hembra Ross 308 (Pondex SAU; Juneda, Lleida, España), que fueron identificados y pesados individualmente (peso corporal inicial, 40,64 g) y se distribuyeron al azar en uno de los 2 tratamientos (P y S). Las aves se alojaron en jaulas desde el primer día de vida; se utilizaron 16 jaulas a razón de 10 aves por jaula y 8 réplicas por tratamiento. Durante todo el estudio tanto el alimento como el agua se ofrecieron ad libitum y se controlaron las condiciones de luz y temperatura. El ensayo tuvo una duración de 21 días.

El experimento se llevó a cabo en el *Servei de Granges i Camps Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona* (Bellaterra, Barcelona, España) y recibió la aprobación ética de la misma institución.

### *Controles de producción, recogida de muestras y determinaciones analíticas*

A lo largo del transcurso del experimento se controló el consumo de pienso por jaula y el peso de los animales individualmente con el fin de determinar el consumo medio diario (CMD), la ganancia media diaria (GMD) y el índice de transformación del alimento (IT).

A los 14 días se sacrificaron 112 pollos y se obtuvieron muestras de contenido digestivo de molleja, duodeno, yeyuno, íleon, así como también muestras de excreta. Las muestras se conservaron a -20°C hasta su posterior determinación.

Las determinaciones analíticas de los piensos se llevaron a cabo de acuerdo con los métodos de la AOAC; materia seca (método 934.01), cenizas (método 942.05), proteína neta (método 968.06), grasa neta (método 2003.05) y fibra neta (método 962.09). La energía bruta se determinó mediante un calorímetro adiabático (IKA C-4000, Janke-Kunkel, Staufen, Alemania). También se cuantificaron los ácidos grasos en el pienso y en la excreta siguiendo la técnica de transesterificación directa (Sukhija and Palmquist, 1988). La composición en ácidos grasos de las dietas experimentales se muestra en la *Tabla 2*, y refleja la composición en AG de las dos fuentes de grasa utilizadas P y S.

Tabla 2. Composición en ácidos grasos de los piensos experimentales.

	Tratamientos <sup>1</sup>			P	S
	P	S			
Ácidos grasos	(%)		AGS %	42,06	17,07
C14:0	0,81	-	AGMI %	34,00	21,10
C16:0	36,79	12,43	AGPI %	23,94	61,83
C18:0	4,11	3,76			
C20:0	0,34	0,32			
C22:0	-	0,39			
C24:0	-	0,17			
C16:1	0,17	-			
C18:1 $\alpha$ 9	0,31	0,28			
C18:1 $n$ 9	32,45	19,16			
C18:1 $n$ 7	0,86	1,41			
C18:2 $n$ 6	21,78	54,39			
C18:3 $n$ 3	2,15	7,44			
C20:1 $n$ 9	0,21	0,26			

<sup>1</sup> P: ración con 6% de aceite de palma nativo; S: ración con 6% de aceite de soja nativo.

AG: ácidos grasos; AGS: AG saturados; AGMI: AG monoinsaturados; AGPI: AG poliinsaturados

Nota: El símbolo "-" indica valor no detectado.

Para la determinación del TiO<sub>2</sub> se utilizó el método descrito por Short et al. (1996) y se calculó la digestibilidad aparente de los AG mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad aparente de la grasa o AG} = 1 - \left\{ \frac{(\text{Ti/AG})_d}{(\text{Ti/AG})_h} \right\},$$

Donde (Ti/AG)<sub>d</sub> es la concentración de titanio y de AG en la dieta y (Ti/AG)<sub>h</sub> la concentración de titanio y de AG en la excreta.

#### Fracciones lipídicas

Las fracciones lipídicas se cuantificaron mediante cromatografía de exclusión molecular. Se utilizó un cromatógrafo Agilent 1100 equipado con un detector de índice de refracción (HPLC-RID) fijado a una temperatura de 35°C.

Se partió de 0,5g de muestra fresca y se realizó la extracción de la grasa en frío con éter dietílico y ácido clorhídrico. Previamente a la inyección de las muestras se añadieron 3 mL de tetrahidrofurano (THF) en cada tubo para disolver la grasa, luego cada muestra fue vortexada y filtrada a través de un filtro de nylon (0.45  $\mu$ m) y se inyectaron 100  $\mu$ L (20  $\mu$ L loop) en el cromatógrafo equipado con dos columnas Styragel (Styragel HR 1 y Styragel HR 0.5) de 30 cm  $\times$  0.78 cm i.d., rellenas con partículas esféricas de copolimerostyrenedivinilbenzeno, con un tamaño de partícula de 5  $\mu$ m (Water Associates, Milford, MA, USA), conectadas en serie y ubicadas en un horno a 35°C. La fase móvil consistió en 1ml/min de THF.

#### Análisis estadístico

Se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza. Los datos productivos y la digestibilidad de los AG se analizaron mediante el análisis de la varianza (ANOVA) de una vía, mediante el programa R (versión 3.2.2; 2015). Los datos relativos a las fracciones lipídicas se analizaron mediante un modelo lineal general de medidas repetidas, también con el mismo programa, para determinar si el tipo de grasa influye en la hidrólisis de la grasa a medida que esta avanza por el tracto gastrointestinal. Se considera que las diferencias son significativas cuando  $p < 0,05$ .

## Resultados y discusión

### Parámetros productivos

La prueba se desarrolló con normalidad como demuestran los resultados productivos registrados. No se observaron diferencias significativas en función del tratamiento para ninguno de los parámetros productivos (CMD, GMD e IT), así como tampoco para el peso vivo a los 21 días (*Tabla 3*).

**Tabla 3. Parámetros productivos<sup>1</sup> de 0 a 21 días de edad según las dos fuentes de grasa en la ración.**

	Tratamientos <sup>2</sup>		RMSE <sup>3</sup>	P-valores
	P	S		
<b>CMD (g/d)</b>	48,88	47,93	3,78	0,625
<b>GMD (g/d)</b>	37,09	37,13	3,45	0,981
<b>IT-Consumo: ganancia (g/g)</b>	1,32	1,29	0,04	0,255
<b>Peso vivo a los 21d</b>	819,19	821,22	71,59	0,955

<sup>1</sup>Los valores son los promedios de 8 observaciones por tratamiento.<sup>2</sup>P: ración con 6 % de aceite de palma nativo; S: ración con 6 % de aceite de soja nativo. CMD: consumo medio diario; GMD: ganancia media diaria; IT: índice de transformación

<sup>3</sup>RMSE=raíz cuadrada del error de la media

### Balace de digestibilidad

En la *Tabla 4* se muestran los coeficientes de digestibilidad aparente de los ácidos grasos (AG) obtenidos en el balance realizado entre los 11-14 días de edad mediante la utilización de TiO<sub>2</sub> como marcador inerte.

En términos generales, la digestibilidad aparente de los AG fue superior en el tratamiento S, con un % de AGI superior al del tratamiento P, ya que es bien conocido que el grado de insaturación facilita la digestión de los AGS. En relación a las familias de AG, se encontraron diferencias significativas en la utilización de los AGPI (P<0,001) y en menor medida de los AGMI (P<0,05). Además, los coeficientes de digestibilidad aparente más bajos y las mayores diferencias entre tratamientos, se observan en los AGS, tanto en el palmítico (C16:0) como el esteárico (C18:0). Esto se debe a su carácter apolar y a la necesidad que tienen de ser emulsionados para poder absorberse. Además, también se puede observar la influencia de la longitud de la cadena carbonada en la digestibilidad (C16:0 vs C18:0), ya que cuanto mayor es la longitud de la cadena de carbonos, mayor es la dificultad del AG para incorporarse en las micelas (Renner and Hill, 1960). Por otro lado, es conocido que los pollos, especialmente a edades tempranas, presentan una limitada capacidad de absorción de la grasa saturada (Renner and Hill, 1960), lo cual se atribuye a una escasa síntesis de sales biliares y a una deficiente circulación enterohepática (Smallwood et al., 1972). Además, a edades tempranas, el tiempo de permanencia de los AG a nivel de duodeno es muy reducido, lo cual también dificultaría la emulsión de los AGS (Tanchaenrat et al., 2014).

Tabla 4. Balance de digestibilidad<sup>1</sup> entre los 11 y 14 días de edad según diferentes fuentes de grasa en la ración

	Tratamientos <sup>2</sup>		RMSE <sup>3</sup>	P - valores
	P	S		
	<b>Digestibilidad Aparente (%)</b>			
<b>AG totales</b>	61,71	81,86	4,46	<0,001
<b>AGS</b>	44,43	69,93	5,23	<0,001
<b>C16:0</b>	47,36	74,89	4,87	<0,001
<b>C18:0</b>	33,34	71,04	6,31	<0,001
<b>AGMI</b>	70,52	84,72	3,95	<0,05
<b>C18:1n9</b>	77,41	83,60	4,71	<0,05
<b>AGPI</b>	70,52	84,72	3,95	<0,001
<b>C18:2n6</b>	70,94	84,57	3,99	<0,001
<b>C18:3n3</b>	71,49	98,72	2,50	<0,001

<sup>1</sup>Los valores son los promedios de 8 observaciones por tratamiento

<sup>2</sup>P: ración con 6% de aceite de palma nativo (4207 kcal/kg); S: ración con 6% de aceite de soja nativo (4259 kcal/kg)

AG: ácidos grasos; AGS: AG saturados; AGMI: AG monoinsaturados; AGPI: AG poliinsaturados

<sup>3</sup>RMSE=raíz cuadrada de la media

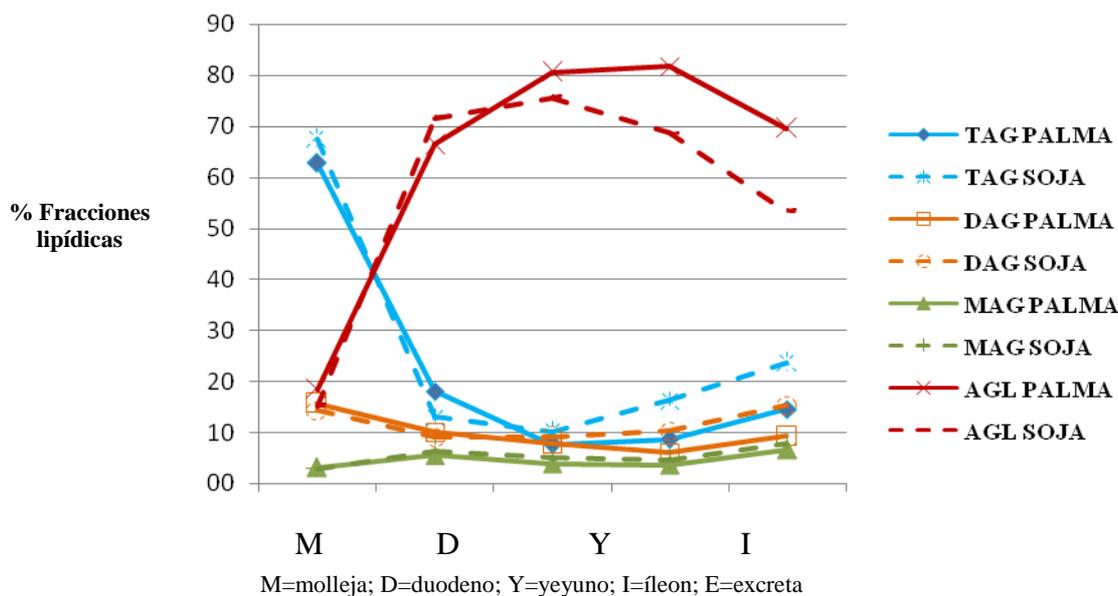
### Fracciones lipídicas

Se determinó la distribución de las fracciones lipídicas (Triglicéridos, TG; diglicéridos, DG; monoglicéridos, MG; ácidos grasos libres, AGL) en el contenido de molleja, duodeno, yeyuno e íleon y en la excreta (Figura 1).

Podemos observar como las proporciones más bajas y que presentan menos variación a lo largo del tracto digestivo son las de MAG (3-8 %), seguidos de los DAG (6-16 %), mientras que las fracciones lipídicas más abundantes y variables son los TAG (8-68%) y los AGL (15-82%).

Se observa que conforme disminuye la presencia de TAG, el porcentaje de AGL aumenta, de manera que el comportamiento de estas dos fracciones lipídicas es inverso. Cuando observamos los cambios producidos de molleja a duodeno, observamos reducciones importantes del % de TAG (71% de reducción) y de DAG (35% de reducción) apareciendo de forma paralela y progresiva, los AGL (72,29 % de incremento) y en menor medida, los MAG (42.90% de incremento). Por ello, y teniendo en cuenta que en el pienso la fracción mayoritaria son los TAG (>90%), se deduce que la hidrólisis de los TAG y los DAG se iniciará su paso por la molleja generando fundamentalmente AGL y, en menor medida, MAG y que esta hidrólisis sigue produciéndose a menor ritmo en partes posteriores del tracto digestivo. Los menores % de TAG y DAG se observan en yeyuno e íleon respectivamente. La reducción del % de AGL se inicia a partir del paso por el yeyuno lo que se relaciona con la absorción de los productos de la lipólisis. La fracción mayoritaria en la excretas son los AGL lo que indica que los TAG y los DAG se hidrolizan casi por completo a lo largo del tracto gastrointestinal y los MAG se absorben con facilidad debido a su carácter hidrofílico (Vilarrasa et al., 2015). También hay que tener en cuenta, como describe Tancharoenrat et al., 2014, que hay fuentes de grasa que no provienen de la dieta como los ácidos biliares, colesterol, y pigmentos biliares, entre otros.

**Figura 1. Distribución de las fracciones lipídicas<sup>1</sup> (%) en los diferentes tramos del tracto gastrointestinal<sup>2</sup> en función del tratamiento utilizado<sup>3</sup>**



Dependiendo del tipo de grasa de la dieta (P o S), el comportamiento de las fracciones lipídicas TAG ( $p=0,007$ ), DAG ( $p>0,001$ ) y AGL ( $p>0,001$ ) fue diferente, indicando diferentes ritmos de hidrólisis y absorción de los lípidos en función del grado de saturación de la grasa consumida, si bien, no se evidenciaron diferencias significativas para el porcentaje de MAG.

Donde más diferencias se observaron en función del grado de saturación de la grasa, fue a nivel de los AGL y los complementarios niveles de TAG. En el tratamiento con grasa insaturada (S) el % de AGL a nivel de duodeno fue superior que en el tratamiento P ( $p=0,017$ ), lo cual se atribuye a la mayor digestibilidad de la grasa insaturada acompañada de una tasa de hidrólisis de los TAG más elevada, es decir un ritmo más rápido de desaparición de los TAG y de generación de AGL a este nivel; proceso que continúa hasta el íleon en el caso de las aves que consumen aceite de palma ( $p=0,001$ ). Sin embargo, a nivel de yeyuno e íleon, observamos que el % de AGL fue inferior para el tratamiento S ( $p<0,05$ ) debido a una mayor y más rápida absorción de los productos de la digestión lipídica en el tratamiento S mientras que en el tratamiento con grasa saturada (P) la reducción de la presencia de AGL se produce en tramos posteriores del tracto intestinal, concretamente a partir del íleon. Cuando estudiamos la composición de las fracciones lipídicas en la excreta, observamos que el mayor % de AGL aparece en los pollos que consumieron la grasa saturada (P) lo que está claramente relacionado con el menor coeficiente de digestibilidad de las dietas con aceite de palma frente a las dietas con aceite de soja. El hecho de que la grasa presente en la excreta estuviese compuesta en su mayoría por AGL, sugiere que en los pollos de carne y sobre todo a edades tempranas, el proceso de emulsión y el efecto emulsionante de las sales biliares, en mayor medida que la actividad de la lipasa pancreática, son los factores más limitantes en el proceso de utilización de la grasa de la ración (Soede, 2005).

Es posible concluir que el tipo de grasa añadido en el pienso modifica el perfil de las fracciones lipídicas a lo largo del tracto gastrointestinal, lo que sugiere que el grado de saturación de la grasa tiene un efecto importante en el ritmo de hidrólisis y posterior absorción aparente de los productos de la lipólisis, siendo más rápida y eficiente con la ingestión de grasa insaturada.

## Agradecimientos

El presente estudio ha sido financiado, en parte, por una beca de investigación de la *Generalitat de Catalunya* (FI-DGR) y por el proyecto AGL2010-22008-C02 concedido por la *Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología* de España.

## Referencias

- HURWITZ, S., BAR, A., KATZ, M., SKLAN, D., and BUDOWSKI, P., (1973).** Absorption and secretion of fatty acids and bile acids in the intestine of the laying fowl. *Journal of Nutrition*. 103:543-547
- RENNER, R. (1965).** Site of fat absorption in the chick. *Poultry Science*. 44:861-864
- RENNER, R., and HILL, F.V. (1961).** Factors affecting the absorbability of saturated fatty acids in the chick. *Journal of Nutrition*. 74:254-258
- SHORT, F.J., GORTON, P., WISEMAN, J., and BOORMAN, K.N. (1995).** Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. *Animal Feed Science Technology*. 59:215-221
- SKLAN, D., HURWITZ, S., BUDOWSKI, P., and ASCARELLI, I. (1975).** Fat digestion and absorption in chicks fed raw or heated soybean meal. *Journal of Nutrition*. 105:57-63
- SMALLWOOD, R.A., LESTER, R., PIASECKI, J., KLEIN, P.D., GRECO, R., and JACKSON, T. (1972).** Fetal bile salt metabolism. 2. Hepatic excretion of endogenous bile salt and of a taurocholate load. *Journal of Clinical Investigation*. 51:1388-1397
- SOEDE, I.J. (2005).** Fat digestive physiology and exogenous emulsifiers. *World's Poultry Science Journal*. 21:14-16.
- TANCHAROENRAT, P., RAVINDRAN, V., ZAEFARIAN, F., and RAVINDRAN, G. (2014)** Digestion of fat and fatty acids along the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Poultry Science* 93:371-379
- VILÀ, B., and ESTEVE-GARCIA, E. (1996b).** 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*. 37:119-130
- WISEMAN, J., SALVADOR, F., and CRAIGON, J. (1991).** Prediction of the apparent metabolizable energy content of fats fed to broiler chickens. *Poultry Science* 70:1527-1533
- YOUNG, R.J. (1961).** The energy value of fats and fatty acids for chicks: I. Metabolizable energy. *Poultry Science*. 40:1225-1233