

UTILIZACIÓN DE GRASAS Y PRODUCTOS LIPÍDICOS EN ALIMENTACIÓN ANIMAL: GRASAS PURAS Y MEZCLAS

G.G. Mateos, P.G. Rebollar y P. Medel
Departamento de Producción Animal
Universidad Politécnica de Madrid

1.- INTRODUCCIÓN

Las grasas o lípidos se definen químicamente como sustancias orgánicas insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos. Dentro del término general de lípidos se incluyen distintos compuestos que tienen en común contar con ácidos grasos en su estructura. Comprende productos tales como triglicéridos o grasas neutras (molécula formada por tres ácidos grasos unidos mediante un enlace éster a glicerol), lípidos estructurales (tales como las lecitinas en las cuales uno de los ácidos grasos es sustituido por un grupo fosfórico), ceras (ésteres de alcoholes de cadena larga de origen vegetal), ácidos grasos libres (procedentes de los procesos de refinado de la industria de aceites comestibles y otras) y jabones cálcicos (molécula sin glicerol y con los ácidos grasos saponificados por el ión calcio).

En el mercado mundial existen numerosos tipos de grasas. Su utilización en los piensos varía de país en país en función de la disponibilidad y del precio relativo con respecto a otras fuentes energéticas. Según su origen las grasas se clasifican en animales, vegetales y mezclas. Dentro de las grasas de origen animal tenemos grasas poliinsaturadas (origen marino), grasas insaturadas (grasa de aves), moderadamente insaturadas (manteca porcino), saturadas (sebo vacuno) y mezclas de todas las anteriores. Asimismo, dentro de las grasas vegetales, los aceites de semillas procedentes del girasol, maíz o soja son más insaturados que los de oliva, palma o coco. Un tercer grupo de lípidos de interés creciente es el formado por subproductos de diversas industrias cuya materia prima original es la grasa. En este grupo están las oleínas (residuos del refinado de las grasas comestibles), las lecitinas (gomas de los procesos de refinado industrial), las grasas de freiduría (resultantes del reciclado de grasas comestibles), los subproductos industriales y los destilados procedentes de la industria del glicerol y otros (NRC, 1994; Mateos et al., 1995).

Todas las grasas presentan una serie de ventajas no estrictamente nutricionales que hacen conveniente su inclusión en piensos pero que dificultan su valoración. Por ejemplo, las grasas controlan la formación de polvo y mejoran la palatabilidad, el consumo, la estructura y el aspecto del pienso. Además, lubrican la maquinaria lo que permite mejorar su rendimiento (caso de la granuladora) y su vida útil. Por contra, la utilización de grasa exige instalaciones adecuadas, perjudica la calidad del gránulo y el manejo del pienso en harina y puede afectar a la calidad final de los productos ganaderos (Sheehy et al., 1993). Desde un punto de vista nutricional, las grasas presentan ventajas difíciles de valorar. Así, por ejemplo, permiten incrementar la concentración energética del pienso, reducen el estrés calórico y por su menor incremento de calor, mejoran la eficacia energética neta por kcal de Energía Metabolizable (Sheehy et al., 1993; Grobas et al., 1996 y Hrdinka et al., 1996).

2.- CRITERIOS PARA LA VALORACION ENERGETICA DE LAS GRASAS

En la valoración energética de las grasas el factor clave a considerar es su digestibilidad, que depende fundamentalmente de su capacidad de solubilización y de formación de micelas en el intestino. En monogástricos, los cuatro factores claves que determinan el valor energético de una grasa son: 1) el contenido en energía bruta, 2) el porcentaje de triglicéridos vs ácidos grasos libres, 3) el grado de insaturación de éstos ácidos grasos y 4) la longitud de cadena de los mismos. A efectos prácticos, estos cuatro puntos se miden por: 1) el contenido en MIU (humedad, impurezas e insaponificables), 2) la acidez oleica y porcentaje de AGL, 3) el índice de iodo y el contenido en ácido linoleico y 4) el índice de saponificación (Mateos et al., 1995; Garret, 1996).

En el caso de los rumiantes la situación es distinta ya que la grasa suplementaria afecta a los microorganismos del rumen. Este efecto depende de la naturaleza química de la grasa. Porcentajes altos de ácidos grasos libres, ácidos grasos poliinsaturados y grasas en estado libre inhiben en cierto grado la acción microbiana y perjudican la digestión de los nutrientes en el rumen, en especial de la fracción fibrosa (Wu et al., 1991). El rumen cumple funciones tales como 1) absorber directamente los ácidos grasos de 14 o menos átomos de carbono, 2) hidrolizar los triglicéridos, dejando libres los ácidos grasos que los componen y 3) hidrogenar y saturar los ácidos grasos liberados. Por tanto las diferencias en digestibilidad intestinal entre triglicéridos y ácidos grasos alimentarios, y entre ácidos grasos insaturados y saturados son pequeñas. Palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) son mejor absorbidos que los AG saturados de cadena más larga; los AG insaturados se absorben mejor que los saturados de igual longitud de la cadena, pero en ambos casos las diferencias son modestas e inferiores a las que existen en monogástricos. Por ejemplo, los valores medios de digestibilidad encontrados en la bibliografía varían de 77% a 80% para el C 18:0; 79 % a 82 % para el C18: 1 y 80 % a 83 % para el C18:2 (Doreau y Ferlay, 1994).

En los cuadros 1 y 2 se detalla la composición en ácidos grasos de los lípidos de uso más común en alimentación animal. En el cuadro 3 se ofrecen datos de Garret (1996)

sobre parámetros de interés para evaluar el valor nutricional de ciertas grasas y mezclas. En este cuadro se indica que parámetros actúan como diluyentes del valor energético bruto y cuales afectan a la solubilidad micelar y por tanto a la digestibilidad y absorción intestinal. Ambos grupos de factores son claves para determinar el valor energético.

Cuadro 1.- Composición en ácidos grasos (% de grasa verdadera) de algunas grasas de origen vegetal (Tablas FEDNA, 1996)

| | ALGODON | SOJA | GIRASOL | COLZA | OLIVA | PALMA | LINAZA | LECITINAS DE SOJA |
|---------------------|---------|------|---------|-------|-------|-------|--------|-------------------|
| C _{<14} | - | - | - | - | - | tr. | - | tr. |
| C _{14:0} | 1 | tr. | - | tr. | tr. | 1 | tr. | tr. |
| C _{16:0} | 23,8 | 10,1 | 6,1 | 5 | 10 | 42,5 | 6,5 | 18 |
| C _{16:1} | 1,0 | tr. | tr. | tr. | tr. | tr. | tr. | tr. |
| C _{18:0} | 2,5 | 4,5 | 4 | 2 | 3,5 | 4,8 | 5 | 4,3 |
| C _{18:1} | 18,8 | 22,4 | 22,5 | 57,5 | 79 | 40,1 | 21 | 17,8 |
| C _{18:2} | 50,2 | 53 | 62,2 | 20,5 | 6,3 | 9,7 | 13 | 51 |
| C _{18:3} | tr. | 7,8 | < 1,0 | 8,5 | tr. | tr. | 51 | 7,5 |
| C _{≥20} | tr. | 1,1 | 1,1 | 4,6 | tr. | tr. | 1,0 | tr. |

Cuadro 2.- Composición en ácidos grasos de grasas de origen animal y grasas elaboradas o industriales (Tablas FEDNA, 1996)

| | GRASAS DE ORIGEN ANIMAL | | | | | GRASAS INDUSTRIALES | | |
|---------------------|-------------------------|---------|--------------|-------------|------------|---------------------|-------------|---------------|
| | SEBO | MANTECA | GRASA MEZCLA | GRASA POLLO | PESC. NAC. | YELLOW GREASE | JABON PALMA | GRASAS HIDROG |
| C _{<14} | tr. | tr. | tr. | tr. | - | tr. | tr. | tr. |
| C _{14:0} | 3,2 | 1,6 | 2,1 | 1,0 | 3,8 | 1,0 | 2,1 | 2,0 |
| C _{16:0} | 24,8 | 23,4 | 23,5 | 21,0 | 15,5 | 18,0 | 44,1 | 45,0 |
| C _{16:1} | 3,2 | 3,1 | 3,6 | 5,4 | 4,0 | 2,5 | - | - |
| C _{18:0} | 21,3 | 13,3 | 15,0 | 7,1 | 4,3 | 9,0 | 5,2 | 40,0 |
| C _{18:1} | 38,3 | 42,4 | 42,5 | 41,0 | 13,5 | 46,0 | 38,7 | 5,2 |
| C _{18:2} | 2,0 | 10,5 | >7,5 | 20,5 | 1,8 | 21,0 | 8,4 | <2,0 |
| C _{18:3} | tr. | 1,0 | 1,0 | 1,6 | 1,1 | 2,0 | tr. | tr. |
| C _{≥20} | tr. | 1,6 | <2,0 | 1,8 | >45 | tr. | - | - |

Cuadro 3. Rango de valores en parámetros claves para determinar el valor energético de ciertas grasas en avicultura (Garret, 1996)

| | Sebo | Grasa amarilla | Grasa pollo | Grasas freiduría | Mezclas veg./anim | Influencia parámetro |
|---|---------|----------------|-------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Acidos grasos totales | 90-92 | 90-92 | 90-90 | 90-92 | 90-94 | DL |
| Acidos grasos totales verdaderos ² | 88-90 | 88-90 | 88-90 | 84-90 | 82-92 | DL |
| Humedad | 0,5-1,0 | 0,5-1,0 | 0,5-1,0 | 0,6-1,3 | 0,7-2,2 | DL |
| Materia insoluble | 0,1-0,5 | 0,1-0,5 | 0,1-0,5 | 0,1-0,5 | 0,1-0,5 | DL |
| Insaponificables | 0,5-1,5 | 0,7-2,0 | 0,7-1,5 | 0,7-1,8 | 1,5-5,0 | DL |
| Insolubles en acetona | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,05 | 0,5-1,75 | DL |
| Acidos grasos oxidados | 0,2-1,0 | 0,3-1,0 | 0,2-0,7 | 1,0-3,0 | 0,7-3,0 | DL |
| Índice de peróxidos (meq/kg) inicial | 1-2 | 1-5 | 1-2 | 2-8 | 1-6 | DL |
| Contenido en oligómeros/polímeros | <1 | <1 | <1 | 2,5-9 | 0,1 -8,0 | DL y DG |
| Acido esteárico | 18-26 | 12-16 | 4-6 | 6-18 | 8-20 | DG |
| Acido linoleico | 2-4 | 9-15 | 15-22 | 8-34 | 15-35 | DG |
| Acidos grasos libres | 3-15 | 3-15 | 2-8 | 5-15 | 20-60 | DG |
| Total ácidos grasos saturados | 48-52 | 34-43 | 27-32 | 17-40 | 25-45 | DG |
| Estabilidad AOM (20 hors), meq | 1-10 | 1-20 | 1-20 | 5-20 | 2-20 | |
| EM (Mcal/kg) | 6,5-7,3 | 7,4-8,0 | 8,1-8,2 | 7,3-8,3 | 7,0-8,6 | |

¹DL = diluyente; DG = digestibilidad

²Acidos Grasos totales menos Insaponificables y Polímeros no digestibles

El criterio clave para valorar una grasa es su contenido energético neto. Este valor, aunque variable en función de la especie, edad del animal, productividad, tipo de dieta y temperatura ambiental, depende fundamentalmente de su contenido en energía bruta y su digestibilidad intestinal. Dado que el mecanismo de absorción depende de numerosos factores, el valor energético de una grasa no es constante y variará de acuerdo a los mismos. De aquí que haya tanta variabilidad entre autores a la hora de asignar valores energéticos a una grasa químicamente bien definida. Por ejemplo, los animales jóvenes digieren peor las grasas que los animales adultos, especialmente cuando se trata de grasas saturadas para aves. Por otra parte, los rumiantes por las peculiaridades de su sistema digestivo (presencia del rumen, gradiente de acidez duodenal, formación de micelas, etc) utilizan y valoran las grasas de forma distinta a los monogástricos.

Al valorar una grasa para la formulación de piensos han de tenerse en cuenta al menos cuatro criterios: 1) su calidad química intrínseca (grado de humedad, impurezas, insaponificables, peróxidos, fracción no eluible, polímeros de ácidos grasos, sustancias extrañas, tóxicos, etc), 2) composición y valor nutricional (contenido en energía bruta, porcentaje de triglicéridos, composición en ácidos grasos, riqueza en ácidos grasos esenciales tipo ácido linoleico y omega-3, etc), 3) especie destino y 4) precio ofertado (Wiseman y Salvador, 1989; Mateos et al., 1995).

Teniendo en cuenta las diferencias en digestibilidad de los lípidos en función de su estructura química, diversos autores han propuesto la utilización de ecuaciones en base a parámetros fáciles de determinar en laboratorios convencionales, para estimar el contenido

energético metabolizable de las grasas. Así, para el caso de las aves algunas de las más utilizadas son las siguientes:

$$EM = 6013 + 39,70 \text{ Índice Iodo}$$

$$EM = 9259 - 66,9 \times \% \text{ C18:0} + 41,8 \times \% \text{ C18:2}$$

En el caso del porcino, los investigadores de la Universidad de Nottingham (Powles et al., 1995) proponen las siguientes:

~~para~~

$$ED \text{ (MJ/kg)} = 36,898 - (0,0046 \text{ AGL (g/kg)}) 7,33 e^{(-0,906 \text{ Insaturados/Saturados})}$$

~~para~~

$$ED \text{ (MJ/kg)} = 37,890 - (0,0051 \text{ AGL (g/kg)}) - 8 20 e^{(-0,515 \text{ Insaturados/Saturados})}$$

Para los rumiantes existen menos ecuaciones de uso generalizado. Para vacas lecheras, de modo orientativo, podría utilizarse el siguiente método teórico:

- Definir el perfil de ácidos grasos de la fuente lipídica a utilizar (la suma de los ácidos grasos debe ser igual a 100).
- Determinar el coeficiente de digestibilidad de la grasa como la media ponderada de los coeficientes de digestibilidad de cada uno de los ácidos grasos por su contenido en la grasa a valorar. Dichos coeficientes se muestran en el cuadro siguiente y corresponden a valores medios de datos publicados en la bibliografía:

| Acidos Grasos | Coefficiente de digestibilidad |
|---------------|--------------------------------|
| ≤ C14 | 70 |
| C16 | 80 |
| C18:0 | 78 |
| C18:1 | 80 |
| C18:2 | 81 |
| C18:3 | 79 |
| ≥ C20 | 65 |

A efectos prácticos, si se trata de grasas libres, y teniendo en cuenta la capacidad biohidrogenadora del rumen, todos los ácidos grasos de cadenas C16 y C18 serán considerados como saturados y si el contenido en C18:2 ó C18:3 es elevado debería penalizarse en un 1-2 % la digestibilidad de los C18. Por el contrario, si se trata de grasas inertes se aplicarán los coeficientes de digestibilidad correspondientes a cada tipo de ácidos grasos.

- Calcular la Energía Digestible, que en el caso de las grasas coincide con el valor de Energía Metabolizable, multiplicando el contenido en Energía Bruta de la grasa en cuestión por el coeficiente de digestibilidad así determinado.
- Determinar la Energía Neta de lactación considerando una eficacia energética media del 80%.

En este trabajo nos vamos a referir exclusivamente a grasas bien procesadas, estabilizadas, no deterioradas, libres de contaminaciones externas y óptimas para el consumo animal. En el caso de que alguna de las condiciones anteriores no se cumpla, se limitará su utilización a niveles razonables y se evitará su uso en piensos para acuicultura, pequeños animales, primeras edades y rumiantes de alta productividad, donde el consumo voluntario es clave para lograr buenas producciones.

En el cuadro 4 se muestran los valores energéticos estimados para distintas fuentes lipídicas para las diversas especies domésticas.

3.- GRASAS ANIMALES DE ORIGEN MARINO

Son aceites y oleínas resultantes del procesamiento y prensado de pescados enteros y subproductos de la industria del salazón. Por presión se extraen fundamentalmente los lípidos de reserva (triglicéridos contenidos en las células grasas), dejando gran parte de los fosfolípidos estructurales en la harina correspondiente. Por tanto, la composición en ácidos grasos y valor energético de los lípidos contenidos en el aceite y en la harina son diferentes. La digestibilidad en ambos casos es alta pero ligeramente superior (> 10%) para los lípidos del aceite que para los lípidos de la harina (Opstvedt, 1984; Moffat y McGill, 1993). El aceite contiene esencialmente triglicéridos y es más pobre en ácidos grasos poliinsaturados tipo omega-3 que los fosfolípidos (Opstvedt, 1984). El aceite, de mayor precio, suele utilizarse en la industria de cremas de belleza, alimentación humana o en piensos de alto valor añadido (acuicultura, animales de peletería). Las oleínas, de menor costo, se utilizan en la industria de los piensos compuestos, bien directamente (caso de Perú y Chile) o bien como componente en mezclas técnicas. A veces se hidrogenan parcialmente para facilitar su conservación y almacenamiento o para su uso en rumiantes.

Los lípidos de procedencia marina contienen altos porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, responsables de su inestabilidad ante la oxidación y de la comunicación de sabores anómalos a los productos finales de los animales que los consumen. En general, son ricos en ácidos grasos omega-3 pero pobres en omega-6. Así, su contenido en ácido linoleico es bajo y rara vez supera el 3 %. No se sabe con certeza y hasta que punto los ácidos grasos poliinsaturados del pescado satisfacen las necesidades en ácidos grasos esenciales de las especies domésticas. A efectos prácticos se utiliza una equivalencia en torno al 30-40 %. La composición en ácidos grasos de los distintos aceites comerciales varía en función de la temporada del año, del método de procesado y de las especies dominantes en la captura (Opstvedt, 1984). El aceite de los pescados azules tipo

sardina o anchoveta, suele ser más rico en ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA) que los aceites provenientes de pescados blancos, tipo arenque o capelina. Los ácidos grasos omega-3 son particularmente importantes por su esencialidad en alimentación de peces de agua salada. Además se utilizan de forma efectiva para enriquecer la carne y huevos en estos ácidos grasos y para estimular los mecanismos inmunitarios de las especies domésticas (Sanders, 1993; Scarfe et al., 1994; Hammershoj, 1995; Allen et al., 1996).

Cuadro 4.- Valoración energética de distinta fuentes lipídicas para la formulación de piensos (Tablas FEDNA, 1996)

| Valor energético (kcal/kg) | PORCINO | | AVES | RUMIANTES | | |
|-------------------------------|---------|------|------|-----------|------|------|
| | ED | EN | EMAn | UFI | UFc | ENI |
| Vegetales | | | | | | |
| Soja | 8700 | 8180 | 9000 | 2,84 | 2,80 | 4910 |
| Colza | 8550 | 8050 | 8800 | 2,81 | 2,77 | 4860 |
| Oliva | 8500 | 7970 | 8600 | 2,85 | 2,81 | 4930 |
| Palma | 8300 | 7800 | 8200 | 2,86 | 2,82 | 4950 |
| Óleas | | | | | | |
| Soja | 8050 | 7410 | 8450 | 2,64 | 2,60 | 4560 |
| Girasol | 8100 | 7450 | 8500 | 2,63 | 2,59 | 4550 |
| Oliva | 7900 | 7200 | 8000 | 2,62 | 2,59 | 4530 |
| Palma | 7700 | 7100 | 7900 | 2,62 | 2,58 | 4515 |
| Lipídicos | 6500 | 6200 | 6700 | 2,30 | 2,18 | 3980 |
| Óleas animales | | | | | | |
| Sebo | 8100 | 7550 | 8000 | 2,84 | 2,80 | 4910 |
| Manteca | 8550 | 7950 | 8600 | 2,85 | 2,81 | 4930 |
| Grasa mezcla | 8150 | 7610 | 8100 | 2,78 | 2,74 | 4800 |
| Grasa pollo | 8600 | 8000 | 8800 | 2,79 | 2,75 | 4820 |
| Aceite pescado | 8100 | 7400 | 8450 | 2,63 | 2,60 | 4550 |
| Oleínas pescado | 7500 | 6900 | 7600 | 2,37 | 2,34 | 4100 |
| Óleas sintéticas | | | | | | |
| Yellow grease | 8190 | 7630 | 8200 | 2,55 | 2,52 | 4410 |
| Grasoleínas | | | | | | |
| >50 | 8000 | 7360 | 8400 | 2,43 | 2,40 | 4200 |
| > 35 | 7700 | 6500 | 7900 | 2,39 | 2,36 | 4130 |
| < 20 | 7100 | 6000 | 7200 | 2,36 | 2,33 | 4080 |
| Jabón palma | 6600 | 5900 | 6800 | 2,51 | 2,48 | 4340 |
| Grasa hidrogenada | 6550 | 6250 | 6820 | 2,68 | 2,66 | 4640 |

Las oleínas de pescado, a niveles inferiores al 1-1,5% pueden ser utilizadas sin problemas en alimentación animal. Ponedoras y broilers parecen ser menos sensibles que pavos y cerdos en relación con la aparición de sabores anómalos. La utilización de períodos de retirada largos permite aumentar los niveles de utilización recomendados. Su valor energético es elevado (especialmente en porcino) aunque inferior al de una oleína de soja de calidad media. En el caso de conejos y rumiantes, los niveles de utilización deben ser mínimos e incluso evitarse debido a su menor palatabilidad y digestibilidad, y a los efectos especialmente perniciosos de los AG insaturados de cadena larga sobre el crecimiento y fisiología de los microorganismos del rumen (Palmquist y Kinsey, 1994).

4.- GRASAS ANIMALES DE ORIGEN TERRESTRE

Incluye la grasa de pollos, la manteca, el sebo y sus mezclas. Su valor energético es elevado y función del contenido en linoleico e insaturación de sus ácidos grasos.

4.1.- Grasa de pollo

La grasa de pollo ofertada en el mercado español es de origen americano, donde se recicla por separado del resto de los subproductos de aves gracias al mayor dimensionamiento y tamaño de sus mataderos. Presenta un color amarillento y olor típico a pollo. Su contenido en linoleico varía entre el 16 y el 25%, en función de la alimentación de las aves previo al sacrificio (Waldroup y England, 1995). Por tanto, su valor energético es considerable y similar o superior al de la manteca (Golian y Maurice, 1992). Deben evitarse contaminaciones de plumas y otras sustancias ajenas, tales como insecticidas y otros productos indeseables, que por ser solubles en grasa se acumulan en el tejido adiposo de los pollos y se reciclan de forma continua. En grasas de calidad, el contenido en ácidos grasos libres debe ser inferior al 3%. A veces aparece en el mercado grasa aviar con 15 grados de acidez, lo que es indicativo de cierto estado de deterioro.

4.2.- Manteca

La manteca de cerdo es un producto de gran interés en alimentación de monogástricos. Su contenido en linoleico varía entre un 8 y un 14% en función de la alimentación de los animales previo al sacrificio. Su digestibilidad es elevada en todas las especies debido tanto a su contenido aceptable en linoleico y oleico como a la disposición de los ácidos grasos en la molécula de glicerol. No es fácil encontrar en el mercado manteca pura de cerdo ya que la mayoría de los mataderos no tienen capacidad para procesar y comercializar por separado los residuos de porcino y rumiantes. La presencia de ciertos ácidos grasos de origen microbiano (tales como los de cadena impar) nos indica la existencia de mezclas con sebo en productos comerciales.

4.3.- Sebo

El sebo de vacuno se caracteriza por su bajo contenido en linoleico por lo que su digestibilidad en monogástricos jóvenes es peor que la de la manteca o la grasa de pollos. No obstante, su uso en productos lácteos reengrasados está muy generalizado. En estos casos es importante que la maquinaria utilizada para el reengrase sea la adecuada y que los glóbulos de grasa procedentes del sebo sean de pequeño diámetro. En caso de emulsiones deficientes y glóbulos grasos de diámetro elevado, la digestibilidad disminuye.

Los monogástricos adultos utilizan sin dificultad niveles elevados de sebo, siempre que sea de calidad. Su inclusión a altos niveles en piensos comerciales queda limitada más por razones tecnológicas y de calidad del gránulo, que por problemas nutricionales. En el caso de animales jóvenes, el uso del sebo en piensos no está recomendado. De no existir otras fuentes lipídicas, se recomienda no sobrepasar el 2 o el 3 % en piensos para pollitos y lechones, respectivamente. En rumiantes, el sebo es una grasa de elección, de buena digestibilidad y con escasos efectos negativos sobre la microflora del rumen.

4.4.- Grasa animal

En España se comercializan grasas mezclas de origen animal, sebos y mantecas de importación generalmente, cuyo valor viene definido por el grado de acidez. Así, se comercializan grasas 3/5, 5/8, 8/11, etc. No es recomendable la utilización de grasas con más de 11 grados de acidez en piensos para aves o animales jóvenes. Asimismo, debe limitarse el uso de grasas animales de baja calidad en vacas lecheras de alta producción, por su influencia negativa sobre la palatabilidad.

5.- GRASAS VEGETALES PROCEDENTES DE FRUTOS Y SEMILLAS

Incluimos en este apartado los aceites y oleínas de soja, girasol, colza, oliva y palma. Otras fuentes de interés son los aceites de maíz y coco y las oleínas de algodón. Como ya quedó detallado con anterioridad, las oleínas tanto vegetales como animales tienen una menor digestibilidad y por tanto un menor valor energético en monogástricos que los aceites de los cuales proceden. En estas especies, los monoglicéridos resultantes de la digestión enzimática de los triglicéridos son más polares y por tanto facilitan la formación de micelas más que los ácidos grasos libres. En rumiantes las diferencias no son importantes y la disponibilidad del aceite (libre o contenido en la semilla) o la insaturación de los ácidos grasos son los factores a considerar.

Una vez tenido en cuenta dicho criterio, el valor energético de un aceite u oleína vegetal para monogástricos depende fundamentalmente de su contenido en linoleico. Por tanto, los aceites de girasol, maíz y soja son más energéticos que los aceites de oliva o de palma. Lo mismo ocurrirá con sus oleínas correspondientes. Por contra, el uso de lípidos insaturados en animales próximos al sacrificio ha de tomarse con cautela por su efecto negativo sobre la composición lipídica de la canal.

5.1.- Aceite y oleínas de soja

El aceite de soja es la grasa de origen vegetal de mayor disponibilidad en el mercado español. Procede de la industria del haba de soja tras la extracción previo al refinado del aceite para consumo humano. En función de los precios de las grasas en los mercados mundiales, es frecuente encontrar ofertas competitivas en el mercado nacional. Como consecuencia de su estructura química, insaturación y contenido en triglicéridos es la fuente lipídica de elección en animales jóvenes, como pollitos de primera edad y lechones destetados precozmente (Monari, 1994). Aparte de su alta digestibilidad, el aceite de soja utilizado en la industria de piensos es crudo, lo que significa que lleva las gomas incorporadas. Estos componentes son muy ricos en colina, fosfolípidos, antioxidantes y vitamina E, lo que favorece la digestibilidad y la conservación durante el almacenaje. Otro punto de interés es su alto contenido en linoleico, que le hace especialmente aconsejable en piensos para ponedoras en base a cereales blancos, por su efecto sobre el tamaño del huevo (Wiseman, 1994).

Las oleínas de soja son un subproducto del proceso de refinado del aceite. Su aspecto es mucho más oscuro que el del aceite del cual proceden. Una razón es que durante el proceso de refinado las oleínas retienen y concentran los colorantes iniciales. Durante el proceso se separan los ácidos grasos libres, responsables de la acidez, de los triglicéridos mediante la adición de NaOH. A continuación se separan las dos fases por centrifugación y decantación y las pastas sódicas resultantes se neutralizan con ácido sulfúrico, originándose las llamadas oleínas aciduladas ("acidulated soapstocks"). Estas oleínas se lavan con agua abundante a fin de arrastrar el exceso de sulfúrico, se secan y limpian por decantación y se obtienen las oleínas comerciales. Son productos que mantienen gran parte de las ventajas nutricionales de los aceites de los cuales proceden. La mayor diferencia es el menor contenido en triglicéridos de las oleínas lo que implica un valor energético inferior, especialmente para monogástricos jóvenes. Por otra parte, al ser un subproducto exige controles de calidad más rigurosos a fin de evitar mezclas no deseadas con otras fuentes lipídicas o la entrega de productos deficientemente procesados (exceso de humedad, impurezas, sulfato sódico, insaponificables y acidez mineral) (Espuny, 1986). No tiene sentido aplicar a las oleínas el criterio de calidad basado en acidez, ya que por su propio origen es alto. De hecho, un índice de acidez bajo puede indicar adulteración.

5.2.- Aceite y oleínas de oliva

Proceden de la industria de la aceituna. Las oleínas se obtienen mediante procesos de refinado puramente físicos, que incluyen un prensado y posterior destilación de los ácidos grasos presentes en el aceite (Christakis et al., 1982). Por cuestiones de precio, sólo las oleínas son ofertadas a la industria de piensos. Estas oleínas se caracterizan por su alto contenido en oleico (rango entre 65 y 82%) y un aceptable aunque amplio rango en linoleico (entre 4 y 17%). Su contenido en insaponificables suele ser elevado, debido en parte al alto contenido en esqualenos. Su valor energético es inferior al de las oleínas de soja.

5.3.- Aceite y oleínas de girasol

Son productos abundantes en el mercado español. El aceite rara vez se oferta como tal, pero su uso es frecuente como parte de la semilla entera. Es un aceite muy insaturado, con mayor contenido en linoleico que el aceite de soja (58 % vs 53 %), por lo que su valor energético es ligeramente superior en monogástricos jóvenes. Por el mismo motivo, las oleínas puras de girasol son de alto valor nutricional en monogástricos, aunque su uso deba restringirse en rumiantes de alta productividad.

En los últimos años han aparecido en el mercado semillas híbridas ricas en oleico (superior al 80%) y por tanto pobres en linoleico (inferior al 5-6%). El contenido energético de estos aceites y oleínas, aunque inferior al del girasol clásico, sigue siendo elevado ya que es la insaturación y no solamente el contenido en ácido linoleico el factor a considerar.

5.4.- Aceite y oleínas de palma

Son grasas sólidas a temperatura ambiente caracterizadas por su alto contenido en palmítico y bajo-medio en linoleico. No debe confundirse el aceite de palma con el aceite de palmiste. El primero se obtiene de la pulpa del fruto. El aceite de palmiste se obtiene de la almendra y se caracteriza por su alto contenido en ácidos grasos saturados de cadena muy corta, con más de un 60% de láurico más mirístico (Scheele et al., 1995). El aceite de palma es un producto de importación rara vez utilizado en alimentación animal. Por su alto precio, su uso se restringe a productos lácteos reengrasados. Las oleínas, sin embargo, son de uso común en piensos. Las presentaciones comerciales son distintas, variando el contenido en ácidos grasos libres entre el 50% (oleínas de palma) y más del 90% (hidrolizados de palma). A veces el producto se oferta parcialmente hidrogenado. A mayor hidrólisis e hidrogenación, menor valor energético en monogástricos. Las oleínas se obtienen durante el proceso de refinado del aceite, que es un procedimiento de naturaleza física. Una vez hidrogenadas parcialmente, o en forma de jabón, son lípidos de elección en alimentación de rumiantes.

5.5.- Aceite de linaza

Procede de la semilla de lino y normalmente se utiliza en la industria de pinturas y barnices. Recientemente su uso se ha visto incrementado en piensos para ponedoras debido a su alto contenido en ácido linolénico de la serie omega-3 (en torno al 50%). Sin embargo, la transformación del linolénico dentro del organismo animal en ácidos grasos de interés (DHA y EPA) no es muy eficiente, por lo que el uso de este aceite para enriquecer la dieta en omega-3 está siendo cuestionado. Además, un exceso de linaza da a los huevos y a la carne un sabor a pescado característico, por lo que sus niveles de inclusión deben ser controlados (Aymond y Van Elswyk, 1995).

A veces, como componente de la semilla, se utiliza en piensos para caballos, terneros de engorde y cerdas a fin de mejorar el aspecto de la piel y del pelo.

5.6.- Aceite y oleínas de colza

Proceden de la industria de extracción de la semilla de colza. Su uso en España es muy limitado debido a la escasa producción local. A veces entra en la ración como parte de la semilla entera. El aceite de colza se caracteriza por su insaturación (> 90% ácidos grasos insaturados) y su contenido moderado-alto en fosfolípidos, linoleico y linolénico. Por tanto, es una buena fuente energética para todo tipo de animales. Debe controlarse la posibilidad de enranciamiento y su utilización como aceite u oleína libre en piensos para rumiantes. Asimismo debe evitarse el uso de aceite procedente de variedades antiguas, de alto contenido en ácido erúxico (> 40%). Este ácido graso insaturado de cadena larga provoca problemas cardiovasculares en humanos y disminución del crecimiento en animales domésticos (Gurr, 1984).

5.7.- Aceite y oleínas de coco

Son aceites de importación, sólidos a temperatura ambiente. Más del 85 % de sus ácidos grasos contienen 14 o menos átomos de carbono en su molécula. Por ello, la digestibilidad del aceite de coco en lechones es muy elevada y similar e incluso superior a la soja. Sin embargo, su precio es elevado y por ello su uso ha quedado limitado a la industria de los sueros y productos lácteos reengrasados. A veces aparecen en el mercado, oleínas de coco procedentes de la industria del jabón y de las cremas. El valor energético de este subproducto es muy inferior al del aceite original, tanto en monogástricos como en rumiantes. En los primeros, los ácidos grasos libres saturados son poco polares con lo que su digestibilidad es limitada. En los segundos, estos ácidos grasos libres perjudican el funcionamiento del rumen, afectando al crecimiento de protozoos y bacterias Gram positivas, principalmente (Wu et al., 1991).

5.8.- Aceite y oleínas de algodón

El aceite de algodón es de uso frecuente en rumiantes como componente de la semilla. El aceite comercial se extrae de estas semillas previa separación del copo y molienda de las mismas. Las oleínas resultantes del proceso de refinado presentan una buena composición en ácidos grasos con un 50% de linoleico y un 30% en oleico. Sin embargo, su uso está totalmente desaconsejado en piensos para monogástricos en regímenes intensivos por la presencia de factores antinutritivos como los ácidos grasos ciclopropenoides (AGCP) tipo estercúlico ó malvático y el gosipol. Los AGCP son los causantes de la decoloración rosácea de la clara y del pardeamiento de la yema durante el almacenaje. Estos ácidos grasos modifican la permeabilidad de la membrana vitelina permitiendo migraciones no deseadas a través de la misma (Gurr, 1984). Así, por ejemplo, el hierro puede pasar de la yema a la clara y originar un complejo con la conalbúmina de color rosáceo. Los AGCP aumentan la saturación de la grasa contenida en la yema y en la canal del broiler, probablemente mediante la inhibición de ciertas desaturasas del hígado. Como consecuencia, las ponedoras que consumen oleínas de algodón producen huevos globosos, con yemas rígidas y poco deformables, debido al mayor contenido en esteárico en detrimento del oleico. En reproductoras, esta modificación de la composición de la

yema provoca un aumento de la mortalidad embrionaria. En broilers y porcino se incrementa la saturación de la grasa de la canal.

El gopipol es un compuesto fenólico responsable de la aparición de tonalidades verdosas durante el almacenamiento de los huevos, así como de diversos problemas relacionados con la productividad y la fertilidad en todas las especies domésticas. Los monogástricos son más sensibles que los rumiantes y dentro de éstos, los machos más que las hembras. Es un principio tóxico que se encuentra en las semillas en estado libre, pudiendo conjugarse y perder actividad durante el procesado con calor debido a la formación de complejos con la fracción proteica de la semilla. Está presente en el aceite, del cual se separa durante el proceso de blanqueado. Si los residuos de este proceso de refinado se incorporan a las oleínas se potencia la toxicidad de las mismas. En ponedoras se recomienda no pasar del 0,2% de oleínas de algodón a fin de evitar riesgos de decoloración anómala del huevo. Por tanto, su utilización en la práctica queda excluida. En el control de calidad de las oleínas comerciales debe prestarse especial atención al uso de mezclas con tonalidades verdosas para avicultura.

5.9.- Oleínas mezclas

A nivel comercial son cada vez más frecuentes las ofertas de mezclas de oleínas que cumplen unas ciertas especificaciones. Soja y girasol suelen utilizarse como fuentes de linoleico. Oliva, palma, cacahuete, coco, orujo y algodón son otras posibles fuentes a utilizar para rumiantes. Las posibilidades de mezclas son infinitas pero en general quedan definidas por su contenido en linoleico. Así, se ofrecen oleínas 50%, 35% y 20% para ponedoras, multiuso y monogástricos adultos, respectivamente. Es bastante frecuente, en situaciones comerciales prácticas, que estas mezclas incorporen productos de origen animal. De aquí el nombre común de grasoleínas para estas mezclas.

En cualquier caso es importante mantener un buen control de calidad. Este control debe dirigirse por un lado a asegurar que el perfil graso es el requerido y por otro a confirmar la bondad del producto. A este particular, aparte de los controles habituales, deben controlarse específicamente los NEM (porcentaje de grasa no eluible en el producto comercial), los insaponificables y los ácidos grasos n de cadena impar, indicativos de la utilización indeseada de grasas de freiduría abusadas, residuos de destilación, breas procedentes de las industrias de procesamiento de la grasa, etc.

5.10.- Lecitinas

Las lecitinas o gomas son subproductos de la industria de extracción y refinado de la colza, soja y otras semillas. Las más abundantes son las de soja. Las lecitinas puras están compuestas de diversos fosfolípidos tales como fosfatidil colina, fosfatidil inositol y fosfatidil etanolamina. Por tanto, es un producto rico en fósforo (1,9%) y en factores lipotrópicos (1,8 % de colina y 2,3 % de inositol de alta disponibilidad biológica). Son pues sustancias muy apreciadas por su gran poder emulsionante. Su uso está más extendido en piensos para animales jóvenes y lactoreemplazantes, donde la emulsificación es

prioritaria (Overland et al., 1993). Por contra, y debido a este mayor contenido en fosfolípidos ricos en fósforo, su nivel energético bruto es muy inferior al del aceite del cual proceden (6800 vs 9350 kcal de Energía bruta, respectivamente)

El producto comercial normal es una mezcla de lípidos polares (fosfolípidos) y neutros (triglicéridos) en proporción aproximada 60:40. Las lecitinas son viscosas por naturaleza y de consistencia semisólida lo que dificulta su transporte y manejo en fábrica. Uno de los problemas más graves de las lecitinas, especialmente de las más purificadas, es la solidificación en los tanques de almacenamiento. Por ello se suelen comercializar mezcladas con otros lípidos. Su adición a las oleínas se ve dificultada por la escasa solubilidad de estos fosfolípidos en los hidrolizados ácidos (Espuny, 1986).

6.- GRASAS DE FREIDURIA

Proceden de la recolección de grasas utilizadas en restaurantes, hoteles y otros centros industriales. Por tanto su composición y valor nutricional depende del tipo de grasa utilizada y de la rigurosidad de los tratamientos por calor que hayan sufrido. En el caso de Estados Unidos, el principal proveedor a nivel mundial, el origen principal de estas grasas son los restaurantes de comida rápida, tipo McDonalds, Kentucky Fried Chicken, etc, donde el control de calidad es apropiado y no se permite el uso de grasas abusadas. Hasta 1985, más del 90 % de la grasa de los restaurantes era de origen animal. La industria del reciclado añadía a estos lípidos recogidos, cantidades variables de oleínas vegetales de diversa procedencia a fin de elevar su contenido en linoleico. Otras veces se le añadían grasas provenientes de las industrias de los subproductos de mataderos y sebos oscuros o con altos contenidos en ácidos grasos libres rechazados por la industria del jabón. De aquí, que estas grasas, llamadas "yellow grease", contuvieran un porcentaje variable de ácidos grasos libres y de linoleico. En los últimos años ha habido un cambio en los hábitos del consumidor que ha favorecido el uso de grasas vegetales parcialmente hidrogenadas en detrimento de sebos y mantecas. Estas nuevas grasas, que vienen a contener de media un 20 a 25% de linoleico (Índice de Iodo entre 80 y 87), son bien utilizadas por los monogástricos a pesar de su alto contenido en ácidos grasos. En nuestro país existe un prejuicio injustificado hacia este tipo de grasas. Cuando se recolectan, seleccionan, filtran y reciclan de forma adecuada, su valor nutricional es alto y similar e incluso superior al de un sebo de calidad media. El problema aparece cuando se reciclan grasas de freiduría excesivamente recalentadas, con niveles de polímeros elevados (en ocasiones superiores al 20%). Cuando el tratamiento térmico es abusivo se produce la autooxidación de los ácidos grasos con aumento del contenido en polímeros, monómeros cíclicos, hidroperóxidos y otros compuestos no eluibles que no son digestibles y que pueden resultar dañinos y (Sheehy et al., 1993) tóxicos para el animal. Además, los productos oxidados reducen la palatabilidad de la grasa original (Gurr, 1984).

En la actualidad se están desarrollando en Estados Unidos nuevas fuentes de grasa que se caracterizan por ser indigestibles para el organismo animal. Estas grasas (como Olestra, producida por Procter & Gamble Co.) en caso de éxito comercial, seguirán los

canales normales de recolección de las grasas de restaurantes y por tanto podrían llegar a contaminar las actuales grasas de freiduría, con la consiguiente disminución de su valor energético actual (Waldroup y Adams, 1995).

7.- GRASAS TECNICAS

Actualmente el mercado de grasas para piensos se decanta por la comercialización y uso de las llamadas grasas técnicas. Son mezclas de lípidos de cualquier origen, incluyendo grasas animales y vegetales, oleínas nacionales o de importación, grasas recicladas y destilados de ácidos grasos (Howard, 1984). El fabricante de piensos pide al proveedor una mezcla lipídica con una serie de especificaciones y permite que este elija las materias grasas a utilizar en función del tipo y calidad del pienso final al cual va destinada. Así por ejemplo, en un pienso de iniciación de pollitos aparte de limitar el contenido en humedad, impurezas, insaponificables, peróxidos y fracción no eluible entre otros parámetros, se pedirá un mínimo de insaturación (índice de iodo y/o ácido linoleico) así como un máximo de ácidos grasos de cadena larga tanto saturados (esteárico y palmítico) como poliinsaturados (procedencia marina). Además, se evitará un contenido excesivo en ácidos grasos libres, puesto que disminuiría de forma apreciable la digestibilidad de la grasa en estos animales jóvenes (Cobb, 1993). Por contra, el fabricante de piensos para rumiantes de alta producción querrá limitar el porcentaje de ácido linoleico y otros ácidos grasos poliinsaturados. Además, puede que exija un mínimo de palmítico sin prestar gran atención al contenido en ácidos grasos libres.

8.- GRASAS INERTES

Las grasas inertes, mal llamadas protegidas o by-pass, engloban a un grupo de productos diseñados para rumiantes caracterizados por tener un efecto inhibitorio mínimo sobre el metabolismo de las bacterias Gram positivas y protozoos. Esta protección se obtiene sin detrimento aparente de su digestibilidad intestinal (Palmquist, 1991; Wu et al., 1991).

Las grasas inertes existentes en el mercado corresponden a dos grandes grupos: las grasas cálcicas y las grasas parcialmente hidrogenadas. Un método utilizado hace años, el encapsulamiento o protección por recubrimiento, ha perdido interés por su costo y por la dificultad de que las partículas resultantes resistan íntegras las manipulaciones en fábrica (molienda, adición de vapor, granulado, etc). Una ventaja importante de este tipo de grasas es su naturaleza sólida lo que permite su uso a fábricas pequeñas sin instalaciones para líquidos o bien ser utilizadas directamente en granja, sobre pesebre o en carro mezclador. De hecho, en algunas situaciones, estas grasas inertes diseñadas para rumiantes se utilizan en piensos para monogástricos. Además, la calidad del gránulo suele ser superior cuando se utilizan grasas sólidas que cuando se utilizan grasas líquidas.

8.1.- Grasas cálcicas

Resultan de la saponificación de los ácidos grasos libres por iones calcio. A pH normales del rumen (6,0-6,3), estos jabones permanecen sin disociar, son insolubles en el líquido ruminal y por tanto inertes. En abomaso, sin embargo, el pH disminuye hasta 2,0-2,5 por lo que se disocian, dando lugar a calcio y a los ácidos grasos libres correspondientes que son entonces digeridos en yeyuno. La mayoría de las grasas cálcicas disponibles en el mercado se fabrican a partir de ácidos grasos destilados de palma, cuyo perfil de ácidos grasos es ideal para rumiantes, ya que su punto de fusión está en torno a los 38°-39°C, próximo a la temperatura corporal del animal. Existe la posibilidad de fabricar jabones cálcicos con aceites de otros orígenes (coco, pescado, girasol, etc). En estos casos es importante tener en consideración su composición en ácidos grasos y su punto de fusión.

Los jabones cálcicos permiten que una mayor proporción de ácidos grasos insaturados alcancen el intestino delgado, con lo que la digestibilidad intestinal de la grasa aumenta. Entre sus inconvenientes cabe destacar su baja palatabilidad (son jabones) y su alto contenido en calcio. Esto último debe ser tenido en cuenta a la hora de formular, tanto en relación con el macromineral como por el menor contenido energético de estos productos por unidad de producto comercial.

8.2.- Grasas hidrogenadas

El proceso consiste en hidrogenar parcialmente los dobles enlaces de diversas fuentes lipídicas a fin de elevar su punto de fusión, reduciendo de esta forma su actividad en rumen por ser más insolubles. Las principales fuentes lipídicas utilizadas en la confección de estas grasas son las oleínas de palma, sebo y las oleínas de pescado. El problema a considerar con este tipo de grasas es que la hidrogenación de los ácidos grasos, especialmente de los de cadena larga, reduce su digestibilidad en el intestino delgado. Cuanto mayor es el índice de yodo (insaturación) mayor es la digestibilidad, especialmente para valores entre 11 y 27 (Firkins y Eastridge, 1994). Asimismo, a mayor relación C16:C18 mejor es la digestibilidad. Algunas de las ventajas comparativas frente a otras grasas inertes son su mayor estabilidad por ser más saturadas, su mayor palatabilidad y su mayor contenido en grasa (Wallace, 1988).

9.- CONCLUSIONES

Lípidos y grasas son de uso común en la alimentación de monogástricos y rumiantes por su alta concentración energética y sus efectos positivos sobre la productividad del animal. Sin embargo, las grasas son probablemente el ingrediente menos comprendido en cuanto al conocimiento de aquéllas características que definen su calidad y su valor nutricional. Este problema se debe en gran medida a la escasez de conocimientos básicos pero también a la falta de estandarización de los productos comerciales.

- MOFFAT, C.G. y A. Mc GILL (1993) *PoNtSo* 52, 441-456.
- MONARI, S. (1994) *Flife* Ed. ASA. Bruselas.
- NRC (1994) *Nitp* ga ed. National Research Council. Washington D.C.
- OPSTVEDT, J. (1984) *En: FsiAnib* Ed.J.Wiseman. Butterworths. 53-82.
- OVERLAND, M., TOKACH, M.D., CORNELIUS, S., PETTIGREW, J. y J. RUST (1993) *J. AnSc* 71, 1187-1193.
- PALMQUIST, D. (1991) *Fgab* Proc. Symposium on "Alternative feeds for dairy and beef cattle". Ed. E.R. Jordan. Texas A&M. Saint Louis.
- PALMQUIST, D. y D. KINSEY (1994) *J. AnSc* 72(1), 350.
- POWLES, J., WISEMAN, D., COLE, J.A. y S. JAGGER (1995) *AnSc* 61, 149-154.
- SANDERS, T. (1993) *PoNtSo* 52, 457-472.
- SCAIFE, J., MOYO, J., GALBRAITH, H., MICHIE, W. y V. CAMPBELL (1994) *BrPsc* 35, 107- 118.
- SCHEELE, C., KWAKERNAAK, C. y M. ZUMBADO (1995) *Sitafel* Spelderholt report No. 632. ID-DLO branch Beekbergen. Netherlands.
- SHEEHY, P., MORRISEY, P. y A. FLYNN (1993) *BrPsc* 34, 367-381.
- WALDROUP, P. y J. ENGLAND (1995) *J. ApPRe* 4, 127-130.
- WALDROUP, P. y M. ADAMS (1995) *Psc* 74, 957-967.
- WALLACE, J. (1988). *TFCa* (7), 44-47.
- WISEMAN, J. y F. SALVADOR (1989) *BrPsc* 30, 653-662.
- WU, Z., OHAJURUKA, O. y D. PALMQUIST (1991) *J. Dsc* 74, 3025-3034.