



Grasas y ácidos grasos libres en la alimentación de vacas de leche de alta producción

Las grasas, desde el punto de vista químico, son compuestos orgánicos insolubles en agua que se pueden extraer de los tejidos mediante disolventes no polares tales como cloroformo, éter, benceno,...

En su mayor parte, están formadas por triglicéridos, que a su vez están constituidos por una molécula de glicerol, compuesta por tres átomos de carbono, a los que se unen tres ácidos grasos.

Los ácidos grasos son moléculas lipídicas formadas por una cadena hidrocarbonada en cuyo extremo presentan un grupo carboxilo. Si tienen dobles enlaces en su composición hablaríamos de ácidos grasos insaturados y si carecen de ellos, se denominan ácidos grasos saturados. La longitud de la cadena y el número de dobles enlaces son los principales factores que determinan sus características físico-químicas.

Las grasas se pueden clasificar en función de su origen en animales, vegetales o mezclas de ambas. En las vacas de leche, se suelen usar grasas de origen vegetal inertes (también llamadas grasas protegidas o grasas "by-pass") que se caracterizan por un efecto inhibitorio mínimo sobre los microorganismos del rumen (Fedna).

Teniendo en cuenta que la energía es y continuará siendo el mayor desafío nutricional por el continuo incremento en la productividad de las vacas de leche, la adición de suplementos grasos a las raciones es y seguirá siendo una **práctica común en la alimentación de vacas de leche** ya que los nutricionistas necesitan incrementar la densidad energética de sus raciones para satisfacer los requerimientos de las vacas de alta producción.

Incrementar la densidad energética de la ración ayuda a mejorar el balance energético, la eficiencia alimentaria y las producciones de leche y grasa láctea (Rabiee *et al.*, 2012). El aporte de energía neta de los lípidos es entre 2,4 y 3 veces superior al de los cereales. La opción de aumentar la cantidad de almidones/azúcares o reducir el forraje en la dieta para incrementar la densidad energética puede ser perjudicial para la función ruminal y la producción de grasa láctea (Calsamiglia, 2015). Además, alimentar con dietas altas en almidones, que incrementan la producción de ácido propiónico en el rumen durante la lactación temprana, puede dar lugar a hipofagia (disminución de la ingesta de materia seca) y puede aumentar el riesgo de acidosis ruminal y desplazamiento de abomaso (Allen *et al.*, 2009).

Para la liberación de su energía las grasas siguen la ruta del ciclo de Krebs que requiere de la presencia de oxígeno. El carácter anaeróbico del rumen impide la utilización de las grasas como fuente de energía por parte de las bacterias ruminales. Aunque los microorganismos ruminales no obtienen energía de los lípidos, los microorganismos actúan sobre éstos modificándolos extensamente en el rumen.

En un primer paso, los triglicéridos que componen las grasas/aceites son hidrolizados dando lugar a una molécula de glicerol y tres ácidos grasos libres. La hidrólisis de los lípidos en el rumen es generalmente alta (>85 %), aunque se han identificado factores que pueden afectar negativamente a esta tasa de hidrólisis, como una cantidad elevada de grasa aportada o un bajo pH ruminal (Doreau *et al.*, 1997).

En un segundo paso, al ser los ácidos grasos insaturados tóxicos para muchas bacterias ruminales, los dobles enlaces de estos ácidos grasos insatura-

Pablo Álvarez. Technical Manager
Golden Agri-Resources Iberia S.L.U.

dos son biohidrogenados, dando lugar a ácidos grasos saturados. Para que tenga lugar esta saturación se requieren ácidos grasos libres, por este motivo la tasa de biohidrogenación es siempre menor que la tasa de hidrólisis. La tasa de biohidrogenación es mayor cuanto mayor es la insaturación de los ácidos grasos. Así, el ácido linoleico es biohidrogenado alrededor de un 70-95 % mientras el ácido linolénico es hidrogenado en un 85-100 % (Lock *et al.*, 2005). La biohidrogenación ruminal se puede ver alterada cuando la suplementación de lípidos en la ración coincide con cuadros de acidosis ruminal, una baja proporción de fibra neutro detergente (FND) o altos consumos de materia seca donde no da tiempo a completarse, debido a la alta velocidad de paso ruminal. Esto puede dar origen a una mayor producción de ácidos grasos trans en la leche (metabolitos intermedios de ácidos poliinsaturados, como el trans-C18-1, el trans-10, cis-12 CLA) que inhiben la síntesis de ácidos grasos de novo en la glándula mamaria. Sólo 3,5 g/día del CLA (ácido linolénico conjugado) en el rumen producen una disminución del 25 % en la producción de grasa butirosa. Como hemos apuntado antes, para que se genere CLA en rumen, se debe dar una fermentación ruminal alterada y la presencia de ácidos grasos poliinsaturados.

A pesar de los importantes cambios que sufren las grasas en el rumen, el flujo total de ácidos grasos a nivel intestinal es muy similar a la ingesta de ácidos grasos de la dieta, aunque el perfil de los ácidos grasos será muy diferente. Aunque hay ácidos grasos más abundantes en la dieta como el ácido linoleico, debido a estos procesos de biohidrogenación, es el ácido esteárico (C18:0) el ácido graso libre que en mayor cantidad llega al duodeno.

Como principales factores que pueden influir en la utilización de las grasas por parte de las vacas tenemos:

- la longitud de la cadena carbonada, el grado de saturación y el grado de esterificación de los diferentes ácidos grasos que componen las grasas
- la fracción no energética presente en la grasa
- la cantidad total de grasa aportada en la ración
- la edad (número de parto)
- la fase productiva.

Por lo tanto, cuando formulamos raciones para vacas de leche, tenemos que tener en cuenta que los ácidos grasos de cadena corta son más digestibles que los ácidos grasos de cadena larga, que los ácidos grasos insaturados pueden alterar la fermentación ruminal, que los ácidos grasos insaturados son más digestibles que los ácidos grasos saturados a nivel intestinal, que los ácidos grasos libres son más digestibles que sus correspondientes triglicéridos, que los animales adultos digieren mejor las grasas que los animales jóvenes, que la respuesta productiva puede variar con la fase de lactación, que cuando la cantidad de grasa aportada se incrementa disminuye la digestibilidad total de la grasa de la ración y que algunos suplementos grasos pueden contener fracciones no energéticas como humedad, insaponificables (esteroles, escualenos,...), impurezas, polímeros,...

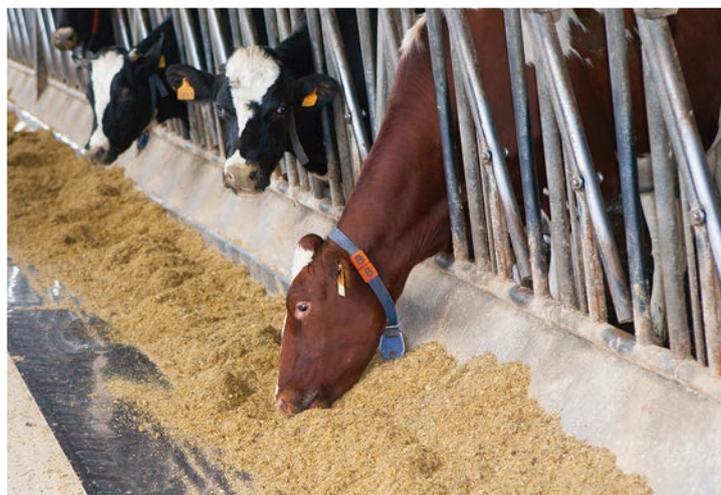
Debido a que la adición de suplementos grasos es una práctica común, como citábamos antes, debemos conocer con precisión las diferentes características de estos para poder predecir su respuesta. Igual que no todas las fuentes de proteína son similares ni todos las fuentes de almidón se degradan a la misma velocidad en el rumen, es importante recordar que no todos los ácidos grasos (o suplementos grasos) son iguales ni se comportan igual.

Comprender los efectos de los diferentes ácidos grasos sobre la producción de leche (cantidad y calidad), sobre la ingesta de materia seca, sobre la condición corporal, sobre el metabolismo ruminal y sobre el empleo específico de su energía en la glándula mamaria o en otros tejidos es crucial y, por ello, últimamente se ha incrementado el interés por conocer los efectos específicos de los diferentes ácidos grasos.

Debido al efecto negativo de los ácidos grasos insaturados en la función ruminal y en la ingesta de materia seca (Jenkins y Jenny, 1989; Pantoja *et al.*, 1994), las estrategias más utilizadas para incorporar suplementos grasos a las raciones, sin alterar dicha función ruminal, se han centrado en: usar ácidos grasos saturados y proteger los ácidos grasos insaturados de la acción de la flora ruminal.

Entre los suplementos grasos más habituales utilizados en la alimentación de rumiantes en el mercado, encontramos:

- Los **jabones cálcicos**, generalmente a base de ácidos grasos destilados de palma.
- La **grasa hidrogenada**, nombre que se utiliza para encuadrar los productos hidrogenados a partir de ácidos grasos o triglicéridos.
- Los **suplementos grasos a base de ácidos grasos libres**. Estos pueden contener ácidos grasos puros, obtenidos por fraccionamiento del aceite/grasa original (ácido palmítico 98 %) o estar compuestos por mezclas de ácidos grasos obtenidas por destilación con diferentes concentraciones de ácido palmítico (85 %-55 %) y otros ácidos grasos hidrogenados o no (ácido oleico y ácido esteárico principalmente).



Los suplementos grasos se suelen incluir en un rango que oscila entre un 0,5 % y un 2 % de la materia seca ingerida por parte del animal.

Es importante tener en cuenta que, tanto la saturación (reduce la digestibilidad intestinal) como la adición de calcio (diluye el contenido en grasa) afectan al valor energético del producto final (Cal-samiglia, 2015).

De estos suplementos grasos, nos vamos a centrar fundamentalmente en el empleo de los jabones cálcicos de ácidos grasos destilados de palma y de los ácidos grasos puros obtenidos por fraccionamiento por considerarlos los más interesantes e incluso complementarios en la formulación de raciones para vacas de leche de alta producción. Las grasas hidrogenadas, usadas en menor medida en España, las consideramos de menor interés por su alto contenido en ácido esteárico que disminuye su digestibilidad.

1. Jabón cálcico

Suplemento graso que se obtiene tras una reacción de saponificación de una grasa con calcio en un medio alcalino o básico. Para su fabricación se suelen utilizar sales de calcio y ácidos grasos destilados de palma pero también se pueden utilizar otras fuentes de grasa como el aceite de girasol, el aceite de oliva, el aceite de colza,...

Los ácidos grasos destilados de palma (PFAD) son un subproducto del refinado, blanqueado y desodorizado del aceite crudo de palma. Son un producto marrón, semisólido a T ambiente y están constituidos por más 80% de ácidos grasos libres (con el ácido palmítico (C16:0) y el oleico (C18:1) como principales componentes). El resto de los componentes son triglicéridos, mono y diglicéridos, material no saponificable (grasas sin ácidos grasos en su composición como: escualenos, esteroides, pigmentos, sustancias volátiles,... de poco interés nutricional), impurezas, humedad,... (Yen Ping *et al.*, 2009).

Debido a su intenso olor y poca palatabilidad puede afectar a la ingesta de materia seca por parte de los animales.

El contenido en grasa (ácidos grasos + material no saponificable) del jabón cálcico está alrededor del 84 %, el resto lo constituyen cenizas y humedad.

En cuanto a su comportamiento ruminal, la protección frente a la biohidrogenación es incompleta (Wu *et al.* 1991) y a pH < 6 se disocia ligeramente (este porcentaje aumenta según disminuye el pH ruminal) con lo cual podríamos decir que es una fuente de grasa "parcialmente" protegida.

Si la fuente original de grasa utilizada para su constitución es más insaturada (oliva, girasol, colza,...) su punto de fusión es más bajo y su disociación a nivel ruminal es mayor.

Los principales ácidos grasos en su composición son el ácido palmítico (43 %) y el ácido oleico (40 %). Su uso es un buen modo de lograr posicionar ácidos grasos insaturados, como el oleico, a nivel intestinal (ya que estos jabones se terminan de disociar totalmente a nivel del abomaso) y así conseguir mejorar la digestibilidad de la grasa por la facilidad del oleico para formar micelas.

Se suele usar en el racionamiento de vacas de leche para aumentar la concentración energética de la ración, la condición corporal de los animales, la producción láctea y mejorar el desempeño reproductivo.

2. Suplementos grasos a base de ácidos grasos libres

Trabajar con suplementos grasos bien definidos a base de ácidos grasos libres nos permite conocer con mayor exactitud la composición del producto, su respuesta productiva esperada y su comportamiento a nivel ruminal.

El ácido graso saturado de mayor interés por su respuesta productiva en las vacas de leche de alta producción es el **ácido palmítico** (C16:0).

El **ácido oleico** (C18:1), principal ácido graso insaturado, también tiene un papel importante en el metabolismo lipídico de las vacas pero a nivel ruminal es biohidrogenado a ácido esteárico mediante la adición de una molécula de hidrógeno al doble enlace presente en su cadena. Su uso tiene interés siempre y cuando podamos protegerlo a nivel ruminal de la acción de las bacterias.

Estos dos ácidos grasos, el ácido palmítico y el ácido oleico, se comportan de forma metabólicamente diferente dirigiendo la energía aportada principalmente hacia la glándula mamaria y hacia el tejido adiposo respectivamente.

2.1 Suplementos grasos puros a base de ácido palmítico

Los suplementos grasos puros a base de ácido palmítico están constituidos, en general, por más de un 99 % de grasa con una concentración superior al 98% de ácido palmítico como ácido graso libre y se obtienen por fraccionamiento generalmente a partir de la estearina de palma.

Durante el proceso de fraccionamiento la estearina sufre en primer lugar un proceso de splitter en el cual se separan el glicerol y los diferentes ácidos grasos y posteriormente los diferentes ácidos grasos son fraccionados en columnas de destilación hasta su obtención con la mayor pureza posible.

El ácido palmítico es un ácido graso saturado de 16 átomos de carbono, insoluble, con un punto de fusión de 63 °C que se comporta de forma inerte en el rumen (Grummer, 1988; Schauff y Clark, 1989) y que presenta una buena digestibilidad intestinal (Boerman *et al.*, 2015), superior a la del ácido esteárico aunque inferior a la del ácido oleico. Se caracteriza por presentar un sabor y olor neutros y no afectar a la ingesta de materia seca (Piantoni, 2013).



Además de constituir una buena fuente de energía, mejora la producción láctea (Enjalbert *et al.*, 2000), mejora la producción y el porcentaje de grasa en la leche (Mosley 2007; Lock 2013; Piantoni 2013) e incrementa la digestibilidad de la fibra neutro detergente (Souza y Lock, 2017) y la eficiencia alimentaria (Wang 2010, Lock 2013).

Souza y Lock, observaron que la digestibilidad de la fibra neutro detergente se ve positivamente afectada por la ingesta total de ácido palmítico sin que se produzca ningún cambio en la ingesta de materia seca.

Otro aspecto a destacar del uso de ácido palmítico, es la relación entre la ingesta **ácido palmítico en la ración y los niveles de ceramida en plasma** (Mathews *et al.*, 2016). La ceramida es un esfingolípido que se relaciona con la producción de leche (a mayor cantidad mayor producción). La ceramida, que aumenta fisiológicamente tras el parto, actúa aumentando la resistencia de los diferentes tejidos a la acción de la insulina (hormona lipogénica). Al aumentar la resistencia a la insulina en el postparto el animal puede responder mejor a los enormes requerimientos de energía que tiene para la producción de leche en este periodo, al dirigirse esta energía hacia la glándula mamaria en lugar de acumularse en el tejido adiposo. Mathews

et al., 2016, constataron que con la inclusión de ácido palmítico en la ración aumentan los niveles de ceramida y esto provoca que la resistencia a la insulina vaya disminuyendo en menor medida según avanza la lactación. Esta mayor resistencia a la insulina ayuda a que las vacas en media lactación y en lactación tardía no aumenten su condición corporal en exceso y lleguen de esta manera sobrecondicionadas a la fase de secado.

Con las raciones que se están formulando actualmente en España (con altos niveles de almidones, alrededor del 25 %), que aumentan la glucosa en sangre y el nivel de insulina, este aspecto (una mayor resistencia a su acción) se convierte en un punto a tener en cuenta para que las vacas lleguen en mejor condición corporal al periodo seco y tengan un mejor postparto en la siguiente lactación.

2.2 suplementos grasos a base de mezclas de ácidos grasos libres

En el mercado español, también se comercializan otros suplementos grasos con diferentes contenidos en ácido palmítico (85-60 %). Estos productos pueden ser hidrogenados (saturados) o no.

Conclusiones

En los momentos actuales, donde la alimentación es cada vez más importante para asegurar la rentabilidad de nuestras explotaciones, conocer con precisión la composición y el comportamiento de los suplementos grasos con los que trabajamos nos permitirá entender mejor su respuesta productiva.

En estos momentos, contamos con suficiente bibliografía para afirmar que la incorporación de ácido palmítico (> 98 %) mejora de forma muy consistente la producción de leche y de grasa láctea y que el aporte de ácido oleico a nivel intestinal mejora la producción de leche y la condición corporal de los animales. Souza and Lock, observaron que la energía destinada a la producción de leche se veía incrementada linealmente con la ingesta de ácido palmítico, como resultado del incremento lineal de la producción de grasa láctea y leche corregida por energía (ECM) según se incrementaba la ingesta de ácido palmítico.

De esta manera, en función del momento productivo y de las necesidades de nuestros animales podremos utilizar el suplemento graso más adecuado en cada caso o que consideremos nos pro-



Así, tenemos suplementos con mezclas de diferentes ácidos grasos saturados y mezclas de ácidos grasos saturados e insaturados. El porcentaje de los diferentes ácidos grasos en estas mezclas oscila en un rango más o menos amplio en función de la tecnología aplicada en su obtención. Hay que tener en cuenta si la presentación de la mezcla es como ácido graso libre o como triglicérido ya que en los rumiantes los ácidos grasos libres son más digestibles que sus correspondientes triglicéridos y, por lo tanto, aportan más energía a las vacas.

En estos productos, además de fijarnos en el porcentaje de ácido palmítico presente, debemos prestar atención al resto de ácidos grasos que componen el producto, teniendo en cuenta su porcentaje de inclusión, su grado de saturación y su digestibilidad intestinal.

En este sentido, las mezclas ricas de ácido palmítico con ácidos grasos no hidrogenados que contienen ácidos grasos insaturados (oleico C18:1 y linoléico C18:2, principalmente) pueden alterar la fermentación ruminal, mientras que las mezclas de ácido palmítico con ácidos grasos hidrogenados serán más seguras pero también presentarán una menor digestibilidad y reducirán la digestibilidad total de la grasa aportada en la ración por su mayor aporte de ácido esteárico (C18:0).

porciona un mayor retorno económico. Sin descartar, otra opción como puede ser la posibilidad de poder combinar estos productos (jabón cálcico + ácido palmítico) con el objeto de mejorar conjuntamente tanto la producción y la calidad de la leche como el estado corporal de los animales. Teniendo en cuenta, que el aporte de ácido oleico a nivel intestinal (es decir, protegido como jabón cálcico) siempre nos ayudará a mejorar la digestibilidad de la grasa en general y del ácido palmítico en particular (Souza y Lock, 2017) potenciando así su efecto.

Sin duda, aquellos productos con una composición mejor definida (ácidos grasos libres puros) nos proporcionarán una mayor precisión en la respuesta productiva y en el retorno económico esperado. Así reduciremos la incertidumbre y podremos formular con aquellos que nos ayuden lo más posible a conseguir la mayor rentabilidad en nuestras explotaciones.