
EFECTO DE LA GRASA DE LA DIETA SOBRE LA GRASA LÁCTEA DE LOS RUMIANTES: UNA REVISIÓN

ANDRÉS L. MARTÍNEZ MARÍN, MANUEL PÉREZ HERNÁNDEZ,
LUIS PÉREZ ALBA, GUSTAVO GÓMEZ CASTRO y ANA I. GARZÓN SÍGLER

RESUMEN

La inclusión de fuentes de grasa protegidas de la digestión ruminal en la dieta de vacas aumenta la producción de grasa láctea, aunque el efecto sobre el contenido depende de la dilución por incremento de la producción lechera. La inclusión de fuentes no protegidas en la dieta afecta negativamente al contenido y la producción de grasa láctea, aunque el efecto depende de la cantidad aportada y grado de insaturación de la grasa, contenido de fibra y forraje mayoritario de la dieta, y, en el caso de semillas oleaginosas, del procesado previo. Por el contrario, la inclusión de fuentes de grasa en la dieta de ovejas y cabras aumenta generalmente el contenido y la producción de grasa láctea, independientemente del grado de protección, sobre todo al comienzo de la lactación en

ovejas y al final de la misma en cabras. En las tres especies, los aceites marinos libres tienen efecto negativo sobre el contenido y la producción de grasa láctea. El isómero C18:2trans-10,cis-12 produce efecto negativo sobre el contenido y la producción de grasa láctea en vacas y ovejas, algo no observado en cabras. A diferencia de las vacas, en ovejas y cabras no se ha observado interacción entre las características de la dieta (relación forraje/concentrado y contenido de ácidos grasos insaturados) y la variación del contenido de grasa de la leche. En conclusión, la inclusión de fuentes de grasa en la dieta afecta distintamente a la grasa láctea de rumiantes debido probablemente a diferencias digestivas y metabólicas interespecíficas cuyas causas requieren más investigaciones.



proximadamente 98% de los lípidos lácteos son triglicéridos sintetizados en la glándula mamaria, mientras que los fosfolípidos y esteroides representan 0,5-1% y 0,2-0,5% de los lípidos totales (Jennes, 1980; Jensen *et al.*, 1991). Alrededor de 60% de los ácidos grasos incorporados a los triglicéridos son ácidos grasos preformados captados de la sangre y el resto son sintetizados *de novo* en la glándula mamaria (Chilliard *et al.*, 2001a). La glándula mamaria sólo puede sintetizar ácidos grasos de hasta 16 carbonos de longitud (Chilliard y Ferlay, 2004) y utiliza acetato y betahidroxibutirato (que puede suponer 15% de los áci-

dos grasos sintetizados) como sustratos. Los ácidos grasos preformados proceden de triglicéridos transportados en quilomicrones y lipoproteínas de muy baja densidad, de origen mayoritariamente intestinal, o son ácidos grasos no esterificados movilizados desde el tejido adiposo.

La cantidad mínima de grasa en la dieta de cabras lecheras se ha estimado en 1g·kg⁻¹ de peso vivo (Morand-Fehr y Sauvant, 1980); cantidades inferiores reducen la producción de leche y el contenido y la producción de grasa (Bender y Maynard, 1932; Delage y Fehr, 1967). Maynard y McCay (1929) observaron en vacas que el consumo de una dieta con menos de 3% de grasa re-

ducía la producción de leche y grasa pero no el contenido de ésta. Doreau y Chilliard (1992) señalaron que el aumento del porcentaje de grasa de la leche en vacas es más acentuado cuando se añaden fuentes de grasa a dietas con menos de 2% de grasa.

Los objetivos que se persiguen cuando se incrementa el contenido lipídico de la dieta de los rumiantes pueden ser: 1) aumentar la concentración energética para mejorar la cobertura de las necesidades en situaciones de elevada producción, 2) reducir el riesgo de acidosis ruminal y el descenso de la grasa láctea en las dietas pobres en forraje, o 3) modificar el tipo y cantidad de ácidos

PALABRAS CLAVE / Alimentación / Cabras / Grasa / Leche / Ovejas / Vacas /

Recibido: 31/10/2009. Modificado: 03/09/2010. Aceptado: 06/09/2010.

Andrés L. Martínez Marín. Veterinario Zootecnista. Profesor, Universidad de Córdoba, (UCO), España. Dirección: Departamento de Producción Animal, UCO, Campus Rabanales. Carretera Madrid-Cádiz, km. 396, 14071 Córdoba. España. e-mail: palmartm@uco.es

Manuel Pérez Hernández. Doctor en Veterinaria. Catedrático, UCO, España.

Luis Pérez Alba. Doctor en Veterinaria. Profesor, UCO, España.

Gustavo Gómez Castro. Doctor en Veterinaria. Catedrático, UCO, España.

Ana I. Garzón Síglér. Doctora en Veterinaria. Profesora, UCO, España.

grasos que pueden ser absorbidos (Chilliard y Ollier, 1994). Una de las razones de mayor relevancia para la inclusión de fuentes de grasa en las dietas de los rumiantes es el efecto que tienen sobre el contenido de ácidos grasos de sus productos, debido al interés que han adquirido los beneficios o perjuicios derivados del consumo de alimentos en función de los nutrientes que contienen (Arihara, 2006). Sin embargo, existen factores que limitan la inclusión de fuentes de grasa en la dieta como los efectos negativos sobre la digestión ruminal, la capacidad de absorción y utilización de los ácidos grasos, y la reducción del consumo de materia seca (Palmquist, 1994). Estos efectos tienen repercusión directa sobre la producción de leche y el contenido y la producción de grasa láctea.

En el presente trabajo se examina el efecto que la inclusión de fuentes de grasa en la dieta de las hembras rumiantes domésticas tiene sobre el contenido y la producción de grasa láctea, con especial atención a diferencias interespecíficas.

Fuentes de grasa, y contenido y producción de grasa láctea en vacas

Con datos de 49 trabajos de investigación en vacas, Palmquist *et al.* (1993) encontraron que, en situaciones de fermentación ruminal no alterada, el porcentaje graso de la leche aumenta linealmente con la cantidad consumida de grasa. Doreau y Chilliard (1992) señalaron que el efecto de las fuentes de grasa incluidas en la dieta sobre el contenido graso de la leche depende del impacto sobre la digestión ruminal, el cual se relaciona a su vez con la protección frente a los microorganismos ruminales, grado de insaturación y procesado. La influencia de dichos factores se pone de relieve en los datos presentados en la Tabla I a partir de las revisiones de Chilliard *et al.* (1993, 2001b), Chilliard y Ollier (1994) y Schroeder *et al.* (2004).

En conjunto, la inclusión en la dieta de fuentes de grasa protegidas (encapsuladas y jabones cálcicos) aumenta la producción de grasa láctea, en tanto que el efecto sobre el contenido es diferente entre ellas debido a la distinta repercusión sobre la producción lechera. El efecto sobre el contenido es menos marcado con las grasas encapsuladas y la sal cálcica de aceite de palma por el efecto de dilución ya que aumentan la producción lechera y los aceites encapsulados no.

Por el contrario, la inclusión en la dieta de fuentes de grasa

TABLA I
EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE GRASA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y EL CONTENIDO Y LA PRODUCCIÓN DE GRASA LÁCTEA EN VACAS ‡

	Grasa extra consumida (g/día)	Leche (kg/día)	Grasa láctea (g/kg)	Grasa láctea (g/día)
Por presentación y origen ¹				
Grasas animales libres (22)	688	+0,5	-1,4	-18
Grasas animales encapsuladas (26)	941	+1,0*	+4,0*	+143*
Jabones cálcicos de palma (29)	593	+0,9*	+0,4	+47*
Semillas oleaginosas (34)	538	+0,3	-0,9*	-18
Aceites vegetales libres (8)	573	-0,6	-2,8*	-74*
Aceites vegetales encapsulados (26)	693	0,0	+6,4*	+120*
Aceites marinos (27)	305	+0,2	-9,1*	-208*
Por grado de insaturación ²				
Saturadas (17)	nd	+1,08*	+1,8*	+76*
Insaturadas (8)	nd	+0,73*	-3,5*	-31

‡ Expresado como la diferencia respecto al grupo control. Entre paréntesis número de observaciones.

* Diferencias significativas (P<0,05); nd: no disponible.

¹ A partir de Chilliard *et al.* (1993), Chilliard y Ollier (1994) y Chilliard *et al.* (2001b).

² A partir de Schroeder *et al.* (2004).

no protegidas (grasa animal, aceites vegetales y marinos y semillas oleaginosas) reduce el contenido y la producción de grasa láctea, aunque la intensidad del efecto varía con el tipo. Las grasas animales y las semillas oleaginosas tienden a reducir la producción de grasa pero únicamente las semillas reducen significativamente el contenido. Los resultados observados en el caso de las semillas oleaginosas son, no obstante, variables dependiendo del procesado y, en menor medida, del grado de insaturación. Por ejemplo, aunque no en todos los casos (Schingoethe *et al.*, 1996; Egger *et al.*, 2007), las semillas oleaginosas extrusionadas suelen reducir el porcentaje de grasa de la leche (Focant *et al.*, 1998; Bayourthe *et al.*, 2000; Gonthier *et al.*, 2005) debido probablemente a una mayor exposición del aceite a los microorganismos ruminales; dicho efecto se ha observado cuando las semillas se suministran sin procesar o con otros procesados (Liu *et al.*, 2008) pero parece ser menos frecuente (Kenelly, 1996; Mustafa *et al.*, 2003; Collomb *et al.*, 2004). En cuanto al grado de insaturación, Casper *et al.* (1988) y Ortiz *et al.* (1998) observaron que la semilla de girasol de la variedad alto oleico no afectó al porcentaje de grasa de la leche a diferencia de la semilla de girasol normal que lo redujo 0,71 y 0,31 puntos, respectivamente.

La inclusión en la dieta de aceites vegetales y marinos afecta negativamente al contenido y la producción de grasa láctea de manera significativa pero el efecto es mucho más acentuado en los segundos. Zheng *et al.* (2005) observaron que el efecto de la inclusión de cantidades iguales de aceites vegetales

sobre el porcentaje de grasa láctea varió respecto a la dieta control en función del grado de insaturación: el aceite de algodón tuvo un efecto nulo (3,34%) mientras que el aceite de soja lo redujo más que el de maíz (3,05 vs 3,18%). Respecto a las grasas de origen marino, trabajos como los de Chilliard y Doreau (1997), Lacasse *et al.* (2002) y Castañeda-Gutiérrez *et al.* (2007) indican que el efecto negativo de los aceites marinos, aunque diferente en grado, es independiente de la vía de administración (ruminal o abomasal) y forma de presentación (libre, sales cálcicas, encapsulado), lo que sugiere que ejercen su efecto tanto a nivel ruminal como metabólico.

Los estudios indican que los efectos de las fuentes de grasa no protegidas sobre el contenido y la producción de grasa láctea también pueden relacionarse con la cantidad aportada en la dieta y el tipo de forraje mayoritario en la misma. Respecto a la cantidad incluida en la dieta, trabajos como los de Dhiman *et al.* (2000) y Flowers *et al.* (2008) sugieren que existe un valor máximo que puede ser alcanzado sin afectar negativamente al contenido y producción de grasa láctea. Ambos grupos de autores observaron un incremento cuadrático en el porcentaje de grasa de la leche en respuesta a la inclusión de cantidades crecientes de aceites vegetales en la dieta. Dhiman *et al.* (2000) relacionaron este hecho con la existencia de un límite en la capacidad de los microorganismos ruminales para hidrogenar el aceite presente en el rumen. En cuanto al efecto del tipo de forraje, Smith y Harris (1992) señalaron que el efecto negativo de las fuentes de grasa no protegidas so-

bre el contenido de grasa láctea reseñado en la bibliografía es más común en las dietas basadas en ensilado de maíz y se atenúa cuando todo o parte de este es reemplazado por otro forraje, especialmente heno de alfalfa, con excepción de la inclusión de soja extrusionada en la dieta (Tabla II). Con este planteamiento, Staples (2006) propuso que la inclusión máxima de fuentes de grasa no protegidas en la dieta debería estimarse en función del grado de insaturación de aquellas y el porcentaje de fibra ácidodetergente o neutrodetergente de la dieta, corrigiendo a la baja en el caso de dietas basadas en ensilado de maíz.

Fuentes de grasa, y contenido y producción de grasa láctea en ovejas y cabras

A diferencia de los resultados observados en vacas, las revisiones de Bocquier y Caja (2001), Chilliard *et al.* (2003) y Pulina *et al.* (2006) muestran que la adición de fuentes de grasa de distinto tipo y origen (grasas animales, aceites vegetales, semillas oleaginosas procesadas o enteras, jabones cálcicos) a la dieta de cabras y ovejas aumenta el contenido y la producción de grasa láctea en la mayoría de las ocasiones. El incremento es más acentuado en la oveja que en la cabra y en tal sentido se reporta que la inclusión de semillas oleaginosas en la dieta ocasiona un aumento del contenido graso de la leche de 3,7g/kg en la cabra y 16,6g/kg en la oveja (Schmidely y Sauvant, 2001).

Los resultados de algunos trabajos experimentales se exponen en la Tabla III. Tanto en ovejas (Rotunno *et al.*, 1998; Casals *et al.*, 2006) como en cabras (Teh *et al.*, 1994; Brown-Crowder *et al.*, 2001), el porcentaje de grasa de la leche aumentó linealmente en respuesta a la inclusión de niveles crecientes de la fuente de grasa en la dieta. Salvo en el caso de los aceites de origen marino, los resultados negativos observados en ovejas cuando se suministraron fuentes de grasa no protegidas podrían achacarse a una inadecuada cantidad de fibra física de la dieta. Sin embargo, el trabajo de Mele *et al.* (2006) no apoya

TABLA II
EFECTO DE LA FUENTE DE GRASA Y EL TIPO DE FORRAJE MAYORITARIO EN LA DIETA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y EL CONTENIDO DE GRASA LÁCTEA EN VACAS^{†‡}

	Inclusión en la dieta (% MS)	Leche (kg/día)	Grasa (g/kg)
Semilla de soja			
Ensilado de maíz (5)	12	+0,9	-3,3
Ensilado de maíz y heno de alfalfa (6)	17	+2,2*	-2,1
Ensilado de maíz y ensilado de alfalfa (2)	18	+1,1	+1,3
Ensilado o henolado de alfalfa (5)	16	+3,1*	+0,8
Semilla de algodón			
Ensilado de maíz (15)	16	0,0	-2,1*
Heno de alfalfa (11)	17	+0,1	+3,9*
Ensilado de maíz y heno bermuda (1)	15	+0,4	+4,1*
Ensilado de maíz y heno de alfalfa (4)	19	+0,2	+2,9
Sebo o grasa técnica			
Ensilado de maíz (1)	5,0	-2,4	-6,7
Ensilado de maíz y heno de alfalfa (6)	4,5	+0,4	-1,0
Heno de alfalfa (4)	3,1	+1,8	-0,7
Henolado de alfalfa (2)	5,0	+0,7	+3,1
Ensilado de rye-grass (6)	5,4	+1,1*	+3,7*

[†] Expresado como la diferencia respecto al grupo control. Entre paréntesis número de observaciones.

[‡] A partir de Smith y Harris (1992).

* Diferencias significativas (P<0,05).

este supuesto ya que no se observó efecto del porcentaje de forraje (75 ó 60%) sobre el contenido o la producción de grasa láctea; de hecho, la proporción de forraje en la dieta fue algo mayor (78%) en el trabajo de Zhang *et al.* (2006) y menor (48%) en el trabajo de Appeddu *et al.* (2004). De acuerdo con Pulina *et al.* (2006), la oveja es menos sensible al descenso de la grasa láctea que la vaca porque es capaz de rumiar y mantener una función ruminal normal incluso cuando las dietas tienen una estructura física mermada. La situación sería similar en la cabra (Sanz Sampelayo *et al.*, 1998; Bava *et al.*, 2001).

En cuanto a la interacción de la fuente de grasa con el tipo de forraje, Chilliard y Ferlay (2004) señalaron que el incremento del contenido y la producción de grasa láctea en cabras fue menor cuando se incluyó aceite de lino o girasol alto oleico en dietas para cabras basadas en ensilado de maíz frente a otras con heno de alfalfa (1,5 y 9,5g/d vs 6,3 y 20,5g/d, respectivamente). Reynolds *et al.* (2006) observaron en ovejas que el contenido graso tendía a incrementarse cuando 3% de una combinación 2:1 de aceite de soja y algas era incluido en una dieta basada en henolado de alfalfa, pero tendía a decrecer cuando el forraje era ensilado de maíz (+13,8 vs -11,7g/kg, respectivamente); sin embargo, la producción de grasa no se vio afectada.

La magnitud del aumento del contenido y la producción de gra-

sa láctea cuando se incluye una fuente de grasa en la dieta de ovejas varía con el estado de lactación. En general, es cuantitativamente mayor cuando la fuente de grasa se incluye en la dieta al comienzo de la lactación que al final de la misma: 2,2 ±1,2g/kg y 46 ±21g/día vs 1,4 ±0,9g/kg y 9,5 ±6,4g/día (Pérez-Alba *et al.*, 1997; Casals *et al.*, 1999, 2006). Las diferencias no están tan claras en cabras; de hecho, la mayor respuesta se ha observado en experiencias realizadas en la fase final de la lactación (1,0 ±0,2g/kg y 27 ±12g/día; Mir *et al.*, 1999; Rapetti *et al.*, 2002; Bernard *et al.*, 2005) frente a las llevadas a cabo al comienzo de la misma (0,6 ±0,1g/kg y 26 ±8g/día;

Teh *et al.*, 1994; Brown-Crowder *et al.*, 2001; Bouattour *et al.*, 2008). En cuanto a la eficacia, Chilliard *et al.* (2003) calcularon que la relación entre la grasa añadida a la dieta y el aumento de la producción de grasa láctea en cabras era 38 y 15% al comienzo y mitad de la lactación, respectivamente. Schmidely y Sauvant (2001) señalaron que la diferente respuesta observada al avanzar la lactación podría interpretarse como una mayor eficacia de transferencia de los ácidos grasos alimentarios a la glándula mamaria al comienzo de la lactación y/o una mayor eficacia de transferencia al tejido adiposo a partir de la mitad de la lactación con objeto de reconstituir las reservas corporales.

Diferencias entre especies

La reducción del contenido y la producción de grasa láctea cuando se añaden fuentes de grasa no protegida a la dieta de vacas se ha relacionado con la reducción del consumo de materia orgánica fermentable (Chilliard y Ferlay, 2004) o la depresión de la digestión ruminal de las paredes celulares (Palmquist y Jenkins, 1980). En ambos casos se reduce la disponibilidad de acetato y betahidroxibutirato para la síntesis de novo de ácidos grasos en la glándula mamaria (Chilliard *et al.*, 2001a). Otras causas propuestas para justificar los efectos negativos observados en respuesta a la inclusión de fuentes de grasa en la

dieta de vacas han sido: 1) inhibición de la actividad de la acetil-CoA carboxilasa mamaria por los ácidos grasos preformados o los ésteres acil-CoA (Vernon y Flint, 1988); 2) ineficiente incorporación de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI; Hansen y Knudsen, 1987a) y los isómeros trans (Gaynor *et al.*, 1994) durante la acilación del glicerol; 3) captación mamaria reducida de los ácidos grasos de cadena larga en presencia de AGPI de 20 y 22 carbonos, posiblemente debida a la inhibición de la lipoproteinlipasa (Storry *et al.*, 1974); 4) competencia por el lugar de acilación en el glicerol (Hansen y Knudsen, 1987b; DePeters *et al.*, 2001).

Glasser *et al.* (2007) sugirieron que la secreción láctea de ácidos grasos de 4 a 16 carbonos y de 18 carbonos podría estar limitada, respectivamente, por la disponibilidad de ácidos grasos de 18 carbonos para la acilación inicial del glicerol en las dietas pobres en lípidos (<3%), y por la escasez de ácidos grasos de 4 a 16 carbonos en las dietas con alto porcentaje de grasa (3-6%) por el efecto combinado de la menor digestión ruminal y la inhibición de la síntesis *de novo* debida a los ácidos grasos de cadena larga. Estos autores encontraron una relación positiva entre la cantidad de ácidos grasos de 4 a 16 carbonos de la leche y los indicadores de ingestión y digestión ruminal (p. ej., ingestión y tasa de digestión de FND y FAD), y negativamente con el flujo de ácido linoleico conjugado al duodeno.

Gaynor *et al.* (1994), Wonsil *et al.* (1994) y Kalscheur *et al.* (1997) relacionaron la reducción del porcentaje de grasa de la leche de vacas con el incremento de isómeros C18:1trans en el flujo duodenal (por encima de 120g/

TABLA III
EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE GRASA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y EL CONTENIDO Y LA PRODUCCIÓN DE GRASA LÁCTEA EN OVEJAS Y CABRAS ‡

	Inclusión en la dieta (% MS)	Leche (kg/día)	Grasa (g/kg)	Grasa (g/día)
Ovejas				
Sebo hidrogenado ¹	3,1	-0,3	-2,0	-33
Aceite de soja ²	6,0	-0,0	-3,2	+4
Aceite de soja ³	5,0	+0,2*	-13,0*	+5*
Aceite de soja (forraje 75%) ⁴	4,0	+0,0*	+0,6	+6*
Aceite de soja (forraje 60%) ⁴	4,0	+0,0*	+0,5	+8*
Aceite de oliva ⁵	6,0	+0,2*	-1,2	+15
Aceite de girasol ⁶	6,0	+0,1	+4,8*	+17
Semilla de girasol ⁷	5,9	-0,0	-2,6*	-6*
Semilla de lino ⁷	6,7	+0,1*	-1,5	+5
Sal cálcica de aceite de palma ⁸	4,2	-0,0	+23,9*	+22*
Sal cálcica de aceite de oliva ⁹	2,4	-0,0	+6,3*	nd
Sal cálcica de aceite de oliva ¹⁰	7,0	+0,2	+3,2	+17
Aceite de pescado encapsulado ¹¹	2,0	-0,0	+3,0	nd
Aceite de algas libre ¹²	1,5	-0,9	-0,1	-75
Cabras				
Sebo hidrogenado parcialmente ¹	4,5	+0,6*	+5,4*	+30*
Aceite de colza ²	2,2	+0,2	+9,2*	nd
Aceite de soja ³	2,5	-0,1	+6,7*	+9*
Aceite de soja ⁴	4,5	-0,5	+0,7	-15,9
Aceite de girasol ⁵	3,4	+0,3	+5,2*	nd
Aceite de girasol alto oleico ⁶	3,6	-0,1	+7,4*	+13*
Aceite de lino ⁵	3,4	+0,3	+3,1*	nd
Aceite de algodón ⁷	5,0	-0,1*	+11,0*	nd
Semilla de girasol ⁵	6,9	+0,3	+5,8*	nd
Semilla de soja ⁵	15,5	+0,5	+4,1*	nd
Semilla de soja ⁴	22,4	-0,7*	-3,9	-33,7*
Semilla de lino ⁵	8,9	+0,1	+6,0*	nd
Semilla de lino protegida ⁶	11,2	-0,2*	+6,6*	+6*
Sal cálcica de aceite de palma ⁸	4,7	-0,1	+10,2*	+35*
Sal cálcica de aceite de palma ⁴	5,1	-0,4	+0,9	-14,3
Sal cálcica de aceite de pescado ⁹	4,5	+0,0	+1,2	+4
Aceite de pescado encapsulado ¹⁰	3,0	-0,1	-0,8	-6
Aceite de pescado ¹⁰	3,0	-0,5*	+1,8	-26*

‡ Expresado como la diferencia respecto al grupo control.

* Diferencias significativas P<0,05; nd: no disponible.

Referencias: Ovejas: ¹Appeddu *et al.* (2004), ²Gómez-Cortés *et al.* (2008a), ³Zervas *et al.* (1998), ⁴Mele *et al.* (2006), ⁵Gómez-Cortés *et al.* (2008b), ⁶Hervás *et al.* (2008), ⁷Zhang *et al.* (2006), ⁸Casals *et al.* (2006), ⁹Antongiovanni *et al.* (2002), ¹⁰Pérez-Alba *et al.* (1997), ¹¹Kitessa *et al.* (2003), ¹²Reynolds *et al.* (2006). Cabras: ¹Brown-Crowder *et al.* (2001), ²Mir *et al.* (1999), ³Bouattour *et al.* (2008), ⁴Silva *et al.* (2007), ⁵Chilliard *et al.* (2003), ⁶Bernard *et al.* (2005), ⁷Fernandes *et al.* (2008), ⁸Rapetti *et al.* (2002), ⁹Sanz Sampelayo *et al.* (2002), ¹⁰Kitessa *et al.* (2001).

día) y la leche (más de 5,8% de isómeros en el total de ácidos grasos). Griinari *et al.* (1998) indicaron que el descenso de la grasa láctea no debía achacarse a todos los isómeros C18:1trans y concluyeron que el C18:1trans-10 era el responsable más probable. Posteriormente, Lock *et al.* (2007) demostraron que el isómero C18:1trans-10 no tuvo ningún efecto cuando se administró por infusión abomasal en cantidad de 40g/día, dosis algo mayor que la reportada en experimentos en que se observó disminución de la grasa láctea (30g/día).

Bauman y Griinari (2001) propusieron que el descenso de la grasa

láctea observado en vacas que consumen cierto tipo de dietas (pobres en fibra y ricas en cereales y/o que incluyen fuentes de grasa rica en AGPI) se relaciona con una alteración de la biohidrogenación ruminal resultando en la producción ruminal de C18:2trans-10,cis-12. Baumgard *et al.* (2001) y Lock *et al.* (2007) demostraron que dicho isómero del ácido linoleico tiene un potente efecto depresor de la síntesis de grasa láctea cuando alcanza valores de 3,5 y 4g/día en el flujo duodenal. De acuerdo con la revisión de Rulquin *et al.* (2007), el descenso del contenido graso de la leche es lineal y del orden de 1,5g/kg por g de C18:2trans-10,cis-12 para un flujo duodenal comprendido entre 0 y 10g/día. Otros isómeros a los que se atribuye el mismo efecto son C18:2trans-9,cis-11 (Perfield *et al.*, 2007), C18:2cis-10,trans-12 (Shingfield y Griinari, 2007) y C18:2trans-7,cis-9 (Kadegowda *et al.*, 2008). Se ha observado que los isómeros de ácido linoléico con un doble enlace en el carbono 10 afectan negativamente la síntesis *de novo* de ácidos grasos por inhibición de las enzimas acetil-CoA carboxilasa y sintetasa de

ácidos grasos (Matitashvili y Bauman, 2000; Baumgard *et al.*, 2002). También reducen la captación de ácidos grasos preformados del plasma por inhibición de la actividad de la lipoproteinlipasa (Baumgard *et al.*, 2001) e inhiben la actividad de la delta-9-desaturasa (Perfield *et al.*, 2006).

En ovejas y cabras, Sanz Sampelayo *et al.* (2007) señalaron que la mayor velocidad de tránsito ruminal característica de estas especies podría atenuar el efecto negativo de las fuentes de grasa sobre la digestión ruminal, y la consecuente reducción de la producción de precursores para la síntesis *de novo* en la ubre, o bien, de acuerdo con Chilliard

et al. (2003), reduciría el efecto de los ácidos grasos sobre la producción de metabolitos ruminales que afectan negativamente a la lipogénesis mamaria. En ambos casos se justificaría la ausencia de efectos negativos sobre la grasa láctea cuando se incluyen de fuentes de grasa en la dieta de los pequeños rumiantes.

En ovejas, la administración de 2,4g/día de C18:2trans-10,cis-12 encapsulado redujo el porcentaje (de 6,4 a 4,9%) y la producción de grasa (de 95 a 80g/día), y ello se relacionó con la reducción de la síntesis *de novo* y la captación de ácidos grasos preformados de manera similar a lo que ocurre en vacas lecheras (Lock *et al.*, 2006). Sin embargo, Mele *et al.* (2006) y Gómez-Cortés *et al.* (2008a) no observaron reducción del porcentaje de grasa láctea en ovejas, a pesar de que ocurrió un importante aumento del contenido de C18:2trans-10,cis-12 en la leche en respuesta a la inclusión de aceite de soja en la dieta (183 y 800% respecto a la dieta control).

En cabras, Andrade y Schmidely (2006) no observaron efectos negativos sobre el contenido y la producción de grasa láctea en respuesta a la infusión duodenal de 2g/día de C18:2trans-10,cis-12, achacándose a que no ocurrió reducción de la síntesis *de novo* de ácidos grasos de cadena media y corta. En la leche de cabras alimentadas con dietas basadas en ensilado de maíz que incluyeron aceite de lino o aceite de girasol alto oleico se encontró un porcentaje de C18:1trans-10 diez veces mayor que en la leche de las cabras que consumieron la dieta control, sin que por ello se afectara el contenido y la producción de grasa láctea (Chilliard y Ferlay, 2004).

Conclusiones

El efecto de la inclusión de fuentes de grasa en la dieta sobre el contenido y la producción de grasa láctea es diferente en vacas que en ovejas y cabras, con excepción de los aceites marinos libres cuyo efecto negativo es común en las tres especies. En vacas, el contenido y la producción de grasa láctea aumentan en respuesta a la inclusión de fuentes de grasa protegidas en la ración. La respuesta a las fuentes de grasa no protegidas depende del grado de insaturación y las características de la dieta por el efecto de ambos factores sobre la producción ruminal de precursores para la síntesis de ácidos grasos en la ubre y metabolitos depresores de ésta. Por el contrario, la inclusión de fuentes de grasa en la dieta de ovejas y cabras tiene un efecto positivo sobre ambos parámetros, que es más marcado en las primeras, y

está poco influido por las características de la dieta. La disparidad de resultados entre especies sugiere diferencias digestivas y, probablemente, metabólicas, requiriéndose más investigaciones para identificar las causas.

REFERENCIAS

- Andrade PVD, Schmidely P (2006) Effect of duodenal infusion of trans10,cis12-CLA on milk performance and milk fatty acid profile in dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with rolled canola seed. *Repr. Nutr. Dev.* 46: 31-48.
- Antongiovanni M, Secchiari P, Mele M, Buccioni A, Serra A, Ferruzzi G, Rapaccini S, Pistoia A (2002) Olive oil calcium soaps and rumen protected methionine in the diet of lactating ewes: effect on milk quality. *Ital. J. Anim. Sci.* 1: 55-63.
- Appeddu LA, Ely DG, Aaron DK, Deweese WP, Fink E (2004) Effects of supplementing with calcium salts of palm oil fatty acids or hydrogenated tallow on ewe milk production and twin lamb growth. *J. Anim. Sci.* 82: 2780-2789.
- Arihara K (2006) Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci.* 74: 219-229.
- Bauman DE, Griinari JM (2001) Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livest. Prod. Sci.* 70: 15-29.
- Baumgard LH, Sangster JK, Bauman DE (2001) Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Nutr.* 131: 1764-1769.
- Baumgard LH, Matitashvili E, Corl BA, Dwyer DA, Bauman DE (2002) Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85: 215-2163.
- Bava L, Rapetti L, Crovetto GM, Tamburini A, Sandrucci A, Galassi G, Succi G (2001) Effects of a nonforage diet on milk production, energy, and nitrogen metabolism in dairy goats throughout lactation. *J. Dairy Sci.* 84: 2450-2459.
- Bayourthe C, Enjalbert F, Moncoulon R (2000) Effects of different forms of canola oil fatty acids plus canola meal on milk composition and physical properties of butter. *J. Dairy Sci.* 83: 690-696.
- Bender RC, Maynard LA (1932) Fat metabolism in the lactating goat. *J. Dairy Sci.* 15: 242-253.
- Bernard L, Rouel J, Leroux C, Ferlay A, Faulconnier Y, Legrand P, Chilliard Y (2005) Mammary lipid metabolism and milk fatty acid secretion in alpine goats fed vegetable lipids. *J. Dairy Sci.* 88: 1478-1489.
- Bocquier F, Caja G (2001) Production et composition du lait de brebis: effets de l'alimentation. *INRA Prod. Anim.* 14: 129-140.
- Bouattour MA, Casals R, Albanell E, Such X, Caja G (2008) Feeding soybean oil to dairy goats increases conjugated linoleic acid in milk. *J. Dairy Sci.* 91: 2399-2407.
- Brown-Crowder IE, Hart SP, Cameron M, Sahlu T, Goetsch AL (2001) Effects of dietary tallow level on performance of Alpine does in early lactation. *Small Rum. Res.* 39: 233-241

- Casals RG, Caja G, Pol MV, Such X, Albanell E, Gargouri A, Casellas J (2006) Response of lactating dairy ewes to various levels of dietary calcium soaps of fatty acids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 312-332.
- Casals RG, Caja G, Such X, Torre C, Calsamiglia S (1999) Effects of calcium soaps and rumen undegradable protein on the milk production and composition of dairy ewes. *J. Dairy Res.* 66: 177-191.
- Casper DP, Schingoethe DJ, Middaugh RP, Baer RJ (1988) Lactational responses of dairy cows to diets containing regular and high oleic acid sunflower seeds. *J. Dairy Sci.* 71: 1267-1274.
- Castañeda-Gutiérrez E, de Veth MJ, Lock AL, Dwyer DA, Murphy KD, Bauman DE (2007) Effect of supplementation with calcium salts of fish oil on n-3 fatty acids in milk fat. *J. Dairy Sci.* 90: 4149-4156.
- Chilliard Y, Doreau M (1997) Effects of ruminal or post-ruminal fish oil supply on cows milk yield and composition. *Reprod. Nutr. Dev.* 37: 338-339.
- Chilliard Y, Ferlay A (2004) Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Dev.* 44: 467-492.
- Chilliard Y, Ollier A (1994) Alimentation lipidique et métabolisme du tissu adipeux chez les ruminants. Comparaison avec le porc et les rongeurs. *INRA Prod. Anim.* 7: 293-308.
- Chilliard Y, Doreau M, Gagliostro G, Elmeddah Y (1993) Addition de lipides protégés (encapsulés ou savons de calcium) à la ration de vaches laitières. Effets sur les performances et la composition du lait. *INRA Prod. Anim.* 6: 139-150.
- Chilliard Y, Ferlay A, Doreau M (2001a) Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières: acides gras trans, polyinsaturés, acide linoléique conjugué. *INRA Prod. Anim.* 14: 323-335.
- Chilliard Y, Ferlay A, Doreau M (2001b) Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70: 31-48.
- Chilliard Y, Ferlay A, Rouel J, Lamberet G (2003) A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86: 1751-1770.
- Collomb M, Sollberger H, Bütkofer U, Sieber R, Stoll W, Schaeren W (2004) Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflowerseed on the fatty acid composition of milk fat. *Int. Dairy J.* 14: 549-559.
- Delage J, Morand-Fehr PM (1967) Influence des lipides alimentaires sur la sécrétion des acides gras par la mamelle de chèvre. I. Influence de la teneur du régime en lipides sur le taux butyreux du lait et sa composition en acides gras. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 7: 437-444.
- DePeters J, German JB, Taylor SJ, Essex ST, Perez-Monti H (2001) Fatty acid and triglyceride composition of milk fat from lactating Holstein cows in response to supplemental canola oil. *J. Dairy Sci.* 84: 929-936.
- Dhiman TR, Satter LD, Pariza MW, Galli MP, Albright K, Tolosa MX (2000) Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Sci.* 83: 1016-1027.

- Doreau M, Chilliard Y (1992) Influence d'une supplémentation de la ration en lipides sur la qualité du lait chez la vache. *INRA Prod. Anim.* 5: 103-111.
- Egger P, Holzer G, Segato S, Werth E, Schwienbacher F, Peratoner G, Andrighetto I, Kasal A (2007) Effects of oilseed supplements on milk production and quality in dairy cows fed a hay-based diet. *Ital. J. Anim. Sci.* 6: 395-405.
- Fernandes MF, Ramos RC, Nunes de Medeiros A, Costa RG, Delmondes MA, Amorim A (2008) Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girasol. *R. Bras. Zootec.* 37: 703-710.
- Flowers G, Ibrahim SA, AbuGhazaleh AA (2008) Milk fatty acid composition of grazing dairy cows when supplemented with linseed oil. *J. Dairy Sci.* 91: 722-730.
- Focant M, Mignolet EN, Marique M, Clabots F, Breyne T, Dalemans D, Larondelle Y (1998) The effect of vitamin E supplementation of cow diets containing rapeseed and linseed on the prevention of milk fat oxidation. *J. Dairy Sci.* 81: 1095-1101.
- Gaynor PJ, Erdman RA, Teter BB, Sampugna J, Capuco AV, Waldo DR, Hamosh M (1994) Milk fat yield and composition during abomasal infusion of cis or trans octadecenoates in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77: 157-165.
- Glasser F, Doreau M, Ferlay A, Looor JJ, Chilliard Y (2007) Milk fatty acids: mammary synthesis could limit transfer from duodenum in cows. *Eur. J. Lipid Technol.* 109: 817-827.
- Gómez-Cortés P, Frutos P, Mantecón AR, Juárez M, de la Fuente MA, Hervás G (2008a) Milk production, conjugated linoleic acid content, and in vitro ruminal fermentation in response to high levels of soybean oil in dairy ewe diet. *J. Dairy Sci.* 91: 1560-1569.
- Gómez-Cortés P, Frutos P, Mantecón AR, Juárez M, de la Fuente MA, Hervás G (2008b) Addition of olive oil to dairy ewe diets: effect on milk fatty acid profile and animal performance. *J. Dairy Sci.* 91: 3119-3127.
- Gonthier C, Mustafa AF, Ouellet DR, Chouinard PY, Berthiaume R, Petit HV (2005) Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: Effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 88: 748-756.
- Griinari JM, Dwyer DA, McGuire MA, Bauman DE, Palmquist DL, Nurmela VV (1998) Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1251-1261.
- Hansen HO, Knudsen J (1987a) Effect of exogenous long-chain fatty acids on lipid biosynthesis in dispersed ruminant mammary gland cells: esterification of long-chain exogenous fatty acids. *J. Dairy Sci.* 70: 1344-1349.
- Hansen HO, Knudsen J (1987b) Effect of exogenous long-chain fatty acids on individual fatty acid synthesis by dispersed ruminant mammary gland cells. *J. Dairy Sci.* 70: 1350-1354.
- Hervás G, Luna P, Mantecón AR, Castañares N, de la Fuente MA, Juárez M, Frutos P (2008) Effect of diet supplementation with sunflower oil in milk production, fatty acid profile and ruminal fermentation in lactating dairy ewes. *J. Dairy Res.* 75: 399-405.
- Jennes R (1980) Composition and characteristics of goat milk: Review 1968-1979. *J. Dairy Sci.* 63: 1605-1630.
- Jensen RG, Ferris AM, Lammi-Keefe C (1991) The composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74: 3228-3243.
- Kadegowda AKG, Piperova LS, Erdman RA (2008) Principal component and multivariate analysis of milk long-chain fatty acid composition during diet-induced milk fat depression. *J. Dairy Sci.* 91: 749-759.
- Kalscheur KF, Teter BB, Piperova LS, Erdman RA (1997) Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 2104-2114.
- Kennelly JJ (1996) The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60: 137-152.
- Kitessa SM, Gulati SK, Ashes JR, Fleck E, Scott TW, Nichols PD (2001) Utilisation of fish oil in ruminants II. Transfer of fish oil fatty acids into goat's milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89: 201-208.
- Kitessa SM, Peake D, Bencini R, Williams AJ (2003) Utilisation of fish oil in ruminants III. Transfer of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) from tuna oil into sheep's milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108: 1-14.
- Lacasse P, Kenelly JJ, Delbecchi L, Ahnadi CE (2002) Addition of protected and unprotected fish oil to diets for dairy cows. I. Effects on the yield, composition and taste of milk. *J. Dairy Res.* 69: 511-520.
- Liu ZL, Yang DP, Chen P, Lin SB, Jiang XY, Zhao WS, Li J, Dong WX (2008) Effect of dietary sources of roasted oilseeds on blood parameters and milk fatty acid composition. *Czech J. Anim. Sci.* 53: 219-226.
- Lock AL, Teles BM, Perfield JW, Bauman DE, Sinclair LA (2006) A conjugated linoleic acid supplement containing trans-10, cis-12 reduces milk fat synthesis in lactating sheep. *J. Dairy Sci.* 89: 1525-1532.
- Lock AL, Tyburczy C, Dwyer DA, Harvatine KJ, Destailats F, Mouloungui Z, Candy L, Bauman DE (2007) Trans-10 octadecenoic acid does not reduce milk fat synthesis in dairy cows. *J. Nutr.* 137: 71-76.
- Matitashvili E, Bauman DE (2000) Effect of different isomers of C18:1 and C18:2 fatty acids on lipogenesis in bovine mammary epithelial cells. *J. Dairy Sci.* 83 (Suppl. 1): 165.
- Maynard LA, McMcahey CA (1929) The influence of a low-fat diet upon fat metabolism during lactation. *J. Nutr.* 2: 67-81.
- Mele M, Buccioni A, Petachi F, Serra A, Banni S, Antongiovanni M, Secchiari P (2006) Effect of forage/concentrate ratio and soybean oil supplementation on milk yield, and composition from Sarda ewes. *Anim. Res.* 55: 273-285.
- Mir Z, Goonewardene LA, Okine E, Jaegar S, Scheer HD (1999) Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Rumin. Res.* 33: 137-143.
- Morand-Fehr PM, Sauvart D (1980) Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. *J. Dairy Sci.* 63: 1671-1680.
- Mustafa AF, Chouinard PY, Christensen DA (2003) Effects of feeding micronised flaxseed on yield and composition of milk from Holstein cows. *J. Sci. Food Agric.* 83: 920-926.
- Ortiz V, Gómez-Cabrera A, Mena Y (1998) Utilización de la semilla de girasol (normal y alta en ácido oleico) en la alimentación de vacas. *Inv. Agric: Prod. San. Anim.* 13: 5-12.
- Palmquist DL (1994) The role of dietary fats in efficiency of ruminants. *J. Nutr.* 124: 1377S-1382S.
- Palmquist DL, Jenkins TC (1980) Fat in lactation rations: Review. *J. Dairy Sci.* 63: 1-14.
- Palmquist DL, Beaulieu AD, Barbano DM (1993) Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76: 1753-1771.
- Pérez-Alba LM, De Souza Cavalcanti S, Pérez Hernández M, Martínez Marín A, Fernández Marín G (1997) Calcium soaps of olive fatty acids in the diets of Manchega dairy ewes: effects on digestibility and production. *J. Dairy Sci.* 80: 3316-3324.
- Perfield JW, Delmonte P, Lock AL, Yurawecz MP, Bauman DE (2006) Trans-10,trans-12 conjugated linoleic acid does not affect milk fat yield but reduces delta-9-desaturase index in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89: 2559-2566.
- Perfield JW, Lock AL, Griinari JM, Saebo A, Delmonte P, Dwyer DA, Bauman DE (2007) Trans-9,cis-11 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90: 2211-2218.
- Pulina C, Nudda A, Battacone G, Cannas A (2006) Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 255-291.
- Rapetti L, Crovetto GM, Galassi G, Sandrucci A, Succi G, Tamburini A, Battelli G (2002) Effect of maize, rumen-protected fat and whey permeate on energy utilisation and milk fat composition in lactating goats. *Ital. J. Anim. Sci.* 1: 43-53.
- Reynolds CK, Cannon VL, Loerch SC (2006) Effects of forage source and supplementation with soybean and marine algal oil on milk fatty acid composition of ewes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 333-357.
- Rotunno T, Sevi A, Di Caterina R, Muscio A (1998) Effects of graded levels of dietary rumen-protected fat on milk characteristics of Comisana ewes. *Small Rumin. Res.* 30: 137-145.
- Rulquin H, Hurtaud C, Lemosquet S, Peyraud JL (2007) Effet des nutriments énergétiques sur la production et la teneur en matière grasse du lait de vache. *INRA Prod. Anim.* 20: 163-176.
- Sanz Sampelayo MR, Pérez L, Boza J, Amigo L (1998) Forage of different physical forms in the diets of lactating Granadina goats: nutrient digestibility and milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 81: 492-498.
- Sanz Sampelayo MR, Pérez L, Martín JJ, Amigo L, Boza J (2002) Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance of lactating of lactating Granadina goats Part II. Milk production and composition. *Small Rumin. Res.* 43: 141-148.
- Sanz Sampelayo MR, Chilliard Y, Schmidely P, Boza J (2007) Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68: 42-63.
- Schingoethe DJ, Brouk MJ, Lightfield KD, Baer RJ (1996) Lactational responses of dairy cows fed unsaturated fat from extruded soybeans or sunflower seeds. *J. Dairy Sci.* 79: 1244-1249.

- Schmidely P, Sauvant D (2001) Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants : effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré. *INRA Prod. Anim.* 14: 337-354.
- Schroeder GF, Gagliostro GA, Bargo F, Delahoy JE, Muller LD (2004) Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. *Livest. Prod. Sci.* 86: 1-18.
- Shingfield KJ, Griinari JM (2007) Role of biohydrogenation intermediates in milk fat depression. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 799-816.
- Silva MMC, Rodrigues MT, Branco RH, Rodrigues CAF, Sarmiento JLR, Queiroz AC, Silva SP (2007) Suplementação de lipídios em dietas para cabras em lactação: consumo e eficiência de utilização de nutrientes. *R. Bras. Zootec.* 36: 257-26.
- Smith WA, Harris B (1992) The influence of forage type on the production response of lactating dairy cows supplemented with different types of dietary fat. *3rd Florida Ruminant Nutrition Symposium*. Gainesville, FL, EEUU
- Staples CR. 2006. Milk fat depression in dairy cows - Influence of supplemental fats. *17th Florida Ruminant Nutrition Symposium*. Gainesville, FL, EEUU.
- Storry JE, Brumby PE, Hall AJ, Tuckley B (1974) Effects of free and protected forms of codliver oil on milk fat secretion in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 57: 1046-1049.
- Teh TH, Trung LT, Jia ZH, Gipson TA, Ogden KB, Sweeney TF (1994) Varying amounts of rumen-inert fat for high producing goats in early lactation. *J. Dairy Sci.* 77: 253-258.
- Vernon RG, Flint DF (1988) Lipid metabolism in farm animals. *Proc. Nutr. Soc.* 47: 287-293.
- Wonsil BJ, Herbein JH, Watkins BA (1994) Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. *J. Nutr.* 124: 556-565.
- Zervas G, Fegeros K, Koysotolis K, Goulas C, Mantzios A (1998) Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diets with or without dietary fat supplements. *Anim. Feed Sci. Technol.* 76: 65-75.
- Zhang RH, Mustafa AF, Zhao X (2006) Effects of feeding oilseeds rich in linoleic and linolenic fatty acids to lactating ewes on cheese yield and on fatty acid composition of milk and cheese. *Anim. Feed Sci. Technol.* 127: 220-233.
- Zheng HC, Liu JX, Yao JH, Yuan Q, Ye HW, Ye JA, Wu YM (2005) Effects of dietary sources of vegetable oils on performance of high-yielding lactating cows and conjugated linoleic acids in milk. *J. Dairy Sci.* 88: 2037-2042.

FAT IN DAIRY RUMINANT DIETS AND MILK FAT: A REVIEW

Andrés L. Martínez Marín, Manuel Pérez Hernández, Luis Pérez Alba, Gustavo Gómez Castro and Ana I. Garzón Sígler

SUMMARY

The use of rumen-protected fat in dairy cows' diets increases milk fat production although the milk fat content also depends on the dilution effect caused by the possible increase in milk production. Adding non-protected fat to cows' diets affects negatively both milk fat production and content, the extent of the effect varying according to the degree of unsaturation and amount ingested of the added fat, type of forage and level of dietary fibre, and, if using oilseeds, their processing. On the other hand, the use of fats in diets of dairy sheep and goats usually increases both milk fat production and content, independently of the degree of rumen protection of the added fat. This effect is greater in early lactation in ewes and in late lactation in goats.

In all three species, free fish oil has a negative effect on both milk fat production and content. The CLA isomer C18:2trans-10,cis-12 has been found to affect negatively milk fat production and content in cows and ewes but not in goats. Unlike cows, a clear interaction between the characteristics of the diet (roughage to concentrate ratio and content of unsaturated fatty acids) and changes in milk fat content has not been observed in sheep and goats. In conclusion, the effect of dietary fat sources on ruminant milk fat differs between species probably due to digestive and metabolic interspecific differences that require further investigations.

EFEITO DA GORDURA DA DIETA SOBRE A GORDURA LÁCTEA DOS RUMIANTES: UMA REVISÃO

Andrés L. Martínez Marín, Manuel Pérez Hernández, Luis Pérez Alba, Gustavo Gómez Castro e Ana I. Garzón Sígler

RESUMO

A inclusão de fontes de gordura protegidas da digestão ruminal na dieta de vacas aumenta a produção de gordura láctea, ainda que o efeito sobre o conteúdo depende da diluição por incremento da produção leiteira. A inclusão de fontes não protegidas na dieta afeta negativamente o conteúdo e produção de gordura láctea, embora o efeito dependa da quantidade aportada e grau de insaturação da gordura, conteúdo de fibra e forragem maioritária da dieta, e, no caso de sementes oleaginosas, do processado prévio. Por outro lado, a inclusão de fontes de gordura na dieta de ovelhas e cabras aumenta geralmente o conteúdo e a produção de gordura láctea, independentemente do grau de proteção, sobretudo no começo da lactação em ovelhas e no final

da mesma em cabras. Nas três espécies, os óleos marinhos livres têm efeito negativo sobre o conteúdo e a produção de gordura láctea. O isômero C18:2 trans-10,cis-12 produz efeito negativo sobre o conteúdo e a produção de gordura láctea em vacas e ovelhas, algo não observado em cabras. Diferentemente das vacas, em ovelhas e cabras não se tem sido observada interação entre as características da dieta (relação forragem/concentrado e conteúdo de ácidos graxos insaturados) e a variação do conteúdo de gordura do leite. Em conclusão, a inclusão de fontes de gordura na dieta afeta distintamente a gordura láctea de ruminantes devido provavelmente a diferenças digestivas e metabólicas interespecíficas cujas causas requerem mais investigações.