



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

Composición de la grasa láctea en la sabana de Bogotá con énfasis en ácido ruménico - CLA *cis*-9, *trans*-11

Revista
Colombiana de
Ciencias
Pecuarias

Jorge E Rico¹, Zoot; Bárbara Moreno², Quim, MSc, Martha L Pabón^{1,2}, Quim, PhD; Juan Carulla^{1,3}, Zoot, PhD.

¹Grupo de Investigación en Nutrición Animal, ²Departamento de Química, ³Departamento de Producción Animal
Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá
jcarullaf@unal.edu.co

(Recibido: 21 julio, 2006; aceptado: 29 enero, 2007)

Resumen

Los ácidos linoleicos conjugados (CLAs) son microcomponentes naturales de la grasa láctea de los rumiantes que han ganado un creciente interés por sus efectos potenciales sobre la salud humana. El ácido ruménico (CLA *cis*-9, *trans*-11 C18:2) es la iso-forma de CLA más importante por su abundancia y por sus efectos. Nuestro objetivo fue la identificación y cuantificación del ácido ruménico en la grasa láctea de la sabana de Bogotá, y la búsqueda de algunas relaciones entre la dieta y las concentraciones de A. ruménico, utilizando diecisiete muestras de leche de diferentes fincas de la sabana de Bogotá y cuatro muestras de leches de marcas comerciales. Para esto, se estandarizó un método de cromatografía de gases que permitió separar y cuantificar más de 30 ácidos grasos, desde el butírico (C4:0) hasta el araquídico (C20:0) y el ruménico (C18:2). La concentración promedio de ácido ruménico fue 13.6 mg/g de grasa, y varió desde 6.38 mg hasta 19.54 mg/g. Estos resultados son coherentes con otros reportes de literatura realizados bajo pastoreo y se ubican dentro de los valores esperados para condiciones de alimentación como las de este estudio. La suplementación de MS, el consumo de forrajes conservados, el consumo de ensilaje de maíz, y el consumo de semilla de algodón tuvieron una correlación negativa con la concentración de ácido ruménico (valores de *r* de -0.66, -0.54, -0.48 y -0.7, respectivamente), sin embargo, los valores de los coeficientes de determinación (*r*²) fueron bajos para estas variables, sugiriendo que cada variable puede tener efectos, pero, de manera individual, ninguna explica completamente la variación en la concentración de ácido ruménico. Se observó una disminución del contenido de ácido ruménico con el aumento de la suplementación bajo pastoreo, especialmente cuando esta incluye ensilaje de maíz y una tendencia a la disminución del contenido de ácido ruménico con el aumento en el consumo de semilla de algodón. Las diferencias encontradas en el contenido de ácido ruménico sugieren que la alimentación con forrajes frescos puede resultar ventajosa para la producción de leches con alto contenido de ácido ruménico, y que bajo condiciones comerciales, la suplementación apropiada podría ofrecer la oportunidad de aumentar el suministro de ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) requeridos para su síntesis.

Palabras clave: ácido ruménico, grasa láctea, pastoreo, suplementación

Introducción

La grasa láctea es, posiblemente, la más compleja de las grasas comestibles. En ella se han detectado cerca de 400 ácidos grasos (AG) diferentes, con longitudes de cadena que van desde C2 hasta C28,

incluyendo pares, impares, saturados, insaturados, *cis* y *trans* (33). Algunos de estos AG han mostrado tener propiedades interesantes para la salud de los consumidores, especialmente el ácido butírico (C4:0), el ácido vaccénico (*trans*-11, C18:1), y los ácidos linoleicos conjugados (CLAs, C18:2) (38, 39).

El término ácido linoleico conjugado (CLA), (acrónimo de “*Conjugated linoleic acid*”, en inglés) incluye a un grupo de isómeros del ácido linoleico con un arreglo conjugado en los dobles enlaces. Esto quiere decir que los dobles enlaces del ácido graso se encuentran separados por un átomo de carbono, y no por dos, como ocurre en el ácido linoleico. Aunque estos isómeros conjugados del ácido linoleico se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, sus concentraciones son muy bajas en la mayoría de los alimentos, excepto en la leche y carne de los rumiantes (7, 30). Los isómeros de mayor importancia biológica son el CLA *cis*-9, *trans*-11, cuyo nombre trivial es ácido ruménico (18) y el CLA *trans*-10, *cis*-12. Dentro de sus principales efectos se destacan su potente actividad anticarcinogénica, antiateroesclerótica, anti-diabética (diabetes tipo II), aumento de la respuesta inmune sin catálisis muscular, aumento de la mineralización ósea, y efectos lipolíticos y antilipogénicos (5, 30, 87).

El ácido ruménico (CLA *cis*-9, *trans*-11) es el isómero en mayor proporción en la grasa láctea, y representa del 75 al 90% de los CLA totales (3). El ácido ruménico encontrado en la grasa láctea, es básicamente un producto de la síntesis endógena por la acción de la enzima Δ 9-desaturasa en la glándula mamaria, que utiliza como substrato al ácido vaccénico (*trans*-11 C18:1) producido en el rumen como resultado de la biohidrogenación incompleta de los ácidos grasos linoleico y α -linolénico (4, 26). El ácido ruménico es también un intermediario de la biohidrogenación incompleta del ácido linoleico, parte se escapa del rumen y provee el remanente de ácido ruménico encontrado en la grasa láctea.

La dieta y la variación individual, asociada básicamente al flujo de ácido vaccénico desde el rumen, y a la actividad de la Δ 9-desaturasa en glándula mamaria, son los factores con mayor influencia sobre la concentración de ácido ruménico de la leche (42). Factores como el nivel de producción de leche y grasa, la concentración de grasa en la leche, la raza, la etapa de lactancia, y el número de partos tienen una influencia muy baja sobre las concentraciones de ácido ruménico en leche, y por ello no es necesario tenerlos en cuenta para diseñar estrategias

que busquen aumentar su contenido (28, 34). La dieta es el factor de mayor importancia y con su manipulación se pueden obtener incrementos de más de ocho veces en la concentración de ácido ruménico (10). Los sistemas basados en pastoreo han mostrado tener un gran potencial para la producción de leche con altas concentraciones de ácido ruménico (10, 13, 45).

El objetivo principal de este trabajo fue identificar las concentraciones de ácido ruménico en la grasa de las leches de la Sabana de Bogotá, partiendo de una caracterización de los sistemas de alimentación y buscando una asociación entre la alimentación y el contenido de ácido ruménico en la grasa láctea.

Materiales y métodos

Toma de las muestras

Las muestras de leche (200ml c/u) fueron obtenidas de 17 fincas ubicadas en diferentes municipios de la sabana de Bogotá. Las muestras se tomaron directamente del tanque de enfriamiento, y corresponden a la leche producida por todo el hato de ordeño en cada finca en un día. Las muestras fueron transportadas en refrigeración y llevadas inmediatamente al laboratorio.

Simultáneamente se tomaron muestras de leche de cuatro marcas comerciales, como indicadores de la composición promedio de la grasa láctea de la sabana de Bogotá.

Adicionalmente, se realizó una encuesta para caracterizar las fincas, haciendo un énfasis particular en la alimentación. De esta manera se obtuvieron datos sobre la dieta suministrada a los animales de ordeño considerando los forrajes de pastoreo y todos los suplementos utilizados. El nivel de suplementación de materia seca/vaca/día se clasificó como bajo (< 5 kg), medio (5-10 kg), alto (10-15 kg) y muy alto (15-20 kg). La oferta de forraje fue estimada por observación del residuo de forraje en la pradera y se utilizó como un indicador de su consumo (36). La oferta se calificó en una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a oferta muy baja y 5 a oferta alta.

Obtención de la crema y extracción de la grasa

Un volumen de 80 ml de cada muestra de leche fue centrifugado a 3000 rpm por 15 min para separación de la crema, y esta se congeló a -4°C. Adicionalmente, 22 ml de muestra de leche fresca fueron utilizados para la determinación del contenido de grasa por el método de Gerber (32).

Se pesaron 2 g de crema y la grasa se extrajo utilizando 10 ml de una mezcla de Hexano-cloroformo (1:1, vol/vol). El extracto se decantó y se centrifugó, se secó con sulfato de sodio y se filtró. El solvente se eliminó en rotavapor a presión reducida y T° no mayor a 40°C por 5 min. La grasa extraída fue depositada en un vial para su metilación.

Metilación de la grasa

La preparación de ésteres metílicos fue realizada de acuerdo al método de Berdeaux *et al* (6), con algunas modificaciones. Se pesaron 100 mg de grasa y se disolvieron en 1 ml de hexano. Posteriormente se adicionaron 0.5 ml de metóxido de sodio 2M, se agitó por un min y se dejó en reposo por dos min a temperatura ambiente. Enseguida se adicionaron 0.1 ml de ácido sulfúrico 5M y 1.5 ml de agua destilada, y se centrifugó por 15 min a 3000 rpm. Se colectó la capa orgánica (hexano), se secó sobre sulfato de sodio anhidro, se filtró y se inyectó al cromatógrafo.

Análisis de los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES) mediante cromatografía de gases

Los gases usados fueron nitrógeno como gas de arrastre, aire seco, e hidrógeno como combustible para la llama. La inyección y detección se realizaron a una temperatura de 250°C.

Se utilizó una columna capilar en sílica fundida con fase polar D-Wax Agilen®, de 30m longitud y 0.25 mm de diámetro interno con un programa de temperatura de 80°C isothermal por 4.5 min, pendiente de 20°C/min hasta 200, mantenida por tres min., pendiente de 5°C/min hasta 220°C, mantenida por 15 min., pendiente de 10°C/min hasta 230°C, mantenida por un min. Tiempo total/corrida = 34.5min.

Un volumen de 1 µL de muestra metilada fue inyectada al cromatógrafo (ATI-UNICAM-610 equipado con detector de ionización de llama (FID), y el software GC-System Pro). Cada pico fue identificado y cuantificado utilizando como referencia los tiempos de retención de los patrones. El cálculo de la concentración se realizó tomando el área de cada pico detectado de manera individual y relacionándolo con el total de áreas detectadas. Los resultados se expresaron como mg de AG/g de grasa. Se utilizaron patrones comerciales de ácidos grasos de cadena larga (Supelco 189-2), vaccénico *trans*-11 C18:1 (Sigma V1131), e isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 de CLA (Sigma O5632).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva simple, calculando promedios y desviaciones. Se realizó un análisis de correlación simple (r) entre variables con una confianza del 95%, y se calcularon coeficientes de determinación (r²) utilizando el software Statistix 1.0.

Resultados

Identificación de los picos cromatográficos

Para las muestras analizadas se detectaron en promedio 30 picos de ésteres metílicos de AGs. Cada pico fue identificado y cuantificado utilizando como referencia los tiempos de retención de los patrones (véase Figura 1). Para aquellos picos que no tenían como punto de referencia un patrón, se hizo una identificación tentativa utilizando como criterio su tiempo de retención y comparando con la literatura (22).

Composición de la grasa láctea

El contenido promedio de grasa en las muestras de las fincas fue 3.54% (\pm 0.14), con un rango de 3.3 a 3.8%. La concentración promedio de los ácidos grasos de la leche se ubicó dentro de los rangos reportados por Jensen (22) y German (19) (véase Tabla 1). Sin embargo, algunos ácidos grasos se ubicaron ligeramente por debajo del rango de valores reportados (butírico, caprílico, cáprico y α -linolénico) o ligeramente por encima (esteárico y

oleico). Se presenta el contenido promedio de ácidos grasos por categorías (i.e. saturados e insaturados) (véase Tabla 2).

Las concentraciones de ácido ruménico presentaron una gran variación entre la muestras.

Su contenido promedio fue 13.54 mg/g de grasa y los valores variaron entre 6.38 mg y 19.32 mg/g de grasa (variación del 300%) para las muestras de las fincas, y 11.47 mg a 15.72 mg/g de grasa (variación del 137%) para las muestras de marcas comerciales (véase Tabla 3).

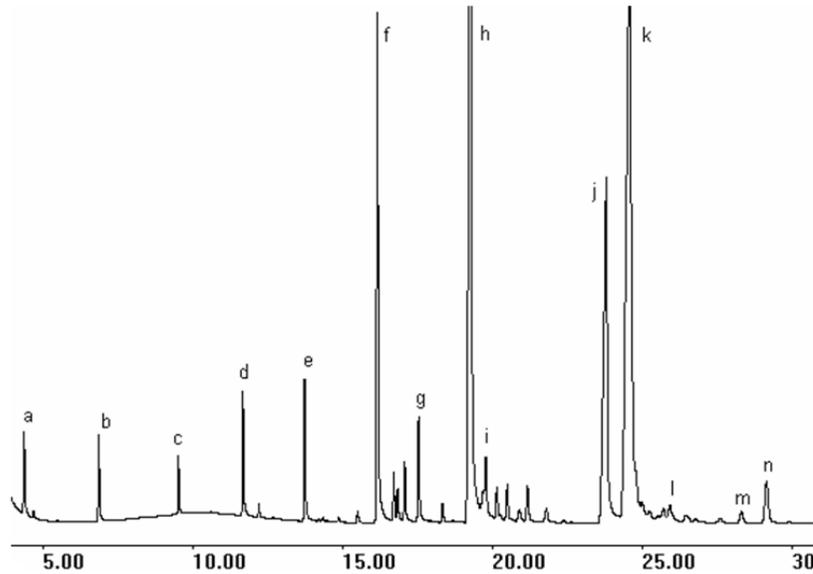


Figura 1. Tiempos de elución (min) y distribución de los picos correspondientes a los principales AGs de la leche en una de la muestras. Ésteres metílicos de AGs en orden de elución: a: Butírico*, b: Capróico**, c: Caprílico**, d: Cáprico**, e: Láurico**, f: Mirístico**, g: Pentadecanoico**, h: Palmítico*, i: Palmitoléico**, j: Esteárico*, k: Oleico*, l: Linoleico**, m: Linolénico*, n: Ruménico*

*Identificado por patrón

**Identificado por comparación de su abundancia relativa frente a reportes de literatura (22)

Tabla 1. Composición de la grasa láctea (g de ácido graso/100g de grasa)

Ácido graso	Denominación abreviada	Promedio	Rango
Butírico	C4:0	1.60	0.72 – 3.33
Capróico	C6:0	1.20	0.98 – 1.71
Caprílico	C8:0	0.69	0.53 – 0.83
Capricho	C10:0	1.56	1.29 – 1.70
Láurico	C12:0	1.95	1.67 – 2.26
Mirístico	C14:0	8.93	8.17 – 9.92
Pentadecílico	C15:0	1.16	0.99 – 1.41
Palmítico	C16:0	26.56	24.9 – 27.33
Palmitoléico	C16:1 c9	1.18	0.08 – 1.6
Esteárico	C18:0	15.62	13.53 – 17.05
Oléico	C18:1 c9 (n-9)	31.29	30.50 – 33.15
Linoleico	C18:2 c9, c12 (n-6)	1.31	1.15 – 1.57
alfa-linolénico	C18:3 c9, c12, c15 (n-3)	0.29	0.07 – 0.51
Ruménico	C18:2 c9, t11 (n-7)	1.36	0.63 – 1.95

* Incluye ácido vaccénico C18:1 trans-11 (n-7) en un rango de 2% a 10% de los AGTs.

Tabla 2. Contenido de ácidos grasos en la grasa de la leche

Tipo de ácidos grasos	% del total de la grasa
Saturados	63.58
Insaturados	36.42
Monoinsaturados	33.27
Poliinsaturados	3.15

Tabla 3. Contenido promedio de ácido ruménico en la grasa láctea de 17 fincas y cuatro marcas comerciales (21 muestras)

Muestra	Contenido de Ácido Ruménico mg/g de grasa		
	Promedio	Rango	Variación (%)
Fincas	13.52	6.38 - 19.54	306
Comerciales	13.57	11.47 - 15.75	137

Suplementación

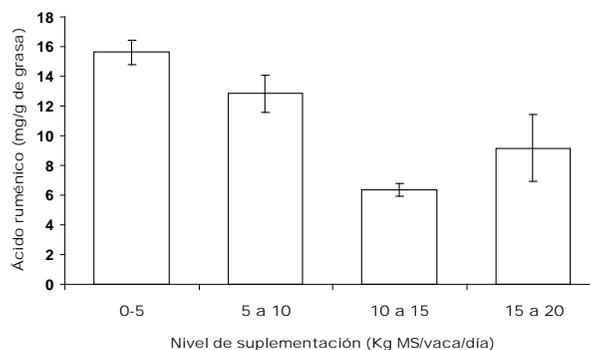
Del 88.2% de las fincas que realizaban suplementación, el 100% suministraba suplementos comerciales, y sólo el 17.6% suministraba forrajes conservados (básicamente ensilaje de maíz y henolaje de kikuyo). La cantidad de materia seca (MS) suplementada por vaca/día varió desde 1.3 kg hasta 18.4 Kg. En las fincas con mayor suplementación más de la mitad de la MS suplementada (57% promedio) provenía de forrajes conservados. Se encontró una oferta forrajera más baja en las fincas con mayor suplementación, indicando que en estos casos la mayoría de la MS consumida provenía de suplementos. Se observó una disminución en el contenido de ácido ruménico en la leche al aumentar la suplementación (véase Figura 2)

Coefficientes de correlación (*r*) y determinación (*r*²)

Para las variables asociadas a la alimentación, los valores de los coeficientes de correlación (*r*) estuvieron, en su mayoría, dentro del rango de valores medios ($p < 0.05$), sin embargo, los coeficientes de determinación (*r*²) tuvieron, en general, valores bajos (véase Tabla 4).

Las variables que presentaron una asociación significativa (*r*) con el contenido de ácido ruménico fueron la oferta de ensilaje de maíz (-0.48 , $p < 0.05$), el consumo de semilla de algodón (-0.7 , $p < 0.05$), la

MS total suplementada (-0.62 , $p < 0.01$), y la proporción del forrajes conservados en la suplementación (-0.54 , $p < 0.05$).

**Figura 2.** Relación entre la cantidad de materia seca suplementada y la concentración de ácido ruménico (CLA cis-9, trans-11). Incluye suplementos forrajeros y no forrajeros**Tabla 4.** Coeficientes de correlación (*r*)* y determinación (*r*²) entre la principales variables asociadas a la alimentación y la concentración calculada de ácido ruménico de la grasa de las muestras de las fincas.

Variable	Coeficiente	
Oferta de ensilaje (kg)	<i>r</i>	-0.48
	<i>r</i> ²	0.23
Kg semilla de algodón	<i>r</i>	-0.7
	<i>r</i> ²	0.49
Suplemento comercial	<i>r</i>	-0.22
	<i>r</i> ²	0.04
kg totales suplementados	<i>r</i>	-0.62
	<i>r</i> ²	0.4
Proporción de forrajes conservados en la suplementación de MS	<i>r</i>	-0.54
	<i>r</i> ²	0.29

* $p < 0.05$ para todos los coeficientes de correlación (*r*)

Discusión

Contenido de ácidos grasos

Aunque la concentración promedio de cada ácido graso de la leche se ubicó dentro de los valores sugeridos por Jensen (22) y German (19), la concentración de algunos ácidos grasos estuvo ligeramente por fuera. Esto podría deberse, a diferencias en las condiciones cromatográficas de este estudio con respecto a otros. Jensen (22) sugiere que las diferencias en las condiciones cromatográficas (longitud de la columna) entre

otros estudios pueden ser responsables de ligeras variaciones en las concentraciones de ácidos grasos. En el caso del ácido oleico (*cis*-9, C18:1), la concentración calculada fue ligeramente sobreestimada debido a que con el método utilizado, éste coeluye con el ácido vaccénico (*trans*-11, C18:1).

El contenido de ácidos grasos insaturados en la grasa láctea (36.4%) fue similar al registrado en otros estudios (13, 14) realizados con dietas basadas en forrajes frescos, pero mayor al registrado en otros estudios cuyas dietas se basaron en el uso de forrajes conservados (mayormente ensilaje de maíz) (17, 21). Esto puede deberse a que las dietas basadas en forrajes conservados, como el ensilaje de maíz proveen un menor suministro de ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico) (9, 12).

Contenido de ácido ruménico

Los valores promedio, 13.52 mg/g (fincas) y 13.57 mg/g (leches comerciales), y el rango de 6.38 a 19.54 mg/g de grasa, son coherentes con otros reportados en vacas Holstein bajo condiciones de alimentación similares (25, 27, 45).

Los valores de las correlaciones sugieren que las variables con mayor influencia sobre el contenido de ácido ruménico fueron aquellas relacionadas con la alimentación, lo cual concuerda con una gran cantidad de estudios que demuestran que la dieta es el mayor determinante del contenido de ácido ruménico de la grasa láctea (28, 35, 42).

Efecto de la dieta

El tipo de alimentación es un factor que afecta de manera significativa el contenido de ácido ruménico de la grasa láctea (23). Se ha demostrado que con una alimentación basada en forrajes conservados y granos (dietas TMR), el contenido de ácido ruménico de la leche es bajo (10, 29, 45) en comparación con aquella basada en el consumo de forrajes frescos, ya sea bajo estabulación (13), o pastoreo (17). Estas diferencias entre dietas se presentan debido a variaciones en los precursores del ruménico, linoleico y linolénico de los alimentos. Los forrajes son muy ricos en ácido α -linolénico (50-68%), y contienen cantidades

moderadas de ácido linoléico (11-17%) (12, 44). Los granos de cereales tienen un contenido intermedio de ácido linoleico (34.9-55.8%), y bajo de α -linolénico (2.1-4.5) (38). Los ensilajes y henolajes de forrajes de pastoreo tienen un contenido menor de ácidos grasos que el forraje fresco, especialmente de α -linolénico (9, 12), aunque mayor que el encontrado en el ensilaje de maíz (3). El ensilaje de maíz, ampliamente utilizado en dietas para el invierno (TMR), tiene un contenido moderado de linoleico (40.9%) y muy bajo de linolénico (6.1%) (1). Adicionalmente, el grano presente en el ensilaje de maíz (20-40%) puede contribuir a la disminución del pH ruminal, que por debajo de seis puede cambiar las poblaciones de bacterias (43), afectando especialmente a las celulolíticas, que son las principales responsables de la hidrogenación de los lípidos en el rumen (21) y de la producción de ácido ruménico y vaccénico (23).

Aunque predominó la alimentación basada en el pastoreo, hubo varios casos de dietas basadas en forrajes conservados (particularmente henolajes y ensilajes), lo cual pudo determinar en gran parte el contenido de ácido ruménico. Hubo una tendencia (r -0.48 a -0.62, $p < 0.05$) a la disminución del contenido de ácido ruménico con el aumento del consumo de ensilaje de maíz, el consumo de MS de suplementos, y la proporción de forrajes conservados en la suplementación, sugiriendo que estas características podrían influenciar negativamente el contenido de ácido ruménico de la grasa láctea. Los valores más bajos en el contenido de ácido ruménico correspondieron a las fincas que más suplementaban (véase Figura 2), y fueron particularmente bajos en las fincas cuya alimentación incluía forrajes conservados. Es posible que las diferencias encontradas en estas fincas con alta suplementación y uso de forrajes conservados, influyan de manera significativa en el contenido del ácido ruménico lácteo, por aumentarse el consumo de suplementos con menor contenido de linolénico y linoleico, en relación a la pastura. La tendencia a la disminución en el contenido de ruménico al aumentar la suplementación podría explicarse, en parte, por el efecto de los suplementos en la disminución del pH ruminal, especialmente los granos de cereales (43).

Aunque fue clara la tendencia a la disminución en el contenido de ácido ruménico con el aumento de la suplementación, esto no ocurrió en el rango de 15 a 20 kg de MS/vaca/día. Esto podría explicarse por el tipo de suplementación utilizado en las fincas ubicadas en este rango. Aunque en estas fincas suministraban una alta cantidad de suplementos, la proporción de forrajes conservados en la MS suplementada fue alta (60% promedio), y, adicionalmente, una de ellas utilizaba henolaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) como único forraje conservado. Es posible que al suplementarse grandes cantidades de un forraje de pastoreo como el kikuyo, se logre un aporte mayor de linolénico y linoleico en comparación con el ensilaje de maíz que fue utilizado por la fincas en el rango de 10 a 15 kg de MS/vaca/día, y que seguramente sustituyó en parte el consumo del forraje de pastoreo en cada caso.

Suplementos comerciales

El consumo de suplementos comerciales, no mostró tener efectos claros sobre el contenido de ácido ruménico de la grasa láctea evidenciado por bajos coeficientes de correlación y determinación ($p < 0.05$). Es posible que esto se deba a la gran variación que existe entre los suplementos comerciales disponibles, ya que al diferir en el tipo de materias primas utilizadas, y sus proporciones, pueden aportar cantidades muy distintas de ácidos linolénico y linoleico. Adicionalmente, el uso de suplementos comerciales fue limitado en cantidad, y al aumentar la suplementación, esta se hacía utilizando otras materias primas que incluían afrechos, semilla de algodón, granos de cereales como el maíz y los forrajes conservados, lo cual pudo a su vez disminuir el contenido de ácido ruménico.

Efecto de la semilla de algodón

La semilla de algodón mostró una relación inversa con el contenido de ácido ruménico y tuvo una asociación media-alta ($r = -0.7$, $p < 0.05$). Esto indicaría una tendencia a la disminución en el contenido de ácido ruménico al suplementar con semilla de algodón. Dhiman *et al* (10) reportaron una mayor concentración de ácido ruménico en la grasa láctea de vacas alimentadas con soya

extruída en comparación con las alimentadas con semilla de algodón extruída, o las control (6.9, 6.0 y 3.4 mg de ácido ruménico/g de grasa, respectivamente). Sin embargo, las diferencias no fueron muy grandes entre los tratamientos de soya extruída y semilla de algodón extruída, sugiriendo que estas podrían explicarse por el mayor aporte de sustrato (suma de ácidos linoleico y linolénico) para la síntesis de ácido ruménico por parte de la soya en comparación con la semilla de algodón. Por otro lado, la semilla de algodón contiene los ácidos grasos ciclopropenoides (AGs-CPEs) malválico, estercúlico y dihidroestercúlico que han demostrado inhibir la síntesis de ácido ruménico en la glándula mamaria (20, 24, 25). Sin embargo, las concentraciones de AGs-CPEs en la semilla de algodón son, en general, bastante bajas en comparación con las encontradas en otras fuentes como las semillas del olivo de java (*Sterculia foetida*) (0.41-1.81% vs 65-78% de la grasa) (37), sugiriendo que el efecto de pequeñas cantidades de AGs-CPEs puede ser suficiente para disminuir la síntesis de ácido ruménico.

Efecto de la oferta forrajera

La correlación (r) y el coeficiente de determinación (r^2) de la oferta de forraje fresco (calificada mediante observaciones de campo) con el contenido de ácido ruménico tuvieron valores muy bajos (0.070 y 0.0049, respectivamente), lo cual contrasta con la expectativa de encontrar una alta asociación entre ambas características como ha sido reportado en otros estudios (16). Sin embargo, la mayoría de la fincas incluidas (88.2%) suplementaban la dieta de los animales, y esto podría disminuir significativamente el impacto que tiene el consumo de forraje sobre la concentración de ácido ruménico encontrada en la leche. Es posible que al disminuir la proporción de forraje fresco en la dieta del animal se disminuya el efecto de incrementar o disminuir la oferta del mismo, ya que el consumo de ácidos grasos a partir de otros suplementos se incrementa, y de esta manera el contenido de ácido ruménico en la grasa se hace menos dependiente del aporte de ácidos grasos del forraje.

El contenido promedio de ácido ruménico registrado en la grasa de la leche de la sabana de Bogotá se ubicó dentro del rango esperado para

dietas basadas en pastoreo de forrajes frescos y confirma el potencial que tienen estos sistemas de alimentación para la producción de leches saludables, con contenidos relativamente altos de ácidos grasos insaturados, como los ácidos α -linolénico, ruménico y vaccénico.

La suplementación tuvo efectos negativos sobre el contenido de ácido ruménico de la leche. Sin embargo, el efecto del suplemento depende de su composición, siendo especialmente negativo el efecto de la suplementación con ensilaje de maíz, y menor el efecto de la suplementación con gramíneas de pastoreo conservadas, como el henolaje de kikuyo. Aunque hubo una asociación negativa entre el consumo de semilla de algodón y la concentración de ácido ruménico, el contenido de AGs-CPEs no parece suficiente para explicar su efecto. Por ello sería

recomendable estudiar sus efectos mediante ensayos orientados específicamente a evaluar el efecto de la suplementación con semilla de algodón sobre el contenido de ácido ruménico en vacas en pastoreo.

Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente a los productores de las fincas visitadas, por permitir y colaborar en la realización de los muestreos. Adicionalmente, al personal técnico de Nutryr S.A. y Colanta por la ayuda en la consecución de las fincas, y a los laboratorios de Nutrición Animal, Ingeniería Ambiental, y Química de Productos Naturales de la Universidad Nacional de Colombia por brindar el espacio y los equipos para la realización de los análisis.

Summary

Composition of the fat milk of the Bogotá's savannah with emphasis on rumenic acid (cis-9, trans-11 CLA)

Conjugated linoleic acids are natural micro-components of ruminant's fat milk, which have gained an increasing interest because of their valuable potential effects on human health. Rumenic acid (CLA cis-9, trans-11 C18:2) is the most important of the CLA iso-forms because of its abundance and its effects. Our main objective was the identification and quantification of the rumenic acid content of fat in milks of the Bogotá savannah. Additionally, we looked for associations between dietary factors and rumenic acid concentration. In this study, seventeen milk samples coming from the Bogotá savannah and four commercial milk samples were used. A gas chromatography method that allowed us to separate and quantify more than thirty fatty acids, from butyric (C4:0) to araquidic (C20:0) and rumenic acid (conjugated 18:2) was standardized. The mean rumenic acid content of the samples was 13.6 mg/g of fat, and ranged from 6.38 mg to 19.54 mg/g of fat (3 fold variation). These results showed similar values to other literature reports conducted under grazing conditions and are in the expected range for the amount consumed by the cows. The correlation (r) values were significant for dry matter supplementation, conserved forages supplementation, silage intake, and cotton seed intake and had a negative correlation with the rumenic acid content of fat milk (r values of -0.62, -0.54, -0.48 and -0.7, respectively). However, the values for the determination coefficients (r²) of these variables were very low, suggesting that each variable had individual effect, although none of them explains completely the variation of the rumenic acid content in fat milk. In general, a clear tendency to a decrease in rumenic acid content was observed with an increase in supplementation under grazing conditions, especially when corn silage was included. In the same way, a tendency to decreasing the rumenic acid content was observed for cotton seed supplementation, though the reasons for this were not clear. The differences in the rumenic acid content found on this study strongly suggest that fresh forage feeding can be advantageous for the production of milk with high contents of rumenic acid (or high rumenic acid milks), and that under commercial conditions, supplementation with adequate products might offer an opportunity for increasing the PUFAs (Polyunsaturated Fatty Acids) supply, precursors for rumenic acid synthesis.

Key words: *grazing, milk fat, rumenic acid, supplementation*

Referencias

1. Abu-Ghazaleh AA, Schingoethe DJ, Hippen AR, Whitlock LA. Feeding fish meal and extruded soybeans enhances the conjugated linoleic acid (CLA) content of milk. *J Dairy Sci* 2002; 85:624–631.
2. Bauman DE, Corl BA, Baumgard LH, Griinari JM. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. En: *Recent advances in animal nutrition*. (Garnsworthy, P.C. and Wiseman, J. eds.); Nottingham University Press, Nottingham 2001.
3. Bauman DE, Corl BA, Peterson D G. **The biology of conjugated linoleic acids in ruminants**. En: *Advances in conjugated linoleic acid research; vol 2. AOCS press*, Champaign, IL. 2003a. p. 146-173
4. Bauman DE, Perfield II JW, De Veth MJ, Lock AL. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. *Proc Cornell Nutr Conf* 2003b; p. 175-189.
5. Belury MA. Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanisms of action. *An Rev Nutr* 2002; 22:505-531.
6. Berdeaux O, Marquez G, Dobargane C. **Selection of metilation procedures for quantitation of short chain glycerol bound compounds**. *Journal of chromatog* 1999; 863: 171-178.
7. Chin SF, Liu W, Storkson JM, Ha YL, Pariza MW. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Comp Anal* 1992; 5:185-197.
8. De Blas C. Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. Importancia del ácido linoleico conjugado. 1. Rumiantes; XX curso de especialización FEDNA 2004.
9. Dewhurst RJ, King PJ. Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass Forage Sci* 1998; 53: 219–224.
10. Dhiman TR, Anand GR, Satter LD, Pariza MW. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J Dairy Sci* 1999a; 82:2146–2156.
11. Dhiman TR, Helmink ED, Macmahon DJ, Fife RL, y Pariza MW. Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *J. Dairy Sci* 1999b; 82: 412–419.
12. Elgersma A, Ellen G, Van der Horst H, Muuse BG, Boer H, *et al* Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne L*), affected by cultivar and regrowth interval. *An Feed Sci Techn* 2003a; 108:191–205.
13. Elgersma A, Tamminga S, Ellen G. **Effect of grazing versus stall-feeding of cut grass on milk fatty acid composition of dairy cows**. *Proceedings of the International Occupational Symposium of the European Grassland Federation*, Pleven, Bulgaria. *Grassland Sci Eur* 2003b; 8: 271–274.
14. Elgersma A, Ellen G, Dekker PR, Van der Horst H, Boer H, *et al* Effects of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) cultivars with different linolenic acid contents on milk fatty acid composition. *Asp Appl Biol* 2003c; 70:107–114.
15. Elgersma A, Ellen G, Van der Horst H, Muuse BG, Boer H, *et al* **Influence of cultivar and cutting date on the fatty acid composition of perennial ryegrass**. *Grass Forage Sci* 2003d. 58:323–331.
16. Elgersma A, Ellen G, Tamminga S. **Rapid decline of contents of beneficial omega-7 fatty acids in milk from grazing cows with decreasing herbage allowance**. *Proceedings of the European Grassland Federation*, Luzern, Switzerland. *Grassland Sci Eur* 2004a; 9:1136–1138.
17. Elgersma A, Ellen G, Van der Horst H, Boer H, Dekker PR, *et al* **Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet**. *Anim Feed Sci and Techn* 2004b; 117:13–27.
18. Ellen G, Elgersma A. **Letter to the Editor: Plea for using the term n-7 fatty acids in place of C18:2 cis-9, trans-11, and C18:1 trans-11 or their trivial names rumenic acid and vaccenic acid rather than the generic term conjugated linoleic acids**. *J Dairy Sci* 2004c; 87:1131.
19. German BJ, Dillard CJ. **Absorption of Milk Lipids: A source of energy, fat-soluble nutrients and bioactive molecules. Critical reviews in food science and nutrition**. 2006; 46:57–92.
20. Griinari JM, Corl BA, Lacy SH. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase. *J Nutr*. 2000; 130:2285-2291.
21. Harfoot CG, Hazlewood GP. Lipid metabolism in the rumen. En: Hobson, P.N., Stewart, C. S. (Eds.), *The rumen microbial ecosystem*. Blackie, London 1997. p. 382–426.
22. Jensen RG. The composition of bovine milk lipids, January 1995 to December 2000. *J Dairy Sci* 2002; 85:295–350.
23. Jiang J, Bjoerck L, Fonden R, Emanuelson M. Occurrence of conjugated cis-9, trans-11-Octadecadienoic acid in bovine milk: Effects of feed and dietary regimen. *J Dairy Sci* 1996; 79:438–445.
24. Kay JK, Mackle TR, Auldism MJ, Thomson NA, y Bauman DE. Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid in pasture-fed dairy cows. *J Dairy Sci* 2002; 85 suppl. 1:176.
25. Kay JK, Roche JR, Thomson NA, Griinari JM y Shingfeld KJ. Increasing milk fat cis-9, trans-11 Conjugated Linoleic Acid content in pasture-fed cows. *J Dairy Sci* 2003, 86 suppl. 1: 146.
26. Kay JK, Mackle TR, Auldism MJ, Thompson NA, Bauman DE. Endogenous synthesis of cis-9, trans-11

- conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *J Dairy Sci* 2004; 87: 369–378.
27. Kelly ML, Kolver ES, Bauman DE, Van Amburgh ME, Müller LD. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J Dairy Sci* 1998; 81:1630–1636.
 28. Kelsey JA, Corl BA, Collier RJ, Bauman DE. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *J Dairy Sci* 2003; 86: 2588-2597.
 29. Khanal RC, Dhiman TR, Boman RL. Influence of turning cows out to pasture on fatty acid composition of milk. *J Dairy Sci* 2003; 86 (suplemento 1): 356.
 30. Khanal RC, Olson KC. Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat, and egg: A review. *Pakistan J Nutr* 2004; 3: 82-98.
 31. Khanal RC, Dhiman TR, Ure AL, Brennand CP, Boman RL *et al* Consumer acceptability of conjugated linoleic acid-enriched milk and cheddar cheese from cows grazing on pasture. *J Dairy Sci* 2005; 88:1837–1847.
 32. Kleyn DH, Lynch JM, Barbano DM, Bloom MJ, Mitchell MW. Determination of fat in raw and processed milks by the Gerber method: collaborative study. *AOAC Int* 2001; 84:1499-508.
 33. Ledoux M, Chardigny JM, Darbois M, Soustre Y, Sébédio JL, *et al* Fatty acid composition of French butters, with special emphasis on conjugated linoleic acid (CLA) isomers. *J Food Compos Anal* 2005; 18: 409–425.
 34. Lock AL, Bauman DE, Garnsworthy PC. Effect of production variables on the *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid content of cows' milk. *J Dairy Sci* 2005; 88:2714–2717.
 35. Lock AL, Bauman DE, Garnsworthy PC. Short Communication: Effect of production variables on the *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid content of cows' milk. *J Dairy Sci* 2005; 88:2714–2717.
 36. Minson DJ. Forage in animal nutrition. 1st ed. San Diego (CA) : Academic Press, Inc; 1990.
 37. Organisation de Coopération et de Développement Economiques. Consensus document on compositional considerations for new varieties of cotton (*Gossypium hirsutum* and *Gossypium barbadense*): key food and feed nutrients and anti-nutrients. ENV/JM/MONO 16. Series on the safety of novel foods and feeds, 2004; No. 11. “<http://appli1.oecd.org/olis/2004doc.nsf>”
 38. Palmquist DL. The feeding value of fats. In: Feed Science. Orskov, E. Ed. Amsterdam: Elsevier Science Publishing. 1988; pg. 293–311.
 39. Pariza MW, Loretz LJ, Storkson JM, Holland, NC. Mutagens and modulator of mutagenesis in fried ground beef. *Cancer Res*. 1983; 43:2444s-2446s.
 40. Parodi PW. Cow's Milk Fat Components as potential anticarcinogenic agents. *J Nutr* 1997; 127: 1055–1060.
 41. Parodi PW. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. Symposium: A bold new look at milk fat. *J Dairy Sci* 1999; 82:1339–1349.
 42. Peterson DG, Kelsey JA, Bauman DE. Analysis of variation in *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. *J Dairy Sci* 2002; 85: 2164-2172.
 43. Van Soest PJ. Lipids. En: Nutritional ecology of the ruminant. Van Soest PJ Ed. 2nd ed., Ithaca, NY: Cornell University Press; 1994. p. 325-336
 44. Walker GP, Doyle PT, Heard JW, Francis SA. Fatty acid composition of pastures. *Anim Prod Aust* 2004; 25: 192-195.
 45. White SL, Bertrand JA, Wade M.R, Washburn SP, Green JT Jr, *et al*. Comparison of fatty acid content of milk from jersey and holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci* 2001; 84:2295–2301.
 46. White SL, Bertrand JA, Wade MR, Washburn SP, Green JT Jr, *et al* Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci* 2002; 85:95–104.