

EFFECT OF THE DIET TYPE ON THE COMPOSITION OF FATTY ACIDS IN COW MILK

EFFECTO DEL TIPO DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE DE VACA

Morales-Almaráz, E.^{1*}; Domínguez-Vara, I.A.¹; Mejía-Urbe, L.A.¹; Cruz-Monterrosa, R.G.²; Jiménez-Guzmán, J.²; Vieyra-Alberto, R.³

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto Literario 100. CP. 50000. Toluca, Estado de México.

²Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias de la Alimentación. Unidad Lerma. Av. de las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México. ³Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias.

*Autor de correspondencia: emoralesa@uaemex.mx

ABSTRACT

Objective: To review the effect of the diet type on the composition of fatty acids in cow milk.

Design/methodology/approach: The present study consisted in conducting a search of scientific articles in SCOPUS and ScienceDirect using the keywords: fatty acids, polyunsaturated, origin, diet, oils, fats.

Results: Cow milk contains beneficial unsaturated fatty acids for the consumer. Rumenic acid (CLA, C18:2 c9t11) has the potential of reducing carcinogenesis, and preventing atherosclerosis and diabetes. Food products from ruminants are naturally rich in CLA. Animal diet manipulation has been the main focus to modify the fatty acids profile and to increase the content of C18:2 c9t11 in milk.

Study limitations/implications: Fat in milk typically contains a high proportion of saturated (70-75%), monounsaturated (20-25%) and small amounts of polyunsaturated fatty acids (5%); less than 40% of saturated fatty acids are considered unhealthy; however, cardiovascular diseases may be reduced by the intake of desirable fatty acids derived from ruminant products.

Findings/conclusions: The metabolism of lipids in the diet of ruminants plays an important role. All the sources of variation that influence the lipid concentration in the plant and the diet will influence the contribution of the substrate to the rumen and its hydrogenation process, and therefore, the lipid profile of the milk.

Keywords: fatty acids, polyunsaturated, origin, food, oils, fats.

RESUMEN

Objetivo: Realizar una revisión sobre el efecto del tipo de alimentación sobre la composición de ácidos grasos en leche de vaca.

Diseño/metodología/aproximación: El presente trabajo consistió en realizar una búsqueda de artículos científicos en SCOPUS y ScienceDirect con las palabras clave: ácidos grasos, poliinsaturados, origen, alimentación, aceites, grasas.

Resultados: La leche de vaca contiene ácidos grasos insaturados benéficos para el consumidor. El ácido ruménico (CLA, C18:2 c9t11), ha sido identificado como un ácido graso capaz de reducir la carcinogénesis, prevenir la aterosclerosis y la diabetes. Los productos alimenticios provenientes de los rumiantes son naturalmente ricos en CLA. La manipulación de la dieta del animal ha sido el foco para modificar el perfil de ácidos grasos e incrementar el contenido de C18:2 c9t11 en leche.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La grasa en leche típicamente contiene una alta proporción de ácidos grasos saturados (70-75%), monoinsaturados (20-25%) y cantidades pequeñas de ácidos grasos poliinsaturados (5%); menos de 40% de los ácidos grasos saturados son considerados poco saludables; no obstante, las enfermedades cardiovasculares podrían ser reducidas por el consumo de ácidos grasos deseables en los productos de rumiantes.

Hallazgos/conclusiones: El metabolismo de los lípidos en la dieta del rumiante juega un importante papel. Todas las fuentes de variación que influyan en la concentración de lípidos de la planta y de la dieta, influirán en el aporte del sustrato para el rumen y en su proceso de hidrogenación, y por tanto el perfil lipídico de la leche.

Palabras clave: ácidos grasos, poliinsaturados, origen, alimentación, aceites, grasas.

investigadores, en su esfuerzo por incrementar la concentración de AG deseables en los productos de rumiantes, mediante el desarrollo de estrategias de alimentación que alteren la composición de la grasa de la leche, disminuyendo su contenido de AGS, particularmente de ácidos grasos de cadena media C12:0, C14:0 y C16:0, e incrementando las concentraciones de ácido oleico (C18:1 cis-9), y otros AGPI de la categoría omega-3 y CLA (Ácido linoleico conjugado), con el fin de generar un producto más compatible con las recomendaciones actuales para mejorar la salud humana a largo plazo (Dewhurst *et al.*, 2006). En la leche de vaca se encuentran AGPI benéficos al consumidor, tales como el CLA (por sus siglas en inglés) cuyo principal isómero C18:2 c9 t11 (llamado ácido ruménico) ha sido identificado como un AG capaz de reducir la carcinogénesis, prevenir la aterosclerosis y la diabetes mellitus; y actúa como inmunomodulador en la reducción de la grasa corporal (Haro *et al.*, 2006). Los productos alimenticios provenientes de los rumiantes son naturalmente ricos en CLA, y su variación proporcional está estrechamente ligada a la dieta de los animales (Buccioni *et al.*, 2012).

Origen de los ácidos grasos de la leche

La composición de AG de la leche de los rumiantes generalmente no es el reflejo de la composición de los AG de su dieta, como en muchas otras especies.

Los AG están unidos al glicerol principalmente, forman los complejos tri, di y monoglicéridos. Se han definido como cada uno de los ácidos orgánicos monocarboxílicos, generalmente con un número elevado

INTRODUCCIÓN

La grasa de la leche y los productos lácteos contribuyen de modo importante al consumo de ácidos grasos (AG) y vitaminas en la dieta humana, y tiene un papel crítico en los atributos sensoriales de estos alimentos (Chilliard y Ferlay, 2004). Existe una apreciación del consumidor de que los productos de los rumiantes, tales como la leche, tienen un alto contenido de grasa y son considerados causantes de algunas enfermedades de humanos; en este sentido, en países desarrollados, el alto consumo de AG saturados está asociado con la leche y productos lácteos (Valsta *et al.*, 2005), lo cual ha contribuido a una imagen negativa para estos productos. La grasa en leche contiene alta proporción de AG saturados (AGS, 70-75%), monoinsaturados (20-25%) y cantidades pequeñas de AG poliinsaturados (AGPI, 5%); menos de 40% de los AGS son considerados poco saludables (Elgersma *et al.*, 2006).

Las enfermedades cardiovasculares podrían ser reducidas por el bajo consumo de AGS indeseables y por la alteración en el perfil de AG de la grasa consumida (Elgersma *et al.*, 2006), esto tiene la atención actual de los

de átomos de carbono. Los AG de cadena corta (<12 carbonos) son sintetizados en la glándula mamaria pero los AG de cadena larga y provienen en gran medida de la dieta.

Los lípidos de su dieta son alterados por el metabolismo de las bacterias en el rumen. En el rumen suceden dos importantes procesos consecutivos de los lípidos: la lipólisis y la biohidrogenación (BH). La lipólisis es la liberación de los AG del éster y la BH es la reducción del número de dobles enlaces y la saturación de hidrogeno en los carbonos en la cadena del AG. Los AG que escapan de la BH pueden llegar a la glándula mamaria y ser secretados en la leche (Bauman y Griinari, 2003).

Los isómeros del CLA presentes en la leche pueden tener dos orígenes, una mínima parte proviene de la isomerización del C18:2 c9c12 de la dieta que escapa de la BH ruminal y la gran mayoría se forma en la glándula mamaria por acción principalmente de la enzima $\Delta 9$ desaturasa utilizando el AG vaccénico (C18:1 t11) como sustrato. La producción del C18:2 c9 t11 y del C18: 1 t11 por los rumiantes se ha descrito detalladamente en la revisión de Buccioni et al. (2012).

El C18:1 t11 es un mayoritario AG trans de la grasa de la leche, constituye alrededor de 1.7% (rango: 0.4-4%) del total de AG; éste es un intermediario de la BH de los AGPI de 18 carbonos a C18:0 en el rumen y el mayor precursor del C18:2 c9 t11 en la grasa de la leche. El consumo del C18:1 t11 incrementa los niveles del C18:2 c9t11 en el suero sanguíneo en humanos, lo que sugiere la acción de la enzima $\Delta 9$ desaturasa sobre el C18:2 c9t11 (Turpeinen et al., 2002). La ingestión de C18:2 c9t11 por animales y el hombre no tiene efectos adversos con una intervención a largo plazo y puede en realidad ser beneficioso en la reducción de la grasa corporal y con efectos antiaterogénicos (Bhattacharya et al., 2006).

Las estrategias de alimentación animal

La manipulación de la dieta del animal ha sido el foco para modificar el perfil de ácidos grasos e incrementar el contenido de C18:2 cis-9 trans-11 en leche de vacas (Dhiman et al., 2000; Morales-Almaráz et al., 2010; Castro-Herández et al., 2014). El pastoreo de hierba (Loor et al., 2002; Kay et al., 2004; Morales-Almaráz et al., 2011), la suplementación con aceite de plantas y semillas (Vieyra-Alberto et al., 2017), y la suplementación con aceite de pescado (Abu-Ghazaleh et al., 2003) han demostrado

ser estrategias que tiene un efecto sustancial sobre el perfil lipídico de la leche. En el impacto de la nutrición sobre la composición de AG, juega un importante papel metabolismo de los lípidos de la dieta en el rumen (Palmquist et al., 2005), de tal forma que los efectos dietéticos pueden agruparse en tres categorías en función del método de acción que ejercen: Factores que proporcionan sustratos lipídicos para la BH en el rumen; Factores que alteran el medioambiente ruminal, y Factores que combinan sustratos lipídicos y modificación de la microbiota ruminal.

El pastoreo en la dieta del animal

La fracción de lípidos en las hojas de la hierba y pastos constituye entre el 30 y 100g kg⁻¹ MS, estando formada mayoritariamente por lípidos de los cloroplastos (Bauchart et al., 1984). Las fuentes de variación en la concentración de lípidos en la hierba son la especie de planta, estado de crecimiento, temperatura e intensidad de la luz (Hawke, 1973). De los AG presentes en pastos aproximadamente el 95% consiste en ácidos linolénico, linoleico y palmítico (C16:0) (Hawke, 1973), con una alta proporción (50-75 %) en forma de ácido linolénico (Elgersma et al., 2006).

Existen estudios que demuestran que rumiantes alimentados únicamente con pasto, los contenidos de CLA en leche de vaca son más altos que en donde se aportan dietas completas mezcladas (White et al., 2001; Kay et al., 2005; Bargo et al., 2006) o suplementando concentrados (Loor et al., 2002); así mismo, el efecto de la cantidad de pasto ofrecido o asignación de pasto (Loor et al., 2003) parece cambiar el contenido de ácidos grasos, y en particular, incrementar el nivel de CLA en la grasa de la leche del ganado vacuno. Vibart et al. (2008) observaron un aumento lineal ($P < 0.01$) de los AG C18:2 c9 t11 y linolénico en leche cuando en la dieta se aumentó el nivel de pasto de 0, 21, 32 hasta 41% del total de la ración; una tendencia similar observaron Morales-Almaráz et al. (2010) al alimentar vacas lecheras con dietas completas mezcladas, complementadas con 0, 6 y 12 h de pastoreo.

De manera general, todas las fuentes de variación que influyan en la concentración de lípidos de la planta y de sus ácidos grasos, tal como es el ácido linolénico predominante en el forraje, influirán en el aporte del sustrato para el rumen. De acuerdo con Elgersma et al. (2006), de tal forma que conocer la respuesta de los factores ambientales sobre la concentración y perfil de ácidos

grasos en el forraje asociado a prácticas de manejo basadas en el momento óptimo de aprovechamiento (corte o pastoreo) podrían ayudar al diseño de estrategias de manejo para lograr aumentar los precursores de ácidos grasos benéficos en los productos de rumiantes.

Utilización de forrajes conservados

La conservación del forraje, como heno o ensilado, afecta al contenido de ácido linolénico y de C18:2 cis-9 trans-11 en la grasa de la leche, como consecuencia de que en el forraje conservado disminuye la proporción de linolénico y aumenta la del palmítico (Noble *et al.*, 1974). Por lo tanto, la alimentación con forrajes frescos presenta un efecto positivo. Dewhurst y King (1998) estudiaron el efecto del ensilado sobre la composición de AG de la planta, donde el marchitamiento antes del ensilaje reduce el contenido total de ácidos grasos por alrededor del 30 %, con pérdidas del ácido linolénico del 40%. Estos autores sugieren que el proceso de ensilaje por sí mismo tiene poca influencia cuando se proporciona una buena compactación y sellado de los silos, reduciendo las pérdidas de AG debido a la lipólisis y oxidación durante el marchitamiento antes de la conservación como ensilaje. Lo anterior es una estrategia importante para manipular los precursores de C18:2 cis-9 trans-11 en leche (Elgersma *et al.*, 2006). Por otro lado, con la elaboración del heno se reducen los AG totales por encima del 50%, con las pérdidas más altas de ácido linolénico (Doreau y Poncet, 2000).

Vacas a las que se les ofreció forraje en forma de heno produjeron más ácido linolénico en leche que las vacas consumiendo ensilados, a pesar de tener aproximadamente la mitad del consumo de ácido linolénico (Dewhurst *et al.*, 2006). La transferencia aparente de ácido linolénico desde la dieta a leche incrementó de 3.3% para la dieta basada en ensilado de pasto a 17.2% para dietas basadas con heno de pasto (Dewhurst *et al.*, 2006). Para considerar transferencias o recuperaciones desde el alimento a la leche es necesario tener una adecuada información de la concentración de AG de los alimentos consumidos que pueden ser recuperados directamente en leche o bien para aquellos que sufren una BH y aquellos que son sintetizados *de novo*. Aunque la composición de AG de la leche ha sido evaluada en distintos estudios, comparando el pastoreo y dietas basadas en forrajes conservados como fuente de forraje en la TMR (White *et al.*, 2001; Bargo *et al.*, 2006), los resultados no son consistentes, además, el uso y efecto del pasto en nuevas estrategias de alimentación sobre la composición y perfil de AG de la leche requieren mejor comprensión.

Aceites o grasas

Suplementando a dietas de ganado lechero con AG específicos de cadena larga puede mejorar el efecto benéfico del consumo de pasto sobre el perfil de AG de la leche. Los suplementos de grasa, además de aceites de semillas, han involucrado un amplio rango de suplementos de grasa, incluyendo sebo y algunos productos comerciales como sales de calcio de ácidos grasos, de aceite de palma, sebo, aceite de soya (*Glycine max* L.), alto en ácido linoleico, y nuevas variedades de semilla de colza (*Brassica napus* L.) alta en ácido linolénico (Moate *et al.*, 2007).

El reemplazo parcial de cereales por suplementos de grasa o aceite, la cual tiene mayor concentración de energía que los suplementos basados en almidón, es una alternativa para incrementar el consumo de energía y de ácidos grasos de cadena larga en la grasa de la leche de vacas (Schroeder *et al.*, 2002). Cantidades moderadas de grasas saturadas tienden a aumentar la concentración de grasa de la leche en pequeña cantidad, los lípidos insaturados en grandes cantidades (>8%) decrecen en su mayoría un 1% a la grasa en leche, pero contribuye a mejorar la calidad de la grasa de la leche. Una ingesta elevada de AGPI por parte del animal se asocia a un incremento de las concentraciones de AG insaturados en la grasa de la leche y, en particular, del CLA (Chilliard y Ferlay, 2004); sin embargo, la presencia de AGPI inhibe la actividad y fermentación microbiana en el rumen y provoca una disminución de la digestibilidad de la fibra (Jenkins y Bridges, 2007) y la grasa en la leche (Chilliard y Ferlay, 2004).

La afectación del rendimiento productivo se debe a la interacción con los microorganismos del rumen. Para minimizar esta interacción, los lípidos incluidos a la dieta se pueden "proteger" mediante procedimientos físicos o químicos (Jenkins y Bridges, 2007). El aporte de lípidos en la dieta en forma de grasas protegidas permite incrementar los AG disponibles para la absorción intestinal sin afectar los microorganismos del rumen (Jenkins y Bridges, 2007). Según Chouinard *et al.* (2001), la liberación lenta de los AGI obtenidos a partir de los jabones cálcicos crean unas condiciones favorables para la acumulación de AG C18:1 trans y en consecuencia para

el incremento de la concentración de CLA en leche. Si bien, la manipulación de la dieta puede alterar perfil general de AG de la leche, como ya se ha expuesto, es importante mencionar que aun dentro del mismo hato con la misma alimentación, hay gran variabilidad entre vacas en el contenido de C18:2 cis-9 trans-11 en leche, y mientras la variación individual es considerable, el procesamiento de la leche parece tener escasa influencia en el contenido específico de este AG.

CONCLUSIONES

La alimentación de vacas con fuentes ricas en los AGPI, como linoleico y linolénico, ha demostrado el incremento de componentes funcionales como los AG C18:2 c9 t11 y del C18:1 t11 en la leche, no obstante, el desafío de la investigación es incrementar esos AG sin poner en riesgo la productividad y la salud de las vacas.

LITERATURA CITADA

- AbuGhazaleh A.A., Schingoethe D.J., Hippen A.R., Kalscheur E.K. 2003. Milk conjugated linoleic acid response to fish oil supplementation of diets differing in fatty acids profile. *J. Dairy Sci.* 86: 944-953.
- Bargo F., Delahoy J.E., Schroeder G.F., Baumgard L.H., Muller L.D. 2006. Supplementing total mixed rations with pasture increase the content of conjugated linoleic acid in milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 226-240.
- Bauchart D., Vérité R., Remon B. 1984. Long-chain fatty acid digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn. *Can. J. Anim. Sci.* 64(suppl): 330-331.
- Bauman D.E., Griinari J.M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Ann. Rev. Nutr.*, 23:203-227.
- Bhattacharya A., Banu J., Rahman M., Causey J., Fernandes G. 2006. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 17:789-810.
- Buccioni A., Decandia M., Minieri S., Molle G., Cabiddu A. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Animal Feed Science and Technology*, 174:1-25.
- Castro-Hernández H., González-Martínez F.F., Domínguez-Vara I.A., Pinos-Rodríguez J.M., Morales-Almaráz E., Vieyra-Alberto R. 2014. Efecto del nivel de concentrado sobre el perfil de ácidos grasos de la leche de vacas Holstein en pastoreo. *Agrociencia* 48: 765-775.
- Chilliard Y., Ferlay A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Repr. Nutr. Dev.* 44: 467-492.
- Dewhurst R.J., King P.J. 1998. Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass Forage Sci.* 53: 219-224.
- Dewhurst R.J., Shingfield K.J., Lee M.R.F., Scollan N.D. 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 168-206.
- Dhiman T.R., Satter L.D., Pariza M.W., Galli M.P., Albright K., Tolosa M.X. 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., Poncet C. 2000. Ruminant biohydrogenation of fatty acids originating from fresh or preserved grass. *Reprod. Nutr. Dev.* 40: 201.
- Elgersma A., Tamminga S., Ellen G. 2006. Modifying milk composition through forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 207-225.
- Haro A.M., Artacho R., Cabrera-Vique C. 2006. Ácido linoleico conjugado: interés actual en nutrición humana. *Med Clin (Barc.)*, 127(13):508-515.
- Hawke J.C. 1973. Lipids. Chemistry and biochemistry of herbage. Butler GW, Bailey EW (Eds). London, UK., Academic Press. 213-263.
- Jenkins T.C., Bridges Jr. W.C. 2007. Protection of fatty acids against ruminal biohydrogenation in cattle. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 109:778-789.
- Kay J.K., Mackle T.R., Auldred M.J., Thompson N.A., Bauman D.E. 2004. Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. *J. Dairy Sci.* 87: 369-378.
- Kay J.K., Roche J.R., Kolver E.S., Thomson N.A., Baumgard L.H. 2005. A comparison between feeding systems (pasture and TMR) and the effect of vitamin E supplementation on plasma and milk fatty acid profiles in dairy cows. *J. Dairy Res.* 73: 322-332.
- Loor J.J., Herbein J.H., Polan C.E. 2002. Trans 18:1 and 18:2 isomers in blood plasma and milk fat of grazing cows fed a grain supplement containing solvent-extracted or mechanically extracted soybean meal. *J. Dairy Sci.*, 85:1197-1207.
- Loor J.J., Soriano F.D., Herbein J.H., Polan C.E. 2003. Grazing allowance after the morning or afternoon milking for lactating cows fed a total mixed ration (TMR) enhances trans11-18:1 and cis9,trans11- 18:2 (rumenic acid) in milk fat to different extents. *Anim. Feed Sci. Technol.* 109: 105-119.
- Moate P.J., Chalupa W., Boston R.C., Lean I.J. 2007. Milk fatty acids. I. Variation in the concentration of individual fatty acids in bovine milk." *J. Dairy Sci.* 90: 4730-4739.
- Morales-Almaráz E., Soldado A., González A., Martínez A., Domínguez I., De la Roza B., Vicente F. 2010. Improving the fatty acid profile of dairy cow milk by combining grazing with feeding on total mixed ration. *J. Dairy Res.* 77:225-230.
- Morales-Almaráz E., de la Roza-Delgado B., González A., Soldado A., Rodríguez M.L., Peláez M., Vicente F. 2011. Effect of feeding system on unsaturated fatty acid levels in milk of dairy cows. *Renewable Agric. Food Syst.* 26, 224-229.
- Noble R.C., Moore J.H., Harfoot C.G. 1974. Observations of the pattern of biohydrogenation of esterified and unesterified linoleic acid in the rumen. *Br. J. Nutr.* 31: 99-108.
- Palmquist D.L., Lock A.L., Shingfield K.J., Bauman D.E. 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. En: *Adv. Food Nutr. Res.* Taylor SL (Ed). Elsevier Academic Press, San Diego, CA. Vol. 50: 179-217.
- Schroeder G.F., Gagliostro G.A., Becu-Villalobos D., Lacau-Mengido I. 2002. Supplementation with partially hydrogenated oil in grazing dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 85: 580-594.

- Turpeinen A.M., Mutanen M., Aro A., Salminen I., Basu S., Palmquist D.L., Griinari J.M. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76:504-10.
- Valsta L.M., Tapanainen H., Männistö S. 2005. Meat fats in nutrition: a review. *Meat Sci.* 70: 525–530.
- Vibart R.E., Fellner V., Burns J.C., Huntington G.B., Green Jr. J.T. 2008. Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *J. Dairy Res.* 75: 471-480.
- Vieyra-Alberto R., Arriaga-Jordán C.M., Domínguez-Vara I.A., Bórquez-Gastelum J.L., Morales-Almaráz E. 2017. Efecto del aceite de soya sobre la concentración de los ácidos grasos vaccenico y ruménico en leche de vacas en pastoreo. *Agrociencia* 51: 299-313.
- White S.L., Bertrand J.A., Wade M.R., Washburn S.P., Green J.R., Jenkins T.C. 2001. Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 84: 2295-2301.

