

Selecciones

Conferencias presentadas en el IX ENICIP

(Noviembre 1 al 3, 2007)



Compuestos lipídicos benéficos para la salud humana asociados a la nutrición animal¹

Revista
Colombiana de
Ciencias
Pecuarias

Lipid compounds with benefits for human health associated to animal nutrition

Compostos lipídeos benéficos para a saúde humana associados com a nutrição animal

Martha L Pabón^{1,3} Quim. PhD; Juan Carulla^{1,2} Zoot, PhD.

^{1,2}Grupo de Investigación en Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia y ³Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Colombia.

E-mail: mlpabonr@unal.edu.co

Resumen

Los alimentos de origen animal han sido castigados desde el punto de vista salud debido a sus altos contenidos de grasa saturada. El ALC (ácido linoleico conjugado cis9-trans11), es un compuesto al que se le han atribuido propiedades anticancerígenas, antidiabéticas, antiadipogénicas y antiaterogénicas. Además, se han reportado efectos positivos en el sistema inmune y la mineralización del hueso. Su concentración es mayor en la leche y la carne de animales en pastoreo que en otros sistemas de alimentación, lo cual genera una nueva perspectiva para ubicar la leche Colombiana en mercados internacionales.

Palabras clave: ácido linoleico conjugado en leche, calidad de la leche, composición de la carne, grasa insaturada.

Summary

Animal derived foods used for human consumption have received unfavorable perception because of their high contents of saturated fat. Conjugated linoleic acid (CLA, cis9-trans11) is a compound reported to have anticarcinogenic, antidiabetogenic, antiadipogenic, and antiatherogenic properties as well as having positive effects for the immune system and bone mineralization. Its concentration in meat and milk is higher in grazing animals than in those in other feeding systems. Natural CLA-enriched milk offer a new perspective for Colombian milk in the international markets.

Key words: meat composition, milk linoleic acid, milk quality, unsaturated fat.

¹ Conferencia presentada en el IX Encuentro Nacional y II Internacional de investigadores de las ciencias pecuarias (ENICIP). Medellín, Colombia; noviembre 1 al 3 de 2007.

Resumo

Os alimentos de origem animal têm sido punidos desde o ponto de vista da saúde devido a seus altos conteúdos de gorduras saturadas. O ALC (ácido linoléico conjugado cis9-trans11), um composto com propriedades antidiabéticas, anticancerígenas, antilipogénicas, ademais de potenciar o sistema imunológico e melhorar o crescimento ósseo, presente em maiores proporções no leite e carne dos animais em pastejo, gera uma nova perspectiva comercial do leite da Colômbia no mercado internacional.

Palavras chave: ácido linoléico no leite, gordura insaturada, composição da carne, qualidade do leite.

Introducción

Tradicionalmente los alimentos han sido vistos como fuentes de nutrientes tales como proteínas, vitaminas, minerales entre otros. Estos componentes de los alimentos en cantidades adecuadas son indispensables para una buena salud e incluso muchas de las enfermedades que se presentan en la población humana se han atribuido a una “mala alimentación”. Más de la mitad de las muertes en los Estados Unidos están correlacionadas con patrones alimenticios² y cada vez el consumidor es más consciente de la importancia que tiene la dieta en su salud y prevención de enfermedades y por lo tanto exige productos con características específicas que implican no solo calidad organoléptica sino también la calidad de sus componentes por su efecto que pueden tener sobre la salud; es decir, productos que tengan particularidades saludables además de nutricionales (17, 21).

En diferentes ámbitos se promueven alimentos con propiedades antioxidantes, anticancerígenas, adelgazantes, prebióticos, probióticos entre otros. Muchas de estas características han sido atribuidas a alimentos de origen vegetal hasta el punto que el porcentaje de vegetarianos ha aumentado en los últimos años. En USA el 1% de los adultos era vegetariano en 1995 y en 2006 hay 7% de vegetarianos³.

Recientemente se han encontrado compuestos de origen animal con características benéficas para la salud humana (nutracéuticos). Estos compuestos se encuentran principalmente en la fracción grasa de los alimentos (carne, leche, huevos) con la ventaja

de que a diferencia del contenido de proteína, la composición de la grasa de estos alimentos puede ser modificada al modificar la composición de la dieta del animal (7, 48).

Es así como en el mercado ya encontramos huevos con alto contenido de ácidos grasos $\omega 3$ y $\omega 6$ logrados a través de la alimentación de las gallinas con alimentos ricos en estos ácidos grasos. Ensayos en cerdos también han logrado aumentar el porcentaje de ácidos grasos insaturados pero con el inconveniente de que esto conlleva a un cambio en el punto de fusión de estas produciendo escurrimiento de la grasa en la canal. En los rumiantes, la hidrogenación de las grasas por los microorganismos del rumen hace difícil cambiar la composición de la grasa de la carne o de la leche por medio de la dieta. Sin embargo, en el proceso de biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados en el rumen se forman compuestos intermediarios que dan origen a una variedad muy grande de ácidos grasos que pasan a formar parte del componente lipídico en estas especies y por lo tanto de los alimentos provenientes de ellas. En la leche bovina se han detectado más de 400 ácidos grasos diferentes desde 2 hasta 28 carbonos entre los cuales hay ácidos grasos pares, impares, saturados, monoinsaturados, polinsaturados cis y trans, lineares y ramificados y varios ceto- e hidroxí-ácidos (16). Se ha demostrado que algunos de estos ácidos grasos previenen o disminuyen la incidencia de algunas enfermedades en humanos (37). Su concentración en la grasa puede aumentarse por medio de la alimentación de los animales obteniendo así productos con un valor agregado (38).

2 National Center for Health Statistics, 1997.

3 <http://www.vnv.org.au/Statistics.htm#USA>.

Ácido linoleico conjugado (ALC): un compuesto bioactivo.

La grasa de los bovinos contiene una mezcla de isómeros conjugados de ácido linoleico (ALCs) con un porcentaje del 80-90% del isómero C18:2 cis 9 trans 11 (14, 45, 51), que ha probado ser una de las moléculas más potentes de la naturaleza con propiedades antidiabetogénicas, antiadipogénicas, antiaterogénicas, además de la potenciación del sistema inmune y mejorar la mineralización del hueso (6, 11, 31, 42, 43, 46). En este documento ALC se refiere al isómero más abundante de los ALCs, C18:2 cis 9 trans 11.

El ALC encontrado en la grasa láctea es principalmente un producto de la síntesis en la glándula mamaria por la acción de la enzima Δ^9 -desaturasa sobre 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. El ALC es también un intermediario de la biohidrogenación incompleta del ácido linoleico, parte se escapa del rumen y provee el remanente de ALC encontrado en la grasa láctea (38).

Factores que afectan la concentración de ALC en la leche

Los factores con mayor influencia sobre la concentración de ALC de la leche son el tipo de dieta (granos, o, forrajes), su concentración de precursores (ácido linoleico y ácido linolénico) que se asocian con el flujo de ácido vaccénico desde el rumen, y la variación entre animales asociada a la actividad de la Δ^9 -desaturasa en glándula mamaria (47). Factores como el nivel de producción de leche y grasa, la concentración de grasa en leche, la etapa de lactancia, y el número de partos tienen poca influencia sobre las concentraciones de ALC en leche (35, 39).

La manipulación de la dieta puede lograr crecimientos de más de 8 veces en la concentración de ALC (22). Niveles de ALC entre 2 y 37 mg /g de grasa han sido reportadas (44, 54) y recientemente

se han reportado valores de 53.7 mg ALC /g de grasa (52) y 51.5 mg/g grasa (9) (véase Tabla 1).

Con una alimentación basada en forrajes conservados y granos (dietas TMR), el contenido de ALC de la leche es bajo (23, 36, 57) en comparación con aquella basada en el consumo de forrajes frescos, ya sea bajo estabulación (26), o pastoreo (25, 27). Por su parte, los contenidos de ALC en la leche de vacas en pastoreo son mayores que en vacas alimentadas con raciones totalmente mezcladas o con un suplemento comercial (34, 37, 50), mientras que vacas en solo pastoreo producen mayores niveles de ALC (21.1 mg /g grasa) que aquellas que reciben la tercera (8.9 mg /g grasa) o las dos terceras partes (14.3 mg/g grasa) de su dieta de la pastura (22). En este estudio, la pastura era una mezcla de *Poa pratensis*, *Elytrigia repens*, *Bromus inermis* y *Trifolium repens* y el resto de la dieta era un suplemento que contenía heno de alfalfa, maíz y soya tostada.

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 linoleico (11-17%) (26, 56). Los granos de cereales tienen un contenido intermedio de ácido linoleico (34.9-55.8%), y bajo de α -linolénico (2.1-4.5). Los ensilajes y henolajes de forrajes de pastoreo tienen un contenido menor de ácidos grasos que el forraje fresco, especialmente de α -linolénico (20, 26), aunque mayor que el encontrado en el ensilaje de maíz (8). El ensilaje de maíz, ampliamente utilizado en dietas de invierno (TMR), tiene un contenido moderado de linoleico (40.9%) y muy bajo de linolénico (6.1%) (2). Adicionalmente, el grano presente en el ensilaje de maíz (20-40%) puede contribuir a la disminución del pH del rumen, que por debajo de 6 puede cambiar las poblaciones de bacterias (55), afectando especialmente a las celulolíticas, que son las principales responsables de la hidrogenación de los lípidos en el rumen y de la producción de ALC y vaccénico (32).

Tabla 1. Contenido de ALC (ácido linoléico conjugado), ALC (cis, 9 - trans, 11) y ácido vaccénico en leche de diferentes partes del mundo

País y condiciones de manejo	Total ALC			ALC (cis,9-trans,11)			Acido Vaccénico			Referencia
	Med ia	mini mo	máxi mo	Med ia	mini mo	máxi mo	med ia	mini mo	máxi mo	
Alemania, estabulado				4,5	1	10,5	9,3	3,5	19,6	Precht and Molkentin (2000)
Alemania, pastoreo				12	4,9	18,9	28,7	14,5	44,3	Precht and Molkentin (2000)
Alemania, transición				7,6	1,9	11,9	17,8	8,5	17,3	Precht and Molkentin (2000)
Alemania, Total				7,5	1	18,9	17,2	3,5	44,3	Precht and Molkentin (2000)
Holanda				7,3	3,6	13,3	19,8			Precht and Molkentin (1995, 2000)
Holanda, estabulado	4,1	2	7				9,3	6	20	Ellen et al. (2001)
Holanda, pasturas	9,2	3	25				19,2	6	44	Ellen et al. (2001)
Holanda, transición	6,4	3	12				15,5	7	29	Ellen et al. (2001)
Holanda, invierno	3,7	2,9	4,5	3,4	2,8	4,2	8	6,6	9,2	G. Ellen, NIZO Food Research
Holanda verano	6,9	4,6	10,9	6,5	4,2	10,3	15,5	9,8	22,5	G. Ellen, NIZO Food Research
Holanda otoño/primavera	4,7	3	8,5	4,5	3	8,2	10,6	7,9	17	G. Ellen, NIZO Food Research
Austria				9,2	5,2	14,4				Precht and Molkentin (2000)
Bélgica				7,6			14,7			Precht and Molkentin (1995, 2000)
Dinamarca				8,7	5,9	9,9	20			Precht and Molkentin (1995, 2000)
España				9,5	8,2	11,1	21,1			Precht and Molkentin (1995, 2000)
Francia				7,4	2,1	15,6	17,1	3,6	38,1	Precht and Molkentin (2000)
							23,6			Precht and Molkentin (1995)
Inglaterra				10,3	6	14	25,1			Precht and Molkentin (1995, 2000)
Grecia				8,7	8,5	8,9	19,1			Precht and Molkentin (1995, 2000)
Italia				9,4	6,3	16,7	21			Precht and Molkentin (1995, 2000)
Irlanda				14,1	5,6	18,2	35,4			Precht and Molkentin (1995, 2000)
Luxemburgo				6,7			14,8			Precht and Molkentin (1995, 2000)
Suecia				5,6						Precht and Molkentin (2000)
suiza tierras bajas	8,7			8,1	7	11	21,1	18	25	Collomb et al. (2002)
suiza montaña	16,1			15	13	18	36,6	32	42	Collomb et al. (2002)
suiza tierras altas	23,6			21,8	18	26	51	42	58	Collomb et al. (2002)
Nueva Zelanda				11	7	14				MacGibbon et al. (2001)
Nueva Zelanda otoño				14	8	22				MacGibbon et al. (2001)
estados unidos				4,5	3,4	6,4				Lin et al. (1995)
Canadá	4,6	3,4	5,5							Jensen (2002)
Polonia pasturas	17,1	12,5	23,4				52,8	42,7	73	Zegarska and Kuzdzal-Savoie (1988)
Polonia estabulados	4,3	3,2	7,8				16,4	13,1	26,5	Zegarska and Kuzdzal-Savoie (1988)
Colombia (sabana de Bogotá)				13,5	4	6,38	19,32			Rico et al (2007)

Adaptado de Elgersma. A., *et al.*, 2006. y Rico. E., *et al.* 2007

La suplementación con aceites vegetales ha sido estudiada ampliamente (véase Tabla 2) y su efecto sobre los niveles de ALC en la leche dependen de su perfil de ácidos grasos (54). Comparaciones entre diferentes tipos de aceites vegetales sugiere que los que tienen un mayor contenido de ácido linoleico aumentan mayormente la concentración de ALC en la leche cuando se adicionan a dietas de vacas lecheras (18, 19, 23, 34, 54) pero Lock y Garnsworthy sugieren que se obtienen aumentos comparables en el ALC de la leche con dietas ricas en ácido linoléico. La suplementación con

aceites de pescado en la misma cantidad que los aceites vegetales es más efectiva en aumentar los niveles de ALC en la leche (12). El mecanismo de este efecto no es claro ya que la biohidrogenación de los ácidos grasos poliinsaturados (EPA y EHA) presentes en el aceite de pescado no generan ácido vaccénico o ALC. Sin embargo, se ha observado un aumento en las concentraciones de ácido vaccénico en rumen y glándula mamaria posiblemente como resultado de la inhibición del paso final de biohidrogenación a ácido estearico por el EPA y el EHA (13).

Tabla 2. Efecto de la dieta en los contenidos de ALC de la leche bovina

	ALC (mg/g)	Isómero	Referencia
Dietas en pastoreo			
33% pastura	8.9		23
66% pastura	14.3	c9	
100% pastura	22.1		
100 % pastura tierras bajas	8.7	c9	15
100% pastura montaña	16.1		
100% pastura tierras altas	23.6		
incorporación de aceites vegetales			
Control (51% forraje, 49% grano)	3.9	c9	23
3.6% aceite de soya	21		
2.2% aceite de linaza	15.8		
4.4% aceite de linaza	16.3		
Control (55% forraje, 45% grano)	5.09	c9	23
0.5% aceite de soya	7.5		
1.0% aceite de soya	7.6		
2.0% aceite de soya	14.5		
4.0% aceite de soya	20.8		
1.0% aceite de linaza	7.3		
Control	4	S/c9	2
2.5% aceite de soya	9.1		
relación (35:65 concentrado/forraje)	8.2	S/c9	40
bajo en aceite de linaza (3% DM)	18.2		
relación (65:35 concentrado:forraje)	10.4		
alto en aceite de linaza (3% DM)	30		
aceite de maní	13.3	c9	34
aceite de girasol	24.4		
aceite de linaza	16.7		
Control	3.5		15
4% sal de calcio con aceite de canola	13.2		
4% sal de calcio con aceite de soya	22.5		
4% sal de calcio con aceite de lino	19.5		
Control (torta de soya)	3.1		
tora de soya extruida (120, 130, 140 C)	19.9		
heno libre + 15 Kg remolacha forrajera	4.7	S	18
+1.0 kg semilla de colza	6.8		
+1.0 kg semilla de girasol	8.8		
+1.4 kg semilla de girasol	17.6		
+1.0 kg lino	6.3		
+1.4 kg lino	9.9		

Tabla 2. Continuación

	ALC (mg/g)	Isómero	Referencia
Control	9	c9	30
12.6% DM linaza cruda	14		
12.6% DM linaza pulverizada	14		
12.6% DM linaza extruida	19		
Control (60% forraje, 40% concentrado)	4.5	c9	6
Control+24 ppm monensina	5.2		
6% DM aceite de cártamo	33.6		
+ 24 ppm monensina	51.5		
Control (60% forraje, 40% concentrado)	6.8		
6% DM cártamo	41.2		
+150 IU vitamina E kg /Ms/día	34.8		
+24 ppm monensina	45.5		
+ vitE+monensina	47.5		
6% MS aceite de linaza +vit.E	28		
incorporación de aceites marinos			
0% aceite de pescado	3.9	c9	2
25% aceite de pescado	4.4		
50% aceite de pescado	4.6		
100% aceite de pescado	7.2		
Control	6.9	c9	5
2% aceite de pescado	24.3		
Control	6	S/c9	15
200 mL/día aceite de pescado	18		
400mL/día aceite de pescado	17		
Control	7.1		24
1% aceite de pescado	17.1		
2% aceite de pescado	25.3		
3% aceite de pescado	21.2		
Control	5.6	S/c9	52
+250 g aceite de pescado/día	18.5		
aceites vegetales y aceites marinos			
Control	4	S/c9	2
0.5% aceite de pescado	5.6		
0.5% aceite de pescado +2% aceite de soya	15,9		
Control	3.3	c9	1
0.5% aceite de pescado +2% aceite de soya	11.6		
Control (TMR base maíz)	5.2	c9	41
1% aceite de pescado + 2% aceite de soya	47.4		
Control (44% forraje, 56% concentrado)	6.1	S/c9	7
2.7% jabón calcio palma y aceite de pescado	12.7		
+5% torta de soya extruida	14.4		
+ 0.75% aceite de soya	18.2		
Control	5.0	S (c9)	53
45 g /ms/día aceite de pescado + aceite de girasol (1:2)	34.7		

Adaptado de: (16).

S= total CLA; c9=cis-9, trans-11 CLA.

Estudios hechos en Colombia

En Colombia, donde los sistemas de producción de leche están basados en pastoreo, se esperaría encontrar mayores niveles de ALCs en la grasa de la leche, en relación a otros países cuyos

sistemas de producción se basan en raciones completamente mezcladas ("total mixed ratio", TMR). Datos encontrados por el Grupo de Investigación en Nutrición Animal muestran que el kikuyo tiene altas concentraciones de los ácidos

grasos linoleico y linolénico, precursores de ALC en la leche y éstas son dependientes de la edad (Carulla J, resultados sin publicar). Un estudio reciente de este grupo donde se muestrearon 19 Sistemas de producción de leche de la Sabana de Bogotá encontraron niveles de ALC entre 5 y 20 mg/g de grasa (49). Las concentraciones más bajas correspondían a explotaciones con una alta proporción de la dieta proveniente de suplementos (incluyendo silos, granos y otros alimentos) (véase Figura 1). Estas observaciones preliminares confirmarían lo reportado por otros autores que a mayor proporción de la dieta basada en pastura mayor el nivel de CLA. Sin embargo, el grupo

de nutrición ha encontrado una gran variabilidad en la concentración de precursores de CLA en las especies forrajeras usadas en Colombia que sugerirían que no todas las pasturas generarían altos niveles de CLA en la grasa láctea particularmente en algunas de la zona de trópico bajo. Las diferencias encontradas en el contenido de ALC sugieren que la alimentación con forrajes frescos puede resultar ventajosa para la producción de leche con alto contenido de ALC y que bajo condiciones comerciales, la suplementación apropiada podría ofrecer la oportunidad de aumentar el suministro de AGPIs (ácidos grasos poliinsaturados) requeridos para su síntesis.

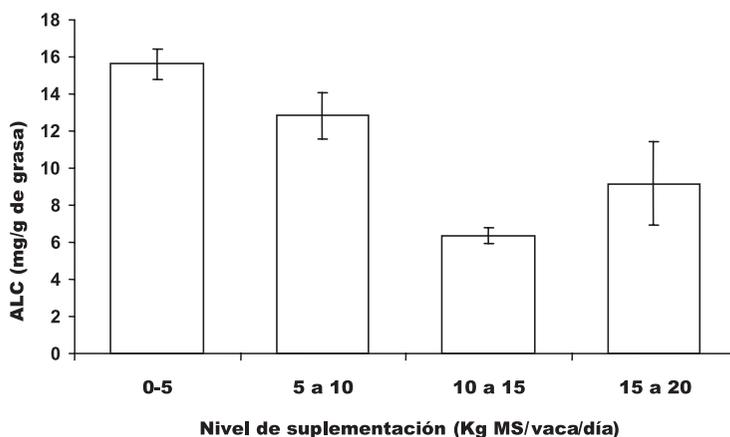


Figura 1. Relación entre la cantidad de materia seca suplementada y la concentración de ALC (cis-9, trans-11). Incluye suplementos forrajeros y no forrajeros.

El tipo de forraje y la edad de rebrote del forraje también tienen un efecto sobre la concentración de ALC en la leche. El consumo de pasto kikuyo resulta en mayores niveles lácteos de ALC que el del pasto ryegrass y los mayores niveles se encontraron en vacas que pastaban kikuyo de 50 días que para las que consumían kikuyo de 70 días o ryegrass de 38 días (3).

Perspectivas para Colombia

La industria láctea nacional ha venido creciendo en los últimos tiempos (15 años) a una tasa estimada de 2.8% anual (29) acorde con el aumento en el consumo *per capita*. Este factor ubica a Colombia como uno de los países con

más alto consumo de leche por habitante año en América latina con 135.8 litros al 2005, de los 170 litros anuales recomendados por la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. El consumo de ALC teniendo en cuenta el promedio de 14 mg/g de grasa reportado por Rico (49) sería de 188 mg de ALC/día, la mitad de los 300 mg recomendados (10). Para obtener estos consumos de ALC tendríamos que duplicar nuestro consumo de leche y productos lácteos. Se esperaría que la incorporación de la leche al listado de alimentos funcionales pudiera aumentar de manera significativa el consumo por habitante en Colombia y disminuir la incidencia de algunas enfermedades de riesgo.

Referencias

1. AbuGhazaleh AA, Schingoethe DJ, Hippen AR, Kalscheur KF. Feeding fish meal and extruded soybeans enhances the conjugated linoleic acid (CLA) content of milk. *J Dairy Sci* 2002; 85:624-631.
2. Abu-Ghazaleh AA, Schingoethe DJ, Hippen AR, y Whitlock LA. Feeding fish meal and extruded soybeans enhances the conjugated linoleic acid (CLA) content of milk. *J Dairy Sci* 2002; 85:624-631.
3. Aguilar OX, Moreno B, Cárdenas E, Pabón ML, Carulla J. Composición de la grasa de la leche en vacas en pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o ryegrass (*Lolium spp*) con diferentes edades de rebrote. *Rev Colomb Cienc Pecú* 2007; 20:619 (Resumen).
4. Allred SL, Dhiman TR, Brennand CP, Khanal RC, McMahon DJ, Luchini ND. Milk and cheese from cows fed calcium salts of palm and fish oil alone or in combination with soybean products. *J Dairy Sci.* 2006; 89:234-248.
5. Baer RJ, Ryali j, Schingoethe DJ, Kasperson KM, Donovan D, Hippen AR. Composition and properties of milk and butter from cows fed fish oil. *J Dairy Sci.* 2001; 84:345-353.
6. Banni S, Martin JC. Conjugated linoleic acid and metabolites. In: Sebedio JJ, Christie (Ed.) *Trans Fatty Acids in Human Nutrition*. Oily Press, Dundee, Scotland. 1998; pp 261-302.
7. Baucells MD, Crespo N, Barroeta AC, López Ferrer S, Grashorn MA. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. Effect of dietary oils and alpha-tocopherol acetate supplementation on lipid (TBARS) and cholesterol oxidation in cooked pork. *Poultry Sci* 2000; 79:51-59.
8. Bauman DE, Corl BA, Peterson DG. The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. In: *Advances in conjugated linoleic acid research*; vol 2. AOCS press, Champaign, 2003. p146-173.
9. Bell JA, Griinari JM, Kennelly JJ. Effect of safflower oil, flaxseed oil, monensin and vitamin E on concentration of conjugated linoleic acid in bovine milk fat. *J Dairy Sci* 2006; 89:733-748.
10. Bell JA, Kennelly JJ. Conjugated linoleic acid enriched milk: a designer milk with potential. *Adv Dairy Technol* 2001; 13:213-228.
11. Belury MA. Conjugated dienoic linoleate: a polyunsaturated fatty acid with unique chemoprotective properties. *Nutr Rev* 1995; 53:83-89.
12. Chilliard Y, Ferlay A, Doreau M. 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. *Livestock Prod Sci* 2001; 70:31-48.
13. Chilliard Y, Ferlay A, Mansbridge RM, Doreau M. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann Zootechnol* 2000; 49:181-205.
14. 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.
15. Chouinard PY, Corneau L, Butler WR, Chilliard Y, Drackley JK, Bauman DE. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentration in milk fat. *J. Dairy Sc.* 2001; 84:680-690.
16. Collomb M, Bütikofer U, Sierber R, Jeangros B, Bosset JO. Correlation between fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder. *Int Dairy J* 2002; 12:661-666.
17. Collomb M, Schmid A, Sieber R, Wechsler D, Ryhanen EL. Conjugated linoleic acid in milk fat: variation and physiological effects. *Int Dairy J* 2006; 16:1347-1361.
18. Collomb M, Sieber R, Bütikofer U. CLA isomers in milk fat from cows fed diet with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids* 2004; 39:355-364.a
19. Collomb M, Sollberger H, Bütikofer U, Sieber R, Stoll W, Schaeren W. 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* 2004; 14:549-559.b
20. 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.
21. Dewhurst RJ, Shingfield KJ, Lee MRF, Scollan ND. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim Feed Sci Technol* 2006; 131:168.
22. Dhiman T R, Anand GR, Satter LD, Pariza MW. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J Dairy Sci* 1999; 82:2146-2156.
23. Dhiman TR, Satter L D, Pariza MW, Galli MP, Albright K, et al. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diet rich in linoleic and linolenic acid. *J Dairy Sci* 2000; 83:1016-1027.
24. Donovan DC, Schingoethe DJ, Baer RJ, Ryali J, Hippen AR, Franklin ST. Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. *J Dairy Sc.* 2000; 83: 2620-2628.
25. 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 Technol* 2004; 117:13-27.
26. 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. *Anim Feed Sci Technol* 2003; 108:191-205.

27. Elgersma A, Ellen G, y 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, June 2004. Grassland Sci Eur 2004; 9:1136-1138.
28. Elgersma A, Tamminga S, Ellen G. Modifying milk composition through forage. Anim Feed Sci Technol 2006; 131:207-225.
29. Espinal FC, Martínez H, Amezcuita J. Tercer Informe de Coyuntura leche 2006. Observatorio de Agrociencias. URL: www.agrociencias.gov.co. 2006.
30. Gonthier C, Mustafa AF, Ouellet DR, Chouinard PY, Berthiaume R, Petit HV. Feeding micronized and extruded flax seed oil to dairy cows: Effects on blood parameters and milk fatty acid composition. J. Dairy Sci. 2005;88: 748-756.
31. Houseknecht KL, Vanden Heuvel JP, Moya Camarena SY, Portocarrero CP, Peck LW, et al. Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa rat. Biochem Biophys Res Commun 1998; 244:678-682.
32. 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.
33. Kay JK, Mackle TR, Auld M.J, 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.
34. Kelly ML, Berry JR, Dwyer DA, Griinari JM, Chouinard PY, et al. Dietary fatty acids sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. J Nutrition 1998; 128:881-885.b
35. 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.
36. Khanal RC, Dhiman TR, Boman RL. Influence of turning cows out to pasture on fatty acid composition of milk. J Dairy Sci 2003; 86(Supl 1): 356 (Resumen).
37. 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.
38. 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 Comp Analysis 2005; 18:409-425.
39. 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; 88:2714-271.
40. Loor JJ, Ferlay A, Ollier A, Chilliard Y. Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. J Dairy Sci. 2005; 53: 726-740.
41. Lynch JM, Lock AL, Dwyer DA, Noorbakhsh R, Barbano D, Bauman DE. Flavor and stability of pasteurized milk with elevated levels of conjugated linoleic acid and vaccenic acid. J. Dairy Sci. 2005; 88: 489-498.
42. Pariza MW, Hargraves W A. A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7, 12-dimethylbenz[a]anthracene. Carcinogenesis 1985; 6:591-593.
43. Pariza MW, Loretz LJ, Storkson JM, Holland NC. Mutagens and modulator of mutagenesis in fried ground beef. Cancer Res 1983; 43:2444s-2446s.
44. 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.
45. Parodi PW. Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. J Dairy Sci 1977; 60:1550-1553.
46. Parodi PW. Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. J Nutr 1997; 127:1055-1060.
47. 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.
48. Rey CJ, Lopez Bote JP, Kerry PB, Lynch DJ, Buckley, et al. Modification of lipid composition and oxidation in porcine muscle and muscle microsomes as affected by dietary supplementation of n-3 with either n-9 or n-6 fatty acids and α -tocopheryl acetate. Anim Feed Sci Technol 2004; 223-238.
49. Rico JE, Moreno B, Pabón ML, Carulla J. Composición de la grasa láctea de la sabana de Bogotá con énfasis en ácido ruménico - CLA cis-9, trans-11. Rev Colomb Cienc Pecu 2007; 20:30-39.
50. Schroeder, JJ Couderc, F Bargo, DH Rearte Milk production and fatty acid profile of milk fat by dairy cows fed a winter oats (Avena sativa L.) pasture only or a total mixed ration New Zealand J Agric Res 2005; 48:187-195.
51. Sehat N, Kramer JKG, Mossoba MM, Yurawecz MP, Roach JAG, et al. Identification of conjugated linoleic acid isomers in cheese by gas chromatography, silver ion high performance liquid chromatography and mass spectral reconstructed ion profiles. Comparison of chromatographic elution sequences. Lipids 1998; 33:963-971.
52. Shingfield KJ, Reynolds CK, Hervas G, Griinari JM, Grandison AS, et al. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. J Dairy Sci 2006; 89:714-732.

53. Shingfield KJ, Reynolds CK, Hervas G, Griinari JM, Grandison AS, Beever DE. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *J.Dairy Sc.* 2006; 89: 714-732.
54. Stanton C, Murphy J, McGrath E, Devery R. Animal Feeding strategies for conjugated linoleic acid enrichment of milk. In: Sébédio JL, Christie WW, Adolf R(Eds.) *Advances in conjugated linoleic acid research*; Vol. 2. Champaing; AOAC Press: 2003. p.123-145.
55. VanSoest PJ. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell Univ Press. 1994.
56. Walker GP, Doyle PT, Heard JW, Francis SA. Fatty acid composition of pastures. *Anim Prod Australia* 2004; 25:192-195.
57. White SL, Bertrand JA, Wade MR, Washburn SP, Green JT Jr. 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.