COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA PRODUCIDA EN SISTEMAS ECOLÓGICOS Y CONVENCIONALES DE GALICIA

A. BOTANA¹, C. RESCH¹, L. GONZÁLEZ¹, T. DAGNAC¹, S. PEREIRA-CRESPO², B. FERNÁNDEZ-LORENZO¹, R. LORENZANA², M. VEIGA¹, I. LEMA¹, G. FLORES-CALVETE¹

¹Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM), Apdo. 10, 15080 A Coruña (España). ²Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña (España).

Correspondencia: adrian.botana.fernandez@xunta.es

RESUMEN

Se presenta en este trabajo, realizado en 38 explotaciones de vacuno lechero de Galicia, una comparación de la composición fisicoquímica y del perfil de ácidos grasos (AG) de la leche producida en sistemas ecológicos y convencionales. Se realizaron cinco visitas por explotación entre los meses de octubre de 2013 y septiembre de 2014. En cada visita se tomó información acerca de la composición del rebaño, dieta consumida por las vacas en lactación y muestras de la leche de tanque, analizando la composición fisicoquímica y el perfil de AG. Las explotaciones ecológicas utilizaron porcentualmente más forraje verde y menos concentrado y la producción media por vaca fue inferior comparada con las convencionales. No hubo diferencias en la composición fisicoquímica de la leche entre ambos sistemas, salvo para el punto crioscópico, significativamente más elevado para las ecológicas. El análisis de la composición de los ácidos grasos de la leche mostró un perfil que puede considerarse nutricionalmente más beneficioso, desde el punto de vista de la salud humana que el producido en el sistema convencional, lo cual se atribuye fundamentalmente a las diferencias en la composición de la ración.

Palabras clave: ganado vacuno, calidad de la leche, producción orgánica, pastos

SUMMARY

We compared milk composition and fatty acid (FA) profile in dairy milk produced in both organic and conventional systems. This study was carried out on 38 dairy farms in Galicia. Five visits took place on each farm between October 2013 and September 2014. On each visit, information was collected about the herd, the feeding of the milking cows and samples from the bulk tank milk were taken to analyze the milk composition and fatty acid profile. A total of 184 valid observations were obtained from 190 visits. Organic farms used more fresh forage and less concentrate and milk production was lower than on conventional farms. No differences were found in milk composition between the two systems, except for freezing point, which was significantly higher on organic farms. The analysis of the milk FA composition showed that organic compared to conventionally-produced milk, had a FA profile that can be regarded as nutritionally more beneficial, from the human health perspective. This fact is mainly attributed to the differences in the composition of the diet between the two systems.

Key words: cows, milk composition, organic production, pastures

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 15 años, el interés de los consumidores por adquirir alimentos de calidad, seguros y saludables ha aumentado de forma considerable. En la actualidad los consumidores están cada vez más atentos a los métodos activos de preservar su condición saludable y aumentar lo que se

denomina "esperanza de salud" y no solamente su "esperanza de vida" (Özer y Avni-Kirmazi, 2010). La composición en sólidos y el perfil de AG de la leche dependen, entre otros factores, del genotipo de la vaca y del estado de lactación, pero sobre todo de la alimentación consumida por la vaca (Givens y Shingfield, 2006). La composición de la grasa de la leche de vaca ha cambiado a lo largo de las últimas décadas debido a los cambios en el modelo de alimentación del ganado, caracterizado por una mayor presencia en las raciones de ensilado de maíz y de concentrados, conjuntamente con una disminución del consumo de forrajes frescos (Elgersma *et al.*, 2006). Siendo el uso de la hierba fresca y ensilada una de las características del sistema de producción ecológico en las explotaciones de Galicia y no habiendo información detallada acerca de la composición de la leche en este sistema de producción, el objetivo de este trabajo fue estudiar y comparar la composición fisicoquímica y perfil de AG de la leche de vaca de explotaciones que siguen sistemas de producción de tipo ecológico y convencional en Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 38 explotaciones lecheras, con diferente grado de intensificación forrajera, caracterizado por la realización o no de pastoreo por parte del ganado en lactación y por el porcentaje de superficie agraria útil dedicado al cultivo del maíz (Tabla 1).

Tabla 1. Grupos de alimentación forrajera en las explotaciones estudiadas.

Aprovechamiento de la hierba	Maíz para ensilar (%SAU)	Ración forrajera	Sistema de producción	n
Pastoreo/ensilado	Menos del	The fact that a second and a second and the second	Ecológico	5
			Convenciona I	7
Ensilado todo el año	Menos del 25%	Predomina ensilado de hierba	Convensions	10
	Entre 25%- 50%	Equilibrio entre ensilado de hierba y ensilado de maíz	Convenciona I	10
	Más del 75%	Predomina ensilado de maíz		6

SAU: Superficie Agraria Útil; n: nº de explotaciones estudiadas

De las 12 explotaciones que realizaban pastoreo en algún momento del año, cinco seguían un sistema de producción ecológica (ECO) siguiendo las 33 restantes un sistema de producción convencional (CON). Fueron realizadas cinco visitas a las explotaciones, en los meses de octubre y diciembre de 2013 (visitas 1 y 2) y en febrero, abril y junio de 2014 (visitas 3 a 5) a fin de recoger la variabilidad estacional de la composición de la ración consumida por las vacas a lo largo del año. En cada visita se cubrió un cuestionario en el que se reflejaba el número de vacas en lactación, la producción de leche y los ingredientes utilizados para la confección de la ración diaria de los animales en ordeño, siendo tomadas muestras de los forrajes, concentrados y materias primas utilizados, así como de leche de tanque (dos alícuotas de 50 mL) siguiendo el protocolo de muestreo del Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de Leche (LIGAL). La composición de la dieta consumida se expresó en forma de porcentaje de cada ingrediente (hierba fresca, ensilado de hierba, ensilado de maíz, forraje seco y concentrado) sobre la materia seca (MS) total consumida por las vacas. La ingesta teórica de las vacas en lactación se calculó en función de la producción de leche media por vaca en cada visita, utilizando la expresión MSI=0,372 x PL4MG + 12, adaptada del NRC (2001), donde MSI son los kg de MS consumidos por vaca y día y PL4MG es la producción diaria de leche corregida al 4 % de grasa expresada en kg por vaca. Dicha medida fue utilizada para estimar el consumo de pasto en el

caso de vacas en pastoreo, siendo este la diferencia entre la ingesta teórica y la suma de los distintos ingredientes ofrecidos en el comedero, expresados en MS.

Una de las alícuotas de leche se trasladó inmediatamente al laboratorio del LIGAL, refrigerada a 4 °C, donde se estimó la composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro, urea y punto crioscópico) mediante los análisis de rutina FTMIR empleando un MilkoScan™ FT6000 (Foss Electric A/S, Hillerød, Denmark). La segunda alícuota se mantuvo congelada a -18 °C hasta su análisis para la determinación de su composición de AG. La grasa de la leche se extrajo siguiendo los estándares ISO 14156/:2001 IDF 172 para la extracción de grasa y la metilación de los ésteres de AG se realizó según la norma ISO 15884/IDF 182. Posteriormente se determinó la composición de AG por cromatografía de gases (GC-FID) utilizando una columna capilar BPX70 que permitió la identificación y cuantificación de 45 AG individuales según lo indicado en Flores *et al.* (2011).

De un total de 190 visitas realizadas se obtuvieron finalmente 184 observaciones válidas con datos de la composición de la ración, la composición fisicoquímica de la leche y el perfil de AG de la leche, sobre los cuales se realizó un análisis de varianza de una vía para el sistema de producción (convencional vs ecológico), utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tamaño medio del rebaño lechero de las granja CON $(36,2\pm13,5\,\text{vacas})$ no fue significativamente diferente del presente en las granjas ECO $(38,0\pm26,4\,\text{vacas})$. La raza de vacas predominante en ambos tipos de explotaciones fue la frisona, en concordancia con lo que acontece en las granjas lecheras del resto del estado. El porcentaje de frisonización fue sin embargo diferente entre ambos sistemas, siendo más elevado y muy poco variable en las explotaciones CON $(99,6\pm1,4\,\%)$ comparado con las ECO $(76,8\pm34,1\,\%)$. En este sistema, además de la raza frisona se encuentran otros tipos de razas o cruces (entre las que se encuentran las razas jersey, normanda o montbéliarde), como respuesta a la búsqueda por parte de los ganaderos de unas características diferentes, como pueden ser una mayor rusticidad, mayor longevidad, o una mejora de las calidades de la leche centrada en mayor producción grasa, proteína y de sólidos totales.

La estimación de la ingesta de MS es significativamente inferior en las vacas en ECO (Tabla 2), con casi 2 kg vaca⁻¹ día⁻¹ menos, siendo observadas diferencias significativas entre ambos sistemas en la contribución porcentual de los diferentes ingredientes de la dieta sobre la ingesta total de MS excepto para el ensilado de maíz, que es el segundo alimento en importancia en las dos raciones, superando el 27 % en ambas.

Tabla 2. Efecto del sistema de producción sobre la ingestión de MS y la composición media de la dieta.

	Sistema de producción		
	Convencional	Ecológico	_ р
n	160	24	
MSI (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	22,74	20,84	***
Composición de la ración (% MSI)			
Hierba fresca	10,47	29,49	***
Ensilado de hierba	19,39	7,16	***
Ensilado de maíz	28,06	27,14	ns
Forraje seco	6,57	18,43	***
Concentrado	35,51	17,78	***

n: nº de observaciones; MSI: Ingestión de materia seca; p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo; ***: p<0,001

El alimento principal de la dieta media en el sistema CON es el concentrado, superando el 35 % de la MS total, cifra que duplica a la de este componente en la dieta ECO, donde no llega al 18 %. Ocurre lo contrario con el componente principal de la dieta ECO, que es la hierba fresca, triplicando a este mismo alimento en el sistema CON (29,49 vs. 10,47 % MSI). Los restantes alimentos también presentan grandes variaciones, siendo el ensilado de hierba un componente importante dentro de la dieta media de las granjas de tipo CON y menor en las de tipo ECO (19,39 vs. 7,16 % MSI), mientras que el consumo de forraje seco tiene más importancia en la dieta ECO, siendo mucho más reducido en las CON (18,43 vs. 6,57 % MSI).

La producción de leche media (Tabla 3) obtenida en el sistema CON es un 20 % mayor que en el sistema ECO (28,87 vs. 23,78 kg vaca⁻¹ d⁻¹), como consecuencia de un sistema más intensivo de producción caracterizado por animales más productivos, con mayor capacidad de ingestión de MS, un mayor uso de ensilados y un gasto de concentrado por litro de leche más elevado, que casi duplica al del sistema ecológico (0,280 vs. 0,156 kg L⁻¹). La composición fisicoquímica de la leche presenta diferencias significativas, aunque de pequeña magnitud, con valores superiores en el sistema CON comparado con ECO en la materia proteica (3,23 vs. 3,17 %), lactosa (4,72 vs. 4,66 %) y extracto seco magro (8,74 vs. 8,61 %). El contenido en materia grasa y en urea de la leche no se vio afectado significativamente por el sistema de producción.

Existe una marcada diferencia (p<0,001) en el punto crioscópico de la leche (PC), claramente más elevado para las explotaciones ECO (-0,518 °C) comparado con las CON (-0,522 °C). Este hecho unido a la penalización de parte de los operadores cuando no se alcanza un determinado nivel de PC en la recogida de leche, sin tener en cuenta el sistema de producción utilizado, sugiere la necesidad de revisar el límite teniendo en cuenta el sistema de alimentación para no penalizar injustamente a aquellos basados en el consumo de hierba. Se ha referenciado por diversos autores, entre ellos Demott et al. (1969) que el valor del punto crioscópico se incrementa en raciones con un alto ratio en forraje:concentrado.

Tabla 3. Efecto del sistema de producción sobre la producción y la composición fisicoquímica de la leche de tanque.

	Sistema de producción		
	Convencional	Ecológico	p p
n	160	24	
Producción de leche corregida al 4% MG (kg vaca ⁻¹ d ⁻¹)	28,87	23,78	***
Composición fisicoquímica de la leche (%)			
Materia grasa	3,82	3,82	ns
Materia proteica	3,23	3,17	*
Lactosa	4,72	4,66	**
Extracto seco magro	8,74	8,61	**
Urea (mg L ⁻¹)	217,02	200,21	ns
Punto crioscópico (ºC)	-0,522	-0,518	***

n: nº de observaciones; MG: Materia grasa; p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001

En la Tabla 4 se presentan los valores medios más relevantes del perfil de AG de la leche, pudiéndose observar que, expresados sobre los AG totales (AGT) la leche del sistema ECO presenta un nivel significativamente mayor de AG saturados (70,53 vs. 68,60 % AGT) y menor de AG monoinsaturados (24,64 vs. 26,90 % AGT), no habiendo diferencias significativas en contenido de AG poliinsaturados (3,83 vs. 4,07 % AGT para CON y ECO, respectivamente).

Tabla 4. Efecto del sistema de producción sobre el perfil de AG de la leche de tanque.

(0) salara AC tatalan)	Sistema de producción		
(% sobre AG totales)	Convencional	Ecológico	p
n	160	24	
AGS	68,60	70,53	**
AGMI	26,90	24,64	***
AGPI	3,83	4,07	ns
ALA	0,43	0,74	***
LA	1,99	1,73	**
TVA	1,18	1,54	***
CLA	0,70	0,85	**
Omega 6/Omega 3	3,75	2,25	***
C18:1t11/C18:1t10	3,66	7,63	***

n: nº de observaciones; AGS: AG Saturados; AGMI: AG Monoinsaturados; AGPI: AG Poliinsaturados; ALA: C18:3n3 (alfa linolénico); LA: C18:2n6 (linoleico); TVA: C18:1t11 (vaccénico); CLA: C18:2 c9t11(linoleico conjugado); Omega 6/Omega3: relación entre el total de AG de las series omega-6 y omega-3;C18:1t11/C18:1t10: relación entre el C18:1t11 y C18:1t10; p: significación del test F en el ANOVA; ns: no significativo; **: p<0,01; ***: p<0,001

Estos datos sobre los tres grandes grupos de AG no reflejan las importantes diferencias que se encuentran analizando de forma individual los AG con mayor influencia sobre la salud humana a la luz de los conocimientos médicos actuales. Entre los AG monoinsaturados se destaca la presencia del ácido vaccénico (C18:1t11, TVA), un 30 % superior en la leche de tipo ECO (1,54 vs. 1,18 % AG), que es precursor del ácido linoleico conjugado (CLAc9t11), cuyo contenido es también significativamente superior en las dietas ECO (0,85 vs. 0,70 % AG). El ácido linoleico, cabeza de la serie omega-6, es mayor en las dietas CON (1,99 vs. 1,73 % AG), lo cual se corresponde con un mayor consumo en concentrados, mientras que el ácido alfa linolenico, cabeza de la serie omega-3 es mayor en las dietas ECO (0,74 vs. 0,43 % AG), en consonancia con una mayor proporción de pastos frescos en la ración. En consecuencia, la relación Omega 6/Omega 3 es significativamente superior en la dieta CON (3,75 vs. 2,25), si bien este valor, para los dos sistemas de producción se encuentran claramente por debajo del rango de 5, que no se debería superar dentro de una alimentación humana equilibrada (MacLean et al., 2004) e ilustran el beneficioso papel del consumo de leche en una dieta humana saludable, en tal sentido. La relación C18:1t11/C18:1t10 fue significativamente más elevada en la leche ECO (3,66 vs. 7,63) lo cual es de marcado interés nutricional, ya que al efecto funcional del TVA se une el hecho de que valores altos del isómero C18:1t10 en la dieta podrían estar relacionados con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares en humanos (Hodgson et al., 1996). Los resultados coinciden, en líneas generales, con otros estudios, entre los que se encuentran los realizados por Ellis et al. (2006) y Butler et al. (2011), que muestran un perfil más favorable en la leche de vacas de granjas ecológicas.

CONCLUSIONES

La leche de las explotaciones ecológicas presenta una concentración de AG con carácter funcional más acorde con los requerimientos dietéticos saludables para los humanos, lo cual se atribuye fundamentalmente al mayor consumo de hierba fresca y al menor uso de concentrados. El mayor punto crioscópico de la leche de las explotaciones ecológicas, con un alto nivel de pastos frescos en la dieta, sugiere revisar la aplicación de este índice en el sistema de pago por calidad teniendo en cuenta el sistema de alimentación de las granjas lecheras.

Trabajo financiado por los proyectos RTA2012-00065-05-02 y FEADER 2016/59B. Adrián Botana Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Butler G., Stergiadis S., Seal C., Eyre M. y Leifert C. (2011) Fat composition of organic and conventional retail milk in northeast England. *Journal of Dairy Science*, 94, 24-36.

Demott B.J., Hinton S.A. y Montgomery M.J. (1969) Influence of Some Management Practices and Season Upon Freezing Point of Milk. *Journal of Dairy Science*, 50(2), 151-154.

Elgersma A., Tamminga S. y Ellen G. (2006) Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 207-225.

Ellis K.A., Innocent D., Grove-White D., Cripps P. y McLean W.G. (2006) Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *Journal of Dairy Science*, 89, 1938-1950.

Flores G., Resch C., Fernández-Lorenzo B., González-Arráez A., Valladares J., Dagnac T., Latorre A., Agruña M.J., Pereira S., Díaz N., Giménez R. y Rodríguez-Diz X. (2011) Efecto del pastoreo de verano de trébol violeta sobre el contenido en omega-3 de la leche de vacuno. *Pastos* 41(1), 79-99.

Givens D.I. y Shingfield K.J. (2006) Optimising dairy milk fatty acid composition. En: Williams C. y Buttriss J. (eds) *Improving the Fat Content of Foods*, pp. 252-280. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.

Hogdson J.M., Wahlqvist M.L., Boxall J.A. y Balazs N.D. (1996) Platelet trans-fatty acids in relation to angiographically assessed coronary artery disease. *Atherosclerosis*, 120, 147-154.

Internacional ISO 14156:2001/IDF 172 Milk and milk products – Extraction methods for lipids and liposoluble compounds.

Internacional ISO 15884:2002/IDF 182 Milk fat – Preparation of fatty acid methyl esters.

MacLean C.H., Mojica W.A., Morton S.C., Pencharz J., Hasenfeld-Garland R., Tu W., Newberry S.J., Jungvig L.K., Grossman J., Khanna P., Rhodes S. y Shekelle P. (2004) Effects of omega-3 fatty acids on lipids and glycemic control in type II diabetes and the metabolic syndrome and on inflammatory bowel disease, rheumatoid arthritis, renal disease, systemic lupus erythematosus and osteoporosis. *Summary, Evidence Report/Technology Assessment: Number 89*. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, MD.

NRC (2001) Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, DC: National Academy Press.

Özer B. y Avni-Kirmaci H. (2010) Functional milks and dairy beverages. *International Journal of DairyTechnology*, 63(1), 1-15.

SAS INSTITUTE (2009) SAS/Stat User's Guide, v.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.