



COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS Y CONTENIDOS DE VITAMINAS A Y E DE LA LECHE DE CABRA DE LA RAZA PAYOYA EN SISTEMAS DE PASTOREO ARBUSTIVO-MEDITERRÁNEO

R. GUTIÉRREZ-PEÑA¹, M. DELGADO-PERTÍÑEZ¹, V.M. FERNÁNDEZ-CABANÁS¹, Y. MENA¹, A. FLORES¹ Y F.A. RUÍZ²

¹ Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km 1, 41013 Sevilla (España). rgutierrez1@us.es, pertinez@us.es, yomena@us.es, victorf@us.es

² Área de Economía y Sociología Agrarias, IFAPA, Junta de Andalucía, Camino de Purchil s/n, 18080, Granada (España) franciscoa.ruiz@juntadeandalucia.es.

FATTY ACID COMPOSITION AND VITAMIN A AND E CONTENTS IN PAYOYA GOAT MILK UNDER MEDITERRANEAN SHRUBLANDS GRAZING-BASED LIVESTOCK PRODUCTION SYSTEMS

Historial del artículo:

Recibido: 30/12/2013

Revisado: 12/02/2014

Aceptado: 08/07/2014

Disponible online: 09/10/2014

Autor para correspondencia:

pertinez@us.es

ISSN: 2340-1672

Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos>

Palabras clave:

ácido linoleico conjugado, ácidos n-3, calidad leche, retinol, tocoferol

Keywords:

conjugated linoleic acid, n-3 fatty acid, milk quality, retinol, tocopherol

RESUMEN

Apenas hay trabajos sobre el consumo de pastos arbustivo-mediterráneos y su relación con la calidad de los productos caprinos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del nivel de pastoreo sobre la calidad de la leche de cabras de raza Payoya. Se seleccionaron 16 explotaciones situadas en la Sierra de Cádiz. De enero a mayo se realizó una monitorización para caracterizar el manejo alimenticio. Según el porcentaje de necesidades energéticas cubiertas por el pastoreo (NEP), las explotaciones se clasificaron en tres grupos: alto, medio y bajo pastoreo. Mensualmente se recogieron muestras de leche de tanque y fueron analizadas la composición de ácidos grasos (AG) y los contenidos en vitaminas A (retinol) y E (α - y β + γ -tocoferol). Los porcentajes de AG deseables nutricionalmente (α -linolénico, total n-3 PUFA) fueron significativamente mayores, mientras que el índice n-6/n-3 fue menor en el grupo de pastoreo alto en comparación con el grupo de pastoreo bajo. Para el grupo de pastoreo medio estos valores fueron intermedios. Además, se obtuvo una correlación positiva entre el NEP y los contenidos de varios AG n-3 y el total de n-3 ($r=0,33$), mientras que se obtuvo una correlación negativa con el índice n-6/n-3 ($r=-0,45$). Los contenidos en los isómeros CLA estudiados no se vieron afectados por el nivel de pastoreo. No se encontraron diferencias significativas entre grupos para la suma de las formas β - y γ -tocoferol, ni para el retinol. En cambio, sí ha habido diferencias significativas para el contenido de α -tocoferol (177 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ - alto pastoreo; 132 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ - medio; 93 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ - bajo). Además, existió una correlación positiva entre el NEP y el contenido de α -tocoferol ($r=0,42$). En conclusión, el mayor nivel de pastoreo ha tenido un efecto positivo sobre la calidad de la leche, con mayores contenidos en algunos componentes funcionales (α -tocoferol; AG n-3).

ABSTRACT

Information about consumption of Mediterranean bush pastures and its relationship to the quality of goat products in Andalusia (southern Spain) is scarce. The aim of this study was to evaluate the effect of grazing level on fatty acid composition and vitamins A and E contents in milk of Payoya goats. 16 farms in the Sierra de Cádiz were selected and surveyed to characterize feeding systems from January to May. According to the percentage of energy needs covered by grazing (NEP), farms were classified into three groups: high, medium and low grazing. In this period, milk samples were monthly collected from the bulk tank and analyzed for fatty acids (FA) composition and vitamin A (retinol) and E (α - and β + γ -tocopherol) contents. Contents of the nutritionally desirable FA (α -linolenic, total n-3 PUFA) were significantly higher, while the n-6:n-3 ratio was lower in the high compared with the low grazing group, and with intermediate values in the medium group. In addition, a positive correlation was found between NEP and the contents of several n-3 FA and total n-3 ($r=0,33$), while a negative correlation was obtained with the n-6:n-3 ratio ($r=-0,45$). CLA isomers contents were not affected by the grazing level. Retinol and β + γ -tocopherol contents were not affected by the grazing level, whereas α -tocopherol content was higher in the high grazing group (177 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ for high grazing; 132 for medium; 93 for low). In addition, the NEP was positively correlated with the contents of α -tocopherol ($r=0,42$). In conclusion, the highest level of grazing had a positive effect on the quality of milk from Payoya breed, with higher amounts of some functional components (α -tocopherol; n-3 FA).

INTRODUCCIÓN

Los sistemas vinculados a la raza Payoya, localizados en la Sierra de Cádiz y Serranía de Ronda (Andalucía, España), han conservado un manejo tradicional basado en el pastoreo, donde el matorral (formado por especies como *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Genista hispanica*, *Cistus albidus*, *Cistus salvifolius*, *Arbutus unedo*, *Phlomis purpurea*, *Retama sphaerocarpa*, etc.) ocupa la mayor parte de la zona (Nahed *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2008; Delgado-Pertíñez *et al.*, 2013). Las explotaciones manejadas bajo un régimen de pastoreo se consideran beneficiosas desde el punto de vista medioambiental (Riedel *et al.*, 2007) ya que favorecen la diversidad de la vegetación, la conservación del paisaje heterogéneo y la prevención de la pérdida de suelo y los incendios forestales (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2011). Sin embargo, estos sistemas pastorales peligran si no se consiguen revalorizar, desde un punto de vista monetario, otras externalidades del sistema, como son su papel medioambiental o la alta calidad de sus productos de cara a la salud humana (Ruiz *et al.*, 2008).

Varios trabajos en caprino lechero han puesto en evidencia el potencial del pastoreo en pastos herbáceos para aumentar en

productos lácteos como la leche y el queso la proporción de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), ácido α -linoléico (principal ácido graso n-3 presente en la leche), ácido linoleico conjugado (CLA) (Zan *et al.*, 2006; Galina *et al.*, 2007; D'Urso *et al.*, 2008; Lucas *et al.*, 2008) y antioxidantes solubles en grasa (Morand-Fehr *et al.*, 2007; Pizzoferrato *et al.*, 2007; Lucas *et al.*, 2008), en comparación con los sistemas establecidos. La ingesta por parte de los humanos en la dieta de estos componentes se ha relacionado con beneficios importantes para la salud humana (Willcox *et al.*, 2004; MacRae *et al.*, 2005). Sin embargo, existe poca información de cómo las especies forrajeras de tipo arbustivo del Mediterráneo afectan a los contenidos en estos componentes de la leche y del queso de cabra. En este sentido, en varios trabajos recientes (Tsiplakou *et al.*, 2006; Delgado-Pertíñez *et al.*, 2013; Mancilla-Leytón *et al.*, 2013) observaron que la alimentación en matorrales mediterráneos (formados por arbustos y árboles, entre los que destacan especies como *Pistacia lentiscus*, *Cistus salvifolius*, *Cistus albidus*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis*, *Genista hispanica*, *Quercus* spp., *Retama sphaerocarpa*, *Phillyrea* spp., *Medicago arborea*, *Rosmarinus officinalis* y *Halimium halimifolium*) no aumentó el contenido de CLA de la leche en comparación con animales



Cabras de raza Payoya en sala de ordeño.

estabulados. Por otro lado, en el trabajo de Delgado-Pertíñez *et al.* (2013) se observó que explotaciones con mayor grado de pastoreo en verano presentaron mayores contenidos en α -tocoferol en la leche. Es importante continuar con el estudio de la relación entre el manejo alimentario y la calidad de los productos si se quieren valorizar estos sistemas pastorales. Por ello, el objetivo de este estudio ha sido evaluar el efecto del nivel de pastoreo (alto, medio y bajo) en pastos mediterráneos, durante los meses de enero a mayo, sobre la composición de ácidos grasos (AG) y los contenidos en vitaminas A y E de la leche de cabra de raza Payoya.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio. Explotaciones. Elaboración de indicadores

El estudio se ha realizado en la comarca geográfica de la Sierra de Cádiz, donde fueron seleccionadas 16 explotaciones caprinas de la raza Payoya. El periodo de estudio abarcó desde principios de enero hasta finales de mayo de 2011. En las explotaciones objeto de estudio, la mayoría de las cabras tuvieron el parto en octubre-noviembre y finalizaron la lactación durante el verano.

En cada mes se realizó una visita por explotación para recabar información, con objeto de caracterizar el manejo alimenticio, según la metodología FAO-CIHEAM adaptada a los sistemas caprinos lecheros en pastoreo por Ruiz *et al.* (2008). Se determinó mensualmente el porcentaje de necesidades de energía de las cabras en ordeño cubierto por el pastoreo (NEP), según la metodología descrita por Ruiz *et al.* (2008). Según trabajos previos (Nahed *et al.*, 2006), el grado de pastoreo es uno de los principales factores que diferencia las explotaciones en el área de estudio. En este sentido y en función de la clasificación propuesta por Ruiz *et al.* (2008), en la que se tiene en cuenta el NEP y la superficie de pastoreo por cabra, las explotaciones se dividieron en tres grupos según el grado de pastoreo: alto (>55% NEP, 3 explotaciones), medio (25-55% NEP, 9 explotaciones) y bajo (<25% NEP, 4 explotaciones).

Las explotaciones del grupo de alto pastoreo se caracterizan por tener un tamaño medio de rebaño mayor que el resto de los grupos, así este grupo presenta como media anual 593 cabras presentes, frente a 347 y 263 para el grupo de medio y bajo pastoreo, respectivamente (datos no publicados). En cuanto a la productividad lechera, ésta es similar entre el grupo de bajo y medio pastoreo (319 y 321 litros vendidos por cabra presente y año, respectivamente), sin embargo, es bastante inferior en el grupo de alto pastoreo que solo llegan a vender una media de 188 litros por cabra presente y año.



Cabras de raza Payoya en sala de ordeño.

En la Tabla 1 se pueden observar algunos indicadores técnicos relacionados con la productividad lechera y con el manejo alimentario para cada grupo de explotaciones, así como la variación mensual de dichos indicadores para el conjunto de las explotaciones. La principal diferencia entre explotaciones está en la cantidad de concentrado suministrada por animal al año. También se han encontrado diferencias en los tipos de concentrado y forraje suplementados, siendo los principales tipos, según grado de pastoreo, los siguientes: pienso compuesto y paja de cereal (alto pastoreo); pienso compuesto, mezcla de granos y heno de alfalfa (medio y bajo pastoreo, respectivamente) (Gutiérrez-Peña *et al.*, datos no publicados). Respecto

Características manejo alimenticio	Grado de pastoreo (GP)			Mes (M)					EEM ²	Efectos		
	Alto	Medio	Bajo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo		GP	M	GP x M
Número de explotaciones	3	9	4	16	16	16	16	16				
Número de cabras en lactación	407a	300ab	184b	216d	273c	309b	328a	330a	20,8	**	***	ns
Superficie de pasto natural/cabra, ha	0,43a	0,46a	0,10b						0,034	***		
Energía neta aportada por el pastoreo (%) ¹	61a	39b	21c	32b	29b	38a	45a	50a	2,4	***	**	ns
Concentrado suplementado (kg/cabra día)	0,61b	1,12a	1,39a	1,24ab	1,32a	1,09bc	0,95c	0,86c	0,049	**	*	ns
Forraje suplementado (kg/cabra día)	0,03b	0,05b	0,37a	0,23a	0,22a	0,09b	0,05b	0,04b	0,026	***	**	ns

Letras diferentes en la misma fila dentro de cada factor GP y M indican diferencias significativas.

¹ En % se expresa las necesidades de energía neta cubiertas por el pastoreo.

² Error estándar de la media.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; ns: no significativo, $p > 0,05$.

TABLA 1. Manejo alimenticio de las explotaciones de cabra Payoya en la Sierra de Cádiz según el grado de pastoreo y el mes.

TABLE 1. Nutritional management in Payoya goat farms in the Sierra de Cádiz according to their grazing level and month.

a la utilización de complementos vitamínicos no se han encontrado diferencias entre las explotaciones, pues la mayoría no suplementa a lo largo del año (datos no publicados).

Toma de muestras de leche

De cada explotación y de forma mensual se tomaron muestras de leche (n=80) del tanque de refrigeración. Para realizar los distintos análisis, en cada muestreo de leche se recogieron dos botes de plástico de 50 ml, envueltos en papel de aluminio, y fueron conservados a -20 °C en laboratorio.

Análisis de ácidos grasos

La separación y cuantificación de los ésteres metílicos de los AG se realizó con un cromatógrafo de gases Agilent 6890N Network GS (Agilent, Santa Clara, CA, EE.UU.), equipado con un detector de ionización de llama y con una columna capilar HP-88 (100 m, 0,25 mm i.d., 0,2 µm de espesor de película). El éster metílico de ácido nonanoico (C9:0 ME, 4 mg/ml) fue usado como estándar interno. La extracción y la metilación directa se realizaron en un solo paso basado en el método publicado por Sukhija y Palmquist (1988), revisado por Juárez *et al.* (2008) con el fin de minimizar la isomerización y epimerización del CLA y descrito brevemente en trabajos previos (Mancilla-Leytón *et al.*, 2013; Delgado-Pertíñez *et al.*, 2013). Los AG fueron identificados mediante la comparación de sus tiempos de retención con los de una mezcla estándar de AG autenticada (Supelco® 37 Component FAME Mix; Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, Reino Unido). La identificación de los isómeros de CLA fue realizada comparando los tiempos de retención con los de otra mezcla estándar autenticada (octadecadienoico acid, conjugated, methyl ester Sigma Prod. No. O5632 Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, Reino Unido). Los contenidos en AG fueron expresados como porcentaje del total de ésteres metílicos identificados.

Análisis de vitaminas

El método utilizado de extracción de vitaminas sigue el perfil metodológico descrito por Herrero-Barbudo *et al.* (2005), en su enfoque mediante saponificación, aunque con ciertas diferencias. De 1,5 a 2 ml de muestra, atemperada a unos 30 °C y homogeneizada, se someten a hidrólisis alcalina: se añaden 1,5 ml de una solución de ácido ascórbico 0,3 M y γ -tocoferol (patrón interno en solución etanólica), y posteriormente 2 ml de potasa metanólica (KOH/MeOH) al 40%. Esta mezcla se agita en baño maría a 70 °C y 200 rpm durante 40 min. Para la extracción de las formas ya libres de retinol (vitamina A) y tocoferol (vitamina E), se procede a añadirle una mezcla de dos disolventes orgánicos en proporción 4:1: el primero, n-hexano (al 0,01% de BHT) con diclorometano en proporción

5:1; el segundo, isopropanol. La emulsión se centrifuga con refrigeración a 5000 rpm durante 4 min. Este proceso de extracción se repite cuatro veces. Las fases orgánicas se recogen y reúnen, y se lavan con 3 ml de agua fría y se vuelve a centrifugar 2 min a 2000 rpm. La fase orgánica se evapora bajo corriente de nitrógeno y finalmente, el extracto se reconstituye en 1 ml de una mezcla de acetonitrilo/metanol 85:15 y se filtra (0,2 µm de poro).

Como base del análisis cromatográfico se ha utilizado el descrito en Chauveau-Duriot *et al.* (2010), pero con modificaciones para cada analito, pues a causa de las interferencias naturales de la matriz, se descartó uno común. A un equipo Acquity UPLC de Waters, dotado con una bomba binaria, un detector fluorimétrico (para la cuantificación) y un detector de fotodiodos en serie (PDA) (para la confirmación), una columna Acquity UPLC HSST3 (Waters) de fase reversa de 1,8 µm de partícula y dimensiones de 2,1 mm x 150 mm, se le aplicaron dos métodos cromatográficos, ambos isocráticos, a 0,4 ml de flujo. Para la separación del retinol, se utilizó como fase móvil acetonitrilo: metanol (85:15)/ isopropanol: agua (50:50) en proporción 80/20. Para las distintas formas de tocoferol, la fase móvil estuvo compuesta por acetonitrilo:metanol (85:15)/ isopropanol en proporción 90/10. La temperatura de la columna fue de 35 °C. Los datos espectroscópicos para los detectores y para la monitorización de la pureza de los patrones, siguieron lo especificado en las respectivas normas UNE-EN 12823-1 y UNE-EN 12822. La cuantificación (µg/100 g) se realizó mediante los distintos patrones de las sustancias cuantificadas (todo trans-retinol, 95144; acetato de retinilo, 4-6958; palmitato de retinilo, 46959-U; α -tocoferol, 4-7783; γ -tocoferol, 4-7785; acetato de tocoferilo, 4-7786; todos de Supelco, Sigma-Aldrich, Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, Reino Unido). Para el control de calidad se utilizó CRM 122, Vitamin-fortified Margarine, certificado por el Institute for Reference Materials and Measurements (Joint Research Center, CE). Dado que el tipo de columna y presiones usadas impiden separar las formas β - y γ -tocoferol, estas formas se expresaron como la suma de ambas.

Análisis estadístico

El parámetro de superficie de pasto natural por cabra ha sido analizado mediante un análisis ANOVA de un factor (grado de pastoreo), usando el paquete estadístico SPSS software ver. 20.00 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.). El resto de las características del manejo alimenticio de las explotaciones y los parámetros de composición en AG y en vitaminas A y E de la leche, fueron analizados mediante un análisis ANOVA con medidas repetidas, usando el modelo lineal general (GLM). En el modelo se han considerado los factores grado de pastoreo (factor fijo inter-sujeto) y mes (factor intra-sujeto, analizado como medidas repetidas sobre las

mismas unidades experimentales o explotaciones) y la interacción entre ambos. En caso de encontrar diferencias significativas entre medias en los factores con más de dos niveles, éstos fueron sometidos a la comparación múltiple de promedios mediante las pruebas HSD-Tukey (factor inter-sujeto) y diferencia mínima significativa (factor intra-sujeto). Entre diferentes variables fue determinado el coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del manejo alimenticio de las explotaciones. Grado de pastoreo

En la Tabla 1 se presentan las principales diferencias en el manejo alimenticio de las explotaciones. Las de alto y medio pastoreo eran de mayor tamaño, tanto en número de cabras ($p < 0,01$) como en superficie de pasto natural ($p < 0,001$), que las de bajo pastoreo. También ha habido un incremento significativo del número de cabras en los meses de primavera ($p < 0,001$), lo cual es lógico teniendo en cuenta las fechas de

parto (entre octubre y diciembre) y duración de la lactación (finalización hacia los meses de verano) típicas de la raza y área de estudio (Gutiérrez-Peña *et al.*, datos no publicados).

Se han encontrado diferencias significativas, según el grado de pastoreo y mes, en el NEP ($p < 0,001$ y $p < 0,01$, respectivamente) (61, 39 y 21% de energía aportada por el pastoreo en las explotaciones de alto, medio y bajo pastoreo, respectivamente) y en el aporte de concentrado ($p < 0,01$ y $p < 0,05$, respectivamente) (0,5 y 0,8 kg/cabra y día menos en las de alto pastoreo, en comparación a las de medio y bajo, respectivamente) y en el suplemento de forraje ($p < 0,001$ y $p < 0,01$, respectivamente) (0,3 kg/cabra y día menos en las de alto y medio pastoreo, en comparación a las de bajo) suministrados en pesebre. Estos resultados están en concordancia con los encontrados por Nahed *et al.* (2006), que establecieron tres grupos de explotaciones dependiendo del nivel de pastoreo: alto pastoreo con 53% de NEP, bajo pastoreo con 31% y estabulado con 1%. Respecto al valor de NEP en los meses del estudio, éste ha aumentado significativamente de enero a mayo ($p < 0,01$), como era de esperar teniendo en cuenta la climatología del área de estudio.

Ácidos grasos (% del total de AG) ¹	Grado de pastoreo (GP)			EEM ²	Efectos		
	Alto	Medio	Bajo		GP	M ³	GP x M
C4:0	2,14b	2,40a	2,23ab	0,039	*	**	ns
C6:0	1,96	2,14	2,10	0,032	ns	*	ns
C8:0	1,98	2,10	2,12	0,034	ns	***	ns
C10:0	9,60	9,83	9,87	0,109	ns	***	ns
C12:0	4,14	4,25	4,31	0,056	ns	**	ns
C15:0	0,71	0,75	0,74	0,015	ns	**	ns
C16:0	26,77	26,65	27,44	0,151	ns	***	ns
C16:1	0,71	0,74	0,77	0,018	ns	***	ns
C17:0	0,59	0,59	0,56	0,008	ns	**	ns
C18:0	14,69a	13,98b	13,59b	0,116	**	*	ns
C18:1 n-9 cis	20,52	20,17	19,69	0,158	ns	***	ns
C18:1 n-9 trans	0,37	0,40	0,42	0,015	ns	**	ns
C18:1 trans-11 (VA)	0,93	0,93	0,99	0,033	ns	**	ns
CLA cis-9, trans-11	0,46	0,48	0,49	0,012	ns	**	ns
CLA trans-10, cis-12	0,04	0,05	0,04	0,002	ns	***	ns
C18:3 n-3 (ALA)	0,54a	0,47ab	0,40b	0,021	*	***	ns
C18:3 n-6	0,04	0,05	0,05	0,002	ns	***	ns
C20:0	0,30	0,29	0,26	0,008	ns	**	ns
C20:3 n-3	0,03	0,03	0,02	0,001	ns	**	ns
C20:3 n-6	0,04	0,04	0,39	0,002	ns	**	ns
C20:4 n-6 (ARA)	0,17	0,17	0,18	0,005	ns	***	ns
C20:5 n-3 (EPA)	0,06	0,06	0,05	0,002	ns	**	ns
C22:5 n-3 (DPA)	0,19	0,18	0,17	0,007	ns	*	ns
C22:6 n-3 (DHA)	0,10	0,11	0,10	0,007	ns	***	ns
SFA	72,3	72,6	72,9	0,163	ns	*	ns
MUFA	23,3	23,1	22,7	0,179	ns	***	ns
PUFA	4,3	4,3	4,4	0,083	ns	***	ns
n-3	0,91a	0,84ab	0,74b	0,035	*	***	ns
n-6	2,84	2,82	3,04	0,056	ns	ns	ns
n-6/n-3	3,29b	3,76b	4,80a	0,167	*	***	ns

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

¹ VA, ácido vaccénico; ALA, ácido α -linolénico; CLA, ácido linoleico conjugado; ARA, ácido araquidónico; EPA, ácido eicosapentaenoico; DPA, ácido docosapentaenoico; DHA, ácido docosahexaenoico; SFA, ácidos grasos saturados; MUFA, ácidos grasos monoinsaturados; PUFA, ácidos grasos poliinsaturados.

² Error estándar de la media

³ M: Mes.

⁴ En la tabla sólo se han incluido los AG mayoritarios. No obstante, en las sumas de los diferentes AG (SFA, MUFA, PUFA, n-3, n-6) se han considerado todos los AG analizados.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; ns: no significativo, $p > 0,05$.

TABLA 2. Composición de ácidos grasos (AG)⁴ de la leche de cabra Payoya según el grado de pastoreo.

TABLE 2. Fatty acids contents of Payoya goat milk according to their grazing level.

Composición de ácidos grasos

Pocas diferencias significativas se han encontrado en la composición de AG de la leche entre grupos (Tabla 2). El porcentaje de ácido esteárico (C18:0) fue mayor ($p < 0,01$) en el grupo de pastoreo alto frente a los grupos de pastoreo medio y bajo. Los porcentajes de AG deseables desde el punto de vista nutricional, como α -linolénico (C18:3 n-3, $p < 0,05$) y total n-3 PUFA ($p < 0,05$), fueron mayores, mientras que el índice n-6/n-3 fue menor ($p < 0,05$) en el grupo de pastoreo alto en comparación con el grupo de pastoreo bajo, siendo los valores intermedios para el grupo de pastoreo medio. Además, se obtuvo una correlación positiva entre el NEP y los contenidos de varios AG n-3 y el total de n-3 ($r = 0,33$, $p < 0,01$), mientras que se obtuvo una correlación negativa con el índice n-6/n-3 ($r = -0,45$, $p < 0,001$). Los contenidos en isómeros CLA no se vieron afectados por el grado de pastoreo. Los contenidos de la mayoría de los AG estudiados varían significativamente a través del periodo experimental (datos no mostrados). En este sentido, los AG de cadena corta disminuyen sus contenidos en función del mes de muestreo. En cambio, para los AG de cadena larga, los valores más altos fueron encontrados en los últimos meses.

Los AG n-3 son considerados los más importantes dietéticamente para la salud humana. Actuales recomendaciones indican que la dieta debe tener una relación de AG n-6/n-3 óptima de 2,0-2,5, pero la mayoría de los productos alimenticios humanos tienen una relación más cercana a 5,0-10,0 (MacRae *et al.*, 2005). Los resultados del presente estudio con respecto a los AG n-3 en el grupo de alto pastoreo no son sorprendentes, y podrían ser consecuencia de la mayor ingesta de pasto y menor aporte de concentrados. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros estudios en los que cabras aprovechando pastos arbustivos (Tsiplakou *et al.*, 2006; Delgado Pertíñez *et al.*, 2013; Mancilla-Leytón *et al.*, 2013) o herbáceos (D'Urso *et al.*, 2008), han presentado mayores proporciones de AG n-3 en la grasa de la leche que los animales alimentados con dietas a base de concentrados.

En el presente estudio, los contenidos de CLA fueron similares a los obtenidos en pastos arbustivos (Tsiplakou *et al.*, 2006; Delgado Pertíñez *et al.*, 2013; Mancilla-Leytón *et al.*, 2013) o ligeramente inferiores a los obtenidos por D'Urso *et al.* (2008) en pastos herbáceos. Aunque los animales de pastoreo en pasto herbáceo tienen concentraciones más altas de CLA en leche en comparación con los animales con poco o nulo pastoreo (D'Urso *et al.*, 2008; Pajor *et al.*, 2009), la alimentación en matorrales mediterráneos o una dieta que contenga taninos no aumentaron los contenidos en CLA de la leche (Tsiplakou *et al.*, 2006; Delgado Pertíñez *et al.*, 2013; Mancilla-Leytón *et al.*, 2013). Estos resultados pueden deberse a los efectos de los taninos sobre la biohidrogenación ruminal (Vasta *et al.*, 2009, 2010) y podría explicar la falta de efecto demostrado en el presente estudio sobre la leche.



Cabras de raza Payoya en monte adhesado.

La evolución de los AG de cadena corta durante los meses del presente estudio concuerda con lo encontrado por Soryal *et al.* (2005), quienes observan un alto contenido de AG de cadena corta al principio, y posteriormente en la última fase de lactación. Las variaciones en el tiempo en los AG de cadena corta y media se asocian generalmente a efectos de la lactación, mientras que las variaciones de los AG de cadena larga parecen tener relación con la dieta (Hawke y Taylor, 1983; Kondyli y Katsiari, 2002). Especialmente para los AG n-3, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Tsiplakou *et al.* (2006) y D'Urso *et al.* (2008), y con la correlación positiva encontrada tanto en este estudio como en el trabajo previo de Delgado-Pertíñez *et al.* (2013), entre estos contenidos y el NEP, donde los valores más altos en la leche se registraron en los meses con mayores valores de NEP.

Contenido en vitaminas A y E

No ha habido diferencias significativas entre grupos según el grado de pastoreo para la suma de las formas β - y γ -tocoferol, ni para el retinol ($p > 0,05$) (Tabla 3). En cambio, sí ha habido diferencias significativas para el contenido de α -tocoferol (177, 132 y 93 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ en las explotaciones de alto, medio y bajo pastoreo, respectivamente; $p < 0,001$). Con respecto al efecto mes, aunque se observa una disminución de todos los contenidos vitamínicos hacia los meses de primavera, solo ha habido diferencias significativas para la suma conjunta de β - y γ -tocoferol ($p < 0,001$), con mayores valores en los meses de enero y febrero. Además, se ha encontrado una correlación positiva entre el NEP y el contenido de α -tocoferol ($r = 0,42$, $p < 0,001$) y negativa entre el NEP y el contenido de β - y γ -tocoferol ($r = -0,27$, $p < 0,05$).

	Grado de pastoreo (GP)			Mes (M)					EEM ¹	Efectos		
	Alto	Medio	Bajo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo		GP	M	GP x M
Contenido en vitaminas ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)												
α -tocoferol	176,8a	132,2b	92,7c	122,7	130,1	156,0	124,1	113,1	5,78	***	ns	ns
β + γ -tocoferol	5,8	8,1	8,4	14,2a	10,7a	4,1b	3,4b	4,4b	0,75	ns	***	ns
Retinol	89,1	80,2	80,0	90,8	85,9	78,2	76,5	76,0	2,52	ns	ns	ns

Letras diferentes en la misma fila dentro de cada factor GP y M indican diferencias significativas.

¹ Error estándar de la media.

*** $p < 0,001$; ns: no significativo, $p > 0,05$.

TABLA 3. Contenido en vitaminas de la leche de cabra Payoya según el grado de pastoreo y el mes.

Con respecto al α -tocoferol, los resultados del presente estudio concuerdan con los obtenidos en un trabajo previo bajo pastoreo a base de arbustos y especies leñosas (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2012) y con los obtenidos con pastos herbáceos (Pizzoferrato *et al.*, 2007). Con respecto al retinol en cambio, varios trabajos (Pizzoferrato *et al.*, 2000; Fedele *et al.* 2004) obtienen mayores contenidos en leche de cabras en pastoreo en pastos herbáceos, en comparación a animales estabulados. Estos resultados se pueden explicar por un menor suministro de xantófilas, α -caroteno (provitamina A) y α -tocoferol de los forrajes conservados, y por la nula o escasa suplementación de vitaminas en los sistemas con menor nivel de pastoreo (Iwanska *et al.*, 1997). También pueden estar relacionados con diferencias en la composición nutricional y botánica del pasto ingerido, especialmente entre especies herbáceas y arbustivas-leñosas, las cuales pueden marcar diferencias en el contenido vitamínico de las plantas y, por ello, en la transferencia a los productos animales. Así por ejemplo, durante la primavera las plantas tienden a sintetizar compuestos secundarios de defensa (Strauss *et al.*, 2004), disminuyendo probablemente la síntesis de vitaminas. También pueden sintetizar compuestos no completamente bio-disponibles a los microorganismos del rumen. Como consecuencia, disminuiría la concentración vitamínica en la leche.

CONCLUSIONES

El mayor nivel de pastoreo ha tenido un efecto positivo sobre la calidad de la leche de cabras de raza Payoya, con mayores contenidos de componentes funcionales (especialmente en α -tocoferol, y en menor medida en algunos ácidos grasos n-3). No obstante, son necesarios más estudios, incluyendo más meses del año, para poder establecer una mejor relación entre calidad de la leche y alimentación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al "Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria", que ha financiado este trabajo mediante el Proyecto INIA- RTA2010-00064-C04-02. Y, sobre todo, dar gracias a todos los ganaderos de la Sierra de Cádiz que amablemente han participado.

TABLE 3. Vitamin content of Payoya goat milk according to their grazing level and month.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAUVEAU-DURIOT B., DOREAU M., NOZIÈRE P. Y GRAULET B. (2010) Simultaneous quantification of carotenoids, retinol, and tocopherols in forages, bovine plasma, and milk: validation of a novel UPLC method. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397, 777-790.
- D'URSO S., CUTRIGNELLI M.I., CALABRÒ S., BOVERA F., TUDISCO R., PICCOLO V. Y INFASCELLI F. (2008) Influence of pasture on fatty acid profile of goat milk. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92, 405-410.
- DELGADO-PERTÍÑEZ M., GUTIÉRREZ-PEÑA R., MENA Y., FERNÁNDEZ-CABANÁS V.M. Y LABERYE D. (2013) Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summer on Mediterranean shrublands. *Small Ruminant Research*, 114, 167-175.
- DELGADO-PERTÍÑEZ M., SILES A., VALENCIA E., MENA Y., FERNÁNDEZ-CABANÁS V.M. Y LABEYRIE D. (2012) Calidad de la leche de cabra de raza payoya durante el verano, en sistemas de pastoreo tipo arbustivo-mediterráneo. En: Canals R.M. y San Emeterio L. (Eds) *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, pp. 287-293. 51ª Reunión Científica de la SEEP. Pamplona, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- FEDELE V., RUBINO R., CLAPS S., MANZI P., MARCONI S. Y PIZZOFERRATO L. (2004) Seasonal variation in retinol concentration of goat milk associated with grazing compared to indoor feeding. *South African Journal of Animal Science*, 34 (Suppl. 1), 148-150.
- GALINA M.A., OSNAYA F., CUCHILLO H.M. Y HAENLEIN G.F.W. (2007) Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Ruminant Research*, 71, 264-272.
- HAWKE J.C. Y TAYLOR M.W. (1983) Influence of nutritional factors on the yield, composition and physical properties of milk fat. En: Fosx P.F. (Ed) *Advanced dairy chemistry 2: Lipids*, pp. 37-88. Londres, RU: Chapman & Hall.
- HERRERO-BARBUDO M.C., GRANADO-LORENCIO F., BLANCO-NAVARRO I. Y OLMEDILLA-ALONSO B. (2005) Retinol, α - and γ -tocopherol and carotenoids in natural and vitamin A- and E-fortified dairy products commercialized in Spain. *International Dairy Journal*, 15, 521-526.

- IWANSKA S., PYSEBA B. Y STRUSINSKA D. (1997) Carotenoids content of green forages and preserved feeds. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis. Zootechnica*, 47, 117-128.
- JUÁREZ M., POLVILLO O., CONTÒ M., FICCO A., BALLICO S. Y FAILLA S. (2008) Comparison of four extraction/methylation analytical methods to measure fatty acid composition by gas chromatography in meat. *Journal of Chromatography A*, 1190, 327-332.
- KONDYLI E. Y KATSIARI M.C. (2002) Fatty acid composition of raw caprine milk of a native Greek breed during lactation. *International Journal of Dairy Technology*, 55(1), 57-60.
- LUCAS A., COULON J.B., AGABRIEL C., CHILLIARD Y. Y ROCK E. (2008) Relationships between the conditions of goat's milk production and the contents of some components of nutritional interest in Rocamadour cheese. *Small Ruminant Research*, 74, 91-106.
- MACRAE J., O'REILLY L. Y MORGAN P. (2005) Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. *Livestock Production Science*, 94, 95-103.
- MANCILLA-LEYTÓN J.M., MARTÍN VICENTE A. Y DELGADO-PERTÍÑEZ M. (2013) Summer diet selection of dairy goats grazing in a Mediterranean shrubland and the quality of secreted fat. *Small Ruminant Research*, 113, 437-445.
- MORAND-FEHR P., FEDELE V., DECANDIA M. Y LE FRILEUX Y. (2007) Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 20-34.
- NAHED J., CASTEL J.M., MENA Y. Y CARAVACA, F. (2006) Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in Southern Spain according to their degree of intensification. *Livestock Science*, 101, 10-23.
- PAJOR F., GALLÓ O., STEIBER O., TASI J. Y PÓTI P. (2009) The effect of grazing on the composition of conjugated linoleic acid isomers and other fatty acids of milk and cheese in goats. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 18, 429-439.
- PIZZOFERRATO L., MANZI P., RUBINO R., FEDELE V. Y PIZILLO M. (2000) Degree of antioxidant protection in goat milk and cheese: the effect of feeding systems. En: *7th International Conference on Goats*, pp. 580-582. Tours, Francia: International Goat Association.
- PIZZOFERRATO L., MANZI P., MARCONI S., FEDELE V., CLAPS S. Y RUBINO R. (2007) Degree of antioxidant protection: A parameter to trace the origin and quality of goat's milk and cheese. *Journal of Dairy Science*, 90, 4569-4574.
- RIEDEL J.L., CASASÚS I. Y BERNUÉS A. (2007) Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. *Livestock Science*, 111, 153-163.
- RUIZ F.A., CASTEL J.M., MENA Y., CAMÚÑEZ J. Y GONZÁLEZ-REDONDO P. (2008) Application of the technico-economic analysis for characterizing, making diagnoses and improving pastoral dairy goat systems in Andalusia (Spain). *Small Ruminant Research*, 77, 208-220.
- RUIZ-MIRAZO J., ROBLES A.B. Y GONZÁLEZ-REBOLLAR J.L. (2011) Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture Ecosystems & Environment*, 141, 13-22.
- SORYAL K., BEYENE F.A., ZENG S., BAH B. Y TESFAI K. (2005) Effect of goat breed and milk composition on yield, sensory quality, fatty acid concentration of soft cheese during lactation. *Small Ruminant Research*, 58, 275-281.
- STRAUSS S.Y., IRWIN R.E. Y LAMBRIX V.M. (2004) Optimal defence theory and flower petal colour predict variation in the secondary chemistry of wild radish. *Journal of Ecology*, 92, 132-141.
- SUKHIJA P.S. Y PALMQUIST D.L. (1988) Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 1202-1206.
- TSIPLAKOU E., MOUNTZOURIS K.C. Y ZERVAS G. (2006) Concentration of conjugated linoleic acid in grazing sheep and goat milk fat. *Livestock Science*, 103, 74-84.
- VASTA V., MAKKAR H.P.S., MELE M. Y PRIOLO A. (2009) Ruminant biohydrogenation as affected by tannins *in vitro*. *British Journal of Nutrition*, 102, 82-92.
- VASTA V., YÁÑEZ-RUIZ D.R., MELE M., SERRA A., LUCIANO G., LANZA M., BIONDI L. Y PRIOLO A. (2010) Bacterial and protozoal communities and fatty acid profile in the rumen of sheep fed a diet containing added tannins. *Applied and Environmental Microbiology*, 76, 2549-2555.
- WILLCOX J.K., ASH S.L. Y CATIGNANI G.L. (2004) Antioxidants and prevention of chronic disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 275-295.
- ZAN M., STIBILJ V. Y ROGELJ I. (2006) Milk fatty acid composition of goats grazing on alpine pasture. *Small Ruminant Research*, 64, 45-52.