RESPUESTAS DE LAS CABRAS LECHERAS A LA SUPLEMENTACÓN CON L-CARNITINA EN CONDICIONES DE ESTRÉS POR CALOR

Mehaba[1], N., Salama[1], A. A. K., Such, X., y Caja[1] G.
[1] Grupo de Investigación en Rumiantes (G2R), Universitat Autonoma de Barcelona, Bellaterra, 08193, Barcelona, España. ahmed.salama@uab.es

INTRODUCCIÓN

Las cabras lecheras lactantes exhiben varias respuestas al estrés por calor incluyendo una reducción voluntaria de la ingestión, así como reducción en la producción de leche, grasa, proteína y caseína de leche. El estrés por calor compromete la producción animal, al alterar el metabolismo y la jerarquía de la utilización de nutrientes (Sanz Fernandez et al., 2015). Además, dicho estrés tiene un efecto directo sobre la glándula mamaria, ya que altera la expresión de los genes relacionados con la síntesis de proteína y grasa (Salama et al., 2015) y la actividad celular (Cowley et al. (2015). Los resultados obtenidos parecen indicar que las vacas (Baumgard y Rhoads, 2013) y cabras (Salama et al., 2014) estresadas por calor no movilizan la grasa corporal, a pesar de la bajada significativa en la ingestión y el balance energético negativo. Este hecho hace pensar que el animal estresado por calor no es capaz de utilizar los ácidos grasos como fuente energética. La L-carnitina tiene 2 papeles principales: el papel de "transportador" de los ácidos grasos de cadena larga para su β-oxidación, y el papel de "tampón" para la modulación de la acil-CoA / CoA y los efectos tóxicos de los grupos acilo mal metabolizados (Vaz y Wanders, 2002).

El objetivo del presente estudio fue determinar la degradabilidad de la L-carnitina (CAR) protegida contra la degradación en el rumen, y determinar la influencia de la suplementación con L-carnitina en las respuestas productivas y fisiológicas en cabras lecheras en condiciones de estrés por calor.

MATERIAL Y MÉTODOS

La degradabilidad ruminal de la L-carnitina se determinó mediante la técnica *in situ* utilizando bolsas de nylon con 5 g de L-carnitina en una vaca seca canulada. Los tiempos de incubación fueron 2, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 48 y 72 h según Ørskov y McDonald (1979).La L-carnitina se evaluó dos veces con una dieta 100% de heno de alfalfa ad libitum (MS, 92,4%; PB, 18,8%; FB, 25,0%; 107 FND, 35,9%;y FAD, 27,1%; sobre MS) o 20% de heno de alfalfa y 80% de concentrado (Cebada 31,5%, Maíz 41,5%, torta de soja 44,5%, bicarbonato de sodio 1%, calcio, 109 fosfato 0,4%, carbonato de calcio 0,5%, sal 0,7%, premix 0,4%; sobre materia fresca).

Se utilizaron cuatro cabras lecheras multíparas de la raza Murciano-granadina (134 ± 2 Dia En Lactación), 2,48 ± 0,02 l leche/d y 46,1 ± 0,5 kg de peso vivo), previamente adaptadas a jaulas metabólicas. Las cajas se alojaron en una cámara climática (4 × 6.2 × 3.6 m; ETS Lindgren-Euroshield Oy, Eura, Finlandia), equipada con un calentador Airlan y humidificador Hygrometrik (Carel Control Ibérica, Barcelona) con una renovación continua de aire de 90 m^3/h, o en el interior de una nave ganadera aislada.

El diseño experimental fue un cuadrado latino 4 × 4 con 4 períodos; 16 d cada uno (adaptación: 11 d, medidas: 5 d). Las cabras fueron asignadas a uno de los 4 tratamientos en un arreglo factorial 2 × 2. Los factores fueron:

- Ración: control (CON) vs. suplementación con 1 g de L-carnitina (CAR),
- Ambiente: termo neutro (TN, 17,4± 0,5ºC; humedad 62 ± 5% (Indice de Temperatura Humedad ITH = 63) o el estrés por calor (EC, de 9 a 21 h a 35°C y de 21 a 9 h a 28°C con 45 ± 5% de humedad relativa, ITH = 84 y 75 durante el día y la noche, respectivamente).

Las cabras recibieron una ración total mezclada (70 % forraje y 30 % concentrado) y agua a voluntad. Asimismo, se ordeñaron 2 veces al día (8 y 17h) y diariamente se registró la ingesta de alimento, el consumo de agua, la temperatura rectal y la tasa de respiración. La composición de la leche (grasa, proteína, lactosa) se evaluó 2 días durante el período de medición.

Se recogieron muestras de sangre en el último día de cada período de medición desde la vena yugular en vacutainers de 10 mL con K2-EDTA (BD Diagnostics, Franklin Lakes, Nueva Jersey) en ayunas y antes del ordeño. El plasma se obtuvo por centrifugación de

sangre durante 15 min a 1500x*g*, y se almacenó a -20ºC. Se determinaron las fracciones de carnitina en sangre (carnitina libre, acetil carnitina y carnitina total) mediante una extracción en fase casi-sólida sin reacciones de derivación mediante cromatografía líquida en fase normal y espectrometría de masas en tándem por ionización por electrólisis (Applied Biosystems, Darmstadt, Alemania) según Hirche et al. (2009).
Los datos se analizaron mediante el PROC MIXED para medidas repetidas de SAS. El modelo estadístico mixto contenía los efectos fijos de la temperatura, la suplementación, el período y sus interacciones; El efecto aleatorio del animal; y el error residual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La degradabilidad efectiva de materia seca de la L-carnitina en el rumen a 16 h fue mayor en la ración 100% forraje comparada con la ración 20% forraje (85,8 vs. 72,8%). Resultados opuestos fueron encontrados para la degradabilidad de la proteína bruta (85,6 vs. 95,4%). Además, para la ración de 20% forraje la degradabilidad de la proteína bruta fue 85% a las 2 h y aumentó ($P < 0,05$) a 99% a las 72 h.
La ingestión disminuyó en un 26% debido al estrés por calor (1,90 vs. 2,58 kg/d, $P < 0,001$, Tabla 1). Como era de esperar, las cabras EC tuvieron valores más altos de temperatura rectal y frecuencia respiratoria ($P < 0,01$) que las cabras TN (Tabla 1). La producción de leche tendió a disminuir en un 11% en cabras expuestas a EC (1,63 kg/d) en comparación con las cabras TN (1,84 kg/d) ($P < 0,06$). Esta reducción fue similar a lo observado por Hamzaoui et al (2013) en cabras lecheras bajo EC a mitad de lactación. La composición de la leche también se vio afectada por la alta temperatura ambiente. Las cabras de EC produjeron leche con menos grasa, proteínas y lactosa que las cabras TN.

***Tabla 1**. Respuestas de las cabras lecheras bajo condiciones termo-neutras (TN) o estrés por calor (EC). Las cabras en ambas condiciones ambientales fueron alimentadas con una ración control (CON) o suplementada con 1 g de L-carnitina (CAR).*

Ítem	TN		EC			P-valor		
	CON	CAR	CON	CAR	e.e.	EC	CAR	EC×CAR
Ingestión, kg/d	2,60	2,56	1,85	1,95	0,16	0,01	0,98	0,90
Leche, kg/d	1,90	1,80	1,59	1,69	0,14	0,06	0,96	0,73
Composición de leche								
Grasa, %	4,33	4,21	4,02	3,96	0,20	0,08	0,73	0,98
Proteína, %	3,51	3,54	3,14	3,22	0,20	0,05	0,95	0,99
Lactosa, %	4,64	4,65	4,47	4,47	0,06	0,01	0,99	0,79
Temperatura rectal, ºC	38,8	38,6	39,9	39,8	0,07	0,01	0,51	0,73
Ritmo respiratorio, r/m	38	38	123	121	3	0,01	0,88	0,81

La suplementación con carnitina no afectó la ingestión, de acuerdo con los resultados en ovino suplementado con 100 mg/d de L-carnitina (Foroozandeh et al., 2014). La suplementación con CAR no tuvo ningún efecto sobre la temperatura rectal y frecuencia respiratoria. La suplementación con CAR no afectó ni la producción ni la composición de la leche, lo que concuerda con los resultados de LaCount et al. (1995) y Carlson et al. (2007) en vacas lecheras en condiciones TN.
Las concentraciones de L-carnitina libre disminuyeron numéricamente ($P < 0,13$) por EC (-14% en promedio) y parece que esta carnitina libre se transformó en acetil-carnitina (los grupos EC tuvieron más 16% de acetil-carnitina) (Figura 1). Las concentraciones de carnitina libre, acetil y total en la sangre fueron casi triplicadas ($P < 0,001$) por la suplementación con CAR en las cabras TN y EC, a pesar de la alta degradación ruminal observada. LaCount et al. (1995) indicaron que las concentraciones de carnitina en plasma e hígado aumentaron cuando se administró L-carnitina en el rumen o en el abomaso. Los niveles basales de L-carnitina libre observados en nuestras cabras (19,4 µmol/l en promedio) fueron menores que los reportados en vacas lecheras (63,5 µmol/l; LaCount et al., 1995).
En conclusión, la L-carnitina suplementada a las cabras fue absorbida, pero no hubo efectos sobre la producción de leche bajo condiciones de termo-neutralidad o estrés por calor.

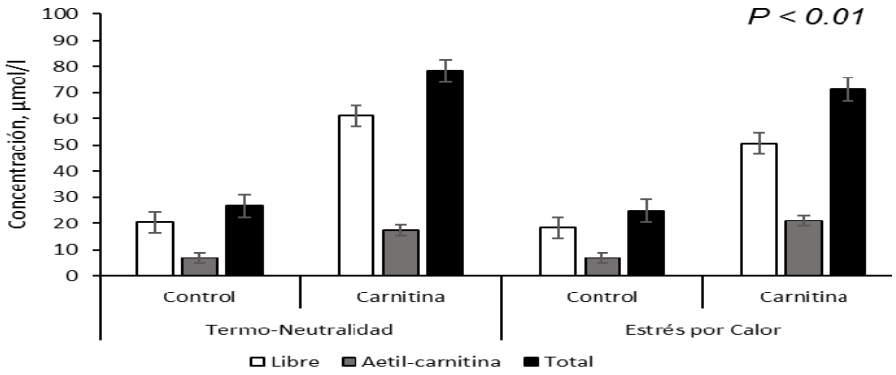


Figura 1. *Las diferentes fracciones de L-carnitina en plasma de cabras lecheras bajo condiciones de termo neutral (TN) o de estrés por calor (EC)*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Baumgard, L.H.,Rhoads, R.P. 2013. Annual Rev. Anim. Biosci. 1: 311–337.• Carlson, D. B., McFadden, J. W., D'Angelo, A., Woodworth, J. C., & Drackley, J. K. 2007. J. Dairy Sci. 90: 3422–3441.• Cowley, F C., Barber, D.G., Houlihan, A.V., & Poppi, D.P. 2015. J. Dairy Sci. 98: 2356-2368.• Foroozandeh, A. D., Amini, H.R., & Nasrollahi, S.M. 2014. Livest. Sci. 164: 67–71.• Hamzaoui, S., Salama, A.A.K., Caja, G., Albanell, E. Such, & X. 2013. ADSA-ASAS Annual Meeting.• Hirche, F., Fischer, M., Keller, J., & Eder, K. 2009. J. Chromatogr. B. 877: 2158–2162.• LaCount, D.W., Drackley, J.K., & Weigel, D.J. 1995. J. Dairy Sci. 78: 1824–1836.• Ørskov ER and McDonald I 1979. J. Agri. Sci. 92: 499-503.• Salama, A.A.K., G. Caja, S. Hamzaoui, B. Badaoui, A. Castro-Costa, D.E. Façanha, M.M. Guilhermino, and R. Bozzi. 2014. Small Rumin. Res. 121:73–79.• Salama, A.A.K., M. Duque, K. Shahzad, and J.J. Loor. 2015. J. Dairy Sci. 98 (E-Suppl. 1):538.• Sanz Fernandez, V. M., Johnson, J. S., Abuajamieh, Seibert, J. T., & West, J.W. 2003. J. Dairy Sci. 86: 2131–2144.• Vaz, F., Wanders, R. 2002. Biochem. J. 429: 417–429.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (Proyecto AGL2013-44061-R).

RESPONSE OF DAIRY GOATS UNDER HEAT STRESS CONDITIONS TO DIETARY L-CARNITINE SUPPLEMENTATION

BSTRACT: To assess the effects of rumen-protected L-carnitine, 4 Murciano-Granadina dairy goats (2.48±0.02 L/d milk; 46.1±0.5 kg body weight; 134±2 day in milk were maintained in metabolic cages under 2 environmental conditions: thermal-neutral (TN; temperature humidity index, THI=59 to 65) and heat stress (HS; THI=84 day and 75 night). For each environmental condition, goats received the control (CON) diet or supplemented with 1g/d L-carnitine (CAR). The experimental design was a 4 × 4 Latin square with 4 periods of 16 d each. Milk yield tended to decrease by 11% in goats exposed to HS (1.63 kg/d) compared to TN goats (1.84 kg/d). Additionally, milk of HS goats contained lower fat, protein and lactose. L-carnitine supplementation had no effect on rectal temperature, respiratory rate, milk yield, or milk composition in TN or HS conditions. Blood carnitine fractions (free-, acetyl- and total-carnitine) increased by 300 % when CAR was supplemented. In conclusion, supplemented L-carnitine to dairy goats was absorbed, but no lactational effects were observed under thermo-neutral or heat stress conditions.

Keywords: heat stress, dairy goat, L-carnitine.