

# PERFIL DE ACIDOS GRASOS DE BARBACOA DE BORREGOS PELIBUEY

## FATTY ACID PROFILE OF BARBACOA OF PELIBUEY SHEEP

Espinoza-Marín, R.<sup>1</sup>; Hernández-Mendo, O.<sup>1\*</sup>; Ortega-Cerrilla, M.E.<sup>1</sup>;  
Hernández-Sánchez, D.<sup>1</sup>; Huerta-Bravo, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Carr. México-Texcoco. Km. 63.5 Montecillo, Estado de México. CP. 56230. <sup>2</sup>Programa de Maestría en Ciencias e Innovación Ganadera. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco. Km. 38.5 Montecillo, Estado de México. CP. 56230.

**Autor de correspondencia:** ohmendo@colpos.mx

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el perfil de ácidos grasos en *barbacoa* de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido. Se utilizaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* de 24 borregos Pelibuey, los cuales se alojaron en cuatro grupos de seis animales. Cada grupo fue asignado al azar para aplicar los tratamientos: 1) dieta base con 0, 2) 25, 3) 50, y 4) 75 g de ácido linoleico conjugado protegido (ALCp) animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el PROC GLM y prueba de Tukey para comparación de medias. Adicionalmente se utilizaron polinomios y contrastes ortogonales. La prueba de Tukey no mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero los contrastes ortogonales evidenciaron que adicionar ácido linoleico conjugado protegido a la dieta de corderos, aumenta el contenido del isómero *cis*-9, *trans*-11, pero los ácidos grasos saturados tienden a aumentar y los mono-insaturados a disminuir.

**Palabras clave:** *barbacoa*, carne, isómeros, ácido linoleico conjugado.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the fatty acids profile in Pelibuey sheep *barbacoa* complemented with protected conjugated linoleic acid. Samples of the *Longissimus dorsi* muscle were used, from 24 Pelibuey sheep which were housed in groups of six animals. Each group was assigned randomly to apply the treatments: 1) base diet with 0, 2) 25, 3) 50, and 4) 75 g of protected conjugated linoleic acid (ALCp) animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. A completely random design was used, using the PROC GLM and Tukey test for means comparison. Additionally, polynomials and orthogonal contrasts were used. The Tukey test didn't show significant differences between treatments, but the orthogonal contrasts evidenced that adding protected conjugated linoleic acid to the sheep's diet increases the *cis*-9, *trans*-11 isomer content, but that the saturated fatty acids tend to increase and the mono-unsaturated to decrease.

**Keywords:** *barbacoa*, meat, isomers, conjugated linoleic acid.

## INTRODUCCIÓN

La carne de cordero en México se consume principalmente en forma de *barbacoa* y mixiote, platillos típicos de la región centro del país (Rubio *et al.*, 2003; Vilaboa, 2006), del cual, el 80-95% de dicha carne se utiliza para preparar *barbacoa*, cuyo consumo per cápita se estima en 800 g (Palacios *et al.*, 2000; SAGARPA, 2005). La *barbacoa*, es un platillo típico a degustar en festividades de diversa índole durante el año, y en los mercados populares se consume diariamente (Rivera *et al.*, 2012; Hernández-Martínez *et al.*, 2013). A pesar de ello, existe desconocimiento referente a su calidad nutritiva, y en particular, al contenido de grasa y el perfil de ácidos grasos, los cuales cobran especial importancia por su relación con enfermedades cardiovasculares y cáncer de colon (Kontogianni *et al.*, 2008; Manzur *et al.*, 2009; Cross *et al.*, 2010), en especial los ácidos grasos saturados con isomería *trans* (Mozaffarian *et al.*, 2006). El caso particular del ácido linoleico conjugado (ALC), cobra especial importancia por su potencial efecto anticancerígeno (Rainer y Heiss, 2004) y lipolítico (Azain *et al.*, 2000; Lin *et al.*, 2010). En ganado lechero, Holstein, el ALC disminuye el contenido total de grasa en leche (Pappritz *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2013), por lo que se cree que pueda suceder lo mismo en carne. Aunque los pocos estudios hasta ahora reportados, presentan resultados inconsistentes (Gillis *et al.*, 2004; Wynn *et al.*, 2006), por lo que es necesario profundizar la investigación en esta área, particularmente en ovinos, cuya carne en México, es la que mayor contenido de ALC contiene en relación a otras especies, convirtiéndola de particular interés. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el perfil de ácidos grasos en *barbacoa* de carne de corderos Peli buey complementado con ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México (19° 28' 4.26" LN, 98° 53' 42.18" LO, 2250 m de altitud). Para preparar la *barbacoa* se utilizaron muestras del músculo *Longissimus dorsi*, de entre la 12<sup>va</sup> y 13<sup>va</sup> costilla de 24 borregos Pelibuey, con edad y peso inicial y final promedio de 2.3 meses, 22.3 kg y 38.6 kg, respectivamente. Los animales se distribuyeron homogéneamente en cuatro grupos de seis animales cada uno, y fueron alojados en jaulas metabólicas individuales. Cada grupo de animales fue asignado al azar a cada uno de cuatro tratamientos: 1) dieta base con 0, 2) 25,

3) 50, y 4) 75 g animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de ácido linoleico conjugado protegido (ALCp) (Lutrell<sup>®</sup> Pure. BASF, Alemania). La dieta base se formuló de acuerdo a las tablas del NRC (2006), y el ALCp se ofreció dos veces al día en el alimento (50:50, mañana: tarde), y aportó 12.54% de *cis*-9, *trans*-11 y 12.75% de *trans*-10, *cis*-12. La *barbacoa* se cocinó en forma tradicional, usando un horno cilíndrico y construido a base de ladrillo rojo (Figura 1A). La cocción duró 4 h. Transcurrido este tiempo, el horno se destapó y las muestras de carne convertidas en *barbacoa* fueron retiradas (Figura 1B), enfriadas, liofilizadas y guardadas en refrigeración a 0 °C para la determinación del perfil de ácidos grasos, utilizando la técnica de esterificación, modificada de Sukhija y Palmquist (1988), Palmquist y Jenkins (2003) y Jenkins (2010). Los datos fueron analizados con un Diseño Completamente al Azar, utilizando el PROC GLM y la prueba de Tukey para la comparación de medias (SAS, 2013). Adicionalmente, se utilizaron contrastes y polinomios ortogonales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA y la prueba de Tukey no evidenciaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos en el perfil de ácidos



**Figura 1.** A: Horno tradicional para cocinar barbacoa en Texcoco, Estado de México. B: Muestras experimentales de barbacoa cocida.

grasos de la *barbacoa* (Cuadro 1). Sin embargo, los contrastes ortogonales mostraron que el ácido mirístico e isómero *cis*-9, *trans*-11 fueron mayores ( $P=0.04$  y  $P=0.03$ , respectivamente), y el heptadecanoico menor ( $P=0.02$ ), en muestras de *barbacoa* de animales que recibieron ALCp. El contenido del ácido araquidónico fue menor ( $P=0.03$ ) cuando se agregaron  $25 \text{ g d}^{-1}$  de ALCp en la dieta comparado con la dosis de  $50 \text{ g d}^{-1}$  de ALCp. Los polinomios ortogonales mostraron que los ácidos oleico y linoleico tuvieron un comportamiento lineal ( $P=0.01$ ) y cúbico ( $P=0.05$ ), respectivamente. Los ácidos grasos determinados en mayor proporción fueron el palmítico, esteárico y oleico, que en conjunto sumaron 77.1% del total de los ácidos grasos, siendo el ácido oleico el de mayor concentración.

Los contrastes ortogonales mostraron que el contenido de ácidos grasos saturados fue mayor ( $P=0.01$ ) en las muestras de *barbacoa* de animales que recibieron ALCp en la dieta. En el caso de los ácidos grasos mono-insaturados hubo efecto lineal ( $P=0.02$ ), disminuyendo con las dosis más altas de ALCp. En tanto que los poli-insaturados tuvieron un comportamiento cúbico ( $P=0.05$ ), cuyo contenido alcanzó el pico más alto con  $50 \text{ g d}^{-1}$ .

Es interesante puntualizar que para el isómero *cis*-9, *trans*-11 del ALC, los contrastes ortogonales indicaron mayor contenido ( $P=0.03$ ) en las muestras de *barbacoa* de los animales que recibieron ALCp, pero de acuerdo a los polinomios ortogonales no se observó efecto lineal para tal isómero (Figura 2). Esta respuesta podría indicar que éste fue afectado mayormente por la temperatura ( $82.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , a  $91.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y tiempo (4 h) de cocción de la *barbacoa*, toda vez que los ácidos grasos poli-insaturados son más sensibles a la oxidación que los saturados, debido a sus dobles ligaduras y posiblemente a que la temperatura y tiempo de cocción de la *barbacoa* son superiores a otras temperaturas usadas. En este sentido, es importante señalar que la temperatura de  $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$  causan desnaturalización de las proteínas miofibrilares, mientras que entre  $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ocurre contracción del colágeno intramuscular, y entre  $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$  existe contracción del complejo actino-miosina provocando deshidratación de la carne (Palka y Daun, 1999). Por tanto, no sería extraño que a la temperatura de cocción usada para la *barbacoa*, los ácidos grasos se desnaturalicen. Alfaia *et al.* (2010) reportaron

**Cuadro 1.** Perfil de ácidos grasos en *barbacoa* de carne de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido.

Metil ésteres de ácidos grasos (%)	Ácido linoleico conjugado protegido en la dieta ( $\text{g d}^{-1}$ )					
	0	25	50	75	*EEM	P
<b>Saturados</b>						
Mirístico (C14:0)	2.58	3.30	2.84	3.16	0.113	0.094
Palmitico (C16:0)	24.00	26.03	25.08	25.40	0.351	0.231
Heptadecanoico (C17:0)	1.58	1.30	1.22	1.30	0.057	0.113
Esteárico (C18:0)	12.63	14.49	14.49	14.27	0.434	0.381
<b>Mono-insaturados</b>						
Palmitoleico (C16:1)	2.71	2.58	2.40	2.28	0.097	0.441
Oleico (C18:1n-9 <i>cis</i> )	40.21	39.42	36.06	36.36	0.714	0.076
Elaidico (C18:1n-9 <i>trans</i> )	4.75	4.34	5.18	5.31	0.184	0.242
<b>Poli-Insaturados</b>						
Linoleico (C18:2n-6 <i>cis</i> )	6.46	5.24	7.35	7.16	0.340	0.108
Linolénico (C18:3n-6)	0.19	0.17	0.19	0.20	0.006	0.481
Cis-9, Trans-11	0.47	0.58	0.65	0.60	0.028	0.140
Trans-10, Cis-12	0.06	0.12	0.17	0.14	0.019	0.221
Araquidónico (C20:4n-6)	2.21	1.54	2.56	2.51	0.174	0.137
<b>Ácidos Grasos Agrupados, %</b>						
Saturados	40.79	45.11	43.62	44.13	0.617	0.067
Mono-insaturados	47.66	46.35	43.63	43.95	0.700	0.117
Poli-insaturados	9.39	7.65	10.92	10.61	0.519	0.097
Totales	97.85	99.11	98.18	98.69	0.355	0.636

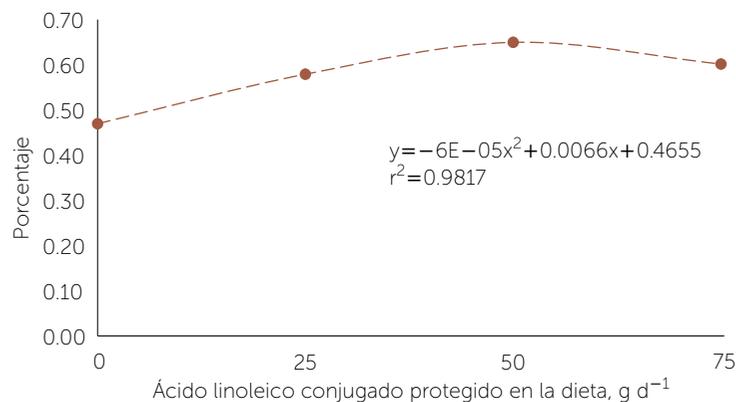
\*EEM=Error Estándar de la Media.



que en carne de novillos, el contenido de algunos ácidos grasos, en particular poli-insaturados, disminuyó de 24.69 a 17.60 g 100 g<sup>-1</sup> de ácidos grasos metil esteres (AGME) cuando la carne fue cocinada a la parrilla a 225 °C, y de 24.69 a 18.84 g 100 g<sup>-1</sup> de AGME cuando la carne se cocinó en horno de micro-

ondas a 750 W y dos ciclos de 1 min 45 s, mientras que en carne hervida a 80 °C y durante 1 h, los ácidos poli-insaturados disminuyeron de 24.69 a 18.77 g 100 g<sup>-1</sup> de AGME. Es evidente que el ALC, en particular los isómeros *cis-9*, *trans-11* y *trans-10*, *cis-12* por tratarse de ácidos grasos poli-insaturados pueden ser destruidos por temperaturas elevadas y tiempos de cocción prolongados, como es en el caso de la preparación de *barbacoa*, situación que podría eliminar el éxito aparente en el aumento de ambos isómeros en músculo fresco (0.55% a 0.74% y 0% a 0.24% de *cis-9*, *trans-11* y *trans-10*, *cis-12*, respectivamente), cuando se adiciona ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

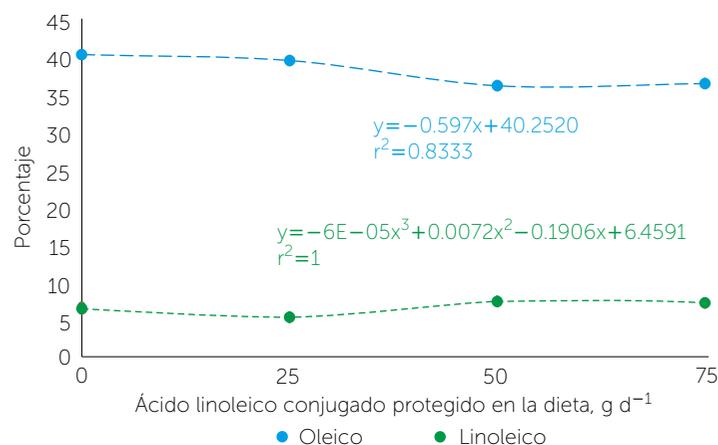
En el caso del ácido araquidónico (C20:4n-6), los contrastes ortogonales indicaron que su valor fue inferior (P=0.03) con 25 g d<sup>-1</sup> de ALCp, que con 50 g d<sup>-1</sup> de ALCp en la dieta (Figura 2), situación que sugiere que no hubo efecto del ALC. No obstante, observar tales diferencias, da la premisa que el contenido del ácido C20:4n-6 puede ser afectado por el ALC, situación documentada previamente por Banni (2002) quien observó que el contenido total del ácido C20:4n-6 disminuyó por acción del ALC, debido a que en estructura el C20:4n-6 es similar al ácido linoleico y por lo tanto, interfiere en su metabolismo trayendo como con-



**Figura 2.** Comportamiento del isómero *cis-9*, *trans-11* en *barbacoa* de carne de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido.

secuencia su disminución. La Figura 3 muestra el comportamiento del ácido oleico (C18:1n-9*cis*), el cual presentó un efecto lineal negativo (P=0.01) con respecto a las dosis crecientes de ALCp. En tanto que el ácido linoleico (C18:2n-6*cis*) tuvo un comportamiento cúbico (P=0.05), indicando

que al agregar 50 g d<sup>-1</sup> de ALCp en la dieta, se alcanza su nivel máximo y desciende con dosis de 75 g d<sup>-1</sup> de ALCp. Los resultados obtenidos para ácido oleico sugieren que con dosis de ALCp mayores a las utilizadas en el presente estudio, el contenido de dicho ácido puede disminuir. Por otro lado, el efecto cúbico observado en el ácido linoleico fue atribuido a la temperatura y tiempo de cocción (Yu, 2002; Alfaia *et al.*, 2010), más que al efecto del ALC, y pudieron haber enmascarado la acción del ALC, ya que los ácidos grasos insaturados son más rápidamente oxidados que los saturados, debido a la inestabilidad de sus dobles ligaduras (Bou *et al.*, 2001). Smith *et al.* (2002) y Wynn *et al.* (2006) demostraron que cuando el ALC inhibe la actividad de la enzima  $\Delta 9$ -desaturasa, los niveles de ácido oleico disminuyen en muestras de carne cruda. La Figura 4 muestra que los ácidos grasos saturados representaron 43.41%, los mono-insaturados 45.39% y los poli-insaturados 9.64%, del total de los ácidos grasos. Los resultados para ácidos saturados como mono-insaturados fueron similares a los registrados por Landim *et al.* (2012) en corderos. En el caso de los ácidos grasos poli-insaturados se observó un efecto cúbico, donde dichos ácidos promediaron 9.72% y 9.39% con y sin ALCp, respectivamente.



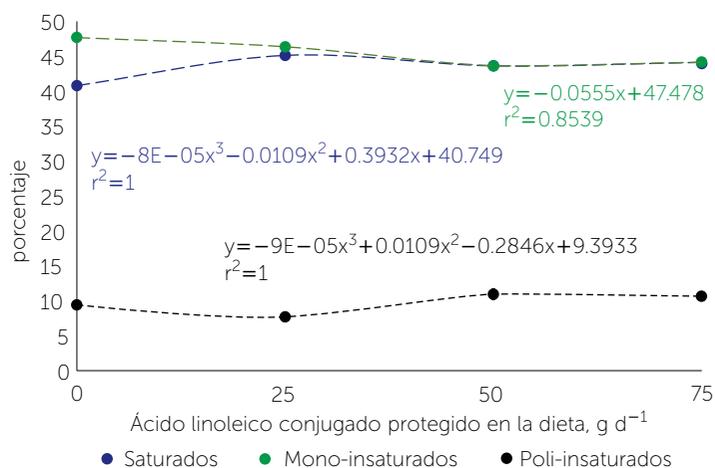
**Figura 3.** Contenido de oleico y linoleico en *barbacoa* de carne de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido.

## CONCLUSIONES

En las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio, los resultados hacen evidente el beneficio de complementar con ácido linoleico conjugado protegido en la dieta de borregos, al incrementar el isómero *cis-9, trans-11* en *barbacoa*, aunque con mayor concentración de ácidos grasos saturados y menor de mono-insaturados. Este escenario deja un área del conocimiento por explorar en la carne de ovinos, donde la salud humana por su consumo, es el objetivo principal.

## LITERATURA CITADA

- Alfaia C.M., Alves S.P., Lopes A.F., Fernandes M.J., Costa A.S., Fontes C.M., Castro M.L. F., Bessa R.J.B., Prates J.A. 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science* 84(4): 769-777.
- Azain M.J., Hausman D.B., Sisk M.B., Flatt W.P., Jewell D.E. 2000. Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. *The Journal of Nutrition* 130(6): 1548-1554.
- Banni S. 2002. Conjugated linoleic acid metabolism. *Current Opinion in Lipidology* 13(3): 261-266.
- Bou R., Guardiola F., Grau A., Grimpa S., Manich A., Barroeta A., Codony R. 2001. Influence of dietary fat source,  $\alpha$ -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poultry Science* 80(6): 800-807.
- Cross A.J., Ferrucci L.M., Risch A., Graubard B.I., Ward M.H., Park Y., Hollenbeck A. R., Schatzkin A., Sinha R. 2010. A large prospective study of meat consumption and colorectal cancer risk: an investigation of potential mechanisms underlying this association. *Cancer Research* 70(6): 2406-2414.
- Gillis M.H., Duckett S.K., Sackmann J.R., Realini C.E., Keisler D.H., Pringle T.D. 2004. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or linoleic acid on feedlot performance, carcass quality, and leptin concentrations in beef cattle. *Journal of Animal Science* 82(3): 851-859.
- Hernández-Martínez J., Ortiz-Rivera M.I., Rebollar-Rebollar S., Guzmán-Soria E., de Jesús González-Razo F. 2013. Comercialización de ovinos de pelo en los municipios de Tejupilco y Amatepec del Estado de México. *Agronomía Mesoamericana* 24(1): 195-201.
- Jenkins T. C. 2010. Technical note: Common analytical errors yielding inaccurate results during analysis of fatty acids in feed and digesta samples. *Journal of Dairy Science* 93(3): 1170-1174.
- Kontogianni M.D., Panagiotakos D.B., Pitsavos C., Chrysohoou C., Stefanadis C. 2008. Relationship between meat intake and the development of acute coronary syndromes: The CARDIO2000 case-control study. *European Journal of Clinical Nutrition* 62(2): 171-177.
- Landim A.V., Cardoso M.T.M., Castanheira M., Fioravanti M.C.S., Louvandini H., McManus C. 2011. Fatty acid profile of hair lambs and their crossbreds slaughtered at different weights. *Tropical animal health and production* 43(8): 1561-1566.
- Lin X., Liang G., Su P., Wang Z. 2010. Effects of supplemental energy sources and *trans-10, cis-12* conjugated linoleic acids (CLA) on



**Figura 4.** Comportamiento del perfil de ácidos grasos en *barbacoa* de carne de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido.

milk yield and composition in lactating Holstein cows. *Frontiers of Agriculture in China* 4(1): 101-108.

- Manzur J., Alvear S., Alayón A. 2009. Consumo de ácidos grasos *trans* y riesgo cardiovascular. *Revista Colombiana de Cardiología* 16(3): 103-111.
- Mozaffarian D, Katan M.B., Ascherio A., Stampfer M.J., Willett W.C. 2006. *Trans* fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine* 354: 1601-1613.
- NRC. 2006. Nutrient requirements of sheep. National Academy Press. Sixth Revised Edition. Washington, D.C. USA.
- Palacios M.G.L., Lozano M.S.R., Martínez S.E.V. 2000. Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. *Veterinaria México* 31(1): 11-19.
- Palka K., Daun H. 1999. Changes in texture, cooking losses and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. *Meat Science* 51: 237-243.
- Palmquist D.L., Jenkins T.C. 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science* 81(12): 3250-3254.
- Papritz J., Meyer U., Kramer R., Weber E.M., Jahreis G., Rehage J., Flachowsky G., Dänicke S. 2011. Effects of long-term supplementation of dairy cow diets with rumen-protected conjugated linoleic acids (CLA) on performance, metabolic parameters and fatty acid profile in milk fat. *Archives of Animal Nutrition* 65(2): 89-107.
- Rainer L., Heiss C.J. 2004. Conjugated linoleic acid: health implications and effects on body composition. *Journal of the American Dietetic Association* 104(6): 963-968.
- Ramírez M.M., Hernández M.O., Ramírez B.E.J., Améndola M.R.D., Crosby G.M.M., Burgueño F.J.A. 2013. Effect of vitamin E on milk composition of grazing dairy cows supplemented with microencapsulated conjugated linoleic acid. *Tropical Animal Health and Production* 45(8): 1783-1788.
- Rivera M.I.O., Martínez J.H., Rebollar S.R., Soria E.G., Razo F.D.J.G. 2012. La producción y comercialización de los ovinos en el sur del estado de México. En 13<sup>er</sup> Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria. Pp: 599.



- Rubio M.D.L.S., Torres N., Gutiérrez J., Méndez R.D. 2004. Composition and sensory evaluation of lamb carcasses used for the traditional Mexican lamb dish, "barbacoa". *Meat science* 67(2): 359-364.
- SAGARPA, 2005. Producción pecuaria. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/prod001.htm>. (Consultado 16/10/2015).
- SAS Institute Inc. 2013. SAS/STAT® 12.3 User's Guide: High-Performance Procedures. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Smith S.B., Hively T.S., Cortese G.M., Han J.J., Chung K.Y., Castenada P., Gilbert C. D., Adams V.L., Mersmann H.J. 2002. Conjugated linoleic acid depresses the  $\delta$  desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. *Journal of Animal Science* 80(8): 2110-2115.
- Sukhija P.S., 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(6): 1202-1206.
- Vilaboa A.J. 2006. Proyecto: Comercialización de carne de ovino – Primera parte. <https://www.engormix.com/MA-ovinos/articulos/proyecto-comercializacion-carne-ovino-t870/p0.htm>. (Consultado 06/09/2015).
- Wynn R.J., Daniel Z.C.T.R., Flux C.L., Craigon J., Salter A.M., BATTERY P.J. 2006. Effect of feeding rumen-protected conjugated linoleic acid on carcass characteristics and fatty acid composition of sheep tissues. *Journal of Animal Science* 84(12): 3440-3450.
- Yu Y., Correll P.H., Heuvel J.V. 2002. Conjugated linoleic acid decreases production of pro-inflammatory products in macrophages: evidence for a PPAR $\gamma$ -dependent mechanism. *Biochimica et Biophysica Acta-Molecular and Cell Biology of Lipids* 1581(3): 89-99.

