

Perfil de ácidos grasos en carne de toretes Europeo x Cebú finalizados en pastoreo y en corral

Fatty acids profile in meat from European x Zebu steers finished on grazing and feedlot conditions

Maribel Montero-Lagunes^a, Francisco Indalecio Juárez-Lagunes^b, Hugo Sergio García-Galindo^c

RESUMEN

El objetivo fue determinar el perfil de ácidos grasos en grasa intramuscular de toretes encastados de Europeo (*Bos taurus*) con Cebú (*Bos indicus*), finalizados en pastoreo y en corral. Cincuenta y dos toretes se analizaron con un ANDEVA en un arreglo factorial 2 x 2. La mitad de los animales fueron finalizados en pastoreo, siendo el pasto estrella de África [*Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilg.] la base de la alimentación, y la otra mitad en corral alimentados con 65 % de maíz, 10 % de pasta de soya, 20 % de heno, 4 % de sebo, 1 % de urea y minerales. La mitad de cada grupo consistió de toretes con más de ¾ *B. taurus*, y la otra mitad mayormente ¾ *B. indicus*. Los toretes se sacrificaron con 500 kg de peso. Se tomaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* de la región de la 12ª costilla. Los lípidos se analizaron por cromatografía de gases. El ácido graso más abundante (mg/g de grasa) fue el C18:1 (381±16.4) seguido por el C16:0 (250±5.3) y el C18:0 (201±8.6); El contenido de C18:2, 9-*cis*, 11-*trans* fue de 6.1±0.67. C14:0 y C16:0 fueron mayores en corral, y C18:0 fue más alto en pastoreo ($P<0.01$). C14:0, C16:0, C18:2, C18:3 y CLA total fueron mayores ($P<0.05$) en *B. indicus* y C18:0 fue más alto ($P<0.05$) en *B. taurus*. Se concluye que el perfil de ácidos grasos en toretes cruzados de Europeo por Cebú es diferente si es finalizado en pastoreo o en corral y por el nivel de encaste.

PALABRAS CLAVE: Ácidos grasos, Carne, CLA, Toretos cruzados, Pastoreo.

ABSTRACT

The purpose of this work was to determine the fatty acids in intramuscular fat from crossbred European (*Bos taurus*) with Zebu (*Bos indicus*) steers that were finished on grazing or feedlot conditions. Data from fifty-two steers were analyzed by ANOVA in a 2x2 factorial design. Half of the steers were grazing Stargrass [*Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilg.] pasture (P), and the other half were fed with concentrated (C) that consisted in 65 % corn, 10 % soybean meal, 20 % hay, 4 % tallow, 1 % urea and minerals mix. Half of each group was composed of steers with more than ¾ *B. taurus* (T), while the other half was mainly ¾ *B. indicus* (I). Steers were slaughtered at 500 kg of live weight. Samples from *Longissimus dorsi* near the 12th rib were taken. Fat was extracted and fatty acids analyzed by GC. The most abundant fatty acid (in mg/g fat) was oleic C18:1 (381±16.4) followed by palmitic C16:0 (250±5.3) and stearic C18:0 (201±8.6); The content of CLA C18:2, 9-*cis*,11-*trans* was 6.1±0.67. Myristic C14:0 and palmitic C16:0 were higher in C steers, while stearic C18:0 was higher in P steers ($P<0.01$). C14:0, C16:0, C18:2, C18:3 and total CLA were higher ($P<0.05$) in I steers, while C18:0 was higher ($P<0.05$) in T steers. It is concluded that the fatty acids profile of European x Zebu crossbred steers is different whether the animals are finished in pasture or feedlot and by the degree of crossbreeding.

KEY WORDS: Fatty acids, Meat, CLA, Crossbreed, Grazing.

INTRODUCCIÓN

En México, los toretes usados para la producción de carne en clima tropical provienen en su mayoría

INTRODUCTION

In Mexico, steers bound for meat production in the tropic come from dual-purpose grazing production

Recibido el 27 de mayo de 2010. Aceptado el 2 de diciembre de 2010.

^a Campo Experimental La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). km 22.5 carretera Veracruz-Córdoba. Paso del Toro, Ver. Tel. (285)596-0111. montero.maribel@inifap.gob.mx, Correspondencia al primer autor.

^b Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana (UV).

^c UNID. Instituto Tecnológico de Veracruz (ITV).

de sistemas de doble propósito en pastoreo, donde los grupos genéticos son cruza indefinidas de *Bos indicus* (Cebú) y *Bos taurus* (Holstein o Suizo Pardo)⁽¹⁾. El pasto provee de ácidos grasos poliinsaturados como el linolénico que pudiera ser precursor de ácidos grasos benéficos para la salud humana como son el esteárico, el oleico y los conjugados del ácido linoleico (CLA siglas en inglés)⁽²⁾.

No se han encontrado reportes relativos a la existencia de alguna diferencia importante en el perfil de ácidos grasos benéficos para la salud humana, incluyendo los CLA en la grasa intramuscular de este tipo de ganado en México. Aunque los ácidos grasos saturados son considerados como los de mayor factor de riesgo por su efecto hipercolesterolémico, no todos ellos actúan de igual manera: mientras que el esteárico es neutro, el mayor efecto aterogénico proviene del ácido palmítico, mirístico y láurico. Por su parte, el oleico es hipocolesterolémico, es decir disminuye el nivel de LDL-colesterol, sin alterar el nivel de lipoproteínas de alta densidad (HDL-colesterol en el plasma)⁽³⁾. Respecto al papel que juega el linoleico sobre la trombogénesis, éste es más complejo, pues tiene efectos contrarios entre sí, ya que es precursor de las prostaciclina antitrombogénicas e interviene en la producción de tromboxanas trombogénicas, por lo que su efecto neto depende de la cantidad y actividad relativa de cada uno de estos dos productos⁽⁴⁾. Así mismo, el ácido dihomogamalinolénico es antitrombogénico, mientras que el ácido araquidónico es trombogénico, aunque ambos provienen del ácido linoleico; el ácido dihomogamalinolénico precede la formación del ácido araquidónico en el patrón de síntesis de los ácidos grasos *n*-6. El ácido eicosapentanoico (EPA), de la serie *n*-3 deriva del ácido α -linolénico que es antitrombogénico (Figura 1). Por lo tanto, hay un conflicto entre el efecto hipocolesterolémico del ácido linoleico (*n*-6) y un mayor riesgo trombogénico causado por la deposición de su producto metabólico, el ácido araquidónico⁽⁵⁾.

Los CLA, que también están contenidos en la carne y leche de rumiantes⁽⁶⁾, tienen propiedades anticarcinogénicas y se incrementan con la práctica

systems and crossbreeding is not under control. Most of these animals have *Bos indicus* (Zebu) and *Bos taurus* (Holstein or Brown Swiss)⁽¹⁾ blood at undefined levels. Grazing animals produce greater contents of unsaturated fatty acids as linoleic acid that is regarded as a precursor of beneficial fatty acids as stearic, oleic and conjugated linoleic acid (CLA)⁽²⁾.

In Mexico, there are no reports on the content of these beneficial fatty acids in the intramuscular fat of steers grown in the tropical region. Although saturated fatty acids are usually regarded as those with the greatest risk due to their hypercholesterolemic effect, not all saturated fatty acids have the same effect on humans. While stearic acid is considered as neutral, those that have proven lipidemic and cholesterolemic effects are palmitic (C16:0), myristic (C14:0) and lauric (C12:0). Conversely, oleic acid is hypocholesterolemic; this is, decreases LDL-cholesterol, and has no effect on HDL-cholesterol in plasma⁽³⁾. With reference of the role of linoleic acid on thrombogenesis, it is a more complicated issue, because it can exert contrasting effects. Linoleic acid is a precursor of antithrombotic prostaglandins, but at the same time plays a role in the synthesis of thrombotic tromboxanes; thus, its net effect depends on the amount and relative activity of these two products from metabolism⁽⁴⁾. Furthermore, dihomogamma-linolenic acid is antithrombotic, while arachidonic acid is thrombotic, while both derive from linoleic acid. dihomogamma-linolenic acid is a precursor of arachidonic acid in the synthetic path of *n*-6 fatty acids. Eicosapentaenoic acid (EPA), from the *n*-3 series comes from α -linolenic acid, which is antithrombotic (Figure 1). Therefore, there is a contradiction between the hypocholesterolemic effect of linoleic acid (*n*-6) with an increased risk of thrombosis caused by the deposition of its metabolic product, arachidonic acid⁽⁵⁾.

CLA, which is also contained in ruminant's meat and milk⁽⁶⁾, has demonstrated anticarcinogenic properties and its concentration increases in grazing cattle⁽⁷⁾. Kay *et al*⁽⁸⁾ reported that a greater proportion of the *cis*-9, *trans*-11 isomer (rumenic acid) of CLA in dairy cows consuming fresh pasture is formed from endogenous synthesis from the

del pastoreo⁽⁷⁾. En vacas lecheras pastoreando forraje fresco, Kay *et al.*⁽⁸⁾ demostraron que la mayoría del isómero *cis*-9, *trans*-11 del CLA proviene de síntesis endógena, siendo el precursor el ácido C18:1 *trans*-11 (ácido vaccénico; AV), y este proceso incluye a la enzima D9-desaturasa⁽⁹⁾. Por lo tanto, la clave para un mayor contenido del isómero *cis*-9, *trans*-11 del CLA en la grasa, es la de incrementar la producción ruminal de AV y la actividad endógena de la D9-desaturasa⁽¹⁰⁾. En bovinos, es posible que la actividad y producción de la enzima D9-desaturasa pueda diferir entre los varios grupos genéticos⁽¹¹⁾. Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el perfil de ácidos grasos en la grasa intramuscular de toretes cruzados ¾ Europeo vs ¼ Cebú, finalizados en pastoreo y en corral.

MATERIALES Y METODOS

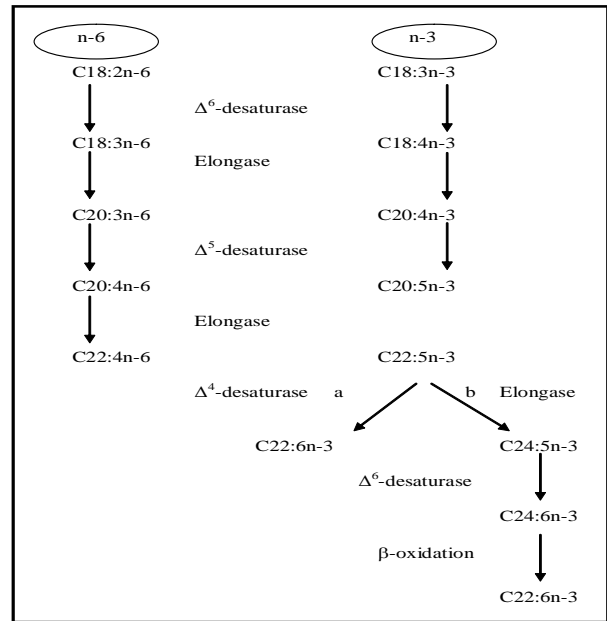
El estudio se realizó en ranchos ganaderos en la zona centro del estado de Veracruz localizados a 15° 50' N y 96°10' O. El clima es tropical sub-húmedo AW₁. Se utilizaron 52 toretes, la mitad de los cuales se finalizó en pastoreo (P) con pasto estrella de África [*Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilg.] como principal fuente de alimentación y la otra mitad en corral (C), alimentándolos con una dieta integral, balanceada con 65 % de maíz, 10 % de pasta de soya, 20 % de heno de pasto estrella de África picado, 4 % de sebo, 1 % de urea y minerales.

Se tomó en cuenta la proporción de sangre europea y cebuina de los toretes. En cada grupo (pastoreo o corral), la mitad de los animales promediaron más de ¾ de proporción europea y la otra mitad ¼ de proporción cebuina (Cuadro 1). Los toretes *B. taurus* provenían de cruzamientos absorbentes de Holstein (mediante inseminación artificial) a partir de vacas ¾ Holstein, y los toretes *B. indicus* provenían de vacas ½ cebú cruzadas por monta directa con semental Cebú.

El sistema de pastoreo fue rotacional con 35 días de descanso para la recuperación del pasto. Se tomaron muestras de pasto en áreas de 1 m², representativas de los potreros en cada uno de los

Figura 1. Patrones de conversión del ácido linoleico (C18:2n-6) y el ácido α -linolénico (C18:3n-3) a sus respectivos productos de cadena larga

Figure 1. Conversion pathways for linoleic acid (C18:2n-6) and α -linolenic acid (C18:3n-3) to their corresponding long chain products



(a) Conventional pathway proposed by Brener (1989)
 (b) Alternate pathway proposed by Sprecher *et al.* (1995)
 C20:4n-6 Arachidonic; C20:5n-3 EPA; C22:6n-3 DHA.

precursor C18:1 *trans*-11 acid (vaccenic acid, VA), and this process includes the enzyme D9-desaturase⁽⁹⁾. Therefore, the key for a greater content of rumenic acid in fat is to ruminal production of VA with a concomitant activity of D9-desaturase⁽¹⁰⁾. It is possible that activity of D9-desaturase could differ among genetic groups of bovines⁽¹¹⁾. Hence, the purpose of this work was to determine the fatty acid profile of intramuscular fat of crossbred steers ¾ European vs ¼ Zebu, that were finished with fresh pasture or feedlot in the coastal plains of the State of Veracruz.

MATERIALS AND METHODS

This work was made in farms from central Veracruz, located at 15° 50' N and 96°10' W.

ranchos cooperantes mediante la técnica del “cinco de oros”, que consiste en tomar cinco muestras, una en cada esquina del potrero y otra en el centro, utilizando un cuadrado de un metro por lado, lanzándolo al azar en la zona de muestreo⁽¹²⁾.

Al pasto y a los ingredientes se les determinó su composición química proximal (MS, PC, EE y FDN) y el contenido de ácidos grasos (AG). Con los resultados del laboratorio, se balancearon las raciones utilizando el programa computacional Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS v.5.034). Con el apoyo de este programa se estimaron los consumos de los ingredientes de las raciones experimentales utilizadas en los corrales de engorda, y se predijo el consumo de forraje de los animales en pastoreo; así, se obtuvo un estimado de los consumos de AG. Los toretes fueron sacrificados con 500 kg de peso vivo.

Se tomaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* a la altura de la 12^a costilla y se congelaron a -20 °C. Veinticinco (25) gramos de muestra se utilizaron para la extracción de lípidos, la cual se llevó a cabo de acuerdo con los procedimientos de Bligh y Dyer⁽¹³⁾, con una solución cloroformo:metanol 2:1. De la grasa extraída se tomaron 100 mg para su metilación. Los metil ésteres de los ácidos grasos fueron obtenidos por el método de Williams *et al*⁽¹⁴⁾, con una solución HCl-metanol 0.2 M. Los ácidos grasos se cuantificaron por cromatografía de gases (Hewlett Packard GC system 6890+; Wilmington, DE) equipado con un detector por ionización de flama y una columna capilar de sílica SP-2560 (100 m, 0.25 mm d.i. con una cubierta de 0.2 µm de grosor; Supelco Inc., Bellefonte, PA). La temperatura inicial del horno (80 °C) se sostuvo por 28 min y después se incrementó a una tasa de 2 °C min⁻¹ hasta los 190 °C donde se sostuvo por 20 min. Las temperaturas del inyector y del detector se mantuvieron a 250 °C. El gas acarreador fue Nitrógeno a un flujo de 1 ml min⁻¹ y la velocidad de paso por el detector fue de 40 ml min⁻¹. El flujo del aire fue de 400 ml min⁻¹ y el flujo del Nitrógeno fue de 3.6 ml min⁻¹. Los picos en los cromatogramas fueron identificados y cuantificados usando estándares puros de metil ésteres (GLC20; Matreya, Inc., Pleasant Gap, PA).

Climate is classified as humid subtropical AW₁. Fifty two (52) steers were used; half were finished with fresh Stargrass [*Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilg.] pasture (P) as the main feed, while the other half was finished with concentrated feed (C), consisting of 65 % corn, 10 % soybean meal, 20 % hay of chopped Stargrass pasture, 4 % tallow, 1 % urea and mineral mix. Proportions of European and Zebu blood from the steers were considered. Half of the animals from each group (grazing or feedlot), averaged more than ¾ of European (T), while the other half, was ¾ Zebu (I) (Table 1). T steers came from adsorbent Holstein crossbreeds (by artificial insemination) from ¾ Holstein cows, while I steers came from ½ Zebu cows and Zebu bulls. Grazing was made in rotations with 35 d allowed for grass recovery. Pasture samples were taken from 1 m² selected from representative areas from each of the participant ranches using the “five of gold” method, that describe each of the four corners and the middle of a square of meter per side, that was selected at random within the sampling zone⁽¹²⁾.

Proximate analysis was made on the grass and feed ingredients (DM, CP, EE and NDF) and the fatty acids content (FA). Based on the laboratory results, the feed was balanced using the computer software Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS v.5.034). With this program, consumption of feed was estimated and pasture intake was predicted. Thus, an estimate of fatty acids consumed was calculated. Steers were slaughtered when a live weight of 500 kg was reached.

Samples of *Longissimus dorsi* from the zone by the 12th rib were taken and immediately placed in a commercial freezer at -20 °C; twenty five (25) grams samples were used for lipid extraction according to Bligh and Dyer⁽¹³⁾, with 2:1 chloroform: methanol. From the extract, ca. 100 mg were used to prepare fatty acids methyl esters following the method of Williams *et al*⁽¹⁴⁾, with 0.2 M HCl-methanol. Fatty acids were quantified with an HP 6890 GC gas chromatograph (Hewlett Packard, Wilmington, DE) fitted with a FID and a capillary SP-2560 column (100 m, 0.25 mm i.d. and a film of 0.2 µm; Supelco Inc., Bellefonte, PA). Temperature program

El diseño experimental fue un análisis de varianza en un arreglo factorial 2 x 2, utilizando el siguiente modelo:

$$y = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{(ij)k}$$

En donde y es la variable de respuesta para cada uno de los factores en la ecuación; μ es la media poblacional; A_i es el efecto del tipo de alimentación; B_j es el efecto de nivel de cruzamiento; AB_{ij} es la interacción entre el tipo de alimentación por nivel de cruzamiento; y $e_{(ij)k}$ es el error experimental. Los datos se analizaron estadísticamente usando el procedimiento General Lineal Model del programa estadístico MINITAB v. 12. Cuando el efecto de

was 80 °C for 28 min. raised to 190 °C at 2 °C min⁻¹ then held for 20 min. Both injector and detector temperatures were maintained at 250 °C. Carrier gas was Nitrogen at a flow rate of 1 ml min⁻¹ and gas flow was 40 ml min⁻¹. Air flow was 400 ml min⁻¹ and Nitrogen flow was 3.6 ml min⁻¹. Peaks corresponding to fatty acids were identified and quantified using methyl esters pure standards (GLC20; Matreya, Inc., Pleasant Gap, PA).

Experimental design corresponded to an ANOVA in a 2 x 2 factorial design, given the following model:

$$y = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{(ij)k}$$

Cuadro 1. Distribución de los grupos genéticos de los toretes utilizados en el estudio

Table 1. Distribution of genetic groups of the steers used in this study

n	Feeding type	Genotype	n	Feeding type	Genotype
1	Grazing	5/8 Holstein	27	Feedlot	¾ Holstein
2	Grazing	31/32 Brown Swiss	28	Feedlot	15/16 Holstein
3	Grazing	31/32 Holstein	29	Feedlot	31/32 Holstein
4	Grazing	15/16 Holstein	30	Feedlot	31/32 Holstein
5	Grazing	5/8 Holstein	31	Feedlot	31/32 Holstein
6	Grazing	½ Holstein	32	Feedlot	31/32 Holstein
7	Grazing	½ Holstein	33	Feedlot	31/32 Holstein
8	Grazing	5/8 Holstein	34	Feedlot	31/32 Holstein
9	Grazing	5/8 Brown Swiss	35	Feedlot	31/32 Holstein
10	Grazing	5/8 Holstein	36	Feedlot	31/32 Holstein
11	Grazing	5/8 Holstein	37	Feedlot	31/32 Holstein
12	Grazing	¾ Holstein	38	Feedlot	31/32 Holstein
13	Grazing	¾ Holstein	39	Feedlot	31/32 Holstein
14	Grazing	¾ Zebu	40	Feedlot	¾ Zebu
15	Grazing	¾ Zebu	41	Feedlot	¾ Zebu
16	Grazing	¾ Zebu	42	Feedlot	¾ Zebu
17	Grazing	¾ Zebu	43	Feedlot	¾ Zebu
18	Grazing	¾ Zebu	44	Feedlot	¾ Zebu
19	Grazing	¾ Zebu	45	Feedlot	¾ Zebu
20	Grazing	¾ Zebu	46	Feedlot	¾ Zebu
21	Grazing	¾ Zebu	47	Feedlot	¾ Zebu
22	Grazing	¾ Zebu	48	Feedlot	¾ Zebu
23	Grazing	¾ Zebu	49	Feedlot	¾ Zebu
24	Grazing	¾ Zebu	50	Feedlot	¾ Zebu
25	Grazing	¾ Zebu	51	Feedlot	¾ Zebu
26	Grazing	¾ Zebu	52	Feedlot	¾ Zebu

un factor fue significativo ($P < 0.05$) se determinaron las diferencias entre las medias por la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las características generales de los 52 animales en estudio se presentan en el Cuadro 2. Las desviaciones estándar muestran la variación entre el sistema de pastoreo y el de corral. Los promedios son representativos del ganado de la región. En el Cuadro 3 se complementa la información del Cuadro 2 con pesos y rendimientos en canal, así como la composición química proximal del músculo *Longissimus dorsi*. El contenido de los ácidos grasos (AG) en los ingredientes que conformaron las dietas se desglosan en el Cuadro 4. El maíz y la pasta de soya tienen perfil muy similar de AG. Se caracterizan por un alto contenido de ácido linoleico (C18:2, n-6) y de oleico (C18:1, n-9). Estos AG son típicos en estos ingredientes⁽¹⁵⁾. El pasto estrella de África se destaca por la presencia del ácido α -linolénico (C18:3, n-3) y del ácido palmítico. En la literatura consultada no se encontró información del perfil de AG en pastos tropicales, pero en estudios con pastos de clima templado^(2,16) se observa un perfil similar al descrito en el Cuadro 4. El ingrediente restante utilizado en la alimentación de los toretes es el sebo de res, cuyo perfil de AG coincide con lo reportado en la literatura⁽¹⁵⁾, en donde el AG más abundante es el ácido oleico, seguido por los ácidos palmítico y esteárico, y la presencia de CLA.

Cuadro 2. Características de los 52 animales en estudio

Table 2. Characteristics of the 52 animals in the study

Variable	Mean	Standard deviation
Starting age, months	20	5.8
Initial weight, kg	266	80.2
Final weight, kg	500	30.5
ADG, kg	1.134	0.289
Finishing time, days	206	105
Thickness of back fat, cm	0.36	0.196
Area of the ribeye, cm ²	13.4	2.76

ADG= average daily gain.

Where y is the response variable for each factor of the equation; μ is the population mean value; A_j is the effect of the type of feeding; B_j is the effect of degree of crossbreeding; AB_{jj} is the interaction between the type of feeding by degree of crossbreeding; and $e_{(ij)k}$ is the experimental error. Data were analyzed using the General Lineal Model procedure of the statistical software MINITAB v.12. When a main effect was found significant ($P < 0.05$), differences between means were determined with the test of Tukey.

RESULTS AND DISCUSSION

Overall traits from all 52 animals are depicted in Table 2. Standard deviations are included and show the variation between animals that were fed in grazing or feedlot regimes. Mean values are typical from cattle grown in the area. Table 3 contains supplementary information to Table 2 including weights and yields, together with the proximate composition of their *Longissimus dorsi*. Fatty acids contained in the feeds are included in Table 4. It can be noted corn and soybean provide very similar fatty acids profiles. Both oils contain elevated concentrations of linoleic acid (C18:2, n-6) and oleic acid (C18:1, n-9). These are typical fatty acids found in such ingredients⁽¹⁵⁾. Stargrass shows greater content of α -linolenic acid (C18:3, n-3) and palmitic acid. We found no reports on the fatty acids profiles of tropical grasses, only on temperate

Cuadro 3. Peso de la canal y composición química del músculo *Longissimus dorsi* de los bovinos por sistema de alimentación

Table 3. Weight of carcass and proximate composition of *Longissimus dorsi* from steers by feeding system

Variable at slaughter	Grazing	Feedlot
Weight of carcass, kg	263.0±9.40	280.0±5.20
Yield of carcass, %	52.8±1.00 ^a	58.6±0.55 ^b
Moisture content, %	71.3±0.94	73.8±0.73
Dry matter, %	28.7±0.94	26.2±0.73
Crude protein, %	20.8±0.83	22.2±0.64
Crude fat, %	2.25±0.16	2.18±0.12
Ash, %	1.26±0.97	1.10±0.75

ab Values with different letter are different ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Perfil de ácidos grasos de los ingredientes utilizados en raciones de toretes finalizados en corral (mg/g de grasa)

Table 4. Fatty acids profile of the ingredients used in the feed formulation of steers finished in feedlot (mg/g fat)

Fatty acid	Corn	Soybean meal	Star of Africa grass	Tallow
Total of fatty acids, %DM	4.3	1.6	2.3	100.0
C14:0 (myristic)	4.0	3.5	71.3	38.0
C14:1 (myristoleic)	0.0	1.5	0.0	0.0
C16:0 (palmitic)	135.5	117.7	305.3	302.1
C16:1 (palmitoleic)	0.0	3.4	20.9	25.8
C18:0 (stearic)	60.5	49.3	137.7	228.0
C18:1 (oleic)	305.9	320.1	116.7	368.9
11- <i>trans</i> C18:1 (vaccenic)	0.0	2.9	1.9	0.0
C18:2 (linoleic)	466.0	482.1	118.2	19.8
C18:3 (α -linolenic)	0.0	0.0	107.5	5.3
9- <i>cis</i> ,11- <i>trans</i> C18:2 (CLA)	0.0	1.0	0.0	2.1
Saturated	199.9	170.5	514.3	568.0
Monounsaturated	309.8	323.5	137.6	406.9
Polyunsaturated	490.3	503.5	225.7	27.2
Polyunsaturated:Saturated	2.4	2.9	0.4	0.1
w6:w3 ratio	466.0	482.1	1.1	3.7

Note: Only one analysis was performed on each ingredient, so no standard deviation or mean comparison could be estimated.

Los animales mantenidos en corral con dietas integrales consumieron cantidades mayores de AG comparados con los animales en pastoreo (Cuadro 5). Destacan los consumos de los ácidos palmítico, esteárico, oleico y linoleico, proporcionados por los ingredientes de la dieta en corral. Sin embargo, los toretes en pastoreo consumen más ácido α -linolénico (g d⁻¹). Sackmann *et al*⁽¹⁷⁾ encontraron que a medida que se incorpora forraje a la dieta, se incrementan los consumos de ácido α -linolénico. Esta diferencia favoreció la relación ω 6: ω 3 en el consumo en pastoreo, y elevó considerablemente esta relación en la dieta en corral.

El sistema de alimentación modificó el perfil de AG en la grasa intramuscular de los bovinos (Cuadro 6). Los animales en pastoreo, aún cuando consumieron cantidades similares de ácido mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) que los animales en corral, depositaron menos de estos AGs en la grasa intramuscular, es decir, tuvieron menos grasa saturada indeseable (porque son hipercoleste-

Cuadro 5. Consumo de ácidos grasos por toretes finalizados en corral vs pastoreo (g d⁻¹)

Table 5. Consumption of fatty acids by steers based on the feeding system (g d⁻¹)

Fatty acid	Grazing	Feedlot	P value
C14:0 (myristic)	14.1 ± 1.13	10.5 ± 2.34	NS
C14:1 (myristoleic)	23.6 ± 1.93	41.5 ± 4.02	NS
C16:0 (palmitic)	70.5 ± 4.82	84.5 ± 10.03	NS
C16:1 (palmitoleic)	4.4 ± 0.33	7.0 ± 0.69	NS
C18:0 (stearic)	31.7 ± 2.17	62.0 ± 4.52	≤0.05
C18:1 (oleic)	48.9 ± 1.81	105.0 ± 3.77	≤0.05
C18:2 (linoleic)	63.5 ± 1.87	185.1 ± 3.88	≤0.05
C18:3 (linolenic)	22.7 ± 1.70	3.4 ± 0.35	≤0.05
Saturated	116.4 ± 8.12	157.1 ± 16.90	≤0.05
Monounsaturated	76.9 ± 4.07	153.5 ± 8.48	≤0.05
Polyunsaturated	135.0 ± 5.38	188.5 ± 11.19	NS
Polyunsaturated:Saturated	1.162 ± 0.032	1.200 ± 0.002	NS
w6:w3 ratio	2.8 ± 0.29	54.4 ± 2.25	≤0.01

rolemicos)⁽¹⁸⁾. No obstante, el esteárico (C18:0), que es un AG saturado benéfico para la salud porque disminuye el colesterol sérico⁽¹⁹⁾, aún cuando los toretes en pastoreo consumieron menos, estos depositaron más que los animales en corral. Cambios similares se reportaron por otros ^(17,20) quienes mencionan que en el rumen el ácido linolénico se puede saturar y convertirse en esteárico. Mientras que en los humanos el ácido esteárico de la dieta puede ser desaturado hasta ácido linoleico en el tejido adiposo, lo cual explica el efecto diferente sobre el colesterol en plasma comparado con otras grasas saturadas⁽²¹⁾.

Cabe recalcar que los animales en corral consumieron más oleico, linoleico y menos linolénico. Sin embargo, la deposición de estos ácidos grasos insaturados en grasa intramuscular no fue diferente en los animales en pastoreo y en corral. Por lo mismo, tampoco fue diferente la relación $\omega 6:\omega 3$. La cual fue alrededor de 7. Mata *et al*⁽²²⁾ estiman que la relación $\omega 6:\omega 3$ es de 15-20:1 en los países industrializados, cuando debería ser inferior a 10. Aunque Palmquist⁽²³⁾ resalta que la relación $\omega 6:\omega 3$ no es un concepto útil, sino que

climate grasses^(2,16) which have a similar profile to that described in Table 4. The remaining ingredient in the feed is tallow, which profile is consistent with values found in the literature⁽¹⁵⁾, in which the most abundant fatty acid is oleic acid, followed by palmitic and stearic acids, with CLA being present.

Animals in the feedlot group consumed greater amounts of fatty acids, compared to the animals fed pasture (Table 5). It is worth noting the amounts of palmitic, oleic and linoleic acids provided by the feed ingredients. However, steers on pasture consumed more α -linolenic acid (g d^{-1}). Sackmann *et al*⁽¹⁷⁾ found that as pasture was incorporated in the diet, greater consumption of α -linolenic acid was estimated. This difference favored the $\omega 6:\omega 3$ ratio in grazing steers and was considerably increased in the feedlot animals.

The feeding type modified the fatty acids profile in intramuscular fat of steers (Table 6). Pasture-fed animals deposited in their intramuscular fat lesser proportions of myristic and palmitic fatty acids than feedlot animals, even though consumption of these two fatty acids was similar in both groups.

Cuadro 6. Perfil de ácidos grasos en la grasa intramuscular de toretes en corral y en pastoreo (mg/g de grasa)

Table 6. Fatty acids profile in intramuscular fat of steers under pasture or feedlot (mg/g fat)

Fatty acid	Grazing	Feedlot	<i>P</i> value
C14:0 (myristic)	32.4 ± 1.9	21.8 ± 2.8	0.03
C14:1 (myristoleic)	25.2 ± 2.1	23.8 ± 3.0	0.69
C16:0 (palmític)	255.4 ± 3.6	236.5 ± 5.3	0.05
C16:1 (palmitoleic)	32.6 ± 1.9	30.8 ± 2.8	0.59
C18:0 (stearic)	189.0 ± 5.8	229.0 ± 8.6	0.00
C18:1 (oleic)	383.9 ± 11.1	357.4 ± 16.4	0.18
C18:1 11- <i>trans</i> (vaccenic)	1.6 ± 0.2	1.7 ± 0.4	0.87
C18:2 (linoleic)	59.2 ± 4.9	42.8 ± 7.0	0.11
CLA total	16.8 ± 1.4	14.4 ± 2.1	0.35
9- <i>cis</i> ,11- <i>trans</i> C18:2 (CLA)	5.8 ± 0.4	6.1 ± 0.6	0.74
C18:3 (linolenic)	10.9 ± 1.0	7.7 ± 1.5	0.31
Saturated	473.8 ± 7.2	487.7 ± 10.6	0.28
Monounsaturated	428.6 ± 17.9	424.6 ± 26.4	0.89
Polyunsaturated	81.5 ± 8.7	93.2 ± 12.9	0.45
Polyunsaturated:Saturated	0.173 ± 0.0	0.200 ± 0.0	0.44
$\omega 6:\omega 3$ ratio	7.4 ± 0.8	7.0 ± 1.1	0.84

es más importante consumir ácido linolénico en cantidades adecuadas sin excesivo consumo de $\omega 6$.

En los resultados de este estudio, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el contenido total de CLA y del isómero *cis-9, trans-11* CLA entre los tratamientos (Cuadro 6), aunque cabe aclarar que los toretes en corral recibieron algo de CLA de la dieta, y que los toretes en pastoreo todo provino de síntesis en rumen y endógena. Se sabe que la concentración de estos AG es mayor en grasa subcutánea que en la intramuscular⁽²⁴⁾, por tanto se espera mayor concentración de estos AG al considerar ambas fracciones lipídicas. No obstante, Woods y Fearon⁽²⁵⁾ al incrementar el contenido de pasto en la dieta, linealmente incrementaron el de CLA. De la misma manera se ha encontrado⁽²⁶⁾ que los isómeros de CLA $\Delta 11, \Delta 13; \Delta 11, \Delta 13$; y $\Delta 12, \Delta 14$, en la grasa intramuscular de la carne, son los indicadores más sensibles de consumo de pasto. Se espera que la grasa intramuscular de los animales en pastoreo pueda ser más sana. El hecho de que la fuente de grasa altere la composición de los AG del músculo *Longissimus dorsi* puede tener implicaciones para la dieta y la salud de los humanos. Vale la pena estudiar las interacciones que se den entre diferentes fuentes de grasa para modular el perfil de AG en la grasa intramuscular de la carne de bovinos.

El perfil de AG en toretes cruzados es diferente ($P < 0.05$) por el nivel de encaste europeo o cebuino (Cuadro 7). Los que tienen dominancia de *B. indicus* tienen ácidos grasos saturados de menor calidad al tener más mirístico y palmítico, y menos esteárico. Aunque tienen mayor contenido de los insaturados linoleico y linolénico que los toretes con dominancia de *B. taurus* (Cuadro 7). Rossato *et al*⁽²⁷⁾ coinciden en que las mayores diferencias entre *B. indicus* y *B. taurus* están en los AG saturados y monoinsaturados. Estos hallazgos son consistentes con lo encontrado previamente⁽²⁸⁾, al comparar la grasa subcutánea de vacas Brahman contra vacas Hereford; los autores concluyen que la manipulación genética del perfil de los ácidos grasos es posible debido a las variaciones que ocurren entre estas dos especies de bovinos. Si la composición de los ácidos grasos es altamente heredable en *B. indicus*⁽²⁹⁾, y de

This means less undesirable, hypercholesterolemic fatty acids that would be consumed⁽¹⁸⁾. Stearic acid, a saturated fatty acid, has proven beneficial for human health since it lowers serum cholesterol⁽¹⁹⁾. Even though steers in grazing consumed less stearic acid in the feed, their fat contained more than fat from feedlot animals. Similar trends were reported by others^(17,20) who described how linoleic acid can be biohydrogenated and converted into stearic acid. Conversely, dietary stearic acid can be desaturated to linoleic acid in adipose tissue, which provides an explanation the different effect of stearic acid on plasma cholesterol compared to other saturated fats⁽²¹⁾.

Steers on feedlot, consumed more oleic and linoleic, and less linolenic acids. However, deposition of these fatty acids in intramuscular fat was different in animals from either type of feeding regime. Hence, the $\omega 6/\omega 3$ ratio was no different and was estimated near 7. Mata *et al*⁽²²⁾ calculated the $\omega 6/\omega 3$ ratio in a range of 15-20:1 for developed countries, and it should be less than 10. Although Palmquist⁽²³⁾ suggests that the $\omega 6/\omega 3$ ratio is not a useful concept, it is proposed that it is better to consume appropriate amounts of linolenic acid and avoid an excess of $\omega 6$.

In our results, we found no significant differences ($P > 0.05$) in the total content of CLA and the *cis-9, trans-11* isomer between treatments (Table 6). Steers in feedlot received a small amount of CLA in the diets, while grazing steers produced all of the CLA endogenously and in the rumen. It has been reported that CLA is more likely located in subcutaneous rather than in intramuscular fat⁽²⁴⁾, and therefore greater concentration of these fatty acids is expected when both lipid sources are considered. Nevertheless, Woods and Fearon⁽²⁵⁾ found a direct effect of increased pasture in the feed with concomitant increase of CLA in the fat. Similarly, others⁽²⁶⁾ found that CLA isomers $\Delta 11, \Delta 13; \Delta 11, \Delta 13$; and $\Delta 12, \Delta 14$, in intramuscular fat are the most sensitive indicators of pasture consumption. It is expected that intramuscular fat from grazing steers may be healthier. The fact that the lipid source affects the fatty acid content of *Longissimus dorsi* may carry implications on the diet and health of humans. It is

heredabilidad moderada a baja en *B. taurus*⁽³⁰⁾, es necesario investigar la expresión en la descendencia para entender las diferencias en cómo depositan y metabolizan las grasas las razas Cebú, Holstein o Suizo Pardo, y sus cruza a nivel de 1/2, 3/4 o 5/8 de europeo x cebú, así como las implicaciones de la composición grasa de la carne y leche sobre su calidad nutrimental y funcional. Laborde *et al*⁽³¹⁾ encontraron en toretes Simmental comparados con Angus, que las diferencias genotípicas se manifiestan en la actividad de la enzima D9-desaturasa, principalmente en la desaturación de los ácidos palmítico y esteárico en sus correspondientes ácidos monoinsaturados n-9. Otros estudios con *B. taurus* han encontrado diferencias en el perfil de AG en diversas razas^(6,32,33). Aunque las bases genéticas para las diferencias en el perfil de AG son manifiestas, el significado biológico y práctico no se ha demostrado. Se ha reportado⁽³⁴⁾ que los niveles de ácidos grasos monoinsaturados en grasa intramuscular son mayores en carne de ganado con influencia Jersey y razas Japonesas que en ganado cruzado con Europeo. En el presente estudio, el ácido oleico es alto independientemente de su

worth exploring the interactions that occur between dietary sources of lipids on the modulation of the fatty acid profile of intramuscular fat in beef.

Fatty acids profile of crossed steers was different ($P > 0.05$) and attributed to the degree of crossbreeding whether European or Zebu (Table 7). Steers with *B. indicus* dominance contain saturated fatty acids, namely, myristic and palmitic but less stearic, although they have lower content of linoleic and linolenic acids than steers with *B. taurus* dominance. Rossato *et al*⁽²⁷⁾ concur in pointing out that the main differences between the fat of *B. indicus* and *B. taurus* are in the content of saturated and monounsaturated fatty acid. This is consistent with others⁽²⁸⁾, who compared subcutaneous fat of Brahman and Hereford cows, and suggested that genetic manipulation of the fatty acid profile is possible because of the variations observed in these two species of bovines. Whether fatty acids composition is highly inheritable in *B. indicus*⁽²⁹⁾, or low to moderate heritable in *B. taurus*⁽³⁰⁾, it is necessary to investigate such expression in the progeny in order to understand

Cuadro 7. Perfil de los ácidos grasos en la grasa intramuscular de toretes cruzados 3/4 *Bos indicus* vs 3/4 *Bos taurus* (mg/g de grasa)

Table 7. Fatty acids profile in intramuscular fat of crossbreed steers 3/4 *Bos indicus* and 3/4 *Bos taurus* (mg/g fat)

Fatty acid	3/4 <i>Bos indicus</i>	3/4 <i>Bos taurus</i>	P value
C14:0 (myristic)	30.7 ± 2.0	25.6 ± 2.7	0.04
C14:1 (myristoleic)	26.5 ± 2.1	22.5 ± 3.0	0.27
C16:0 (palmític)	254.6 ± 3.8	237.3 ± 5.2	0.01
C16:1 (palmitoleic)	33.1 ± 2.0	30.4 ± 2.8	0.43
C18:0 (stearic)	191.7 ± 6.1	226.3 ± 8.5	0.02
C18:1 (oleic)	375.2 ± 11.6	366.1 ± 16.0	0.65
C18:1 11- <i>trans</i> (vaccenic)	1.6 ± 0.2	1.7 ± 0.4	0.91
C18:2 (linoleic)	64.4 ± 5.4	37.6 ± 6.8	0.01
CLA total	18.8 ± 1.5	12.4 ± 2.0	0.01
9- <i>cis</i> ,11- <i>trans</i> C18:2 (CLA)	6.3 ± 0.4	5.6 ± 0.6	0.33
C18:3 (linolenic)	12.5 ± 1.1	6.1 ± 1.4	0.01
Saturated	476.7 ± 7.5	484.8 ± 10.4	0.52
Monounsaturated	444.0 ± 18.7	409.2 ± 25.9	0.28
Polyunsaturated	90.7 ± 9.1	84.1 ± 12.6	0.67
Polyunsaturated:Saturated	0.192 ± 0.0	0.182 ± 0.0	0.77
ω6:ω3 ratio	7.1 ± 0.8	7.3 ± 1.1	0.73

consumo y del grupo genético. El ácido oleico (C18:1) es el ácido graso más abundante en la carne⁽³⁵⁾. El ácido oleico es sintetizado en el tejido animal a partir del ácido esteárico por la enzima esteroil CoA desaturasa, la misma enzima que da origen al CLA endógeno⁽³⁶⁾. Es altamente deseable incrementar el contenido de este ácido graso debido a sus propiedades hipocolesterolemicas⁽²¹⁾, y otros beneficios para la salud como son sus efectos antiapoptóticos⁽³⁷⁾. En este sentido, aunque no fue manifiesta una diferencia en el isómero 9-*cis*, 11-*trans* C18:2 CLA por efecto de grupo genético, sí hubo mayor contenido de CLA total en las cruzas con predominancia de *B. indicus*.

La interacción alimentación por grupo genético no fue significativa de acuerdo al análisis de varianza. La variación debida al poco número de observaciones por rancho no le permitió sensibilidad al modelo estadístico detectar diferencias ($P > 0.05$) entre las medias ajustadas de la interacción. Es necesario conducir estudios más controlados (a nivel de estación experimental) o de campo pero con mayor número de observaciones.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El perfil de AG en la dieta de bovinos para carne modificó el perfil de AG en la grasa intramuscular, pero ésta no refleja el perfil de los AG de la dieta. La grasa intramuscular de los toretes finalizados en pastoreo tuvo un menor contenido de C14:0 y C16:0 y un mayor contenido de C18:0. Las cruzas con dominancia de *Bos indicus* depositaron más C18:2, C18:3 y CLA total en grasa intramuscular que las cruzas con dominancia de *Bos taurus*.

LITERATURA CITADA

1. SAGARPA. Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios (RGP) de México. Coordinación General de Ganadería. 2002. Infofao.pdf. [en línea]. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/>. Consultada 6 Nov, 2010.
2. French P, Stanton C, Lawless F, O'Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Moloney AP. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J Anim Sci* 2000;(78):2849-2855.

the mechanisms of how Zebu, Holstein or Brown Swiss breeds and their crossbreeds (1/2, 3/4 or 5/8 European x Zebú) metabolize or deposit fat. Furthermore, implications of fat composition of meat and milk on their nutritional quality and functionality need to be evaluated. Laborde *et al*⁽³¹⁾ compared Simmental with Angus steers, and found that genotype differences are expressed in the form of activity of the enzyme D9-desaturase, mainly in desaturation of palmitic and stearic acids into their corresponding monounsaturated n-9 derivatives. Other reports have depicted differences in the fatty acids profile of several races of *B. taurus*^(6,32,33). Although the genetic bases of the differences in fatty acids profiles are clear, the biological and practical significance has not been proven as yet. Mir *et al*⁽³⁴⁾ found that levels of monounsaturated fatty acids in intramuscular fat were greater in beef with Jersey or Japanese breeds than in crossbreeds with European crossbreeds. In this work oleic acid was elevated irrespective of its content in the diets and the genetic traits. Oleic acid is the most abundant fatty acid in meat⁽³⁵⁾; it is synthesized in animal tissues from stearic acid by stearate CoA desaturase, which is the enzyme responsible for production of endogenous CLA⁽³⁶⁾. It is highly desirable to increase the content of CLA because of its proven hypo cholesterolemic properties⁽²¹⁾, along with other health benefits as its anti-apoptotic effects⁽³⁷⁾. In this context, even though there were no differences in the presence of the 9-*cis*, 11-*trans* C18:2 CLA isomer by genetic group, there was a greater content of total CLA in meat from crossbreeds in which *B. indicus* was predominant.

Interaction feed type genetic group was not significant according to the ANOVA. Variability attributed to the low number of individuals per farm did not allow the model to have enough sensitivity to detect differences ($P > 0.05$) between adjusted means of the interaction. More controlled studies in confined experimental stations and using more animals are needed to better define main effects and interactions.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Fatty acids profile of the diet of steers modified the fatty acids of intramuscular fat; however, these

3. Grundy SM, Denke MA. Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. *J Lipid Res* 1990;(31):1149-1172.
4. Mattson FH, Grundy SM. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *J Lipid Res* 1985;(26):194-202.
5. Enser M. The chemistry, biochemistry, and nutritional importance of animal fats. In: *Fats in animal nutrition*. Wiseman J. editor. London: Butterworths; 1984.
6. Belury MA. Inhibition of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: potential mechanisms of action. *J Nutr* 2002;(132):2995-2998.
7. Rule DC, Broughton KS, Shellito SM, Maiorano G. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk and chicken. *J Anim Sci* 2002;(80):1202-1211.
8. Kay JK, Mackle TR, Auldust MJ, 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.
9. Griinari JM, Cori BA, Lacy SH, Chouinard PY, Nurmela KVV, Bauman DE. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase. *J Nutr* 2000;(35):293-297.
10. Madron MS, Peterson DG, Dwyer DA, Corl BA, Baumgard LH, Beermann DH, Bauman DE. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. *J Anim Sci* 2002;(80):1135-1143.
11. Mir PS, Ivan M, He ML, Pink B, Okine E, Goonewardene L, McAllister T A, Weselake R, Mir Z. Dietary manipulation to increase conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in beef: a review. *Can J Anim Sci* 2003;(83):673-685.
12. Canudas LEG. Response of a Pangola Digitgrass-Glycine pasture to grazing management [PhD. Dissertation]. Gainesville, FL, USA: University of Florida; 1988.
13. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 1959;(37):911-917.
14. Williams JP, Khan MU, Wong D. A simple technique for the analysis of positional distribution of fatty acids on di- and triacylglycerols using lipase and phospholipase A₂. *J Lipid Res* 1995;(36):1407-1412.
15. Mataix J, Gil A. Libro Blanco de los omega-3. Instituto omega-3. Granada, España: Ed. Puleva Food; 2004.
16. Noci F, Monahan FJ, French P, Moloney AP. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: Influence of the duration of grazing. *J Anim Sci* 2005;(83):1167-1178.
17. Sackmann JR, Duckett SK, Gillis MH, Realini CE, Parks AH, Egelston R B. Effects of forage and sunflower oil levels on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *J Anim Sci* 2003;(81):3174-3181.
18. Hegsted DM, McGandy RB, Myers ML, Stare FJ. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Am J Clin Nutr* 1965;(17):281.
19. Denke MA, Grundy SM. Effects of fats high in stearic acid on lipid and lipoprotein concentrations in men. *Am J Clin Nutr* 1991;(54):1036.

changes were not in the same order as those of the diets. Intramuscular fat of steers finished in grazing contained less C14:0 and C16:0 and more C18:0 than those in feedlot. Crossbreeds with *Bos indicus* dominance produced greater deposition of C18:2, C18:3 and total CLA in intramuscular fat than crossbreeds of *Bos taurus* dominance.

End of english version

-
20. Harfoot CG; Hazlewood GP. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson PN editor. *The rumen microbial ecosystem*. London: Elsevier Appl Sci Publishers, 1988. Citado por: Bauman DE, Baumgard LH, Corl BA, Griinari JM. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proc Am Soc Anim Sci* 1999:1-15.
 21. Bonanome A, Grundy SM. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. *N Engl J Med* 1988;(318):1244.
 22. Mata P, Alonso R, Mata N. Los omega-3 y omega-9 en la enfermedad cardiovascular. In: Mataix J, Gil A. Libro Blanco de los omega-3. Instituto omega-3. Granada, España: Ed. Puleva Food; 2004.
 23. Palmquist DL. Omega-3 fatty acids in metabolism, health, and nutrition and for modified animal products food. *The Professional Anim Scientist* 2009;(25):207-249.
 24. Jiang T, Busboom JR, Nelson MR, O'Fallon J, Ringkob TP, Joos D, Piper K. Effect of sampling fat location and cooking on fatty acid composition of beef steaks. *Meat Sci* 2010;(84):86-92.
 25. Woods VB, Fearon AM. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livest Sci* 2009;(126):1-20.
 26. Alfaia CPM, Alves SP, Martins SIV, Costa ASH, Fontes CMGA, Lemos JP C, Bessa RJB, Prates JAM. Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chem* 2009;(114):939-946.
 27. Rossato LV, Bressan MC, Rodrigues EC, Alves MI, Martins-Carolino MIA de C, Branquinho-Bessa RJ, Pereira-Alves SP. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. *Rev Bras Zootec* 2009;38(9):1841-1846.
 28. Huerta-Leidentz NO, Cross HR, Savell JW, Lunt DK, Baker JF, Pelton LS, Smith SB. Comparison of the fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. *J Anim Sci* 1993;(71):625-630.
 29. Leat WMF. Depot fatty acids of Aberdeen Angus and Friesian cattle reared on hay and barley diets. *J Agric Sci (Camb)* 1977;(89):575-581.
 30. Pitchford WS, Deland MPB, Siebert BD, Malau-Aduli A EO, Bottema CDK. Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. *J Anim Sci* 2002;(80):2825-2832.
 31. Laborde FL, Mandell IB, Tosh JJ, Wilton JW, Buchanan-Smith JG. Breed effects on growth performance, carcass

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN CARNE DE TORETES EUROPEO X CEBÚ

- characteristics, fatty acids composition, and palatability attributes in finishing steers. *J Anim Sci* 2001;(79):355-365.
32. Siebert BD, Deland MP, Pitchford WS. Breed differences in the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of early and late maturing, grain-finished cattle. *Aust J Agric Res* 1996;(47):943-952.
33. Sturdivant CA, Lunt DK, Smith GC, Smith SB. Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissue and *M. Longissimus dorsi* of Wagyu cattle. *Meat Sci* 1992;(32):449-458.
34. Mir Z, Paterson LJ, Mir PS. Fatty acid composition and conjugated linoleic acid content of intramuscular fat in crossbred cattle with and without Wagyu genetics fed a barley-based diet. *Can J Anim Sci* 2000;(80):195-197.
35. Vera RR, English P, Vargas K, Briones I. Lipid profile of commercial beef cuts from grazing, suckling calves. *Grasas y Aceites* 2009;60(5):482-489.
36. Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittinton FM. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Sci* 2008;(78):343-358.
37. Bauman DE, Perfield II JW, Harvatine KJ, Baumgard LH. Regulation of fat synthesis by conjugated linoleic acid: lactation and the ruminant model. *J Nutr* 2008;(138):403-409.

