

capítulo 12

Pouzo, L.B.^{1,2}; De la Torre, M.S.²; Pavan, E.³

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas

² Fac. Cs. Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata

³ EEA INTA Balcarce

Efecto del sexo y el peso de faena sobre el perfil de ácidos grasos en carne

INTRODUCCIÓN

Existe una creciente preocupación por parte de los consumidores por cuestiones relacionadas a la nutrición y la salud. Por ser una importante fuente de proteína de alto valor biológico, vitaminas (A, B6, B12, D, y E) y minerales (hierro, zinc, y selenio) en la dieta humana, el valor nutricional de la carne bovina es solo cuestionado por su contenido graso, especialmente de ácidos grasos saturados (AGS) (Scollan et al., 2006). Así, las recomendaciones indican la necesidad de reducir el consumo total de grasas, particularmente la de AGS, e incrementar la proporción de ácidos grasos poli-insaturados (AGPI), especialmente los de la serie *n-3* a expensas de los AGPI de la serie *n-6*. Es así que una relación AGPI/ AGS en la dieta superior a 0,45 y de AGPI *n-6*/ *n-3* inferior a 4 son requeridas para prevenir ciertas enfermedades coronarias y algunos cánceres (Simopoulos, 2004; Williams, 2000).

La composición de ácidos grasos en tejido adiposo y músculo puede ser afectada por un gran número de factores que incluyen la dieta, el contenido total de grasa, raza, genotipo, edad y sexo de los animales (Wood et al. 2008). Numerosos trabajos (Poulson et al., 2004; Pavan, 2006) han demostrado que la carne proveniente de animales terminados con dietas a base de forraje presentaría tanto un menor contenido total de grasa, como también un mejor perfil que la carne proveniente de animales terminados con altos niveles de concentrados. Este mejor perfil de ácidos grasos se debería a una menor proporción de los AGS que

son más perjudiciales para la salud humana (C14:0 y C16:0) y a una mayor proporción de AGPI *n-3* y del isómero *cis-9, trans-11* del ácido linoleico conjugado (CLA) con demostradas propiedades anti-carcinogénicas y anti-aterogénicas, para la salud humana (Steen & Porter, 2003).

Por su tradicional sistema de engorde a pasto, Argentina ha logrado generar un producto de calidad basado en su composición de ácidos grasos y antioxidantes naturales (Descalzo and Sancho 2008). Con el objetivo de anticipar y satisfacer las exigencias de los mercados tanto en calidad como en cantidad y uniformidad final, Argentina ha establecido un sistema de clasificación y tipificación de su ganado vacuno. Esta clasificación está basada principalmente en el sexo, la edad y el peso de faena de los animales, obteniendo de esta manera grupos más uniformes denominados categorías: entre ellas, las de vaquillona pesada (VP), vaquillona liviana (VL), novillito pesado (NP) y vaca (VC). El precio que el productor recibe por la comercialización de su ganado en el mercado de hacienda (Mercado de Liniers) está directamente asociado a dichas categorías. Así, el precio disminuye a medida que incrementa el peso de faena de los animales, a su vez ésta depreciación es más acentuada en hembras que en machos (Mercado de Liniers 2012).

Un mayor peso de faena estaría asociado a un mayor contenido de grasa intramuscular, con un consecuente incremento en la proporción de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) en músculo (Dukett et al., 1993, Knight et al 2003). La enzima responsable de la conversión de AGS en AGMI y

del ácido transvaccénico (TVA) en su correspondiente isómero del CLA (CLA *cis*-9, *trans*-11) es la estearoil CoA desaturasa (SCD) presente en el tejido adiposo de rumiantes. Según Martin et al (1999) un incremento en su actividad estaría asociado al incremento en el peso/edad del animal. Así mismo, Barton et al (2011) encontraron que las hembras presentarían una mayor expresión del gen de la SCD respecto a machos de similar edad de faena.

Un estudio preliminar realizado por Lucero-Borjas, et al (2012) demostró que el menor valor comercial de las vaquillonas pesadas respecto a vaquillonas livianas o a novillitos de similar peso no estaría asociado con menor valor organoléptico de la carne producida, pues éste resulto igual o superior en las vaquillonas pesadas.

El objetivo del presente trabajo fue el de comparar el perfil de ácidos grasos en el músculo *longissimus dorsi* (LM) de una categoría de menor valor comercial (vaquillonas pesadas) respecto a otras dos de mayor valor comercial (Vaquillonas Livianas y Novillos Pesados) y así mismo compararla con una categoría más devaluada aun que VP (Vaca de refugio).

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos. Se utilizaron muestras del músculo *logissimus* obtenidas a la altura de la 12da costilla a partir de carcasas de diez vaquillonas livianas (VL; 300-340 kg PV), diez vaquillonas pesadas (VP; 381-420 kg PV), diez novillitos pesados (NP, 391-430 kg PV) y diez vacas de refugio (VC). Las vaquillonas y novillos fueron seleccionadas al destete (marzo 2007) de un mismo rodeo de un cría y engordados en un sistema pastoril puro hasta alcanzar su peso de faena; después de realizar el tacto rectal a las vacas del rodeo original en el siguiente ciclo productivo (marzo de 2008) se seleccionaron diez vacas diagnosticadas sin preñez que ya habían tenido al menos dos lactancias. Los animales correspondientes a cada tratamiento (categoría) se faenaron en una misma fecha cuando su peso vivo medio y mediana se encontraron dentro del rango de peso de faena preestablecido en el caso de las vaquillonas y novillitos, en tanto que las vacas de refugio se faenaron luego de 2 meses de engorde.

Las muestras de músculo *longissimus* de 2,5

cm de espesor recogidas a las 24 h de la faena se envasaron al vacío y se conservaron a -20°C hasta su posterior análisis.

Composición de ácidos grasos: Luego de la determinación del contenido de agua por secado en estufa a 100°C por 24 h., las muestras fueron liofilizadas y pulverizadas. Los lípidos totales fueron extraídos según Folch et al. (1957), la fracción de lípidos neutros del extracto lipídico fue separada por extracción en fase sólida (cartuchos de extracción Strata 500 mg, reservorio de 3 ml, Phenomenex, Torrance, CA, United States). Los ácidos grasos de ambas fracciones fueron *trans*-metilados siguiendo el procedimiento de Park y Goins (1994). Los ácidos grasos *trans*-metilados se separaron por cromatografía gaseosa (Clarus 500, PerkinElmer) utilizando una columna capilar CP-Sil 88 (100 m \times 0.25 mm de diámetro interno; Varian, USA). Los ácidos grasos de interés fueron identificados por comparación de sus tiempos de retención con los correspondientes estándares comerciales.

Análisis estadístico. Los datos se analizaron por ANOVA como un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos categóricos (de acuerdo al peso/edad de faena y el sexo), el animal fue la unidad experimental. El procedimiento GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) fue utilizado para todos los análisis, con el tratamiento categoría como efecto fijo y el animal como efecto aleatorio. Las medias mínimas cuadradas fueron presentadas y comparadas utilizando contrastes pre-planeados: 1) VP vs VL; 2) VP vs NP; 3) VP vs VC.

RESULTADOS

Ácidos Grasos Saturados (AGS): En ninguna de las dos fracciones lipídicas evaluadas se encontraron (lípidos totales y neutros) diferencias para los AGS totales entre las categorías ($P > 0,05$). Sin embargo, en ambas fracciones lipídicas la proporción de C14:0 de VP sólo superó a la de NP ($P < 0,05$) y fue similar a VL y NP. En los lípidos totales del LM, la proporción de C16:0 en VP fue similar a la de las restantes categorías; en cambio, su proporción en los lípidos neutros de VP fue mayor que en los de NP y VL ($P = 0,003$ y $P = 0,013$ respectivamente). Las proporciones de C18:0 en VP fueron inferiores que en NP ($P < 0,05$) en ambas fracciones lipídicas, pero no se diferenciaron de

las proporciones observadas en VL o VC.

Ácidos Grasos Monoinsaturados (AGMI): las proporciones de AGMI totales en ambas fracciones lipídicas fueron mayores en VP que en NP ($P < 0,001$); esto estuvo asociado a las también a mayores ($P < 0,01$) proporciones de C18:1 cis-9 en ambas fracciones y de C16:1 n-7 para los lípidos totales en VP que en NP. En contraposición, las proporciones de AGMI totales, C18:1 cis-9 y C16:1 n-7 en ambas fracciones lipídicas de VP no se diferenciaron de las proporciones en VL o VC ($P > 0,05$). En los lípidos totales y neutros del músculo *longissimus* de VP la proporción de ácido

trans-vaccénico (TVA; C18:1 *trans*-11) fue inferior ($P < 0,05$) a la de NP. En tanto que la proporción de este ácido graso fue superior en VP que en VC ($P < 0,05$) en los lípidos totales, pero no en los neutros, donde fue similar. La proporción de TVA de VP fue similar a la de VL en ambas fracciones lipídicas ($P > 0,05$)

Ácidos Grasos Poliinsaturados (AGPI): la proporción de AGPI totales en VP en los lípidos totales del músculo longissimus fue menor que en NP ($P < 0,001$), y similar que en VL y VC ($P > 0,05$); en los neutros en cambio su proporción en VP fue similar a la de NP y VL, y superior a la de VC

Cuadro 1. Proporción de ácidos grasos (g/100g de ácidos grasos) de los lípidos totales del músculo Longissimus Dorsi de cada categoría de faena.

	Categorías de faena ^a					Contrastes-Significancia ^b		
	VP	VL	NP	VC	EEM	1	2	3
C14:0	2,46	2,46	2,02	2,38	0,10	NS	**	NS
C16:0	25,38	24,90	23,87	25,14	0,57	NS	NS	NS
C18:0	15,79	16,19	17,60	16,33	0,50	NS	*	NS
C16:1n-7	2,90	2,75	2,36	2,85	0,14	NS	**	NS
C18:1cis-9	34,37	32,86	30,84	33,42	0,67	NS	***	NS
C18:1trans-11	1,55	1,73	2,14	1,02	0,17	NS	*	*
C18:2n-6	2,00	2,38	3,04	1,37	0,17	NS	**	*
C18:3n-3	1,21	1,17	1,48	0,81	0,01	NS	**	***
CLAcis-9,trans11	0,34	0,39	0,39	0,24	0,02	NS	NS	**
AGS totales ^c	43,80	43,73	43,67	44,03	0,90	NS	NS	NS
AGMI totales ^d	37,77	36,08	33,52	36,78	0,78	NS	***	NS
AGPI totales ^e	5,71	6,72	8,10	4,55	0,46	NS	***	NS
AGMI/AGS	0,87	0,83	0,77	0,84	0,02	NS	**	NS
AGPI/AGS	0,13	0,16	0,19	0,11	0,01	NS	**	NS
AGPI n-6/n-3	1,07	1,18	1,23	1,07	0,02	**	***	NS
C18:1trans-11/CLAcis-9, trans-11	4,65	4,56	5,44	4,17	0,35	NS	NS	NS
Índice SCD-C18 ^f	68,5	67,0	63,6	67,2	0,87	NS	***	NS
Índice SCD-C16 ^g	10,3	9,95	8,95	10,2	0,43	NS	*	NS
Índice SCD-CLA ^h	18,0	19,0	16,0	20,3	1,34	NS	NS	NS
Índice SCD-16:1/18:0 ⁱ	18,5	17,1	13,5	18,0	1,19	NS	**	NS

^a VP, vaquillona pesada; VL, vaquillona liviana; NP, novillito pesado; VC, vaca refugio

^b Contrastes pre-planeados=1, VP vs VL; 2, VP vs NP; 3, VP vs VC; Significancia de los contrastes = NS, no significativo $P > 0,05$; *, **, y *** se refiere a $P < 0,05$, $P < 0,01$ y $P < 0,001$ respectivamente.

^c AGS totales = C12:0+C14:0+C16:0+C18:0+C20:0

^d AGMI totales= C14:1+C16:1n-7+C18:1cis-9

^e AGPI totales= C18:2n-6 + C18:2n-4 + C18:3n-6 + C18:3n-4 + C18:3n-3 + C18:4n-3+ C20:4n-6 + C20:4n-3 +C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-3

^f Índice SCD-C18= C18:1cis-9/(C18:0 + C18:1cis-9) x 100

^g Índice SCD-C16= C16:1n-7/(C16:0+C16:1n-7) x 100

^h Índice SCD-CLA=CLAcis-9,trans-11/(C18:1trans-11+CLAcis-9,trans-11) x 100

ⁱ Índice SCD-16:1/18:0=C16:1n-7/C18:0 x 100

($P < 0,001$; Cuadro 1). En ambas fracciones lipídicas la proporción de C18:2 *n*-6 de VP fue menor a la observada en NP y mayor a la de VC ($P < 0,05$), pero similar a la de VL. La proporción de C18:3 *n*-3 en los lípidos totales de VP fue menor a NP ($P < 0,01$) y mayor a VC ($P < 0,001$) pero similar a VL; en lípidos neutros la proporción de éste ácido graso en VP fue superior a VL ($P < 0,05$) y a VC ($P < 0,001$) pero similar a la de NP.

Por último, las vaquillonas pesadas presentaron una mayor proporción de CLA *cis*-9, *trans*-11 (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) que VC tanto en los lípidos totales como en los neutros ($P < 0,01$). Si bien en los lípidos totales la proporción de CLA *cis*-9, *trans*-11 en VP fue similar que en VL y NP ($P > 0,01$), en los lípidos neutros de VP fue menor que en NP ($P < 0,05$)

El contenido de C18:1 *trans*-11 y CLA *cis*-9, *trans*-11 total en el músculo (g/100 g tejido fresco) fue mayor en VP que en las otras categorías evaluadas (Figura 1). Esto se correspondió con mayo-

res contenidos de ácidos grasos totales en el músculo de VP que de las restantes categorías y de ácidos grasos de los lípidos neutros (Figura 2).

Relaciones de importancia nutricional. Si bien para todas las categorías evaluadas la relación AGPI *n*-6/*n*-3 se mantuvo por debajo del máximo recomendado, la relación fue 13% menor en VP que en NP en la fracción de lípidos totales ($P < 0,001$), aunque similar en los neutros. Así mismo se observó que ésta relación en VP fue 9,3% y 15,6% menor que en VL para la fracción total y neutra respectivamente. Por otra parte, la relación AGMI/AGS en VP fue mayor que en NP en ambas fracciones lipídicas ($P < 0,05$), pero similar a VL y VC ($P > 0,05$). La relación AGPI/AGS en VP fue inferior ($P < 0,01$) a la de NP en la fracción de lípidos totales pero no en la de lípidos neutros, en cambio, la relación de VP fue similar en los lípidos totales pero superior en los lípidos neutros de VC ($P < 0,001$). Esta relación no fue diferente entre VP y VL.

Índices de desaturación: Los índices de desatu-

Cuadro 2. Proporción de ácidos grasos (g/100g de ácidos grasos) de los lípidos neutros del músculo Longissimus Dorsi de cada categoría de faena.

	Categorías de faena ^a					Contrastes-Significancia ^b		
	VP	VL	NP	VC	EEM	1	2	3
C14:0	2,80	2,81	2,46	2,80	0,09	NS	*	NS
C16:0	26,72	25,42	25,12	26,79	0,35	*	**	NS
C18:0	16,37	16,45	18,45	17,64	0,53	NS	**	NS
C16:1n-7	3,03	2,98	2,75	2,94	0,14	NS	NS	NS
C18:1cis-9	36,31	34,63	33,01	35,88	0,61	NS	**	NS
C18:1trans-11	1,58	2,12	2,62	1,16	0,03	NS	***	NS
C18:2n-6	0,82	0,90	0,96	0,61	0,04	NS	**	***
C18:3n-3	0,66	0,61	0,68	0,40	0,02	*	NS	***
CLAcis-9,trans11	0,39	0,44	0,47	0,27	0,02	NS	*	***
AGS totales ^c	46,08	44,91	46,26	47,47	0,69	NS	NS	NS
AGMI totales ^d	39,91	38,13	36,17	39,38	0,68	NS	***	NS
AGPI totales ^e	1,95	1,94	2,17	1,38	0,08	NS	NS	***
AGMI/AGS	0,87	0,85	0,78	0,84	0,02	NS	*	NS
AGPI/AGS	0,04	0,04	0,05	0,03	0,00	NS	NS	***
AGPI n-6/n-3	0,92	1,09	1,02	1,09	0,06	*	NS	NS
C18:1trans-11/CLAcis-9, trans-11	4,01	4,86	5,70	4,23	0,44	NS	*	NS
Índice SCD-C18 ^f	68,9	67,8	64,1	67,1	0,92	NS	***	NS
Índice SCD-C16 ^g	10,2	10,5	9,87	9,91	0,44	NS	NS	NS
Índice SCD-CLA ^h	20,0	18,2	15,6	20,5	1,34	NS	*	NS
Índice SCD-16:1/18:0 ⁱ	18,7	18,3	15,1	17,3	1,25	NS	*	NS

a; b; c; d; e; f; g; h; i = referirse a la Cuadro 1 para la explicación

ración SCD-C18, y SCD-C16:1/C18:0 de VP no difirieron de los de VL y VC pero fueron superiores a los de NP en ambas fracciones lipídicas. Si bien en los lípidos totales del músculo longissimus el índice SCD-CLA de las vaquillonas pesadas no difirió del de las otras categorías evaluadas ($P > 0,05$), en los lípidos neutros este índice fue mayor en VP que en NP ($P = 0,03$). el índice SCD-C16 de VP fue superior al de NP en los lípidos totales, permaneciendo similar a las restantes categorías evaluadas en la fracción de lípidos neutros. Finalmente, la relación C18:1*trans*-11/CLA *cis*-9, *trans*-11 (TVA/CLA) en la fracción de lípidos neutros de VP no difirió de la de VL o VC ($P > 0,05$), pero fue menor que la de NP ($P = 0,01$) (Cuadro 1 y 2).

DISCUSIÓN

Lucero-Borja et. al. (2012) demostraron que el menor valor comercial de las vaquillonas pesadas respecto a vaquillonas livianas o a novillitos de similar peso no está asociado con un menor valor organoléptico de su carne, pues éste fue igual o superior en las vaquillonas pesadas. Para reducir el riesgo de enfermedades coronarias se recomienda una relación AGPI:AGS en la dieta superior a 0,45 y de AGPI *n*-6:*n*-3 inferior a 4 (Simopoulos, 2004) El objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el perfil de ácidos grasos de las vaquillonas pesadas respecto al de otras categorías de mayor valor comercial. Las mayores diferencias en la composición de ácidos grasos de la carne están asociadas a su contenido de grasa intramuscular. Estas diferencias se explicarían porque al modificar el contenido de grasa total de

la carne se alteran las proporciones de fosfolípidos de membrana (ricos en AGPI) y las de triglicéridos (ricos en AGS y AGMI); (Wood et al., 2008). Como se evidencia en el presente trabajo aumentos del contenido de lípidos totales están asociados con incrementos en el contenido de lípidos neutros.

Así el mayor contenido de lípidos neutros en el músculo LM explicaría las mayores proporciones de AGMI en los lípidos totales de VP que de NP. Sin embargo, la composición obtenida en lípidos neutros pone en evidencia que, aún a igual contenido lípidos totales la proporción de AGMI en el LM de VP sería mayor que en el de los NP. Esto sería el resultado de una mayor desaturación en las vaquillonas que en los novillitos tal como lo sugieren los mayores índices de desaturación en VP que NP.

La menor proporción de AGPI totales en VP que en NP estaría asociada únicamente al incremento en el contenido de lípidos totales y neutros, pues su proporción no es modificada en los lípidos neutros. Por otra parte, en contraposición a lo observado en animales alimentados con altos niveles de concentrados (Stelzleni and Johnson 2008) el mayor contenido de lípidos intramusculares en VP no estuvo asociado con un incremento de la relación AGPI *n*-6: *n*-3 sino con una disminución de dicho índice. Esto último se explicaría por la baja relación AGPI *n*-6: *n*-3 presente en las pasturas consumidas por los animales.

Tanto el C18:1 *trans*-11 como el CLA *cis*-9, *trans*-11 se acumulan preferentemente en los lípidos neutros, es así que, tal como ocurrió en el presente trabajo, un incremento de estos últimos

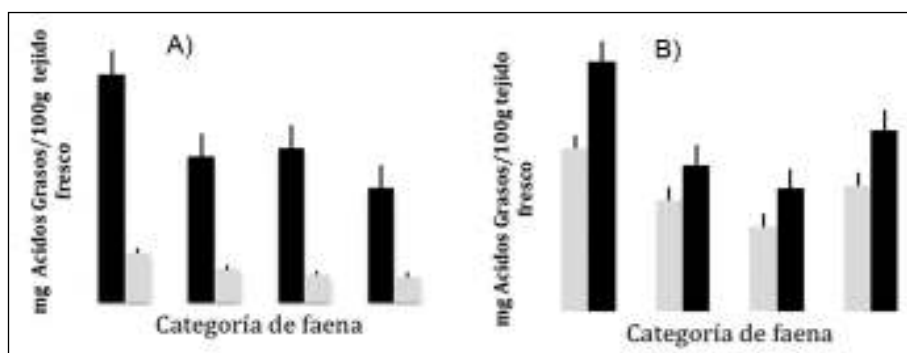


Figura 1. **A)** Contenido de C18:1 *trans*-11 (mg /100g de tejido fresco) (barras negras) y CLA *cis*-9, *trans*-11 (barras grises) en lípidos totales del músculo Longissimus Dorsi de cada categoría de faena. **B)** Contenido de ácidos grasos (mg/100g de tejido fresco) de lípidos totales (barras negras) y lípidos neutros (barras grises) en el músculo Longissimus Dorsi de cada categoría de faena.

en la carne genera un incremento de ambos ácidos grasos en la carne. La menor proporción de CLA *cis-9, trans-11* en los lípidos neutros de VP que de NP, estaría asociada con la también menor proporción de su precursor, el C18:1 *trans-11*. Las diferencias en la proporción de este último ácido graso por un lado podrían estar asociadas a diferencias en su absorción intestinal que resulta entre otras cosas del consumo de AGPI y de su biohidrogenación ruminal. Por otro lado, la menor proporción de C18:1 *trans-11* y, en consecuencia de CLA *cis-9, trans-11*, en los lípidos neutros de VP respecto de los NP podría deberse a la dilución del C18:1 *trans-11* acumulado que generaría la mayor síntesis de novo de ácidos grasos en VP. A pesar de esto, es de destacar en VP una mayor proporción del C18:1 *trans-11* fue convertida a CLA *cis-9, trans-11*. Esto está en concordancia con los mayores índices de desaturación observados en las vaquillonas pesadas antes mencionados.

CONCLUSIÓN

A igual peso de faena las vaquillonas pesadas presentan una menor relación AGPI *n-6/n-3*, mayor proporción de AGMI y mayor relación AGMI/AGS que los novillos pesados. Los mayores índices de desaturación presentados en el músculo *longissimus dorsi* de VP que de NP explicarían muchas de las diferencias en su composición de ácidos grasos, dichos índices estarían asociados a una mayor actividad de la enzima SCD en hembras que en machos de similar edad de faena.

BIBLIOGRAFÍA

- Bartoň L., D. Bureš, T. Kott, D. Řehák. 2011. Effect of sex and age on bovine muscle and adipose fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. *Meat Science* 89, 444–450
- Descalzo, A. M., and A. M. Sancho. 2008. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science* 79, 423–436.
- Folch, J., M. Lees, and G. H. S. Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497–509.
- Knight T. W., S. Knowles and A. F. Death. 2003. Factors affecting the variation in fatty acid concentrations in lean beef from grass-fed cattle in New Zealand and the

- implications for human health. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 46, 83–95
- Lucero-Borjas, J., L. B. Pouzo, M. S. de la Torre, L. Langman, F. Carduzad, P. M. Corva F. J. Santini, E. Pavan. 2012. Slaughter weight/age and sex effect on Argentinean grazing cattle beef quality. *Meat Science* (en revisión)
- Martin, G. S., D. K. Lunt, K. G. Britain and S. B. Smith. 1999. Postnatal development of stearoyl coenzyme A desaturase gene expression and adiposity in bovine sub-cutaneous adipose tissue. *J. Anim. Sci.* 77, 630–636
- Mercado de Liniers S.A. 2012. Precios por categoría (Clasificación ONCCA). Disponible en <http://www.mercadodeliniers.com.ar/>.
- Park, P., and R. E. Goins. 1994. In situ preparation of FAME for analysis of fatty acid composition in food. *J. Food Sci.* 59, 1262–1266.
- Pavan, E. 2006. Enhancing beef conjugated linoleic acid content through oil supplementation to grazing steers. Dissertation, University of Georgia, Athens, GA, USA.
- Poulson, C. S., T. R. Dhiman, A. L. Ure, D. Cornforth, and K. C. Olson. 2004. Conjugated linoleic acid content of beef from cattle fed diets containing high grain, CLA, or raised on forages. *Livestock Production Science* 91, 117–128.
- Scollan, N., J.-F. Hocquette, K. Nuernberg, D. Dannenberger, I. Richardson, and A. Moloney. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science* 74, 17–33.
- Simopoulos, A. P. 2004. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International*, 20, 77–90.
- Smith, S. B., Lunt, D. K., Chung, K. Y., Choi, C. B., Tume, R. K., & Zembayashi, M. 2006. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. *Animal Science Journal*, 77, 478–486.
- Steen, R. W. J., & Porter, M. G. 2003. The effects of high concentrate diets and pasture on the concentration of conjugated linoleic acid in beef muscle and subcutaneous fat. *Grass and Forage Science*, 58, 50–57
- Stelzleni, D. and D. Johnson. 2008. Effect of days on concentrate feed on sensory off-flavor score, off-flavor descriptor and fatty acid profiles for selected muscles from cull beef cows. *Meat Science* 79, 382–393
- Wood, J. D., M. ENSer, A. V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, and F. M. Whittington. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* 78, 343–358.