



## EFFECTO DE LA LEVADURA ENRIQUECIDA CON SELENIO Y SELENITO DE SODIO EN LA DIETA DE CERDOS EN FINALIZACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE GRASA INTRAMUSCULAR Y ACIDOS GRASOS

[EFFECT OF SELENIUM-ENRICHED YEAST AND SODIUM SELENITE ON FINISHING PIGS DIETS ON INTRAMUSCULAR FAT AND FATTY ACIDS]

Natshielly Martínez-Gómez<sup>1</sup>, Aurelio Domínguez-López<sup>1</sup>,  
Edgar de Jesús Morales-Rosales<sup>1</sup>, Jorge Lugo<sup>2</sup>,  
María Antonia Mariezcurrena-Berasain<sup>3</sup>,  
María Dolores Mariezcurrena Berasain<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México Facultad de Ciencias Agrícolas.  
Campus Universitario El Cerrillo. Toluca, México. CP. 50200. Tel (fax) 2965529

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de México Facultad de Ciencias. Laboratorio de  
Edafología y Ambiente. Instituto Literario 100 Toluca, México. CP. 50000.  
Tel (fax) 7222965556

<sup>3</sup>Universidad Autónoma del Estado de México Facultad de Medicina Veterinaria y  
Zootecnia. Campus Universitario El Cerrillo. Toluca, México. CP. 50200.

E-mail: nekkane16@yahoo.com.mx

\*Corresponding Author

### RESUMEN

Se determinó el efecto de la adición de selenio (Se) orgánico (selenito de sodio) e inorgánico (levadura enriquecida con selenio) en el alimento sobre el contenido de grasa intramuscular y ácidos grasos músculos *semimembranosus* y *longissimus dorsi* en cerdos en finalización. Los animales (n=48) derivados de la craza (Pic 337x (Camborough 22)) fueron alimentados a base de maíz molido y pasta de soya. La dieta fue fortificada con Se en tres tratamientos, T0=0%, T1= 0.45ppm de levadura T2=0.45ppm selenito de sodio. Los animales fueron sacrificados a un peso de 110±5kg. Se determinó grasa bajo el método ISO-1443 modificado y los ácidos grasos por cromatografía de gases. Se realizó un ANOVA mediante arreglo factorial 3x2, las variables de estudio fueron, fuente de Se: 0, 0.45 ppm de Se orgánico y 0.45 de Se inorgánico, sexo: machos y hembras. Hubo efecto de tratamiento ( $P \leq 0.05$ ) para los ácidos grasos en el músculo *longissimus dorsi*, aumentando la concentración de C16, C18, C18:2; en el músculo *semimembranosus* no hubo diferencias con respecto a los tratamientos, para la variable sexo se demostró que los machos fueron los más pesados al sacrificio.

**Palabras clave:** Carne; ácidos grasos; selenio.

### SUMMARY

The aim of this study was to determine the effect of adding organic selenium (sodium selenide) and inorganic (selenium-enriched yeast) in finishing pigs diets on the intramuscular fat content and fatty acids in the *semimembranosus* and *longissimus dorsi* muscle. A total of 48 crossbred (Pic 337x (Camborough 22)) end stages were fed with ground corn and soybean meal. The diet was fortified with Se, in three treatments, T0 = 0ppm, T1 = 0.45 ppm T2 =0.45 ppm, yeast and sodium selenide slaughtered with a final weight of 110 ± 5 kg. Fat content was determined in samples of *semimembranosus* and *longissimus dorsi* muscle with the modified ISO 1443 standard, the fatty acids were determined by gas chromatography. The variance analysis was done by means of an ANOVA 3x2 factorial arrangement in which the variables of study were sex: male and female, source of Se: organic and inorganic; Se dose: 0 and 0.45 ppm. All the aforementioned variables were applied to each type of muscle: *semimembranosus* and *dorsi*). The results showed significant differences with respect of the fatty acids, they showed a significant difference ( $P \leq 0.05$ ) increasing the concentration of the following fatty acids in the *longissimus dorsi* muscle: C16, C18, C18: 2. In regarding with the *semimembranosus* muscle, there were no significant differences with respect of the treatments, but the variable gender—showed that males were heavier slaughter.

**Key words:** Meat; fatty acids; selenium.

## INTRODUCCIÓN

En años recientes, las fuentes de selenio (Se) son frecuentemente utilizadas en la nutrición animal para mejorar la calidad de la carne. Las fuentes de Se que se adicionan a la dieta del animal se pueden encontrar en dos formas, Se inorgánico y Se orgánico. El selenito de sodio, la forma inorgánica del Se, puede actuar como un prooxidante, el cual tiene un potencial tóxico cuando se adiciona en altos niveles en la dieta, mientras que en la forma de Se orgánico no presenta toxicidad (Seko, *et al.*, 1989). El contenido de grasa intramuscular y la composición de los ácidos grasos se considera que juegan un papel importante en la calidad de la carne de cerdo (Fernández *et al.*, 1999; Wood *et al.*, 2003). Esta grasa intramuscular es susceptible al deterioro oxidativo debido al recambio natural de la oxidación de lípidos y a los fosfolípidos de la membrana que son elevados en ácidos grasos insaturados (Yilmaz *et al.*, 1997). Los fosfolípidos, integrantes de la membrana son particularmente susceptibles a la peroxidación por su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados (Halliweel, 1997). El papel más importante del Se en el metabolismo de los mamíferos es su función sobre el sitio activo de la selenoenzima (Flohe, 1997) al impedir o retrasar las reacciones oxidativas. El beneficio de adicionar alimentos suplementados con levadura enriquecida con Se aún no es claro (Yoon y McMillan, 2006); son pocas las investigaciones que muestran una relación del efecto del Se en la calidad de la carne. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las fuentes de selenio orgánico e inorgánico a 0.45 ppm en la dieta de cerdos en finalización sobre el contenido de grasa intramuscular y la concentración de los ácidos grasos de los músculos *longissimus dorsi* (Ld) y *semimembranosus* (Sm).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Animales y alimentación

Se utilizaron 24 cerdos hembras y 24 machos castrados derivado de la línea PIC 337 y Camborough 22 con un peso vivo promedio de inicio de  $23.45 \pm 2$  kg, fueron divididos en tres grupos: el T0, control, recibió una dieta base con maíz molido y pasta de soya teniendo solo el Se de los cereales (0.18ppm), mientras que T1, consumió un concentrado que contenía levadura enriquecida con selenio (0.45ppm), para T2, la dieta fue complementada con selenito de sodio (0.45ppm). La dieta base fue formulada según los requerimientos nutricionales (NRC, 1998). Las dietas fueron isocalóricas (EM=3.23 Mcal/kg). Los animales fueron alojados en corrales colectivos, recibiendo dos comidas diarias a saciedad (07:00 y 18:00 h), y agua de bebida a libre acceso.

### Sacrificio y toma de muestras

Al finalizar el experimento, los 48 cerdos fueron sacrificados con un peso vivo promedio de  $110.3 \pm 5$  kg, previo dietado de 12 h, después del sacrificio las canales fueron refrigeradas durante 12 h a 2 °C. Una vez llegadas las canales al obrador, se cortó un trozo de cada músculo de aproximadamente 1 cm<sup>3</sup>; para el músculo *longissimus dorsi*, se tomó la muestra a nivel de la décima costilla.

### Análisis de grasa intramuscular

La grasa intramuscular de los músculos anteriormente mencionados fue analizada usando el método que describe el estándar ISO 1443 (1979) con el extractor soxhlet, obteniendo resultados expresados como porcentaje de peso en gramos (Poto, 2003; Peinado *et al.* 2004).

### Análisis de ácidos grasos

Los esteres metílicos de los ácidos grasos (FAMES) fueron extraídos usando una solución de KOH en metanol. Los FAMES fueron analizados en un cromatógrafo de gases HP-689011, con una columna capilar DB-5 (100m x 0.25mm x 0.2µm) equipado con detector de ionizador de flama, inyectando 1µl de muestra. Se utilizó una temperatura inicial de 70 °C/7 minutos, subsecuentemente se incrementó a 200 °C/7 minutos, llegando a 220 °C incrementándose la temperatura 4 °C/minuto y finalmente ajustándose a 230 °C/20 minuto. Las temperaturas del detector e inyector fueron de 220 °C, el flujo de gas fue usando aire grado cero a 300 ml/minuto y el flujo de gas combustible fue helio a 25 ml/minuto. Como patrón de referencia se utilizó un estándar de ácidos grasos (Kit No. 61 CXMetil esters of fatty acid, poly SCIENCE Corporation, Chemical division. Sigma Aldrich), el cual identifica 10 ácidos grasos: C9:0, C10:0, C11:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 y C20:0. Todas las muestras fueron analizadas por duplicado (Kloareg *et al.* 2007 y 2005).

### Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA mediante arreglo factorial 3X2 en donde las variables de estudio fueron, fuente de Se: 0, 0.45 ppm de Se orgánico y 0.45 de Se inorgánico, sexo: machos y hembras. En cada tipo de músculo, *semimembranosus* y *longissimus dorsi* las variables respuesta fueron la concentración de grasa y la de ácidos grasos (C9:0, C10:0, C11:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 y C20:0). Con los datos obtenidos de los ácidos grasos se calcularon los siguientes valores: Sumatoria de los ácidos grasos C14:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0. Índice de saturación  $[C18:1/(C18:0+C18:1)]$  100. Índice de elongación

$[(C18:0+C18:1)/(C16:0 + C18:0 + C18:1)] \times 100$ . Se determinó la relación entre ácidos grasos saturados/insaturados+poliinsaturados.

Al encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó una prueba de comparación de medias de DMS (Diferencia mínima significativa).

## RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las medias de los tratamientos con relación al peso al sacrificio, se observa que el tratamiento con selenito de sodio presenta los resultados más bajos, mostrando diferencia significativa con los otros tratamientos, mientras que los tratamientos con selenio orgánico y el control son similares y no muestran diferencias entre ellos. Con respecto al sexo, se encontraron diferencias  $P \leq 0.05$ , esto podría deberse a que los machos fueron castrados y por lo tanto son más pesados que las hembras al momento del sacrificio.

Tabla 1. Peso al sacrificio (kg) de cerdos alimentados con dietas adicionadas con selenio.

	T0	T1	T2	M	H
Peso	117.85 <sup>a</sup>	117.02 <sup>a</sup>	115.12 <sup>b</sup>		
Sexo				117.51 <sup>a</sup>	115.82 <sup>b</sup>

Medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes a  $P \leq 0.05$  entre tratamientos. T0= control 0.18 ppm de selenio en la dieta base, T1= 0.45 ppm de Se orgánico y T2= 0.45 de Se inorgánico.

Con respecto al porcentaje de grasa, datos que se muestran en la Tabla 2, se observa que el músculo *longissimus dorsi* tuvo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de grasa tanto en hembras como en machos; mientras que en el músculo *semimembranosus*, las diferencias solo se presentan en los machos. Ambos músculos no presentaron diferencias significativas con respecto al sexo, los niveles medios de grasa encontrados (Tabla 2) en el músculo *longissimus dorsi* fueron de 3.63% mientras que los correspondientes al músculo *semimembranosus* fue alrededor del 3.43%.

Las cantidades de ácidos grasos obtenidos en los músculos se observan en las Tabla 3 y 4. El ácido graso monoinsaturado (AGM) mostro un nivel significativamente mayor en músculo *semimembranosus* para el T0 a causa fundamentalmente de la presencia de alto porcentaje de ácido oleico (C18:1), (Tabla 3), esto concuerda con los resultados encontrados por Lizardo *et al.* (2002) y Kloareg *et al.* (2005); con respecto a T1 el valor más alto fue para el ácido palmítico (C16), aunque no mostró diferencias significativas y para T2, el ácido con valor más alto fue el esteárico (C18). Para la

variable sexo se encontraron diferencias significativas en el ácido esteárico siendo más alto para los machos castrados que para las hembras, esto puede ser relacionado con el hecho de que los machos castrados depositan mayor grasa conforme a aumenta la edad (Jacobs *et al.*, 1972).

Tabla 2. Porcentaje de grasa en los músculos *longissimus dorsi* y *semimembranosus*

	<i>longissimus dorsi</i>		<i>semimembranosus</i>	
	H	M	H	M
T1	2.54±1.93 <sup>a</sup>	4.89±0.82 <sup>b</sup>	2.32±0.45	4.68±0.89 <sup>b</sup>
T2	3.43±0.72 <sup>a</sup>	2.93±0.20 <sup>a</sup>	3.62±0.59	3.76±0.79 <sup>ab</sup>
T0	5.46±1.02 <sup>b</sup>	2.63±0.57 <sup>a</sup>	3.36±0.91	2.84±0.49 <sup>a</sup>

T0= control 0.18 ppm de selenio en la dieta base, T1= 0.45 ppm de Se orgánico y T2= 0.45 de Se inorgánico. Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes a  $*P \leq 0.05$  entre tratamientos.

Tabla 3. Concentración de ácidos grasos (media ±error estándar) en el músculo *semimembranosus* (mg/100g músculo) en cerdos.

	T0	T1	T2
C9	1.38±0.66	0.75±0.25	0.84±0.25
C10	5.21±2.02	3.18±1.60	3.85±0.99
C11	1.60±0.76	0.87±0.29	0.97±0.29
C12	1.95±0.93	1.07±0.36	1.19±0.36
C14	1.45±0.46	1.54±0.23	1.41±0.25
C16	27.62±3.71	29.21±3.38	30.03±2.42
C18	12.30±5.90 <sup>a</sup>	27.62±4.39 <sup>ab</sup>	31.25±4.50 <sup>b</sup>
C18:1	37.50±10.44 <sup>a</sup>	17.53±4.88 <sup>ab</sup>	14.29±4.82 <sup>b</sup>
C18:2	8.76±2.56	16.89±1.78	14.95±2.70
C20	1.89±0.83	1.30±0.31	1.19±0.32

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes a  $*P \leq 0.05$  entre tratamientos. T0= control 0.18 ppm de selenio en la dieta base, T1= 0.45 ppm de Se orgánico y T2= 0.45 de Se inorgánico.

El músculo *longissimus dorsi* mostró mayores niveles de ácidos grasos saturados (AGS) principalmente de ácido esteárico (C18) y palmítico (C16) para los tratamientos T1 y T2 (Tabla 4), esto coincide con numerosos trabajos (Wood *et al.*, 2004; Galián *et al.*, 2005b; Ramírez y Cava, 2006; Fischer *et al.* 2006b; Teye *et al.*, 2006; Monziols *et al.*, 2007) que indican una relación entre los niveles de engrasamiento de la canal y los niveles de grasa intramuscular con la distribución en el perfil de ácidos grasos, de manera que al aumentar ese nivel graso, aumenta el nivel de AGS y disminuye el nivel de ácido graso poliinsaturado (AGP), mostrando lo contrario el T0 con un alto valor de ácido oleico (C18:1), que puede verse en la Tabla 4. Para la variable sexo no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 4. Composición de ácidos grasos (media  $\pm$ error estándar) del músculo *longissimus dorsi* mg/100g músculo) de cerdos.

	T0	T1	T2
C9	0.47 $\pm$ 0.20	0.48 $\pm$ 0.16	0.36 $\pm$ 0.07
C10	1.27 $\pm$ 0.50	1.41 $\pm$ 0.32	1.26 $\pm$ 0.25
C11	0.26 $\pm$ 0.23	0.56 $\pm$ 0.18	0.42 $\pm$ 0.09
C12	0.66 $\pm$ 0.28	0.68 $\pm$ 0.22	0.51 $\pm$ 0.10
C 14	0.81 $\pm$ 0.22	1.20 $\pm$ 0.15	1.20 $\pm$ 0.23
C16	33.94 $\pm$ 7.27	25.82 $\pm$ 1.75	29.02 $\pm$ 4.1
C18	14.56 $\pm$ 6.79 <sup>a</sup>	34.35 $\pm$ 3.78 <sup>b</sup>	41.93 $\pm$ 4.63 <sup>b</sup>
C18:1	34.00 $\pm$ 10.25 <sup>a</sup>	12.08 $\pm$ 5.78 <sup>b</sup>	1.84 $\pm$ 1.64 <sup>b</sup>
C18:2	13.03 $\pm$ 3.47 <sup>a</sup>	22.46 $\pm$ 1.56 <sup>b</sup>	22.78 $\pm$ 3.08 <sup>b</sup>
C20	0.68 $\pm$ 0.25	0.92 $\pm$ 0.20	0.65 $\pm$ 0.14

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes a \*P $\leq$ 0.05 entre tratamientos.

T0= control 0.18 ppm de selenio en la dieta base, T1= 0.45 ppm de Se orgánico y T2= 0.45 de Se inorgánico.

## DISCUSIÓN

Los valores encontrados con respecto al porcentaje de grasa son ligeramente inferiores a los publicados por Cava (1997) e Isabel (2000). De forma general se considera que los músculos de metabolismo glicolítico (Ld) tienen menor contenido de grasa que los músculos oxidativos (Sm) (George y Bhakthan, 1961; Alasnier *et al.*, 1994 y 1996). La Tabla 5 rescata algunas relaciones con respecto a los valores encontrados en los resultados de las concentraciones de ácidos grasos en los músculos *longissimus* y *semimembranosus*. En esta se observa lo siguiente; con respecto a *longissimus* se tiene que la sumatoria de ácidos grasos saturados es menor para el testigo que para los tratamientos con Se, siendo más alto el tratamiento con selenito de sodio. Para el *semimembranosus*, los valores no son distintos y el testigo muestra los valores más bajos incluso que el músculo *longissimus*. No hay diferencias, aunque hay una tendencia a la baja para el tratamiento testigo.

Tabla 5: Relaciones cuantitativas entre los ácidos grasos saturados e insaturados

	Sumatoria de ácidos grasos saturados (mg)		Índice de desaturación (%)		Índice de elongación (mg)		Relación sat/ins+poli	
	Ld	Sm	Ld	Sm	Ld	Sm	Ld	Sm
T0	49.99	43.26	70	75	59	64	1.06	0.93
T1	62.29	59.67	26	38	64	61	1.80	1.73
T2	72.80	63.88	4	31	60	57	2.95	2.18

Ld= *longissimus dorsi*, Sm= *semimembranosus*, sat= saturados, ins= insaturados, poli= poliinsaturados

Con respecto al índice de saturación generado en este estudio se tiene que para los dos músculos los valores son similares, los testigos tienen un porcentaje de índice de desaturación alrededor de 70.0%, mientras que los tratamientos con levadura por alrededor de 30.0%, solo para el tratamiento con selenito de sodio, este valor es muy bajo para *longissimus* (4.0%). Este índice de desaturación hacia estearoil CoA es el paso terminal en la desaturación y conversión de los ácidos mirístico, palmítico y esteárico hacia los ácidos grasos monoinsaturados, miristoleico, palmitoleico y oleico, respectivamente (De Smet *et al.*, 2004). Sturdival *et al* (1992), postulan que altos niveles de AGM reflejan una elevada actividad enzimática de desaturación.

El índice de elongación que aquí se obtuvo señala que; para los dos músculos no hay diferencias entre los valores encontrados, aunque la tendencia es que el testigo siempre es el valor más alto, mientras que el más bajo es para el tratamiento de selenito de sodio. Una relación negativa entre los valores encontrados en este índice y el porcentaje intramuscular (datos no mostrados) ha sido reportado anteriormente y sugieren que la elongación de los ácidos grasos no son capaces de generar una producción de novo de ácido palmítico cuando se depositan grandes cantidades de grasa intramuscular (Kazala *et al.*, 1999). Sin embargo estudios de incubación de tejidos sugieren que la desaturación y no elongación es el paso límite para la conversión de ácido palmítico a oleico (St John *et al.*, 1991).

Finalmente la relación de ácidos grasos saturados/insaturados más poliinsaturados señala que para los valores testigos existe una relación para los dos músculos cercana a 1 e incluso abajo de 1 para *semimembranosus*, mientras que para el tratamiento con levadura este es de 1.75 y superior a 2 en el tratamiento con selenito de sodio. Esto señala que los testigos son los que guardan la proporción más adecuada.

## CONCLUSIONES

El efecto al adicionar el selenio tanto orgánico como inorgánico (0.45 ppm) no es representativo ya que no hay diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos con relación al sexo y a los músculos *longissimus dorsi* y *semimembranosus*. Asimismo, no existe desaturación ni elongación de los ácidos grasos, sin embargo, al aumentar la cantidad de grasa intramuscular, aumenta la cantidad de AGS y disminuye la cantidad de AGP; la relación de ácidos grasos saturados/insaturados mas poliinsaturados señala que para los valores testigos existe una relación en los dos músculos cercana a 1.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración y el apoyo de la UAEMex y del AC PAIEPEME.

## REFERENCIAS

- Alasnier, C., M. Viau., G. Gandemer. 1994. Lipid composition in two rabbit muscles of opposite metabolic types. 40th ICoMST. The Hague.
- Alasnier, C. H, Rémignon., G. Gandemer. 1996. Lipid characteristics associated with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. *Meat Science*. 42: 213-224.
- Cava, R. 1997. Influencia de la alimentación sobre los fenómenos oxidativos desarrollados durante la maduración del jamón de cerdo ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. Cava, R., J.
- Ruiz., C, López-Bote., L, Martín., C, García, C., J. Ventanas., T, Antequera. 1997a. Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscle of Iberian pig. *Meat Science*. 45: 263-270.
- De Smet, S., K. Raes., D. Demeyer. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*. 53(2084): 81-98.
- Flohe, L. 1997. Selenium in peroxide metabolism. *Medical Klin*. 92(3): 5-7.
- Halliwell, B. 1997. Antioxidants: the basics—what they are and how to evaluate them. *Advances of Pharmacology*. 38: 3–20.
- Fernandez, X., G. Monin., A. Talmant., J. Mourot., B. Lebret . 1999. Influence of intramuscular fat contention the quality of pig meat-1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. *longissimus lumburum*. *Meat Science*. 53(1): 59-65.
- George, J. C. y N. M. G. Bhakthan. 1961. Lipase activity in the slow and fast contracting leg muscles of the cockroach. *Nature*. 192: 236.
- Isabel, B. 2000. Incorporación tisular de ácidos grasos, modificación en la consistencia de la grasa y susceptibilidad a la oxidación por la utilización de distintos tipos de grasas y antioxidantes naturales en la alimentación del cerdo. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- ISO 1443. 1979. Meat and Meat Content. Determination of Fat.
- Jacobs, J. A., R.A. Field., M.P. Botkin, M.P., M.L. Riley., G.O. Roehrka. 1972. Effects of weight and castration on lamb carcass composition and quality. *Journal of Animal Science*. 35: 926-941.
- Kazala, E. C., F.J. Lozeman., P.S. Mir., A. Laroche., D.R. C. Bailey., R.J. Weselake. 1999. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. *Journal of Animal Science*. 77: 1717-1725.
- Kloareg, M., L. LeBellego., J. Mourot., J. Noblet., J. Van Milgren. 2005. Deposition of dietary fatty acids and of de novo synthesized fatty acids in growing pigs: effects of high ambient temperature and feeding restriction. *British Journal of Nutrition*. 93: 803-811.
- Milgren. 2007. Deposition of dietary fatty acids de novo synthesis and anatomical partitioning of fatty acids in finishing pigs. *British Journal of Nutrition*. 97:35-47.
- Lizardo, R., J. Van Milgren., J. Mourot., J. Noblet., M. Bonneau. 2002. A nutritional model of fatty acid composition in the growing-finish in pig. *Livestock Production Science*. 75: 167 182.
- Monziols, M., M. Bonneau., A. Davenel., M. Kouba. 2007. Comparison of the lipid content and fatty acid composition of intermuscular and subcutaneous adipose tissues in pig carcasses. *Meat Science*.76: 54-60.
- NRC, 1998. Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Academy Press, Washington, DC.

- Peinado, B., A. Poto., F. Gil., G. López. 2004. Characteristics of the carcass and meat of the Chato Murciano pig. *Livestock Production Science*. 90: 285-292.
- Poto, A. 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España.
- Ramirez, R. y R. Cava. 2006. Carcass composition and meat quality of three different Iberian x Duroc genotype pigs. *Meat Science*. Doi: 10.1016/j.Meat Science. 2006.08.003.
- Seko, Y., Y. Saito., J. Kitahara., N. Imura. 1989. Active oxygen generation by the reaction of selenite with reduced glutathione in vitro. In: A. Wendel (Ed.) *Selenium in Biology and Medicine*. pp 70-73. Springer-Verlag, Berlin.
- St. John, L. C., D. K. Lunt., S.B. Smith. 1991. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. *J. Animal Science*. 69: 1064-1073.
- Sturdivant, C A., D. K. Lunt., G. C. Smith., S. B. Smith. 1992. Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and *M. longissimus dorsi* of Wagyu cattle. *Meat Science*. 32: 449-458.
- Teye, G.A., P. R. Sheard., F. M. Whittington., G. R. Nute., A. Stewart., J. D. Wood. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*. 73(157):124-165.
- Wood, J.D., G. R. Nute., R. I. Richardson., F. M. Whittington., O. Southwood., G. Plastow., R. Mansbridge., N. Da Costa., K. C. Chang. 2004. Effects of breed, diet and 16 muscles on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science*. 67: 651-667.
- Yilmaz, O., S. Celik., M. Z. Cay M. Naziroglu. 1997. Protective role of intraperitoneally administered vitamin E and selenium on the levels of total lipid; total cholesterol, and fatty acid composition of muscle and liver tissues in rats. *Journal of Cellular Biochemistry*. 64: 233-241.
- Yoon, I. y E. McMillan. 2006. Comparative effects of organic and inorganic selenium on selenium transfer from sows to nursing pigs. *Journal of Animal Science*. 84:1729-1733.

*Submitted December 28, 2010 – Accepted August 26, 2011*  
*Revised received September 30, 2011*