



EFFECTO DE LA INCLUSIÓN ALIMENTICIA DE BETAÍNA EN CERDOS EN FASE DE FINALIZACIÓN

EFFECT OF DIETARY INCLUSION OF BETAINE IN FINISHING PIGS

Romel Joaquín Páez Bustillos, Jorge Eduardo Grijalva Olmedo,

Jimmy Rolando Quisirumbay-Gaibor*

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador, Av. Universitaria, Quito 170129, Ecuador.

*Autor para correspondencia: jrquisirumbay@uce.edu.ec

Artículo recibido el 27 de noviembre de 2017. Aceptado, tras revisión, el 9 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

Resumen

El consumidor de carne porcina demanda de un producto de calidad y con menor contenido de grasa, exigiendo que el nutricionista busque nuevas alternativas en la alimentación del cerdo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión dietaria de betaína. Los parámetros productivos y rendimiento a la canal fueron evaluados, un total de 30 de cerdos machos castrados en fase de finalización (Landrace × Yorkshire) fueron alimentadas con una dieta control o con la dieta experimental adicionada con 0.1% de betaína durante 29 días. El consumo diario promedio de alimento (CDPA) fue similar en ambos grupos ($P>0.05$). La ganancia diaria promedio de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y rendimiento a la canal (RC) para los cerdos alimentados con la dieta de betaína fue significativamente mayor ($p<0.05$) en comparación con la dieta no suplementada. El espesor de grasa dorsal (EGD) fue menor en el grupo experimental ($p<0.05$). La inclusión alimenticia de betaína al 0.1% en fase de finalización mejora la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y disminuye el contenido de grasa de la canal

Palabras clave: betaína, cerdos, grasa, canal, nutrición.

Abstract

The pork consumer demands a quality product with a lower fat content, requiring the nutritionist to look for new alternatives in the feeding of pigs. The objective of this study was to evaluate the effect of dietary betaine. The performance and dressing proportion were evaluated, a total of 30 finishing barrows (Landrace × Yorkshire) were fed a control diet or with the experimental diet added with 0.1% betaine for 29 days. The average daily feed intake (CD-PA) was similar in both groups ($P>0.05$). The average daily weight gain (GDP), feed conversion (CA) and dressing proportion (RC) in betaine group was significantly higher ($p<0.05$) compared to the non-supplemented diet. Backfat thickness (EGD) was lower in the experimental group ($p<0.05$). The dietary betaine inclusion of 0.1% in barrows improves daily weight gain, feed conversion and reduces carcass fat content.

Keywords: betaine, pigs, fat, dressing proportion, nutrition.

Forma sugerida de citar: Páez Bustillos, J. E., Grijalva Olmedo, J. E. y Quisirumbay-Gaibor, J. R. 2018. Efecto de la Inclusión Alimenticia de Betaína en Cerdos en Fase de Finalización. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):123-130. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.10>.

1 Introducción

La betaína, conocida también como trimetilglicina, es un derivado del aminoácido glicina que se encuentra normalmente en una gran variedad de plantas y animales (Saarinen *et al.*, 2001). Su principal función es actuar como donador de grupos metilo (Craig, 2004), favorece la síntesis de creatina y carnitina y disminuye los requerimientos de otras moléculas donadoras de metilo como la metionina y la colina (Eklund *et al.*, 2005; Ratriyanto *et al.*, 2009; Simon, 1999).

Se ha demostrado su papel como osmo-protector (Kidd, Ferket y Garlich, 1997) de manera especial en ambientes de alta osmolaridad en algunos microorganismos (Boch, Kempf y Bremer, 1994) y cultivos celulares (Horio *et al.*, 2001). Tiene un bajo costo y mucha seguridad en su uso alimenticio (Day y Kempson, 2016).

En los últimos años se ha descubierto que la betaína participa en la regulación de los genes de transporte y oxidación de ácidos grasos (Cai *et al.*, 2016), así como en los genes para la síntesis de lípidos y colesterol (Albuquerque *et al.*, 2017). Existe evidencia de un papel ahorrador de energía de la betaína en el metabolismo de los cerdos en crecimiento, en especial bajo condiciones específicas como por ejemplo la limitación de la ingesta de alimento y de energía en la dieta (Siljander-Rasi *et al.*, 2003; Wray-Cahen *et al.*, 2004). Demostrando así que la suplementación con betaína afecta la partición de energía (Fernández-Figares *et al.*, 2002) y podría mejorar el valor energético de las dietas (Schrama *et al.*, 2003).

Es importante mencionar que los primeros resultados en cuanto al uso de la betaína en la alimentación de cerdos en finalización ha sido inconsistente, reportándose una ausencia de efecto o un efecto mínimo sobre el crecimiento, consumo de alimento, ganancia diaria de peso y depósito de tejido adiposo (Matthews *et al.*, 1998; Overland, Rørvik y Skrede, 1999).

Sin embargo, en otros trabajos se ha determinado que la inclusión de betaína en cerdos en crecimiento-finalización favorece el desempeño productivo (Yang *et al.*, 2009) disminuye el contenido de grasa en la carcasa (Huang *et al.*, 2006; Nakev *et al.*, 2009; Sales, 2011) y el espesor de grasa dorsal beneficiando a la industria porcina (Feng *et al.*, 2006; Lawrence *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2011).

De igual forma, se ha encontrado que la inclusión de betaína favorece la formación de ácidos grasos saturados al utilizar DDGs (30%) en la alimentación de cerdos, disminuyendo así la proporción de ácidos grasos insaturados (Wang *et al.*, 2015) y mejora el color de la carne (Su *et al.*, 2013). También se ha demostrado que la betaína reduce la producción total de calor corporal (Schrama *et al.*, 2003) y favorece el desempeño reproductivo en épocas calurosas (Cabezón *et al.*, 2016; Lugar *et al.*, 2018; van Wetters, Herde y Hughes, 2012).

Con lo señalado anteriormente, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión dietaria de 1 mg/kg de betaína sobre parámetros productivos, rendimiento a la canal y espesor de grasa dorsal en cerdos, cuando se les ofreció alimento ad libitum entre los 66 a 100 kg de peso vivo.

2 Materiales y métodos

Este trabajo se desarrolló en la granja porcina "La Maresca", ubicada en Cayambe, Pichincha-Ecuador. Se utilizó un total de 30 cerdos machos castrados F1 (Landrace X Yorkshire) con un peso medio inicial de 66 ± 4 kg y 110 días de edad distribuidos de manera aleatoria en dos grupos: control y experimental (0.1% de betaína), 15 cerdos por tratamiento. Los cerdos fueron alojados en corrales individuales (3.75 m²) considerándose cada cerdo como una unidad experimental, el alimento y el agua fueron administrados ad libitum.

Las dietas se elaboraron a partir de maíz y soya para cubrir los requerimientos nutricionales del National Research Council (2012). La composición de los ingredientes y el contenido nutricional de las dietas usadas en el experimento se muestran en la Tabla 1. El experimento tuvo una duración de 29 días, 24 horas antes del sacrificio el alimento fue retirado aunque los cerdos tuvieron acceso al agua de bebida hasta el faenamiento (139 días de edad).

Las variables evaluadas fueron: consumo diario promedio de alimento (CDPA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), rendimiento a la canal (RC) y espesor de grasa dorsal (EGD). El rendimiento a la canal se calculó como el peso de la carcasa como porcentaje del peso vivo antes del sacrificio. El espesor de grasa dorsal se midió con un calibrador manual en la última costilla una vez que la canal fue dividida por la mitad.

Tabla 1. Composición y contenido nutricional de las dietas

Ingrediente	Control	Experimental
Maíz (%)	77,86	77,76
Pasta de soya (%)	19	19
Carbonato de Calcio (%)	1,1	1,1
Aceite de soya (%)	1	1
Sal (%)	0,3	0,3
Fosfato dicálcico (%)	0,23	0,23
L-Lisina HCl (%)	0,01	0,01
Premezcla vitamínica-mineral ^a (%)	0,5	0,5
Betaína (%)	-	0,1
Composición de la dieta		
Energía Metabolizable (kcal/kg)	3300	3300
Proteína Cruda (%)	14,5	14,5
Calcio total (%)	0,5	0,5
Fósforo total (%)	0,45	0,45
Lisina Total (%)	0,8	0,8

^aLa premezcla aporta la siguiente cantidad de micronutrientes por kilogramo de dieta: vitamina A, 7600 IU; vitamina D, 1500 IU; vitamina E, 10 mg; vitamina K3, 2.0 mg; vitamina B1, 1.0 mg; vitamina B6, 1.0 mg; vitamina B2, 3.0 mg; vitamina B12, 12 µg; ácido pantoténico, 7 mg; niacina, 12 mg; Zn, 105 mg; Fe, 100 mg; Cu, 20 mg; Mn, 45 mg; I, 0.3 mg; Se, 0.3 mg.

3 Análisis estadístico

Para el experimento se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), cada cerdo fue considerado como una unidad experimental. Para la diferencia entre medias se utilizó la prueba de t de student para muestras independientes, con un nivel de significancia de 0.05.

4 Resultados y discusión

4.1 Consumo diario promedio de alimento (CDPA)

No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) (Tabla 2) siendo el consumo de $2,64 \pm 0,001$ kg para el testigo y $2,63 \pm 0,004$ kg para el grupo experimental. La información obtenida concuerda con los resultados encontrados por Feng *et al.* (2006), estudio en el cual el grupo que recibió betaína (1.25 mg/kg) pre-

sentó un consumo de 2,39 *vs.* 2,34 en el grupo control ($P > 0.05$). Similar a estos resultados fueron los encontrados por Wang *et al.* (2015) en el que cerdos alimentados con DDGs al 30% que recibieron betaína (0.1%) presentaron un consumo de 2,65 *vs.* 2,71 kg/día del grupo control (sin DDGs ni betaína).

Así también coinciden con los encontrados en el estudio realizado por Schrama *et al.* (2003), donde se evaluó la inclusión de betaína a un nivel de 1,29 g/kg de alimento (0,129%), donde no hubo diferencia significativa ($P > 0.10$) 1 548 kg *vs.* 1 558 kg para el grupo control y experimental, respectivamente, durante un periodo de tres semanas de experimentación; aunque este estudio se realizó en cerdos entre los 35 a 46 kg de peso vivo. Sin embargo estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Yang *et al.* (2009) en el que hubo de manera significativa ($P < 0,05$) un menor consumo de alimento en cerdos que recibieron betaína a un nivel de inclusión de 0,2% frente al grupo control y a los niveles de 0,4 y 0,6% de betaína.

Tabla 2. Efecto de la inclusión dietaria de betaína (0.1 %) en cerdos en finalización

Variable	Control	Experimental
Peso final (kg)	94,75 ± 1,01 a	103,99 ± 1,78 b
Ganancia diaria de peso (kg/d)	0,99 ± 0,02 a	1,31 ± 0,03 b
Consumo diario de alimento (kg/d)	2,64 ± 0,001 a	2,63 ± 0,004 a
Conversión alimenticia	2,68 ± 0,04 a	2,02 ± 0,04 b
Rendimiento a la canal (%)	80,9 ± 0,38 a	82,07 ± 0,27 b
Espesor de grasa dorsal (mm)	17,27 ± 0,21 a	13,93 ± 0,37 b

Los valores presentados son la media ± error estándar. Las medias dentro de una misma fila con letras distintas difieren significativamente ($p < 0.05$).

4.2 Ganancia Diaria de Peso (GDP)

Se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) con mayor ganancia en el grupo experimental $1,31 \pm 0,03$ kg/d frente al grupo control $0,99 \pm 0,02$ kg/d. Estas observaciones están en acuerdo con las encontradas en el estudio realizado por Yang *et al.* (2009) en el que cerdos entre 65-100 kg alimentados con betaína al 0,2; 0,4 y 0,6% difieren significativamente ($P < 0,05$) del grupo control, 0,94; 1,16; 1,07 y 0,91 kg/d, respectivamente. De igual manera, en el estudio realizado por Ribeiro *et al.* (2011) se encontró que el grupo que recibió betaína al 0,2% presentó la mayor GDP (1 055 kg/d) frente al grupo testigo (0,967 kg/d).

Sin embargo estos datos difieren de los obtenidos en cerdos entre los 62,5 a 92,5 kg de peso vivo, que no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) 0,715 kg/d y 0.748 kg/d para el grupo control y betaína (1,25 mg/kg), respectivamente (Feng *et al.*, 2006). De manera similar en el estudio realizado por Wang *et al.* (2015) en cerdos entre los 58 a 94 kg no existió diferencia significativa ($P > 0,05$) entre el grupo que recibió betaína (0,1%) y el control 0,85 vs. 0,87, respectivamente. Una tendencia similar a los estudios de Feng *et al.* (2006); Wang *et al.* (2015) se encontró cuando la betaína fue utilizada a un nivel de inclusión de 0,129% en cerdos entre 35 a 46 kg siendo la GDP de 0,651 para el grupo experimental y 0,648 para el grupo testigo (Schrama *et al.*, 2003).

4.3 Conversión Alimenticia (CA)

Se encontró diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los dos tratamientos grupo experimental $2,02 \pm 0,04$, mientras que el grupo testigo fue de $2,67 \pm 0,04$. Esta

información concuerda con lo encontrado por Yang *et al.* (2009) en el que los cerdos que recibieron betaína al 0,2; 0,4 y 0,6% presentaron una menor conversión alimenticia ($P < 0,05$) frente al grupo control 3; 2,8; 3,01 y 3,45, respectivamente. Así también lo demostró Ribeiro *et al.* (2011) en el que la CA fue menor en el grupo que recibió betaína al 0,2% (3,038) al compararlo con el grupo control (3,470).

Sin embargo estos resultados no concuerdan con los encontrados por Feng *et al.* (2006) en los cuales no hubo diferencia significativa ($P > 0,05$) 3,27 para el grupo control y 3,22 para los cerdos que recibieron betaína (1,25 mg/kg). De igual manera no se encontró diferencia significativa en el estudio realizado por Wang *et al.* (2015), en el que se obtuvo una conversión alimenticia similar de 3,11 para ambos grupos control y betaína (0,1%). Además en cerdos entre los 35 a 46 kg no se encontró diferencia significativa ($P > 0,10$) presentando ambos grupos una CA de 2,39 (Schrama *et al.*, 2003).

4.4 Rendimiento a la canal

Los resultados obtenidos para el grupo testigo fueron $80,90 \pm 0,38\%$ y para el grupo experimental $82,07 \pm 0,27\%$ encontrándose una diferencia significativa ($P < 0,05$) a favor del grupo experimental. Estos resultados no concuerdan con los reportados por Feng *et al.* (2006) en los cuales no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$) para cerdos faenados a los 92,5 kg de peso vivo que consumieron betaína (1,25 mg/kg) frente al grupo control. Tampoco se encontró diferencia significativa en el estudio realizado por Wang *et al.* (2015) en el que el rendimiento fue de 77,05% para el grupo control y 75,64% para el grupo de betaína en cerdos faenados a los 94 kg.

4.5 Espesor de grasa dorsal

Se encontró diferencia significativa ($P < 0,05$), siendo mayor el depósito de grasa en el grupo testigo $17,27 \pm 0,21$ mm vs el grupo experimental $13,93 \pm 0,37$ mm. Los datos coinciden con los encontrados por Feng *et al.* (2006) a pesar que la medición se realizó a nivel de la décima costilla $24,9$ mm vs. $22,7$ mm obteniéndose una reducción de un $8,84\%$ ($p < 0,05$) a favor del grupo que consumió betaína ($0,125\%$).

Así también se encontró que en cerdos faenados a los 150 días de edad, aquellos que recibieron betaína al nivel de $0,2\%$ presentaron menor espesor de grasa dorsal $14,7$ mm vs. el grupo testigo $15,4$ mm (Ribeiro *et al.*, 2011). Además en un experimento realizado por Schrama *et al.* (2003) en el cual se incluyó betaína al $0,129\%$ se favoreció un mayor depósito de proteína 3 semanas después de iniciado el experimento. Sin embargo estos resultados no coinciden con los reportados por Wang *et al.* (2015) donde no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$) entre los cerdos del grupo control 28 mm vs. cerdos del grupo que recibió betaína 27 mm.

5 Conclusiones y recomendaciones

La inclusión alimenticia de betaína al $0,1\%$ en la dieta de cerdos en fase de finalización mejora los parámetros productivos de ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. Además, favorece la formación de masa muscular disminuyendo el depósito de grasa dorsal. Se recomienda realizar más estudios en los que se evalúe mayores niveles de inclusión de betaína y se desafíe a los cerdos con menores niveles de energía.

Referencias

Albuquerque, A, José A Neves, M Redondeiro, Marta Laranjo, MR Felix, Amadeu Freitas, José L Tirapicos y José M Martins. 2017. "Long term betaine supplementation regulates genes involved in lipid and cholesterol metabolism of two muscles from an obese pig breed." *Meat science* 124:25–33.

Boch, Jens, Bettina Kempf y Erhard Bremer. 1994. "Osmoregulation in *Bacillus subtilis*: synthesis of the osmoprotectant glycine betaine from exogenously provided choline." *Journal of Bacteriology* 176(17):5364–5371.

Cabezón, FA, AP Schinckel, BT Richert, KR Stewart, M Gandarillas, M Pasache y WA Peralta. 2016. "Effect of betaine supplementation during summer on sow lactation and subsequent farrowing performance." *The Professional Animal Scientist* 32(5):698–706.

Cai, Demin, Junjian Wang, Yimin Jia, Haoyu Liu, Mengjie Yuan, Haibo Dong y Ruqian Zhao. 2016. "Gestational dietary betaine supplementation suppresses hepatic expression of lipogenic genes in neonatal piglets through epigenetic and glucocorticoid receptor-dependent mechanisms." *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids* 1861(1):41–50.

Craig, Stuart AS. 2004. "Betaine in human nutrition." *The American Journal of Clinical Nutrition* 80(3):539–549. Online: <http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/80.3.539>.

Day, Christopher R y Stephen A Kempson. 2016. "Betaine chemistry, roles, and potential use in liver disease." *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects* 1860(6):1098–1106.

Eklund, M, E Bauer, J Wamatu y R Mosenthin. 2005. "Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock." *Nutrition research reviews* 18(1):31–48.

Feng, J, X Liu, YZ Wang y ZR Xu. 2006. "Effects of betaine on performance, carcass characteristics and hepatic betaine-homocysteine methyltransferase activity in finishing barrows." *Asian Australasian Journal of animal sciences* 19(3):402.

Fernández-Figares, Ignacio, Diane Wray-Cahen, NC Steele, RG Campbell, DD Hall, E Virtanen y TJ Caperna. 2002. "Effect of dietary betaine on nutrient utilization and partitioning in the young growing feed-restricted pig." *Journal of Animal Science* 80(2):421–428.

Horio, Masaru, Akiko Ito, Yasuko Matsuoka, Toshiaki Moriyama, Yoshimasa Orita, Masaru Takenaka y Enyu Imai. 2001. "Apoptosis induced by hypertonicity in Madin Darley canine kidney cells: protective effect of betaine." *Nephrology Dialysis Transplantation* 16(3):483–490.

Huang, Qi-Chun, Zi-Rong Xu, Xin-Yan Han y Wei-Fen Li. 2006. "Changes in hormones, growth factor and lipid metabolism in finishing pigs fed betaine." *Livestock Science* 105(1-3):78–85.

- Kidd, MT, PR Ferket y JD Garlich. 1997. "Nutritional and osmoregulatory functions of betaine." *World's Poultry Science Journal* 53(2):125-139.
- Lawrence, BV, AP Schinckel, O Adeola y K Cera. 2002. "Impact of betaine on pig finishing performance and carcass composition." *Journal of animal science* 80(2):475-482.
- Lugar, DW, T Gellert, J Proctor, P Wilcock, B Richert y KR Stewart. 2018. "Effects of supplementation with betaine and superdosed phytase on semen characteristics of boars during and after mild heat stress." *The Professional Animal Scientist* 34(4):326-338.
- Matthews, JO, LL Southern, JE Pontif, AD Higbie y TD Bidner. 1998. "Interactive effects of betaine, crude protein, and net energy in finishing pigs." *Journal of animal science* 76(9):2444-2455.
- Nakev, J, T Popova, V Vasileva *et al.* 2009. "Influence of dietary betaine supplementation on the growth performance and carcass characteristics in male and female growing-finishing pigs." *Bulg J Agric Sci* 15(3):263-8.
- National Research Council. 2012. *Nutrient requirements of swine*. National Academies Press.
- Overland, M, KA Rørvik y A Skrede. 1999. "Effect of trimethylamine oxide and betaine in swine diets on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and sensory quality of pork." *Journal of Animal Science* 77(8):2143-2153.
- Ratriyanto, A, R Mosenthin, E Bauer, M Eklund *et al.* 2009. "Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals." *Asian-Austral J Animal Sci* 22:1461-1476.
- Ribeiro, Paulo Roberto, Rodolfo Nascimento Kronka, Maria Cristina Thomaz, Melissa Izabel Hannas, Fernanda Marcussi Tucci, Antônio João Scandolera y Fábio Enrique Lemos Budiño. 2011. "Diferentes níveis de betaína sobre incidência de diarreia, desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos de suínos." *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 48(4):299-306.
- Saarinen, Markku T, Hannele Kettunen, Katriina Pulliainen, Seppo Peuranen, Kirsti Tiihonen y Janet Remus. 2001. "A novel method to analyze betaine in chicken liver: effect of dietary betaine and choline supplementation on the hepatic betaine concentration in broiler chicks." *Journal of agricultural and food chemistry* 49(2):559-563.
- Sales, J. 2011. "A meta-analysis of the effects of dietary betaine supplementation on finishing performance and carcass characteristics of pigs." *Animal feed science and technology* 165(1-2):68-78.
- Schrama, JW, MJW Heetkamp, PH Simmins y WJJ Gerrits. 2003. "Dietary betaine supplementation affects energy metabolism of pigs." *Journal of Animal Science* 81(5):1202-1209.
- Siljander-Rasi, Hilikka, Seppo Peuranen, Kirsti Tiihonen, Erkki Virtanen, Hannele Kettunen, T Alaviuhkola y PH Simmins. 2003. "Effect of equimolar dietary betaine and choline addition on performance, carcass quality and physiological parameters of pigs." *Animal Science* 76(1):55-62.
- Simon, Jean. 1999. "Choline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish (including crustaceans)." *World's Poultry Science Journal* 55(4):353-374.
- Su, Binchao, Liansheng Wang, Hong Wang, Baoming Shi, Anshan Shan y Yuzhi Li. 2013. "Conjugated linoleic acid and betain prevent pork quality issues from diets containing distillers dried grains with solubles." *Canadian Journal of Animal Science* 93(4):477-485.
- van Wettere, Whej, P Herde y PE Hughes. 2012. "Supplementing sow gestation diets with betaine during summer increases litter size of sows with greater numbers of parities." *Animal reproduction science* 132(1-2):44-49.
- Wang, LS, Z Shi, R Gao, BC Su, H Wang, BM Shi y AS Shan. 2015. "Effects of conjugated linoleic acid or betaine on the growth performance and fatty acid composition in backfat and belly fat of finishing pigs fed dried distillers grains with solubles." *animal* 9(4):569-575.
- Wray-Cahen, Diane, Ignacio Fernandez-Figares, Erkki Virtanen, Norman C Steele y Thomas J Caperna. 2004. "Betaine improves growth, but does not induce whole body or hepatic palmitate oxidation in swine (*Sus scrofa domestica*)." *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 137(1):131-140.

Yang, Han Sul, Jeong Ill Lee, Seon Tea Joo, Gu Boo Park *et al.* 2009. "Effects of dietary glycine betaine on growth and pork quality of finishing

pigs." *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22(5):706-711.