

OPTIMIZACION ENERGETICA Y OBTENCION DE CANALES MAGRAS EN CERDOS, CON LA UTILIZACION DE LA L-CARNITINA



S. A. BLUM, K. W. OWEN, J. L. NELSEN, T. L. WEEDEN, Y R. D. GOODBAN

La L-carnitina es una sustancia que durante mucho tiempo se ha sabido que existe en los tejidos de los animales, pero su función pasó inadvertida hasta que se descubrió que era esencial como factor de crecimiento para el gusano de la harina, *Tenebrio molitor*, que es ahora uno de los tópicos que más atrae la investigación y que genera más de 1,100 publicaciones al año en revistas especializadas. El papel que mejor se conoce de la L-carnitina continúa siendo el que juega en la oxidación de las grasas de cadena larga y la transferencia de dichas grasas a través de la membrana de las mitocondrias, de tal manera que la oxidación beta de estas grasas se puede realizar dentro de la mitocondria. Durante los últimos 5 años se han atribuido a la L-carnitina muchos papeles en la gluconeogénesis, en la síntesis de las proteínas, en la utilización de los carbohidratos y en enfermedades musculares de las mascotas y del ser humano, como han sido algunas formas de la distrofia muscular, y la enfermedad de Alzheimer. No cabe duda de que la investigación sobre la L-carnitina continuará generando grandes cantidades de información, cuando menos en los próximos 5 años.

NOMBRE Y ESTRUCTURA QUÍMICA

CAS: l-propanamino, 3-carboxi-2-hidroxi-N,N,N-trimetil-hidróxido, sal interna(R)-
CASRN: 541-15-1 3-hidroxi-4 trimetilamoniobutirato Vitamina Bt

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Punto de Fusión De 210 a 212°C
Rotación Específica De -29.0 a -32 Grados
Solubilidad 250 g/100 g de agua
Estabilidad Estable tras el almacenamiento y el procesamiento

RESUMEN

Se realizó un experimento para evaluar la eficacia de la carnitina en la dieta sobre el desempeño del crecimiento y sobre las características de la canal de los cerdos durante las etapas de crecimiento y finalización. El experimento se diseñó para investigar la respuesta de los cerdos cuya dieta contenía carnitina, desde el destete hasta la edad de mercado, en comparación con los cerdos controles que no recibieron carnitina. Además, el rendimiento de estos cerdos se comparó con el de otros animales que recibieron carnitina en el alimento sólo durante las fases de iniciación o bien de finalización. La prueba se dividió en las siguientes cuatro fases: 1) fase 1 de 0 a 14 días postdestete; 2) fase 11 de 14 a 35 días postdestete; 3) crecimiento, de los 35 días a los 61.3 Kg, y 4) finalización, de 61.3 a 104.4 Kg. Se utilizaron 128 cerdos con un peso promedio de 5.02 Kg en las primeras 2 fases para investigar los efectos de la adición de carnitina sobre el rendimiento de los animales destetados precozmente. Esto también nos ayudó a encontrar el periodo adecuado de administración de la carnitina para elevar a niveles óptimos, tanto el crecimiento como las características de la canal, en los cerdos en crecimiento y finalización. Durante las fases 1 y 11, la mitad de los cerdos recibió una dieta con alta densidad de nutrientes (en inglés: high nutrient density diet, HNDD) que contenía 1,000 y 500 ppm de carnitina, respectivamente. La otra mitad recibió la dieta con alta densidad de nutrientes pero sin la adición de carnitina. Estas dietas se formularon para contener 1.45 y 1.25% de lisina, respectivamente. Los cerdos se distribuyeron en corrales en base a su peso y a su sexo, y cada corral se asignó al azar a su tratamiento. Se utilizó un total de 32 corrales, cada uno de los cuales contenía 4 machos castrados o 4 hembras. Durante la fase 1, los cerdos que consumieron la dieta con carnitina fueron más eficientes y lograron ganancias de peso diarias ligeramente superiores. Sin embargo, durante la fase II los cerdos que no recibieron carnitina tuvieron ganancias de peso diarias superiores y mejores consumos de alimento, pero fueron ligeramente menos eficientes. Después de las 2 primeras fases los animales se redistribuyeron entre los grupos de tratamiento en base a su peso, lo cual dio como resultado uno de los siguientes tratamientos con carnitina: 1) administración de carnitina del destete al sacrificio (de 6.8 a 104.4 Kg) (C/C); 2) carnitina durante las fases 1 y 11 solamente (C/N); 3) carnitina durante las etapas de crecimiento finalización solamente (N/C); y 4) sin adición de carnitina (N/N). Se utilizó un total de 95 cerdos (3 animales por corral) para cortar con 8 réplicas por tratamiento (4 réplicas por sexo). Las dietas de crecimiento contenían 0.85% de lisina y, a medida que los cerdos se acercaban a los 61.3 Kg. - el contenido de lisina se redujo a 0.75%. La carnitina se suplementó en las dietas de crecimiento y finalización (N/C y C/C) a razón de 25 ppm. Durante la fase de crecimiento y finalización no existieron diferencias en el rendimiento entre los distintos tratamientos. Sin embargo, ocurrió un incremento significativo en el área del músculo *longissimus* de los cerdos que recibieron carnitina sólo durante la fase de crecimiento y finalización, en comparación con los cerdos que no recibieron carnitina adicional en el alimento a lo largo de la prueba. Esto sugiere que la suplantación con carnitina durante la fase de crecimiento y finalización incremento el área del ojo de lomo, pero no afecta el desempeño del crecimiento.

XXX AMVEC

(Palabras clave: L-carnitina, crecimiento, canal, iniciador, crecimiento y finalización).

INTRODUCCION

La investigación reciente de la Universidad de Georgia ha demostrado que la suplementación de las dietas de finalización con L-carnitina da como resultado una pequeña reducción en el grosor de la grasa dorsal. Se observó un efecto similar en el Centro de Investigación de las Planicies de la Costa (Coastal Plains Research Center); sin embargo, estos resultados se basaron en lecturas de ultrasonografía sin que se midieran físicamente los resultados en las canales. La investigación reciente realizada en la Universidad Estatal de Kansas ha demostrado que la administración de niveles elevados de carnitina en las dietas de destete, durante la fase 1, redujeron la acumulación de grasa a todo lo largo de la etapa de destete. Se han hecho sólo investigaciones limitadas sobre el efecto de la L-carnitina sobre la composición de la canal; sin embargo, no se han recolectado datos para determinar los efectos subsecuentes de la carnitina sobre el rendimiento y sobre las características de la canal. Es por ello que se efectuó esta investigación para determinar el período adecuado de administración de carnitina en la dieta para elevar a niveles óptimos la respuesta del desempeño del crecimiento y de las características de composición de la canal en los cerdos durante las etapas de crecimiento y finalización.

PROCEDIMIENTOS

Se utilizaron 128 lechones cruzados que se destetaron a los 21 días de edad y que tenían un peso promedio de 5.18 Kg, para realizar un experimento de 35 días de crecimiento. Los cerdos se distribuyeron en 2 grupos de tratamiento en base a su peso, su sexo y a las razas de sus padres. La mitad de los animales recibió la dieta de fase I (de 0 a 14 días postdestete) que contenía 1,000 ppm de L-carnitina, mientras que la otra recibió carnitina adicional.

El nivel de carnitina en la fase II (de 14 a 35 días postdestete) se redujo a 500 ppm. Se emplearon 4 cerdos por corral, con 16 corrales de réplica por cada tratamiento dietético. Los cerdos se albergaron en una sala de destetes con ambiente controlado, en 4 corrales de 1.5 metros y con piso de malla de alambre. El alimento y el agua se ofrecieron *ad libitum*.

Después de la etapa inicial de crecimiento de 35 días, 95 lechones (48 machos y 47 hembras) se redistribuyeron, de acuerdo a su peso y a su sexo, entre los grupos de tratamiento de las fases I y II. La mitad de los cerdos que recibió suplementación con carnitina durante las fases I y II se mantuvo con las dietas que contenían 25 ppm de carnitina, mientras que los animales restantes recibieron la dieta basal de crecimiento sin la adición de carnitina. Este proceso también se empleó con los cerdos que no recibieron suplementación con carnitina durante las fases I y II, dando como resultado 4 tratamientos, según se muestra en el Cuadro I. Los 4 tratamientos dietéticos se asignaron, al azar, a 4 bloques, utilizando 8 corrales de réplicas por tratamiento (4 réplicas por sexo). Los cerdos se mantuvieron en un edificio totalmente cerrado y con ambiente controlado, provisto totalmente de piso de rejilla (slats). Se registraron los pesos tanto de los cerdos como del alimento, cada 2 semanas.

Se utilizó un total de 4 dietas basales durante el experimento. Todas las dietas (Cuadro 2) eran del tipo estándar y se elaboraron con maíz y pasta de soya, para satisfacer o exceder los requerimientos nutritivos recomendados. Las dietas de las fases I y II se formularon para contener 1.45 y 1.25 % de lisina, respectivamente. La dieta de crecimiento contenía 0.85 % de lisina y, a medida que los cerdos se aproximaban a los 61.3 Kg, el contenido de lisina de la dieta se redujo al 0.75%.

A medida que el peso promedio de los animales en cada corral se acercaba a los 104.4 Kg, se sacrificaron 10 cerdos por cada tratamiento (5 cerdos por sexo) para la determinación de las características de su canal.

RESULTADOS Y DISCUSION

La adición de L-carnitina a la dieta de iniciación no influyó significativamente ($P > 0.10$) el rendimiento de los cerdos en iniciación; sin embargo, los cerdos que recibieron carnitina en el alimento de 0 a 14 días fueron un 8% más eficientes y tuvieron un 3% más de ganancia diaria de peso en promedio (Cuadro 3). Sin embargo, durante la fase II (de 14 a 35 días) y a todo lo largo de la prueba de 35 días, los cerdos que recibieron las dietas sin carnitina tuvieron un 8 y un 5 % más de ganancia diaria de peso en promedio y consumieron 7 y 6 % más de alimento al día, respectivamente; sin embargo, los datos de 0 a 35 días revelaron que los animales que consumieron carnitina tuvieron una eficiencia superior en un 3%.

Durante la fase de crecimiento (de 35 días a 61.3 Kg) no se observaron diferencias ($P > 0.10$) en el rendimiento entre ninguna de las combinaciones de tratamientos. Se notaron respuestas similares durante la fase de finalización (de 61.3 a 104.4 Kg) pero los cerdos del tratamiento N/N tuvieron una tendencia a consumir más alimento por día. El rendimiento de 35 días a 104.4 Kg no mostró respuesta alguna a la adición de carnitina durante la fase de crecimiento y finalización. La administración de niveles altos a moderados de carnitina en la etapa del destete, o bien de niveles bajos durante la fase de crecimiento y finalización no tuvo efectos subsecuentes sobre el



desempeño del crecimiento durante el período de crecimiento y finalización ni tampoco lo tuvo a lo largo de toda la prueba.

Cuando los cerdos se sacrificaron con un peso promedio de 104.4 Kg no se observaron diferencias en los porcentajes de encarne de las canales. El grosor promedio de la grasa dorsal se incremento ($P=0.09$, $P=0.07$) en los cerdos que recibieron carnitina durante la fase de destete (C/N), en comparación con los cerdos que no recibieron suplementación con carnitina (N/N) o los que la recibieron en forma continua (C/C), a lo largo de toda la prueba, respectivamente. El área del músculo *longissimus* fue mayor ($P=0.03$) en los cerdos que recibieron carnitina adicional durante la fase de crecimiento y finalización (N/C) en comparación con los que no recibieron carnitina (N/N). De la misma manera, se notó una tendencia entre los cerdos tratados con carnitina adicional, en algún momento durante la prueba, que tenían un área más grande del músculo *longissimus* que los cerdos que no recibieron carnitina (N/N). Los cerdos tratados con carnitina en el destete o en la fase de crecimiento y finalización (N/N, C/N y C/C), tuvieron hígados más grandes ($P=0.09$) y corazones más pequeños ($P=0.05$) que los que no recibieron carnitina (N/N). La calificación del marmoleo muscular fue inversamente proporcional al área del músculo *longissimus* y el porcentaje de proteína cruda en la canal, debido a la calificación del marmoleo, alcanzó su mayor nivel entre los cerdos que no recibieron, L-carnitina (N/N). El análisis de grasa de las muestras de la canal no ha concluido todavía sin embargo debido a que los cerdos que recibieron carnitina solo durante la fase de crecimiento y finalización (N/C) tuvieron mayores valores de proteína cruda ($P=0.13$) y áreas más grandes de ojo de lomo, en comparación con los cerdos que no recibieron carnitina (N/N). Esperamos que las tasas de acumulación de lípidos en los cerdos que recibieron este tratamiento (N/C) sean menores. La disminución ($P=0.05$) en el marmoleo observada en los lechones tratados con carnitina en la fase de crecimiento y finalización (N/C) en comparación con los que no recibieron carnitina (N/N) apoya esta observación.

Estos datos sugieren que la carnitina puede jugar un papel de mayor importancia en la composición de la canal que en el desempeño del crecimiento. El presente estudio demuestra la necesidad de generar información adicional respecto a la adición de carnitina como modificador metabólico. Adicionalmente, se requiere más información para determinar el nivel óptimo de inclusión en el alimento, de la L-carnitina, durante las fases de destete, crecimiento y finalización. sin embargo, debido a que los cerdos que recibieron carnitina sólo durante la fase de crecimiento y finalización (N/C) tuvieron mayores valores de proteína cruda ($P=0.13$) y áreas más grandes de ojo de lomo, en comparación con los cerdos que no recibieron carnitina (N/N). Esperamos que las tasas de acumulación de lípidos en los cerdos que recibieron este tratamiento (N/C) sean menores. La disminución ($P=0.05$) en el marmoleo observada en los lechones tratados con carnitina en la fase de crecimiento y finalización (N/C) en comparación con los que no recibieron carnitina (N/N) apoya esta observación.

Estos datos sugieren que la carnitina puede jugar un papel de mayor importancia en la composición de la canal que en el desempeño del crecimiento. El presente estudio demuestra la necesidad de generar información adicional respecto a la adición de carnitina como modificador metabólico. Adicionalmente, se requiere más información para determinar el nivel óptimo de inclusión en el alimento, de la L-carnitina, durante las fases de destete, crecimiento y finalización.

DL. metionina				
Antibiótico		10	10	10
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Análisis Elemental, %				
Proteína	20.30	15.96	16.48	15.13
Grasa	1.45	1.25	.83	.75
Cenizas	.92	.90	.86	.65
Fibra	.85	.80	.70	.56

El antibiótico fue CSP 240 (Sulfadiazina) en la fase de destete (Carnitina) en la fase de crecimiento y finalización.

PC = Proteína cruda

Cuadro 4. Influencia de la L-carnitina sobre el desempeño del crecimiento en los cerdos en crecimiento y finalización^{a,b}.

Parámetro	Control ^c 6.8-104.4 Kg	Carnitina ^d 22.7-104.4 Kg	Carnitina ^e 6.8-22.7 Kg	Carnitina ^f 6.8-104.4 Kg	Coefficiente de Variación
<u>De 35 días a 61.3 Kg</u>					
GDPP, Kg	.80	.79	.78	.79	5.1
CDA, Kg	2.19	2.17	2.21	2.16	5.6
CA	2.77	2.75	2.80	2.75	5.1
<u>De 61.3 a 104.4 Kg</u>					
GDPP, Kg	.80	.79	.78	.79	8.1
CDA, Kg	3.01	2.92	2.87	2.96	10.4
CA	3.72	3.69	3.67	3.74	5.3
<u>De 35 días a 104.4 Kg</u>					
GDPP, Kg	.80	.79	0.77	.79	16.0
CDA, Kg	2.59	2.53	2.55	2.46	17.8
CA	3.22	3.21	3.25	3.24	11.9

^a Se utilizó un total de 95 cerdos, 3 cerdos por corral, 8 corrales por tratamiento.

^b Sin efecto del tratamiento ($P > 0.10$).

^c Sin efecto de la suplementación de carnitina a todo lo largo de la prueba.

^d Suplementación de carnitina sólo durante la fase de crecimiento y finalización.

^e Suplementación de carnitina sólo en las fases I y II.

^f Suplementación de carnitina a todo lo largo de la prueba.

GDPP = Ganancia diaria de peso en promedio.

CDA = Consumo de alimento.

CA = Conversión alimenticia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La adición de L-carnitina a la dieta de iniciación no aumentó significativamente ($P > 0.10$) el crecimiento de los cerdos en iniciación; sin embargo, los cerdos que recibieron carnitina en el alimento de 0 a 14 días tuvieron un 5% más de ganancia y perdieron un 2% más de ganancia diaria de peso en promedio (Cuadro 4). Sin embargo, durante la fase II (de 14 a 35 días) y a todo lo largo de la prueba de 35 días, los cerdos que recibieron las dietas con carnitina tuvieron un 8 y un 6% más de ganancia diaria de peso en promedio y consumieron 7 y 2% más de alimento al día, respectivamente; sin embargo, en el periodo de 0 a 35 días resultó tan que los animales que consumieron carnitina tuvieron una eficiencia superior en un 7%.

Durante la fase de crecimiento (de 35 días a 61.3 Kg) no se observaron diferencias ($P > 0.10$) en el desempeño entre cerdos de las suplementaciones de carnitina. Se obtuvieron respuestas similares durante la fase de finalización (de 61.3 a 104.4 Kg) pero los cerdos que consumieron L-carnitina tuvieron una ganancia de consumo más eficiente por día. En el periodo de 35 días a 104.4 Kg no mostró respuesta alguna a la adición de carnitina durante la fase de crecimiento y finalización. La administración de carnitina a todo lo largo de la prueba en la etapa del destete, a casi los niveles bajos durante la fase de crecimiento y finalización no tuvo efectos estadísticos sobre el

Cuadro 1. Nivel de carnitina (ppm) en las dietas experimentales.

Período	Control ^a de 6.8 a 104.4 Kg	Carnitina ^b de 6.8 a 22.7 Kg	Carnitina ^c de 22.7 a 104.4 Kg	Carnitina ^d de 6.8 a 104.4 Kg
De 0 a 14 días	0	1,000	0	1,000
De 14 a 35 días	0	500	0	500
De 35 días a 61.3 Kg	0	0	25	25
De 135 a 104.4 Kg	0	0	25	25

^a Sin suplementación de carnitina en toda la prueba.

^b Suplementación de carnitina sólo en las fases I y II.

^c Suplementación de carnitina sólo durante la fase de crecimiento y finalización.

^d Suplementación de carnitina a lo largo de toda la prueba.

Cuadro 2. Composición de las dietas.

Ingrediente (%)	Fase I	Fase II	Crecimiento	Finalizador
Maíz	33.66	47.00	79.55	79.55
Pasta de soya (44%, PC)	18.20	33.10		
Pasta de soya (48.5%, PC)			17.66	17.66
Leche descremada en polvo	20.00			
Suero seco de leche	20.00	10.00		
Fosfato monocálcico	1.23	1.85	1.68	1.02
Carbonato de calcio	.44	.80	.95	.91
Sal	.10	.30	.30	.30
Premezcla vitamínica	.25	.25	.25	.25
Aceite de soya	5.00	5.00		
Premezcla de minerales traza	.10	.10	.10	.10
Premezcla de selenio	.05	.05	.05	.05
Sulfato de cobre	.05	.05	.05	.05
L-lisina HCl	.22	.10		
DL-metionina	.10			
Antibiótico ^a	.50	.10	.10	.10
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
<u>Análisis Calculado, %</u>				
Proteína	20.20	18.96	16.48	15.15
Lisina	1.45	1.25	.85	.75
Calcio	.92	.90	.80	.65
Fósforo	.82	.80	.70	.55

El antibiótico fue CSP 250 (Sulfatiasol) en la fase I; Mecadox (Carbadox) en la fase II y CTC (Clortetraciclina) en la fase de crecimiento y finalización.

PC = Proteína cruda.

Cuadro 3. Influencia de la L-carnitina sobre el desempeño del crecimiento de los cerdos al destete^{a,b}.

Parámetro	Control ^c	Carnitina ^d	Coefficiente de Variación
<u>De 0 a 14 días</u>			
GDPP, Kg	.29	.29	20.3
CDA, Kg	.28	.27	18.1
CA	1.13	1.04	23.5
<u>De 14 a 35 días</u>			
GDPP, Kg	.47	.43	15.1
CDA, Kg	.70	.65	14.1
CA	1.69	1.71	16.5
<u>De 0 a 35 días</u>			
GDPP, Kg	.39	.38	13.9
CDA, Kg	.53	.50	13.2
CA	1.46	1.42	19.7
Peso inicial, Kg	5.13	5.18	9.03
Peso a 35 días, Kg	18.93	18.27	5.46

^a Se utilizó un total de 128 cerdos, 4 cerdos por corral, 16 corrales por tratamiento.

^b Sin efecto de los tratamientos ($P < 0.10$).

^c Sin suplementación de carnitina en las fases I y II.

^d Suplementación de carnitina a todo lo largo de las fases I y II.

GDPP = Ganancia diaria de peso en promedio.

CDA = Consumo de alimento.

CA = Conversión alimenticia.