

EFEECTO DE LA ADICIÓN DE CEPAS PROBIÓTICAS SOBRE METABOLITOS SANGUÍNEOS EN CERDOS EN CRECIMIENTO

EFFECT OF THE ADDITION OF PROBIOTIC STRAINS ON BLOOD METABOLITES IN GROWING PIGS

EFEITO DA ADIÇÃO DO PROBIÓTIÇO TENSÕES SOBRE OS PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE PORCOS EM CRESCIMENTO

SANTIAGO LONDOÑO-PÉREZ¹, JAIME PARRA-SUESCÚN²

RESUMEN

*El destete es la fase más crítica del cerdo, produciendo trastornos intestinales y diarreas. Para prevenirlo, se han utilizado antibióticos promotores de crecimiento (APC), generando residuos medicamentosos en el producto final. Como alternativa, se utilizan bacterias probióticas que favorecen la síntesis proteica y el metabolismo lipídico. El objetivo fue identificar cambios en metabolitos plasmáticos en cerdos posdestete que consumieron diferentes cepas probióticas. 80 lechones (destetados a 21 días) consumieron dos dietas: dieta comercial con y sin la adición de antibiótico (con adición de probióticos *L. casei*, *L. acidophilus* o *E. faecium*) en el agua. Se tomaron muestras sanguíneas (días 15, 30 y 45 posdestete) para determinar cambios plasmáticos de metabolitos. Se observó un aumento ($P < 0,05$) en niveles plasmáticos de Calcio, Fósforo, glucosa y Fosfatasa alcalina; además, disminuyeron los niveles de Creatinina, triglicéridos y ALT (alanina-transferasa) en animales que consumieron *E. faecium*, comparándolos con los que consumieron antibiótico. Los probióticos (especialmente *E. faecium*), pueden ser considerados como una alternativa al uso de APC en dietas de cerdos, pues mejoran el estado de órganos digestivos y actúan como promotores naturales del*

Recibido para evaluación: 22 de julio de 2015. **Aprobado para publicación:** 28 de Septiembre de 2015

1 Universidad Nacional de Colombia, BIOGEM research group. Zootecnista M.Sc (C). Medellín, Colombia.

2 Universidad Nacional de Colombia. BIOGEM research group. Zootecnista, M.Sc., Ph.D. Medellín, Colombia.

crecimiento ya que mejoran el estado metabólico del animal con cambios positivos en los niveles sanguíneos de Calcio, Fósforo y Glucosa.

ABSTRACT

*Weaning is the most critical phase of the pig, causing intestinal disorders and diarrhea. To prevent this, have been used antibiotic growth promoters (AGP), generating medicine residues in the final product. Alternatively, bacteria that promote protein synthesis and lipid metabolism have been used probiotic. The aim was to identify changes in plasma metabolites in weaning pigs fed different probiotic strains. 80 piglets (weaned at 21 days) consumed two diets: Commercial diet with and without the addition of antibiotic (with added probiotic *L. casei*, *L. acidophilus* or *E. faecium*) in water. Blood samples were taken (15, 30 and 45 post-weaning) to determine plasma metabolite changes. An increase ($P < 0,05$) in plasma levels of calcium, phosphorus, alkaline phosphatase and glucose was observed; also decreased levels of creatinine, triglycerides and ALT (alanine aminotransferase) in animals fed *E. faecium*, compared with those who consumed antibiotic. Probiotics (particularly *E. faecium*), can be considered as an alternative to the use of AGP in pig diets, by improving the state of digestive organs and act as natural growth promoters because they improve the metabolic state of the animal with positive changes in blood levels of calcium, phosphorus and glucose.*

RESUMO

*O desmame é a fase mais crítica do porco, causando distúrbios intestinais e diarreia. Para evitar isso, foram utilizados antibióticos promotores de crescimento (APC), gerando resíduos de medicamentos no produto final. Alternativamente, as bactérias probióticas que promovem a síntese de proteínas e do metabolismo de lipídios são usados. O objetivo foi identificar mudanças nos metabólitos plasmáticos em leitões desmamados alimentados com diferentes cepas probióticas. 80 leitões (desmamados aos 21 dias) consumiram duas dietas: dieta comercial, com e sem a adição de antibióticos (com adição de *L. casei*, *L. acidophilus* ou *E. faecium*) em água. As amostras de sangue (15, 30 e 45 pós-desmame) foram utilizados para determinar as alterações de metabólitos no plasma. Foi observado um aumento ($P < 0,05$) dos níveis plasmáticos de cálcio, fósforo, fosfatase alcalina e glicose; também diminuição dos níveis de creatinina, triglicérides e ALT (alanina-aminotransferase) em animais alimentados com *E. faecium*, em comparação com aqueles que consomem antibiótico. Os probióticos, particularmente (*E. faecium*), pode ser considerada como uma alternativa para a utilização de APC em dietas para suínos, por melhoria do estado dos órgãos digestivos, actuam como factores de crescimento natural, e melhorar o estado metabólico do animal com alterações positivas na níveis sanguíneos de cálcio, fósforo e glicose.*

PALABRAS CLAVE:

Antibióticos, Destete, Digestión, Lechones, Nutrientes.

KEYWORDS:

Antibiotics, Digestion, Nutrients, Piglets, Weaning.

PALAVRAS-CHAVE:

Antibióticos, Desmame, Digestão, Leitões, Nutrientes

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los sistemas de producción porcina requieren estudios que vayan orientados a favorecer el rendimiento en canal con cerdos de rápido crecimiento, enfatizando en aspectos que indiquen el estado de salud y metabolismo del animal. Los cerdos constantemente están expuestos a una gran cantidad de factores que pueden ocasionar patologías, afectando negativamente los parámetros zootécnicos y aumentando los requerimientos nutricionales, ya que gran parte de los nutrientes que deben ser aprovechados por el animal para maximizar su crecimiento, son utilizados para generar células del sistema inmune que ayuden a combatir la enfermedad [1].

En la producción porcina moderna, el destete es uno de los períodos más críticos durante la vida del cerdo debido a la alta exposición a factores estresantes [2]. Además, hay una serie de cambios nutricionales, sociales y ambientales que inducen a respuestas de estrés, generando una mayor susceptibilidad a contraer infecciones. Estas respuestas son mayores, cuando se produce el destete temprano. Es evidente que un destete precoz, puede causar problemas de adaptación, tener efectos negativos inmediatos sobre la fisiología, desempeño y comportamiento [3].

La primera semana después del destete es considerado como el período más estresante en los lechones y se asocia con trastornos intestinales y presentación de diarreas; todo esto puede ser atribuible en gran medida al estrés generado por pasar de consumir alimento líquido (leche materna) a consumir alimento sólido a base de cereales. Los cambios en la composición microbiana (patógena) del intestino por consumir diferentes alimentos en tan poco tiempo, puede afectar notablemente el metabolismo y por ende los compuestos en sangre como aminoácidos, creatinina y células del sistema inmune de los lechones [4].

En cerdos, las infecciones bacterianas causan signos clínicos como enterocolitis y normalmente persisten infecciones subclínicas. Estos animales infectados son tratados generalmente con antibióticos como aditivos en el alimento, previniendo en algunos casos, los brotes de infección en la producción porcina. Debido a la creciente tasa de resistencias microbianas contra los antibióticos, la Unión Europea desde 2006 ha optado por la prohibición de su uso como promotores de crecimiento en animales de producción (Riegera *et al.*, 2015).

Han surgido diferentes alternativas para evitar la producción de cerdos con antibióticos como promotores de crecimiento, y entre estas se puede destacar el uso de probióticos. La adición de estos microorganismos ha sido de gran importancia, ya que reducen el pH a nivel intestinal inhibiendo el desarrollo de organismos patógenos tales como coliformes y salmonella que se desarrollan en el tracto gastrointestinal [6]. Además, los probióticos ejercen propiedades promotoras de la salud, incluyendo, el mantenimiento de la función de barrera intestinal y la modulación local y sistémica del sistema inmune del huésped, lo que contribuye al mejoramiento de la síntesis de proteína y el metabolismo de los lípidos [7,8].

Teniendo en cuenta lo anterior, el propósito de este estudio fue obtener información sobre los cambios en los metabolitos plasmáticos en cerdos en etapa de crecimiento que consumieron diferentes cepas probióticas.

MÉTODO

Consideraciones éticas

Todos los procedimientos experimentales fueron llevados a cabo de acuerdo a las guías propuestas por "The International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals" [9]. Esta investigación fue avalada por El Comité de Ética en la Experimentación Animal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (CEMED- 03 del 07 de Mayo de 2012).

Localización

El trabajo de campo se realizó en la Granja Caña Brava, ubicada en el municipio de Gómez Plata, vereda "La Bonita", localizada a 1540 msnm, con una temperatura promedio de 21°C, perteneciente a la zona de vida de Bosque Húmedo Premontano (bh-PM).

Animales

Se utilizaron 80 lechones (hembras y machos) del cruce Duroc x Pietran, destetados exactamente a los 21 días de edad, con un peso aproximado de $6 \pm 0,5$ Kg, los cuales fueron alojados en grupos de 8 animales durante el período de levante. Cada una de las instalaciones o corrales estaba provista de comederos de canoa y bebedero automático con agua a voluntad, se tenía temperatura controlada ($26 \pm 3^\circ\text{C}$). Las dietas se

balancearon para cumplir con todos los mínimos nutricionales requeridos y propuestos por el NRC, [10]. La dieta comercial ofrecida fue enriquecida con vitaminas y minerales. La cantidad de alimento ofrecido a los lechones por corral fue administrada de acuerdo a la tabla dietaria que corresponde para la etapa productiva (levante). Así mismo, el agua de bebida que contenía las diferentes cepas probióticas se ofreció diariamente desde el día 1 del destete hasta finalizar el experimento, el cual tuvo una duración de 45 días (correspondiente a la fase de levante). Durante la lactancia no se suministró alimento sólido a los lechones.

Instalaciones y Equipos

Los cerdos fueron alojados en corrales con piso de cemento (1,5 x 3 m), los cuales fueron desinfectados y encalados para la llegada de los lechones. Del día 0 al 15 del experimento, los corrales estaban dotados de lechonerías y cama de viruta de madera; y para mantener la temperatura homogénea, el corral estaba provisto de cortinas. Para realizar el pesaje de los cerdos y el alimento suministrado se utilizó una balanza digital.

Dietas

Los animales fueron alimentados con dos dietas: dieta comercial con y sin la adición de antibiótico. Los diferentes probióticos (*L. casei*, *L. acidophilus* o *E. faecium*) se suministraron en el agua de bebida de los animales que consumieron la dieta comercial sin antibiótico, así:

- Dieta 1 Control (D1): alimento comercial sin antibiótico, sin adición de cepa probiótica en el agua de bebida.
- Dieta 2 (D2): alimento comercial con antibiótico, sin adición de cepa probiótica en el agua de bebida.
- Dieta 3 (D3): alimento comercial sin antibiótico, con adición de la cepa comercial probiótica *Lactobacillus acidophilus* en el agua de bebida.
- Dieta 4 (D4): alimento comercial sin antibiótico, con adición de la cepa comercial probiótica *Lactobacillus casei* en el agua de bebida.
- Dieta 5 (D5): alimento comercial sin antibiótico, con adición de la cepa comercial probiótica *Enterococcus faecium* en el agua de bebida.

La cantidad de probiótico adicionado se realizó siguiendo las instrucciones para su preparación y adición según lo recomendado por el fabricante. La inclusión de los probióticos en el agua de bebida se realizó por

mezclado directo de un litro de agua con 30 gramos de azúcar comercial para garantizar poblaciones mínimas de 10^8 UFC con una viabilidad adecuada, la cual fue adicionada a un tanque de 50 L y evaluada por medio de análisis microbiológicos. El alimento utilizado en el estudio estuvo libre de antibióticos (excepto la dieta D2), ya que no fue de interés modificar la dieta, sino la incorporación de los probióticos como una alternativa al uso de antibióticos. Las dietas experimentales se proporcionaron durante 45 días a partir del día del destete (día 21 de vida).

Toma de muestras de sangre

Se tomaron 10 mL (por animal) de sangre de la vena yugular en dos tubos con anticoagulante, las muestras se mantuvieron en frío para su transporte al laboratorio donde fueron centrifugadas a 1500 rpm para separar el plasma en dos alícuotas que se congelaron a -70°C hasta la realización de los análisis. De igual manera se tomaron las células sanguíneas precipitadas para realizar el extendido en un portaobjetos. El muestreo para los lechones se realizó los días 15, 30 y 45.

Cuantificación de metabolitos sanguíneos

La cuantificación en suero se realizó mediante el estuche comercial (DIA.PRO Diagnostic Bioprobes), siguiendo las instrucciones del fabricante. Se utilizaron tres controles negativos (CN), dos calibradores (C) y un control positivo (CP) en cada plato. El punto de corte (Cut off: CO) fue determinado como el promedio de las densidades ópticas a 450 nm (DO 450) de los controles negativos (NC) + 0,35. Los resultados para cada variable en sangre fueron interpretados como la relación entre la DO450 de la muestra y el CO así: M/CO menor 0,9 negativo, M/CO entre 1,0 y 1,1 indeterminado y M/CO mayor de 1,1 positivos. La medición de las densidades ópticas, se hizo usando espectrofotómetro.

Análisis estadístico

Se realizó un diseño de bloques al azar (dos bloques) en un arreglo de medidas repetidas en el tiempo. Para la conformación de los bloques se tomó en consideración el peso inicial de los animales. Cada animal fue asignado a una de 5 dietas experimentales (alimento comercial sin probióticos, alimento sin antibióticos y sin probióticos, y alimento con adición de *L. Casei*, *L. Acidophilus* y *E. Faecium*). Cada tratamiento tuvo un total de 2 repeticiones con 8 animales por repetición,

donde los animales fueron aleatorizados. Para la conformación de los bloques se tomó en consideración el peso inicial de los animales. El análisis estadístico fue desarrollado usando el procedimiento GLM del SAS® [11]. Las diferencias entre tratamientos y periodos fueron determinadas por LS means (media de mínimos cuadrados); además se utilizó una prueba de Duncan para detectar significancia ($P < 0,05$) entre las medias.

RESULTADOS

Los cerdos que consumieron las diferentes dietas no presentaron ningún signo de enfermedad que causara su retiro y/o sacrificio de inmediato, todos presentaron un buen estado de salud. Adicional a esto, con la cantidad de alimento ofrecido no se encontraron sobran-tes ni desperdicios de comida.

En este experimento no se encontró interacción estadística entre las diferentes dietas y los días de evaluación para ninguna de las variables en estudio, por lo que no fue necesario analizar y desglosar dichos factores de manera independiente.

Para cada uno de las variables en estudio, se presentó diferencia significativa estadística entre las dietas dentro de cada uno de los periodos de muestreo (15, 30 y 45) ($P < 0,05$). Para los metabolitos sanguíneos, hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los resultados obtenidos para las dietas sin adición de cepas probióticas (D1 vs D2), menos para creatinina el día 30 y 45 de muestreo, en los cuales no hubo diferencia significativa para la variable evaluada. Se observó diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre dietas que contenían cepas probióticas con respecto a D2, excepto lo ocurrido para creatinina, calcio y glucosa el día 45 y para ALT (alanino transferasa) el día 15 y 30, ya que no hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre D2 y D3 como se reporta en la cuadro 1. Además, en esta misma tabla se observa que hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los valores de los metabolitos sanguíneos cuando transcurrían los días posdestete, menos en la variable ALT en el día 30 y 45 en los animales que consumieron el probiótico *E. faecium*, ya que no hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre estos dos periodos de muestreo.

Para la variable creatinina hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos que contenían cepas probióticas (D3, D4 y D5) el día 45 de muestreo. Cuando se comparan los resultados obtenidos para las va-

riables fósforo, triglicéridos y ALT, se observa diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos que tenían animales consumiendo algún tipo de cepa probiótica en diferentes periodos de tiempo (Cuadro 1).

Al comparar la dieta 5 con los demás tratamientos, se observa (cuadro 1) que hubo diferencia significativa ($P < 0,05$) entre estos, excepto para la variable calcio en la que no se observó diferencia estadística significativa en los días 30 y 45 de muestreo.

Para las misma variables en estudio (Cuadro 1), se presentaron diferencias significativas estadística entre los diferentes días de muestreo dentro de cada una de las dietas ($P < 0,05$), donde en el día 45 se presentaron los mayores valores para fósforo, calcio, glucosa y fosfatasa y los menores para creatinina, triglicéridos y ALT.

Una observación interesante de este trabajo es que las concentraciones séricas de glucosa aumentaron en los animales que consumieron probióticos, lo que indica un cambio en el metabolismo de los carbohidratos. Esto puede deberse al aumento en la digestibilidad de los nutrientes, pues en la investigación realizada por Xiao *et al.* [12], encontraron que en cerdos suplementados con glutamina, se redujo la concentración sérica de D - fructosa como consecuencia de la conversión de fructosa a glucosa a través de la fosforilación de la fructosa-L-fosfato o fructosa-6-fosfato, catalizada por fructoquinasa y HK, respectivamente.

Los resultados de este estudio indican que animales alimentados con probióticos tienen menor cantidad de triglicéridos en la sangre. Teniendo en cuenta que los triglicéridos son los compuestos que ayudan a movilizar la grasa a través del torrente sanguíneo, los niveles elevados de triglicéridos se asocian cada vez con un mayor riesgo de enfermedades del corazón [13]. Además, se ha observado efectos en la reducción del colesterol en sangre de cerdos que tuvieron a disposición alimento con probióticos del genero Lactobacilos [14], lo que puede resultar benéfico tanto para los lechones como para el consumidor final de la carne de cerdo, ya que se ha encontrado que las personas que tienen altos niveles de colesterol LDL y niveles bajos de colesterol HDL suelen tener alto los niveles de triglicéridos en sangre [13].

En un estudio realizado con *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus gasseri*, se reportó una mejor absorción de calcio en ratas en crecimiento y un mayor peso óseo del grupo alimentado con probióticos en comparación con el grupo control [15]. Las

Cuadro 1. Metabolitos sanguíneos en cerdos que consumieron dietas con y sin la adición de cepas probióticas durante 45 días postdestete.

Variable (%)	Día	D1	D2	D3	D4	D5	EEM
Creatinina (mg/dL)	15	1,03 ^{A,X}	0,98 ^{B,X}	0,92 ^{C,X}	0,92 ^{C,X}	0,86 ^{D,X}	0,01
	30	0,96 ^{A,Y}	0,94 ^{A,Y}	0,88 ^{B,Y}	0,87 ^{B,Y}	0,81 ^{C,Y}	
	45	0,91 ^{A,Z}	0,88 ^{AB,Z}	0,84 ^{B,Z}	0,80 ^{C,Z}	0,75 ^{D,Y}	
Fósforo (mg/dL)	15	4,88 ^{A,X}	5,11 ^{B,X}	5,24 ^{B,X}	5,68 ^{C,X}	6,22 ^{D,X}	0,04
	30	5,29 ^{A,Y}	5,59 ^{B,Y}	5,98 ^{C,Y}	6,37 ^{D,Y}	7,82 ^{E,Y}	
	45	5,60 ^{A,Z}	7,13 ^{B,Z}	6,62 ^{C,Z}	6,94 ^{D,Z}	8,57 ^{E,Z}	
Calcio (mg/dL)	15	5,77 ^{A,X}	6,87 ^{B,X}	7,82 ^{C,X}	8,21 ^{D,X}	9,20 ^{E,X}	0,11
	30	7,25 ^{A,Y}	8,28 ^{B,Y}	9,31 ^{C,Y}	10,2 ^{D,Y}	10,2 ^{D,Y}	
	45	8,2 ^{A,Z}	9,2 ^{B,Z}	10,1 ^{B,Z}	10,9 ^{C,Z}	10,9 ^{C,Z}	
Glucosa (mg/dL)	15	100,5 ^{A,X}	110,3 ^{B,X}	118,2 ^{C,X}	123,8 ^{D,X}	129,6 ^{E,X}	0,08
	30	109,7 ^{A,Y}	119,6 ^{B,Y}	126,5 ^{C,Y}	130,8 ^{C,Y}	138,7 ^{D,Y}	
	45	122,9 ^{A,Z}	132,9 ^{B,Z}	136,8 ^{BC,Z}	139,8 ^{C,Z}	147,8 ^{D,Z}	
Triglicéridos mg/dL)	15	84,5 ^{A,X}	80,1 ^{B,X}	78,5 ^{C,X}	73,4 ^{D,X}	65,5 ^{E,X}	0,26
	30	82,2 ^{A,Y}	79,5 ^{B,Y}	76,3 ^{C,Y}	69,2 ^{D,Y}	59,4 ^{E,Y}	
	45	79,9 ^{A,Z}	77,8 ^{B,Z}	72,1 ^{C,Z}	63 ^{D,Z}	51,3 ^{E,Z}	
ALT (U/L)	15	37,2 ^{A,X}	34,8 ^{B,X}	34,7 ^{B,X}	31,8 ^{C,X}	25,1 ^{D,X}	0,31
	30	33,5 ^{A,Y}	31,1 ^{B,Y}	30,1 ^{B,Y}	25,6 ^{C,Y}	18,3 ^{D,Y}	
	45	29,9 ^{A,Z}	27,1 ^{B,Z}	24,5 ^{C,Z}	18,3 ^{D,Z}	11,5 ^{E,Y}	
Fosfatasa (U/L)	15	107,4 ^{A,X}	126,5 ^{B,X}	151,2 ^{C,X}	165,3 ^{D,X}	180,4 ^{E,X}	2,05
	30	132,4 ^{A,Y}	160,7 ^{B,Y}	181,1 ^{C,Y}	183,9 ^{C,Y}	214 ^{D,Y}	
	45	159,4 ^{A,Z}	192,9 ^{B,Z}	209 ^{C,Z}	208,5 ^{C,Z}	241,6 ^{D,Z}	

D1: Alimento comercial sin antibiótico y sin probiótico; D2: Alimento comercial + antibiótico; D3: Alimento comercial sin antibiótico + *L. acidophilus*;

D4: Alimento comercial sin antibiótico + *L. casei*; D5: Alimento comercial sin antibiótico + *E. faecium*.

^{A,B,C,D,E} Dentro de una misma fila, medias con diferente superíndice son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

^{X,Y,Z} Dentro de una misma columna medias con un superíndice común (por variable en estudio) no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

bacterias probióticas tienen la capacidad de producir la enzima fitasa, que puede liberar minerales que no son disponibles por la acción del fitato, resultando en una mayor disponibilidad de minerales como calcio y fósforo [16]. Lo anterior, explica los resultados obtenidos en esta investigación donde se observó que los cerdos que consumieron cepas probióticas, presentaron niveles mayores de calcio y fósforo en sangre, lo que puede indicar un mejor aprovechamiento de estos minerales a nivel intestinal.

La creatinina se deriva del metabolismo de la creatina del músculo esquelético y de la ingesta de proteína suministrada en la dieta, siendo un parámetro útil para indicar el buen funcionamiento renal, ya que niveles de creatinina en sangre por encima del límite normal, puede dar indicios de una reducción de la filtración glomerular del 50% o más [17]. Los niveles de Alanino-Aminotransferasa (ALT) en suero se utilizan como marcador biológico para la detección de lesiones hepáticas, obesidad, enfermedades musculares, síndrome metabólico, entre otros. No obstante, la liberación de ALT puede estar asociada a otros mecanismos y

tejidos, ya que se han observado niveles elevados sin evidencias de daño hepático [18]. En esta investigación, se observó una reducción de creatinina y ALT con la adición de cepas probióticas, especialmente *E. faecium*, lo que puede indicar que los animales que consumieron cepas probióticas pudieron haber tenido un mejor funcionamiento de órganos metabólicos a pesar de que los niveles de encontrados en todos los tratamientos evaluados estuvieron dentro del rango de referencia normal.

CONCLUSIONES

La adición de probióticos en dietas de cerdos en etapa de crecimiento puede generar cambios en los metabolitos sanguíneos, indicando el buen funcionamiento de órganos metabólicos. Además, el suministro de probióticos, especialmente *E. faecium*, aumenta el aprovechamiento del calcio y fósforo por parte del animal y genera un cambio en el metabolismo de los carbohidratos favoreciendo la disponibilidad de glucosa como fuente de energía para los cerdos en fase posdestete. Lo anterior indica que el perfil metabólico sérico podría ser utilizado para investigar las diferencias nutricionales en lechones.

REFERENCIAS

- [1] COLINA, J., RICO, D., ARAQUE, H., RUEDA, E., LEÓN, M., TOVAR, C. y ROSINI A. Hematología, metabolitos sanguíneos y peso de órganos de cerdos en crecimiento alimentados con Harina de Pijigao (*Bactris gasipaes* H.B.K.) y Lisina. Revista Facultad de Ciencias Veterinarias, 51(1), 2010, p. 51-62.
- [2] BOUDRY, C., DEHOUX, J., PORTETELLE, D. and BULDGEN, A. Bovine colostrum as a natural growth promoter for newly weaned piglets: a review. Biotechnologie Agronomie Société Environnement, 12(2), 2008, p. 157-170. 2008.
- [3] CAMPBELL, J., CRENSHAW, J. and POLO, J. The biological stress of early weaned piglets. Journal of Animal Science and Biotechnology, 4(1), 2013, p. 4-19.
- [4] SUGIHARTO, S., HEDEMANN, M. and LAURIDSEN, C. Plasma metabolomic profiles and immune responses of piglets after weaning and challenge with *E. coli*. Journal of Animal Science and Biotechnology, 5, 2014, p. 5-17.
- [5] RIEGER, J., JANCZYK, P., HÜNIGEN, H., NEUMANN, K. and PLENDL, J. Intraepithelial lymphocyte numbers and histomorphological parameters in the porcine gut after *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 feeding in a *Salmonella Typhimurium* challenge. Veterinary Immunology and Immunopathology, 164, 2015, p. 40-50.
- [6] MISSOTTEN, J., MICHIELS, J. and DEGROOTE, J.D.S.S. Fermented liquid feed for pigs: an ancient technique for the future. Journal of Animal Science and Biotechnology, 6(1), 2015, p. 1-9.
- [7] WANG, X., YANG, F., LIU, C., ZHOU, H., WU, G., QIAO, S., LI, D. and WANG, J. Dietary supplementation with the probiotic *Lactobacillus fermentum* I5007 and the antibiotic Aureomycin differentially affects the small intestinal proteomes of weaning piglets. Journal of Nutrition, 142(1), 2012, p. 7-13.
- [8] PLAZA-DÍAZ, J., GOMEZ-LLORENTE, C., FONTANA, L. and GIL, A. Modulation of immunity and inflammatory gene expression in the gut, in inflammatory diseases of the gut and in the liver by probiotics. World Journal of Gastroenterology, 20, 2014, p. 15632-15649.
- [9] COUNCIL FOR INTERNATIONAL ORGANIZATIONS OF MEDICAL SCIENCES (CIOMS). International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals. Geneva (Italy): 1985, 28 p.
- [10] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). The Nutrient Requirements of Swine. 11th ed. Washington DC (USA): National Academy Press, 2012, 400 p.
- [11] Statistical Analysis Systems Institute (SAS). SAS/STAT User's Guide. Version 9.2th. Cary, NC (USA): SAS Institute Inc, 2007, p. 121.
- [12] XIAO, Y., WU, X., SUN, M., YANG, L., HONG, H., CHEN, G. and YANG, M. Response to dietary L-glutamine supplementation in weaned piglets: a serum metabolomic comparison and hepatic metabolic regulation analysis. Journal of Animal Science, 90(12), 2012, p. 4421-4430.
- [13] PONNAMPALAM, E., LEWANDOWSKI, P., NESARSTNAM, K., DUNSHEA, R. and GILL, H. Differential effects of natural palm oil, chemically- and enzymatically-modified palm oil on weight gain, blood lipid metabolites and fat deposition in a pediatric pig model. Nutrition Journal, 10, 2011, p. 1-7.

- [14] LYE, H., KHOO, Y., KARIM, A., RUSUL, G. and LIONG, T. Growth properties and cholesterol removal ability of electroporated *Lactobacillus acidophilus* BT 1088. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22(7), 2012, p. 981-989.
- [15] GHANEM, K., BADAWEY, I. and ABDEL-SALAM, A. Influence of yoghurt and probiotic yoghurt on the absorption of calcium, magnesium, iron and bone mineralization in rats. *Milchwissenschaft*, 59, 2004, p. 472-475.
- [16] PARVANEH, K., JAMALUDDIN, R., KARIMI, G. and ERFANI, R. Effect of probiotics supplementation on bone mineral content and bone mass density. *Scientific World Journal*, 2014, p. 1-6
- [17] FERNANDEZ-GARCÍA, M., RODRÍGUEZ-FELICES, Y., GALLARDO-ESCUADERO, A., MATA-SOTO, C., PLANELLS, E., LISBONA, F., ALFÉREZ, J. y LÓPEZ-ALIAGA, I. Estudio del metabolismo proteico en una población de jóvenes sanos: factores asociados. *ARS Pharmaceutica*, 51(3), 2010, p. 401-406.
- [18] GONZALEZ, J.D. *Alanina Aminotransferasa en Sparus aurata*: control de la expresión génica mediante RNAi y de la actividad enzimática por aminooxiacetato [Tesis Doctoral Biotecnología]. Barcelona (España). Universidad de Barcelona, Facultad de Farmacia, Departamento de Bioquímica, 2012, p. 186.