

# Efecto de butirato sódico protegido con sales sódicas de ácidos grasos de cadena media sobre la morfología del íleon y parámetros séricos en pollos de carne

M. SADURNÍ<sup>1\*</sup>, A.C. BARROETA<sup>1</sup>, R. SALA<sup>1</sup>, C. SOL<sup>2</sup>, M. PUYALTO<sup>2</sup> y L. CASTILLEJOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Nutrición y Bienestar Animal, Dpto. Ciencia Animal y de los Alimentos, Universidad Autónoma de Barcelona, 01893 Bellaterra, España; <sup>2</sup> Norel S.A., Madrid, España.

\*Autor corresponsal: [meritxell.sadurni@uab.cat](mailto:meritxell.sadurni@uab.cat)

## Introducción

Con el objetivo de reducir el uso de antibióticos en la avicultura, se están desarrollando diferentes estrategias nutricionales. Entre ellas, destaca la suplementación dietética con ácido butírico (Zhao y col., 2022). Este ácido graso de cadena corta es fuente de energía para los enterocitos, favoreciendo el desarrollo y estructura del epitelio intestinal (Guilloteau y col., 2010; Wu y col., 2018). De esta forma contribuye a mantener la salud intestinal, lo que repercute en un adecuado ritmo de crecimiento (Leeson y col., 2005).

En la actualidad, existen diferentes formas de presentación del ácido butírico con el objetivo principal de retrasar su absorción a lo largo del tracto gastrointestinal de cara a potenciar su efecto sobre la salud intestinal. Entre ellas encontramos butirato sódico o cálcico que puede encontrarse en forma libre o protegido total y/o parcialmente con otros componentes lipídicos (Jerzsele y col., 2012; Kaczmarek y col., 2016; Bedford y Gong, 2018).

Por todo ello, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del butirato sódico protegido con sales sódicas de ácidos grasos de cadena media (DIC+) sobre parámetros productivos, de salud intestinal y séricos (niveles de glucosa y perfil lipídico).

## Material y métodos

### *Animales e instalaciones*

Un total de 192 pollos hembra de la estirpe Ross 308 (bonÀrea, Verdú; Lleida, España) recién eclosionados, se identificaron individualmente y se distribuyeron al azar en 24 jaulas a razón de 8 aves por jaula (6 réplicas/tratamiento). El estudio se llevó a cabo en la granja experimental del *Servei de Granges i Camps Experimentals* de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité de Ética de la misma institución de acuerdo con la Directiva 2010/63/UE. A lo largo de todo el estudio se realizaron controles de las condiciones ambientales y la administración de agua y pienso fue *ad libitum*.

### *Pienso y diseño experimental*

Se siguió un programa de alimentación de dos piensos: fase de iniciación (de 0 a 21 días de edad) y de crecimiento-acabado (de los 22 a los 39 días de edad), ambos en forma de harina. Los piensos experimentales fueron formulados para cubrir las necesidades establecidas en FEDNA (2018) a partir de una dieta base (Tabla 1 y 2) fabricada en Pinosos Molinet S.A (Prats de Lluçanès, Barcelona, España).

**Tabla 1. Ingredientes del pienso base.**

Ingredientes (%)	Pienso inicio (0 a 21 d)	Pienso crecimiento-acabado (22 a 39 d)
Maíz	40,0	40,0
Trigo	24,56	30,8
Soja 47% PB	29,0	22,9
Colorante amarillo	0,10	0,10
Colorante rojo	0,04	0,04
L-Lisina HCL 79	0,34	0,28
DL-Met 99	0,31	0,23
Treonina sólida	0,15	0,10
Colina sólida 60	0,03	0,04
Carbonato FI	0,78	1,06
Fosfato bicálcico	1,14	0,69
Sal	0,35	0,29
Bicarbonato sódico	0,05	0,04
L-Valina	0,03	0,20
Aceite de soja	2,96	3,00
Núcleo PREM-16	0,30	0,30

**Tabla 2. Análisis composición del pienso base.**

Composición	Pienso inicio (0 a 21 d)	Pienso crecimiento-acabado (22 a 39 d)
Materia seca (%)	90,9	89,3
Proteína bruta (%)	20,2	17,7
Extracte eterio (%)	5,12	4,89
Fibra bruta (%)	1,83	2,66
Cenizas (%)	5,82	4,58
Energía bruta (Kcal/Kg)	4072	4096

Se realizó un ensayo de dosis respuesta, suplementando a la dieta base, niveles crecientes (0,5, 1 y 2 kg/t) de butirato protegido con sales sódicas de ácidos grasos de cadena media (DIC+).

#### *Registros y recogida de muestras*

El peso vivo individual y el consumo por jaula fueron controlados a lo largo de todo el período experimental. En base a los datos recogidos, se calculó la ganancia media diaria, el consumo medio diario y el índice de conversión. A los 11 y 39 días de vida, se sacrificaron 6 animales por tratamiento (1 animal por réplica) y se tomó una muestra de 2 cm de la zona media del íleon, se lavó con PBS y se fijó en formaldehído tamponado al 10%. Al final del estudio se recogió sangre de la vena braquial para determinar glucosa, triglicéridos y colesterol en el suero.

#### *Examen morfológico ileal*

Las muestras de íleon, conservadas en formol, fueron procesadas y se obtuvieron 6 secciones transversales de 4 µm de espesor que se tiñeron con Hematoxilina-Eosina. En cada preparación, se midió la altura de 10 vellosidades (distancia comprendida entre el ápice hasta la unión con la

cripta) y la profundidad de la cripta de Lieberkühn (desde la unión vellosidad-cripta hasta el final de la cripta). También se determinó el ratio entre ambas medidas y se hizo recuento de células caliciformes.

#### *Determinación de glucosa y perfil lipídico en suero*

La muestra de sangre para la determinación de glucosa fue recogida en un tubo con fluoruro de sodio y oxalato de potasio; mientras que se usó un tubo sin anticoagulante para el análisis del perfil lipídico: triglicéridos, colesterol de alta y baja densidad y colesterol total. La sangre fue centrifugada a 3000 x g, 15 min para la obtención de suero y su posterior análisis.

#### *Análisis estadístico*

Los efectos de los tratamientos experimentales se analizaron mediante el software R, utilizando un Modelo lineal con el tratamiento como efecto fijo. La unidad experimental fue la réplica para todos los parámetros. Las diferencias entre tratamientos se establecieron significativas con p valores < 0,05 y tendencia con p valores  $\geq 0,05$  y  $\leq 0,10$ .

## **Resultados y discusión**

#### *Parámetros productivos*

En relación a los parámetros productivos (peso vivo, ganancia media diaria, consumo medio diario y el índice de conversión), no se observaron diferencias significativas en el período global del estudio (0 a 39 d). Estos resultados concuerdan con las observaciones de Leeson y col. (2005) y Wu y col. (2018). Sin embargo, estudios previos indican que el butirato sódico parcialmente protegido mejora significativamente el peso vivo y el índice de conversión. Resultados que se podrían atribuir a una mejora en el desarrollo del tracto gastrointestinal y el consecuente aumento de la digestibilidad de nutrientes (Chamba y col., 2014; Riboty y col., 2016).

#### *Histomorfología ileal*

No se observaron diferencias significativas en la longitud de las vellosidades ni en la profundidad de las criptas del epitelio del íleon (Tabla 3). Estos resultados coinciden con los descritos en Czerwiński y col. (2012) en los que se evaluó el efecto de butirato sódico protegido (3 kg/t) en la dieta. Por el contrario, Wu y col. (2018) describieron una tendencia a aumentar la altura de las vellosidades del íleon en animales suplementados con butirato sódico (0,8 kg/t) y Chamba y col. (2014) a una dosis de 0,7 kg/t también observaron un aumento de la altura de las vellosidades y del ratio en el yeyuno. La diversidad de resultados en relación al efecto estimulador del butirato sobre el epitelio intestinal se podría atribuir a las diferentes dosis, forma y concentración del ácido butírico.

**Tabla 3. Resultados morfométricos del íleon en animales de 11 y 39 días de edad: altura vellosidades, profundidad criptas y ratio altura vellosidades:profundidad criptas.**

	C	0,5 DIC+	1 DIC +	2 DIC +	ERS	P valor
<b>11d</b>						
Altura vellosidades	352	356	371	368	36,9	0,778
Profundidad criptas	160	164	167	158	18,9	0,854
Ratio vellosidades:criptas	2,28	2,21	2,32	2,37	0,40	0,914
<b>39d</b>						
Altura vellosidades	627	629	601	765	136	0,182

Profundidad criptas	183	179	181	179	15,4	0,956
Ratio vellosidades:criptas	3,48	3,57	3,39	4,37	0,83	0,187

En la *Tabla 4* se muestran los resultados correspondientes al número de células caliciformes en las vellosidades intestinales a los 11 y 39 días de vida. A los 39 días de vida, los animales que recibieron 0,5 kg/t de DIC+ en la dieta presentaban de forma significativa ( $P = 0,025$ ) el mayor recuento de células caliciformes. Por el contrario, la mayor dosis de inclusión evaluada (2 kg/t) de DIC+ dio lugar al menor recuento de células caliciformes a los 11 ( $P = 0,005$ ) y a los 39 días ( $P = 0,025$ ), que resultó inferior al número de células caliciformes presentadas en las vellosidades de los animales que recibieron 0,5 kg/t.

**Tabla 4. Recuento de células caliciformes en 10 $\mu$ m de vellosidad intestinal en íleon.**

	C	0,5 DIC +	1 DIC +	2 DIC +	ERS	P valor
11d	1,62 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	1,34 <sup>b</sup>	0,17	0,005
39d	1,95 <sup>ab</sup>	2,20 <sup>a</sup>	2,11 <sup>ab</sup>	1,84 <sup>b</sup>	0,20	0,025

Este aumento de células caliciformes ha sido observado en estudios previos (Haghighi-Khoshro y col., 2010; Wu y col., 2018). El suplemento dietético de butirato sódico mejora la estructura intestinal incrementando las células caliciformes de manera que la capa epitelial de la mucosa se ve reforzada por el moco producido y estimulado por estas células (Leeson y col., 2005; Wu y col., 2018).

#### *Parámetros séricos*

La suplementación de la dieta con diferentes dosis de DIC+ no afectó a la concentración de glucosa. Estos resultados coinciden con el trabajo de Adil y col. (2010) que evaluó diferentes ácidos orgánicos, entre ellos el ácido butírico a 30 kg/t en la dieta. Sin embargo, contrastan con los obtenidos por Khatibjoo y col. (2018) en el que grupos que recibieron dietas suplementadas con 3 kg/t en fase de iniciación y 1,5 kg/t en fase de crecimiento-acabado con ácidos grasos de cadena corta y media presentaban valores inferiores de glucosa en suero respecto al tratamiento control. Esta disminución se puede atribuir, por un lado, a los ácidos grasos de cadena corta que participan en la regulación del metabolismo de la glucosa a través de receptores específicos y, por el otro, a los ácidos grasos de cadena media que estimulan la liberación de insulina aumentando la utilización de glucosa por parte del músculo.

Los niveles de triglicéridos, colesterol de alta y baja densidad y colesterol total séricos no fueron modificados por la inclusión de DIC+ hasta 2 kg/t. Se ha descrito una disminución de los niveles de colesterol total en suero en pollos de carne que recibieron dietas suplementadas con ácidos grasos de cadena corta y media (Khatibjoo y col., 2018). Esta disminución en el perfil lipídico se puede atribuir al poder acidificante de los ácidos orgánicos que disminuye el pH intracelular de las bacterias inactivando enzimas. Por lo que existe una demanda superior de energía por parte de las bacterias que consumirán los lípidos presentes en el intestino (Young y Foegeding, 1993).

## **Conclusiones**

La incorporación de 0,5 kg/t de butirato sódico protegido con ácidos grasos de cadena media refuerza la capa mucosa intestinal al incrementar el número de células caliciformes en el íleon de pollos de carne de 39 días de edad. Así pues, supone una modulación efectiva de la pared intestinal promoviendo un buen estado de salud intestinal. Sin embargo, la administración de 2 kg/t del producto a la dieta parece ser menos efectiva.

## Referencias

Abdel-Fattah, S.A., El-Sanhoury, M.H., El-Mednay, N.M., Abdel-Azeem, F. (2008) Thyroid Activity, Some Blood Constituents, Organs Morphology and Performance of Broiler Chicks Fed Supplemental Organic Acids. *International Journal of Poultry Science* 7 (3): 215-222.

Adil, S., Banday, T., Bhat, G.A., Mir, M.S., Rehman, M. (2010) Effect of Dietary Supplementation of Organic Acids on Performance, Intestinal Histomorphology, and Serum Biochemistry of Broiler Chicken. *Veterinary Medicine International* 2010: 479-485.

Bedford, A., Gong, A., (2018) Implications of butyrate and its derivatives for gut health and animal production. *Animal Nutrition* 4: 151-159.

Chamba, F., Puyalto, M., Ortiz, A., Torrealba, H., Mallo, J.J., Riboty, R. (2014) Effect of partially protected sodium butyrate on performance, digestive organs, intestinal villi and *E. coli* development in broilers chickens. *International Journal Poultry Science* 13: 390-396

Czerwiński, J., Højberg, O., Smulikowska, S., Engberg, R. M., Mieczkowska, A. (2012) Effects of sodium butyrate and salinomycin upon intestinal microbiota, mucosal morphology and performance of broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition* 66: 102-116.

FEDNA (2018) Necesidades nutricionales para avicultura. Eds: R. Lázaro y G.G. Mateos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, España.

Guilloteau, P., L. Martin, V. Eeckhaut, R. Ducatelle, R. Zabielski, Van Immerseel, F. (2010) From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate. *Nutrition Research Reviews* 23: 366–384.

Haghighi-Khoshro P., Akbari Azad G., Moayer F., Pajouhandeh I. (2010) Effect of dietary butyrate on performance and small intestinal morphology of broilers. *Journal Veterinary Clinical Research*. 1: 235–242.

Jerzsele, A., K. Szeker, R. Csizinszky, E. Gere, C. Jakab, J. J. Mallo, and P. Galfi. (2012) Efficacy of protected sodium butyrate, a protected blend of essential oils, their combination, and *Bacillus amyloliquefaciens* spore suspension against artificially induced necrotic enteritis in broilers. *Poultry Science* 91: 837–843.

Kaczmarek, S. A., Barri, A., Hejdysz, M., Rutkowski, A. (2016) Effect of different doses of coated butyric acid on growth performance and energy utilization in broilers. *Poultry Science* 95: 851–859

Khatibjoo, A., Mahmoodi, M., Fattahnia, F., Akbari-Gharaei, M., Shokri, A.G., Soltani, S. (2018) Effects of dietary short- and medium-chain fatty acids on performance, carcass traits, jejunum morphology, and serum parameters of broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research* 46: 1, 492-498.

Leeson, S., Namkung, H., Antongiovanni, M., Lee, E. (2005) Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens. *Poultry Science* 84: 1418–1422.

Riboty, R., Chamba, F., Puyalto, M., Mallo, J.J. (2016) Effect of partially-protected sodium butyrate and virginiamycin on nutrient digestibility, metabolizable energy, serum metabolites and performance of broilers chickens. *International Journal of Poultry Science* 15 (8): 304-312

Young, K.M., Foegeding, P.M. (1993) Acetic, lactic and citric acids and pH inhibition of *Listeria monocytogenes* Scott A. and the effect on intracellular pH. *Journal of Applied Bacteriology* 74: 515-520.

Wu, W., Xiao, Z., An, W., Dong, Y., Zhang, B. (2018) Dietary sodium butyrate improves intestinal development and function by modulating the microbial community in broilers. *PLoS ONE* 13(5): e0197762.

Zhao, H., Bai, H., Deng, F., Zhong, R., Liu, L., Chen, L., Zhang, H. (2022) Chemically protected sodium butyrate improves growth performance and early development and function of small intestine in broilers as one effective substitute for antibiotics. *Antibiotics* 11, 132.