



Efecto del butirato de sodio en dietas para gallinas sobre el comportamiento productivo, calidad del huevo y vellosidades intestinales

Effect of sodium butyrate on diets for laying hens on the productive performance, egg quality and intestinal villi

Isaías Sánchez Herrera* Elizabeth Posadas Hernández* Ezequiel Sánchez Ramírez*
Benjamín Fuente Martínez* Jorge Hernández Espinoza** José Luis Laparra Vega***
Ernesto Ávila González*

Abstract

In this study, productive performance, quality of eggs and histological analysis of intestinal villi of the duodenum (length and width) was evaluated in Bovans laying hens of 63 weeks of age, with the addition of butyrate in the diet (0, 300, 500 ppm). The results obtained in ten weeks of experimentation showed a response ($P < 0.05$) on egg production percentage (86.4, 92.2 and 89.6), egg weight (63.4, 63.4 and 64.1 g), feed consumption/bird/day (111.4, 111.9 and 113.4 g), feed conversion (2.09, 1.95 and 2.03), micro-fractures percentage (20.8, 14.9 and 12.9), broken eggs percentage (2.6, 2.1 and 0.6), length of villi (1.15, 1.22 and 1.32 mm) and villi width (0.467, 0.500 and 0.532 mm) to the addition of butyrate. These results indicate the beneficial effect of butyrate in laying hens in the last third of its first production cycle. From information obtained in this study, it is concluded that sodium butyrate on diets at 500 ppm for Bovans laying hens of 63 weeks of age, improves the productive performance, shell quality and intestinal villi integrity.

Key words: SODIUM BUTYRATE, INTESTINAL VILLI, EGGSHELL QUALITY, MICRO-FRACTURES

Resumen

En el presente estudio se evaluó el comportamiento productivo, calidad del huevo y análisis histológico de vellosidades intestinales de duodeno (largo y ancho) en gallinas de la estirpe Bovans, de 63 semanas de edad, con adición de butirato en la dieta (0, 300, 500 ppm). Los resultados obtenidos en diez semanas de experimentación mostraron respuesta ($P < 0.05$) en porcentaje de postura (86.4, 92.2 y 89.6), peso del huevo (63.4, 63.4 y 64.1 g) consumo/ave/día (111.4, 111.9 y 113.4 g), conversión alimentaria (2.09, 1.95 y 2.03), de microfracturas (20.8, 14.9 y 12.9), de huevos rotos (2.6, 2.1 y 0.6), longitud de vellosidades (1.15, 1.22 y 1.32 mm) y ancho de vellosidades (0.467, 0.500 y 0.532 mm) a la adición de butirato. Los resultados indican el efecto benéfico del butirato en gallinas ponedoras en el último tercio de su primer ciclo de producción. De la información obtenida en el presente estudio se concluye que el butirato de sodio en dietas a 500 ppm para gallinas Bovans, de 63 semanas de edad, mejora el comportamiento productivo, la calidad del cascarón y la integridad de las vellosidades intestinales.

Palabras clave: BUTIRATO DE SODIO, VELLOSIDADES INTESTINALES, CALIDAD DE CASCARÓN, MICROFRATURAS.

Recibido el 7 de octubre de 2008 y aceptado el 26 de junio de 2009.

*Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Calle Salvador Díaz Mirón 89, Colonia Santiago Zapotitlán, 13209, México, D. F.

**Departamento de Morfología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F.

***BFI Innovations México, S. A, de C. V. Blvd. Paseo Solidaridad 10 301, Col. Plan de Guanajuato, 36510, Irapuato, Guanajuato, México.

Introduction

Butyric acid is one of the most common short chain fatty acids (AG-CC) produced in the colon of humans and animals, as well as in rumen from anaerobic bacteria fermentation of the dietary fiber, non digested starch and proteins.¹ It is known that butyrate has a protective effect on the large intestine, and it is also an intestinal development stimulant² and increases the intestinal micro villi contact area and digestive enzyme secretion in pigs. Butyrate is known for its direct effect on mucin secretion in birds, mainly for its bactericide action on Gram negative enteropathogens such as: *E.coli* and *Salmonella* spp. and Gram positive, as *Clostridium* spp.³ There are studies that indicate that butyrate stimulates the non specific immune system mediated by macrophages and increases specific local immunity.⁴ Likewise, butyrate exerts specific anti-inflammatory actions in colon,⁵ it is known for its direct effect on the mucilage layer secretion, as a source of energy for the enterocytes and as regulating molecule important in the proliferation of these.⁶ The Na-butyrate administration in dairy feed for piglets resulted in higher villi height and mucilage layer thickness in jejunum and ileum.⁷ Because of its bactericide effect, it modulates intestinal flora in growing chicks.⁸

Directly administered into rat's colon, it improves jejunum structure and stimulates cellular proliferation and protein synthesis, collagen, as well as non-collagen in the mucosa, and regulates cytokines IL-8 and IL-6 levels in the intestine during inflammation, therefore, it also takes part in the immune response.⁹ In order for this acid to be efficacious by oral via at the last intestinal tract section level, it must be administered protected with the purpose of avoiding being lost in the first section of the intestine and in this way obtain gradual release; in the case of butyric acid, because of its penetrating and disgusting smell, it is also necessary to protect it by coating or administered as glyceride.¹⁰

Sodium butyrate in commercial laying hens' diet increased production percentage and egg shell quality.¹¹ It is normal that egg production and shell quality decreases as hens' age increases. It has been determined that butyrate is important in the maintenance of intestinal mucosa;¹¹ therefore, the present research is set out with the aim to use sodium butyrate in 63 weeks old laying hens, with the objective to evaluate intestinal villi height, egg production and egg shell quality.

The research was performed in the Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAV), from the Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia of the Universidad Nacional Autónoma de México (FMVZ-UNAM).

Introducción

El ácido butírico es uno de los ácidos grasos de cadena corta (AG-CC) más comunes que se producen en el colon de humanos y animales, así como en el rumen a partir de la fermentación bacteriana anaeróbica de la fibra dietaria, almidón no digerido y proteínas.¹ Se sabe que el butirato tiene un efecto protector en intestino grueso, además de que es un estimulante del desarrollo intestinal² y aumenta la superficie de contacto de las microvellosidades intestinales y la secreción de enzimas digestivas del cerdo. El butirato en aves es reconocido por su efecto directo sobre la secreción de mucina, principalmente por su efecto antibacteriano sobre enteropatógenos gramnegativos, como *E. coli* y *Salmonella* spp, y grampositivos, como *Clostridium* spp.³ Existen estudios que indican que el butirato estimula el sistema inmune no específico mediado por macrófagos y aumenta la inmunidad local específica.⁴ Asimismo, el butirato ejerce acciones antiinflamatorias específicas en el colon,⁵ es reconocido por su efecto directo sobre la secreción de la capa de mucílago, como fuente de energía para los enterocitos y como molécula de regulación importante en la proliferación de éstos.⁶ La administración del n-butyrate en alimentos lácteos para lechones resultó en mayor altura de las vellosidades y en espesor de la capa de mucílago en el yeyuno y en el íleon.⁷ En pollos en crecimiento, por su efecto bactericida modula la flora intestinal.⁸

Administrado directamente en colon de ratas mejora la estructura del yeyuno y estimula la proliferación celular y la síntesis de proteína, tanto de colágeno como no colágeno en la mucosa, y regula los niveles de citoquinas IL-8 e IL-6 en el intestino durante la inflamación, de modo que también interviene en la respuesta inmunitaria.⁹ Para que este tipo de ácido sea eficaz por vía oral a nivel del último tramo del tracto intestinal, debe administrarse protegido con el propósito de que se evite su desaparición en los primeros tramos del intestino y de esa manera obtenga una liberación gradual; para el caso del ácido butírico, por su olor penetrante y desagradable, también es necesario protegerlo mediante recubrimiento o suministrarlo en forma de glicérido.¹⁰

Investigaciones con butirato de sodio en dietas de ponedoras comerciales aumentaron el porcentaje de producción y la calidad de la cáscara del huevo.¹¹ Es normal que la producción de éste y su calidad del cascarón disminuyan conforme aumenta la edad de las gallinas. Se ha determinado que el butirato es de importancia en el mantenimiento de la mucosa intestinal,¹¹ por ello se plantea el presente estudio con el fin de utilizar el butirato de sodio en gallinas de postura de 63 semanas de edad, con el fin de evaluar altura

A hundred and eighty light hens from Bovans strain were used, 63 weeks old and 45 weeks in production. The birds were given a diet based on sorghum and soy meal (Table 1).

The experimental treatments were: a) Treatment 1, diet with growth promoter (bacitracin zinc 30 ppm/ton); Treatment 2, same as T1 + sodium butyrate 300g/ton;* Treatment 3, same as T1 +sodium butyrate 500 g/ton.**

A completely random design was used with the three treatments, each one with five replicas or experimental units, and each one with 12 hens. Birds were allocated in conventional cages, a 16 h of light × day photo-period was provided. Water and feed were provided *ad libitum* during the whole experiment. For ten weeks records of laying percentage, egg average weight, egg mass, feed intake, alimentary conversion, broken egg percentage and fissure or micro fractures in egg shell viewed in the ooscope, were weekly taken. An analysis of variance was done to the study variables in accordance to a completely random design, with measurements repeated with the SPSS 10.0 statistical kit for Windows.¹²

At week ten, internal quality (Haugh Units) and external (shell thickness)¹³ measurements were made on produced eggs. Likewise, the egg yolk pigmentation was measured with a DSM colorimeter. At the end of the test a histological study was done to measure length and width of the duodenum's intestinal villi. The study was performed in the Departamento de Morfología (FMVZ-UNAM). The collected duodenum samples from ten birds from each treatment were fixed in buffered formaldehyde at 10% and were processed by means of paraffin inclusion technique in an automatic tissue processor,*** the paraffin blocks were cut with an automatic advance microtome,† at six micrometers of thickness and the samples were mounted with synthetic resin,‡ in slides of 25 × 75 mm. The obtained cuts were stained with hematoxylin-eosin and PAS (periodic acid Schiff); afterwards, the slides were observed on a photonic microscope* with photographic chamber. The photographs and measurements taken were performed using image analyzer software.** Samples were longitudinally oriented for its inclusion, cut and observation. The intestinal villi measurements were done from point to base (crypt), at 40X. The software calibration to measure the length of the villi was carried out using a Neubauer chamber. An analysis of variance was performed to the variables in accordance to completely random design.¹²

The production results obtained in ten weeks of research, with the addition of sodium butyrate (0, 300 and 500 g/ton) as diet supplement for Bovans strain hens of 63 weeks old, are shown in Table 2. The laying percentage was superior in treatments 2 and 3, with

de las vellosidades intestinales, producción de huevo y calidad del cascarón.

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (FMVZ-UNAM).

Se utilizaron 180 gallinas ligeras de la estirpe Bovans, de 63 semanas de edad y 45 semanas de producción. Las aves se alimentaron con dieta a base de sorgo + pasta de soya (Cuadro 1).

Los tratamientos experimentales fueron: a) Tratamiento 1, dieta con promotor de crecimiento (bacitracina zinc 30 ppm/ton); tratamiento 2, igual que T1 + butirato de sodio 300 g /ton;* tratamiento 3, igual que T1 + butirato de sodio 500 g/ton.**

Se empleó un diseño completamente al azar con tres tratamientos, cada cual con cinco réplicas o unidades experimentales, cada una con 12 gallinas. Las aves se alojaron en jaulas convencionales, se les proporcionó un fotoperiodo de 16 h de luz × día. La alimentación y el agua se proporcionaron *ad libitum* durante todo el experimento. Durante diez semanas se tomaron registros semanales de porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa del huevo, consumo de alimento, conversión alimentaria, porcentaje de huevos rotos y análisis de fisuras o microfracturas en el cascarón del huevo vistas al ooscopio. A las variables en estudio se les realizó un análisis de varianza conforme a un diseño completamente al azar, con mediciones repetidas con el paquete estadístico SPSS 10.0 para Windows.¹³

A la semana diez se realizaron mediciones de calidad interna (Unidades Haugh) y externa (grosor de cascarón)¹³ en los huevos producidos. También se midió la pigmentación de la yema de huevo con el abanico colorimétrico de DSM. Al final de la prueba se hizo un estudio histológico para medir largo y ancho de vellosidades intestinales de duodeno. El estudio se realizó en el Departamento de Morfología (FMVZ-UNAM). Las muestras de duodeno recolectadas de diez aves por tratamiento se fijaron en formol amortiguado al 10% y se procesaron mediante la técnica de inclusión por parafina en un procesador de tejidos automático,*** los bloques de parafina se cortaron con un micrótopo de avance automático,† a seis micrómetros de grosor y se montaron las muestras con resina sintética,‡ en portaobjetos de 25 × 75 mm. Los cortes obtenidos se tiñeron con hematoxilina-eosina y PAS

*Adimix ®. BFI Innovations México, S.A de C.V.

**Adimix ®. BFI Innovations México, S.A de C.V.

***Scientific Instrument modelo T/P 8000, Estados Unidos de América.

†American Optical Company, mod. Spencer 820, Estados Unidos de América.

‡Sigma Chemical Co, Estados Unidos de América.

Cuadro 1
COMPOSICIÓN DE LA DIETA BASE PARA
GALLINAS

BASE DIET COMPOSITION FOR HENS

<i>Ingredient</i>	<i>Kg</i>
Sorghum	567.189
Soy meal	269.096
Calcium carbonate	99.593
Vegetable oil	38.212
Calcium phosphate	16.490
Salt	4.649
DL-Methionine	1.768
Vitamin premix*	1.000
Mineral premix**	0.500
Mycotoxin sequestrant	1.000
Yellow pigment <i>Tagetes</i>	1.000
L-lysine HCl	0.870
Choline chloride, 60%	0.500
Red pigment (<i>Capsicum</i>)	0.250
Bacitracin zinc***	0.300
Antioxidant	0.150
Total	1000
<i>Nutrimet calculated analysis</i>	
Crude protein, %	17.9
ME (Kcal/kg)	2 850
Lysine, %	1.00
Met-Cystine, %	0.75
Threonine, %	0.71
Total calcium %	4.00
Phosphorus (disp), %	0.44

*Vitamin A 10 000 UI; Vitamin D₃ 2 500 000, UI; Vitamin E 10 000 UI; Vitamin K 2.5 g; Thiamine 1.6 g; Riboflavin 5 g; Cyanocobalamin 0.010 g, Folic acid 0.50 g; Pyridoxine 1.5 g; Calcium pantothenate 10 g y Niacin 30 g.

**Provides: Iron 40 g; Manganese 80 g; Copper 10 g; Iodine 2 g; Zinc 60 g; Selenium 0.30 g; Antioxidant 125 g; Vehicle cbp 500 g.

***Treatments 2 and 3 were supplemented with sodium butyrate.

an increment of 5.8 and 2.6% over the control; egg's weight was better in Treatment 3, with an increment of 0.7g over other treatments; egg mass was higher in treatments 2 and 3; feed intake/bird/day, was lower

(ácido peryódico de Shiff), posteriormente las laminillas fueron observadas en un microscopio fotónico* con cámara fotográfica. La toma de fotografías y las mediciones de éstas se realizaron mediante el empleo del software analizador de imágenes.** Las muestras se orientaron longitudinalmente para su inclusión, corte y observación. La medición de las vellosidades intestinales se realizó desde la punta a la base (cripta), a 40X. La calibración del software para la medición de la longitud de las vellosidades se realizó mediante el empleo de una cámara de Neubauer. A las variables se les realizó un análisis de varianza conforme a un diseño completamente al azar.¹²

Los resultados obtenidos en producción en diez semanas de experimentación, con la adición de butirato de sodio (0, 300 y 500 g/ton) como complemento en la dieta de gallinas de la estirpe Bovans de 63 semanas de edad, aparecen en el Cuadro 2. El porcentaje de postura fue superior en los tratamientos 2 y 3, con un incremento de 5.8% y 2.6% sobre el testigo; el peso de huevo fue mejor en el tratamiento 3, con un incremento del 0.7 g sobre los otros tratamientos; la masa de huevo fue más alta en los tratamiento 2 y 3; el consumo/ave/día, fue menor con el tratamiento 1, sobre los otros tratamientos; la conversión alimentaria fue mejor en el tratamiento 2, con el que se observó una disminución (0.14 y 0.08) sobre los otros tratamientos. En cuanto al porcentaje de huevos rotos y de fisuras en el cascarón, el mejor fue el tratamiento 3, con el cual se tuvo una disminución significativa de esta anomalía en relación con el tratamiento testigo. En el Cuadro 3 se observa que para la calidad interna del huevo Unidades Haugh, color de la yema y calidad externa (grosor de cascarón), no hubo diferencia (P > 0.05) entre tratamientos; sin embargo, en el análisis histológico, longitud de vellosidades y ancho de vellosidades, se observó un aumento de estas dos variables (P < 0.05) en relación con el tratamiento testigo.

La adición de butirato de sodio en el alimento, como complemento en la dieta de gallinas Bovans de 63 a 73 semanas de edad, mejoró el porcentaje de postura, como se informa para gallinas Hy Line W36; el peso del huevo se incrementó a dosis elevadas (500 ppm), esta misma observación se encontró en otras investigaciones en aves.^{11,14} En el porcentaje de fisuras en el cascarón, los tratamientos con butirato fueron mejores en relación con el tratamiento testigo, lo que confirma los resultados de otros estudios, asumiendo por efecto del butirato una mejor absorción de nutrientes.^{11,15} En la calidad interna del huevo, el color de la yema no presentó diferencia entre tratamientos. En cuanto al largo, ancho y área de las vellosidades se

*Carl Zeiss, 37081, Alemania.

**Motic Images 2000-1.3, PC Gateway modelo 3242M, Estados Unidos de América.

Cuadro 2
RESULTADOS PRODUCTIVOS EN GALLINAS BOVANS DE 63 A 73 SEMANAS
DE EDAD, ALIMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES DE BUTIRATO
PRODUCTION RESULTS IN BOVANS HENS OF 63 TO 73 WEEKS OLD,
FED WITH DIFFERENT LEVELS OF BUTYRATE

Study variable	T1	T2	T3	SME
	Without butyrate	300 g/ton	500 g/ton	
Egg production, %	86.4 ^b	92.2 ^a	89.6 ^a	0.84
Egg weight (g)	63.4 ^b	63.4 ^b	64.1 ^a	0.16
Egg mass/bird/day/g	54.8 ^b	58.5 ^a	57.4 ^a	0.58
Feed intake/bird/day/(g)	111.4 ^b	111.9 ^{ab}	113.4 ^a	1.00
Conversion	2.09 ^a	1.95 ^b	2.03 ^{ab}	0.04
Fissures, %	20.8 ^a	14.9 ^{ab}	12.9 ^b	1.82
Broken eggs, %	2.6 ^a	2.1 ^a	0.6 ^b	0.21

^{a, b, c}Values with different letter are different (P < 0.05)

Cuadro 3
DATOS DE CALIDAD DEL HUEVO Y VELLOSIDADES INTESTINALES EN GALLINAS BOVANS
DE 63 A 73 SEMANAS DE EDAD, ALIMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES DE BUTIRATO
EGG QUALITY DATA AND INTESTINAL VILLI IN BOVANS HENS OF 63 TO 73 WEEKS OF AGE,
FED WITH DIFFERENT LEVELS OF BUTYRATE

Study Variable	T1	T2	T3	SME
	Without butyrate	300 g/ton	500 g/ton	
Haugh Units	82.4 ^a	85.2 ^a	83.7 ^a	1.48
Shell thickness (mm)	347 ^a	344 ^a	354 ^a	5.75
Yolk color (DSM fan)	10.7 ^a	10.6 ^a	10.5 ^a	0.12
Villi length (mm)	1.15 ^c	1.22 ^b	1.32 ^a	0.02
Villi width(mm)	0.467 ^c	0.500 ^b	0.532 ^a	0.01

^{a, b, c}Values with different letter are different (P < 0.05)

with Treatment 1, over other treatments; alimentary conversion was better in Treatment 2, in which a decrease (0.14 and 0.08) was observed over other treatments. In regard to broken eggs and shell fissures, the best was Treatment 3, in which a significant decrease of this anomaly was obtained in relation to the control treatment. In Table 3, it is observed that for internal egg quality (Haugh Units), yolk color and external quality (shell thickness), there was no difference (P > 0.05) among treatments; nevertheless, in the histological analysis, villi length and width, an increase in these two variables (P < 0.05) was observed in relation to the control treatment.

The addition of sodium butyrate in feed, as a diet supplement for Bovans hens of 63 and 73 weeks of age, increased the laying percentage, as reported for Hy

observó incremento significativo en comparación con el tratamiento testigo, este resultado explica el efecto de mayor grosor de la mucina en pollos tratados con butirato por Manzanilla *et al.*¹⁴

Se sabe que el ácido butírico es uno de los ácidos grasos de cadena corta más comunes que se producen en el colon de humanos y animales, y en el rumen como resultado de la fermentación bacteriana anaeróbica de la fibra dietaria, almidón no digerido y proteínas.¹ Generalmente se admite que la producción de huevo y la calidad del cascarón disminuye conforme avanza la edad y el ciclo de producción de las gallinas es mayor. Es probable que por falta de ácido butírico sea menor la altura de las vellosidades intestinales en el duodeno, se reduzca la digestión y absorción de nutrientes para producir huevo y formar el cascarón. Lo

Line W36 hens; the egg weight increased with high doses (500 ppm), this same observation was found in other bird researches.^{11,14} Treatments with butyrate were better in relation to the control treatment in the egg shell fissure percentage, which confirms the results of other studies, due to a better nutriment absorption with the butyrate.^{11,15} In regard to the internal quality of the egg, the yolk's color did not showed difference between treatments. As for the length, width and villi area, a significant increase was observed in comparison to the control treatment, this result explains the greater thickness effect of mucin in chicken treated with butyrate by Manzanilla *et al.*¹⁴

It is known that butyric acid is one of the most common short chain fatty acids produced in the colon of humans and animals, and in rumen as a result of anaerobic bacteria fermentation of dietary fiber, proteins and non digested starch.¹ It is generally admitted that egg production and egg shell quality decreases as age increases and the hen's production cycle is greater. It is probable that the height of the intestinal villi in the duodenum is smaller and that the digestion and absorption of nutriments, to produce egg and egg shell, is reduced due to a lack of butyric acid. The aforementioned explains why sodium butyrate as a dietary supplement increased the productive performance and intestinal villi, obtaining a better response with 500 than with 300 ppm.

The information obtained in ten weeks of research in hens of 63 weeks of age, indicates that the addition of sodium butyrate in 500 ppm doses increased the laying percentage, egg mass and conversion index. A decrease in the percentage of broken eggs was also present, as well as in shell fissure and increment of nutriment absorption area in the intestinal villi.

Referencias

- LAPARRA VJL, ÁVILA GE, LÓPEZ CC, ARCE MJ. Efecto de la adición de butirato sódico, en el alimento del pollo de engorda, sobre los parámetro productivos, XII congreso ANUAL de AMENA; 2007 octubre 23-26; Veracruz (Veracruz) México. Toluca, Estado de México: Asociación Mexicana de Especialista en Nutrición Animal, 2007: 87-88.
- GALFI P, BOKORI J. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium n- butyrate. *Acta Vet Hung* 1995; 38: 3-17.
- VAN IMMERSEEL F, RUSSELL J, FLYTHE M, GANTOIS I, TIMBERMONT L, PASMANS F *et al.* The use of organic acids to combat *Salmonella* in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. *Avian Pathol* 2006;35:182-188.
- POUILLART PR. Role of butyric acid and its derivatives in the treatment of colorectal cancer and hemoglobinopathies. *Life Sci* 1998;63:1739-1760.
- INAN HS, RASOULPOUR RJ, YIN L, HUBBARD A,

anterior explica por qué el butirato de sodio en dietas como complemento mejoró el comportamiento productivo y las vellosidades intestinales, siendo mejor la respuesta con 500 que con 300 ppm.

La información obtenida en diez semanas de experimentación en gallinas de 63 semanas de edad, indica que la adición de butirato de sodio a dosis de 500 ppm mejoró el porcentaje de postura, masa de huevo e índice de conversión. Se presentó también disminución en el porcentaje de huevos rotos, así como en el de fisuras en el cascarón, al igual que un incremento en el área de absorción de nutrimentos en las vellosidades intestinales.

ROSENBERG DM, GIORDINA C. The luminal short-chain fatty acid butyrate modulates NF-KB activity in a human colonic epithelial cell line. *Gastroenterology* 2000; 118: 724-734.

- THOMPSON K, HINTON M. Anti bacterial activity of formic acid and propionic acid in the diets of hens on *Salmonella* in the crop. *Br Poult Sci* 1997; 38: 59-65.
- KOTUNIA A, WOLINSK D, LAUBITZ M, JURKOWSKAI V, ROME P, ZABIELSKI R *et al.* Effect of sodium butyrate on the small intestine development in neonatal piglets fed by artificial sow. *J Physiol Pharmacol* 2004;55:59 – 68.
- LAN Y, VERSTEGEN MW, TAMMINGA S, WILLIAMS BA. The role commensal gut microbial community in broiler chickens. *World's Poult Sci J* 2005;61:95-104.
- ZIEGLER TR, EVASN ME, FERNANDEZ EC. Dietary supplementation with orotate and uracil increases adaptive growth of jejunal mucosa after massive small bowel resection in rats/discussant/author's response. *Annu Rev Nutr* 2003; 23:229-261.
- VAN IMMERSEEL V, FIEVEZ J, BUCK F, PASMANS A, MARTEL F, HAESEBROUCK R *et al.* Microencapsulated short-chain fatty acids in feed modify colonization and invasion early after infection with *Salmonella enteritidis* in young chickens. *Poult Sci* 2004; 0. 83:69-74.
- VAN VUGT PNA, WIJTEN PJA, PERDOK HB, LANGHOUT DJ. Provimax improves the technical performance and eggshell quality of laying hens. 13th European Symposium Poultry Nutrition; 2001 September 30-04 October; Blankenberge, Belgium. Dundry Lodge, France Lynch, Stroud, Gloucestershire GL6 8LP, UK. The World's Poultry Science Association, 2001. 15-16.
- QUINTANA JA. Avitecna. Manejo de las Aves Domésticas más comunes. 3^a ed. México DF:Trillas, 1999.
- SPSS INC. SPSS for Windows (Computer program) Version 8.0.0 SPSS Inc. 1987-1997.
- MANZANILLA EG, ANGUITA M, MASIA J, PÉREZ JF, GASA J. Inclusión de Butirato de sodio en dietas de broilers modifica el perfil cecal de ácidos grasos volátiles y grosor de la mucosa intestinal. XXXVIII Simposium Científico de Avicultura; Sección Española de Ciencias Avícola. 2001 Mayo 15, Córdoba, España, 2001: 147-150.

15. FUENTE MB, LANGHOUT P, CHÁRRAGA AS, ÁVILA GE. Efecto de la adición de ácidos grasos volátiles en dietas prácticas para gallinas de postura. Memorias del XI Congreso Nacional de la AMENA y I Congreso Lati-

noamericano de Nutrición Animal; 2003 agosto 18-23; Cancún (Quintana Roo) México. México (DF): Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, 2003:213-214.