

Butirato de sodio protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde

Fat-protected sodium butyrate in the diet of broilers

Gastón Castaño J^{1*} ; Jaime Betancourt V¹ ; Valentina Gómez E¹ ; Susan García¹ 
Yeny Loaiza T¹ ; Laura Hernández S¹ ; Wilfredo Montoya C¹ 

¹Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal-Unisarc, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación en Nutrición y Alimentación Animal-Gina, Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia.

*Correspondencia: gaston.castano@unisarc.edu.co

Recepción: 08 Septiembre 2022 | Aprobación: 12 enero 2023 | Publicación: 25 enero 2023

RESUMEN

El butirato es una alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento debido a su acción sobre bacterias patógenas, vellosidades intestinales y sistema inmune. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de varios niveles de butirato de sodio protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde sobre el desempeño y la canal. Se utilizaron 160 aves alojadas en 16 corrales, cada uno de los cuales se asignó según un diseño completamente al azar a uno de cuatro tratamientos: un control negativo sin promotor de crecimiento (SP); dos en los cuales el concentrado de SP se mezcló con butirato de sodio (3.5 y 7 g kg⁻¹ de alimento para los tratamientos B3.5 y B7, respectivamente); y otro control positivo, en donde el concentrado de SP se mezcló con bacitracina de zinc (Ba). Las aves del tratamiento B7 presentaron mayor peso vivo a los 14 d y ganancia de peso durante la primera semana, en comparación con SP y Ba ($p < 0.05$), pero no frente a B3.5. El índice de conversión alimenticia fue mayor para SP en comparación con B3.5 y B7 ($p < 0.05$), pero no frente a Ba. Se concluye que suministrar butirato de sodio cubierto con grasa a pollos de engorde a un nivel de 7 g kg⁻¹ en la dieta tiene efecto benéfico sobre el peso de las aves y la eficiencia de dieta durante las primeras semanas de vida, incluso cuando se compara con la bacitracina de zinc.

Palabras clave: Ácidos orgánicos; alimentación animal; alimentos suplementarios; desempeño; nutracéuticos; promotores de crecimiento (*CAB thesaurus*).

ABSTRACT

Butyrate is an alternative to growth promoter antibiotics due to its action on pathogenic bacteria, intestinal villi and the immune system. The aim of this work was to determine the effect of several levels of sodium butyrate protected with fat in the diet of broilers on performance and carcass. A total of 160 birds housed in 16 pens were used. Pens were assigned according to a completely randomized design to one of four treatments: a negative control without growth promoter (WP); two in which the WP concentrate was mixed with sodium butyrate (3.5 and 7 g kg⁻¹ of feed for treatments B3.5 and B7, respectively); and a positive control, where the WP concentrate was mixed with zinc bacitracin (Ba). The B7 birds presented higher live weight at 14 d and weight gain during the first week, compared to

Como citar (Vancouver).

Castaño G, Betancourt J, Gómez V, García S, Loaiza Y, Hernández L, Montoya W. Butirato de sodio protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2023; 15(1):e983. <https://doi.org/10.24188/recia.v15.n1.2023.983>

WP and Ba ($p < 0.05$), but not compared to B3.5. The feed conversion index was higher for WP compared to B3.5 and B7 ($p < 0.05$), but not compared to Ba. It is concluded that supplying fat-covered sodium butyrate to broilers in a level of 7 g kg^{-1} of the diet has a beneficial effect on the weight of the birds and the efficiency of the diet during the first weeks of life, even when it is compared to zinc bacitracin.

Keywords: Animal feeding; feed additives; growth promoters; nutraceuticals; organic acids; performance (*CAB thesaurus*).

INTRODUCCIÓN

La producción de pollo de engorde impulsa la economía y contribuye a la nutrición. La demanda de carne de pollo ha crecido en el mundo, especialmente por ser una fuente económica de proteína animal, se percibe como saludable y por la ausencia de tabús religiosos (1). En Colombia, la avicultura representa un eslabón importante en la economía del sector agropecuario (representó el 7.50% y 32.8 % del PIB agropecuario y pecuario del 2019, respectivamente) (2). En la producción de pollos de engorde se emplean aditivos para mejorar la salud y el rendimiento de las aves (3) para contrarrestar factores externos que afectan la salud y el desempeño de los animales (4). Por otro lado, la rentabilidad en la producción de pollos de engorde se ve amenazada por los altos costos de alimentación y los brotes de enfermedades (5).

Los antibióticos promotores de crecimiento (APC) son aditivos de la dieta, que cuando se emplean en dosis sub-terapéuticas (2.5 a 50 ppm) mejoran la salud y el desempeño productivo los animales (3), pero el uso de APC puede dejar resistencia y residuo en los animales (4). Por tal motivo, se ha prohibido el uso de APC (3) y se buscan alternativas para reemplazar su uso (6) y evitar residuos nocivos en carne y huevo (7). Los probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos (y sus sales) (8), aceites esenciales (9), grasas, antioxidantes, extractos de hierbas (10), inmunoestimulantes, enzimas, aminoácidos y compuestos fitogénicos (7) son algunas alternativas a los APC en aves.

El ácido butírico es uno de los principales productos de la fermentación de los carbohidratos. Este ácido graso de cadena corta (11) se puede emplear como alternativa a los APC (10) pues controla las bacterias patógenas, mejora el desarrollo del epitelio intestinal (12), mejora la inmunidad (4) y atenúa la inflamación del intestino (13).

Se recomienda suministrar el ácido butírico en forma de butirato de sodio (BS), pues de esta manera es sólido, más estable, menos oloroso (14) y de más fácil manejo (15) que cuando se suministra el butirato de manera libre. El BS parcialmente protegido permite que el butirato actúe sobre todo el tracto gastrointestinal y evita que se absorba en la parte proximal del intestino (11). Se ha evaluado el efecto del butirato de sodio protegido en la dieta de pollos de engorde sobre el desempeño productivo (7,16,17), pero el efecto puede ser diferente según método de preparación del BS (18). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de varios niveles de BS parcialmente protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde sobre el peso, el consumo de alimento, la eficiencia alimenticia y la canal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El trabajo se realizó en la granja de la Corporación Universitaria de Santa Rosa de Cabal (Unisarc) (Figura 1), ubicada en el municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda, Colombia; $4^{\circ}58'82'' \text{ N}$ y $75^{\circ}37'43'' \text{ O}$) a 1645 msnm. La temperatura media y precipitación anual de la granja son 18.6°C y 2620 mm. El trabajo se realizó entre febrero y abril de 2019.



Figura 1. Ubicación en donde se realizó el experimento.

Duración y tratamientos. El experimento duró 42 d. Los tratamientos consistieron en cuatro dietas para pollos de engorde (Ross 308) con diferente promotor de crecimiento: un control negativo sin promotor (SP); dos en donde se mezcló el concentrado del tratamiento SP con BS en concentraciones de 3.5 y 7 g kg⁻¹ de alimento para los tratamientos B3.5 y B7, respectivamente; y otro control positivo, en el cual se adicionó bacitracina de zinc al concentrado SP (49.5 ppm de alimento; Ba). Se empleó Butimax 70® y Bacitracina de Zinc Granular Solla® como fuentes de BS y Ba, respectivamente. Para alcanzar la concentración descrita en los tratamientos, se utilizó la composición garantizada por el fabricante (70 y 15% para BS y Ba, respectivamente). El suministro diario de concentrado correspondió al consumo del día anterior más un 10%, esto con el fin de garantizar el consumo a voluntad. La composición de ingredientes de la dieta basal y la composición química de los concentrados utilizados en el experimento se indican en las Tablas 1 y 2, respectivamente.

Tabla 1. Composición de ingredientes de la dieta basal utilizada en el experimento.

Ingrediente, g kg ⁻¹	Fase	
	Iniciación	Engorde
Maíz	4172	5000
Torta de soya	3653	2810
Full fat	1000	1000
Melaza	20.0	20.0
Aceite	35.0	45.0
Lisina HCl 98.5	3.5	3.0
Metionina	3.0	2.0
Treonina	3.0	2.0
Premezcla	14.0	14.0
Fosfato dicálcico	19.0	16.0
Carbonato de Calcio	16.0	13.0
Cloruro de sodio	4.0	4.0

Animales y manejo. El Comité de Bioética de Unisarc aprobó los procesos de este trabajo (Comunicado 1-210-05-83-2019-00499). Se emplearon 160 machos Ross 308 de 1d y peso vivo de 44.4±4 g (media±DE). Se utilizaron 16 corrales de 810 cm² para alojar a las aves (10 pollos/corral). Cada corral contaba con piso de viruta de madera, 2 bebederos tipo niple y 1 comedero de tolva (capacidad de 4 kg para la primera semana y posteriormente de 12 kg). Los tratamientos se asignaron a los corrales según un diseño completamente al azar.

Tabla 2. Composición química de los concentrados utilizados en el experimento.

Fracción del alimento ¹	Tratamiento ²							
	Sin Promotor		BS 3.5		BS 7		Bacitracina	
	Ini ³	Eng ³	Ini ³	Eng ³	Ini ³	Eng ³	Ini ³	Eng ³
	----- g kg ⁻¹ -----							
MS	869.7	887.4	872.9	874.4	879.5	882.1	867.4	880.8
PC	222.4	201.3	237.2	199.0	228.3	192.9	236.3	218.0
FDN	70.9	62.0	48.2	58.5	81.4	62.0	100.5	71.7
FDA	43.3	45.1	43.8	45.6	71.7	60.1	61.4	62.7
CNE	333.6	351.8	344.8	383.2	326.6	352.9	267.0	380.9
Lignina	8.7	12.6	12.2	12.9	18.3	10.6	10.5	10.7
EE	161.6	200.4	156.1	155.1	153.8	191.2	187.4	138.4
Cenizas	81.2	72.0	86.7	78.5	89.4	83.1	76.2	71.9
	----- Mcal kg ⁻¹ -----							
EB	4.45	4.74	4.43	4.41	4.43	4.61	4.62	4.40

¹ **MS**: materia seca; **PC**: proteína cruda; **FDN**: fibra detergente neutro; **FDA**: fibra detergente ácido; **CNE**: carbohidratos no fibrosos (**CNE** = 100 - **PC** - **FDN** - **EE** - cenizas); **EE**: extracto etéreo; **EB**: energía bruta estimada teniendo en cuenta el valor de energía utilizado por Nik et al. (19) para la proteína (5.65 kcal g⁻¹), grasa (9.45 kcal g⁻¹) y los carbohidratos (4.12 kcal g⁻¹).

² **Sin promotor**: control negativo, concentrado para pollos de engorde sin promotor de crecimiento (**SP**); **BS 3.5 y BS 7**: concentrado **SP** con butirato de sodio protegido con grasa en concentraciones de 3.5 y 7 g kg⁻¹ de alimento, respectivamente; **bacitracina**: control positivo, concentrado **SP** con bacitracina de zinc (49.5 ppm del alimento).

³ **Ini** y **Eng**: concentrados fase iniciación y engorde, respectivamente.

Se controló la temperatura del galpón durante las cuatro primeras semanas a través de criadoras a gas (1 criadora Jackwal® por cada 6 corrales) de la siguiente manera: 30°C a los días 1 y 2, 28°C al día 3, descenso gradual a para llegar a 20°C al día 27 (1°C/3d). Se vacunó vía ocular contra Newcastle La Sota (días 4 y 14) y oral contra Gumboro (día 17). Se emplearon 23 h de luz hasta el día 7 y posteriormente 18 h. Se sacrificaron 2 aves/corral el día 42 para evaluar la canal, sus partes y porciones del sistema digestivo. El sacrificio se realizó por dislocación cervical.

Recolección de la información. Se determinó el peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia (ICA), peso de la canal (completa y sus partes) y porciones del sistema digestivo.

Las aves fueron pesadas al inicio del experimento y cada 7 d antes de repartir el alimento (7:00 h). Se pesó la canal y sus partes a los 42 d: pechuga, muslos+contramuslos, alas, vísceras, intestino (con contenido), hígado y grasa abdominal. El peso de la canal se tomó como la suma de los pesos de la pechuga, muslos+contramuslos y alas. Se colectaron muestras del concentrado cada semana (aproximadamente 200 g), que se almacenaron a -20°C para posteriormente conformar una muestra compuesta de cada tratamiento por fase. Las muestras se molieron (criba de 1 mm) para su posterior análisis químico. Los desperdicios del concentrado se colectaron y pesaron a las 7:00 h del siguiente día, se almacenaron a -20°C para posteriormente conformar una muestra compuesta de cada corral por semana. El desperdicio se deshidrató y empleó para estimar el consumo de alimento por semana.

Análisis químicos. Se determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (20), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (21). Se estimó la energía bruta teniendo en cuenta el valor de energía utilizado por Nik et al (19) para la proteína (5.65 kcal g⁻¹), grasa (9.45 kcal g⁻¹) y los carbohidratos (4.12 kcal g⁻¹).

Análisis estadístico. Los datos se analizaron de acuerdo un diseño completamente al azar según el modelo: $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$, donde y_{ij} es el valor de la observación, μ es la media de la población, τ_i es el efecto del tratamiento y ε_{ij} es el error experimental. Se comprobaron los supuestos del modelo [$\sim N(0, \sigma^2e)$]. Cuando el modelo fue significativo ($p < 0.05$), se procedió a comparación de las medias de los tratamientos a través de la prueba LSD ($p < 0.05$). Se utilizó el programa Statistix 8.0 para el análisis de los datos.

RESULTADOS

Se presentó un efecto del aditivo sobre el peso vivo a los 14 d de edad ($p=0.0335$) y sobre la ganancia de peso en la primera semana de vida ($p=0.0503$). Las aves el tratamiento B7 obtuvieron mayor peso vivo a los 14 d y ganancia de peso durante la primera semana en comparación con SP y Ba ($p<0.05$), pero no frente a las del tratamiento B3.5. La ganancia de peso de las aves durante la primera semana del tratamiento Ba fue menor comparado con aquellas que recibieron butirato de sodio ($p<0.05$), pero no frente a SP (Tabla 3).

Se presentó una tendencia sobre el peso vivo a los 7 d ($p=0.0855$), la ganancia de peso en la segunda semana ($p=0.0728$), y la ganancia relativa de peso durante la primera ($p=0.0682$) y tercera ($p=0.0715$) semana. El peso vivo a los 7 d fue mayor para el tratamiento B7 en comparación con Ba ($p<0.05$), pero no frente a SP y B3.5. La ganancia de peso durante la segunda semana fue mayor para B7 en comparación con SP, pero no frente a B3.5 y Ba ($p<0.05$). La ganancia relativa de peso durante la primera semana fue mayor para B3.5 frente a Ba ($p<0.05$), pero no en comparación con SP y B7. La ganancia de peso relativa durante la tercera semana fue mayor para SP en comparación al tratamiento B7 ($p<0.05$), pero con relación a los demás tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de suministrar diferentes niveles de butirato de sodio protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde sobre el peso.

Ítem	Tratamiento ¹				EEM ²	CV ²	P-value ³
	SP	B3.5	B7	Ba			
Peso vivo (PV), g							
Edad, d							
0	44.6	43.5	45.9	43.9	1.5	6.7	0.6854
7	146 ^{ab}	156 ^{ab}	162 ^a	142 ^b	5	7.2	0.0855
14	401 ^b	431 ^{ab}	444 ^a	401 ^b	11	5.1	0.0335
21	902	908	924	893	14	3.0	0.4575
28	1553	1541	1602	1569	25	3.3	0.4057
35	2214	2222	2333	2243	45	4.0	0.2695
42	3086	3049	3110	3033	59	3.9	0.7938
Ganancia de peso/sem, g							
Semana							
1	102 ^{bc}	112 ^{ab}	116 ^a	100 ^c	5	8.6	0.0503
2	254 ^b	275 ^{ab}	282 ^a	259 ^{ab}	8	5.6	0.0728
3	502	478	481	492	13	5.2	0.5263
4	651	633	677	676	17	5.0	0.2324
5	660	680	731	673	34	9.8	0.4962
6	872	827	777	791	47	11.6	0.5160
Ganancia de peso relativa/sem. g kg⁻¹ PV al iniciar la semana							
Semana							
1	1002 ^{ab}	1003 ^a	1003 ^{ab}	1002 ^b	0.1	0.02	0.0682
2	1743	1766	1743	1837	68	7.7	0.7397
3	1260 ^a	1109 ^{ab}	1084 ^b	1235 ^{ab}	51	8.7	0.0715
4	722	697	733	756	17	4.6	0.1516
5	426	441	457	429	22	10.0	0.7562
6	394	375	333	352	24	13.5	0.3586

¹ **SP**: concentrado para pollos de engorde sin promotor de crecimiento (control negativo); **B3.5** y **B7**: concentrado **SP** con butirato de sodio protegido con grasa en concentraciones de 3.5 y 7 g kg⁻¹ de alimento, respectivamente; **Ba**: concentrado **SP** con bacitracina de zinc (control positivo).

² **EEM**: Error estándar de la media. **CV**: Coeficiente de variación.

³ Promedios en la misma fila con superíndices con letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba **LSD**, $p<0.05$)

No se presentaron efectos de los tratamientos sobre el consumo alimento, ya sea acumulado o por semana ($p>0.05$)(Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de suministrar diferentes niveles de butirato de sodio protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde sobre el consumo de alimento.

Ítem	Tratamiento ¹				EEM ²	CV ²	P-value ³
	SP	B3.5	B7	Ba			
Consumo semana, g							
Semana							
1	119	118	119	111	3	5.9	0.3420
2	391	407	417	387	11	5.6	0.2520
3	726	727	728	717	14	3.8	0.9397
4	1067	1049	1089	1054	16	3.0	0.3239
5	1345	1326	1357	1323	31	4.6	0.8461
6	1581	1545	1530	1567	34	4.4	0.7321
Consumo acumulado, g							
Edad, d							
7	119	118	119	111	3	5.9	0.3420
14	511	525	537	498	13	5.1	0.2292
21	1236	1252	1265	1216	24	3.9	0.5376
28	2303	2301	2355	2270	38	3.3	0.4887
35	3648	3627	3711	3593	64	3.5	0.6256
42	5229	5171	5241	5160	90	3.5	0.8911

¹ **SP**: concentrado para pollos de engorde sin promotor de crecimiento (control negativo); **B3.5** y **B7**: concentrado **SP** con butirato de sodio protegido con grasa en concentraciones de 3.5 y 7 g kg⁻¹ de alimento, respectivamente; **Ba**: concentrado **SP** con bacitracina de zinc (control positivo).

² **EEM**: Error estándar de la media. **CV**: Coeficiente de variación.

³ Promedios en la misma fila con superíndices con letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba **LSD**, P<0.05)

La dieta afectó el ICA en la primera semana de vida (p=0.0547). El ICA fue mayor para SP frente a B3.5 y B7 (p<0.05), pero no frente a Ba. El B7 presentó menor ICA en comparación a SP y Ba (p<0.05), pero no frente a B3.5 (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de suministrar diferentes niveles de butirato de sodio protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde sobre el índice de conversión alimenticia (ICA).

Ítem	Tratamiento ¹				EEM ²	CV ²	P-value ⁴
	SP	B3.5	B7	Ba			
ICA semana⁴							
Semana							
1	1.18 ^a	1.06 ^{bc}	1.03 ^c	1.15 ^{ab}	0.04	7.2	0.0547
2	1.55	1.48	1.48	1.49	0.05	7.2	0.7712
3	1.45	1.52	1.52	1.46	0.03	4.1	0.2349
4	1.64	1.66	1.61	1.56	0.03	3.7	0.1739
5	2.05	1.96	1.87	1.97	0.08	8.2	0.5225
6	1.84	1.89	1.99	1.99	0.11	11.4	0.7089
ICA acumulada⁵							
Edad, d							
7	1.28	1.22	1.21	1.24	0.03	4.7	0.3627
14	1.37	1.38	1.37	1.36	0.01	1.8	0.7894
21	1.48	1.50	1.47	1.45	0.02	2.3	0.3020
28	1.65	1.63	1.60	1.61	0.02	2.5	0.2865
35	1.70	1.70	1.69	1.70	0.03	3.1	0.9831
42	1.28	1.22	1.21	1.24	0.03	4.7	0.3627

¹ **SP**: concentrado para pollos de engorde sin promotor de crecimiento (control negativo); **B3.5** y **B7**: concentrado **SP** con butirato de sodio protegido con grasa en concentraciones de 3.5 y 7 g kg⁻¹ de alimento, respectivamente; **Ba**: concentrado **SP** con bacitracina de zinc (control positivo).

² **EEM**: Error estándar de la media. **CV**: Coeficiente de variación.

³ Promedios en la misma fila con superíndices con letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba **LSD**, P<0.05)

⁴(consumo por semana, g) * (ganancia de peso por semana, g)⁻¹.

⁵(consumo, g) * (peso, g)⁻¹

No se presentaron efectos de los tratamientos sobre la canal, sus partes y porciones del sistema digestivo ($p>0.05$)(Tabla 6).

Tabla 5. Efecto de suministrar diferentes niveles de butirato de sodio protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde sobre la canal, sus partes y porciones del sistema digestivo.

Ítem	Tratamiento ¹				EEM ²	CV ²	P-value ³
	SP	B3.5	B7	Ba			
Peso absoluto, g							
Peso vivo (PV)	3089,4	3015.0	3201.3	3078.1	73.3	4.7	0.3807
Pechuga (P)	937.5	846.1	985.7	844.3	45.8	10.1	0.1251
Muslos+contramuslos (MC)	567.1	591.7	644.9	677.0	69.0	22.3	0.6746
Alas (A)	234.2	217.4	187.4	226.1	29.6	27.4	0.7036
P + MC + A	1738.7	1655.1	1818.0	1747.4	95.8	11.0	0.6988
Grasa	27.8	18.8	21.3	26.3	4.7	39.5	0.5118
Hígado	63.7	58.1	60.1	62.9	3.5	11.4	0.6631
Vísceras	344.5	305.4	310.9	341.1	27.2	11.8	0.3864
Intestino	176.1	150.4	161.5	167.2	12.4	15.1	0.5395
Peso relativo, g kg⁻¹ PV							
Pechuga	303.2	279.7	308.3	274.0	11.1	7.6	0.1251
Muslos+contramuslos	185.8	196.3	201.8	220.3	23.4	23.3	0.7687
Alas	75.9	71.9	59.0	73.4	9.1	26.1	0.5773
P + MC + A	564.8	547.9	569.0	567.6	30.8	11.0	0.9581
Grasa	9.1	6.3	6.7	8.5	1.5	39.9	0.5185
Hígado	20.6	19.3	18.8	20.4	1.0	10.3	0.5436
Vísceras	111.7	101.4	97.2	110.4	5.7	10.8	0.2605
Intestino	57.1	49.9	50.5	54.2	3.7	14.1	0.5113

¹ **SP**: concentrado para pollos de engorde sin promotor de crecimiento (control negativo); **B3.5** y **B7**: concentrado **SP** con butirato de sodio protegido con grasa en concentraciones de 3.5 y 7 g kg⁻¹ de alimento, respectivamente; **Ba**: concentrado **SP** con bacitracina de zinc (control positivo).

² **EEM**: Error estándar de la media. **CV**: Coeficiente de variación.

³ Promedios en la misma fila con superíndices con letras diferentes indican diferencias significativas (Prueba **LSD**, $p<0.05$)

DISCUSIÓN

El uso de antibióticos es una preocupación pública debido a la resistencia y residuos antimicrobianos (22). El ácido butírico es una alternativa a los APC (10) debido a su efecto sobre las bacterias patógenas, el epitelio intestinal (12), el sistema inmune (4,23) y la inflamación del intestino (13). Todo lo cual, incrementa el desempeño productivo o la capacidad de las aves para enfrentar retos inmunológicos. Este trabajo pretendía documentar el uso de BS parcialmente protegido con grasa a diferentes niveles en la dieta de pollos de engorde, esperando que se mejorara la ganancia de peso, la eficiencia de la dieta y el rendimiento en canal. Bajo las condiciones experimentales, sólo se encontró efecto del BS sobre el peso vivo y ICA durante las primeras semanas de vida.

Estos resultados indican un efecto beneficioso del BS sobre el peso durante la primera semana de vida, incluso en comparación con el antibiótico. La bacitracina de zinc es un reconocido APC (5), pero su efecto sobre el peso de las aves a los 7 y 14 d fue inferior al de las que recibieron B7. Aunque en este trabajo no se determinó la presencia de microorganismos patógenos, la acción del BS sobre los mismos no explicaría completamente el mayor peso en el tratamiento B7. La ausencia de diferencias entre Ba y SP, sugieren adecuadas condiciones de manejo en el experimento y ausencia de reto inmunológico para las aves. El BS puede jugar un papel más efectivo cuando los pollos de engorde son sometidos a desafíos de estrés (22). De tal manera, el BS puede ser más eficiente que la Ba en condiciones adecuadas de manejo y en ausencia de retos inmunológicos, debido no sólo a su actividad bactericida (24), sino a otros efectos sobre el desarrollo del sistema digestivo (16), regulación del microbiota (25) y del sistema inmune (26).

La literatura con relación al efecto BS sobre el peso de los pollos de engorde es contradictoria. Algunos trabajos presentan ausencia de efecto del consumo de BS sobre el peso (7,13); otros en cambio, reportan un incremento (22,27) o una disminución (17). Estas diferencias pueden ser debidas a la digestibilidad del alimento, a condiciones ambientales, uso de butirato libre o protegido, niveles utilizados, matriz utilizada en el recubrimiento (28), método de preparación del BS (18), estado de salud, composición del alimento y nivel de butirato (27).

El peso de las aves fue mayor con B7 a los 14 d en comparación con SP y Ba, pero no frente B3.5. Esto sugiere que el efecto durante los primeros 14 d de vida depende del nivel de inclusión del BS. Un mayor peso de las aves que recibieron BS puede ser atribuido a su efecto sobre los microorganismos (24), las vellosidades intestinales (18), el sistema inmune (26) y la inflamación intestinal (13).

El BS tiene efecto bactericida (24), lo cual podría explicar parcialmente el mayor PV encontrado a los 14 d en el tratamiento B7. La inhibición de bacterias patógenas por parte de ácidos orgánicos es por penetración (no ionizada) en la pared celular bacteriana lipofílica, disociación a pH citosólico neutro y liberación de aniones y protones que provocan una acumulación letal de aniones (14). El ácido butírico es lipofílico y puede difundirse a través de la membrana de la bacteria, mientras que su forma disociada (butirato) no (24). El BS es la sal de Na del ácido butírico, en donde un átomo de Na reemplaza el H del grupo OH. Debido al bajo pH del jugo gástrico, el BS libera el ión Na en el estómago y se convierte rápidamente en su forma no disociada y entra fácilmente al interior del microorganismo (24).

En este trabajo se utilizó BS parcialmente protegido con grasa, lo cual contribuye a explicar el efecto benéfico del tratamiento B7 sobre el peso. Como se mencionó, el efecto bactericida del butirato depende de su estado de disociación. El BS se recubre con grasa para evitar o retardar su disociación (7) y protegerlo de la absorción inmediata en el tracto digestivo superior (18). El BS protegido permite que el butirato se libere lentamente, dejando que tenga un efecto sobre todo el tracto digestivo (15) y de esta manera es más efectivo que cuando se utiliza BS libre.

El mayor PV en el tratamiento B7 puede estar asociado al efecto que tiene el BS sobre el epitelio intestinal. Diferentes trabajos en aves, corroboran que el BS en la dieta estimula el crecimiento de las vellosidades del intestino (16,27) o incrementan la relación alto-vellosidad:profundidad-cripta (17), y de esta manera se podría explicar el mayor peso a los 14 d en el tratamiento B7.

El mayor PV en el tratamiento B7 también puede ser explicado por el efecto del ácido butírico sobre el sistema inmune y el funcionamiento general del sistema digestivo. El ácido butírico modula el sistema inmune (26); cuando hay estrés inmune, el BS mantiene el consumo (29); también tiene efecto anti-inflamatorio (13). La suplementación con BS incrementa el peso relativo del timo y bazo (27). El butirato tiene un impacto directo sobre la secreción de mucina (24), estimulando la producción de moco y controlando la función de barrera del intestino (26). A pesar de que en este trabajo no se presentó reto inmune, es necesario tener en cuenta que el efecto del BS sobre el sistema digestivo y órganos del sistema inmune es crucial para la eficiencia digestiva y respuesta del sistema inmune (27).

El efecto del B7 sobre el peso se presentó durante los primeros días vida, pero no a partir de la semana 3; lo cual puede ser explicado en dos sentidos: la edad de las aves y las condiciones sanitarias del experimento. Pires et al (28) encontraron un mayor peso vivo a los 7 d en comparación con aquellas aves que recibieron el control negativo (sin promotor de crecimiento). Los efectos de BS son más evidentes en los estados tempranos de edad, de tal manera que las aves jóvenes son el mejor candidato para su uso (30). La función intestinal no está completamente desarrolladas al primer día de edad (18) y el neonato es el mejor candidato para la suplementación en la dieta del BS por su efecto bactericida y estimula el crecimiento de las vellosidades (30).

La ausencia de diferencias a partir de la tercera semana puede ser atribuida a las buenas condiciones sanitarias del experimento. La suplementación con BS no afecta el crecimiento de las aves que crecen en condiciones ambientales limpias y saludables (16), y con carga de bacterias patógenas bajas (27). Se presenta efecto cuando los animales se exponen a retos inmunológicos (16).

No se presentó efecto sobre el consumo. El butirato es volátil (4), oloroso e inestable (22), y cuando se suministra libre disminuye su consumo (15). Los derivados del butirato, como butirato de sodio, butirato de calcio y butirato glicérido (25) se preparan para disminuir el olor indeseable de este ácido (16). El BS es menos oloroso (24) y su olor se puede disminuir aún más, cuando se recubre con grasa (16). En este trabajo se utilizó BS parcialmente protegido con grasa, lo cual podría explicar que no se presentara efecto del butirato sobre el consumo.

La disminución en el ICA en la primera semana relaciona con incremento en el PV y ausencia de efecto sobre el consumo. En diferentes trabajos se encontró una disminución en el ICA (22,26,27), en cambio en otros, no se encontró efecto sobre el ICA (7,16). Cabe resaltar, que algunos de los trabajos en donde no encontró efecto del consumo de BS sobre el ICA (16), se evaluó el butirato en aves con reto inmunológico; lo cual es benéfico, pues el BS mantiene la eficiencia de la dieta a pesar del reto inmunológico.

El BS no presentó efecto sobre la canal y tamaño del sistema digestivo. Panda et al (30) encontraron incremento en el peso relativo de la canal y disminución en la grasa abdominal, pero no sobre el peso relativo de la pechuga. Se esperaba un menor peso relativo de la grasa abdominal en este trabajo, lo cual no fue el caso. Zhao et al (25) encontraron que BS inhibe la acumulación de grasa en el abdomen e hígado, pero este efecto depende de la inclusión del BS; lo cual podría indicar la ausencia de efecto sobre el peso relativo de la grasa se deba a la concentración de BS empleada en el experimento, pero se debe profundizar al respecto. Algunos trabajos reportan que el consumo de BS en aves incrementa el peso relativo del intestino (17,22,27).

En este trabajo se evidenció que el consumo de BS parcialmente protegido con grasa mejora el desempeño de las aves durante las primeras semanas de vida en condiciones ambientales óptimas e higiene; esto permite tener animales más resistentes al momento de enfrentar retos inmunológicos.

Conflictos de intereses

Todos los autores participaron en la preparación y revisión del manuscrito. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses que coloque en riesgo la validez de los resultados.

REFERENCIAS

1. Vandana GD, Sejian V, Lees AM, Pragna P, Silpa M V., Maloney SK. Heat stress and poultry production: impact and amelioration. *Int J Biometeorol.* 2021; 65(2):163–179. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02023-7>
2. Gómez J, Cerón MF, Duque JH, David E, Múnera OD. Caracterización de sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander- Colombia. *Rev Lasallista Investig.* 2022; 19(1):84–100. <https://doi.org/10.22507/rli.v19n1a5>
3. Abd El ME, El-Saadony MT, Salem HM, El-Tahan AM, Soliman MM, Youssef GBA, et al. Alternatives to antibiotics for organic poultry production: types, modes of action and impacts on bird's health and production. *Poult Sci.* 2022; 101(4):101696. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101696>
4. Deng F, Tang S, Zhao H, Zhong R, Liu L, Meng Q, et al. Combined effects of sodium butyrate and xylo-oligosaccharide on growth performance, anti-inflammatory and antioxidant capacity, intestinal morphology and microbiota of broilers at early stage. *Poult Sci.* 2023; 102(5):102585. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102585>
5. Thema K, Mlambo V, Snyman N, Mnisi CM. Evaluating Alternatives to Zinc-Bacitracin Antibiotic Growth Promoter in Broilers: Physiological and Meat Quality Responses. *Animals.* 2019; 9(12):1160. <https://doi.org/10.3390/ani9121160>

6. Sugiharto S, Yudiarti T, Isroli I, Widiastuti E, Wahyuni HI, Sartono TA, et al. Effect of dietary supplementation of formic acid, butyric acid or their combination on carcass and meat characteristics of broiler chickens. *J Indones Trop Anim Agric*. 2019; 44(3):286. <https://doi.org/10.14710/jitaa.44.3.286-294>
7. Makled MN, Abouelezz KFM, Gad-Elkareem AEG, Sayed AM. Comparative influence of dietary probiotic, yoghurt, and sodium butyrate on growth performance, intestinal microbiota, blood hematology, and immune response of meat-type chickens. *Trop Anim Health Prod*. 2019; 51(8):2333–2342. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01945-8>
8. Bansod AP, Kolaskar AG, Abhilash DJ, Pratik RJ, Surjagade SR, Morkhade SJ. A review on recent advances in uses of organic acids in poultry production. *Int J Vet Sci Anim Husb*. 2020; 5(4):26–30.
9. Adewole DI, Oladokun S, Santin E. Effect of organic acids–essential oils blend and oat fiber combination on broiler chicken growth performance, blood parameters, and intestinal health. *Anim Nutr*. 2021; 7(4):1039–1051. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.02.001>
10. Proszkowiec M, Miska KB, Schreier LL, Grim CJ, Jarvis KG, Shao J, et al. Research note: effect of butyric acid glycerol esters on ileal and cecal mucosal and luminal microbiota in chickens challenged with *Eimeria maxima*. *Poult Sci*. 2020; 99(10):5143–5148. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.022>
11. Melaku M, Zhong R, Han H, Wan F, Yi B, Zhang H. Butyric and citric acids and their salts in poultry nutrition: effects on gut health and intestinal microbiota. *Int J Mol Sci*. 2021; 22(19):10392. <https://doi.org/10.3390/ijms221910392>
12. Pascual A, Trocino A, Birolo M, Cardazzo B, Bordignon F, Ballarin C, et al. Dietary supplementation with sodium butyrate: growth, gut response at different ages, and meat quality of female and male broiler chickens. *Ital J Anim Sci*. 2020; 19(1):1134–1145. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1824590>
13. Zou X, Ji J, Qu H, Wang J, Shu DM, Wang Y, et al. Effects of sodium butyrate on intestinal health and gut microbiota composition during intestinal inflammation progression in broilers. *Poult Sci*. 2019; 98(10):4449–4456. <https://doi.org/10.3382/ps/pez279>
14. Deepa K, Purushothaman MR, Vasanthakumar P, Sivakumar K. Butyric acid as an antibiotic substitute for broiler chicken: a review. *Adv Anim Vet Sci*. 2018; 6(1) <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2018/6.2.63.69>
15. García J, Mandalawi HA, Fondevila G, Mateos GG. Influence of beak trimming and inclusion of sodium butyrate in the diet on growth performance and digestive tract traits of brown-egg pullets differing in initial body weight. *Poult Sci*. 2019; 98(9):3937–3949. <https://doi.org/10.3382/ps/pez129>
16. Liu JD, Lumpkins B, Mathis G, Williams SM, Fowler J. Evaluation of encapsulated sodium butyrate with varying releasing times on growth performance and necrotic enteritis mitigation in broilers. *Poult Sci*. 2019; 98(8):3240–3245. <https://doi.org/10.3382/ps/pez049>
17. González G, dos Santos TT, Vienola K, Vartiainen S, Apajalahti J, Bedford MR. Response of broiler chickens to xylanase and butyrate supplementation. *Poult Sci*. 2019; 98(9):3914–3925. <https://doi.org/10.3382/ps/pez113>
18. Zhao H, Bai H, Deng F, Zhong R, Liu L, Chen L, et al. Chemically protected sodium butyrate improves growth performance and early development and function of small intestine in broilers as one effective substitute for antibiotics. *Antibiotics*. 2022; 11(2):132. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11020132>

19. Nik NN, Mustafa S, Suyono, Shapawi R. Efficient utilization of poultry by-product meal-based diets when fed to giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. J Appl Aquac. 2021; 33(1):53–72. <https://doi.org/10.1080/10454438.2019.1709599>
20. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg (Maryland): AOAC International; 2010.
21. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci. 1991; 74(10):3583–697. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
22. Lan R, Zhao Z, Li S, An L. Sodium butyrate as an effective feed additive to improve performance, liver function, and meat quality in broilers under hot climatic conditions. Poult Sci. 2020; 99(11):5491–5500. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.042>
23. Xiao C, Zhang L, Zhang B, Kong L, Pan X, Goossens T, et al. Dietary sodium butyrate improves female broiler breeder performance and offspring immune function by enhancing maternal intestinal barrier and microbiota. Poult Sci. 2023; 102(6):102658. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102658>
24. Elnesr SS, Alagawany M, Elwan HAM, Fathi MA, Farag MR. Effect of sodium butyrate on intestinal health of poultry – A Review. Ann Anim Sci. 2020; 20(1):29–41. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0077>
25. Zhao L, Liu S, Zhang Z, Zhang J, Jin X, Zhang J, et al. Low and high concentrations of butyrate regulate fat accumulation in chicken adipocytes via different mechanisms. Adipocyte. 2020; 9(1):120–131. <https://doi.org/10.1080/21623945.2020.1738791>
26. Bortoluzzi C, Rothrock MJ, Vieira BS, Mallo JJ, Puyalto M, Hofacre C, et al. Supplementation of protected sodium butyrate alone or in combination with essential oils modulated the cecal microbiota of broiler chickens challenged with *Coccidia* and *Clostridium perfringens*. Front Sustain Food Syst. 2018; 2 <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00072>
27. Lan R, Li S, Chang Q, An L, Zhao Z. Sodium butyrate enhances growth performance and intestinal development in broilers. Czech J Anim Sci. 2020; 65(1):1–12. <https://doi.org/10.17221/190/2019-CJAS>
28. Pires MF, Leandro NS, Café MB, Carvalho FB, Jacob D V., Noleto RA, et al. Protected sodium butyrate in chicken diets until 21 days of age improves intestinal development and performance. S Afr J Anim Sci. 2022; 52(5):591–602.
29. Shen JS, Chai Z, Song LJ, Liu JX, Wu YM. Insertion depth of oral stomach tubes may affect the fermentation parameters of ruminal fluid collected in dairy cows. J Dairy Sci. 2012; 95(10):5978–5984. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5499>
30. Panda AK, Rao SVR, Raju MVLN, Sunder GS. Effect of butyric acid on performance, gastrointestinal tract health and carcass characteristics in broiler chickens. Asian-Australasian J Anim Sci. 2009; 22(7):1026–1031. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80298>