

Efecto de la sustitución de bacitracina con ajo, arándano o cúrcuma en la dieta sobre el desempeño en crecimiento, características de carcasa, contenido lipídico y estado antioxidante de la carne de pavos

Effect of substituting bacitracin with garlic, blueberry or turmeric in the diet on growth performance, carcass traits, lipid content and meat antioxidant status of turkeys

Manuel Paredes^{1,3}, Deysi Chilón¹, Cristian Hobán², Pedro Ortiz²

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la adición de ajo, arándano o cúrcuma como reemplazo de la bacitracina en las dietas de pavo sobre el rendimiento del crecimiento, las características de la carcasa, y el contenido lipídico y estado antioxidante de la carne. Se trabajó con 500 pavos Hybrid Converter machos desde los 42 hasta los 98 días de edad. Las aves fueron asignadas a cinco tratamientos dietéticos (5 repeticiones por tratamiento y 10 aves por cada repetición) y alimentados con dietas isocalóricas e isonitrogenadas. En el grupo control no se agregaron ingredientes aditivos, mientras que los grupos experimentales consumieron dietas con 0.05% de bacitracina de zinc, 1% de ajo en polvo, 1% de arándano en polvo o 1% de cúrcuma en polvo. Los aditivos no tuvieron ningún efecto sobre el crecimiento y el rendimiento de carcasa, mientras que los pavos alimentados con dietas que contenían ajo, arándano y cúrcuma se caracterizaron

¹ Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

² Laboratorio de Inmunología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

³ E-mail: mparedes@unc.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-4717-3393>

Recibido: 27 de octubre de 2020

Aceptado para publicación: 14 de abril de 2021

Publicado: 23 de junio de 2021

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

por un menor peso de grasa abdominal, menor contenido de colesterol y menor oxidación lipídica de la carne, en comparación con la carne procedente de pavos que consumieron la dieta control o la dieta con bacitracina.

Palabras clave: pavo, ajo, arándano, cúrcuma, bacitracina

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of adding garlic, cranberry or turmeric as a replacement for bacitracin in turkey diets on growth performance, carcass characteristics, lipid content and antioxidant status of meat. In total, 500 male Hybrid Converter turkeys were used from 42 to 98 days of age. The birds were assigned to five dietary treatments (5 repetitions per treatment and 10 birds for repetition) and fed isocaloric and isonitrogenated diets. In the control group no additive ingredients were added, while the experimental groups consumed diets with 0.05% zinc bacitracin, 1% garlic powder, 1% cranberry powder or 1% turmeric powder. The additives had no effect on growth performance and carcass yield, while turkeys fed diets containing garlic, blueberry, and turmeric showed lower abdominal fat weight, lower cholesterol content, and lower lipid oxidation of meat in comparison to meat from turkeys that consumed the control or the bacitracin diet.

Keywords: turkey, garlic, blueberry, turmeric, bacitracin

INTRODUCCIÓN

El uso de antibióticos en los piensos para animales, la presencia de residuos en alimentos para consumo humano y la resistencia bacteriana a los antibióticos han dado lugar a la restricción de estos fármacos en la producción avícola (Krueger *et al.*, 2017). En la Unión Europea desde 2006 y en Estados Unidos de América desde 2017 existen normas prohibitivas para el uso de antibióticos en la alimentación animal; sin embargo, todavía se reporta la presencia de residuos de antibióticos en la carne de aves de corral en algunos países europeos (Bartkiene *et al.*, 2020). El uso de bacitracina metileno disalicilato (BMD) y bacitracina de zinc (ZB) como promotores de crecimiento en pavos comerciales data de hace más de 50 años, encontrando respuestas favorables de crecimiento de 11.8% a las 8 semanas de edad y del 3.8% a la edad comercial (Daghighian y Waibel, 1982). Actualmente se han encon-

trado resultados positivos en una serie de fitobióticos como aditivos alimentarios alternativos en la producción de alimentos de origen animal (Díaz-Sánchez *et al.*, 2015), extendiéndose el uso de los compuestos naturales derivados de vegetales como buenos sustitutos de los antibióticos en el pienso de aves (Yadav *et al.*, 2020).

Una de estas plantas, utilizada tradicionalmente, es el ajo (*Allium sativum*), por su contenido de alicina y tiosulfonato para el tratamiento de diversas enfermedades, ya que tiene efectos hipocolesterolémicos y es estimulante del crecimiento (Lewis *et al.*, 2003), además de propiedades antioxidantes en la carne de pollo (Sallam *et al.*, 2004). En gallinas ponedoras, disminuyó el colesterol en la yema de huevo al suplementarse a razón de 5-10 g/kg (Yalçin *et al.*, 2007), coincidiendo con Chowdhury *et al.* (2002) quienes incluyeron pasta desecada de ajo en niveles de 2 a 10% en dietas de postura y con Choi *et al.*

(2010) quienes suplementaron 1-5% de ajo en polvo a pollos de engorde reduciendo los triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad en suero e incrementaron los ácidos grasos polinsaturados en la carne.

Otros productos naturales, como los extractos de arándanos, han demostrado propiedades antimicrobianas al inhibir el crecimiento de *Pasteurella multocida* en pollos de engorde (Salaheen *et al.*, 2014). Los arándanos contienen pterostilbeno, que es un antioxidante natural con beneficios para la salud en enfermedades agudas y crónicas asociadas con el estrés oxidativo (Liu *et al.*, 2017) y propiedades antiinflamatorias (Choo *et al.*, 2014), por lo que se viene promoviendo su uso como un compuesto anti estresante en la producción de aves. Se ha demostrado que el pterostilbeno atenúa la lesión hepática inducida por residuos de herbicidas en el pienso y el estrés oxidativo de los pollos de engorde, presumiblemente al restaurar la función antioxidante hepática (Chen *et al.*, 2020). También, se ha determinado que la suplementación dietética de orujo de arándanos al 1 y 2% podría influenciar positivamente en la microbiota intestinal y los metabolitos sanguíneos, contribuyendo a la salud general de los pollos de engorde alimentados con dietas fibrosas (Islam *et al.*, 2019).

La curcumina y aceites esenciales en el rizoma de *Curcuma longa* tiene actividad antibacteriana contra *Salmonella typhimurium* (García *et al.*, 2017). La curcumina suplementada a razón de 200 mg/kg de alimento en pollos de engorde puede reducir la infección por coccidios y podría ser una alternativa dietética para mejorar la salud intestinal (Yadav *et al.*, 2020). Asimismo, mejora la respuesta inmunitaria y la pigmentación de la piel, disminuye la oxidación lipídica y la deposición de grasa abdominal (Rajput *et al.*, 2013), y mejora el perfil lipídico hepático y plasmático, ejerciendo control de la expresión de genes relacionados con la lipogénesis y la lipólisis (Xie *et al.*, 2019). En gallinas

ponedoras, bajo condiciones de estrés por calor, la suplementación con 150 mg/kg de curcumina mejoró el rendimiento productivo, la actividad enzimática antioxidante y la función inmunológica (Liu *et al.*, 2020).

El potencial de los diversos fitobióticos para controlar las enfermedades, modular inmunidad y mejorar capacidad antioxidante de pollos de engorde y gallinas ponedoras es objeto de investigaciones recientes (Aljumaah *et al.*, 2020; Bartkiene *et al.*, 2020; Betancourt *et al.*, 2019). En el presente estudio, considerando el uso común y la disponibilidad de algunos fitobióticos en el mercado local, se evaluó el efecto de la sustitución en la dieta de la bacitracina por la presentación en polvo de ajo, arándano y cúrcuma sobre el desempeño en crecimiento, características de la carcasa y contenido lipídico de la carne de pavo comercial, beneficiado a las catorce semanas de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Polvo de Ajo, Arándano y Cúrcuma

El ajo (*Allium sativum*) fue adquirido del mercado de abastos de Cajamarca, Perú, y fue acondicionado mediante un lavado con solución de hipoclorito de sodio, pelado y picado. Luego, fue llevado a la estufa durante 6 horas a 100 °C (Fante y Noreña, 2015). Finalmente se procedió a moler con un equipo de molienda micronizada con criba de 0.3 mm.

El arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) variedad Biloxi se obtuvo de un huerto orgánico de la provincia de Cajamarca. Los frutos fueron lavados y desinfectados con solución de hipoclorito de sodio por inmersión durante 10 minutos, escaldados a una temperatura de 95 °C por 1 min para evitar la acción de las polifenoloxidasas y enfriados en agua potable fría (Arteaga A y Arteaga H, 2016). La pulpa fue desecada en estufa a 85 °C durante 24 horas y el producto fue molido a través de una malla de 2 mm para obtener el polvo.

La cúrcuma se compró en uno de los mercados de abastos de Cajamarca, como rizomas frescos. Fueron lavados, pelados, troceados y desecados en estufa a 60 °C (Sogi *et al.*, 2010) durante 24 horas. Seguidamente se procedió a la molienda considerando una criba de 3 mm.

Aves, Manejo y Dietas

Los pavos se criaron hasta las 14 semana de edad en corrales sobre viruta en la granja avícola de la Universidad Nacional de Cajamarca. Las aves se encontraban bajo un ambiente controlado, con libre acceso a alimento y agua. Los programas de temperatura e iluminación fueron consistentes con las recomendaciones de Hybrid Turkeys (2013).

Se utilizaron pavos de la línea Hybrid Converter, de 1 día de edad, de la empresa Gramogen, ubicada en Lima. Las aves fueron trasladadas al valle de Cajamarca vía aérea, y criados en lote mixto durante las primeras seis semanas de edad. Todos los pavos en la primera fase de alimentación consumieron pienso conteniendo el antibiótico zinc bacitracina. A los 42 días de edad fueron sexados y los machos asignados a cinco tratamientos dietéticos (con 5 réplicas por tratamiento y 10 aves por réplica), que diferían en la inclusión del antibiótico o fitobiótico. El grupo control (C) no recibía bacitracina ni fitobiótico, mientras que los otros grupos fueron alimentados con dietas que contenían 500 mg/kg de Baczin (Tratamiento BZ), ajo en polvo 10 g/kg (Tratamiento AJP), arándano en polvo 10 g/kg (Tratamiento ARP) y cúrcuma en polvo 10 g/kg (Tratamiento CCP). El antibiótico Baczin (Montana, Perú) contiene 10% de zinc bacitracina.

Las dietas se prepararon en la fábrica de piensos «San Francisco» en la provincia de Pacasmayo (Perú). Todas las dietas fueron isocalóricas, isonitrogenadas y contenían las mismas cantidades de aminoácidos, minerales y vitaminas (Cuadro 1) y el valor nutricional de las dietas fue consistente con los requerimientos de nutrientes de los pavos (Hybrid Turkeys, 2013).

Se aplicó un programa de alimentación con tres fases. Las dietas del primer periodo (1 a 42 d) fueron ofrecidas en forma de harina para todos los pavos, y contenía 0.05% de Baczin. Las dietas ofrecidas en los periodos 2 (43 a 70 d) y 3 (71 a 98 d) fueron dietas suministradas también bajo la forma de harina. Cada corral estuvo equipado con un comedero automático y un bebedero tipo campana, y tanto el agua como el alimento fueron proporcionados *ad libitum*.

Desempeño del Pavo en Crecimiento

Al final de cada periodo de cuatro semanas se registró el peso corporal (PC) de los pavos, la ingesta de alimento y las tasas de mortalidad. El peso de los pavos se determinó con una balanza electrónica de plataforma TCS de 100 kg de capacidad y precisión de 10 g. Cada corral de 10 aves fue considerado como una unidad experimental. Se determinó la ingesta diaria de alimento (IDA) promedio por ave y la ganancia media diaria (GMD). El índice de conversión alimenticia (ICA) fue calculado para cada grupo a partir de la ganancia de peso corporal y el consumo de alimento. Se realizaron necropsias a todas las aves que murieron durante el estudio y las lesiones se clasificaron según los hallazgos patológicos macroscópicos. La mortalidad atribuible a cardiomiopatías espontáneas se identificó según hallazgos macroscópicos *post mortem* de ascitis, un agrandamiento o corazón deformado y ventrículo derecho visiblemente dilatado.

Carcasa y Contenido Lipídico

Al término del experimento (98 d), cinco aves que representaron el peso medio por tratamiento fueron sacrificados en la planta procesadora de la misma granja experimental. Las aves fueron aturdidas eléctricamente (400 mA; 350 Hz) y desangradas por un corte unilateral en el cuello, seccionando la arteria carótida y la vena yugular. Después de un periodo de sangrado de 3 min, las aves fueron escaldadas a 60 °C durante 60 s, desplumados y eviscerados manualmente. Se

Cuadro 1. Ingredientes y contenido nutricional de las dietas basales¹ (g/kg, base fresca) utilizadas en el experimento

	Fases alimenticias (días de edad)		
	0-42	43-70	71-98
Ingredientes			
Maíz amarillo	471	530	576
Torta de soya	415	351	321
Harina de pescado	50	35	--
Aceite de palma	10	40	65
Fosfato dicálcico	27	21	19
Carbonato de calcio	12	11	10
DL Metionina	4	2	1
Sal común, NaCl	4	4	4
Premezcla vitaminas y minerales ²	1	1	1
Cloruro de colina 60%	2	1	1
Lisina HCl	3	3	2
L Treonina	1	1	
Contenido nutricional calculado			
Materia seca	885.2	887.1	888.6
Proteína cruda	265.1	231.7	211.5
Energía metabolizable, kcal/kg	2900	3200	3300
Grasa	37.8	67.1	88.3
Metionina	7.5	6.7	5.9
Lisina	17.1	16.4	14.2
Treonina	10.5	9.5	9.1
Triptófano	3.1	2.7	2.5
Ca	14.1	12.2	11.3
P disponible	7.5	6.7	5.9
Na	1.8	1.8	1.8

¹ La dieta de 0-42 d fue suplementada con 500 mg de Baczin/kg (10% zinc bacitracina). Las dietas de 43-70 y 71-98 d fueron suplementadas según tratamiento: ZB, zinc bacitracina 500 mg/kg; AJP, ajo en polvo 10 g/kg; ARP: arándano en polvo 10 g/kg; CCP cúrcuma en polvo 10 g/kg

² Cada kg contiene: Vit. A 10 000 mil UI, Vit. D3 3 000 mil UI, Vit. E 12 000 UI, Vit. K3 2.5 g, tiamina 2 g, riboflavina 6 g, cianocobalamina 12 mg, ácido pantoténico 16 g, ácido fólico 21,5 g, niacina 120 mg, Mn 65 g, Zn 65 g, Fe 80 g, Cu 10 g, I 1 g, Se 200 mg. Producto comercializado como Proapack Pavos por Distribuidora Montana S.A. Perú

retiraron las vísceras no comestibles (intestinos, proventrículo, vesícula biliar, bazo, esófago y buche completo) y las vísceras comestibles (corazón, molleja, hígado y grasa abdominal). Se consideró como carcasa las partes comestibles del pavo, incluida la grasa abdominal. Después de un enfriamiento de 45 min, la carcasa entera, así como la grasa abdominal, corazón, molleja e hígado fueron pesados. Se utilizó una balanza electrónica TCS de 100 kg de capacidad (± 10 g) para el pesado de la carcasa entera y la balanza Kern PLS4000-2 (± 0.01 g) para el pesado de grasa abdominal y demás órganos. Los pesos de órganos fueron calculados en relación con el peso corporal vivo y expresado como porcentaje.

Los músculos de la pechuga se congelaron a -20 °C y se almacenaron para análisis de laboratorio (contenido de materia seca, grasa, colesterol y peróxidos en lípidos). El contenido de MS y grasa en muestras de carne de pechuga se determinó utilizando los métodos AOAC (2007) 934.01 y 920.39, respectivamente. Concentraciones de colesterol total fueron determinadas en la grasa extraída de la carne con una mezcla de cloroformo y metanol (2:1 v/v). El colesterol se separó de la grasa después de la saponificación con KOH y la extracción con éter etílico. Las muestras fueron sometidas a análisis en un cromatógrafo PU-4600. El contenido de colesterol se calculó y expresó como miligramos por gramo de lípidos cárnicos. La oxidación de lípidos se midió utilizando el método de destilación descrito por Tarlagdis *et al.* (1960) y expresado como valores de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) en miligramos de malondialdehído (MDA) por kilogramo de carne.

Análisis Estadístico

El corral ($n=5$) fue considerado como una unidad experimental para el análisis estadístico de los parámetros de rendimiento. Las aves individuales se consideraron unidades experimentales para el análisis de las

características de la canal y contenido lipídico de la carne. Todos los análisis de canal y carne se realizaron en 25 aves que representan 5 réplicas de cada uno de los 5 grupos experimentales. Los análisis estadísticos de los datos se realizaron mediante el análisis de varianza utilizando el procedimiento Modelo Lineal General del Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 2000), y la prueba de Tukey para determinar diferencias entre las medias de los tratamientos. Los datos se presentaron como medias y error estándar de la media (SEM). Las diferencias entre los datos de mortalidad fueron determinadas por la prueba de Chi cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desempeño del Pavo en Crecimiento

Los efectos de la adición en la dieta de bacitracina, ajo en polvo, arándano en polvo y cúrcuma en polvo sobre el rendimiento de los pavos de engorde se presentan en el Cuadro 2. No se observaron efectos positivos del antibiótico ni de los fitobióticos sobre el rendimiento del crecimiento durante el periodo experimental con relación al grupo control. La adición de ZB y alternativas botánicas (AJP, ARP, CCP) a la dieta de los pavos no tuvo una respuesta positiva en PC, GMD, IDA e ICA ($p>0.05$) durante la fase de crecimiento de 43 a 98 días.

Diversos autores (Chowdhury *et al.*, 2002; Varmaghany *et al.*, 2015) informaron que la adición de ajo en polvo o como bulbo fresco picado no afecta el rendimiento del ave en crecimiento. Yalçin *et al.* (2007) informaron, asimismo, que la eficiencia alimenticia de la codorniz en fase de postura no se vio afectada por el ajo en polvo dietario, ni la ingesta disminuyó debido al fuerte olor a ajo en la dieta. Similares resultados fueron reportados por Ruan *et al.* (2019) al suplementar curcumina (200 a 800 mg/kg) en pato Pekín de 21 días de edad, y por Nouzarian *et al.* (2011) con la inclusión de 3.3, 6.6 y 10 g/kg

Cuadro 2. Efecto de las dietas con bacitracina, ajo, arándano y cúrcuma sobre indicadores de crecimiento de pavos machos evaluados de 43 a 98 días de edad

	Tratamientos ¹					SEM	<i>p</i>
	Control	ZB	AJP	ARP	CCP		
PC inicial (kg)	2.19	2.2	2.18	2.15	2.16	0.005	0.758
PC final (kg)	11.2	11.49	11.18	11.11	10.96	0.027	0.093
IDA (g/ave)	487.8	491.3	494.5	477.2	499.8	3.941	0.203
GMD (g/ave)	161.1	167.6	160.9	160.1	156.4	1.881	0.082
ICA	3.03	2.93	3.07	2.98	3.18	0.082	0.314

¹ ZB: zinc bacitracina, AJP: ajo en polvo, ARP: arándano en polvo, CCP: cúrcuma en polvo

SEM: Error estándar de la media

PC: peso corporal. IDA: ingesta diaria de alimento. GMD: ganancia media diaria. ICA: índice de conversión alimenticia

Cuadro 3. Efecto de las dietas con bacitracina, ajo, arándano y cúrcuma sobre características de la carcasa de pavos machos de 98 días de edad

	Tratamientos ¹					SEM	<i>p</i>
	Control	ZB	AJP	ARP	CCP		
PC de sacrificio (kg)	11.19	11.45	11.21	11.15	11.02	0.164	0.244
Peso de carcasa (kg)	9.41	9.72	9.21	9.40	9.31	0.128	0.109
Peso de menudencias y grasa (g/100g de PC)							
Hígado	1.35	1.38	1.29	1.34	1.37	0.035	0.872
Corazón	0.29	0.32	0.31	0.30	0.31	0.005	0.918
Molleja	0.56	0.55	0.58	0.56	0.54	0.025	0.417
Grasa abdominal	1.92 ^a	1.86 ^a	1.59 ^c	1.68 ^b	1.69 ^b	0.070	0.048

¹ ZB: zinc bacitracina, AJP: ajo en polvo, ARP: arándano en polvo, CCP: cúrcuma en polvo

SEM: Error estándar de la media

PC: peso corporal. RC: rendimiento de carcasa

^{a,b,c} Valores medios en la misma fila con diferente letra superíndice son diferentes ($p < 0.05$)

Cuadro 4. Efecto de las dietas con bacitracina, ajo, arándano y cúrcuma sobre el contenido lipídico y estado antioxidante de la carne¹ de pavos machos de 98 días de edad

	Tratamientos ²					SEM	p
	Control	ZB	AJP	ARP	CCP		
Materia seca, %	27.8	28.6	28.1	28.7	27.9	0.179	0.247
Grasa, %	1.72 ^a	1.68 ^a	1.31 ^c	1.58 ^b	1.55 ^b	0.071	0.04
Colesterol, mg/g de grasa	22.3 ^a	21.7 ^a	17.1 ^c	19.2 ^b	19.4 ^b	0.812	0.032
MDA, g/kg de carne	1.29 ^a	1.18 ^a	1.01 ^b	0.85 ^c	0.79 ^c	0.021	0.023

^{a,b,c} Valores medios en la misma fila con diferente letra superíndice son diferentes (p<0.05)

¹ Carne de pechuga sin piel

² ZB: zinc bacitracina, AJP: ajo en polvo, ARP: arándano en polvo, CCP: cúrcuma en polvo

SEM: Error estándar de la media

MDA: Malondialdehído

de cúrcuma en polvo en pollos de engorde Ross. De otra parte, Chen *et al.* (2020) no encontraron diferencias en GMD, IDA e ICA en pollos Ross de 21 días suplementados con 400 mg/kg de pterostilbeno, componente activo del arándano.

La mortalidad fue de 2 y 3% entre tratamientos, especialmente por cardiomiopatías, sin haber diferencias entre tratamientos. Los componentes activos de los fitobióticos tienen propiedades específicas; sin embargo, no mostraron su efecto promotor ni inhibidor del crecimiento. El ajo contiene 11.3% de tiosulfonato de propilpropano, con eficacia en la reducción del número intestinal de enteropatógenos en pollos de engorde (Peinado *et al.*, 2012). La alicina, componente intermedio e inestable del ajo, y la curcumina de la cúrcuma mejoran los niveles de IgA, IgG e IgM en suero de gallinas reproductoras (Gong *et al.*, 2020). El pterostilbeno, del fruto de arándano tiene gran capacidad antioxi-

dante a nivel hepático (Chen *et al.*, 2020). En contraste, Horn *et al.* (2016) suplementó pollos de engorde por sonda oral diaria durante seis días con fitoquímicos activos y estables de ajo (2.51 mg de disulfuro de dialilo y trisulfuro de dialilo por kilogramo de peso corporal), mejorando el rendimiento del crecimiento, la morfología ileal y la digestibilidad de los nutrientes. Sin embargo, dicha práctica requiere de mayor trabajo en laboratorio para aislar los componentes activos estables del ajo y mayor esfuerzo de campo en la administración a las aves. Por tanto, considerando que no existen diferencias entre tratamientos sobre indicadores de crecimiento en los pavos de engorde de 43 a 98 días, se puede considerar a la bacitracina como un aditivo prescindible en la alimentación de pavos luego de una fase inicial de 42 días de ingesta dietaria del antibiótico; siempre y cuando los pavos se críen en condiciones sanitarias óptimas sin desafíos sanitarios

Características de la Carcasa

La inclusión de AJP, ARP y CCP en las dietas de pavo no afectó el porcentaje de rendimiento de la carcasa, ni los pesos de corazón, hígado y molleja (Cuadro 3). Sin embargo, se observó una disminución ($p=0.048$) en la grasa abdominal de los pavos alimentados con AJP.

Los aditivos evaluados son ricos en fibra, por ser frutos de especies vegetales, pero por su bajo nivel de adición en la dieta (1%) no afectó el rendimiento de la carcasa, ni el peso de algunos órganos. No obstante, Drazbo *et al.* (2019) obtuvieron un incremento en el peso de la molleja (0.63 a 0.78% con relación al peso vivo) al incrementar 2% de fibra cruda en la dieta del pavo. El peso relativo del hígado concuerda con el peso encontrado por Chen *et al.* (2020), quienes tampoco observaron incremento de peso en hígado de pollos de engorde suplementados con arándano.

Contenido Lipídico y Estado Antioxidante de la Carne

El Cuadro 4 muestra el efecto de la adición de bacitracina, ajo, arándano y cúrcuma en la dieta sobre la composición lipídica del músculo de pechuga de pavo. El contenido de materia seca no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$). La adición de ajo en polvo resultó en un menor contenido de grasa, colesterol y MDA en comparación con las dietas con adición de bacitracina, arándano y cúrcuma y el grupo control ($p<0.05$). Del mismo modo, las dietas con arándano y cúrcuma produjeron menor contenido de grasa, colesterol y MDA en carne de pavo en comparación con la dieta control y dieta con ZB.

Estos resultados son consistentes con los encontrados por Choi *et al.* (2010) en carne de pollos con menor contenido de grasa al suplementar 1.3 y 5% de ajo en polvo, así como disminución de los niveles de MDA.

También Chowdhury *et al.* (2002) determinaron que la pasta de ajo en la dieta de las gallinas ponedoras redujo las concentraciones de colesterol en suero y yema de huevo. Los resultados en el contenido lipídico de la carne podrían deberse al contenido de altas cantidades de polifenoles, flavonoides y fibra del ajo, arándano y cúrcuma que pueden mediar un aumento en la excreción de ácidos biliares y la capacidad de la fibra para disminuir el contenido lipídico (Kim *et al.*, 2009). En particular, los niveles de MDA en los tratamientos ARP y CCP fueron más bajos que en los otros tratamientos, resultados concordantes con los encontrados por Hang *et al.* (2018), quienes redujeron los niveles de TBARS en carne de pollo con curcuminoides, atribuyendo estos bajos niveles a la posible ruptura significativa de los hidroperóxidos inmediatamente de producido el sacrificio de las aves.

CONCLUSIONES

- Ni el antibiótico ni los fitobióticos pudieron mostrar sus capacidades como promotores de crecimiento pues las aves no estuvieron expuestas a algún patógeno.
- La inclusión de ajo en polvo en las dietas de 42 a 98 días disminuye la acumulación de grasa abdominal en la carcasa, grasa y colesterol en carne de pechuga y produce mejor respuesta antioxidante en la carne.
- Las dietas con arándano y cúrcuma promueven menores contenidos de grasa de cobertura, grasa y colesterol en la carne, y una mayor capacidad antioxidante que la bacitracina y la dieta control.

LITERATURA CITADA

1. *Aljumaah MR, Suliman GM, Abdullatif AA, Abudabos AM. 2020. Effects of phytobiotic feed additives on growth traits, blood biochemistry, and*

- meat characteristics of broiler chickens exposed to *Salmonella* Typhimurium. Poultry Sci 99: 5744-5751. doi: 10.1016/j.psj.2020.07.033
2. **AOAC. 2007.** Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
 3. **Arteaga A, Arteaga H. 2016.** Optimización de la capacidad antioxidante, contenido de antocianinas y capacidad de rehidratación en polvo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulado con mezclas de hidrocoloides. Sci Agropecu 7: 191-200. doi: 10.17268/sci.agropecu.2016.03.05
 4. **Bartkiene E, Ruzauskas M, Bartkevics V, Pugajeva I, Zavistanaviciute P, Starkute V, Zokaityte E, et al. 2020.** Study of the antibiotic residues in poultry meat in some of the EU countries and selection of the best compositions of lactic acid bacteria and essential oils against *Salmonella enterica*. Poultry Sci 99: 4065-4076. doi: 10.1016/j.psj.2020.-05.002
 5. **Betancourt L, Hume M, Rodríguez F, Nisbet D, Sohail MU, Afanador-Tellez G. 2019.** Effects of Colombian oregano essential oil (*Lippia origanoides* Kunth) and *Eimeria* species on broiler production and cecal microbiota. Poultry Sci 98: 4777-4786. doi: 10.3382/ps/pez193
 6. **Chen Y, Chen YP, Zhang H, Wang T. 2020.** Pterostilbene as a protective antioxidant attenuates diquat-induced liver injury and oxidative stress in 21-day-old broiler chickens. Poultry Sci 99: 3158-3167. doi: 10.1016/j.psj.2020.01.02
 7. **Choi IH, Park WY, Kim YJ. 2010.** Effects of dietary garlic powder and α -tocopherol supplementation on performance, serum cholesterol levels, and meat quality of chicken. Poultry Sci 89: 1724-1731. doi: 10.3382/ps.2009-00052
 8. **Choo QY, Yeo SCM, Ho PC, Tanaka Y, Lin HS. 2014.** Pterostilbene surpassed resveratrol for anti-inflammatory application: potency consideration and pharmacokinetics perspective. J Funct Foods 11: 352-362. doi: 10.1016/j.jff.2014.10.018
 9. **Chowdhury SR, Chowdhury SD, Smith TK. 2002.** Effects of dietary garlic on cholesterol metabolism in laying hens. Poultry Sci 81: 1856-1862. doi: 10.1093/ps/81.12.1856
 10. **Daghighian P, Waibel PE. 1982.** The efficacy of bacitracin methylene disalicylate and zinc bacitracin in turkey nutrition. Poultry Sci 61: 962-976. doi: 10.3382/ps.0610962
 11. **Diaz-Sanchez S, D'Souza D, Biswas D, Hanning I. 2015.** Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. Poultry Sci 94: 1419-1430. doi: 10.3382/ps/pev014
 12. **Drazbo A, Kozłowski K, Ognik K, Zaworska A, Jankowski J. 2019.** The effect of raw and fermented rapeseed cake on growth performance, carcass traits, and breast meat quality in turkey. Poultry Sci 98: 6161-6169. doi: 10.3382/ps/pez322.
 13. **Fante L, Noreña CPZ. 2015.** Quality of hot air dried and freeze-dried of garlic (*Allium sativum* L.). J Food Sci Tech Mys 52: 211-220. doi: 10.1007/s13197-013-1025-8.
 14. **García LL, Olaya JH, Sierra JI, Padilla L. 2017.** Actividad biológica de tres curcuminoides de *Curcuma longa* L. (Cúrcuma) cultivada en el Quindío-Colombia. Rev Cub Plantas Med 22: 1-14.
 15. **Gong HZ, Wu M, Lang WY, Yang M, Wang JH, Wang YQ, Zhang Y, Zheng X. 2020.** Effects of laying breeder hens dietary β -carotene, curcumin, allicin, and sodium butyrate supplementation on the growth performance, immunity, and jejunum morphology of their offspring chicks. Poultry Sci 99: 151-162. doi: 10.3382/ps/pez584
 16. **Hang TTT, Molee W, Khempaka S, Paraksa N. 2018.** Supplementation with curcuminoids and tuna oil influenced skin yellowness, carcass composition, oxidation status, and meat fatty acids of slow-growing chickens. Poultry Sci 97: 901-909 doi: 10.3382/ps/pex385

17. **Hybrid Turkeys. 2013.** A Hendrix Genetix. www.hybridturkey.com
18. **Horn NL, Ruch F, Miller G, Ajuwon KM, Adeola O. 2016.** Determination of the adequate dose of garlic diallyl disulfide and diallyl trisulfide for effecting changes in growth performance, total-tract nutrient and energy digestibility, ileal characteristics, and serum immune parameters in broiler chickens. *Poultry Sci* 95: 2360-2365. doi: 10.3382/ps/pew126
19. **Islam MR, Lepp D, Godfrey DV, Urban S, Ross K, Delaquis P, Diarra MS. 2019.** Effects of wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) pomace feeding on gut microbiota and blood metabolites in free-range pastured broiler chickens. *Poultry Sci* 98: 3739-3755 doi: 10.3382/ps/pez062
20. **Kim YJ, Jin SK, Yang HS. 2009.** Effect of dietary garlic bulb and husk on the physicochemical properties of chicken meat. *Poultry Sci* 88: 398-405. doi: 10.3382/ps.2008-00179
21. **Krueger LA, Spangler DA, Vandermyde DR, Sims MD, Ayangbile GA. 2017.** Avi-Lution^R supplemented at 1.0 or 2.0 g/kg in feed improves the growth performance of broiler chickens during challenge with bacitracin-resistant *Clostridium perfringens*. *Poultry Sci* 96: 2595-2600. doi: 10.3382/ps/pex074
22. **Lewis MR, Rose SP, Mackenzie AM, Tucker LA. 2003.** Effects of dietary inclusion of plant extracts on the growth performance of male broiler chickens. *Br Poult Sci* 44(Suppl 1): S43-S44. doi: 10.1080/713655281
23. **Liu M, Lu Y, Gao P, Xie X, Li D, Yu D, Yu M. 2020.** Effect of curcumin on laying performance, egg quality, endocrine hormones, and immune activity in heatstressed hens. *Poultry Sci* 99: 2196-2202. doi: 10.1016/j.psj.2019.-12.001
24. **Liu H, Zhao L, Yue L, Wang B, Li X, Guo H, Ma Y, et al. 2017.** Pterostilbene attenuates early brain injury following subarachnoid hemorrhage via inhibition of the NLRP3 inflammasome and Nox2-related oxidative stress. *Mol Neurobiol* 54: 5928-5940. doi: 10.1007/s12035-016-0108-8
25. **Nouzarian R, Tabeidian SA, Toghyani M, Ghalamkari G, Toghyani M. 2011.** Effect of turmeric powder on performance, carcass traits, humoral immune responses, and serum metabolites in broiler chickens. *J Anim Feed Sci* 20: 389-400. doi: 10.22358/jafs/66194/2011
26. **Peinado MJ, Ruiz R, Echávarri A, Rubio LA. 2012.** Garlic derivative propyl propane thiosulfonate is effective against broiler enteropathogens *in vivo*. *Poultry Sci* 91: 2148-2157. doi: 10.3382/ps.2012-02280
27. **Rajput N, Naeem M, Ali S, Zhang JF, Zhang L, Wang T. 2013.** The effect of dietary supplementation with the natural carotenoids curcumin and lutein on broiler pigmentation and immunity. *Poultry Sci* 92: 1177-1185. doi: 10.3382/ps.2012-02853
28. **Ruan D, Zhu YW, Fouad AM, Yan SJ, Chen W, Zhang YN, Xia WG, Wang S, Jiang SQ, Yang L, Zheng CT. 2019.** Dietary curcumin enhances intestinal antioxidant capacity in ducklings via altering gene expression of antioxidant and key detoxification enzymes. *Poultry Sci* 98: 3705-3714. doi: 10.3382/ps/pez058
29. **Salaheen S, Almario JA, Biswas D. 2014.** Inhibition of growth and alteration of host cell interactions of *Pasteurella multocida* with natural byproducts. *Poultry Sci* 93 :1375-1382. doi: 10.3382/ps.2013-03828
30. **Sallam KI, Ishioroshi M, Samejima K. 2004.** Antioxidant and antimicrobial effect of garlic in chicken sausage. *Lebensm Wiss Technol* 37: 849-855. doi: 10.1016/j.lwt.2004.04.001
31. **Sogi DS, Sharma S, Oberoi DPS, Wani IA. 2010.** Effect of extraction parameters on curcumin yield from turmeric. *J Food Sci Technol* 47: 300-304. doi: 10.1007/s13197-010-0047-8

32. **Statistical Analysis System (SAS).** 2000. Release 8.02. SAS Institute Inc., Cary, NC.
33. **Tarlagdis BG, Watts BM, Younathan MT.** 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid food. *J Am Oil Chem Soc* 37: 44-48. doi: 10.1007/BF02630824
34. **Varmaghany S, Torshizi MAK, Rahimi S, Lotfollahian H, Hassanzadeh M.** 2015. The effects of increasing levels of dietary garlic bulb on growth performance, systolic blood pressure, hematology, and ascites syndrome in broiler chickens. *Poultry Sci* 94: 1812-1820 doi: 10.3382/ps/pev148
35. **Xie Z, Shen G, Wang Y, Wu C.** 2019. Curcumin supplementation regulates lipid metabolism in broiler chickens. *Poultry Sci* 98: 422-429. doi: 10.3382/ps/pey315
36. **Yalçın S, Onbasilar L, Reisli Z, Yalçın S.** 2007. Effects of garlic powder on the performance, egg traits and blood parameters of laying hens. *J Sci Food Agr* 86: 1336-1339.
37. **Yadav S, Teng PY, Souza dos Santos T, Gould RL, Craig SW, Fuller AL, Pazdro R, Kim WK.** 2020. The effects of different doses of curcumin compound on growth performance, antioxidant status, and gut health of broiler chickens challenged with *Eimeria* species. *Poultry Sci* 99: 5936-5945. doi: 10.1016/j.psj.2020.08.046