

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA



TESIS

ALTERNATIVAS BOTÁNICAS A LOS ANTIBIÓTICOS PARA USO EN LA
PRODUCCIÓN DE PAVOS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Presentado por la Bachiller:

DEYSI MARGARITA CHILÓN CHILÓN

Asesor:

Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA

CAJAMARCA – PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS
Ciudad Universitaria 2J-Anexos IIII



ACTA QUE PRESENTA EL JURADO CALIFICADOR DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación y Titulación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO ZOOTECNISTA**, se reunieron virtualmente, siendo las 17 horas con 10 minutos del martes 06 de abril del 2021, los siguientes Miembros del Jurado y el Asesor.

- Dr. Ing. LUIS HUMBERTO ACEIJAS PAJARES	PRESIDENTE
- M.Cs Ing. EDUARDO ALBERTO TAPIA ACOSTA	SECRETARIO
- PhD M.V. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNANDEZ	VOCAL

ASESOR (ES):

- Dr. Ing. MANUEL EBER PAREDES ARANA

Con la finalidad de recepcionar y calificar la Sustentación de la Tesis titulada: "ALTERNATIVAS BOTÁNICAS A LOS ANTIBIÓTICOS PARA USO EN LA PRODUCCIÓN DE PAVOS",

La misma que fue realizada por la Bachiller Deysi Margarita Chilón Chilón

A continuación, el Jurado procedió a dar por iniciado el acto académico, invitando a la Bachiller a sustentar dicha tesis.

Concluida la exposición, los Miembros del Jurado formularon las preguntas pertinentes, luego el Presidente del Jurado invita a la participación del asesor y de los asistentes.

Después de las deliberaciones de estilo el Jurado anunció la aprobación por unanimidad con la nota de catorce (14).

Siendo las 18 horas con 20 minutos del mismo día el Jurado dio por concluido el acto académico, indicando las correcciones y modificaciones para continuar con los trámites pertinentes.

.....
Dr. Ing. Luis Humberto Aceijas Pajares
Presidente

.....
M.Cs. Ing. Eduardo Alberto Tapia Acosta
Secretario

.....
Ph D M.V. Luis A. Vallejos Fernández
Vocal

.....
Dr. Ing. Manuel Eber Paredes Arana
Asesor

**ALTERNATIVAS BOTÁNICAS A LOS ANTIBIÓTICOS
PARA USO EN LA PRODUCCIÓN DE PAVOS**

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico tesis con mucho cariño a Mis padres, Santiago y Margarita, ellos fueron el motivo y centro de mi esfuerzo, mi motivación para surgir y llegar a cumplir las metas trazadas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por su gran amor y bondad, por guiarme por el buen camino, librándome de todo peligro.

En segundo lugar, a mis padres, ellos me enseñaron hacer las cosas con dedicación y arduo esfuerzo, fueron mi motor y motivo día tras día, incentivándome y aconsejándome para ser una persona útil en la sociedad.

Su confianza puesta en mí, me mantenía firme en mis objetivos y de esa manera logre a cumplirlos.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
II. MARCO TEORICO	4
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DEL PAVO DE ENGORDE	10
MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS PRODUCTOS BOTÁNICOS	11
PROPIEDADES DE LOS FITOBIÓTICOS	12
Propiedades antimicrobianas	12
Propiedades antioxidantes	14
Propiedades sensoriales	15
Efectos sobre los procesos digestivos	16
III. MATERIALES Y METODOS	17
Localización del experimento	17
Preparación de la presentación en polvo de ajo, arándano y cúrcuma	18
Controles del desempeño del pavo en crecimiento	20
Características de la carcasa y determinación del contenido lipídico de la carne de pechuga.	20
Análisis estadístico	21

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Desempeño del pavo en crecimiento	22
Características de carcasa	23
Contenido lipídico y estado antioxidante de la carne	24
V. CONCLUSIONES	26
VI. RECOMENDACIONES	27
Referencias Bibliográficas	28
ANEXOS	33

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. PESO INICIAL DE LOS PAVOS (g) A LAS 6 SEMANAS DE EDAD	33
ANEXO 2. PESOS DE 7 A 10 SEMANAS DE EDAD - AJO	33
ANEXO 3. PESOS DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD - AJO	33
ANEXO 4. PESO DE 7 A 10 SEMANAS DE EDAD – CURCUMA	33
ANEXO 5. PESO DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD – CURCUMA	33
ANEXO 6. PESO DE 7 A 10 SEMANAS DE EDAD – ARANDANO	34
ANEXO 7. PESO DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD – ARÁNDANO	34
ANEXO 8. PESO DE 07 A 10 SEMANAS DE EDAD – ZINC BACITRACINA	34
ANEXO 9. PESO DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD – ZINC BACITRACINA	34
ANEXO 10. PESO DE 07 A 10 SEMANAS DE EDAD – CONTROL	34
ANEXO 11. PESO DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD – CONTROL	35
ANEXO 12. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM- AJO	35
ANEXO 13. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM- AJO	35
ANEXO 14. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM- CURCUMA	36
ANEXO 15. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM- CÚRCUMA	36
ANEXO 16. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM- ARÁNDANO	36
ANEXO 17. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM- ARÁNDANO	37
ANEXO 18. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM- ZINC BACITRACINA	37
ANEXO 19. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM- ZINC BACITRACINA	37
ANEXO 20. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM- CONTROL	38
ANEXO 21. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM- CONTROL	38

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la adición de ajo, arándano y cúrcuma como reemplazo de la bacitracina en las dietas de pavo sobre el rendimiento del crecimiento, las características de la carcasa, el contenido lipídico y el estado antioxidante de la carne. Un total de 50 pavos Hybrid Converter machos de 42 hasta 98 días de edad fueron asignados a 5 tratamientos dietéticos (5 repeticiones por tratamiento y 2 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 y 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 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, curcuma, bacitracina

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of add garlic, blueberry and turmeric to the diet as a replacement for bacitracin in turkey diets on growth performance, carcass traits, lipid content and antioxidant status of meat. A total of fifty 43 to 98 days-old male Hybrid Converter turkeys were allocated to 5 dietary treatments (5 replicates per treatment and 2 birds each) and fed complete isocaloric and isonitrogenous diets. In the control group, no additive ingredients were added, whereas the experimental groups were fed diets with 0.05% de zinc bacitracin, 1% powder garlic, 1% powder blueberry and 1% powder turmeric. The additives had no effect on growth performance and carcass dressing, whereas turkeys fed diets containing garlic, blueberry and turmeric were characterized by lower weight of abdominal fat, lower cholesterol content and less lipid oxidation of the meat, in comparison with meat from turkeys consuming control diet or bacitracin diet.

Keywords: turkey, garlic, blueberry, turmeric, bacitracin

I. 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 comunidad europea desde el año 2006 y en Estados Unidos de América desde el 2017 existen normas prohibitivas para el uso de antibióticos en alimentación animal; sin embargo, todavía se reporta 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 encontrado 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 una variedad de enfermedades, con efectos hipocolesterolémicos, estimulante del crecimiento (Lewis *et al.*, 2003) y propiedades antioxidantes en la carne de pollo (Sallam *et al.*, 2004). En gallinas ponedoras, al evaluar la suplementación de ajo en polvo a razón de 5 y 10 g/kg se disminuyó el colesterol en la yema de huevo (Yalçın *et al.*, 2007), coincidiendo con Chowdhury *et al.* (2002) quienes incluyeron pasta desecada de ajo en niveles de 2, 4, 6, 8 y 10% en dietas de postura. También, pollos de engorde suplementados con 1, 3 y 5% de ajo en polvo, mostraron disminución sérica de triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad e incremento de ácidos grasos polinsaturados en la carne (Choi *et al.*, 2010).

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). A la fecha no se ha informado de la aplicación de pterostilbeno, ni del uso de arándanos en las dietas de pavos de engorde.

El rizoma de *Curcuma longa*, también ha sido objeto de muchas investigaciones, habiéndose determinado su contenido de curcumina y aceites esenciales, de gran actividad antibacteriana contra *Salmonella typhimurium* (García *et al.*, 2017). Se ha determinado que el contenido de curcumina de la cúrcuma oscila entre 4.49 y 12.89%, siendo el rendimiento máximo de curcumina cuando su extracción se hace a temperatura de 60°C, con una molienda de partícula de 0.42 mm, tiempo de mezcla con el disolvente de 30 minutos y la relación de disolvente a comida de 50 (Sogi *et al.*, 2010). La curcumina suplementada a razón de 200 mg/kg de alimento en pollos de engorde puede ser efectiva para reducir la infección por coccidios y podría ser una alternativa dietética para mejorar la salud intestinal (Yadav *et al.*, 2020). En la misma dosis dietaria de 200 mg/kg, en pollos de engorde se mejora la respuesta inmunitaria y la pigmentación de la piel, se disminuye la oxidación lipídica y la deposición de grasa abdominal (Rajput *et al.*, 2013), se 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 de 280 días de edad, bajo condiciones de estrés por calor, se determinó que la suplementación con 150 mg/kg de curcumina mejora 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 dietaria 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; bajo la siguiente hipótesis:

Las alternativas botánicas a los antibióticos: cúrcuma, ajo y arándano, generan similares resultados en el rendimiento productivo del pavo de engorde, y mejores características de carcasa y contenido lipídico de la carne.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar **las** alternativas botánicas a los antibióticos: curcuma, ajo y arándano, sobre el rendimiento productivo del pavo de engorde, características de carcasa y contenido lipídico de la carne.

Objetivos específicos

- Determinar los indicadores de crecimiento del pavo de engorde: peso corporal, ganancias de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.
- Determinar características de carcasa: rendimiento y peso de menudencias y grasa abdominal.
- Determinar el contenido lipídico de la carne: grasa, colesterol y estabilidad oxidativa de las grasas.

II. MARCO TEORICO

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio cuenta con los siguientes antecedentes:

Paredes et al. (2020) evaluaron el efecto de la adición de vitamina C en la dieta de pavos criados en un ambiente hipóxico natural (zona altoandina del Perú, 2750 msnm), sobre el rendimiento productivo, los valores hematológicos, el estado de estrés y la función inmune. Los pavos de engorde (Hybrid Converter) de un día de edad se asignaron a 5 grupos de 5 réplicas. Las aves de los 5 grupos fueron alimentadas con una dieta basal suplementada con 0 (grupo control), 500, 1000, 1500 y 2000 mg/kg de vitamina C durante 91 días. La vitamina C disminuyó los índices de heterófilos/linfocitos ($p < 0,05$). En comparación con el grupo control, la vitamina C a un nivel superior o igual a 1000 mg/kg disminuyó la mortalidad de las aves ($p < 0,05$), redujo el indicador de estrés ($p < 0,05$), aumentó el título de anticuerpos ($p < 0,05$), pero no mejoró los parámetros de crecimiento ($p > 0,05$). En consecuencia, la suplementación dietética con vitamina C podría regular el rendimiento productivo, al disminuir el nivel de mortalidad, promover la función inmune y mejorar el estado de estrés en pavos comerciales, criados en un ambiente hipóxico natural. Estos resultados alientan la producción de carne de pavo comercial en zonas hipóxicas.

Yadav et al. (2020) afirman que los compuestos naturales derivados de plantas podrían ser sustitutos seguros y fáciles de los aditivos químicos, siendo la curcumina uno de los compuestos naturales, procedente del extracto de la planta herbal *Curcuma longa*, conocida por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas que pueden ser efectivas para reducir la infección por coccidios en aves de corral. Por lo que evaluaron los efectos de la curcumina en pollos de engorde Cobb 500 desafiados con *Eimeria* (C) y no desafiados (NC). Las seis dietas de tratamiento a base de maíz y harina de soya se suministraron desde el día 12 al 20 a C y NC aves en un arreglo factorial de 3 x 2: control no desafiado (NCC), NC1100 mg / kg de curcumina, NC 1200 mg / kg de curcumina, control desafiado (CC), C1100 mg / kg de curcumina y C1200 mg / kg de curcumina. Los pollos de engorde en los grupos C se inocularon por vía oral con 50.000 ooquistes de

Eimeria maxima, 50.000 ooquistes de *Eimeria tenella* y 250.000 ooquistes de *Eimeria acervulina* el día 14. Se midieron y registraron la permeabilidad intestinal (día 19), los parámetros de crecimiento y la puntuación de las lesiones intestinales el día 14. 20. El rendimiento del crecimiento y la permeabilidad fueron mayores (P, 0.001) en los grupos NC y C, respectivamente. Sin embargo, no se observó interacción entre dosis mínima de curcuminoides y provocación de cocos en ambos parámetros. Los resultados de las puntuaciones de lesiones y la eliminación de oocistos mostraron una reducción (P, 0,050) en las aves alimentadas con C1200 mg / kg de curcumina en comparación con las alimentadas con C1100 mg / kg de curcumina o CC. El tratamiento con curcumina mostró una mayor producción de GSH (P50.002) y glutatión total (GSH12GSSG) (P50.002) pero una proporción menor de GSH / GSSG (P, 0.001) que el grupo NCC. La cúrcuma mostró algunas respuestas positivas en la capacidad antioxidante, puntuación de lesión, y desprendimiento de oocistos en el presente estudio, lo que sugiere que la curcumina sola o en combinación con otros aditivos alimentarios podría ser una estrategia dietética para mejorar la salud intestinal en pollos de engorde.

Islam et al. (2019) resaltan la necesidad de desarrollar enfoques rentables para modular la microbiota intestinal, promover la salud de las aves y prevenir infecciones en pollos de engorde criados en pastos. Evaluaron la eficacia del arándano silvestre orgánico (*Vaccinium angusti-folium*), como orujo de arándano de arbusto bajo (LBBP) para modular la microbiota intestinal del pollo y los metabolitos sanguíneos con el fin de mejorar la salud y la productividad de las aves. Los pollos de engorde de crecimiento lento se criaron en pastos hasta 64 días para el muestreo después de 2 semanas de tratamiento durante la crianza con 0, 1 y 2% de LBBP en el alimento. Se recolectaron muestras intestinales en diferentes momentos a lo largo del ensayo para cultivo bacteriano y análisis de comunidad microbiana mediante secuenciación del gen 16SrRNA. También se analizaron los sueros sanguíneos en busca de metabolitos en cada tiempo de muestreo. De los 14 phylum bacterianos, predominaron en más del 97% Firmicutes, Proteobacteria, Bacteroidetes y Tenericutes. Bacteroidetes parecían ser reemplazados por Firmicutes con la suplementación de LBBP, con el efecto más notable en el día 64 con 1% de LBBP. La inclusión de LBBP enriqueció a *Lactobacillus*, *Bacteroides* y *Bifidobacterium*, mientras que *Escherichia coli*, *Clostridium Clostridiaceae*, *Helicobacter* y *Enterococcus* mostraron mayor abundancia en las aves de control al final del ensayo. Se aumentó el colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad en pollos de engorde de 14 días. También

se observaron niveles más altos ($P < 0.05$) de fósforo, magnesio y globulina en el día 21, así como de hierro y albúmina en el día 36 en aves alimentadas con LBBP al 1%. A pesar de las limitaciones que consisten esencialmente en aves de muestreo bajo para las mediciones, este estudio indicó que la suplementación dietética de LBBP podría influir positivamente en la microbiota intestinal y los metabolitos sanguíneos que pueden contribuir a la salud general de los pollos de engorde criados en pastos.

Hang et al. (2018) determinaron los efectos de los curcuminoides dietéticos sobre el rendimiento del crecimiento, la calidad de la carne, los valores de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) en el plasma y la carne cruda, y el perfil de ácidos grasos de la carne de pollo. La dieta basal a base de maíz-soja se utilizó como control negativo. Las dietas experimentales comprendieron la dieta basal suplementada con curcumina extraída de oleoresina de cúrcuma para proporcionar 20, 40, 60 y 80 mg/kg de curcuminoides (CUR-20, CUR-40, CUR-60 y CUR-80, respectivamente). Finalmente, las canales envasadas al vacío se almacenaron congeladas a -20°C . Los curcuminoides provocaron cambios en los valores de TBARS y la composición de ácidos grasos de la carne de la pechuga y el muslo, aumentó significativamente la proporción de filete de pechuga ($P = 0.037$) y el color amarillento de la piel tanto de la pechuga ($P = 0.016$) como del muslo ($P = 0.023$). Los curcuminoides exhibieron propiedades antioxidantes, pero su efecto no dependió de la dosis. Los tratamientos CUR-20 y CUR-40 aumentaron el contenido de ácido linoleico, pero disminuyeron el contenido de C22: 6n-3 (DHA) de la carne de la pechuga. El tratamiento con CUR-60 inhibió la oxidación (medida por TBARS) en la carne de pollo, pero no tuvo ningún efecto sobre la proporción de DHA en la carne de la pechuga o del muslo. La autooxidación ocurrió en la carne de la pechuga, pero no en la carne del muslo durante los 3 meses de almacenamiento congelado. El presente estudio mostró que un nivel adecuado de curcuminoides en la dieta de pollos de crecimiento lento fue de 60 mg / kg.

Skiepkó et al. (2016) determinaron el efecto de la adición de licopeno para curar la carne de pavo en el perfil de ácidos grasos, colesterol total, contenido de vitaminas y TBARS de los productos finales. El material analizado comprendía 64 músculos de pechuga, de los cuales 16 (RBM) se transportaron inmediatamente a un laboratorio. Otros 16 (UBM) fueron tratados térmicamente en un horno de vapor de convección, y 32 músculos se curaron durante 3 días en dos tipos de mezcla de curado: sin (CBM) y con (CBM + Lyc)

extracto de piel de tomate estandarizado al 5% de contenido de licopeno. Una vez completado el curado, las muestras se cocieron al vapor y se asaron a la parrilla en las mismas condiciones que las muestras crudas. El análisis estadístico demostró el contenido medio más alto ($P \leq 0.01$) de vitamina A ($0.07 \mu\text{g} / \text{g}$) en músculos helados. El contenido de vitamina E fue menor ($P \leq 0.01$) en las muestras de UBM que en CBM + Lyc y RBM. El valor de TBARS fue el más bajo ($P \leq 0.01$) en los músculos de RBM ($0.35 \text{ mgMDA} / \text{kg}$ de carne). Aunque no hubo diferencias entre los productos, se encontraron TBARS más bajos en las muestras de CBM + Lyc. El contenido de colesterol fue mayor ($P \leq 0.01$) en los productos CBM + Lyc que en el RBM y UBM. Las muestras de RBM contenían ($P \leq 0.01$) la menor cantidad de ácidos grasos saturados, monoinsaturados e hipercolesterolémicos, y la más alta de ácidos grasos insaturados, poliinsaturados e hipocolesterolémicos. Las muestras de CBM + Lyc contenían ($P \leq 0.01$) menos ácidos grasos hipercolesterolémicos y más hipocolesterolémicos que el grupo CBM. También se encontraron relaciones más altas ($P \leq 0.01$) de ácidos grasos insaturados / saturados e hipocolesterolémicos / hipercolesterolémicos en los productos CBM + Lyc. El estudio demostró que la tecnología de procesamiento utilizada causaba una reducción ($P \leq 0.01$) del contenido de PUFA n-3 y n-6. Los hallazgos sugieren que la adición de licopeno en el proceso de curado de la carne y el tratamiento térmico en la industria cárnica no cambia el contenido de vitaminas y colesterol ni el valor TBARS en los productos cárnicos de pavo. No obstante, el licopeno se puede utilizar para aumentar el contenido de ácidos grasos hipocolesterolémicos esenciales y disminuir el contenido de ácidos grasos hipercolesterolémicos saturados.

Varmaghany et al. (2015) estudiaron los efectos del bulbo de ajo en la dieta sobre los parámetros hematológicos, la incidencia de ascitis y el rendimiento de crecimiento de pollos de engorde susceptible a la ascitis tanto en condiciones de temperatura estándar (STC) como en condiciones de temperatura fría (CTC). Se asignó un total de 336 pollos de engorde machos de un día de edad a 4 grupos experimentales con 4 réplicas de 21 aves cada uno bajo STC. Además, se utilizó el mismo agrupamiento con otras 336 aves para CTC. Bajo CTC, las aves fueron expuestas a temperaturas frías para la inducción de ascitis. Los grupos experimentales se definieron mediante la inclusión de 0 (control), 5, 10 o 15 g/kg de bulbos de ajo en las dietas tanto en STC como en CTC. Se evaluó el rendimiento del crecimiento, la presión arterial sistólica (como medida de la presión arterial sistémica), los parámetros fisiológicos y bioquímicos, así como los índices según

las citas (ventrículo derecho [VD], peso total del ventrículo [TV] y VD / VT). El peso corporal final disminuyó cuadráticamente ($P = 0,003$), con el aumento de los niveles de bulbo de ajo en las dietas bajo STC. El índice de conversión alimenticia no mostró diferencias significativas entre todos los grupos bajo STC y CTC. No se observaron diferencias significativas en la mortalidad total y la mortalidad relacionada con la ascitis en todos los grupos bajo STC, aunque la mortalidad total (L: $P = 0,01$; Q: $P = 0,001$) y la mortalidad relacionada con la ascitis (L: $P = 0,007$; Q: $P = 0,001$) fueron significativamente diferentes entre las dietas bajo CTC. Bajo STC, la presión arterial sistólica, el volumen de células empaquetadas, la hemoglobina, RV, TV y RV / TV no variaron significativamente entre las dietas. Sin embargo, el recuento de glóbulos rojos y la fragilidad eritrocitosmótica disminuyeron linealmente ($P < 0,005$) con el aumento de los niveles de bulbo de ajo en las dietas bajo STC. Bajo CTC, la presión arterial sistólica, el volumen de células empaquetadas, el recuento de glóbulos rojos y la fragilidad osmótica de los eritrocitos disminuyeron ($P < 0,05$) con niveles crecientes de ajo. Se concluye que la inclusión de 5 g / kg de bulbo de ajo en las dietas de pollos de engorde susceptibles tiene un efecto antihipertensivo sistémico y podría disminuir la incidencia de ascitis sin afectar el rendimiento de los pollos de engorde.

Yarru et al. (2009) evaluaron la eficacia de la curcumina, un antioxidante que se encuentra en la cúrcuma (*Curcuma longa*) en polvo (TMP), para mejorar los cambios en la expresión génica en el hígado de pollos de engorde alimentados con aflatoxina B1 (AFB1). Se asignaron cuatro réplicas de 5 pollos cada uno a cada uno de los 4 tratamientos dietéticos, que incluían lo siguiente: A) dieta basal que no contenía AFB1 o TMP (control), B) dieta basal suplementada con TMP (0,5%) que suministró 74 mg / kg de curcumina, C) dieta basal suplementada con 1.0 mg de AFB1 / kg de dieta, y D) dieta basal suplementada con TMP que suministró 74 mg / kg de curcumina y 1.0 mg de AFB1 / kg de dieta. La aflatoxina redujo ($P < 0,05$) la ingesta de alimento y la ganancia de peso corporal y aumentó ($P < 0,05$) el peso relativo del hígado. La adición de TMP a la dieta AFB1 mejoró ($P < 0,05$) los efectos negativos de AFB1 sobre el crecimiento y el peso del hígado. Al final del período de tratamiento de 3 semanas, se recolectaron hígados (6 por tratamiento) para evaluar los cambios en la expresión de genes involucrados en la función antioxidante [catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa (GPx), glutatión S-transferasa (GST)], biotransformación [epóxido hidrolasa (EH), citocromo P450 1A1 y 2H1 (CYP1A1 y CYP2H1)], y el sistema inmunológico [interleucinas 6 y 2

(IL-6 e IL-2)]. No hubo diferencia estadística en la expresión génica entre los 4 grupos de tratamiento para los genes CAT e IL-2. La disminución de la expresión de los genes SOD, GST y EH debida a AFB1 se alivió con la inclusión de TMP en la dieta. El aumento de la expresión de los genes IL-6, CYP1A1 y CYP2H1 debido a AFB1 también se alivió con TMP. El estudio actual demuestra los efectos protectores parciales de la TMP sobre los cambios en la expresión de genes antioxidantes, biotransformativos y del sistema inmunológico en hígados de pollos alimentados con AFB1. La aplicación práctica de la investigación es la suplementación de TMP en las dietas para prevenir o reducir los efectos de la aflatoxina en pollos alimentados con dietas contaminadas con aflatoxinas.

Kim et al. (2009) compararon las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los músculos del muslo de pollo de pollos de engorde alimentados con diferentes niveles de bulbo de ajo (GB) y cáscara de ajo (GH). Doscientos pollos de engorde Arbor Acres machos fueron alimentados con una dieta de control (basada en harina de maíz y soja) o con la dieta de control suplementada con 2 y 4% de GB y GH en polvo durante 5 semanas. La suplementación dietética con GB y GH resultó en un contenido de proteína significativamente mayor y un contenido de grasa menor en el músculo del muslo de pollo en comparación con el músculo de las aves alimentadas con dietas no suplementadas ($P < 0,05$). El aumento del nivel de suplementación con ajo resultó en valores más bajos de la fuerza de corte y de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico ($P < 0,05$). La suplementación dietética con ajo condujo a una disminución de los niveles de colesterol total y de lipoproteínas de baja densidad en la sangre de los pollos de engorde, y el mayor nivel de suplementación con ajo disminuyó los ácidos grasos saturados y aumentó los niveles de ácidos grasos insaturados (%) en el músculo del muslo de los pollos de engorde ($P < 0,05$). Los panelistas sensoriales registraron mayores puntuaciones de dureza y sabor en las muestras con suplementos dietéticos de ajo ($P < 0,05$). Estos datos sugieren que complementar las dietas de pollos de engorde con ajo puede producir carne de pollo con perfiles de lípidos favorables. Por tanto, el tratamiento con efectos más significativos en este estudio fue el de alto nivel de cáscara de ajo.

Chowdury et al. (2002) evaluaron el potencial del ajo dietético para influir en las concentraciones de colesterol de la yema de huevo y el rendimiento general en diferentes líneas de ponedoras. Treinta y seis gallinas de 28 semanas de edad, Hisex Brown, Isa Brown, Lohmann, Starcross, Babcock y Starcross-579 (seis gallinas por cepa) fueron

alimentadas con dietas suplementadas con 0 (control), 2, 4, 6, 8 o 10 % de pasta de ajo secada al sol durante 6 semanas. No hubo diferencias ($P > 0.05$) entre las dietas o cepas en el peso del huevo, la masa del huevo, el consumo de alimento, la eficiencia alimenticia y la ganancia de peso en promedio durante 6 semanas. El peso de la yema, sin embargo, respondió cuadráticamente con niveles crecientes de ajo en la dieta y difirió entre las cepas ($P < 0.05$). La producción de huevos y el peso de la yema fueron significativamente más altos en la cepa Babcock en comparación con otras cepas. Las concentraciones de colesterol en suero y yema de huevo disminuyeron linealmente ($P < 0.05$) al aumentar los niveles de ajo en la dieta. Las concentraciones de colesterol en suero y yema de huevo también difirieron entre las diferentes cepas ($P < 0.05$). Se concluyó que la pasta de ajo en las dietas de las gallinas ponedoras reducía las concentraciones de colesterol en suero y yema. También se concluyó que la pasta de ajo dietética no tenía efectos adversos sobre el rendimiento de las ponedoras.

NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DEL PAVO DE ENGORDE

La anatomía y fisiología de los distintos órganos y tejidos difiere entre pavos y pollos y algunas de estas diferencias deben ser tenidas en cuenta a la hora de formular raciones. Por ejemplo, las estirpes actuales de pavos se caracterizan por su amplia pechuga y alto porcentaje de masas musculares, por lo que precisan que la relación proteína: energía sea mayor que en pollos durante las primeras semanas de vida. Por otra parte, la carne de pavos contiene más proteína y por tanto más aminoácidos que la carne de pollo y su contenido en grasa y en colesterol es inferior. Además, la relación peso corporal: aplomos está descompensada por lo que debe prestarse atención al mantenimiento de niveles adecuados de macrominerales y oligoelementos relacionados con el crecimiento y el desarrollo armónico del tejido óseo. A este particular, existen datos que indican que los jugos gástricos del pavito joven tienen una deficiente capacidad de acidificación del contenido digestivo y por tanto la solubilización de las fuentes minerales de fósforo, y probablemente de calcio son inferiores a lo esperado. De aquí, que la disponibilidad del P en los distintos fosfatos comerciales sea muy variable y a menudo inferior a la obtenida en pollitos de edades similares. Por tanto, las dietas de pavos precisan tener en cuenta estas diferencias a fin de maximizar la producción de carne (González et al., 2018).

Drazbo et al. (2019) manifiestan que los requerimientos nutricionales, como proteínas y aminoácidos esenciales de los pavos deben cumplirse por completo para maximizar el rendimiento; por lo que la concentración de proteínas en las dietas de pavos en la primera etapa de crianza debe ser del 28%, requiriendo el uso de alimentos caracterizados por su alta disponibilidad y valor biológico, pero que no generen impactos ambientales.

MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS PRODUCTOS BOTÁNICOS

En general, los productos botánicos, también denominados fitobióticos, contienen compuestos vegetales primarios y secundarios. Los compuestos primarios se consideran los principales nutrientes (proteínas, grasas y carbohidratos), mientras que los secundarios se describen como AE, colorantes y compuestos fenólicos. Aunque los mecanismos precisos de la acción antimicrobiana de los fitobióticos aún no se han dilucidado, algunos mecanismos sugeridos para ser responsables de sus propiedades beneficiosas incluyen: 1) interrupción de la membrana celular de los patógenos; 2) modificación de la superficie de las células que afectan a la hidrofobicidad y, por lo tanto, su capacidad de virulencia; 3) estimulante del sistema inmune, específicamente la activación de linfocitos, macrófagos y células NK; 4) proteger la mucosa intestinal de la colonización de patógenos bacterianos; y 5) promover el crecimiento de bacterias beneficiosas como *Lactobacilos* y *Bifidobacterias* (Windisch y Kroismayr, 2006).

Entre los fitobióticos, los aceites esenciales han ganado más atención debido a su propiedad antimicrobiana atribuida y propiedades promotoras del crecimiento. Los aceites esenciales son compuestos obtenidos por destilación o extracción con solventes de plantas aromáticas, hierbas o especias (Yang et al., 2009). Muchos AE contienen múltiples componentes activos, y estos componentes se usan principalmente para protegerse las plantas de daños causados por insectos y bacterias. Cada componente puede tener un mecanismo diferente de acción y estos componentes pueden funcionar sinérgicamente. Por lo tanto, el mecanismo de acción de las OE se basa en la composición de sustancia química. Como ejemplo, las moléculas análogas que incluyen timol y carvacrol pueden ejercer efectos antimicrobianos similares, pero el mecanismo de acción difiere debido a las diferencias en la ubicación del grupo hidroxilo. De manera similar, el limoneno y el p-cimeno varían en la ubicación del grupo alquilo y, por lo tanto, la eficacia antimicrobiana (Dorman y Deans, 2000). Es difícil de predecir la eficacia de las AE,

porque los componentes activos presentes en los AE pueden variar según el método de extracción, origen geográfico, genotipo de la planta, la temporada de cosecha y la duración del almacenamiento (Wenk, 2006).

Se conocen más de 3.000 aceites esenciales, 300 que son comercialmente importantes y utilizados en productos farmacéuticos, agronómicos, alimenticios, sanitarios, cosméticos y las industrias de perfumes como alternativas efectivas o complementos a los compuestos sintéticos (Bakkali et al., 2008). Recientemente, la industria alimentaria y los productores de animales tienen interés en el uso de AE, no solo por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, sino también por sus efectos antimicrobianos, coccidiostáticos, antihelmínticos y antivirales. Múltiples aceites, incluidos carvacrol (CAR), timol (THY) obtenido de orégano (*Origanum glandulosum*) o eugenol (EUG) obtenido de los dientes del árbol del clavo (*Eugenia caryophyllus*), se informa que inhiben muchos agentes patógenos bacterianos (Applegate et al., 2010; en vista de estos estudios, los aceites también se están evaluando para mejorar la calidad microbiológica de los alimentos cuando se usan como aditivos.

Los AEs están ganando más interés en nutrición orgánica y convencional de aves de corral, centrándose principalmente en la mejora de las funciones intestinales. Los efectos positivos en el tracto digestivo incluyen estabilizar la microflora, que mejora la utilización y absorción de nutrientes. Los AE mejoran la utilización y absorción de nutrientes al aumentar la actividad de las enzimas digestivas, incluida la tripsina y amilasa (Jang et al., 2004). Además, los componentes activos aumentan las secreciones intestinales de moco, que impide la adhesión de patógenos (Jamroz et al., 2006).

PROPIEDADES DE LOS FITOBIÓTICOS

Propiedades antimicrobianas

Para lograr los efectos beneficiosos asociados con los APC en la producción avícola, es necesario comprender el mecanismo de acción involucrado en la mejora del rendimiento y su actividad antimicrobiana. La mayoría de los efectos beneficiosos de los APC están relacionados con la incidencia reducida de infecciones subclínicas (Brennan et al., 2003). Además, de la estabilidad de la ecología microbiana de los APC, se ha informado que alivia los problemas asociados con la producción microbiana de toxinas, incluido el

adelgazamiento de la pared intestinal, la supresión de inflamación y la reducción de bioaminas y toxinas producidas por bacterias (Knarreborg et al., 2004).

Los estudios que utilizan métodos *in vitro* han demostrado actividad antimicrobiana que algunas plantas y los extractos tienen contra bacterias patógenas que incluyen orégano (carvacrol), tomillo (timol), clavo (eugenol), mostaza (alisotiocianato), canela (cinamaldehído) y ajo (alicina) (Kollanoor et al., 2012). Sin embargo, la mayoría de los efectos microestáticos y microbicidas reportados aún no están claros y las discrepancias con respecto a su espectro de actividad, potencia y aplicaciones están en debate (Delaquis et al., 2002).

Entre los patógenos transmitidos por los alimentos a través del consumo de productos avícolas, se tienen *Salmonella enterica* y *Campylobacter jejuni*, que son los agentes infecciosos más comunes (Heres et al., 2004). Reducir la colonización por *Salmonella Enteritidis* y *C. jejuni* en el tracto intestinal del pollo sigue siendo un gran desafío. El objetivo de muchos estudios fitobióticos ha sido para reducir los patógenos zoonóticos, pero la información disponible sobre los efectos y el impacto fisiológico de estos compuestos activos en el rendimiento de los animales aún es escasa. Eso es obvio, aunque estos compuestos pueden ser activos contra patógenos, no serían aceptables si el rendimiento de producción disminuyera. En pollos, el primer sitio de colonización de *Salmonella Enteritidis* y *C. jejuni* es el ciego, que puede provocar transmisión horizontal, contaminación de las cáscaras de huevo con heces, y contaminación de la carcasa durante el procesamiento (Gantois et al., 2009). Debido a que el ciego está en el extremo posterior del tracto gastrointestinal, los fitobióticos deben retener su actividad durante el tránsito a través de todo el sistema gastrointestinal. Algunos estudios concluyen que la propiedad antimicrobiana se reduce o elimina mientras se mueve a través del tracto gastrointestinal (Meunier et al., 2006).

Hay varios compuestos activos presentes en los AE, por lo que aclarando los mecanismos activos de los antimicrobianos puede ser difícil. Una propiedad antimicrobiana se atribuye a la naturaleza hidrofóbica de los AE, que interrumpe la membrana celular de las bacterias. Otros componentes no fenólicos, incluidos los grupos funcionales, se ha demostrado que es la aromaticidad que tiene actividad antimicrobiana. Se ha informado que la invasión y motilidad de *Salmonella* en las células epiteliales intestinales aviares

fueron inhibidas sustancialmente por el trans-cinamaldehído. y eugenol (Bowles y Miller, 1993).

Los AE tienden a ser más efectivos contra bacterias grampositivas que las bacterias gramnegativas (Burt, 2004). Los compuestos fenólicos presentes en los AE no pueden penetrar en la pared del lipopolisacárido de las células gramnegativas. Pero la membrana externa de las bacterias gramnegativas no es totalmente impermeable y las moléculas hidrofóbicas pueden atravesarla. Los AE extraídos de albahaca, salvia, hisopo, romero y orégano han demostrado un amplio espectro antibacteriano contra la mayoría de los grampositivos y bacterias gramnegativas evaluadas in vitro. Además, múltiples experimentos in vivo han reportado actividad antimicrobiana de fitobióticos como aditivos para piensos, observándose una disminución de coliformes cecales en aves tratadas con aceite de tomillo después de una infección por colisepticemia, lo que sugiere un efecto protector después de la administración del aceite. Sin embargo, la susceptibilidad de cada especie de bacteria es diferente (De Martino et al., 2009).

Las propiedades beneficiosas de los metabolitos presentes en las plantas y los AE están bien documentadas. En nutrición de pollo, se ha demostrado que algunos fitobióticos favorecen el crecimiento bacteriano beneficioso mejorando la digestión de nutrientes, mejorando el peso corporal (Hernández et al., 2004). Se sugiere el papel potencial de productos derivados de la uva que incluyen extracto de semilla de uva como aditivo alimenticio debido a la capacidad de los productos para favorecer el crecimiento de grupos específicos de bacterias beneficiosas. Utilizando nuevas técnicas moleculares, este mismo estudio reportó un aumento de la diversidad de bacterias y poblaciones de *Lactobacillus* cuando se incluyó extracto de semilla de uva a 7,2 g / kg en la dieta del pollo con extractos de yerba mate, aumentando el crecimiento de *Lactobacillus* y *Pediococcus* como antimicrobianos contra *Salmonella* y *Campylobacter* (González-Gil et al. 2014).

Propiedades antioxidantes

Metabolismo lipídico y efectos hipocolesterolémicos, también han sido reportados acerca del limoneno en la síntesis de colesterol, similar al timol, carvacrol y la β -ionona que tienen un efecto regulador de los productos sin esteroides (Case et al., 1995).

La oxidación de lípidos ocurre durante el procesamiento de la carne, la cocción y el almacenamiento refrigerado, lo que afecta la calidad de los productos alimenticios porque pierden el color, el olor y sabor deseados y acortan la vida útil (Maraschiello et al., 1998). El efecto antioxidante de los AE se atribuye a sus propiedades redox, estructura química y principalmente a la presencia de grupos fenólicos (Brenes y Roura, 2010). Estudios que prueban la efectividad de ciertas plantas aromáticas como el romero, el orégano, la salvia y las especias, incluida la canela pueden retrasar el proceso de peroxidación de lípidos en aceites y ácidos grasos. El alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados en productos avícolas precocinados y listos para comer lo hace particularmente susceptible al deterioro oxidativo. Hierbas como el romero, catequinas del té (Tang et al., 2000) estabilizan la carne de pollo cruda y precocida durante el almacenamiento en refrigeración (Mirshekar et al., 2009).

Los nutricionistas avícolas también están interesados en las propiedades antioxidantes de ciertas plantas y AE que podría mejorar la calidad de la carne. Semilla de uva y el concentrado de orujo de uva se ha sugerido como prometedores aditivos debido a sus efectos antioxidantes como captadores de radicales libres (Chamorro et al., 2013). Sin embargo, algunos de estos productos botánicos pueden afectar la calidad sensorial de la carne.

Propiedades sensoriales

La palatabilidad de los fitobióticos es un factor importante para considerar. Algunas hierbas y especias tienen una influencia positiva en el consumo de alimento debido al aumento de la palatabilidad y, así, mejorar la tasa de crecimiento (Brenes y Roura, 2010). Sin embargo, algunos fitobióticos tienen un efecto negativo en la ingesta total de alimento debido a fuertes sabores (González-Gil et al. 2014).

En cuanto al consumo, el olor a fitobióticos promueve la estimulación oronasal, el tracto gastrointestinal comienza a prepararse para la recepción de alimentos, incluido el aumento de las secreciones digestivas, favoreciendo la motilidad intestinal y la protección del epitelio intestinal. Pero la sensibilidad del sistema de somatosensibilidad es diferente entre especies. En producción avícola el estudio del efecto de los sabores ha no recibió tanta atención, porque la respuesta a los sabores es menos notable en comparación con

otros animales como los cerdos. Los estudios en cerdos mostraron la respuesta negativa a algunos AE, incluida la capsaicina, cinamaldehído, carvacrol o ácido fórmico, ya que provocan rechazo de alimento. Se ha observado una reducción en el consumo de alimento durante las primeras dos semanas de edad cuando el aceite de timol se agregó a la alimentación de gallinas jóvenes. Del mismo modo, se informó supresión en la ingesta en pollitos cuando se agregaron hojas de mejorana a la dieta (Ali, 2014)

Efectos sobre los procesos digestivos

El modo exacto de acción de los aditivos en alimento que promueve el crecimiento aún se desconoce. Sin embargo, se sugiere que la interacción de los promotores de crecimiento con la comunidad de microbiota intestinal puede dar como resultado su óptima estabilización y, por lo tanto, mejor uso de nutrientes para mejorar el crecimiento. Del mismo modo, el uso de AE como los suplementos en las dietas de engorde pueden conducir a cambios en la población microbiana mejorando el crecimiento de bacterias ácido lácticas, incluyendo *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* y, por lo tanto, disminuyen el pH del TGI. La actividad enzimática óptima depende del pH y, debido a que los AE pueden reducir el pH, se puede mejorar la descomposición del alimento (Tiihonen et al., 2010).

También hay evidencia de actividad beneficiosa de AE sobre otros factores del proceso de digestión. Los AE mejoran la actividad de las enzimas digestivas como tripsina y amilasa y también sales biliares. Además, se ha informado que los AE mejoran la función hepática y aumentan la concentración de enzimas pancreáticas digestivas. Del mismo modo, se ha informado que la curcumina, la capsaicina y la piperina estimulan actividades enzimáticas digestivas del páncreas. Se demostró la eficiencia de los AE de cinamaldehído para mejorar la digestión de grasas en pollos de engorde (Platel y Srinivasan, 2004).

III. MATERIALES Y METODOS

Localización del experimento

El experimento se realizó en la granja avícola de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. ubicado en el distrito y provincia de Cajamarca, cuyos datos meteorológicos son los siguientes:

Altitud de 2720 m.s.n.m

Latitud sur 4°33'7"

Latitud oeste 78°42' 27"

Temperaturas promedio de 13 a 20 °C

Humedad Relativa de 68 %

Clima frío y seco, la temporada de lluvias es de diciembre a marzo.

Fuente: SENAMHI, Cajamarca. 2019.

Preparación de la presentación en polvo de ajo, arándano y cúrcuma

El ajo (*Allium sativum*) fue adquirido del mercado de abastos de Cajamarca, 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). Finalizado el deshidratado se procedió a moler con un equipo de molienda micronizada con criba de 0.3mm. Del mismo modo, se adquirió arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) variedad Biloxi proveniente 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 y Arteaga, 2016). Luego se procedió al pulpeado, desecándose la pulpa a la estufa a 85°C x 24 horas y se obtuvo el polvo de arándano, al ser molido a través de una malla de 2 mm. La cúrcuma se compró en uno de los mercados de abastos de Cajamarca, como rizomas frescos, luego 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 en corrales sobre viruta hasta las 14 semana de edad en la granja avícola de la Universidad Nacional de Cajamarca, con un ambiente controlado, libre acceso a alimento y agua. Los programas de temperatura e iluminación fueron consistentes con las recomendaciones de Hybrid Turkeys (2013).

El estudio se inició con pavos de la línea Hybrid Converter, de 1 día de edad, obtenidos de la empresa Gramogen ubicada en Lima, Perú y trasladados al valle de Cajamarca vía aérea, 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, los pavos fueron sexados y los 50 machos fueron asignados a 5 tratamientos dietéticos (con 5 réplicas por tratamiento y 2 aves por réplica), que diferían en la inclusión del antibiótico o fitobiótico. Hubo un grupo control (C), que no contenía ni bacitracina ni fitobiótico, mientras que los otros grupos fueron alimentados con dietas que contenían adicionalmente 500 mg/kg de Baczin (Tratamiento BZ), ajo en polvo 10g/kg (Tratamiento AJP), arándano en polvo 10 g/kg (Tratamiento ARP) y

cúrcuma en polvo 10 g/kg (Tratamiento CCP). Las dietas se prepararon en la fábrica de piensos “San Francisco” en la provincia de Pacasmayo (Perú). Por tanto, todas las dietas fueron las mismas, isocalóricas, isonitrogenadas y contenían las mismas cantidades de aminoácidos, minerales y vitaminas. El valor nutricional de las dietas fue consistente con los requerimientos de nutrientes de los pavos (Hybrid Turkeys, 2013). El Cuadro 1 presenta la composición y contenido nutricional de las dietas utilizadas en este estudio. Baczin fue adquirido de la distribuidora Montana SA, y contiene 10% de zinc bacitracina.

Se aplicó un programa de alimentación con 3 fases. Las dietas del primer período (1 a 42 d) fueron ofrecidas en forma de harina de manera general para todos los pavos y conteniendo 0,05% de Baczin. Las dietas ofrecidas en los períodos posteriores (43 a 70 d y 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*.

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

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

²Cada 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.

Controles del desempeño del pavo en crecimiento

Al final de cada período de 4 semanas, el peso corporal (PC) de los pavos y la ingesta de alimento fueron registrados, y cada corral de 2 aves se consideró 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.

Características de la carcasa y determinación del contenido lipídico de la carne de pechuga.

Al finalizar el experimento, a los 98 días de edad, 5 aves por tratamiento fueron sacrificados en la planta procesadora de la misma granja experimental. Las aves fueron desangradas por un corte unilateral en el cuello que secciona la arteria carótida derecha y la vena yugular. Después de un período de sangrado de 3 minutos, las aves fueron escaldadas a 60 ° C durante 60 s, desplumados y eviscerados manualmente. Retirándose vísceras no comestibles: intestinos, proventrículo, vesícula biliar, bazo, esófago y buche

completo, y vísceras comestibles: corazón, molleja, hígado y la grasa abdominal. Se consideró como carcasa las partes comestibles del pavo, incluido la grasa abdominal. Después de un enfriamiento de 45 minutos, la carcasa entera y separada de grasa abdominal, corazón, molleja e hígado fueron pesados. Los pesos de órganos fueron calculados en relación con el peso corporal vivo y expresado como porcentaje.

Una muestra de pechuga de 5 g cada una se tomó de cada pavo beneficiado y se congeló a -20°C 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 mg de malondialdehído (MDA) por kg de carne.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los parámetros de rendimiento, un solo corral se consideró como una unidad experimental ($n=5$). Para análisis de características de la canal y contenido lipídico de la carne, las aves individuales se consideraron unidades experimentales. 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 de acuerdo a ANOVA utilizando el procedimiento Modelo Lineal General del Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 2000). Cuando se observó un efecto significativo del tratamiento, se utilizó la prueba de Tukey para determinar las 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.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desempeño del pavo en crecimiento

Los efectos de la adición dietaria 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 observan efectos positivos del antibiótico ni de los fitobióticos sobre el rendimiento del crecimiento durante el período experimental. 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.

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	p
	Control	ZB	AJP	AAP	CCP		
PC inicial (kg)	2.19	2.20	2.18	2.15	2.16	0.005	0.758
PC final (kg)	11.20	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,

De acuerdo con el presente estudio, algunos autores (Varmaghany *et al.*, 2015; Chowdhury *et al.*, 2002) 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 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 encontraron Ruan *et al.* (2019) con la suplementación dietética de curcumina (200 a 800 mg/kg) sin afectar el rendimiento del pato Pekín de 21 días de edad. Nouzarian *et al.* (2011) obtuvieron resultados similares en pollos de engorde Ross, quienes encontraron que la inclusión dietaria de 3.3, 6.6 ó 10 g/kg de cúrcuma en polvo

no afectó los indicadores de crecimiento. Chen *et al.* (2020), no encontraron diferencias en el GMD, IDA e ICA de pollos Ross de 21 días de edad suplementados con 400 mg/kg de pterostilbeno, componente activo del arándano.

Cada uno de los fitobióticos evaluados tienen componentes activos con propiedades específicas; sin embargo, no mostraron en la presente investigación 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 el componente intermedio e inestable del ajo y la curcumina de la cúrcuma, tienen efectos notables sobre la inmunidad humoral mejorando 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 antioxidante a nivel hepático (Chen *et al.*, 2020). En contraste, Horn *et al.* (2016) suplementó pollos de engorde por sonda oral diaria durante un período de 6 días, con fitoquímicos activos y estables de ajo, 2.51 mg de disulfuro de dialilo y trisulfuro de dialilo por kg de peso corporal, mejorando el rendimiento del crecimiento, la morfología ileal y la digestibilidad de los nutrientes del tracto total. 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 sugerir que la bacitracina es un aditivo prescindible en la alimentación de pavos luego de una fase inicial de 42 días de ingesta dietaria del antibiótico.

Características de carcasa

La inclusión de AJP, ARP y CCP en las dietas de pavo no afectó el porcentaje de rendimiento de la carcasa, 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, en comparación con los demás tratamientos. La grasa abdominal fue menor en los pavos de los grupos ARP y CCP en relación al de los grupos control y ZB.

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	p
	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
RC (%)	84.09	84.91	84.15	84.29	84.52	0.082	0.542
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

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

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.

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; tal como se observa cuando se incrementa 2% de fibra cruda en la dieta del pavo, incrementándose el peso de la molleja de 0.63 a 0.78% en relación al peso vivo (Drazbo *et al.*, 2019). El peso relativo del hígado concuerda con el peso encontrado por Chen *et al.* (2020) quienes no encontraron 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 dietética con bacitracina, ajo, arándano y cúrcuma 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 el músculo de pavos alimentados con dietas no suplementadas, con bacitracina, arándano y cúrcuma ($P < 0,05$). 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 negativo y dieta con ZB.

Cuadro 4. Efecto de las dietas con bacitracina, ajo, arándano y cúrcuma sobre 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	0.040
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

Estos resultados son consistentes con los encontrados por Choi *et al.* (2010) en carne de pollos con menor contenido de grasa cuando se suplementó con 1.3 y 5% de ajo en polvo, con disminución de los niveles de MDA en 0.007 y 0.013 mg/kg con 3 y 5% de ajo en polvo. También Chowdhury *et al.* (2002) determinó 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 los bajos niveles de TBARS a la posible ruptura significativa de los hidroperóxidos inmediatamente de producido el sacrificio de las aves.

V. CONCLUSIONES

- El pavo de engorde entre 43 a 98 días de edad, luego de una fase alimenticia inicial con 0.05% de zinc bacitracina no requiere en su dieta la inclusión de este antibiótico ni de ningún fitobiótico evaluado en el presente estudio, para mejorar su rendimiento productivo.
- 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.
- Del mismo modo 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.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar evaluando fitobióticos y plantas producidas en la región andina, determinando sus propiedades medicinales, útiles en la producción de aves en zonas geográficas altas.
- Determinar químicamente los compuestos alcaloides y benéficos de las diferentes alternativas botánicas para su uso diverso en el sector rural.

Referencias Bibliográficas

1. Ali, A. H. H. 2014. Productive performance and immune response of broiler chicks as affected by dietary marjoram leaves powder. *Egypt. Poult. Sci.* 34:57–70.
2. 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 Science*, In press. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.07.033>.
3. Applegate, T. J., V. Klose, T. Steiner, A. Ganner, and G. Schatzmayr. 2010. Probiotics and phytochemicals for poultry: Myth or reality?. *J. Appl. Poult. Res.* 19:194–210.
4. AOAC. 2007. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
5. 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. *Scientia Agropecuaria* 7 (3): 191 - 200. doi: 10.17268/sci.agropecu.2016.03.05.
6. Bartkiene E, Ruzauskas M, Bartkevics V, Pugajeva I, Zavistanaviciute P, Starkute V, Zokaityte E, Lele V, Dauksiene A, Grashorn M, Hoelzle LE, Mendybayeva A, Ryshyanova R, Gruzauskas R. 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 Science* 99: 4065-4076. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.002>.
7. 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 Science* 98: 4777-4786. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez193>.
8. Bowles, B. L., and A. J. Miller. 1993. Antibacterial properties of selected aromatic and aliphatic aldehydes. *J. Food Prod.* 56: 788–794.
9. Brenes, A., and E. Roura. 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Anim. Feed Sci. Tech.* 158:1–14.
10. Brennan, J., J. Skinner, D. A. Barnum, and J. Wilson. 2003. The efficacy of bacitracin methylene disalicylate when fed in combination with narasin in the management of necrotic enteritis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 82:360–363.
11. Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods: A review. *Int. J. Food Microbiol.* 94:223–253.
12. Case, G. L., L. He, H. Mo, and C. E. Elson. 1995. Induction of geranyl pyrophosphate pyrophosphatase activity by cholesterol-suppressive isoprenoids. *Lipids* 30:357–359.
13. Chamorro, S., A. Viveros, C. Centeno, C. Romero, I. Arija, and A. Brenes. 2013. Effects of dietary grape seed extract on growth performance, amino acid digestibility and plasma lipids and mineral content in broiler chicks. *Anim.* 7:555–561.
14. 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. 2020 *Poultry Science* 99: 3158-3167. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.02>.
15. 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 Science* 89: 1724-1731. doi: 10.3382/ps.2009-00052.

16. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.018>.
17. Chowdhury SR, Chowdhury SD, Smith TK. 2002. Effects of Dietary Garlic on Cholesterol Metabolism in Laying Hens. *Poultry Science* 81: 1856-1862.
18. Daghighian P, Waibel PE. 1982. The efficacy of bacitracin methylene disalicylate and zinc bacitracin in turkey nutrition. *Poultry Science* 61: 962-976.
19. De Martino, L., V. de Feo, and F. Nazzaro. 2009. Chemical composition and in vitro antimicrobial and mutagenic activities of seven lamiaceae essential oils. *Molecules* 14:4213–4230.
20. Delaquis, P. J., K. Stanich, B. Girard, and G. Mazza. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *Int. J. Food Microbiol.* 74:101–109.
21. Diaz-Sanchez S, D'Souza D, Biswas D, Hanning I. 2015. Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry Science* 94: 1419-1430 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev014>.
22. Dorman, H. J. D., and S. G. Deans. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 88:308–316.
23. 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 Science* 98: 6161-6169 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez322>.
24. Fante L, Noreña CPZ. 2015. Quality of hot air dried and freeze-dried of garlic (*Allium sativum* L.). *J Food Sci Technol* 52: 211-220. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1025-8>.
25. Gantois, I., R. Ducatelle, F. Pasmans, F. Haesebrouck, R. Gast, T. J. Humphrey, and F. Van Immerseel. 2009. Mechanisms of egg contamination by *Salmonella* Enteritidis. *FEMS Microbiol. Rev.* 33:718–738
26. García LL, Olaya JH, Sierra JI, Padilla L. 2017. Actividad biológica de tres curcuminoides de *Curcuma longa* L. (Cúrcuma) cultivada en el Quindío-Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 22(1): 1-14.
27. 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 Science* 99: 151-162. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez584>.
28. González C. 2018. Alimentación del pavo. Disponible en: <https://zoovetesmpasion.com/avicultura/pavos/alimentacion-del-pavo/>.
29. González-Gil, F., S. D'iaz-S'anchez, S. Pendleton, A. Andino, N. Zhang, C. Yard, N. Crilly, F. Harte, and I. Hanning. 2014. Yerba Mate enhances probiotic bacteria growth in vitro but as feed additive does not reduce *S. Enteritidis* colonization in vivo. *Poult. Sci.* 93:434–440.
30. 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 Science* 97: 901-909. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex385>.
31. Heres, L., B. Engel, H. A. P. Urlings, J. A. Wagner, and F. van Knapen. 2004. Effect of acidified feed on susceptibility of broiler chickens to intestinal infection by *Campylobacter* and *Salmonella*. *Vet. Microbiol.* 99:259–267

32. Hernández, F., J. Madrid, V. Garcia, J. Orengo, and M. D. Megias. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility and digestive organ size. *Poult. Sci.* 83: 169–174.
33. Hybrid Turkeys. 2013. A Hendrix Genetix. www.hybridturkey.com.
34. 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 Science* 95: 2360-2365. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew126>.
35. Islam MR, Lepp D, Godfrey DV, Orban 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 Science* 98: 3739-3755 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez062>.
36. Jamroz, D., T. Wertelecki, M. Houszka, and C. Kamel. 2006. Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 90:255–268.
37. Jang, I. S., H. Y. Ko, J. S. Ha, J. Y. Kim, S. Y. Kang, D. H. Yoo, D. S. Nam, D. H. Kim, and C. Y. Lee. 2004. Influence of essential oil components on growth performance and the functional activity of the pancreas and small intestine in broiler chickens. *Asian Australasian J. Anim. Sci.* 17:394–400.
38. Kim YJ, Jin SK, Yang HS. 2009. Effect of dietary garlic bulb and husk on the physicochemical properties of chicken meat. *Poultry Science* 88: 398-405. doi: 10.3382/ps.2008-00179.
39. Kollanoor-Johny, A., T. Mattson, S. A. Baskaran, M. A. Amalaradjou, S. Babapoor, B. March, S. Valipe, M. Darre, T. Hoagland, D. Schreiber, M. I. Khan, A. Donoghue, D. Donoghue, and K. Venkitanarayananana. 2012. Reduction of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis colonization in 20-day-old broiler chickens by the plant-derived compounds trans-cinnamaldehyde and eugenol. *Appl. Env. Microbiol.* 78:2981–2987.
40. Knarreborg, A., C. Lauridsen, R. M. Engberg, and S. K. Jensen. 2004. Dietary antibiotic growth promoters enhance the bioavailability of alpha-tocopheryl acetate in broilers by altering lipid absorption. *J. Nutr.* 134:1487–1492.
41. Krueger LA, Spangler DA, Vandermyde DR, Sims MD, Ayangbile GA. 2017. Avilution^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 Science* 96: 2595-2600. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex074>.
42. 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.
43. 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 heat-stressed hens. *Poultry Science* 99: 2196-2202. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.001>.
44. Liu H, Zhao L, Yue L, Wang B, Li X, Guo H, Ma Y, Yao C, Gao L, Deng J, Li L, Feng D, Qu Y. 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. <https://doi.org/10.1007/s12035-016-0108-8>.

45. Maraschiello, C., E. Esteve, and J. A. Garcia-Regueiro. 1998. Cholesterol oxidation in meat from chicken fed alpha-tocopherol and β -carotene-supplemented diets with different unsaturation grades. *Lipids* 33:317–507.
46. Meunier, J. P., J. M. Cardot, P. Gauthier, E. Beyssac, and M. Alric. 2006. Use of rotary fluidized-bed technology for development of sustained-release plant extracts pellets: Potential application for feed additive delivery. *J. Anim. Sci.* 84:1850–1859.
47. Mirshekar, R., B. Dastar, and B. Shabanpour. 2009. Effect of rosemary, Echinacea, green tea extracts and ascorbic acid on broiler meat quality. *Pak. J. Biol. Sci.* 12:1069–1074.
48. 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.
49. Paredes M, Terrones A, Hobán C, Ortiz P. 2020. Efecto de la suplementación dietaria con vitamina C sobre el rendimiento productivo, estrés y respuesta inmunitaria del pavo criado en un ambiente hipóxico natural. *Scientia Agropecuaria* 11(3): 357 – 364. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.03.07.
50. Peinado MJ, Ruiz R, Echávarri A, Rubio LA. 2012. Garlic derivative propyl propane thiosulfonate is effective against broiler enteropathogens in vivo. *Poultry Science* 91: 2148-2157. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02280>.
51. Platel, K., and K. Srinivasan. 2004. Digestive stimulant action of spices: A myth or reality. *Indian J. Med. Res.* 119:167–179.
52. 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 Science* 92: 1177-1185. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02853>.
53. 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 Science* 98: 3705-3714. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez058>.
54. Salaheen S, Almario JA, Biswas D. 2014. Inhibition of growth and alteration of host cell interactions of *Pasteurella multocida* with natural byproducts. *Poultry Science* 93 :1375-1382. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03828>.
55. Sallam KI, Ishioroshi M, Samejima K. 2004. Antioxidant and antimicrobial effect of garlic in chicken sausage. *Lebensm. Wiss. Technol.* 37: 849-855.
56. Skiepkó N, Chwastowska-Siwiecka I, Kondratowicz J, Mikulski D. 2016. Fatty acid profile, total cholesterol, vitamin content, and TBARS value of turkey breast muscle cured with the addition of lycopene. *Poultry Science* 95:1182–1190 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew005>.
57. 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. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0047-8>.
58. Statistical Analysis System (SAS). 2000. Release 8.02. SAS Institute Inc., Cary, NC.
59. Tarlagdis BG, Watts BM, Younathan MT. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid food. *The Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37: 44-48.
60. Tang, S. Z., J. P. Kerry, D. Sheehan, D. J. Buckley, and P. A. Morrissey. 2000. Dietary tea catechins and iron-reduced lipid oxidation in chicken meat, liver and heart. *Meat Sci.* 56:285–290.

61. Tiihonen, K., H. Kettunen, M. H. L. Bento, M. Saarinen, S. Lahtinen, A. C. Ouwehand, H. Schulze, and N. Rautonen. 2010. The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota. *Brit. Poult. Sci.* 51:381–392.
62. 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 Science* 94: 1812-1820 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev148>.
63. Wenk, C., 2006. Are herbs, botanicals and other related substances adequate replacements for antimicrobial growth promoters?. Pages 329–340 in *Antimicrobial Growth Promoters*. D. Barug, J. de Jong, J. Kies, A. K., and Verstegen M. W. A. eds. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands
64. Windisch, W., and A. Kroismayr. 2006. The effects of phytobiotics on performance and gut function in monogastrics. *World Poult. Nutr. Forum*.
65. Xie Z, Shen G, Wang Y, Wu C. 2019. Curcumin supplementation regulates lipid metabolism in broiler chickens. *Poultry Science* 98: 422-429. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey315>.
66. Yalçın S, Onbaşılar L, Reisli Z, Yalçın S. 2007. Effects of garlic powder on the performance, egg traits and blood parameters of laying hens. *J. Sci. Food Agric.* 86: 1336-1339.
67. Yang, Y., P. A. Iji, and M. Choct. 2009. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: A review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. *World's Poult. Sci. J.* 65:97– 114.
68. 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 Science*, In press. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.046>.
69. Yarru LP, Settivari RS, Gowda NKS, Antoniou E, Ledoux DR, Rottinghaus GE. 2009. Effects of turmeric (*Curcuma longa*) on the expression of hepatic genes associated with biotransformation, antioxidant, and immune systems in broiler chicks fed aflatoxin. *Poultry Science* 88 :2620–2627 doi: 10.3382/ps.2009-00204.

A N E X O S

ANEXO 1. PESO INICIAL DE LOS PAVOS (g) A LAS 6 SEMANAS DE EDAD

N°	Ajo	Cúrcuma	Arándano	Zimbac	Sin zimbac
1	2400	2220	2100	2400	1900
2	2500	1990	2000	2600	2200
3	1700	2000	2150	1800	2500
4	2100	2400	2350	2000	2140
5	2175	2152	2150	2200	2185

ANEXO 2. PESOS DE 7 A 10 SEMANAS DE EDAD - AJO

N°	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	3690	3850	5480	6360
2	3250	4130	5860	6660
3	3660	3970	5260	6800
4	3180	4100	4720	5320
5	3445	4012	5330	6285

ANEXO 3. PESOS DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD - AJO

N°	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	7720	6000	11230	10810
2	6860	7040	7850	9620
3	7520	9240	10260	11700
4	7940	10820	8560	12620
5	7510	8275	9475	11187

ANEXO 4. PESO DE 7 A 10 SEMANAS DE EDAD – CURCUMA

N°	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	4050	4800	6320	6340
2	4110	5200	6340	6400
3	3340	4500	5580	5540
4	4290	5050	5520	6440
5	3940	4880	5940	6180

ANEXO 5. PESO DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD – CURCUMA

N°	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	7380	9340	9800	11310
2	8820	7380	9320	10500
3	6820	7040	8600	10840
4	8040	9100	10300	11000
5	7760	8210	38020	10900

ANEXO 6. PESO DE 7 A 10 SEMANAS DE EDAD – ARANDANO

N°	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	3090	4760	5320	6880
2	3500	3500	5920	7320
3	2900	4380	4700	7180
4	3200	3980	5580	6500
5	3170	4150	5380	6970

ANEXO 7. PESO DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD – ARÁNDANO

N°	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	9300	10700	10800	12500
2	7640	8120	10100	9480
3	7460	8260	10200	11120
4	8040	9560	11150	11350
5	8110	9160	1050	11110

ANEXO 8. PESO DE 07 A 10 SEMANAS DE EDAD – ZINC BACITRACINA

N°	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	2870	4100	5620	7000
2	3510	3950	4760	7460
3	3960	4880	6320	7120
4	3050	4700	6340	5680
5	3340	4400	5760	6810

ANEXO 9. PESO DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD – ZINC BACITRACINA

N°	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	9200	8380	10050	12100
2	7800	10620	9330	11010
3	7060	6680	10600	11730
4	6640	9040	10100	11500
5	7670	8680	10020	11580

ANEXO 10. PESO DE 07 A 10 SEMANAS DE EDAD – CONTROL

N°	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	3600	4500	4740	5500
2	2800	4100	5320	6820
3	3100	4620	5380	6640
4	3620	3900	6060	6500
5	3280	4280	5370	6360

ANEXO 11. PESO DE 11 A 14 SEMANAS DE EDAD – CONTROL

N°	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	7100	8120	11120	10680
2	7460	8880	9810	10150
3	6940	7960	10440	11850
4	8480	9620	9580	12130
5	7490	8640	10230	11200

ANEXO 12. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM- AJO

Días	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	260.2	375.3	420.5	410.9
2	347.8	384.1	460.9	469.41
3	355.3	429.6	460.2	389.55
4	308.5	390.7	490.1	450.7
5	360.2	460.4	397.6	395.8
6	435.1	391.7	486.6	410.2
7	360.4	495.5	530.5	402.5
TOTAL	2167.3	2927.3	3246.4	2929.06
PROMEDIO	361.21	418.18	463.77	418.43

ANEXO 13. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM- AJO

Días	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	500.4	650.2	679.2	637.1
2	490.7	553.3	620.5	685.1
3	570.2	625.2	679.5	559.6
4	660.5	608.2	580.4	430.5
5	567.6	592.1	610.5	647.5
6	640.2	654.7	625.5	640.5
7	615.1	613.5	665.1	660.2
TOTAL	4044.7	4297.2	4460.7	3620
PROMEDIO	577.81	613.88	637.24	603.33

ANEXO 14. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM-CURCUMA

Días	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	261.2	365.9	424.7	415.2
2	347.8	380.8	457.3	490.4
3	345.2	425.7	489.2	389.55
4	310.5	395.3	494.1	450.7
5	360.2	465.9	395.4	385.8
6	435.1	391.7	489.3	450.2
7	360.2	430.1	520.2	402.5
TOTAL	2420.2	2855.4	3270.2	2984.35
PROMEDIO	345.74	407.91	467.17	426.34

ANEXO 15. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM-CÚRCUMA

Días	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	520.4	635.2	680.2	637.1
2	460.7	550.3	620.5	650.1
3	580.2	625.2	673.5	559.6
4	660.5	610.2	560.4	430.5
5	580.6	570.1	610.5	669.5
6	660.2	640.7	640.5	639.2
7	660.1	620.1	665.1	690.2
TOTAL	4122.7	4251.8	4450.7	3637
PROMEDIO	588.96	607.40	635.81	606.17

ANEXO 16. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM-ARÁNDANO

Días	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	281.2	350.9	498.3	405.51
2	347.8	380.8	445.7	420.56
3	345.2	430.9	490.2	350.7
4	313.5	390.6	494.1	348.15
5	360.2	465.9	360.4	415.66
6	425.2	319.7	470.3	460.51
7	340.2	499.1	520.2	480.8
TOTAL	2413.3	2837.9	3279.2	2881.89
PROMEDIO	344.76	405.41	468.46	411.70

**ANEXO 17. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM-
ARÁNDANO**

Días	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	490.1	489.43	479.03	676.7
2	502.3	479.76	510.6	656.12
3	470.4	530.12	622.58	480.65
4	400.73	606.56	520.19	681.32
5	460.58	536.63	640.26	535.56
6	420.38	566.56	615.8	616.1
7	510.11	539.4	631.94	640.18
TOTAL	3254.6	3748.46	4020.4	4286.63
PROMEDIO	464.94	535.49	574.34	612.38

**ANEXO 18. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM- ZINC
BACITRACINA**

Días	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	281.2	360.3	499.1	440.3
2	350.4	370.2	350.7	421.6
3	345.2	424.1	483.2	374.7
4	310.5	400.1	494.1	350.4
5	360.2	380.5	365.5	419.6
6	390.2	391.7	470.3	487.3
7	340.2	480.2	556.2	450.2
TOTAL	2377.9	2807.1	3219.1	2944.1
PROMEDIO	339.70	401.01	459.87	420.59

**ANEXO 19. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM- ZINC
BACITRACINA**

Días	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	496.1	563.55	414.11	530.3
2	504.3	537.62	371.76	525.5
3	465.4	493.48	554.44	513.33
4	410.7	437.4	450.1	528.8
5	455.5	508.79	516.6	603.33
6	400.38	417.53	520.2	540.7
7	512.11	525.51	516.6	610.21
TOTAL	3244.49	3483.88	3343.81	3852.17
PROMEDIO	463.50	497.70	477.69	550.31

ANEXO 20. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 07 A 10 SEM-CONTROL

Días	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10
1	251.86	367.41	380.65	423.3
2	301.53	370.25	429.6	410.6
3	231.8	430.33	370.93	370.2
4	315.18	325.71	390.9	350.4
5	358.05	290.55	356.3	420.3
6	315.9	350.93	460.85	487.3
7	353.25	380.18	410.9	487.2
TOTAL	2127.57	2515.36	2800.13	2949.3
PROMEDIO	303.94	359.34	400.02	421.33

ANEXO 21. CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO DE 11 A 14 SEM-CONTROL

Días	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
1	410.11	560.5	414.11	530.3
2	371.76	537.62	371.76	525.5
3	550.4	493.48	554.44	513.33
4	460.79	437.4	473.1	528.8
5	512.6	508.79	526.2	603.33
6	512.2	417.53	524.8	540.7
7	520.6	525.51	586.6	610.21
TOTAL	3338.46	3480.83	3451.01	3852.17
PROMEDIO	476.92	47.26	493.00	550.31