

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Efecto de la suplementación dietética con el ácido gamma-aminobutírico
(GABA) en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras

Estudiantes

Merly Mayling Conforme Olivo

Kamila Ibory Ortega Abril

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, junio 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA ODILA TREJO RAMOS

Directora del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de cuadros	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	9
Ubicación Experimental	9
Animales, Diseño Experimental y Tratamientos.....	9
Condiciones Experimentales.....	10
Comportamiento Productivo	10
Calidad Externa e Interna del Huevo	11
Análisis Estadísticos	11
Resultados y Discusión.....	13
Conclusiones	19
Recomendaciones.....	20
Referencias.....	21

Índice de cuadros

Cuadro 1 Dietas experimentales con un antibiótico promotor y el ácido gamma-aminobutírico en gallinas ponedoras	9
Cuadro 2 Efecto de la inclusión del ácido gamma-aminobutírico (GABA) en el desempeño productivo de gallinas ponedoras	13
Cuadro 3 Efecto de la inclusión del ácido gamma-aminobutírico (GABA) en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras.....	16

Resumen

Para evaluar el efecto de la inclusión del ácido gamma-aminobutírico (GABA) en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras, un total de 200 aves Dekalb White® de 47 semanas de edad se distribuyeron al azar durante 10 semanas, con cuatro tratamientos, y cinco aves por repetición. Los tratamientos dietéticos consistieron en un control negativo, control positivo (antibiótico promotor de crecimiento), 0.02% de GABA y 0.03% de GABA. La inclusión de 0.02% de GABA mejoró ($P \leq 0.05$) la producción de huevo y la conversión masal, además redujo el porcentaje de huevos sucios y con el grupo antibiótico deprimieron ($P \leq 0.05$) el consumo de alimento, sin cambios para el peso del huevo ($P > 0.05$). En la semana 5, los aditivos incrementaron ($P \leq 0.05$) el grosor de la cáscara (principalmente en 0.03% GABA) comparado al control. Además, en la semana 10, la inclusión de 0.03% de GABA redujo ($P \leq 0.05$) la altura del albumen y la unidad Haugh, sin embargo, este tratamiento (0.03%) incrementó ($P \leq 0.05$) el grosor de la cáscara con relación al antibiótico. El peso del huevo, resistencia a la ruptura de la cáscara y el color de la yema no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos. La inclusión dietética con 0.02% de amino gamma-butírico mejoró la eficiencia productiva y disminuyó el porcentaje de huevos sucios de gallinas ponedoras, sin embargo, la inclusión de 0.03% de GABA incrementó el grosor de la cáscara, aunque redujo la altura del albumen y la Unidad Haugh, sin influencias para los otros indicadores de calidad del huevo de gallinas ponedoras.

Palabras clave: Ácido aminobutírico GABA, calidad, dietas, gallinas ponedoras.

Abstract

To evaluate the effect of the inclusion of gamma-aminobutyric acid (GABA) on performance and egg quality of laying hens, a total of 200 Dekalb White® birds of 47 weeks of age were randomized for 10 weeks, with four treatments, and five birds per repetition. Dietary treatments consisted of negative control, positive control (antibiotic growth promoter), 0.02% GABA, and 0.03% GABA. The inclusion of 0.02% GABA improved ($P \leq 0.05$) egg production and mass conversion, also decreased the percentage of dirty eggs and with the antibiotic group depressed ($P \leq 0.05$) feed intake, without changes for weight of the egg ($P > 0.05$). At week 5, the additives increased ($P \leq 0.05$) shell thickness (mainly by 0.03% GABA) compared to control. In addition, in week 10, the inclusion of 0.03% of GABA reduced ($P \leq 0.05$) the height of the albumen and the Haugh Unit, however, this treatment (0.03%) increased ($P \leq 0.05$) the thickness of the shell with relation to antibiotic. Egg weight, shell rupture strength and yolk color were not different ($P > 0.05$) between treatments. Dietary inclusion with 0.02% amino gamma-butyric acid improved production efficiency and decreased the percentage of dirty eggs in laying hens, however, the inclusion of 0.03% GABA increased shell thickness, although it reduced albumen height and the Haugh Unit, without influences for the other quality indicators of the eggs of laying hens.

Keywords: Aminobutyric acid GABA, diets, laying hens, quality.

Introducción

El mundo está en constantes cambios y por ende las exigencias de los consumidores son mayores, por lo cual, la zootecnia se ha transformado para cumplir con los requerimientos de los consumidores modernos (Serrano 2014). Una de las prioridades en el sector pecuario es la búsqueda eficiente del bienestar animal, con el objetivo de producir mayor y mejor calidad del producto final. Desde el punto de vista nutricional, el reto de los nutricionistas es suministrar de dietas que satisfagan sus necesidades fisiológicas y nutritivas (Ravindran 2013), con impacto económico positivo.

La avicultura es una especialidad de la zootecnia, que comprende la crianza de aves de corral para la producción de alimentos. La práctica implica actividades operativas a partir de la incubadora de huevos hasta el funcionamiento de pollitos y aves adultas (Albuquerque Matos et al. 2021). Esta práctica es importante en la generación de alimentos de buena calidad y bajo costo para el ser humano y, en particular, el huevo de gallina adquiere un gran protagonismo; por lo cual, existen numerosos estudios destinados a mejorar su calidad. El huevo, se posiciona en todo el mundo como un alimento usual y elemental para los humanos (Chen et al. 2013; Ncho et al. 2021) en particular, el huevo de las gallinas ha sido domesticado hace miles de años, todo con la intención de poder tener un consumo regular del mismo. El huevo tiene proteínas (de manera principal, albúmina, que es la clara o parte blanca del huevo) y lípidos (Ochoa 2012). Se espera que, con la provisión de dietas para las gallinas ponedoras, se obtengan resultados sobresalientes, esto se logra mediante el acercamiento hacia los requisitos óptimos alimentarios, los cuales son un plan clave para poder superar retos de distintos tipos (Macelline et al. 2021).

En los últimos años, el aumento del calentamiento global y las olas de calor de alta frecuencia e intensidad, han resultado en una reducción sustancial de la producción y los ingresos en las diversas actividades pecuarias, por lo cual, es factible para los productores explorar el impacto del estrés en las aves de corral y adquirir mejores estrategias para poder aliviar el estrés por calor y garantizar una producción animal que sea eficiente (Chen et al. 2013). El estrés por calor en las aves se le atribuye a

la falta de glándulas sudoríparas en las plumas densas de las gallinas, lo cual hace que estas se vuelvan más vulnerables al estrés por calor agudo y crónico (Teeter et al. 1985).

El ácido gamma-aminobutírico (GABA) es un aminoácido considerado como no esencial y se encuentra ampliamente en la naturaleza, incluyendo bacterias, levaduras, plantas y animales. Se biosintetiza a través de la α -descarboxilación del ácido glutámico, catalizada por un glutamato descarboxilasa (Chung et al. 2009). GABA desempeña un papel importante en la regulación del apetito, resistencia al estrés térmico y la mejora de la utilización de nutrientes en los animales, dando como resultado el buen crecimiento y desarrollo de estos (Park y Kim 2015). Estudios realizados en la República de Corea mostraron una mejora significativa en la productividad y la calidad del huevo debido a la adición de GABA a la dieta. Dichos resultados sugieren que las dietas que contienen GABA pueden afectar beneficiosamente la productividad y calidad del huevo (Park y Kim 2015).

Debido a la amplia variedad de efectos que produce este ácido sobre los animales, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la inclusión dietética del ácido gamma-aminobutírico (GABA) en el desempeño productivo y la calidad de huevos de gallinas ponedoras.

Materiales y Métodos

Ubicación Experimental

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle del Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental tiene una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.

Animales, Diseño Experimental y Tratamientos

Un total de 200 gallinas ponedoras Dekalb White® de 47 semanas de edad se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante 10 semanas, con cuatro tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento con cinco aves por repetición. Las dietas consistieron en un control negativo, control positivo (antibiótico promotor de crecimiento), control negativo+0.02% de GABA y control negativo+0.03% de GABA.

Cuadro 1

Dietas experimentales con un antibiótico promotor y el ácido gamma-aminobutírico en gallinas ponedoras

Ingredientes	Control negativo	Control positivo	0.02% de GABA	0.03% de GABA
Harina de maíz	49.901	49.891	49.881	49.871
Harina de soya	31.162	31.162	31.162	31.162
Aceite de palma africana	5.566	5.566	5.566	5.566
Enzimas exógenas	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla	0.35	0.35	0.35	0.35
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05
Mycifix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12
Carbonato de calcio grueso	6.666	6.666	6.666	6.666
Carbonato de calcio fino	3.589	3.589	3.589	3.589
Biosfost	1.72	1.72	1.72	1.72
Bicarbonato	0.28	0.28	0.28	0.28
Sal común	0.23	0.23	0.23	0.23
L-lisina	0.00	0.00	0.00	0.00
DL-metionina	0.312	0.312	0.312	0.312
L-treonina	0.004	0.004	0.004	0.004
Antibiótico	0.00	0.01	0.00	0.00
Ácido gamma-aminobutírico	0.00	0.00	0.02	0.03
Total	100	100	100	100
<i>Aportes nutricionales</i>				

Ingredientes	Control negativo	Control positivo	0.02% de GABA	0.03% de GABA
EM, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
PC, %	18.00	18.00	18.00	18.00
Lisina, %	0.89	0.89	0.89	0.89
Metionina+cistina, %	0.78	0.78	0.78	0.78
L-treonina, %	0.63	0.63	0.63	0.63
Ca, %	4.10	4.10	4.10	4.10
P, %	0.48	0.48	0.48	0.48

Nota. ¹Premezcla de vitaminas y minerales: vitamina A, 1000 UI/kg; Vitamina D3, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K3, 2,0 mg/kg; Vitamina B1, 1,0 mg/kg; Vitamina B2, 6,0 mg/kg; Vitamina B6, 3,5 mg/kg; Vitamina B12, 18 mg/kg; Niacina, 60 mg/kg; Ácido pantoténico, 10 mg/kg; Biotina, 10 mg/kg; Ácido fólico, 0,75 mg/kg; Colina, 250 mg/kg; Hierro, 50 mg/kg; Cobre, 10 mg/kg; Zinc, 70 mg/kg; Manganeso, 70 mg/kg; Selenio, 0,30 mg/kg; Yodo, 1,0 mg/kg.

Condiciones Experimentales

Las gallinas ponedoras se alojaron en un galpón comercial de 400 m², en jaulas de 61 × 36 cm, con ventiladores de techo y un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en dos bebederos de niple por jaula y el consumo de alimento se restringió a 115 g/día/ave en comederos lineales. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se utilizó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental.

Comportamiento Productivo

Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento; se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. Para determinar el peso del huevo, se recolectaron semanalmente 40 huevos por cada tratamiento, entre las 8:30 am y 9:30 am. Los huevos se pesaron en una balanza técnica digital balanza digital OHAUS® (Nueva Jersey, EE.UU.), con una precisión de ± 0.1 g. La mortalidad se determinó teniendo en cuenta las aves muertas entre los animales que iniciaron el experimento. El consumo de alimentos, nutrientes y energía metabolizable se determinó tres veces por semana según el método de oferta y rechazo. La conversión masal y los huevos no aptos se calcularon a partir de las fórmulas 1 y 2 respectivamente:

$$CM = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{No. de huevos} \times \text{peso del huevo}} \quad [1]$$

$$\text{Huevos no aptos (HNA)} = \frac{\text{HNA} \times 100}{\text{Huevos aptos}} \quad [2]$$

Calidad Externa e Interna del Huevo

En las semanas 5 y 10 de comenzar el experimento, se recolectaron 40 huevos por cada tratamiento experimental. Todos los huevos se recolectaron al mismo tiempo y se trasladaron al laboratorio de calidad de huevo del Centro de Investigación y Enseñanza de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. La calidad del huevo se analizó el mismo día de la recolección mediante un analizador automático TSS EggQuality (York, Inglaterra) y el software Eggware v4x. La resistencia a la ruptura de la cáscara del huevo (polo medio) se midió con un analizador de resistencia QC-SPA® (York, Inglaterra).

Para el grosor de la cáscara del huevo (polo medio) se utilizó un tornillo micrómetro QC-SPA® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.001 mm. Para la calidad interna del huevo, la altura del albumen se determinó mediante un analizador de altura QHC® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con la fórmula 3:

$$\text{HU} = 100 * \log (\text{H} + 1.7\text{W}^{0.37} + 7.6) \quad [3]$$

Donde:

HU = unidad Haugh

H = altura de la albúmina

W = peso del huevo

El color de la yema se evaluó mediante un colorímetro electrónico CCC® (York, Inglaterra), que tiene en cuenta la escala de Roche de 15 colores.

Análisis Estadísticos

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple según un diseño completamente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se utilizó la décima de rangos múltiples de medias de Duncan. La viabilidad se determinó por

comparación de proporciones y el color de la yema de huevo se determinó por la prueba de Kruskal-Wallis.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se observa el efecto del amino gamma-butírico en la productividad de gallinas ponedoras. La inclusión de 0.02% de amino gamma-butírico promovió ($P \leq 0.05$) la producción de huevo en 4.79 y 8.34% con relación a la dieta basal y el antibiótico dietético promotor de crecimiento, respectivamente. Asimismo, este tratamiento (0.02% GABA) redujo ($P \leq 0.05$) el porcentaje de huevos sucios y el grupo antibiótico deprimió ($P \leq 0.05$) el consumo de alimento. Además, la conversión masal disminuyó con 0.02% GABA con relación a los otros tratamientos. Aunque, el peso del huevo no cambió ($P > 0.05$) por efecto de los tratamientos experimentales.

Cuadro 2

Efecto de la inclusión del ácido gamma-aminobutírico (GABA) en el desempeño productivo de gallinas ponedoras

Ítems	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	Control negativo	Control positivo	0.02% GABA	0.03% GABA		
Intensidad de puesta (%)	91.05 ^{bc}	87.50 ^c	95.84 ^a	93.88 ^{ab}	1.116	≤0.001
Huevos sucios (%)	12.32 ^a	12.97 ^a	5.30 ^c	8.92 ^b	1.096	≤0.001
Peso del huevo (g)	61.70	61.59	61.94	61.74	0.277	0.837
Consumo de alimento (g/ave/día)	109.79 ^a	105.53 ^c	107.52 ^b	110.79 ^a	0.531	≤0.001
Conversión masal	1.97 ^a	1.97 ^a	1.82 ^b	1.97 ^a	0.009	≤0.001

Nota.^{a,b,c} Medias con letras diferentes entre tratamientos difieren a $P \leq 0.05$.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar si la inclusión de ácido gamma-aminobutírico (GABA) con 0.02 y 0.03% podría influir en el desempeño productivo de gallinas ponedoras. Los resultados confirmaron que la adición del GABA promovió el desempeño productivo (principalmente el 0.02%), quizás debido a su efecto en el sistema digestivo y capacidad de absorción de nutrientes.

Para la variable intensidad de puesta se evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0.001$), con mayor énfasis el 95.84% con el tratamiento de GABA al 0.02%, siendo este valor estadísticamente igual a GABA al 0.03% con un valor de medias de 93.88%. Los grupos con amino gamma-butírico tuvieron un incremento del 9% en cuanto a la puesta del huevo a comparación del tratamiento control. Estos resultados concuerdan con los reportados por Zhang et al. (2012) que indicaron que existe un

efecto positivo al incluir el ácido GABA en la dieta de gallinas ponedoras, los autores reportaron un incremento del 4% en la intensidad de puesta y atribuyen que, en animales, el GABA es un neurotransmisor del sistema nervioso el cual potencializa el metabolismo, lo que incrementa la absorción de nutrientes, por lo cual mejora la postura de huevo. Asimismo, señalan que el GABA es un importante regulador de estrés calórico y a su vez mejora la eficiencia productiva en aves ponedoras. Asimismo, North y Bell (1998) detallaron que existe un efecto positivo en el sistema inmunológico con la inclusión del ácido GABA en la dieta de aves ponedoras.

En consecuencia, para la variable del porcentaje de huevo sucio se observaron diferencias ($P \leq 0.001$). Los tratamientos control positivo y control negativo presentaron los mayores valores para este parámetro, siendo estadísticamente iguales con valores de 12.97% y 12.32%, respectivamente (Cuadro 2). Seguido, el tratamiento GABA con 0.03% indicó un valor de media para este parámetro de 8.92%, siendo estadísticamente diferente a los tratamientos control positivo y negativo. Asimismo, se evidenció que la menor cantidad de GABA (0.02%), tuvo la mejor respuesta con 5.30%. Se entiende como huevo sucio a aquellos con manchas de sangre o heces que pueden llegar a producirse por algún defecto durante la oviposición, siendo la alimentación el factor primordial para la obtención de huevos limpios (Barroeta 2002). Para esta variable, el presente estudio mostró que los grupos con GABA obtuvieron los menores porcentajes de huevos sucios. Esto indica que el GABA provocó una mayor capacidad de absorción de nutrientes, lo que influyó positivamente en la disminución del huevo sucio, un rápido transporte del bolo alimenticio en el sistema digestivo incrementa el porcentaje de huevos sucios (Barroeta 2002).

Por otro lado, en la variable peso del huevo no se presentaron diferencias significativas en ninguno de los cuatro tratamientos experimentados. En relación con el peso del huevo, North y Bell (1998) señalan que, este depende principalmente de la edad del ave, del tamaño de la yema, de la variación individual entre gallinas y del medio ambiente de producción. En este sentido, este indicador

no fue diferente entre tratamiento, las 200 gallinas ponedoras estuvieron bajo las mismas condiciones experimentales.

En la variable de consumo diario (g/ave/día) se encontraron diferencias ($P \leq 0.001$), siendo los tratamientos GABA 0.03% el cual presentó el mayor valor con 110.79 g, seguido del control negativo con un resultado de 109.79 g (Cuadro 2). Por otra parte, el tratamiento GABA 0.02% presentó un valor de 107.52 g, con diferencia con los tratamientos anteriormente mencionados. Por último, el menor consumo diario por ave fue en el tratamiento control positivo con 105.53 g, el cual fue diferente estadísticamente a los demás tratamientos. Siendo el ácido gamma-aminobutírico (GABA) un importante regulador de temperatura corporal en las gallinas ponedoras, Ayo et al. (2011) indican que se puede reducir hasta un 20% el consumo de alimento en aves ponedoras por efectos del estrés calórico, esto confirma los beneficios de la inclusión de GABA en la dieta de las aves.

La conversión masal indicó diferencias ($P \leq 0.001$) entre los tratamientos. Con la adición de 0.02% de GABA se identificó que requiere menor cantidad de alimento (1.82 g) para producir un kg de huevo, en comparación a los otros tratamientos (1.97 g) que requieren mayor cantidad de alimento para la misma producción. Con esto se evidencia que el tratamiento GABA con 0.02% tiene la mejor eficiencia productiva.

El Cuadro 3 muestra el efecto del ácido gamma-aminobutírico en la calidad externa e interna del huevo. En la semana 5, los aditivos utilizados incrementaron ($P \leq 0.05$) el grosor de la cáscara (principalmente en 0.03% GABA) comparado a la dieta control. Los otros indicadores no cambiaron ($P > 0.05$) por efecto de las dietas experimentales. En la semana 10, la inclusión de 0.03% de GABA redujo ($P \leq 0.05$) la altura del albumen y la unidad Haugh, sin embargo, este tratamiento (0.03%) incrementó ($P \leq 0.05$) el grosor de la cáscara con relación al grupo antibiótico. El peso del huevo, resistencia a la

ruptura de la cáscara y el color de la yema no fueron diferentes estadísticamente ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 3

Efecto de la inclusión del ácido gamma-aminobutírico (GABA) en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras

Ítems	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	Control negativo	Control positivo	0.02% GABA	0.03% GABA		
<i>Semana 5</i>						
Peso del huevo (g)	57.75	55.83	56.39	57.55	0.779	0.245
Altura del albumen (mm)	8.90	8.56	8.58	8.38	0.257	0.540
Unidad Haugh	93.65	92.79	93.02	91.33	1.157	0.541
Resistencia de la ruptura (kg F)	5995.55	6014.30	5988.23	5820.30	30.528	0.092
Grosor de la cáscara (mm)	0.37 ^c	0.40 ^b	0.40 ^b	0.42 ^a	0.005	0.001
Color de la yema	3.00	3.00	3.00	3.00	0.084	0.644
<i>Semana 10</i>						
Peso del huevo (g)	61.08	62.14	60.76	60.75	0.839	0.605
Altura del albumen (mm)	9.65 ^a	9.36 ^a	8.75 ^a	7.47 ^b	0.329	≤0.001
Unidad Haugh	95.59 ^a	94.52 ^a	91.52 ^a	85.53 ^b	1.697	≤0.001
Resistencia de la ruptura (kg F)	5771.88	5705.45	5707.7	5708.90	18.392	0.115
Grosor de la cáscara (mm)	0.38 ^{ab}	0.37 ^b	0.38 ^{ab}	0.39 ^a	0.005	0.048
Color de la yema	3.00	3.00	3.00	4.00	0.083	0.107

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes entre tratamientos difieren a $P \leq 0.05$.

Los resultados obtenidos y mostrados en el cuadro 3 nos indican que la implementación del ácido gamma-aminobutírico GABA en la dieta de gallinas ponedoras provocó mejoras en la calidad externa e interna del huevo. Estos indicadores de calidad interna y externa del huevo son el reflejo del estado de salud y el efecto nutricional de las dietas, algunos parámetros de calidad de huevo se basan en medidas subjetivas y otras en medidas cuantitativas, en general, la calidad de huevo se basa en limpieza, solidez, textura y forma del cascarón, la altura del albumen, color y firmeza de yema y ausencia de defectos en la yema (Koelkebeck 2010). La cáscara de huevo está formada por un 94% de carbonato de calcio que se encuentra en forma de calcita, el 6% restante es materia orgánica y agua, el grosor de la cáscara es influenciado por la cantidad de tiempo que éste se encuentre dentro del

útero y por la tasa de deposición de calcio que ocurra durante la formación del cascarón. En esta investigación, la inclusión de 0.03% de amino gamma-butírico incrementó ($P \leq 0.05$) en comparación con el control negativo, siendo 0.42 mm mayor, mientras que el control positivo y 0.02% de amino gamma-butírico se mantuvieron en 0.40 mm. Según Nawab et al. (2018) afirman que, las condiciones de estrés para las aves causan una reducción de hasta un 2% del grosor de la cáscara del huevo, el amino gamma-butírico es un excelente regulador de estrés calórico en las aves, lo que ayuda a contrarrestar eficientemente el estrés en ellas, de esta manera se evita que el grosor de la cáscara disminuya.

Por otro lado, en el análisis del peso del huevo no se encontró diferencias ($P > 0.05$). Según Molfese (2020) esto ocurre debido a que existen otros factores que determinan el peso del huevo, como la genética, el peso corporal del ave, la nutrición y edad del ave, entre otros. En el experimento se trabajó con gallinas ponedoras jóvenes, y la inclusión de amino gamma-butírico en la dieta fue en cantidades pequeñas, al parecer, estos niveles no fueron suficientes para cambiar este parámetro.

Asimismo, la altura del albumen, que es un indicador de frescura del huevo, que refleja en el tiempo la deshidratación de los huevos, un mayor almacenamiento del huevo provoca una reducción del albumen y de su calidad proteica. Para el consumidor, la clara o albumen representa aproximadamente un 60% del peso total del huevo y está conformada por cuatro capas cuya función es proteger a la yema, contiene una capa fina interior fluida, una capa intermedia densa, una capa gruesa fluida y una capa fina exterior. En la semana 5 de la investigación, no se encontró diferencias significativas en la altura del albumen, sin embargo, la semana 10 sí presentó diferencias ($P \leq 0.001$) siendo el mayor valor de media el del control negativo con 9.65 mm, seguido por el control positivo y GABA 0.02% con 9.36, 8.75 mm, respectivamente. Estos resultados demuestran que un exceso de GABA ocasiona un efecto contrario en la absorción de AA, con mayor influencia en el calcio. Orpí (2019) indica que existen varios aspectos que influyen en la altura del albumen, como la genética, la edad, la nutrición, la sanidad y el manejo; para expresar la altura del albumen se utilizan las unidades

Haugh, estas representan una unidad de medida objetiva y precisa, un mayor número de unidades Haugh reflejan un huevo de mayor calidad (Manetti Sanguineti 2019).

El valor de las unidades Haugh se mide en función del peso total del huevo y de la altura de la clara o albumen, para esta investigación, este valor se obtuvo mediante un micrómetro, durante la semana 5 de nuestra investigación, las unidades Haugh no presentaron diferencias significativas en comparación a la semana 10 del tratamiento, donde se evidenció que en el control negativo y control positivo se obtuvo un mayor número de unidades Haugh siendo estos valores 95.59 y 94.52 para dichos controles y en los tratamientos 0.02% y 0.03% de ácido amino gamma-butírico con valores de 91.52 y 85.53 respectivamente. Con el transcurso del tiempo, las unidades Haugh tienden a disminuir, ya que estas dependen de las condiciones en las que el huevo se encuentre almacenado, según Orpí (2019) esto ocurre con el tiempo, mientras el tiempo transcurre y si no se almacena en condiciones óptimas, el huevo pierde agua y CO₂, lo que provoca una disminución de la altura del albumen, también, que pierda su estructura y la apariencia sea más acuosa y transparente.

El color de la yema también fue evaluado; este es un parámetro de calidad interna importante para la selección de los huevos por los consumidores, generalmente, el consumidor prefiere que el color de la yema entre amarillo-dorado y naranja, ya que culturalmente representa la calidad del huevo, sin embargo, el color de la yema de huevo depende de la alimentación de la gallina y no es un indicador de calidad. Así, dietas con altos contenidos de maíz provocan yemas más naranjas, mientras que dietas mayormente con trigo o cebada provocan yemas de huevo más pálidas (Williams 1992). Se observa que los aditivos propuestos no tuvieron efecto en la absorción de los pigmentos y por ende en la coloración de la yema.

Conclusiones

La inclusión dietética con 0.02% de amino gamma-butírico mejoró la intensidad de puesta y eficiencia productiva y disminuyó el porcentaje de huevos sucios de gallinas ponedoras.

El grupo experimental con 0.03% de amino gamma-butírico incrementó el grosor de la cáscara, aunque redujo la altura del albumen y la Unidad Haugh, sin influencias para el peso del huevo, resistencia de la ruptura de la cáscara y color de la yema de gallinas ponedoras.

Recomendaciones

Utilizar 0.02% de amino gamma-butírico en las dietas de gallinas ponedoras para promover la productividad de las gallinas ponedoras.

Realizar investigaciones con la inclusión de 0.01 y 0.015% de amino gamma-butírico en las dietas de gallinas ponedoras aparentemente sanas para determinar el posible efecto antiinflamatorio y antioxidante.

Realizar un análisis económico del empleo dietético de amino gamma-butírico en las dietas de gallinas ponedoras.

Referencias

- Albuquerque Matos F de, Fernando Barbosa da Silva N, Aquino Marques da Costa B de, Lúcia Figueiredo Porto A, Melo Oliveira V. 2021. Agroindustria integrada a avicultura. [sin lugar]: Ciagro 2021.
- Ayo JO, Obidi JA, Rekwot PI. 2011. Effects of heat stress on the well-being, fertility, and hatchability of chickens in the northern Guinea savannah zone of Nigeria: a review. *ISRN Vet Sci.* 2011:838606. eng. doi:10.5402/2011/838606.
- Barroeta A. 2002. lecciones-sobre-el-huevo: Formación del Huevo. 1a. [sin lugar]: Universidad Autónoma de Barcelona; [consultado el 4 de jun. de 2022]. 176 p. <http://ineh.com.ec/wp-content/uploads/2018/02/lecciones-sobre-el-huevo.pdf>.
- Chen Z, Tang J, Sun YQ, Xie J. 2013. Protective Effects of γ -Aminobutyric acid (GABA) on Antioxidant Functions of Intestinal Mucosal in Heat-stressed Wenchang Chic. *The Journal of Animal & Plant Sciences*; [consultado el 30 de may. de 2022]. 23(6):1634–1641. <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-25-01/12.pdf>.
- Chung H-J, Jang S-H, Cho HY, Lim S-T. 2009. Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA (γ -aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. *LWT - Food Science and Technology.* 42(10):1712–1716. doi:10.1016/j.lwt.2009.04.007.
- Koelkebeck KW. 2010. Qué es la calidad del huevo y su conservación. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 16 de jun. de 2022; consultado el 16 de jun. de 2022]. <https://www.elsitioavicola.com/articles/1832/qua-es-la-calidad-del-huevo-y-su-conservacion/>.
- Macelline SP, Toghiani M, Chrystal PV, Selle PH, Liu SY. 2021. Amino acid requirements for laying hens: a comprehensive review. *Poult Sci.* 100(5). eng. doi:10.1016/j.psj.2021.101036.
- Manetti Sanguineti F. 2019. Caracterización de la calidad de la yema, la clara y la cáscara de huevo blanco en planteles avícolas comerciales en Chile. [Tesis]. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de ciencias veterinarias y pecuarias. 45 p; [consultado el 16 de jun. de 2022]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170640/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-calidad-de-la-yema%2C-la-clara-y-la-c%C3%A1scara-de-huevo-blanco-en-planteles-av%C3%ADcolas-comerciales-en-Chile.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Molfese I. 2020. Modificando el Tamaño del Huevo: Principales Factores. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 12 de jun. de 2022; consultado el 12 de jun. de 2022]. <https://las-plumas-ala.com/2020/05/09/modificando-el-tamano-del-huevo-principales-factores/>.
- Nawab A, Ibtisham F, Li G, Kieser B, Wu J, Liu W, Zhao Y, Nawab Y, Li K, Xiao M, et al. 2018. Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. *J Therm Biol.* 78:131–139. eng. doi:10.1016/j.jtherbio.2018.08.010.
- Ncho CM, Jeong C, Gupta V, Goel A. 2021. The effect of gamma-aminobutyric acid supplementation on growth performances, immune responses, and blood parameters of chickens reared under

stressful environment: a meta-analysis. *Environ Sci Pollut Res Int.* 28(33):45019–45028. eng. doi:10.1007/s11356-021-13855-0.

North MO, Bell DO. 1998. Manual de producción avícola. 4ª ed. México: Manual Moderno (vol. 01).

Ochoa A. 2012. Reducción de costos en la alimentación de gallinas ponedoras [Tesis]. Antioquia: Corporación universitaria Lasallista., Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias. 29 p; [consultado el 30 de may. de 2022]. http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/252/1/Reduccion_costos_produccion_huevo.pdf.

Orpí J. 2019. Factores de la calidad interna del huevo y su incubabilidad. [sin lugar]: Veterinaria Digital; [actualizado el 12 de jun. de 2022; consultado el 12 de jun. de 2022]. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/factores-de-los-que-depende-la-calidad-interna-del-huevo-y-su-incubabilidad/>.

Park JH, Kim IH. 2015. Effects of dietary gamma-aminobutyric acid on egg production, egg quality, and blood profiles in layer hens. *Veterinari Medicina.* 60(11):629–634. doi:10.17221/8531-VETMED.

Ravindran V. 2013. Principales ingredientes utilizados en las formulaciones de alimentos para aves de corral. En: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, editor. Revisión del desarrollo avícola. [sin lugar]: FAO. p. 71–73 ; [consultado el 12 de jun. de 2022]. <https://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>.

Serrano AR. 2014. Buenas prácticas de manufactura y la rentabilidad de la avícola la dolorosa. [Tesis]. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato., Facultad de auditoría y contabilidad. 195 p; [consultado el 12 de jun. de 2022]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20694/1/T2723i.pdf>.

Teeter RG, Smith MO, Owens FN, Arp S, Sangiah S, Breazile JE. 1985. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. *Poult Sci.* 64(6):1060–1064. eng. doi:10.3382/ps.0641060.

Williams KC. 1992. Factores que afectan la calidad del huevo: Producción de huevo. *World's Poultry Science Journal*; [consultado el 16 de jun. de 2022]. (48):5–16. https://ddd.uab.cat/pub/selavi/selavi_a1992m9v34n9/selavi_a1992m9v34n9p587.pdf.

Zhang M, Zou X-T, Li H, Dong X-Y, Zhao W. 2012. Effect of dietary γ -aminobutyric acid on laying performance, egg quality, immune activity and endocrine hormone in heat-stressed Roman hens. *Animal science journal.* 83(2):141–147. eng. doi:10.1111/j.1740-0929.2011.00939.x.