

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



Proyecto Especial de Graduación
**Efecto de niveles creciente de lisina en el desempeño productivo y
características de la canal de pollos de engorde de la línea Cobb 500™**

Estudiantes

Karen Yaneth Méndez Ascencio

Karen Beatriz Peñate Trujillo

Asesores

Yordan Martínez Aguilar, D.Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, junio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGER CASTILLO

Director del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y métodos / Metodología	11
Ubicación Experimental	11
Diseño, Animales y Tratamientos.....	11
Condiciones Experimentales.....	15
Desempeño Productivo.....	15
Características de la Canal.....	15
Costo del Alimento Consumido y Costo para Producir las Porciones Comestibles	16
Análisis Estadístico.....	16
Resultados y Discusión.....	17
Parámetros Productivos de la Etapa de Inicio (0-8 días)	17
Parámetros Productivos de la Etapa de Crecimiento (9-18 días)	19
Parámetros Productivos de la Etapa de Finalización (19-35 días)	22
Parámetros Productivos Acumulados (0-35 días)	24
Porciones Comestibles en Peso Relativo.....	28
Costo de la Dieta y Costo para Producir un kg de Peso Vivo, Canal y Pechuga.....	29

Conclusiones32

Recomendaciones.....33

Referencias.....34

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y composición de la dieta utilizada en el periodo experimental de la etapa de inicio en los pollos de engorde Cobb 500™ (5 semanas).....	12
Cuadro 2 Ingredientes y composición de la dieta utilizada en el periodo experimental de la etapa de crecimiento de los pollos de engorde Cobb 500™ (5 semanas)	13
Cuadro 3 Ingredientes y composición de la dieta utilizada en el periodo experimental de la etapa de finalización de los pollos de engorde Cobb 500™ (5 semanas)	14
Cuadro 4 Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en el desempeño productivo de pollos de engorde en la etapa de inicio (0-8 días).....	19
Cuadro 5 Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en el desempeño productivo de pollos de engorde en la etapa de crecimiento (9-18 días)	22
Cuadro 6 Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en el desempeño productivo de pollos de engorde en la etapa de crecimiento (9-18 días)	24
Cuadro 7 Efecto de niveles crecientes de lisina dietética sobre los parámetros productivos acumulados desde el día 0-35 de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™.....	26
Cuadro 8 Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en las porciones comestibles (gramos) de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™	28
Cuadro 9 Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en las porciones comestibles (porcentaje) de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™	29
Cuadro 10 Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en el costo de la alimentación de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™	31

Resumen

Las dietas utilizadas con base a harina de maíz y soya en la producción avícola convencional son deficientes en lisina, por lo tanto, su uso de forma sintética es una práctica común en la nutrición de los pollos de engorde, sin embargo, existen contradicciones sobre el nivel adecuado. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de niveles crecientes de lisina en el desempeño productivo y características de la canal de pollos de engorde de la línea Cobb 500™. Los tratamientos consistieron en una dieta control formulada según los requerimientos de la línea genética (T0); dietas formuladas con aportes de lisina de 1.28% (inicio), 1.18 (crecimiento) y 1.08% (finalización) (T1); dietas formuladas con aportes de lisina de 1.34% (inicio), 1.24 (crecimiento) y 1.14% (finalización) (T2) y dietas formuladas con aportes de lisina de 1.40% (inicio), 1.30% (crecimiento) y 1.20% (finalización) (T3). Los resultados demostraron que la formulación con niveles de inclusión de lisina de 1.28% en la etapa de inicio, 1.18% en crecimiento y 1.08% en finalización, mejoraron la conversión alimenticia, el peso absoluto y relativo de la pechuga, sin afectar el peso vivo y la viabilidad. Además, este tratamiento experimental (T1) redujo los costos de producción para producir un kg de canal y pechuga. Se recomienda formular dietas con aportes de lisina de 1.28% (inicio), 1.18 (crecimiento) y 1.08% (finalización) para mejorar la eficiencia alimenticia y el rendimiento de la canal y pechuga en pollos de engorde de la línea Cobb 500™.

Palabras clave: Aminoácidos esenciales, consumo de alimento, conversión alimenticia, lisina.

Abstract

The diets used based on corn flour and soybean in conventional poultry production are deficient in lysine, therefore, its use in a synthetic way is a common practice in the nutrition of broilers, however, there are contradictions about the suitable level. The objective of this study was to evaluate the effect of increasing levels of lysine on the productive performance and characteristics of the carcass of broilers of the Cobb 500™ line. The treatments consisted of a control diet formulated according to the requirements of the genetic line (T0); diets formulated with lysine contributions of 1.28% (start), 1.18 (growth) and 1.08% (completion) (T1); diets formulated with lysine inputs of 1.34% (start), 1.24 (growth) and 1.14% (completion) (T2) and diets formulated with lysine contributions of 1.40% (start), 1.30 (growth) and 1.20% (completion) (T3). The results showed that the formulation with lysine inclusion levels of 1.28% in the start stage, 1.18% in growth and 1.08% in completion, improved feed conversion, the absolute and relative weight of the breast, without affecting the live weight and feasibility. In addition, this experimental treatment (T1) reduced production costs to produce one kg of carcass and breast. It is recommended to formulate diets with lysine inputs of 1.28% (start), 1.18 (growth) and 1.08% (finish) to improve feed efficiency and the performance of the carcass and breast in broilers of the Cobb 500™ line.

Keywords: Body weight, essential amino acids, feed conversion, lysine.

Introducción

La carne de pollo es una de las más consumidas a nivel mundial, por lo tanto, los productores de pollos de engorde deben optimizar cada uno de los recursos económicos, con el objetivo de satisfacer las necesidades del consumidor. Esto principalmente a que es la carne más aceptada globalmente y más barata que otros tipos de carne por sus menores costos de producción. De igual forma, la carne de pollo “brinda altos beneficios en la salud humana, por su menor carga calórica, grasas y colesterol” (González Jiménez 2013).

“En los últimos 30 años se han realizado mejoras genéticas en la línea Cobb 500™, lo que ha permitido un aumento del 10% en la producción de huevos, un 10% en el rendimiento de la canal y un aumento del 11% en carne de pechuga sobre porcentaje de peso vivo” (Mercado Polanco 2015). Por lo tanto, al producir pollos de carne se requiere una buena selección genética, tomando en cuenta, que la alimentación es importante para lograr un máximo potencial en la productividad de las aves. En las etapas de producción de los pollos de engorde, las células satélites sirven como células precursoras del músculo para el crecimiento y la reparación de tejidos, donde las células musculares tienen la capacidad de aumentar en tamaño e incrementar el rendimiento de pechuga (Piestun et al. 2017).

La línea de pollos de engorde Cobb 500™ tiene la ventaja de poseer una conversión de alimento baja, la mejor tasa de crecimiento y la capacidad de prosperar con una nutrición de baja densidad y menos costosa (Uzcátegui-Varela et al. 2020). Por otra parte, Cedeño Alcívar y Cevallos Guamán (2010) mencionan que el pollo de engorde de la línea Cobb 500™ se caracteriza por su alta tasa de crecimiento, alta ganancia de peso y un excelente rendimiento de la canal. Uno de los problemas que se presenta en la producción de pollos de engorde, es el alto costo de la alimentación, representando el 60-70% de los gastos que se generan en el manejo, ya que, cada elemento en la

dieta debe estar balanceado a manera que pueda satisfacer los requerimientos del animal para lograr una óptima producción.

En la dieta “los aminoácidos son elementos nutricionales esenciales para las aves, presentando un impacto directo sobre el desempeño animal” (Potença et al. 2015). “La exigencia nutricional de aminoácidos se ve influenciada por una serie de factores como edad, sexo de los animales, niveles de energía del alimento, condiciones ambientales (principalmente temperatura) y digestibilidad de los nutrientes de las materias primas usadas en la elaboración de los alimentos” (Sá et al. 2013). Por su parte, Cerrate et al. (2019) exponen que los aminoácidos como la lisina, treonina y metionina juegan un papel importante, puesto que son conocidos por tener efectos sobre la composición de la canal de pollos. En la alimentación de los pollos de engorde “la lisina, arginina, glicina + serina, histidina, isoleucina, leucina, metionina + cistina, fenilalanina + tirosina, treonina, triptófano y valina son considerados aminoácidos esenciales, ya que, no pueden ser sintetizados por el cuerpo del animal, y deben ser suministrados en la dieta en una proporción balanceada que sea óptimo para el crecimiento” (Cisneros Rodriguez 2019).

La lisina es el segundo aminoácido limitante después de la metionina por lo que influye en el desarrollo de la canal en dietas a base de maíz y soja (Tian et al. 2019). Se ha demostrado que la suplementación de lisina, tiene efecto significativo sobre la composición de la canal, principalmente sobre el rendimiento de pechuga (Tandalla Tandalla 2010). Por lo tanto, “la alimentación con dietas adecuadas en lisina son fundamentales durante las primeras etapas de desarrollo, ya que, permiten optimizar el rendimiento de crecimiento posterior y la producción de carne de pechuga” (Dozier et al. 2009). Los objetivos de este estudio fueron:

Evaluar el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500™ alimentados con niveles crecientes de lisina.

Determinar las características de la canal de pollos de engorde Cobb 500™ alimentados con niveles crecientes de lisina.

Estimar el costo del alimento consumido y el costo para producir un kilogramo de peso vivo, canal y pechuga.

Materiales y métodos / Metodología

Ubicación Experimental

Los protocolos y métodos para realizar la investigación se desarrollaron en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en Valle del Yegüare en el km 32 de la carretera Tegucigalpa-Danlí, Honduras. La precipitación anual es de 1100 mm, la temperatura promedio anual es de 26 °C a una altura de 800 msnm.

Diseño, Animales y Tratamientos

Un total de 1000 pollos de engorde Cobb 500™ de un día de edad se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos experimentales, cinco repeticiones y 50 pollos por repetición durante 35 días de edad. Los tratamientos consistieron en una dieta control formulada según los requerimientos de la línea genética (T0); dietas formuladas con aportes de lisina de 1.28% (inicio), 1.18 (crecimiento) y 1.08% (finalización) (T1); dietas formuladas con aportes de lisina de 1.34% (inicio), 1.24 (crecimiento) y 1.14% (finalización) (T2) y dietas formuladas con aportes de lisina de 1.40% (inicio), 1.30 (crecimiento) y 1.20% (finalización) (T3). Las dietas se muestran en los Cuadros 1,2 y 3.

Cuadro 1

Ingredientes y composición de la dieta utilizada en el periodo experimental de la etapa de inicio en los pollos de engorde Cobb 500™ (5 semanas)

Ingredientes	Dieta experimental con Lisina de la etapa de Inicio			
	Inicio (0-8 días)			
	T0	T1	T2	T3
Harina de maíz de descarte (10.59 %)	58.85	59.03	59.19	59.28
Harina de soya (46.83%)	32.4	32.2	32.03	31.89
Premezcla de minerales y vitaminas	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de sodio	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de palma africana	3.53	3.48	3.43	3.43
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.34	0.34	0.34	0.34
L-Treonina	0.16	0.16	0.16	0.16
L-Lisina	0.32	0.39	0.45	0.5
Carbonato de calcio	1.6	1.6	1.6	1.6
Biofos	1.53	1.53	1.53	1.53
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X 50	0.05	0.05	0.05	0.05
Cocciostato	0.05	0.05	0.05	0.05
Costo USD/t	440.43	441.04	441.14	442.3
<i>Aportes Nutricionales %</i>				
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	2975	2975	2975	2975
Proteína cruda	22	22	22	22
FND	15.22	15.22	15.22	15.22
Fibra cruda	3.05	3.05	3.05	3.05
Calcio	0.9	0.9	0.9	0.9
Fosforo disponible	0.45	0.45	0.45	0.45
Lisina	1.22	1.28	1.34	1.4
Metionina+cistina	0.91	0.91	0.91	0.91
Treonina	0.83	0.83	0.83	0.83
Triptófano	0.2	0.2	0.2	0.2

Nota. Dieta control formulada según los requerimientos de la línea genética (T0); dietas formuladas con aportes de lisina de 1.28% (T1);

dietas formuladas con aportes de lisina de 1.34% (T2) y dietas formuladas con aportes de lisina de 1.40% (T3).

Cuadro 2

Ingredientes y composición de la dieta utilizada en el periodo experimental de la etapa de crecimiento de los pollos de engorde Cobb 500™ (5 semanas)

Ingredientes	Dieta experimental con Lisina de la etapa de Crecimiento			
	Crecimiento (9-18 días)			
	T0	T1	T2	T3
Harina de maíz de descarte (10.59 %)	64.63	65.14	65.42	65.01
Harina de soya (46.83%)	27.15	26.7	26.42	26.7
Premezcla de minerales y vitaminas	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de sodio	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de palma africana	3.25	3.13	3.07	3.13
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.31	0.31	0.31	0.31
L-Treonina	0.12	0.12	0.12	0.12
L-Lisina	0.34	0.4	0.46	0.53
Carbonato de calcio	1.53	1.53	1.53	1.53
Biofos	1.4	1.4	1.4	1.4
Mycifix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X 50	0.05	0.05	0.05	0.05
Cocciostato	0.05	0.05	0.05	0.05
Costo USD/t	412.25	411.05	411.05	411.82
<i>Aportes Nutricionales %</i>				
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	3025	3025	3025	3025
Proteína cruda	20	20	20	20
FND	-	-	-	-
Fibra cruda	-	-	-	-
Calcio	0.84	0.84	0.84	0.84
Fosforo disponible	0.42	0.42	0.42	0.42
Lisina	1.12	1.18	1.24	1.3
Metionina+cistina	0.85	0.85	0.85	0.85
Treonina	0.73	0.73	0.73	0.73
Triptófano	0.18	0.18	0.18	0.18

Nota. Dieta control formulada según los requerimientos de la línea genética (T0); dietas formuladas con aportes de lisina de 1.18 (crecimiento) (T1); dietas formuladas con aportes de lisina de 1.24 (crecimiento) (T2) y dietas formuladas con aportes de lisina de 1.30 (T3).

Cuadro 3

Ingredientes y composición de la dieta utilizada en el periodo experimental de la etapa de finalización de los pollos de engorde Cobb 500™ (5 semanas)

Ingredientes	Dieta experimental con Lisina de la etapa de Finalización			
	Finalización (19-35 días)			
	T0	T1	T2	T3
Harina de maíz de descarte (10.59 %)	67.24	67.33	67.46	67.58
Harina de soya (46.83%)	24.27	24.16	24	23.86
Premezcla de minerales y vitaminas	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de sodio	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de palma africana	3.94	3.9	3.87	3.83
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.28	0.28	0.28	0.28
L-Treonina	0.08	0.08	0.08	0.08
L-Lisina	0.3	0.36	0.42	0.48
Carbonato de calcio	1.41	1.41	1.41	1.41
Biofos	1.21	1.21	1.21	1.21
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X 50	0.05	0.05	0.05	0.05
Cocciostato	0.05	0.05	0.05	0.05
Costo USD/t	398.89	399.72	400.4	401.1
<i>Aportes Nutricionales %</i>				
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	3100	3100	3100	3100
Proteína cruda	19	19	19	19
FND	16.08	16.08	16.08	16.08
Fibra cruda	3.03	3.03	3.03	3.03
Calcio	0.76	0.76	0.76	0.76
Fosforo disponible	0.38	0.38	0.38	0.38
Lisina	1.02	1.08	1.14	1.2
Metionina+cistina	0.8	0.8	0.8	0.8
Treonina	0.66	0.66	0.66	0.66
Triptófano	0.18	0.18	0.18	0.18

Nota. Dieta control formulada según los requerimientos de la línea genética (T0); dietas formuladas con aportes de lisina de 1.08% (T1);

dietas formuladas con aportes de lisina de 1.14% (T2) y dietas formuladas con aportes de lisina de 1.20% (T3).

Condiciones Experimentales

Cada repetición se constituyó por un corral con 10 aves/m². El alimento y el agua se suministraron *ad libitum* en comederos tipo tolva y bebederos de niple, respectivamente. La temperatura y la ventilación dentro del galpón se controló mediante criadoras de gas, manejo de cortinas y ventiladores. La nave se desinfectó según las normas de calidad medioambientales. No se utilizaron medicamentos, ni atención veterinaria terapéutica durante toda la etapa experimental.

Desempeño Productivo

En cada fase experimental (inicio, crecimiento y finalización) se determinaron los indicadores del desempeño productivo de los pollos de engorde. La viabilidad se determinó por los animales vivos entre los existentes al inicio del experimento. Se calculó la conversión alimenticia como la cantidad de alimento ingerido, para una ganancia de 1 kg de peso vivo. El peso inicial y el final de cada etapa se evaluó de forma individual, en una balanza industrial Mettler Toledo® IND226 con precisión ± 1.00 g. El consumo de alimento acumulado se calculó diariamente mediante el método de oferta y rechazo.

Características de la Canal

A los 35 días de edad se sacrificaron por el método de desangrado en la vena yugular 10 aves/tratamiento en ayunas por seis horas. Para determinar el peso relativo de la canal y vísceras, se realizó un pesaje de los pollos de ceba antes del sacrificio en una balanza digital Truweigh™ Blaze digital scale BL-100-01-BK con precisión ± 0.1 g. Después del sacrificio se pesó la canal, pechuga, pierna, grasa abdominal, hígado, corazón, páncreas y molleja.

Costo del Alimento Consumido y Costo para Producir las Porciones Comestibles

Para determinar la factibilidad económica, se tomó en cuenta las fichas de costos de los ingredientes y facturas del producto terminado elaborado por la planta de concentrado de la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Además, se determinó el costo promedio de las dietas por grupos experimentales, así como el consumo de alimento, peso vivo, peso de la canal y peso de la pechuga acumulado por cada tratamiento.

Análisis Estadístico

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple en un diseño completamente al azar (DCA). En los casos necesarios se empleó la Dócima de Duncan (1955) para determinar las diferencias entre medias. La viabilidad se determinó por comparación de proporciones. Todos los análisis se desarrollaron en el software estadístico SPSS versión 23.1.

Resultados y Discusión

Parámetros Productivos de la Etapa de Inicio (0-8 días)

No se observó diferencias en el peso vivo inicial de las aves ($P>0.05$), tomando en cuenta, que el peso inicial influye sobre el peso final de la canal. Estos resultados guardan relación con lo sostenido por Artiga Ortega et al. (2013), donde no se encontró diferencias significativas sobre el peso vivo inicial en cada uno de los tratamientos realizados, sin embargo, señala que es importante considerar que los pollos de engorde, que no se alimenten de forma adecuada durante los dos primeros días de vida reducirán su porcentaje de pechuga en la canal, lo que repercute en el peso final. Según Cruz et al. (2017) y Daughtry et al. (2017) exponer a los pollitos al ayuno durante los dos primeros días de vida compromete el desarrollo de las células satélite, responsables por el futuro desarrollo de las células musculares, que definen su rendimiento de pechuga. Es decir, que la actividad mitótica de las células satélites después de la eclosión temprana es un aspecto importante del desarrollo muscular, por lo tanto, la comprensión de la interacción entre la nutrición y la actividad mitótica de las células satélite conducirá a una producción de carne más eficiente.

La ganancia de peso vivo promedio en relación con el consumo de una dieta a base de lisina sintética (Cuadro 5) fue mayor en los días 0 a 8 ($P<0.001$) para las aves con un nivel de 1.34% de lisina dietética, con un peso vivo promedio de 187.66 gramos. En comparación, con los tratamientos donde se suplemento 1.22% y 1.40% de lisina dietética, que obtuvo un aumento de peso vivo similar desde el día 0 al 8. Por otra parte, las aves que consumieron una dieta formulada con niveles de lisina de 1.28%, presentaron el aumento de peso vivo más bajo en comparación con todos los demás tratamientos. La viabilidad no presenta un valor P y error estándar, ya que, no hay variabilidad estadística entre los tratamientos.

El análisis estadístico mostro que la línea de pollos de engorde Cobb 500™ alimentados con un nivel de lisina de 1.28% en la etapa de inicio obtuvieron un consumo de alimento y una conversión alimenticia más baja ($P<0.05$) en comparación con las aves alimentadas con la dieta control y la implementación de 1.40% de lisina, en donde los mismos parámetros fueron más altos. De esta forma, se estimó que el requerimiento de lisina necesario en la etapa de inicio en base al consumo de alimento y conversión alimenticia es de 1.28%.

Las aves alimentadas con 1.28% de lisina al igual que las aves que consumieron la dieta control crecieron de la misma forma y obtuvieron una conversión alimenticia numéricamente mejorada, debido a una ingesta total de alimento menor. Aunque la conversión alimenticia del tratamiento con 1.34% de lisina dietética también fue similar al del grupo de aves que recibió la dieta control, esta similitud fue el resultado de la reducción de la ingesta de alimento y el aumento de peso, no una mejora significativa. Por otro lado, las aves que recibieron una dieta con 1.40% de lisina aumentaron significativamente la conversión alimenticia, reduciendo la eficiencia en el consumo de alimento. Bouyeh (2012) demuestra que al alimentar con un 40% más de lisina que lo recomendado en la guía de manejo de la línea Cobb 500™, es decir, 1.54 y 1.40% para iniciación y crecimiento respectivamente, disminuye el aumento de peso vivo con un alto efecto sobre la eficiencia alimenticia.

Por otra parte, Da Costa et al. (2017) realizaron una investigación más profunda sobre la causa de la reducción de peso y la baja eficiencia alimenticia, demostrando que existe una relación antagónica entre lisina y arginina, donde el exceso de lisina en la dieta provoca una deficiencia de arginina, es decir, que la alimentación con un exceso del 1% en la dieta aumenta el requerimiento de arginina en un 51%. De esta forma, la baja eficiencia en la conversión alimenticia y consumo de alimento al implementar 1.40% de lisina se atribuye a una deficiencia de arginina.

Richards y Proszkowiec-Węglarz (2007) aseguran que es sumamente importante estimular de forma adecuada a las aves para que consuman una óptima cantidad de alimento durante los primeros

5 a 7 días, para que desarrollen los sistemas inmune y digestivo, puesto que, si se causan disturbios estructurales y funcionales en el tejido intestinal de los pollitos afectara la salud y el desempeño posterior de las aves.

De igual forma, Jong et al. (2017) mencionan que los pollos de engorde tienen la capacidad de consumir menos alimento por unidad de aumento de peso corporal al incluir aminoácidos sintéticos como la lisina en la dieta alimenticia. Además, la adición dietética de aminoácidos suplementarios como la Lisina permite al productor cumplir con los requisitos para optimizar el rendimiento de crecimiento de los pollos de engorde y al mismo tiempo, reducir la necesidad de fuentes de proteína.

Cuadro 4

Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en el desempeño productivo de pollos de engorde en la etapa de inicio (0-8 días)

Tratamientos	Indicadores productivos de la etapa de inicio				
	PVI (g)	PV (g)	CA (g)	CON	Viabilidad (%)
Control	46.3	181.87 ^a	175.80 ^a	1.31 ^b	100
T1	47.02	170.08 ^b	169.26 ^b	1.30 ^b	100
T2	46.66	187.66 ^a	183.98 ^a	1.38 ^{ab}	100
T3	46.66	184.23 ^{ab}	198.02 ^a	1.44 ^a	100
EE±	0.323	1.739	2.361	0.033	-
Valor de P	0.487	<0.001	<0.001	0.013	-

Nota. g: gramos; PVI: Pesos vivo inicial, PV: Peso vivo, CA: Consumo de alimento, CON: Conversión alimenticia, Control (Inicio: 1.22% Lys; crecimiento: 1.12% Lys, finalización: 1.02%); T1: (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys); T2: (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys); T3: (Inicio: 1.40% Lys; crecimiento: 1.30% Lys, finalización: 1.20% Lys), *^{ab}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí (P<0.05)

Parámetros Productivos de la Etapa de Crecimiento (9-18 días)

El parámetro peso vivo en la etapa de crecimiento aumentó para las aves que recibieron la dieta control (Cuadro 6), en donde se utilizaron niveles de lisina según lo recomendado por el manual de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™. Por otra parte, las aves que recibieron 1.18% y 1.24%

de lisina obtuvieron el aumento de peso más bajo. El aumento de peso se obtiene en respuesta a una alta biodisponibilidad de nutrientes, en donde los nutrientes son absorbidos y utilizados para las funciones de mantenimiento, crecimiento y producción, por lo tanto, al comparar los resultados de la investigación, se obtuvo una mayor ganancia de peso con la dieta control.

El análisis estadístico permite evidenciar, que existen diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$), en la etapa de crecimiento, con respecto a las variables consumo de alimento y conversión alimenticia. El tratamiento en donde se implementó 1.18% de lisina es el que menos alimento consumió (552.80 g), por otra parte, los tratamientos en donde se implementó un nivel de 1.24%, 1.30% de lisina y la dieta control presentaron un consumo de alimento similar con 561.4, 568.40 y 570.22 gramos, respectivamente.

De esta forma, la relación consumo de alimento y conversión alimenticia permite determinar que a un menor consumo de alimento se presenta una mejor conversión alimenticia, siendo el tratamiento donde se implementó 1.18% el que mayor reducción presenta, al necesitar 1.39 gramos de alimento para incrementar un gramo de peso, mientras que el T2 (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys) y T3 (Inicio: 1.40% Lys; crecimiento: 1.30% Lys, finalización: 1.20% Lys) presentaron una conversión alimenticia similar de 1.50 y 1.42 gramos de alimento para incrementar un gramo de peso, respectivamente. De esta forma, la conversión alimenticia en el T1 (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys) se logró reducir significativamente, puesto que, según la tabla de conversión alimenticia de la línea Cobb 500™ en la etapa de crecimiento se debe de manejar una conversión alimenticia de 1.50 aproximadamente, mientras que en el T1 presenta un valor de 1.39.

El parámetro de viabilidad no presentó diferencias ($P > 0.05$). Tomando en cuenta, que se presentaron mejores valores de viabilidad en la etapa de crecimiento, ya que, los porcentajes de

mortalidad durante esta fase de desarrollo fue bastante baja, por lo tanto, las aves no fueron afectadas por las dietas implementadas.

El consumo de alimento puede ser influido por muchos factores como las condiciones ambientales, la calidad del alimento, el estado de salud, línea genética y forma de presentación del alimento (López et al. 2012). Tomando en cuenta, que en este estudio el manejo de sanidad y ambiente fueron similares en cada tratamiento, además, el balance en cada una de las dietas implementadas buscaba suplir los requerimientos nutricionales para el óptimo desarrollo fisiológico de los pollos de engorde en cada una de sus etapas de crecimiento.

Corzo et al. (2009) muestran que con niveles incrementales de lisina desde 1.07% a 1.24%, reduce linealmente el consumo de alimento y la conversión alimenticia. Además, Hussain M et al. (2018) y Lee et al. (2020) mencionan que las aves alimentadas con niveles medios de lisina durante la fase inicial presentan una mejor ganancia de peso y una mejor relación de conversión alimenticia durante la fase de crecimiento. Esto debido a que la suplementación con una concentración dietética de lisina más alta tiene la capacidad de promover la acumulación de músculo durante las primeras semanas de crecimiento, lo que resulta en una mayor ganancia de peso final, además, tiene una influencia significativa en el desarrollo del tracto intestinal y la estimulación del sistema inmunológico, lo que finalmente brinda la capacidad de obtener una mejor absorción de nutrientes y conversión alimenticia.

Cuadro 5

Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en el desempeño productivo de pollos de engorde en la etapa de crecimiento (9-18 días)

Tratamientos	Indicadores productivos de la etapa de crecimiento			
	PV (g)	CA (g)	CON	Viabilidad (%)
Control	582.03 ^a	570.22 ^a	1.42 ^b	100
T1	567.32 ^{ab}	552.80 ^b	1.39 ^b	100
T2	562.15 ^b	561.44 ^{ab}	1.50 ^a	99.2
T3	577.96 ^{ab}	568.40 ^a	1.44 ^b	99.2
EE±	6.243	3.514	0.015	0.469
Valor de P	0.018	0.048	0.002	0.431

Nota. g: gramos; PVI: Pesos vivo inicial, PV: Peso vivo, CA: Consumo de alimento, CON: Conversión alimenticia, Control (Inicio: 1.22% Lys; crecimiento: 1.12% Lys, finalización: 1.02%); T1: (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys); T2: (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys); T3: (Inicio: 1.40% Lys; crecimiento: 1.30% Lys, finalización: 1.20% Lys), * ^{ab}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí (P<0.05)

Parámetros Productivos de la Etapa de Finalización (19-35 días)

En la etapa de finalización, no se encontró diferencias (P>0.05) para el peso vivo de las aves. Lo que no concuerda con lo reportado por Abascal y Ramirez Moreta (2012) quienes señalan que desde el día 21 al 35 muestran diferencias significativas, en donde los pollos de engorde alcanzaron mayor peso con un nivel de inclusión de lisina del 1.20 al 1.30%. Tomando en cuenta, que los resultados en ambos estudios difieren debido a que el manejo experimental fue diferente, además, de que los ingredientes en la dieta variaron en cuanto al contenido de harina de maíz de descarte y harina de soya.

En la etapa finalización (19-35 días) el consumo de alimento y la conversión alimenticia fue menor en los pollos de engorde a los que se les brindó una dieta formulada con 1.08% de lisina, con un consumo de alimento de 2196.04 g de alimento por ave y con una conversión alimenticia de 1.68 gramos de alimento para incrementar un gramo de peso, mientras que las aves en las que se

implementó la dieta control y T2 (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys) presentaron el mayor consumo de alimento con 2312.84 y 2254.02 g, respectivamente. Por lo tanto, los pollos de engorde que consumen una dieta alimenticia con un porcentaje de 1.08% en su etapa de finalización, tienen la capacidad de consumir una menor cantidad de alimento y obtener una ganancia de peso adecuado.

En lo que respecta a la relación entre el consumo de lisina y las variables de peso vivo, consumo de alimento y conversión alimenticia, en este estudio se encontró una relación directa, ya que, al incrementar el consumo de lisina en dietas, permite mejorar los parámetros productivos, en comparación a utilizar los niveles de lisina descritos en la guía de manejo de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™. Esto debido a que la lisina es un aminoácido esencial en las aves. Dorigam et al. (2020) asegura que los requerimientos de lisina utilizado en las dietas convencionales para pollos de engorde son hasta 1.10%, sin embargo, utilizar niveles de inclusión de 1.28, 1.21 y 1.32% tienen la capacidad de lograr un aumento de peso y eficiencia alimenticia.

Por otra parte, Abudabos y Aljumaah (2010) mostraron en un estudio más profundo que la suplementación con niveles más altos de lisina a lo recomendado en la guía de manejo de los pollos de engorde Cobb 500™ y un bajo porcentaje de proteína cruda, permite mejorar el índice productivo y consumo de alimento de la canal, ya que, las bacterias gastrointestinales no obtienen suficiente energía para su reproducción y crecimiento, gracias a la composición química y estructural de la dieta, logrando una mejor digestión y absorción de los nutrientes, además, las excreciones de nitrógeno y fosforo al ambiente disminuyan significativamente.

El parámetro de viabilidad no presentó diferencias ($P > 0.05$) en los pollos de engorde de la línea Cobb 500™, sin embargo, la mortalidad en la etapa de finalización fue un poco más alta, sin salir de los estándares permitidos en la producción de pollos de engorde. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Meloche et al. (2018) en donde la mortalidad en cada uno de los tratamientos con

diferentes porcentajes de lisina fue baja presentando una mortalidad de 0.5 a 1.5%, por lo tanto, la viabilidad acumulada hasta los 35 días de edad de los pollos de engorde fue alta. Por otro lado, Butler et al. (2020) presentaron un alto porcentaje de mortalidad del 7% durante la etapa de finalización de los pollos de engorde, que fueron alimentados con los niveles de lisina más bajo de 0.96%, ya que, el sistema inmune no se desarrolló completamente y la ganancia de peso en cada etapa de crecimiento se retrasó, lo que reduce la viabilidad de forma significativa.

Cuadro 6

Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en el desempeño productivo de pollos de engorde en la etapa de crecimiento (9-18 días)

Tratamientos	Indicadores productivos de la etapa de finalización			
	PV (g)	CA (g)	CON	Viabilidad (%)
Control	1903.52	2312.84 ^a	1.75 ^a	98.8
T1	1859.19	2196.04 ^b	1.68 ^c	98.4
T2	1864.02	2254.02 ^{ab}	1.73 ^{ab}	100
T2	1900.67	2221.12 ^b	1.70 ^{bc}	99.6
EE±	18.469	27.659	0.013	0.735
Valor de P	0.202	0.046	0.007	0.424

Nota. g: gramos; PVI: Pesos vivo inicial, PV: Peso vivo, CA: Consumo de alimento, CON: Conversión alimenticia, Control (Inicio: 1.22% Lys; crecimiento: 1.12% Lys, finalización: 1.02%); T1: (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys); T2: (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys); T3: (Inicio: 1.40% Lys; crecimiento: 1.30% Lys, finalización: 1.20% Lys), *^{ab}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí (P<0.05)

Parámetros Productivos Acumulados (0-35 días)

La conversión alimenticia y el consumo de alimento son factores que están directamente relacionados. Desde los 0 a 35 días los pollos de engorde de la línea Cobb 500™, presentaron una mejora en la conversión alimenticia y consumo de alimento (P≤0.05), al implementar en la etapa de inicio niveles de lisina de 1.28% y 1.4% (Cuadro 7). Posiblemente, la composición de la dieta con un nivel de inclusión de 0.06 más lisina en comparación con la dieta control, lo que permitió que la canal

de pollos de engorde presente una conversión alimenticia óptima. Tomando en cuenta, que la formulación de la dieta, la forma física del alimento (harina o pellets), interviene directamente sobre el desarrollo del tracto gastrointestinal.

La viabilidad acumulada no presentó diferencias ($P>0.05$) durante los 35 días, tomando en cuenta, que la mortalidad en cada uno de los tratamientos fue baja, con porcentajes de viabilidad desde 98.4 a 99.2. Se debe de considerar que la mortalidad de los pollos de engorde afecta directamente sobre la rentabilidad de un sistema de producción, por lo tanto, se debe brindar un manejo adecuado. Cadmus et al. (2019) aseguran que cometer errores en la determinación de una correcta densidad de aves que se manejaran en los corrales, una mala alimentación, humedad y temperatura, traerá como consecuencias problemas en las patas y una alta mortalidad por la competencia que se genera, disminuyendo significativamente el porcentaje de viabilidad.

Jespersen et al. (2021) aseguran que la disponibilidad de fuentes de aminoácidos sintéticos permite a los productores reducir la inclusión de fuentes de proteínas (es decir, harina de soja y subproductos animales) mientras se cumplen los requisitos nutricionales establecidos y se obtienen mejoras en el crecimiento, la salud y la productividad de la canal. Por otra parte, cuando se cambia abruptamente los componentes de la alimentación, la microflora en el intestino cambia causando susceptibilidad potencial a enfermedades, afectando el consumo de alimento y la conversión alimenticia.

De esta forma, el estudio realizado demuestra que, al suministrar una dieta rica en vitaminas, minerales, energía, calcio, fósforo, un nivel de 1.28% de lisina en la etapa de inicio, un manejo adecuado de temperatura, iluminación y suministro de agua, los pollos de engorde tienen la capacidad de absorber y degradar el alimento de forma eficiente en el tracto digestivo, logrando satisfacer la demanda metabólica de mantenimiento y crecimiento, mejorando los parámetros productivos de las aves.

Cuadro 7

Efecto de niveles crecientes de lisina dietética sobre los parámetros productivos acumulados desde el día 0-35 de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™

Tratamientos	Indicadores productivos acumulados del día 0-35		
	CA (g)	CON	Viabilidad (%)
Control	3058.88 ^a	1.65 ^a	98.8
T1	2918.10 ^b	1.61 ^b	98.4
T2	2999.42 ^{ab}	1.65 ^a	99.2
T3	2978.56 ^{ab}	1.61 ^b	98.8
EE±	24.313	0.011	0.671
Valor de P	0.049	0.048	0.647

Nota. CA: Consumo de alimento, CON: Conversión alimenticia, g: gramos, Control (Inicio: 1.22% Lys; crecimiento: 1.12% Lys, finalización: 1.02%); T1: (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys); T2: (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys); T3: (Inicio: 1.40% Lys; crecimiento: 1.30% Lys, finalización: 1.20% Lys), *^{ab}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí (P<0.05)

Porciones Comestibles en Peso Absoluto

Los niveles de inclusión de lisina utilizados en la formulación de las dietas alimenticias no afectaron el peso promedio de las porciones comestibles como pierna, hígado, corazón y molleja, de igual forma, no tuvo un efecto negativo sobre la grasa abdominal (P>0.05). Por otra parte, el rendimiento de la canal y pechuga se incrementó (P≤0.05) al utilizar una dieta con 1.28% de lisina, alcanzando un peso promedio de 1406.20 g de la canal y 691.20 g promedio de pechuga, superior a los demás tratamientos en donde los pesos promedio de la canal fueron de 1361.80 a 1399.60 g y 661.20 a 641.20 g de pechuga, aplicando 1.22 a 1.34% de lisina (Cuadro 8).

El aumento en el rendimiento de pechuga se logra al brindar desde la etapa de inicio de los pollos de engorde una dieta rica en nutrientes como aminoácidos, vitaminas y minerales, lo que permite un óptimo desarrollo de las células satélite y células musculares presentes en el tejido muscular, tomando en cuenta, que estas células tienen la capacidad de aumentar o disminuir en

tamaño, pero no en número. De esta forma, al implementar la lisina que es un aminoácido esencial en la dieta, mejora el aporte nutricional, permitiendo que las aves aumenten el tamaño de miles de células musculares individuales, incrementando la masa de la pechuga y, por ende, el peso vivo.

Los resultados obtenidos en la investigación concuerdan con los presentados anteriormente por Mehri et al. (2014) donde muestran la relación entre el porcentaje de lisina presente en la dieta y el incremento de pechuga, al utilizar niveles de lisina desde 0.60 a 1.20% desde los 15 a 28 días de edad de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™, donde se encontró un aumento de forma progresiva el rendimiento promedio de pechuga de la canal de pollos.

Por otra parte, Kijowski et al. (2014) mencionan que las aves que incrementan de forma excesiva su porcentaje de pechuga tienden a presentar problemas como la miopatía pectoral profunda, que ocurre cuando los músculos de la pechuga aumentan demasiado su tamaño, creando una presión sobre los músculos pectorales menores, provocando que no tengan la capacidad de aumentar su volumen o expandirse. Cuando las aves agitan sus alas el volumen muscular de los pectorales menores intenta aumentar su tamaño, pero no lo logra, causando que el paso de la sangre se corte, resultando en una deficiencia de oxígeno que causa la muerte localizada de células.

Cuadro 8

Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en las porciones comestibles (gramos) de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™

Tratamientos	Canal (g)	Pechuga (g)	Pierna (g)	Hígado (g)	Corazón (g)	Molleja (g)	GA (g)
Control	1399.60 ^a	641.20 ^b	291.4	38.65	9.62	54.59	22.18
T1	1406.20 ^a	691.20 ^a	291	39.9	9.04	54.81	26.86
T2	1361.80 ^{ab}	661.20 ^{ab}	297	38.79	9.76	54.65	25.26
T3	1311.40 ^b	634.80 ^b	282.6	38.92	9.38	50.64	22.65
EE±	19.9	13.62	5.56	0.895	0.454	2.722	2.08
Valor de P	0.007	0.007	0.506	0.752	0.701	0.506	0.349

Nota. GA: Grasa abdominal, g: gramos, Control (Inicio: 1.22% Lys; crecimiento: 1.12% Lys, finalización: 1.02%); T1: (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys); T2: (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys); T3: (Inicio: 1.40% Lys; crecimiento: 1.30% Lys, finalización: 1.20% Lys), *^{ab}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí (P<0.05)

Porciones Comestibles en Peso Relativo

El Cuadro 9 muestra los datos de las porciones comestibles de la canal de los pollos de engorde bajo el efecto de diferentes niveles de lisina en la dieta. El análisis estadístico indicó que la suplementación con niveles crecientes de lisina en la dieta no tuvo efecto sobre el porcentaje de hígado, corazón, molleja y la grasa abdominal. Por otra parte, se observó un efecto significativo de la dieta con un porcentaje de 1.28% de lisina en términos de porcentaje de canal, pechuga y pierna. El menor valor de porcentaje de la canal, pechuga y pierna pertenece al tratamiento con el nivel de lisina más alto (1.40% de lisina). Este aumento se debe a que la lisina adicionada en un nivel más alto conduce a una mejor síntesis de proteínas, permitiendo un mejor rendimiento de la carne de pechuga, tomando en cuenta, que la pechuga es muy sensible a la falta de aminoácidos esenciales en la dieta.

De esta forma, la adición de lisina sintética en la dieta de las aves juega un papel importante para mejorar los parámetros productivos, al adicionar los requerimientos necesarios de lisina y otros aminoácidos esenciales, por lo tanto, se debe evitar las deficiencias o excesos formulando de forma

adecuada. Brito et al. (2021) hacen énfasis en que las dietas deficientes en lisina pueden tener efectos negativos en el desarrollo muscular y, en consecuencia, afectar el crecimiento, el rendimiento, las características de la canal y la composición corporal de los pollos de engorde.

Cuadro 9

Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en las porciones comestibles (porcentaje) de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™

Tratamientos	Rendimiento						
	Canal (%)	Pechuga (%)	Pierna (%)	Hígado (%)	Corazón (%)	Molleja (%)	GA (%)
Control	72.53 ^a	33.40 ^b	15.18 ^{ab}	2.01	0.5	2.84	1.15
T1	74.92 ^a	36.92 ^a	15.54 ^a	2.13	0.48	2.93	1.43
T2	73.86 ^a	35.71 ^{ab}	15.86 ^a	2.09	0.53	2.95	1.36
T3	67.78 ^b	32.83 ^b	14.61 ^b	2.01	0.48	2.62	1.17
EE±	1.267	1.292	0.315	0.048	0.023	0.122	0.109
Valor de P	0.002	0.019	0.038	0.22	0.531	0.218	0.194

Nota. GA: Grasa abdominal, Control (Inicio: 1.22% Lys; crecimiento: 1.12% Lys, finalización: 1.02%); T1: (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys); T2: (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys); T3: (Inicio: 1.40% Lys; crecimiento: 1.30% Lys, finalización: 1.20% Lys), * ^{ab}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí (P<0.05)

Costo de la Dieta y Costo para Producir un kg de Peso Vivo, Canal y Pechuga

La relación costo del alimento y consumo de cada tratamiento permite evidenciar que una mayor inclusión de lisina sintética permite obtener reducciones en los costos de la alimentación, siendo el T1 (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys) el que mayor reducción presenta. Los menores costos se lograron al implementar la dieta con niveles de inclusión de lisina de 1.28% en la etapa de inicio, 1.18% crecimiento y 1.08% en finalización, en donde, el costo del alimento consumido fue de \$1.22 por kilogramo, el costo de producción por kilogramo del canal producido fue de \$0.87 y el costo por kilogramo de pechuga tuvo un precio de \$1.85, lo que representa los precios más bajos en comparación con los otros tratamientos.

La dieta experimental T1 (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys) reúne las características necesarias para sustituir al concentrado convencional por el formulado con lisina sintética, en donde, se logra el peso óptimo, se mejora la conversión alimenticia y se logra aumentar el rendimiento de pechuga, compensando la reducción en el costo de la alimentación.

El uso de aminoácidos sintéticos en la dieta alimenticia de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™, tiene la capacidad de reducir los costos de producción, ya que, al implementar aminoácidos sintéticos se reduce el contenido de proteína cruda que representa el ingrediente más costoso en la dieta de las aves. De esta forma, el uso de ingredientes alternativos y un control minucioso en los sistemas avícola representan una ventaja para los productores.

Los resultados de la investigación en cuanto a la variable costos coinciden con Greenhalgh et al. (2020) quienes mencionan que el uso de metionina, lisina y treonina sintéticas en las dietas de maíz y soja conducen a una reducción sustancial en la proteína cruda de la dieta de 356 a 200 g/kg, junto con reducciones en la harina de soja de 709 a 293 g/kg de alimento, permitiendo obtener bajos costos en el costo de alimento consumido por las aves.

La dieta que brinda la capacidad de no afectar el peso vivo, disminuir el consumo de alimento satisfaciendo las necesidades nutricionales, mejorar la conversión alimenticia y disminuir los costos, es la formulación con niveles de inclusión de lisina de 1.28% en la etapa de inicio, 1.18% crecimiento y 1.08% en la etapa de finalización, que permite que los pollos de engorde obtengan una alta absorción de nutrientes desde los primeros días de vida, lo que incrementa su crecimiento en etapas posteriores.

Cuadro 10

Efecto de niveles crecientes de lisina dietética en el costo de la alimentación de los pollos de engorde de la línea Cobb 500™

Tratamientos	CAC (USD)	Costo/kg/PV(USD)	Costo/kg/canal (USD)	Costo/kg/pechuga (USD)
Control	1.28 ^a	0.67	0.91 ^{ab}	1.99 ^a
T1	1.22 ^b	0.65	0.87 ^b	1.85 ^b
T2	1.25 ^b	0.67	0.92 ^{ab}	1.89 ^{ab}
T3	1.25 ^b	0.66	0.95 ^a	1.96 ^a
EE±	0.013	0.008	0.018	0.057
Valor de P	0.048	0.578	0.037	0.008

Nota. CAC: Costo del alimento consumido, PV: peso vivo, Control (Inicio: 1.22% Lys; crecimiento: 1.12% Lys, finalización: 1.02%); T1: (Inicio: 1.28% Lys; crecimiento: 1.18% Lys, finalización: 1.08% Lys); T2: (Inicio: 1.34% Lys; crecimiento: 1.24% Lys, finalización: 1.14% Lys); T3: (Inicio: 1.40% Lys; crecimiento: 1.30% Lys, finalización: 1.20% Lys), * ^{ab}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente entre sí (P<0.05)

Conclusiones

La inclusión de lisina en un nivel de 1.28, 1.18 y 1.08% en las etapas de inicio, crecimiento y finalización respectivamente, disminuyó el consumo de alimento y la conversión alimenticia, aunque sin cambios para el peso vivo y viabilidad de pollos de engorde Cobb 500™ durante 35 días de edad.

La implementación de lisina en un nivel de 1.28, 1.18 y 1.08% en las etapas de inicio, crecimiento y finalización, incrementó el peso absoluto y relativo de la pechuga comparado con el tratamiento control, mientras que, las otras porciones comestibles medidas no tuvieron cambios notables.

La inclusión de lisina en niveles de 1.28, 1.18 y 1.08% en las etapas de inicio, crecimiento y finalización, respectivamente, redujo el costo para producir un kg de canal y pechuga comparado al tratamiento control.

Recomendaciones

Utilizar una inclusión de lisina de 1.28% en la etapa de inicio, 1.18% crecimiento y 1.08% en la etapa de finalización en las dietas alimenticias, para reducir la conversión alimenticia e incrementar el rendimiento promedio de pechuga y obtener beneficios económicos.

Determinar el efecto de la implementación de diferentes niveles de lisina en la dieta de otras líneas genéticas de pollos de engorde.

Repetir la investigación utilizando otros aminoácidos sintéticos e ingredientes alternativos en la dieta alimenticia para evaluar el desempeño en los parámetros productivos.

Referencias

- Abascal AB, Ramirez Moreta JF. 2012. Productividad del pollo de engorde sometido a un incremento del 0.10% de lisina en alimento desde 1-14 días de edad [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Facultad de Ciencia y Producción Agropecuaria. 17 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1049/1/T3303.pdf>.
- Abudabos AM, Aljumaah R. 2010. Evaluation of digestible lysine needs for male broiler. *International Journal of Poultry Science*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 9(12):1146–1151. doi:10.3923/ijps.2010.1146.1151.
- Artiga Ortega RJ, Orellana Eguizábal AA, Zapata Rivera. CJ. 2013. Efecto del aumento de lisina digestible y energía metabolizable en la fase 1 del programa de alimentación de pollos de engorde aplicado a diferentes edades [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Facultad de Ciencia y Producción Agropecuaria. 20 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1647/1/CPA-2013-006.pdf>.
- Bouyeh M. 2012. Effect of excess lysine and methionine on immune system and performance. *Annals of Biological Research*; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 3:3218–3224. <https://n9.cl/ai62q>.
- Brito CO, Cunha-Filho OG, Silva CM, Vieira JS, Del-Vesco AP, Feitosa VEM, Barbosa LT, Ribeiro-Júnior V, Tavernari FC. 2021. Estimate of body growth curve and feed intake of free-range chickens receiving different levels of digestible lysine. *Spanish Journal of Agricultural Research*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 19(1):1-12. doi:10.5424/sjar/2021191-15815.
- Butler LD, Scanes CG, Rochell SJ, Mauromoustakos A, Caldas JV, Keen CA, Maynard CW, Bolden SA, Brister RD, Smith PA, et al. 2020. Cobb 700 response to increasing lysine by growth phase. *Journal of Applied Poultry Research*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 29(2):479–488. doi:10.1016/j.japr.2020.02.005.
- Cadmus KJ, Mete A, Harris M, Anderson D, Davison S, Sato Y, Helm J, Boger L, Odani J, Ficken MD, et al. 2019. Causes of mortality in backyard poultry in eight states in the United States. *Journal of veterinary diagnostic investigation*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 31(3):318–326. eng. doi:10.1177/1040638719848718.
- Cedeño Alcívar JC, Cevallos Guamán GE. 2010. Efecto de dos niveles de lisina en dietas para pollos de engorde de las líneas Cobb no sexable[®] y Arbor Acres Plus[®] desde el día 1 al 21 sobre los parámetros productivos y las características de la canal hasta los 35 días de edad [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. 21 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/634/1/T3032.pdf>.
- Cerrate S, Halley JT, Corzo A, Fancher BI. 2019. Effect of dietary amino acid density on broiler breeder reproductive performance. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 98(5):2072–2079. eng. doi:10.3382/ps/pey554.
- Cisneros Rodriguez EM. 2019. Evaluación comparativa de cinco perfiles de proteína ideal y dos programas de alimentación en pollos de carne [Tesis]. Perú: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Zootecnia. 96 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://n9.cl/xiy3>.

- Corzo A, Dozier WA, Loar RE, Kidd MT, Tillman PB. 2009. Assessing the threonine-to-lysine ratio of female broilers from 14 to 28 days of age. *Journal of Applied Poultry Research*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 18(2):237–243. doi:10.3382/japr.2008-00107.
- Cruz RFA, Vieira SL, Kindlein L, Kipper M, Cemin HS, Rauber SM. 2017. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing lysine levels. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 96(2):501–510. eng. doi:10.3382/ps/pew310.
- Da Costa MJ, Colson G, Frost TJ, Halley J, Pesti GM. 2017. Evaluation of starter dietary digestible lysine level on broilers raised under a sex-separated or straight-run housing regime, part 2: Economics of sex separation and digestible lysine level for maximum returns. *Poult Sci*. 96(9):3282–3290. eng. doi:10.3382/ps/pex128.
- Daughtry MR, Berio E, Shen Z, Suess EJR, Shah N, Geiger AE, Berguson ER, Dalloul RA, Persia ME, Shi H, et al. 2017. Satellite cell-mediated breast muscle regeneration decreases with broiler size. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 96(9):3457–3464. eng. doi:10.3382/ps/pex068.
- Dorigam JCdP, Da Silva EP, Sakomura NK, Peruzzi NJ, Lima MB de, Fernandes JBK. 2020. Alternative procedure for determining lysine maintenance requirement in poultry. *Revista Brasileira de Zootecnia*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 49:1–12. doi:10.37496/rbz4920180183.
- Dozier WA, Corzo A, Kidd MT, Tillman PB, Purswell JL, Kerr BJ. 2009. Digestible lysine responses of male broilers from 14 to 28 days of age subjected to different environmental conditions. *Journal of Applied Poultry Research*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 18(4):690–698. doi:10.3382/japr.2009-00016.
- González Jiménez E. 2013. Análisis de la situación actual del consumo de pollo certificado frente al Blanco de Navarra [Tesis]. Navarra: Universidad Pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 99 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://n9.cl/vj6t>.
- Greenhalgh S, Chrystal PV, Selle PH, Liu SY. 2020. Reduced-crude protein diets in chicken-meat production: justification for an imperative. *World's Poultry Science Journal*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 76(3):537–548. doi:10.1080/00439339.2020.1789024.
- Hussain M, Mahmud A, Hussain J, Qaisrani SN, Mehmood S, Rehman A. 2018. Subsequent effect of dietary lysine regimens fed in the starter phase on the growth performance, carcass traits and meat chemical composition of aseel Chicken in the Grower Phase. *Brazilian Journal of Poultry Science*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 20(3):455–462. doi:10.1590/1806-9061-2017-0681.
- Jespersen JC, Richert S, Cesar de Paula Dorigam J, Oelschlager ML, Dilger RN. 2021. Effects of lysine biomass supplementation on growth performance and clinical indicators in broiler chickens. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 100(3):1–10. eng. doi:10.1016/j.psj.2020.12.068.
- Jong IC de, van Riel J, Bracke MBM, van den Brand H. 2017. A 'meta-analysis' of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. *PLoS One*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 12(12):1–20. eng. doi:10.1371/journal.pone.0189350.
- Kijowski J, Kupińska E, Stangierski J, Tomaszewska-Gras J, Szablewski T. 2014. Paradigm of deep pectoral myopathy in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 70(1):125–138. doi:10.1017/S0043933914000117.

- Lee CY, Song AA-L, Loh TC, Abdul Rahim R. 2020. Effects of lysine and methionine in a low crude protein diet on the growth performance and gene expression of immunity genes in broilers. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 99(6):2916–2925. eng. doi:10.1016/j.psj.2020.03.013.
- López M F, Caicedo G A, Alegría F G. 2012. Evaluación de tres dietas con harina de hoja de bore (Alocasia macrorrhiza) en pollos de engorde. *Revista MVZ Córdoba*; [consultado el 19 de jun. de 2021]. 17(3):3236–3242. <https://www.redalyc.org/pdf/693/69325096020.pdf>.
- Mehri M, Nissiri-Moghaddam H, Kermanshahi H, Danesh-Mesgaran M. 2014. Ideal ratio of threonine to lysine in straight-run Cobb 500 broiler chickens from 15 to 28 d of age predicted from regression and broken-line models. *Journal of Applied Animal Research*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 42(3):333–337. doi:10.1080/09712119.2013.867861.
- Meloche KJ, Fancher BI, Emmerson DA, Bilgili SF, Dozier WA. 2018. Effects of reduced digestible lysine density on myopathies of the Pectoralis major muscles in broiler chickens at 48 and 62 days of age. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 97(9):3311–3324. eng. doi:10.3382/ps/pey171.
- Mercado Polanco AL. 2015. Influencia de la edad de la reproductora sobre el rendimiento productivo de dos lotes de pollos de engorde [Tesis]. Lima-Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria. 80 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://n9.cl/h72q7>.
- Piestun Y, Patael T, Yahav S, Velleman SG, Halevy O. 2017. Early posthatch thermal stress affects breast muscle development and satellite cell growth and characteristics in broilers. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 96(8):2877–2888. eng. doi:10.3382/ps/pex065.
- Potença A, Murakami AE, Ospina-Rojas IC, Muller Fernandes JI. 2015. Relación valina: lisina digestible en la dieta de pollos de engorda. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 6(1):25. doi:10.22319/rmcp.v6i1.4022.
- Richards MP, Proszkowiec-Weglarz M. 2007. Mechanisms regulating feed intake, energy expenditure, and body weight in poultry. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 86(7):1478–1490. eng. doi:10.1093/ps/86.7.1478.
- Sá L, Nogueira E, Goulart C, Perazo Costa FG. 2013. Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde. *Ajinomoto*: [sin editorial]; [consultado el 31 de may. de 2021]. <https://n9.cl/r7iy4>.
- Tandalla Tandalla RI. 2010. Evaluación de diferentes niveles de proteína bruta y lisina en dietas para pollos parrilleros [Tesis]. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. 139 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1185/1/17T0980.pdf>.
- Tian DL, Guo RJ, Li YM, Chen PP, Zi BB, Wang JJ, Liu RF, Min YN, Wang ZP, Niu ZY, et al. 2019. Effects of lysine deficiency or excess on growth and the expression of lipid metabolism genes in slow-growing broilers. *Poult Sci*; [consultado el 31 de may. de 2021]. 98(7):2927–2932. eng. doi:10.3382/ps/pez041.
- Uzcátegui-Varela JP, Collazo-Contreras KD, Guillén-Molina EA. 2020. Evaluación del comportamiento productivo de pollos Cobb 500 sometidos a restricción alimenticia como estrategia sostenible de control nutricional; [consultado el 31 de may. de 2021]. 1(39):85–97. doi:10.19052/mv.vol1.iss39.9.