

Efecto del grano entero de maíz sobre el rendimiento productivo en pavos de engorde

Effect of whole grain corn on productive performance of fattening turkeys

Manuel Paredes^{1*}, Adelber Palomino¹

RESUMEN

Se evaluó el efecto del reemplazo del maíz molido por grano entero de maíz en la fase de acabado del pavo comercial Hybrid Converter. Se trabajó con 80 pavos machos de 11 a 13 semanas de edad. Se evaluaron cinco niveles de inclusión del maíz entero: 0, 25, 50, 75 y 100%. El peso final de los pavos, las ganancias de peso corporal y la conversión alimenticia no se vieron influenciadas por los niveles de inclusión del maíz entero, pero se redujo la ingesta del pienso a medida que el pavo consumió mayor proporción de grano entero. Asimismo, el grano entero en niveles de 50, 75 y 100% provocó agrandamiento de la molleja e hígado, y merma en el peso relativo de la carcasa de los pavos.

Palabras clave: pavo, maíz entero, rendimiento productivo peso de órganos digestivos

ABSTRACT

The effect of replacing ground corn with whole grain corn in the finishing phase of the commercial Hybrid Converter turkey was evaluated. A total of male turkeys from 11 to 13 weeks of age were used. Five levels of inclusion of whole corn were evaluated: 0, 25, 50, 75 and 100%. The final weight of the turkeys, body weight gain and the feed conversion

¹ Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú
* E-mail: mparedes@unc.edu.pe

Recibido: 17 de septiembre de 2022

Aceptado para publicación: 7 de junio de 2023

Publicado: 25 de agosto de 2023

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

rate were not influenced by the levels of inclusion of whole corn, but feed intake was reduced as the turkey consumed higher proportions of whole grain. Likewise, the whole grain at levels of 50, 75 and 100% caused enlargement of the gizzard and liver and decrease in the relative weight of the turkey carcass.

Key words: turkey, whole corn, productive performance, digestive organs weight

INTRODUCCIÓN

Los carbohidratos son los nutrientes que en mayor proporción componen la dieta de las aves, siendo el maíz el principal ingrediente y fuente de carbohidratos utilizado en la industria de piensos avícolas en muchas regiones del mundo (Córdova-Noboa *et al.*, 2020). El maíz utilizado para la fabricación de piensos para aves de corral es sometido a un proceso de secado y de molienda, y según el tratamiento realizado se tendrá el valor nutricional del cereal para los animales. Procesamientos inadecuados pueden generar complejos no digeribles que podrían perjudicar la digestibilidad y absorción de los nutrientes, con depresión del rendimiento de las aves (Huart *et al.*, 2018).

El tamaño de las partículas de grano es un factor importante porque influye en la tasa de pasaje de los alimentos, desarrollo de tracto gastrointestinal (TGI), perfil de microbiota, utilización de nutrientes y ritmo de crecimiento (Amerah *et al.*, 2009; Pacheco *et al.*, 2014; Xu *et al.*, 2015; Kheravii *et al.*, 2018). Las partículas finas se han asociado con una mayor área de superficie relativa, lo que posiblemente resulte en una mayor digestibilidad debido a la mayor actividad de las enzimas digestivas sobre el sustrato en el TGI (Amerah *et al.*, 2007), en tanto que las partículas gruesas mejoran la motilidad del TGI, estimulan la función de la molleja y reducen la población de patógenos en el intestino delgado, lo que genera mayor eficiencia digestiva (Xu *et al.*, 2015). También se ha observado mejor

rendimiento de las aves de corral cuando ingieren granos de cereales molidos groseramente debido al aumento del peso y la funcionalidad de la molleja (Moss *et al.*, 2017; Flores *et al.*, 2021a).

Existe un creciente interés por la alimentación de las aves con granos enteros para reducir los costos de alimentación y por los efectos positivos informados sobre la función digestiva (Singh *et al.*, 2014). La práctica de ofrecer grano entero de cereal a los pollos de engorde junto con un alimento balanceado se ha aceptado en varios países europeos, Canadá y Australia, porque además genera mejor aprovechamiento de la energía y del alimento (Liu *et al.*, 2014). Asimismo, productores de los Andes peruanos utilizan el grano entero de maíz en la alimentación de aves de traspatio por la facilidad del suministro (Paredes y Díaz *et al.*, 2023).

Los pavos de engorde de líneas comerciales requieren grandes cantidades de alimento con altas concentraciones de proteína en la fase inicial y con altos valores energéticos en la fase final (Flores y Grimes, 2022). Pavos machos de la línea Hybrid Converter requieren 22.7 kg de pienso para alcanzar 11.6 kg de peso corporal a las 12 semanas de edad (Struthers *et al.*, 2022). En las fases de finalización la necesidad energética del pavo de engorde es alta, debiendo formularse dietas con más de 3400 kcal de energía metabolizable por kilogramo de alimento (Flores *et al.*, 2021b), lo cual es cubierto principalmente por almidones y lípidos. El endospermo del maíz contiene 65% de almi-

dón (Zaefarian *et al.*, 2016), de allí que las dietas finalizadoras de pavos comerciales contienen grandes cantidades de ingredientes energéticos, utilizándose el maíz molido con diferente granulometría (Kaczmarek *et al.*, 2014).

Se han realizado diversos estudios sobre el efecto del tamaño de partícula en pollos de engorde y en pavos durante las fases de alimentación (Favero *et al.*, 2012; Jankowski *et al.*, 2013; Singh *et al.*, 2014; Lv *et al.*, 2015); sin embargo, el empleo del grano entero sobre el rendimiento del pavo comercial en fase de finalización viene siendo recientemente estudiado. Flores *et al.* (2021a) obtuvieron pesos de beneficio a las 14 semanas de 13.2 kg con una dieta que contenía 37.5% maíz molido y 10% maíz entero, y pesos de 13.4 kg en pavos con una dieta control de 47.5% de maíz molido. Se reconoce que el peso y el desarrollo corporal del animal es determinante para decidir el tamaño de partícula del alimento, encontrando que dietas de finalización con maíz grueso generan mejores indicadores productivos (Lv *et al.*, 2015).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del reemplazo del maíz molido (3500 µm) con diferentes proporciones de grano entero de maíz en la dieta finalizadora (11 a 14 semanas de edad) del pavo de engorde sobre el rendimiento productivo y el desarrollo de los órganos gastrointestinales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aves, Pienso y Diseño Experimental

El presente estudio se llevó a cabo en la granja avícola experimental de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Ochenta pavos machos de la línea genética Hybrid Converter fueron pesados a las 10 semanas de edad y alojados en grupos de cuatro en corrales de 4 m². La composición del pienso finalizador y su aporte nutricional se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ingredientes del pienso y contenido nutricional calculado de la dieta basal de finalización utilizada en la fase de finalización de pavos de engorde

| Pienso | % |
|---|-------|
| Ingredientes | |
| Maíz amarillo | 36.0 |
| Arroz quebrado | 20.5 |
| Torta de soya | 35.0 |
| Aceite de palma | 5.0 |
| Carbonato de calcio | 1.0 |
| Fosfato dicálcico | 1.4 |
| DL Metionina | 0.2 |
| L-Lisina | 0.2 |
| Cloruro de sodio | 0.4 |
| Cloruro de colina | 0.2 |
| Premezcla de vitaminas y minerales ¹ | 0.1 |
| Nutrientes calculados | |
| Materia seca | 88.41 |
| Proteína cruda | 20.38 |
| Energía metabolizable (kcal/kg) | 3294 |
| Lisina | 1.01 |
| Metionina | 0.49 |
| Calcio | 1.08 |
| Fósforo disponible | 0.52 |

¹ La premezcla contiene por cada kilogramo: retinol 10 000 mil UI, colecalciferol 3 000 mil UI, Vit. E 12 000 UI, Vit. K3 2.5 g, Vit. B₁ 2 g, Vit. B₂ 6 g, Vit. B₁₂ 12 mg, ácido pantoténico 16 g, ácido fólico 21.5 g, niacina 120 mg, manganeso 65 g, zinc 65 g, hierro 80 g, cobre 10 g, iodo 1 g, selenio 200 mg

Las aves fueron distribuidas de acuerdo con un diseño completamente aleatorio en 5 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Cada corral con 4 pavos fue considerado como una repetición. El pienso tipo harina más grano entero de maíz (excepto en el grupo control), y el agua de bebida estuvieron a libre disposición de los pavos. La diferencia entre tratamientos fue las proporciones de grano entero en reemplazo del grano molido de maíz (0, 25, 50, 75 y 100%) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Proporciones de mezcla de maíz molido y entero en las dietas de pavos de engorde conteniendo 36 kg de maíz

| Tratamientos (porcentaje de maíz entero) | Maíz molido (kg) | Maíz entero (kg) |
|--|------------------|------------------|
| 0 | 36 | 0 |
| 25 | 27 | 9 |
| 50 | 18 | 18 |
| 75 | 9 | 27 |
| 100 | 0 | 36 |

Indicadores Productivos

Los pesos vivos de las aves y el consumo de alimento fueron controlados semanalmente por tres semanas en una báscula electrónica TCS de 100 kg de capacidad y precisión de 0.01 kg. La ingesta de pienso por pavo se estimó mediante diferencia entre el alimento suministrado y el alimento no ingerido. La conversión alimenticia resultó de la relación entre ingesta de pienso y el incremento de peso corporal

Procesamiento del Grano de Maíz

El grano de maíz procedió de un mismo lote cosechado por un agricultor del valle Jequetepeque, y molido en molino de martillos con una criba de 3500 μ m cuando el grano contenía una humedad menor a 15%. En la evaluación física de cinco muestras se encontró 73.9 kg/hl de peso específico en promedio de cinco muestras y 3.6% de materias extrañas, granos quebrados y dañados. Las mezclas de los grupos de piensos se hicieron tres días antes de iniciar el experimento, en una mezcladora mecánica.

Pesos de Carcasa y Órganos Digestivos

Se sacrificaron dos pavos por corral a las 13 semanas de edad. Las carcasas se pesaron en la misma báscula empleada para el control de los pesos vivos. El cuerpo del pavo sacrificado sin plumas, incluyendo la

cabeza, cuello, alas, patas, hígado, corazón y molleja lavada constituyeron la carcasa. El hígado, molleja e intestinos fueron pesados en una balanza de 2000 g de capacidad y precisión de 0.01 g. Los pesos de carcasa y órganos digestivos se utilizaron para calcular su relación con el peso vivo del ave. El rendimiento de carcasa (RC) y los pesos relativos de los órganos digestivos se calcularon con las siguientes fórmulas: $RC = (\text{peso de carcasa} / \text{peso final del pavo}) \times 100$; $\text{Hígado} = (\text{peso del hígado} / \text{peso final de pavo}) \times 100$; $\text{Molleja} = (\text{peso de la molleja lavada} / \text{peso final del pavo}) \times 100$; $\text{Intestinos} = (\text{peso de intestinos} / \text{peso final del pavo}) \times 100$.

Análisis Estadístico

Los datos del estudio fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el software System Analysis Statistic (SAS, 2003). Las diferencias entre las medias de los tratamientos se analizaron por prueba de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento Productivo

El peso corporal, la ingesta de pienso, incremento de peso y conversión alimenticia de los pavos evaluados con diferentes proporciones de maíz entero en reemplazo del maíz molido se muestran en el Cuadro 3. Hubo menor ingesta de alimento ($p < 0.05$) a medida que los pavos consumieron mayores cantidades de maíz entero, pero sin que hubiera diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos para el peso final, GMD e ICA. Por otro lado, la GMD e ICA fueron únicamente diferentes entre tratamientos a las 11 semanas de edad.

El uso del maíz entero en reemplazo del maíz molido no afectó el incremento de peso en pavos de engorde en fase de finalización, lo que concuerda con lo manifestado con Liu *et al.* (2014), quienes refieren, que regímenes alimenticios con grano de cereal entero

Cuadro 3. Medias de indicadores de rendimiento semanal y acumulado del pavo con dietas de finalización conteniendo diferentes proporciones de maíz entero según edad¹

| | Tratamientos (reemplazo de maíz molido por maíz entero) | | | | | SEM | Valor P |
|-------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | | |
| Peso inicial (kg) | 6.40 | 6.12 | 6.40 | 6.22 | 6.12 | 0.062 | 0.514 |
| Peso final (kg) | 10.90 | 10.22 | 10.49 | 10.10 | 9.86 | 0.178 | 0.209 |
| Semana 11 | | | | | | | |
| GMD (kg) | 0.193 ^a | 0.168 ^b | 0.168 ^b | 0.150 ^c | 0.143 ^c | 0.009 | 0.006 |
| IDA (kg) | 0.712 ^a | 0.547 ^b | 0.533 ^b | 0.461 ^c | 0.441 ^c | 0.048 | <0.001 |
| ICA | 3.71 ^a | 3.27 ^b | 3.18 ^{bc} | 3.08 ^c | 3.13 ^c | 0.113 | 0.032 |
| Semana 12 | | | | | | | |
| GMD (kg) | 0.214 | 0.207 | 0.207 | 0.200 | 0.196 | 0.003 | 0.193 |
| IDA (kg) | 0.730 ^a | 0.723 ^a | 0.654 ^b | 0.653 ^b | 0.587 ^c | 0.026 | 0.003 |
| ICA | 3.44 | 3.72 | 3.26 | 3.33 | 3.01 | 0.116 | 0.195 |
| Semana 13 | | | | | | | |
| GMD (kg) | 0.236 | 0.211 | 0.209 | 0.204 | 0.195 | 0.007 | 0.104 |
| IDA (kg) | 0.826 ^a | 0.723 ^b | 0.828 ^a | 0.800 ^a | 0.728 ^b | 0.027 | 0.006 |
| ICA | 3.61 | 3.72 | 3.98 | 4.01 | 3.76 | 0.113 | 0.096 |
| Semanas 11-13 | | | | | | | |
| GMD (kg) | 0.214 | 0.195 | 0.195 | 0.185 | 0.178 | 0.007 | 0.072 |
| IDA (kg) | 0.756 ^a | 0.723 ^b | 0.672 ^c | 0.638 ^d | 0.585 ^e | 0.030 | <0.001 |
| ICA | 3.54 | 3.73 | 3.47 | 3.48 | 3.31 | 0.069 | 0.208 |

¹ Cada dato es el promedio de cuatro repeticiones por tratamiento. Cuatro pavos machos conformaron una repetición

GMD: ganancia media diaria; IDA: ingesta diaria de alimento; ICA: índice de conversión alimenticia; SEM: Error estándar de la media

^{a,b,c,d,e} Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren significativamente ($p < 0.05$)

proporcionan ventajas económicas y fisiológicas porque generan mejoras en la utilización de energía y en la conversión alimenticia. Sin embargo, en pollos de engorde alimentados con grano entero de trigo se observan mermas de peso de 1.8 a 12.9% respecto al tratamiento control (Amerah y Ravindran, 2008; Svihus *et al.*, 2010), en tanto que Flores *et al.* (2021a) encontró una merma de 1.5% en el peso final en pavos comerciales de 14 semanas de edad con 25% de maíz entero, con menores ingestas en pavos que consumieron grano entero de maíz y sin efectos adversos sobre el ICA. En el presente estudio, el peso corporal final en el grupo control fue de 10.90 kg y en el tratamiento

con reemplazo total (100%) del maíz molido por maíz entero fue de 9.86 kg, con una diferencia de 1.04 kg, lo que representaría una disminución del peso cercana al 10%; sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

La ingesta reducida de alimento en los pavos que consumieron mayor cantidad de maíz entero pudo haber mejorado la utilización de nutrientes con la consecuente mayor producción de energía (Liu *et al.*, 2014), lo cual posiblemente provocó menor ingesta de alimento y mayor eficiencia alimenticia, generando similares datos de ICA en los pavos que consumieron maíz entero. Otro aspecto

Cuadro 4. Rendimiento de carcasa (RC) y pesos relativos de los órganos digestivos en pavos de beneficiados a las 13 semanas de edad¹ que fueron alimentados con dietas de finalización conteniendo diferentes proporciones de maíz entero

| | Tratamientos (reemplazo de maíz molido por maíz entero) | | | | | SEM | Valor P |
|----------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% | | |
| RC (%) | 86.57 ^a | 86.35 ^a | 86.15 ^b | 85.72 ^c | 85.42 ^c | 0.209 | 0.006 |
| Molleja (%) | 1.75 ^b | 1.82 ^b | 1.85 ^{ab} | 1.89 ^a | 1.90 ^a | 0.026 | 0.009 |
| Intestinos (%) | 3.83 | 3.82 | 3.85 | 3.87 | 3.86 | 0.010 | 0.527 |
| Hígado (%) | 1.33 ^d | 1.39 ^d | 1.48 ^c | 1.70 ^b | 1.94 ^a | 0.111 | 0.004 |

¹ Cada dato es el promedio de cuatro repeticiones por tratamiento. Dos pavos machos conformaron una repetición. SEM: Error estándar de la media

^{a,b,c,d} Los valores dentro de una fila con diferente superíndice son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$)

RC = (Peso de carcasa/Peso final del pavo) x 100; Molleja (%) = (Peso molleja/Peso final del pavo) x 100; Intestinos (%) = (Peso intestinos/Peso final del pavo) x 100; Hígado (%) = (Peso hígado/Peso final del pavo) x 100

por considerar y que puede explicar los resultados de menor ingesta de alimento encontrado en el presente estudio, es la digestibilidad del almidón y su dinámica digestiva que abarcan la extensión, la velocidad y el sitio de la digestión a lo largo del intestino delgado, que por lo general suele ser de alto orden en la parte terminal del íleon, así como la absorción de glucosa (Weurding *et al.*, 2003). En este sentido, la provisión de almidón de digestión lenta como la proveniente del grano entero de maíz pudo haber mejorado la absorción de glucosa, manteniendo una buena eficiencia digestiva del pavo.

Peso Relativo de Carcasa y Órganos Digestivos

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos en el rendimiento de carcasa y en los pesos relativos de molleja e hígado (Cuadro 4).

En el presente estudio se muestra la capacidad del régimen alimenticio con grano entero de maíz para aumentar los pesos relativos de la molleja. Al respecto, Paredes *et al.* (2021) demostraron que el forraje verde de alfalfa tiene un alto impacto en el tamaño

de la molleja; respuesta fisiológica atribuida al alto contenido fibroso de la alfalfa. Sin embargo, el maíz es un cereal rico en almidón y de muy bajo contenido en fibra, por lo que resulta importante explicar el posible efecto del maíz entero sobre el desarrollo de la molleja. Asimismo, Ferket (2000) indica que el reflujo gástrico de las aves de la molleja hacia el proventrículo y el reflujo del intestino delgado hacia el área gástrica aumenta la degradación de las proteínas y su conversión en pequeños péptidos y aminoácidos. Dichos reflujos digestivos podrían intensificarse por la presencia de almidones de lenta digestión contenidos en el grano entero de maíz, lo que amplificaría mollejas más pesadas, de gran beneficio para el ave por cuanto el mayor reflujo del intestino delgado daría lugar a mayor exposición de la ingesta a los jugos gástricos en la molleja.

Se observa en el presente trabajo que el peso relativo de la molleja guarda cierta correlación con el tamaño de hígado. También se encontró que el incremento de peso de estos dos órganos digestivos podría generar la disminución del rendimiento de carcasa, aunque el grupo control muestra RC similar al tratamiento con 25% de maíz entero, dis-

minuyendo el RC a 86.15% en el tratamiento con 50% con reemplazo de maíz entero, y entre 85.72 y 85.42% de RC en los tratamientos con 75 y 100%.

CONCLUSIONES

- El reemplazo parcial o total del maíz molido por grano entero de maíz no afecta el peso corporal ni la eficiencia alimenticia del pavo comercial en fase de acabado.
- La inclusión de maíz entero reduce la ingesta del pienso a medida que el pavo consume mayor proporción de grano entero.
- El grano entero de maíz generó agrandamiento de la molleja e hígado y disminución del peso relativo de la carcasa en pavos que consumieron piensos con maíz sin moler en 50, 75 y 100% de remplazo del maíz molido.

LITERATURA CITADA

1. **Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG. 2009.** Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *Brit Poultry Sci* 50: 366-375. doi: 10.1080/00071660902865901
2. **Amerah AM, Ravindran V. 2008.** Influence of method of whole-wheat feeding on the performance, digestive tract development and carcass traits of broiler chickens. *Anim Feed Sci Tech* 147: 326-339. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.01.014
3. **Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG, Thomas DG. 2007.** Feed particle size: implications on the digestion and performance of poultry. *Poultry Sci* 86: 2615-2623. doi: 10.3382/ps.2007-00212
4. **Córdova-Noboa H, Oviedo-Rondón E, Ortiz A, Matta Y, Hoyos S, Buitrago G, Martinez J, et al. 2020.** Corn drying temperature, particle size, and amylase supplementation influence growth performance, digestive tract development, and nutrient utilization of broilers. *Poultry Sci* 99:5681-5696. doi: 10.1016/j.psj.2020.07.010
5. **Favero A, Maiorka A, da Silva AVF, de Paula-Valle FL, dos Santos SA, Muramatsu K. 2012.** Influence of feed form and corn particle size on nutrient digestibility and energy utilization by young turkeys. *Rev Bras Zootecn* 41: 86-90. doi: 10.1590/S1516-359820120-00100013
6. **Ferret P. 2000.** Feeding whole grains to poultry improves gut health. *Feedstuffs* 72: 12-16.
7. **Flores KR, Grimes JL. 2022.** Performance and processing yield comparisons of Large White male turkeys by genetic lines, sources, and seasonal rearing. *Poultry Sci* 101: 101700 doi: 10.1016/j.psj.2022.101700
8. **Flores KR, Fahrenholz A, Ferret PR, Biggs TJ, Grimes JL. 2021a.** Effect of methionine chelated Zn and Mn and corn particle size on Large White male turkey live performance and carcass yields. *Poultry Sci* 100: 101444. doi: 10.1016/j.psj.2021.101444
9. **Flores KR, Fahrenholz A, Grimes JL. 2021b.** Effect of pellet quality and biochar litter amendment on male turkey performance. *Poultry Sci* 100: 101002. doi: 10.1016/j.psj.2021.01.025
10. **Huart F, Malumba P, Odjo S, Al-Izzi W, Bera F, Beckers Y. 2018.** *In vitro* and *in vivo* assessment of the effect of initial moisture content and drying temperature on the feeding value of maize grain. *Brit Poultry Sci* 59: 452-462. doi: 10.1080/00071668.2018.1477253
11. **Kaczmarek SA, Cowieson AJ, Jozefiak D, Rutkowski A. 2014.** Effect of maize endosperm hardness, drying temperature and microbial enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. *Anim Prod Sci* 54: 956-965. doi: 10.1071/AN13113

12. **Kheravii SK, Swick RA, Choct M, Wu SB. 2018.** Nutrient digestibility response to sugarcane bagasse addition and corn particle size in normal and high Na diets for broilers. *Poultry Sci* 97: 1170-1176. doi: 10.3382/ps/pex403
13. **Jankowski J, Zduoczyk Z, Mikulski D, Przybylska-Gornowicz B, Sosnowska E, Juækiewicz J. 2013.** Effect of whole wheat feeding on gastrointestinal tract development and performance of growing turkeys. *Anim Feed Sci Tech* 185: 150-159. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2013.07.012
14. **Liu SY, Truong HH, Selle PH. 2014.** Whole-grain feeding for chicken-meat production: possible mechanisms driving enhanced energy utilization and feed conversion *Anim Prod Sci* 55: 559-572. doi: 10.1071/AN13417
15. **Lv M, Yan L, Wang Z, An S, Wu M, Lv Z. 2015.** Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. *Anim Nutr* 1: 252-256. doi: 10.1016/j.aninu.2015.-06.001
16. **Moss AF, Chrystal PV, Truong HH, Selle PH, Liu SY. 2017.** Evaluation of ground grain versus pre- and post-pellet whole grain additions to poultry diets via a response surface design. *Brit Poultry Sci* 58: 718-728. doi: 10.1080/00071668.-2017.1370698
17. **Pacheco WJ, Stark CR, Ferket PR, Brake J. 2014.** Effects of trypsin inhibitor and particle size of expeller-extracted soybean meal on broiler live performance and weight of gizzard and pancreas. *Poultry Sci* 93: 2245-2252 doi: 10.3382/ps.2014-03986
18. **Paredes M, Díaz M. 2023.** Sustitución del pienso de finalización por maíz amarillo en pollos criollos. *Rev Inv Vet Perú* 34: e24612. doi.org/10.15381/rivep.v3-4i1.24612
19. **Paredes M, Tocas C, Hobán C, Ortiz P. 2021.** Efectos de la restricción del pienso y suplementación con alfalfa sobre el rendimiento productivo, características de carcasa, índices cardiacos y parámetros hematológicos del pavo criado en condiciones hipobáricas. *Rev Inv Vet Perú* 32: e21691. doi: 10.15381/rivep.v32i6.21691
20. **Singh Y, Amerah AM, Ravindran V. 2014.** Whole grain feeding: methodologies and effects on performance, digestive tract development and nutrient utilization of poultry. *Anim Feed Sci Tech* 190: 1-18. doi: 10.1016/j.anifeedsci.-2014.01.010
21. **Struthers S, Fiss T, Classen HL, Gomis S, Herwig E, Schwean-Lardner K. 2022.** The impact of infrared beak treatment on turkey tom and hen beak length and performance to 12 weeks of age. *Poultry Sci* 101: 101737. doi: 10.1016/j.psj.2022.101737
22. **Svihus B, Sacranie A, Denstaldi V, Choct M. 2010.** Nutrient utilization and functionality of the anterior digestive tract caused by intermittent feeding and inclusions of whole wheat in diets for broiler chicks. *Poultry Sci* 89: 2617-2625. doi: 10.3382/ps.2010-00743
23. **Weurding RE, Enting H, Verstegen MWA. 2003.** The effect of site of starch digestion on performance of broiler chickens. *Anim Feed Sci Tech* 110: 175-184. doi: 10.1016/S0377-8401(03)00219-0
24. **Xu Y, Stark CR, Ferket PR, Williams CM, Brake J. 2015.** Effects of feed form and dietary coarse ground corn on broiler live performance, body weight uniformity, relative gizzard weight, excreta nitrogen, and particle size preference behaviors. *Poultry Sci* 94: 1549-1556. doi: 10.3382/ps/pev074
25. **Zaefarian F, Abdollahi MR, Ravindran V. 2016.** Particle size and feed form in broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. *Worlds Poult Sci J* 72: 277-290. doi: 10.1017/S0043933916000222