

## Efecto de diferentes niveles de fitasa microbiana exógena sobre el desempeño productivo de pollos de engorde Cobb 500

Effect of different levels of exogenous microbial phytase on growth performance of Cobb 500 broiler chickens

Efeito de diferentes níveis de fitase microbiana exógena no desempenho produtivo de frangos de engorda da raça Cobb 500

Muñoz-Rodríguez, Jorge Geovanny  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[jmunoz@uteq.edu.ec](mailto:jmunoz@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0004-6134-5376>



Intriago-Mariño, Jessica Aracely  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[aracely1984@hotmail.com](mailto:aracely1984@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0005-6555-6573>



Donca-Laje, Victoria Mercedes  
Ministerio de Agricultura  
[doncalajevictoria09@gmail.com](mailto:doncalajevictoria09@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0002-9174-1324>



Leones-Chiang, Marlon Jose  
Investigador Independiente  
[marlonleoneschiang@gmail.com](mailto:marlonleoneschiang@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0003-3506-942X>



Bone-Flores, Denisse Stefania  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[denisse.bone2015@uteq.edu.ec](mailto:denisse.bone2015@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0007-9148-1653>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/n1/1592>

### Como citar:

Muñoz-Rodríguez, J. G., Intriago-Mariño, J. A., Donca-Laje, V. M., Leones-Chiang, M. J., & Bone-Flores, D. S. (2026). Efecto de diferentes niveles de fitasa microbiana exógena sobre el desempeño productivo de pollos de engorde Cobb 500. *Código Científico Revista De Investigación*, 7(1), 3068–3080.

**Recibido:** 28/05/2026

**Aceptado:** 24/06/2026

**Publicado:** 30/06/2026

## Resumen

El ácido fítico presente en dietas avícolas basadas en cereales y oleaginosas reduce la disponibilidad de fósforo, calcio y otros minerales esenciales, afectando la digestibilidad de nutrientes y el desempeño productivo de las aves. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fitasa microbiana exógena sobre el rendimiento productivo y la eficiencia alimentaria en pollos de engorde Cobb 500. Se utilizaron 192 pollos de un día de edad, distribuidos aleatoriamente en un diseño completamente al azar con seis tratamientos correspondientes a niveles de inclusión de fitasa (0, 400, 600, 800, 1000 y 1200 g/Tm), cuatro repeticiones por tratamiento y ocho aves por unidad experimental, para un total de 24 unidades experimentales. El período experimental tuvo una duración de 49 días. Se evaluaron el consumo total de alimento, la ganancia total de peso y la conversión alimenticia. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). La suplementación con fitasa incrementó significativamente el consumo de alimento en comparación con el tratamiento control, sin diferencias entre los niveles suplementados. El tratamiento con 800 g/Tm registró la mayor ganancia de peso (2604,25 g) y la menor conversión alimenticia (2,57), mientras que dosis superiores mostraron una ligera reducción del desempeño productivo. Se concluye que la fitasa microbiana exógena mejora significativamente el desempeño productivo de los pollos Cobb 500, siendo 800 g/Tm el nivel de inclusión más eficiente para optimizar el aprovechamiento de nutrientes y la productividad.

**Palabras clave:** enzimas exógenas; ácido fítico; eficiencia alimenticia; ganancia de peso; nutrición avícola.

## Abstract

Phytic acid present in poultry diets based on cereals and oilseeds reduces the availability of phosphorus, calcium, and other essential minerals, impairing nutrient digestibility and productive performance in birds. The aim of this study was to evaluate the effect of different inclusion levels of exogenous microbial phytase on productive performance and feed efficiency in Cobb 500 broiler chickens. A total of 192 one-day-old chicks were randomly assigned to a completely randomized design with six treatments corresponding to phytase inclusion levels (0, 400, 600, 800, 1000, and 1200 g/t), four replicates per treatment, and eight birds per experimental unit, resulting in 24 experimental units. The experimental period lasted 49 days. Total feed intake, total weight gain, and feed conversion ratio were evaluated. Data were analyzed using analysis of variance and Tukey's test ( $P < 0.05$ ). Phytase supplementation significantly increased feed intake compared with the control treatment, with no differences among supplemented levels. The treatment supplemented with 800 g/t phytase showed the highest weight gain (2604.25 g) and the lowest feed conversion ratio (2.57), whereas higher doses resulted in a slight reduction in productive performance. It is concluded that exogenous microbial phytase significantly improves productive performance in Cobb 500 broiler chickens, with 800 g/t being the most efficient inclusion level to optimize nutrient utilization and productivity.

**Keywords:** exogenous enzymes; phytic acid; feed efficiency; weight gain; poultry nutrition.

## Resumo

O ácido fítico presente nas rações para aves à base de cereais e sementes oleaginosas reduz a disponibilidade de fósforo, cálcio e outros minerais essenciais, prejudicando a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho produtivo das aves. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes níveis de inclusão de fitase microbiana exógena no desempenho produtivo e na

eficiência alimentar em frangos de corte da raça Cobb 500. Um total de 192 pintos de um dia de idade foi distribuído aleatoriamente num esquema completamente aleatório com seis tratamentos correspondentes aos níveis de inclusão de fitase (0, 400, 600, 800, 1000 e 1200 g/t), quatro réplicas por tratamento e oito aves por unidade experimental, resultando em 24 unidades experimentais. O período experimental durou 49 dias. Foram avaliados o consumo total de ração, o ganho de peso total e o índice de conversão alimentar. Os dados foram analisados utilizando a análise de variância e o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). A suplementação com fitase aumentou significativamente o consumo de ração em comparação com o tratamento de controlo, sem que se observassem diferenças entre os níveis de suplementação. O tratamento suplementado com 800 g/t de fitase apresentou o maior ganho de peso (2604,25 g) e a menor taxa de conversão alimentar (2,57), enquanto que doses mais elevadas resultaram numa ligeira redução do desempenho produtivo. Conclui-se que a fitase microbiana exógena melhora significativamente o desempenho produtivo em frangos de corte da raça Cobb 500, sendo 800 g/t o nível de inclusão mais eficiente para otimizar a utilização de nutrientes e a produtividade. **Palavras-chave:** enzimas exógenas; ácido fítico; eficiência alimentar; ganho de peso; nutrição avícola.

## Introducción

La eficiencia alimentaria constituye uno de los principales factores que determinan la rentabilidad y sostenibilidad de la producción avícola moderna (Prakash et al., 2020). En sistemas intensivos de engorde, optimizar la utilización de los nutrientes permite reducir los costos de alimentación, mejorar el desempeño produtivo y disminuir el impacto ambiental derivado de la excreción de compuestos no aprovechados, dado que el alimento representa la mayor proporción de los costos (Zampiga et al., 2021).

Sin embargo, en dietas formuladas principalmente con cereales y oleaginosas, una proporción del fósforo se encuentra ligada al fitato o ácido fítico, compuesto que actúa como factor antinutricional al formar complejos con minerales esenciales, proteínas y otros nutrientes, reduciendo su disponibilidad. Esta situación se agrava por la escasa capacidad de los pollos para sintetizar fitasa endógena y degradar eficientemente el fitato (Martínez-Vallespín et al., 2025; Nuamah et al., 2024; Urgessa et al., 2024).

Como consecuencia, se reduce la digestibilidad de fósforo, calcio y aminoácidos, afectando negativamente el crecimiento, la mineralización ósea y la eficiencia de conversión alimenticia. En este contexto, la suplementación con fitasa constituye una estrategia nutricional

eficaz para incrementar el aprovechamiento de nutrientes y disminuir la inclusión de fuentes minerales inorgánicas en las dietas avícolas (Dersjant-Li et al., 2021; Nuamah et al., 2024; Pirzado et al., 2024).

Diversas investigaciones han demostrado que la inclusión de fitasa favorece la hidrólisis progresiva del fitato, incrementando la disponibilidad de fósforo, calcio y otros nutrientes esenciales. Además, se han reportado mejoras significativas en la digestibilidad de proteínas, la retención de nitrógeno y la eficiencia energética de la dieta, factores que contribuyen directamente al mejor desempeño productivo de las aves (Badshah et al., 2023; Moradi et al., 2023; Sureshkumar et al., 2023).

Asimismo, la liberación de minerales previamente complejados por el fitato favorece el desarrollo esquelético y la mineralización ósea, reflejándose en mayores concentraciones de cenizas óseas y una mejor resistencia de la tibia (Moradi et al., 2023; Nuamah et al., 2024; Shi et al., 2024). Los beneficios productivos asociados al uso de fitasa incluyen incrementos en la ganancia de peso y mejoras en la conversión alimenticia, especialmente cuando las dietas presentan niveles reducidos de fósforo disponible.

No obstante, la eficacia de la fitasa depende de factores como la composición de la dieta, el contenido de fitato de los ingredientes, la edad de las aves y la relación calcio:fósforo utilizada en la formulación (Dersjant-Li et al., 2021; Nuamah et al., 2024; Wise et al., 2024). Asimismo, estudios recientes indican que las superdosis de fitasa pueden incrementar la degradación del fitato, aunque su efecto no siempre es proporcional a la dosis suministrada (Dersjant-Li et al., 2021; Rychen et al., 2018; Shi et al., 2024).

Por otra parte, factores ambientales y sanitarios también pueden modificar la respuesta productiva a la suplementación enzimática. Condiciones como el estrés térmico, los desafíos entéricos y las alteraciones de la salud intestinal afectan la absorción de nutrientes y el rendimiento de las aves, haciendo necesaria la implementación de estrategias nutricionales

integrales orientadas a preservar la funcionalidad digestiva (Abdelli et al., 2021; Bedford & Apajalahti, 2021; Gibbs et al., 2025).

A pesar de los avances alcanzados, aún existen vacíos de información relacionados con la respuesta de diferentes niveles de fitasa en condiciones de producción comercial. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de suplementación con fitasa microbiana exógena sobre el rendimiento productivo y la eficiencia alimentaria de pollos de engorde Cobb 500.

## **Metodología**

### **Localización y duración del estudio.**

El estudio se realizó en el Programa Didáctico de Avicultura del Campus “La María”, perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en la provincia de Los Ríos, Ecuador, en el kilómetro 7 de la vía Quevedo–El Empalme, a 1°06' S y 79°29' O, con una altitud aproximada de 73 msnm. La fase experimental tuvo una duración total de 49 días, correspondiente al ciclo productivo de engorde.

### **Infraestructura, materiales y manejo experimental.**

El ensayo se desarrolló en un galpón experimental equipado con criadoras a gas licuado de petróleo para control térmico, termómetros ambientales, comederos y bebederos manuales distribuidos uniformemente, bandejas de recepción inicial y material de cama a base de viruta de madera. Se emplearon además láminas de polietileno para control de corrientes de aire, herramientas de manejo (alicates, martillos, alambre galvanizado), baldes plásticos y equipos de desinfección como bombas de aspersión y cal viva.

El registro de datos se realizó mediante balanzas digitales calibradas, material de oficina y documentación fotográfica para el seguimiento fenotípico de las aves. El alimento comercial

utilizado fue formulado para cubrir los requerimientos nutricionales de la línea genética en sus diferentes etapas productivas.

### Figura 1

*Composición de las dietas experimentales suplementadas con diferentes niveles de fitasa microbiana para pollos de engorde Cobb 500.*

Materia Prima	Testigo	4%	6%	8%	10%	12%
Maíz nacional	100,45	100,45	100,51	100,58	100,62	100,60
Polvillo de arroz	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40
Torta soja 44	65,28	65,28	65,28	65,28	65,28	65,28
Pescado 59/9/21	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20
Ac. Palma	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
Carbonato cálcico	2,20	2,20	2,29	2,38	2,45	2,47
Fosfato monocalcico	0,67	0,59	0,39	0,19	0,04	0,00
<u>Fitasa</u>		0,08	0,12	0,16	0,20	0,24
Cloruro sódico marino 98	0,7612	0,7612	0,7614	0,7616	0,7618	0,7619
DL metionina	0,4158	0,4158	0,4156	0,4154	0,4152	0,4153
L. Lisina HCL	0,8481	0,8481	0,8478	0,8477	0,8476	0,8477
Antioxidante	0,0255	0,0255	0,0255	0,0255	0,0255	0,0255
Propidol 25	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102
Bacitracina de zinc 500g/t	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102
Vitamina broiler	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
<b>Total</b>	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>204</b>

*Nota:* Elaboración con base en la formulación de las dietas experimentales utilizadas en pollos de engorde Cobb 500 (2025) (Autores, 2026).

### Unidades experimentales y diseño experimental

Se utilizaron 192 pollos de engorde Cobb 500 de un día de edad, sin sexar, con peso inicial homogéneo y buen estado sanitario, distribuidos aleatoriamente en 24 corrales con ocho aves por unidad experimental. El ensayo se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA) con seis tratamientos: T1: dieta control sin fitasa (testigo); T2: 400 g. enzima fitasa / Tm de alimento (4%); T3: 600 g. enzima fitasa / Tm de alimento (6%); T4: 800 g. enzima fitasa / Tm de alimento (8%); T5: 1000 g. enzima fitasa / Tm de alimento (10%); y T6: 1200 g. enzima fitasa / Tm de alimento (12%), con cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad experimental correspondió a un corral independiente mantenido bajo condiciones homogéneas de manejo.

### **Manejo sanitario**

El manejo sanitario incluyó un programa de vacunación preventiva contra Bronquitis Infecciosa y Enfermedad de Newcastle, complementado con medidas de bioseguridad, desinfección periódica de las instalaciones, control del ingreso de personal y equipos, así como la aplicación de tratamientos antiparasitarios y antibacterianos cuando las condiciones sanitarias del sistema de producción así lo requirieron durante todo el período experimental de cuarenta y nueve días de duración.

### **Variables de desempeño productivo**

Se evaluaron variables zootécnicas mediante registros periódicos durante todo el ciclo productivo. El consumo de alimento se estimó por diferencia entre el alimento ofrecido diariamente (08h00) y los residuos semanales. La ganancia de peso vivo se calculó como la diferencia entre el peso final e inicial, mientras que la conversión alimenticia se determinó como la relación entre el consumo acumulado de alimento y la ganancia de peso vivo.

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron organizados en bases de datos y analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente al azar (DCA). Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) utilizando el software InfoStat versión 2020. El modelo experimental incluyó seis tratamientos (T1–T6) con cuatro repeticiones cada uno, considerando como unidad experimental un corral con ocho aves Cobb 500 de un día de edad, para un total de 24 unidades experimentales y 192 aves.

### **Resultados**

Los parámetros productivos de los pollos de engorde Cobb 500 alimentados con diferentes niveles de fitasa microbiana exógena se presentan en el Cuadro 2. Las variables

evaluadas incluyeron consumo total de alimento, ganancia total de peso y conversión alimenticia, las cuales constituyen indicadores fundamentales para determinar la respuesta productiva de las aves frente a estrategias de suplementación enzimática. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos para el consumo total de alimento, la ganancia total de peso y la conversión alimenticia.

### **Consumo total de alimento**

El consumo total de alimento presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 2). El tratamiento control sin fitasa (T1) registró el menor consumo acumulado (6489,25 g), diferenciándose estadísticamente de los tratamientos suplementados. Los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 alcanzaron consumos de 6709,50; 6708,75; 6690,00; 6704,50 y 6711,50 g, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos ( $P > 0.05$ ). El mayor consumo se observó en T6, con un incremento de 222,25 g respecto al tratamiento control, mientras que la diferencia entre el mayor y el menor valor de los tratamientos suplementados fue de 21,50 g.

### **Ganancia total de peso**

La ganancia total de peso presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ), registrándose el menor valor en T1 (2311,25 g), mientras que el mayor valor se observó en T4 (800 g/Tm de fitasa), con 2604,25 g, lo que representó un incremento de 293,00 g (12,68%) respecto al tratamiento control. Los tratamientos T2, T3, T5 y T6 registraron ganancias de peso de 2535,50; 2556,25; 2456,75 y 2472,25 g, respectivamente, presentando valores intermedios entre T1 y T4.

### **Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ), registrándose el valor más elevado en el tratamiento control (T1) con 2,81, diferenciándose estadísticamente de T2, T3 y T4, cuyos valores fueron 2,65, 2,62 y 2,57,

respectivamente. Los tratamientos T5 y T6 presentaron conversiones alimenticias de 2,73 y 2,71, respectivamente, sin diferencias estadísticas con los demás tratamientos suplementados.

## Figura 2

*Parámetros de desempeño productivo de pollos de engorde Cobb 500 suplementados con diferentes niveles de fitasa microbiana en la dieta.*

Tratamientos	Consumo alimento total en gramos	Ganancia peso total en gramos	Conversión alimenticia
1	6489,25 a	2311,25 c	2,81 a
2	6709,5 b	2535,5 ab	2,65 b
3	6708,75 b	2556,25 ab	2,62 b
4	6690 b	2604,25 a	2,57 b
5	6704,5 b	2456,75 ab	2,73 ab
6	6711,5 b	2472,25 ab	2,71 ab

*Nota:* Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) (Autores, 2026).

## Discusión

La suplementación con fitasa microbiana exógena influyó positivamente en el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500, manifestando incrementos significativos en el consumo total de alimento y la ganancia de peso, así como una optimización en el índice de conversión alimenticia. Estos hallazgos confirman la capacidad de la enzima para mitigar los efectos de dietas con restricciones de calcio y fósforo disponible, favoreciendo el comportamiento zootécnico de las aves durante el ciclo experimental.

El consumo total de alimento fue mayor en los tratamientos suplementados respecto al control, en concordancia con Moradi et al. (2023), quienes observaron incrementos en la ingesta tras la incorporación de fitasa en dietas deficientes en fósforo. Asimismo, la ausencia de diferencias entre las dosis evaluadas coincide con Shi et al. (2024), quienes señalaron que la suplementación con fitasa en dietas bajas en calcio y fósforo mejora la disponibilidad mineral sin aumentar proporcionalmente el consumo de alimento.

Por su parte, la ganancia total de peso alcanzó su valor máximo con la inclusión de 800 g/Tm de fitasa (Tratamiento 4). Esta trayectoria es consistente con las observaciones de Martínez et al. (2025), quienes reportaron que el incremento gradual de enzimas exógenas

favorece el crecimiento de las aves. Asimismo, Moradi et al. (2023) vincularon la mejora del rendimiento ponderal con una mayor digestibilidad dietaria y disponibilidad mineral a nivel metabólico.

La degradación del fitato reduce la formación de complejos insolubles con proteínas y minerales esenciales. Según Nuamah et al. (2024), este proceso favorece la absorción de fósforo, calcio y aminoácidos, lo que podría contribuir a las diferencias observadas en el crecimiento respecto al tratamiento control. La menor ganancia de peso registrada con 1000 y 1200 g/Tm coincide con lo señalado por Dersjant-Li et al. (2021), quienes indicaron que las respuestas productivas tienden a estabilizarse una vez hidrolizada gran parte del fitato dietario.

Adicionalmente, Wise et al. (2024) señalaron que la respuesta a la suplementación con fitasa puede estar influenciada por factores como la concentración inicial de fitato y la capacidad de absorción del tracto digestivo de las aves. Respecto a la eficiencia alimenticia, los índices de conversión disminuyeron significativamente en el Tratamiento 4 y los grupos intermedios, denotando una mayor eficiencia zootécnica.

Aunque Wise et al. (2024) señalaron que la conversión alimenticia suele presentar una respuesta menos consistente que la ganancia de peso ante la suplementación enzimática, los resultados del presente estudio muestran una reducción de este índice en los tratamientos con fitasa. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Nuamah et al. (2024), quienes indicaron que la suplementación con fitasa puede restablecer la eficiencia productiva en dietas con menor disponibilidad de nutrientes.

La suplementación con fitasa aporta beneficios económicos y ambientales a la industria avícola, ya que la hidrólisis del fitato reduce la necesidad de fuentes fosfatadas inorgánicas y los costos de alimentación. Según Nuamah et al. (2024), una mayor utilización del fósforo de origen vegetal disminuye la excreción mineral, mientras que Pirzado et al. (2024) señalaron

que el uso de enzimas exógenas constituye una estrategia eficaz para mitigar la eutrofización asociada a los sistemas de producción intensiva.

Aunque se evaluaron indicadores zootécnicos consistentes, este estudio no incluyó mediciones fisiológicas e histológicas. Futuras investigaciones deberían incorporar la digestibilidad ileal aparente, el contenido de cenizas óseas, la morfometría intestinal y el perfil mineral de las excretas para comprender mejor los mecanismos asociados a la acción de la fitasa. No obstante, los resultados obtenidos confirman que la suplementación con fitasa microbiana mejora el desempeño productivo de pollos Cobb 500, siendo 800 g/Tm la dosis más eficiente bajo las condiciones evaluadas.

## Conclusión

La suplementación con fitasa microbiana exógena mejoró el desempeño productivo de los pollos de engorde Cobb 500 alimentados con dietas restringidas en calcio y fósforo. La inclusión de 800 g/Tm produjo la mayor ganancia de peso y la mejor conversión alimenticia, evidenciando una utilización más eficiente de los nutrientes. Estos resultados respaldan el uso de fitasa como estrategia nutricional para mejorar la productividad y reducir la dependencia de fuentes fosfatadas inorgánicas en sistemas avícolas.

## Referencias bibliográficas

- Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Phytogetic feed additives in poultry: Achievements, prospective and challenges. *Animals*, *11*(12), 3471. <https://doi.org/10.3390/ani11123471>
- Badshah, F., Latif, A., Maqbool, M., Ahmad, M., Zafar, M. B., Ali, M. A., Faiz, S., Sarwar, M. I., Adnan, M., & Sohail, M. (2023). Effect of enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, *2023*, 630. <https://doi.org/10.54112/bcsrj.v202311.630>
- Bedford, M. R., & Apajalahti, J. H. (2021). The role of feed enzymes in maintaining poultry intestinal health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *102*(6), 2175–2185. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11670>

- Bhagwat, V. G., Balamurugan, E., & Rangesh, P. (2021). Cocktail of chelated minerals and phytogenic feed additives in the poultry industry: A review. *Veterinary World*, 14(2), 364–371. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.364-371>
- Dersjant-Li, Y., Davin, R., Christensen, T., & Kwakernaak, C. (2021). Effect of two phytases at two doses on performance and phytate degradation in broilers during 1–21 days of age. *PLOS ONE*, 16(3), e0247420. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247420>
- Gibbs, K., Bello, A., van der Klein, S., Poulsen, C., Kragh, K., & Marchal, L. (2025). Considering the concept of nutritional modification coupled with phytase supplementation for reducing *Campylobacter jejuni* in broilers. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1686545. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1686545>
- Martínez-Vallespín, B., Ader, P., & Zentek, J. (2025). Effect of increasing levels of phytase on performance, nutrient digestibility and immune response in broilers. *Poultry Science*, 104(1), 105473. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.105473>
- Maynard, C. J., Maynard, C. W., Mullenix, G. J., Ramser, A., Greene, E. S., Bedford, M. R., & Dridi, S. (2023). Impact of phytase supplementation on meat quality of heat-stressed broilers. *Animals*, 13(12), 2043. <https://doi.org/10.3390/ani13122043>
- Moradi, S., Abdollahi, M. R., Moradi, A., & Jamshidi, L. (2023). Effect of bacterial phytase on growth performance, nutrient utilization, and bone mineralization in broilers. *Animals*, 13(9), 1450. <https://doi.org/10.3390/ani13091450>
- Nuamah, E., Okon, U. M., Jeong, E., Mun, Y., Cheon, I., Chae, B., Odoi, F. N. A., Kim, D. W., & Choi, N. J. (2024). Unlocking phytate with phytase: A meta-analytic view of broiler growth and bone mineralization. *Animals*, 14(14), 2090. <https://doi.org/10.3390/ani14142090>
- Pekel, A. Y., Horn, N. L., & Adeola, O. (2014). The efficacy of dietary xylanase and phytase in broiler chickens fed camelina meal. *Poultry Science*, 93(4), 901–907. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03510>
- Pirzado, S. A., Liu, G., Purba, M. A., & Cai, H. (2024). Enhancing production performance in laying hens with fungal phytase supplementation. *Animals*, 14(3), 376. <https://doi.org/10.3390/ani14030376>
- Prakash, A., Saxena, V. K., & Singh, M. K. (2020). Genetic analysis of residual feed intake, feed conversion ratio and related growth parameters in broiler chicken: a review. *World's Poultry Science Journal*, 76(2), 304–317. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1735978>
- Rychen, G., Aquilina, G., Azimonti, G., Bampidis, V., Bastos, M. L., Bories, G., Chesson, A., Cocconcelli, P. S., Flachowsky, G., Gropp, J., Kolar, B., Kouba, M., López-Alonso, M., López Puente, S., Mantovani, A., Mayo, B., Ramos, F., Saarela, M., Villa, R. E., ... Anguita, M. (2018). Safety and efficacy of 3-phytase FLF1000 as feed additive for poultry. *EFSA Journal*, 16(3), 5203. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5203>
- Shi, H., Lopes, T., Tompkins, Y. H., Liu, G., Choi, J., Sharma, M. K., & Kim, W. K. (2024). Effects of phytase in Ca and P reduced diets in broilers. *Poultry Science*, 103(3), 103389. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103389>
- Sureshkumar, S., Song, J., Sampath, V., & Kim, I. (2023). Exogenous enzymes as zootechnical additives in monogastric feed: A review. *Agriculture*, 13(11), 2195.

<https://doi.org/10.3390/agriculture13122195>

- Urgessa, O. E., Koyamo, R., Dinka, H., Tafess, K., & Gemed, M. T. (2024). Microbial phytases as poultry feed additives: A review. *International Journal of Microbiology*, 2024, 9400374. <https://doi.org/10.1155/2024/9400374>
- Wise, T. L., Haetinger, V. S., Alagbe, E. O., Sorbara, J. O. B., & Adeola, O. (2024). Evaluation of exogenous phytase in broilers and pigs. *Animal*, 18(4), 101135. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101135>
- Zampiga, M., Calini, F., & Sirri, F. (2021). Importance of feed efficiency for sustainable intensification of chicken meat production: implications and role for amino acids, feed enzymes and organic trace minerals. *World's Poultry Science Journal*, 77(3), 639-659. <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1959277>