

## Tendencias globales en el uso de *Curcuma longa* en la alimentación de pollos broiler: Un análisis bibliométrico

Global trends in the use of *Curcuma longa* in broiler chicken feed: A bibliometric analysis.

Tendências globais na utilização de *Curcuma longa* na alimentação de frangos de carne: Uma análise bibliométrica

Herrera-Feijoo, Robinson J.  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[rherreraf2@uteq.edu.ec](mailto:rherreraf2@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>



Sosa-Cano, Yeika Yomara  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[yeika.sosa2018@uteq.edu.ec](mailto:yeika.sosa2018@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0009-0824-445X>



Torres-Navarrete, Emma  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[etorres@uteq.edu.ec](mailto:etorres@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9212-5593>



Guamán-Rivera, Santiago Alexander  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
[santiago.guaman@epoch.edu.ec](mailto:santiago.guaman@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-8699-0655>



Herrera-Jacome, Dario Fernando  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[dherreraj@uteq.edu.ec](mailto:dherreraj@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-2569-796X>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n2/601>

### Como citar:

Robinson J., H.-F., Sosa-Cano, Y. Y., Torres-Navarrete, E., Guamán-Rivera, S. A., & Herrera-Jacome, D. F. (2024). Tendencias globales en el uso de *Curcuma longa* en la alimentación de pollos broiler: un análisis bibliométrico. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(2), 1602–1623. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n2/601>.

Recibido: 18/11/2024

Aceptado: 03/12/2024

Publicado: 31/12/2024

## Resumen

La creciente demanda de carne aviar y las preocupaciones por el uso de antibióticos han impulsado la búsqueda de alternativas naturales. Entre ellas, *C. longa* destaca por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Este estudio analizó la producción por periodos, documentos más citados, producción por países de afiliación, evolución temporal de palabras clave y los efectos del uso de curcuma en variables como ganancia de peso, salud y bienestar, metabolismo y bioquímica, efectos nutricionales y niveles de grasa mediante un análisis bibliométrico de datos de Scopus (2003-2024), empleando el paquete bibliometrix en R. Se identificaron 243 publicaciones relevantes, evidenciando un notable crecimiento en la investigación, particularmente en 2023. India y China lideran la producción científica, mientras que autores como Yarru et al. y Gowda et al. destacan por su influencia. Inicialmente, los estudios se centraron en el rendimiento productivo, pero más recientemente han explorado los efectos antioxidantes, antimicrobianos y metabólicos de la curcuma. Los resultados reflejan un interés creciente en *C. longa* como alternativa sostenible a los antibióticos en la alimentación avícola. Se recomienda profundizar en el estudio de sus interacciones con otros aditivos naturales para optimizar la salud y el rendimiento productivo. Además, es fundamental fomentar colaboraciones internacionales que permitan establecer directrices globales para prácticas sostenibles en la industria avícola.

**Palabras clave:** Curcuma, Avicultura, Suplementación, Nutrición, Bibliometría

## Abstract

The growing demand for poultry meat and concerns about the use of antibiotics have prompted the search for natural alternatives. Among them, *C. longa* stands out for its antioxidant and antimicrobial properties. This study analyzed the production by periods, most cited papers, production by country of affiliation, temporal evolution of keywords and the effects of curcuma use on variables such as weight gain, health and well-being, metabolism and biochemistry, nutritional effects and fat levels through a bibliometric analysis of Scopus data (2003-2024), using the bibliometrix package in R. 243 relevant publications were identified, evidencing a remarkable growth in research, particularly in 2023. India and China lead the scientific production, while authors such as Yarru et al. and Gowda et al. stand out for their influence. Initially, studies focused on yield performance, but more recently have explored the antioxidant, antimicrobial, and metabolic effects of curcuma. The results reflect a growing interest in *C. longa* as a sustainable alternative to antibiotics in poultry feed. Further study of its interactions with other natural additives is recommended to optimize health and production performance. In addition, it is essential to promote international collaborations to establish global guidelines for sustainable practices in the poultry industry.

**Keywords:** Curcuma, Poultry, Supplementation, Nutrition, Bibliometrics.

## Resumo

A procura crescente de carne de aves de capoeira e a preocupação com a utilização de antibióticos levaram à procura de alternativas naturais. Entre elas, a *C. longa* destaca-se pelas suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Este estudo analisou a produção por período, os artigos mais citados, a produção por país de afiliação, a evolução temporal das palavras-chave e os efeitos do uso da curcuma em variáveis como o ganho de peso, a saúde e o bem-estar, o metabolismo e a bioquímica, os efeitos nutricionais e os níveis de gordura, através de uma análise bibliométrica dos dados da Scopus (2003-2024), utilizando o pacote

bibliometrix no R. Foram identificadas 243 publicações relevantes, mostrando um crescimento notável da investigação, particularmente em 2023. A Índia e a China lideram a produção científica, enquanto autores como Yarru et al. e Gowda et al. se destacam pela sua influência. Os estudos centraram-se inicialmente no desempenho da produção, mas mais recentemente exploraram os efeitos antioxidantes, antimicrobianos e metabólicos da curcuma. Os resultados reflectem um interesse crescente na *C. longa* como alternativa sustentável aos antibióticos na alimentação das aves de capoeira. Recomenda-se um estudo mais aprofundado das suas interações com outros aditivos naturais para otimizar a saúde e o desempenho da produção. Além disso, é essencial promover colaborações internacionais para estabelecer diretrizes globais para práticas sustentáveis na indústria avícola.

**Palavras-chave:** Curcuma, Avicultura, Suplementação, Nutrição, Bibliometria

## Introducción

En la actualidad, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de la producción ganadera y avícola están en auge debido a la creciente demanda de carne para satisfacer las necesidades proteicas (Mottet & Tempio, 2017). Los productos avícolas como la carne de pollo, destacan por su asequibilidad y valor nutricional, incentivando a los productores a buscar métodos que incrementen la eficiencia productiva. Históricamente, esta demanda ha sido solventada con alternativas como el uso continuo de antibióticos en la crianza de pollos como promotores de crecimiento (Masters et al., 2023). No obstante, estas prácticas han demostrado no ser viables a nivel fitosanitario debido a que promueven la aparición de cepas resistentes a los antibióticos, siendo una preocupación de salud pública mundial, instando a la industria y a la comunidad científica a explorar alternativas más seguras y ecológicamente sustentables (Seidavi et al., 2021).

Por lo expuesto anteriormente, una de las alternativas que la comunidad científica se encuentra explorando es el uso de suplementos naturales como una vía prometedora para mejorar la salud y el rendimiento de los pollos de engorde sin contribuir a la resistencia a los antibióticos (Seidavi et al., 2021). Diversas especies botánicas han sido examinadas por sus efectos beneficiosos, y entre ellas, la *C. longa* se ha destacado. La literatura existente sugiere que la curcuma, rica en curcumina, posee propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y

antimicrobianas, las cuales podrían desempeñar un papel crucial en la mejora de la producción avícola (Geevarghese et al., 2023). Sin embargo, a pesar de los estudios prometedores, aún hace falta un consenso claro sobre su aplicación y efectividad en el ámbito de la avicultura.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis bibliométrico exhaustivo, destinado a sintetizar y examinar críticamente la evidencia científica enfocada en el uso de la *C. longa* como suplemento natural en pollos broiler. A través de este análisis, se busca identificar tendencias, establecer correlaciones y discernir patrones dentro del corpus de investigación existente. Este proceso no solo es esencial para la validación científica de las estrategias de alimentación natural sino también para delinear futuras direcciones de investigación y desarrollo en la alimentación avícola.

Los análisis bibliométricos, son una herramienta poderosa en el ámbito académico, estos se emplean para mapear el paisaje intelectual y social de un campo de estudio específico. Al analizar metadatos como citas, autores, revistas y colaboraciones, los análisis bibliométricos ofrecen una perspectiva única de la estructura y dinámica de los temas investigados. Este enfoque es particularmente valioso en campos interdisciplinarios y en rápida evolución, como lo es el estudio de suplementos naturales en la avicultura, donde compilar y comprender la literatura puede ser desafiante (Lim & Kumar, 2024).

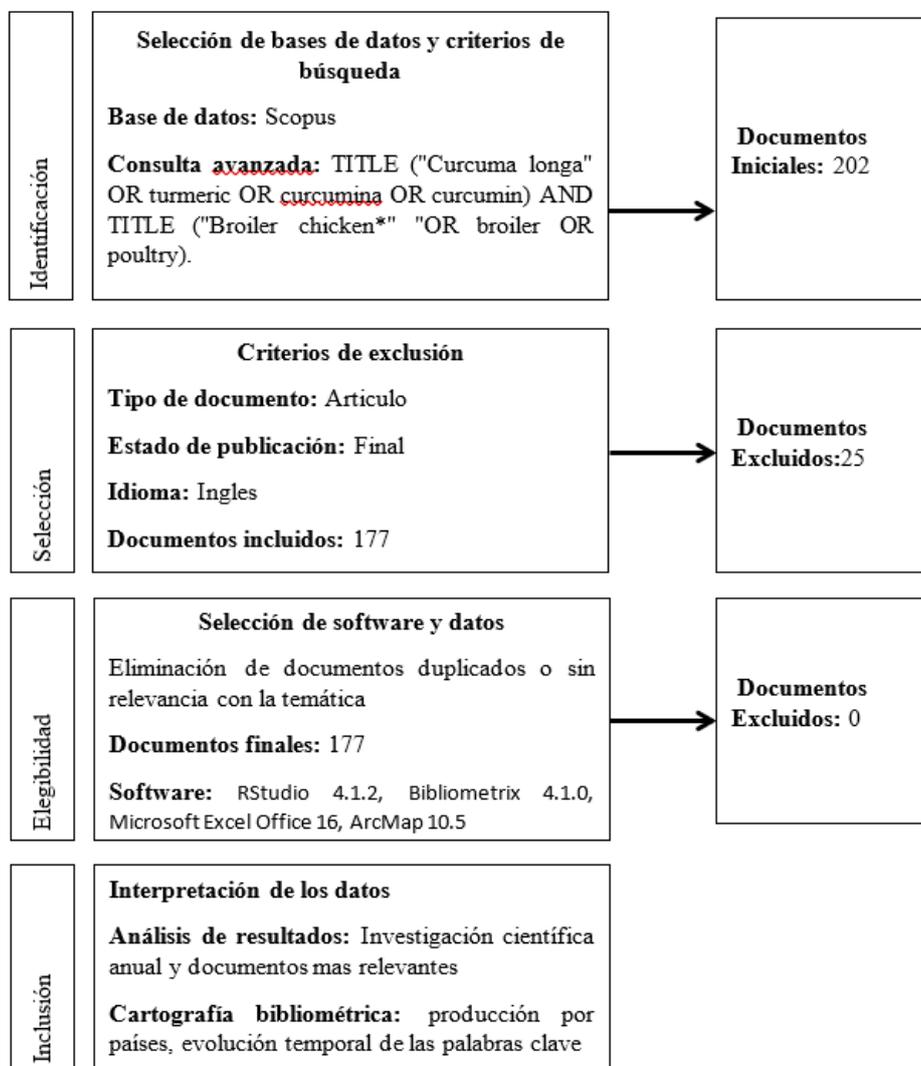
Los beneficiarios de esta investigación son múltiples y variados, abarcando desde académicos y científicos que buscan profundizar en el conocimiento de la nutrición avícola, hasta productores y la industria avícola en busca de prácticas más sostenibles. Además, los consumidores conscientes de la seguridad alimentaria y la calidad del producto también se beneficiarán indirectamente de las conclusiones de este estudio. Al proporcionar una base sólida de conocimiento científico, la investigación puede influir en políticas más informadas y en la adopción de prácticas de producción que beneficien a la sociedad en su conjunto, reforzando el compromiso con la salud pública y el bienestar animal

## Metodología

El análisis bibliométrico fue realizado utilizando el protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), reconocido por proporcionar un enfoque eficaz, eficiente y transparente en la evaluación de documentos científicos (Page et al., 2021). En este estudio, el proceso se dividió en cuatro etapas clave para garantizar un análisis riguroso de la producción científica de UTEQ (Figura 1):

### Figura 1

Diagrama basado en la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), que representa las cuatro fases de la metodología de investigación bibliométrica



Nota: Autores (2024).

## 2.1 Selección de bases de datos y criterios de búsqueda

En el ámbito académico, dos de las bases de datos científicas más utilizadas y accesibles en las últimas décadas son Web of Science (WOS) y Scopus. En lo que concierne a Scopus, se ha consolidado como una de las bases de datos científicas más destacadas. Su reputación se basa en su capacidad para abarcar una amplia gama de disciplinas y ofrecer información científica susceptible de ser analizada mediante herramientas bibliométricas (Zhu & Liu, 2020). Además, Scopus proporciona detalles adicionales, como la afiliación del autor, información sobre las revistas, palabras clave e índices de calidad de la producción científica, como el Scimago Journal Rank (SJR). Por estas razones, se optó por utilizar Scopus en este estudio para construir una base de datos que incluyera el mayor número posible de documentos relevantes.

En relación a la búsqueda y recopilación de documentos publicados en relación al uso de *C. longa* como suplemento alimenticio en pollos de engorde, para llevar a cabo este proceso se empleó la siguiente sintaxis en la configuración de búsqueda avanzada de la base de datos Scopus: TITLE ("*Curcuma longa*" OR turmeric OR curcumina OR curcumin) AND TITLE ("Broiler chicken\*" OR broiler OR poultry). Esta búsqueda arrojó un total de 202 documentos.

## 2.2 Criterios de exclusión

Inicialmente, se consideró la selección de documentos basada en su tipología, enfocándose exclusivamente en aquellos documentos científicos clasificados como artículos científicos y artículos en conferencias. Además, para fines del análisis, fue colocada especial atención a documentos que ya habían superado exitosamente el proceso de revisión por pares y que habían sido publicados, es decir, documentos que ostentaban el estatus de publicación definitiva. Finalmente, únicamente se considerando documentos publicados en el idioma inglés, esto debido a que es el idioma más predominante en la producción científica actual en la base de datos Scopus y a nivel mundial. En virtud de estos criterios, fueron excluidos un

total de 25 documentos, lo que resultó en una colección final de 177 documentos seleccionados para su análisis.

## **2.3 Interpretación de datos**

### **2.3.1 Análisis de rendimiento**

El estudio comenzó con el análisis de la Producción Científica, examinando la producción científica a lo largo del tiempo, dividiéndola en cuatro periodos específicos: Periodo I (2003-2008), Periodo II (2009-2013), Periodo III (2014-2018) y Periodo IV (2019-2024), facilitando así la evaluación de la evolución temporal de la productividad académica. Adicionalmente, se identificaron los 10 documentos más citados enfocados en el uso de *C. longa* como suplemento alimenticio en pollos broiler, ordenándolos en Scopus según el número de citas, lo que subraya el impacto académico de las publicaciones más influyentes. Por último, se evaluó el efecto del uso *C. longa* en diferentes indicadores: Ganancia de peso, Salud y bienestar animal, Metabolismo y Bioquímica, Efectos Nutricionales, Nivel de grasa.

### **2.3.2 Análisis de cartografía bibliométrica**

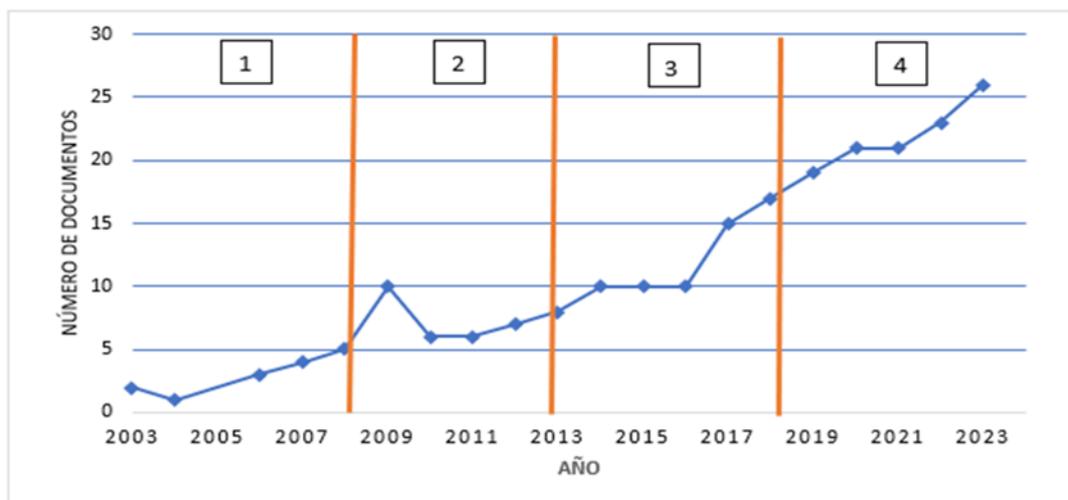
Esta sección se enfocó en la visualización geográfica y temporal de la producción científica. Se llevó a cabo un análisis de la producción por países utilizando la información de afiliación de los autores disponible en Scopus, lo que permitió mapear la distribución geográfica de la investigación mediante la elaboración de mapas en ArcMap 10.5, proporcionando una representación visual detallada de las colaboraciones internacionales. Adicionalmente, se realizó un análisis de la evolución temporal de las palabras clave, utilizando las palabras clave proporcionadas por los autores. Este análisis, implementado con el software Bibliometrix y visualizado en R Studio, permitió rastrear la evolución de los temas de investigación prioritarios a lo largo del tiempo, ofreciendo así una comprensión profunda de las tendencias investigativas.

## **Resultados**

### **3.1 Producción por periodos**

La producción científica relacionada con el uso de curcuma como suplemento en la alimentación de pollos broiler reportada en la base de datos comprende 177 documentos científicos y un total de 3816 citas (Figura 1). Para efectos de análisis, la producción científica se dividió en cuatro periodos: Periodo 1 (2003-2008), Periodo 2 (2009-2013), Periodo 3 (2014-2018) y Periodo 4 (2019-2024). Esta división facilita la comprensión del desarrollo de la actividad investigativa en este campo.

En términos generales, los estudios iniciales fueron limitados, con solo 2 documentos publicados en 2003 que recibieron 156 citas. Sin embargo, se observó un aumento gradual en el Periodo 2 (2009-2013), alcanzando un total de 26 publicaciones con un incremento significativo en 2013, año en el cual se publicaron 5 documentos que recibieron 295 citas en total. Este crecimiento continuó en el Periodo 3 (2014-2018), donde se observó un aumento notable en la producción científica, con un máximo de 13 documentos publicados en 2018, acumulando un total de 431 citas en ese año. El crecimiento más destacado en términos de volumen de publicaciones se produjo en el Periodo 4 (2019-2024), donde se alcanzó el máximo anual de publicaciones en 2023 con 20 documentos. Aunque el número de citas es menor en los últimos años, particularmente en 2023 y 2024, esto se debe a la reciente publicación de estos documentos, que aún necesitan más tiempo para ser citados ampliamente. Este aumento general en la producción científica refleja el creciente interés y esfuerzo en la investigación sobre el uso de curcuma en la alimentación avícola.

**Figura 1***Producción científica por periodo (2003 - 2023)*

Nota: Autores (2024).

### 3.2 Documentos más citados

La Tabla 1 muestra los diez documentos más citados sobre el uso de *C. longa* en la alimentación de pollos broiler entre 2003 y 2024, acumulando un número significativo de citas que reflejan su impacto en la avicultura. Entre los tres artículos más destacados, Yarru et al. (2009), con 185 citas, investigaron cómo la curcuma mejora la expresión de genes hepáticos relacionados con biotransformación, antioxidantes y sistemas inmunológicos en broilers expuestos a aflatoxina, posicionándose como un referente en la mitigación de toxinas en aves.

En segundo lugar, Gowda et al. (2008), con 162 citas, evidenciaron la eficacia de la curcuma combinada con aluminosilicato sódico cálcico hidratado para contrarrestar los efectos de la aflatoxina, destacando el valor de las combinaciones con aditivos. En tercer lugar, Abou-Elkhair et al. (2014), con 104 citas, demostraron que la pimienta negra, curcuma y semillas de cilantro mejoran el rendimiento y la inmunidad en pollos broiler, consolidando el uso de aditivos naturales en la producción avícola.

**Tabla 2**

Top 10 de documentos más citados enfocados en el uso de *C. longa* como suplemento alimenticio en pollos brioler

Autores	Titulo	Número de citas
Yarru et al. (2009)	Effects of turmeric ( <i>C. longa</i> ) on the expression of hepatic genes associated with biotransformation, antioxidant, and immune systems in broiler chicks fed aflatoxin	185
Gowda et al. (2008)	Efficacy of turmeric ( <i>C. longa</i> ), containing a known level of curcumin, and a hydrated sodium calcium aluminosilicate to ameliorate the adverse effects of aflatoxin in broiler chicks	162
Abou-Elkhair et al. (2014)	Effects of black pepper ( <i>Piper nigrum</i> ), turmeric powder ( <i>C. longa</i> ) and coriander seeds ( <i>Coriandrum sativum</i> ) and their combinations as feed additives on growth performance, carcass traits, some blood parameters and humoral immune response of broiler chickens	104
Lee et al. (2013)	Dietary supplementation of young broiler chickens with Capsicum and turmeric oleoresins increases resistance to necrotic enteritis	100
Rajput et al. (2013)	Effect of dietary supplementation of curcumin on growth performance, intestinal morphology and nutrients utilization of broiler chicks	99
Galli et al. (2020)	Combination of herbal components (curcumin, carvacrol, thymol, cinnamaldehyde) in broiler chicken feed: Impacts on response parameters, performance, fatty acid profiles, meat quality and control of coccidia and bacteria	93
Zhang et al. (2018)	Curcumin attenuates heat-stress-induced oxidant damage by simultaneous activation of GSH-related antioxidant enzymes and Nrf2-mediated phase II detoxifying enzyme systems in broiler chickens	93
AL-Sultan 2003)	The effect of <i>C. longa</i> (Turmeric) on overall performance of broiler chickens	93
Abd El-Hack et al. (2021)	Impacts of supplementing broiler diets with biological curcumin, zinc nanoparticles and bacillus licheniformis on growth, carcass traits, blood indices, meat quality and cecal microbial load	92
Zhang et al. (2015)	Effect of Various Levels of Dietary Curcumin on Meat Quality and Antioxidant Profile of Breast Muscle in Broilers	89

Nota: Producción por países de afiliación

En términos generales, se identificaron 32 países que han contribuido a la investigación sobre el uso de curcuma en la nutrición avícola, reflejando un interés global en esta temática. Un mapa elaborado con ArcMap 10.5 (Figura 2) muestra la distribución de publicaciones en los últimos 21 años, diferenciando el número de artículos por país. India, China y Brasil lideran este campo. India destaca por ser el mayor productor mundial de curcuma, reflejando su compromiso con la agricultura sostenible y la innovación en la alimentación animal. China, en segundo lugar, centra sus esfuerzos en mejorar la eficiencia avícola con aditivos naturales,

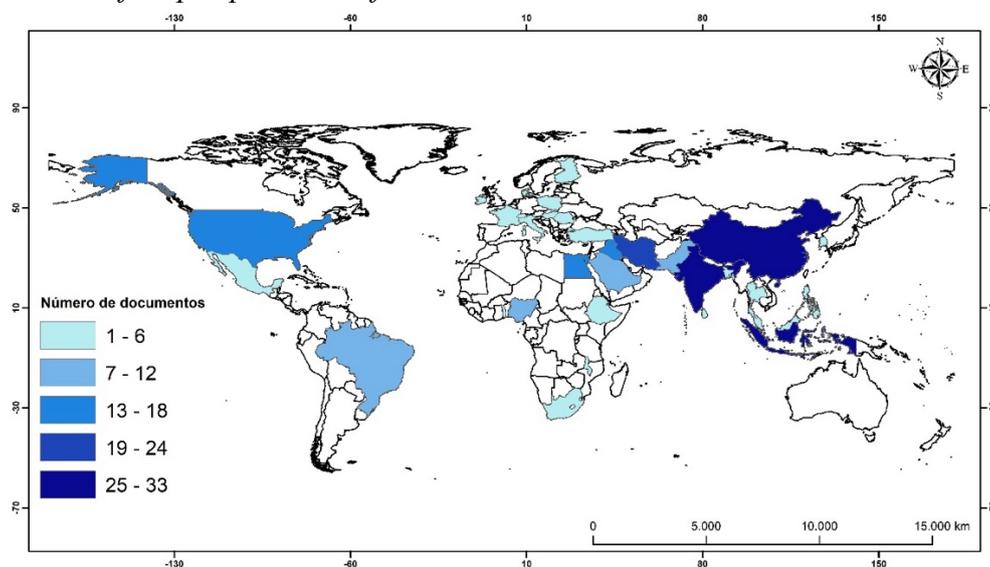
mientras que Brasil sobresale como el principal contribuyente latinoamericano, impulsado por su liderazgo en producción avícola y prácticas sostenibles.

Otros países asiáticos, como Irán, Indonesia y Malasia, también muestran un interés creciente en este tema, priorizando la salud y el rendimiento de los pollos broiler. En Oriente Medio, Arabia Saudita e Irak han iniciado investigaciones enfocadas en la seguridad alimentaria y sostenibilidad. En América Latina, México acompaña a Brasil como un referente regional. En África, Nigeria, Egipto y Sudáfrica destacan por su enfoque en soluciones económicas y accesibles para mejorar la productividad avícola.

En Europa, Italia, Polonia y Dinamarca lideran la investigación, impulsados por políticas que restringen el uso de antibióticos, promoviendo alternativas naturales como la curcuma. Países como España, Francia y Suiza también contribuyen significativamente, promoviendo la cooperación científica para reducir el uso de antibióticos y mejorar la calidad de los productos avícolas.

## Figura 2

*Producción científica por países de afiliación de los autores*



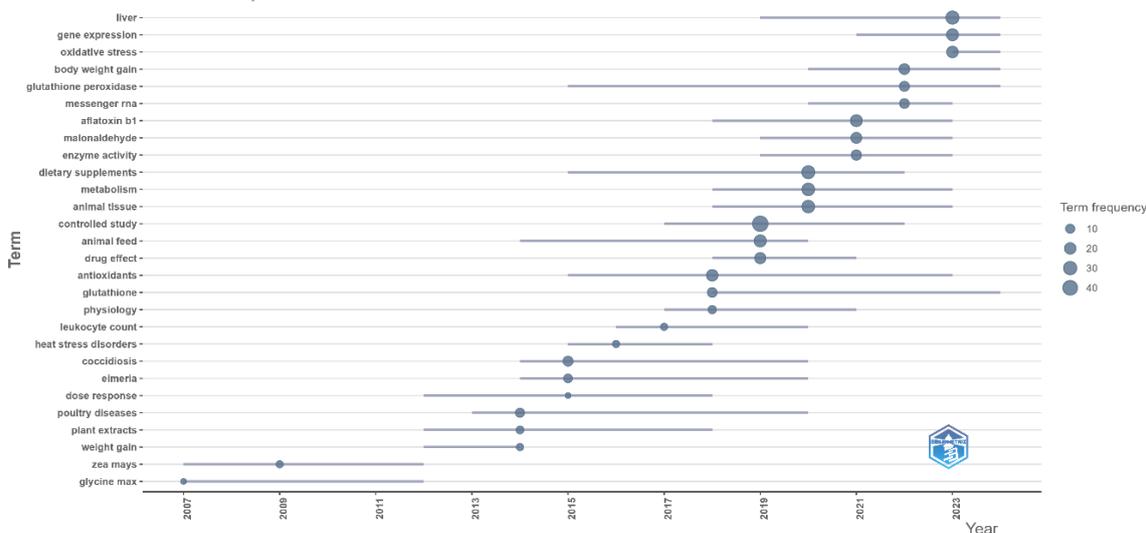
Nota: Autores (2024).

### 3.3 Evolución temporal de las palabras clave asociadas a las publicaciones enfocadas en el uso de *C. longa* como suplemento alimenticio

En la Figura 3 se muestra evolución de los términos clave en las investigaciones sobre *C. longa* refleja el desarrollo de su aplicación en la alimentación de pollos broiler. Entre 2012 y 2014, términos como "poultry diseases" y "plant extracts" destacaron, señalando un interés inicial en su potencial como alternativa a los antibióticos para combatir enfermedades avícolas y mitigar el estrés oxidativo (Lee et al., 2013; Gowda et al., 2009). Paralelamente, estudios demostraron su capacidad para contrarrestar la toxicidad de compuestos como el endosulfán y la aflatoxina B1, mejorando el rendimiento y la salud inmunitaria en broilers (Rangsz & Ahangaran, 2011; Almeida et al., 2014). A partir de 2015, términos como "coccidiosis" y "eimeria" ganaron relevancia, respaldados por investigaciones que evidencian efectos profilácticos de la curcuma contra coccidias y su contribución a parámetros productivos y calidad de carne en combinación con otros fitobióticos (Galli et al., 2020).

Desde 2020, el enfoque ha evolucionado hacia mecanismos moleculares, destacando términos como "oxidative stress", "glutathione peroxidase" y "gene expression". La curcuma ha demostrado mitigar el daño hepático y oxidativo mediante la activación de la vía Nrf2/ARE, mientras mejora la función inmunitaria y la integridad intestinal bajo condiciones de estrés (Zhang et al., 2024; Xu et al., 2024). Además, investigaciones recientes resaltan su acción combinada con extractos como *Kaempferia galanga* para potenciar el crecimiento y los parámetros bioquímicos (Reshma et al., 2024). Este avance hacia una comprensión mecanicista posiciona a *C. longa* como un suplemento funcional clave para reducir la dependencia de fármacos convencionales y optimizar la salud y productividad avícola.

**Figura 3**  
Evolución temporal de las palabras clave utilizadas por los autores



Nota: Autores (2024).

### 3.4 Efectos del uso de *C. longa* en pollos broiler

#### 3.4.1 Ganancia de peso.

*C. longa* ha demostrado ser un promotor de crecimiento eficaz en pollos broiler, mejorando significativamente la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia. Suplementaciones de curcumina a 200 mg/kg optimizaron el crecimiento, redujeron grasa abdominal y mejoraron la utilización de energía, incluso bajo estrés térmico, mitigando los efectos negativos del calor y la alta densidad de alojamiento (Rajput et al., 2013; Wang et al., 2015; El-Sa’adawy et al., 2023). Además, su uso en condiciones de estrés por frío mejoró la ganancia de peso y redujo la incidencia de ascitis (Rahmani et al., 2017).

Combinaciones con otros aditivos, como extracto de neem, redujeron costos de producción, mientras que extractos lipofílicos como el TF-36 incrementaron la ganancia de peso en un 10% sin efectos adversos (Choudhary et al., 2022; Xu et al., 2024). Estudios recientes también destacan que *C. longa* mejora el sistema inmunológico y la capacidad antioxidante, favoreciendo la salud intestinal y el rendimiento productivo en aves desafiadas con *Eimeria* (Chen et al., 2024; Yadav et al., 2020), consolidándola como una alternativa segura y natural frente a los promotores de crecimiento antibióticos.

### 3.4.2 Salud y bienestar animal

La *C. longa* ha demostrado beneficios significativos en la inmunidad de pollos broiler, protegiendo órganos como el bazo y la bursa de Fabricius, y aumentando la expresión de IL-2 e IFN- $\gamma$  frente al daño inmunológico por aflatoxina B1 (Li et al., 2022). Combinada con vitamina E, mejoró la inmunidad celular y elevó títulos de anticuerpos contra IBDV, reforzando la inmunidad humoral (Shivappa et al., 2012; Qasem et al., 2015). Además, aumentó los ácidos grasos poliinsaturados en la carne, mejorando la salud animal y la calidad del producto (Khodadadi et al., 2021).

En términos metabólicos, la curcuma optimizó la eficiencia alimenticia y redujo grasa abdominal y triglicéridos séricos, mejorando la salud sanguínea con mayores conteos de eritrocitos y hemoglobina (Nouzarian et al., 2011; Agustin et al., 2016; Jadhav et al., 2018). Aunque algunos estudios no evidenciaron mejoras inmunológicas en todas las condiciones (Sadeghi et al., 2012), la mayoría respalda su impacto positivo en parámetros bioquímicos, consolidando su utilidad como aditivo funcional en avicultura.

### 3.4.3 Metabolismo y Bioquímica

La *C. longa* ha demostrado beneficios significativos en parámetros bioquímicos y de salud en pollos broiler, especialmente bajo condiciones de estrés o exposición a toxinas. Aunque su impacto en proteínas totales, AST y ALT ha sido limitado, se han observado efectos en marcadores como la fosfatasa alcalina (ALP), sugiriendo una acción específica en la bioquímica hepática (Gana et al., 2023). Además, la curcuma mejora el estado antioxidante al aumentar la actividad de catalasa, la expresión de SOD-1 y reducir el malondialdehído (MDA), protegiendo contra la oxidación celular y el estrés térmico (El-Sa'adawy et al., 2023; Sahoo et al., 2019).

Bajo condiciones extremas, como estrés por frío o exposición a toxinas, la curcumina y nanocurcumina han mejorado la absorción de nutrientes, la ganancia de peso y la función

hepática (Rahmani et al., 2018; Alagawanyi et al., 2015). Frente a la aflatoxina B1, *C. longa* mostró efectos protectores al reducir el daño hepático y mejorar metabolitos séricos como proteínas totales y albúmina (Ahmadi, 2010). Por último, se han documentado mejoras en la salud metabólica, incluyendo incrementos en HDL-colesterol y hemoglobina, junto con reducciones en LDL y VLDL, al suplementar dietas con polvo de rizoma de curcuma (Emadi et al., 2007).

#### **3.4.4 Efectos Nutricionales.**

La *C. longa* se posiciona como un aditivo prometedor para mejorar la absorción de nutrientes en pollos broiler, particularmente bajo estrés térmico y condiciones adversas. Su suplementación ha mostrado optimizar la morfología intestinal al incrementar la altura de las vellosidades y mejorar la relación vellosidad-cripta, aumentando el área de absorción (Rajput et al., 2013; Kpomasse et al., 2023). Estos cambios favorecieron la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia, incluso en climas cálidos y húmedos. Aunque Basavaraj et al. (2010) no encontraron efectos significativos en otros animales, se destaca un metabolismo más eficiente de grasas, reducción de grasa abdominal y mejoras en la salud inmunológica asociadas al aumento en el peso de la bursa y el hígado (Camay, 2023). Adicionalmente, el efecto inmunomodulador de la curcuma, en combinación con otros aditivos, regula la señalización de IL-6, potenciando la salud intestinal y la capacidad de absorción de nutrientes (Hermanto et al., 2024).

#### **3.4.5 Niveles de grasa.**

El uso de *C. longa* ha demostrado efectos significativos en la modulación del metabolismo lipídico en pollos broiler. Aunque su suplementación no siempre reduce la grasa abdominal, se han observado beneficios como efectos hipolipemiantes y mejoras en el perfil bioquímico, incluyendo disminuciones de colesterol total, LDL y ácido úrico, junto con incrementos de glucosa y ácidos grasos benéficos (Sugiharto et al., 2021; Santoso et al., 2015;

Pornanek, 2020). En dietas fermentadas, combinaciones con ajo o *Sauropus androgynus* han reducido grasa abdominal y mejorado la composición de lípidos en carne (Santoso et al., 2020; Kususiya et al., 2019). Además, dosis elevadas de curcuma han optimizado la composición corporal, reduciendo grasa y mejorando el perfil de ácidos grasos (Utami et al., 2020).

## Discusión

Los resultados obtenidos destacan el creciente interés científico en el uso de *C. longa* como suplemento alimenticio para pollos broiler, reflejado en un aumento sostenido de publicaciones en las últimas dos décadas. Este incremento, particularmente notable en el periodo 2019-2024, subraya la relevancia de este tema en el contexto de la avicultura sostenible. India, China y Brasil lideran en producción científica, lo que resalta el vínculo entre la investigación académica y la necesidad de implementar prácticas más sostenibles en regiones clave de producción avícola. Este avance también se refleja en las tendencias de palabras clave, donde términos como "coccidiosis", "antioxidants" y "oxidative stress" apuntan a un enfoque cada vez más específico en los beneficios profilácticos y antioxidantes de la curcuma.

La curcuma se posiciona como un suplemento funcional clave debido a su impacto positivo en la ganancia de peso, salud intestinal y metabolismo lipídico. Su capacidad para mejorar la eficiencia alimenticia y la absorción de nutrientes, incluso bajo estrés térmico o frío, la hace altamente atractiva en sistemas de producción intensiva (Rajput et al., 2013; Wang et al., 2015). Además, sus propiedades antioxidantes e inmunomoduladoras han demostrado ser efectivas en la mitigación de toxinas, como la aflatoxina B1, y en el refuerzo de la inmunidad humoral y celular, aspectos cruciales para mantener la salud y el bienestar de las aves (Li et al., 2022; El-Sa'adawy et al., 2023).

Los hallazgos también destacan un cambio hacia un enfoque más mecanicista en los últimos años, explorando vías moleculares como Nrf2/ARE y la regulación de enzimas

antioxidantes (Zhang et al., 2024). Esto posiciona a la curcuma no solo como un suplemento para mejorar la productividad, sino también como una herramienta para reducir la dependencia de antibióticos y mitigar el impacto de estrés y toxinas en los sistemas de producción avícola. La investigación futura debe enfocarse en optimizar dosis, combinaciones con otros aditivos naturales y explorar su impacto en la calidad final de los productos avícolas, consolidando su papel en una avicultura más sostenible y resiliente.

## Conclusión

El análisis bibliométrico muestra un crecimiento sostenido en la producción científica sobre el uso de *C. longa* en la nutrición de pollos broiler, especialmente en los últimos años. Este incremento refleja el interés global por alternativas naturales a los antibióticos, destacando a países como Estados Unidos e Italia como los principales contribuyentes en esta área de investigación.

El análisis de co-citación y coocurrencia de palabras clave revela que los principales temas de investigación han evolucionado desde un enfoque inicial en el rendimiento productivo hacia un interés creciente por los efectos antioxidantes y antimicrobianos de la curcuma. Esta evolución sugiere que la investigación futura se centrará en optimizar la dosificación y explorar la interacción de la curcuma con otros aditivos naturales para mejorar tanto la salud animal como la sostenibilidad del sector avícola.

## Referencias bibliográficas

- Abd El-Hack, M. E., Alaidaroos, B. A., Farsi, R. M., Abou-Kassem, D. E., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Shafi, M. E., Albaqami, N. M., Taha, A. E., & Ashour, E. A. (2021). Impacts of supplementing broiler diets with biological curcumin, zinc nanoparticles and bacillus licheniformis on growth, carcass traits, blood indices, meat quality and cecal microbial load. *Animals*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/ani11071878>
- Abou-Elkhair, R., Ahmed, H. A., & Selim, S. (2014). Effects of black pepper (*piper nigrum*), turmeric powder (*curcuma longa*) and coriander seeds (*coriandrum sativum*) and their combinations as feed additives on growth performance, carcass traits, some blood

- parameters and humoral immune response of broiler c. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(6), 847–854. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13644>
- Agustin, F., Aripin, D. N., Nugraheni, P., Suryanata, G. H., Arif, R., Pristihadi, D. N., Mustika, A. A., & Manalu, W. (2016). Improved productivity and health performances of broiler chickens administered with Jamu ginger, curcuma and turmeric. *International Journal of Poultry Science*, 15(12), 487–492. <https://doi.org/10.3923/ijps.2016.487.492>
- Ahmadi, F. (2010). Effect of turmeric (*Curcumin longa*) powder on performance, oxidative stress state and some of blood parameters in broiler fed on diets containing aflatoxin B1. *Global Veterinaria*, 5(6), 312–317.
- Alagawany, M. M., Farag, M. R., & Dhama, K. (2015). Nutritional and biological effects of turmeric (*Curcuma longa*) supplementation on performance, serum biochemical parameters and oxidative status of broiler chicks exposed to endosulfan in the diets. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(2), 86–96. <https://doi.org/10.3923/ajava.2015.86.96>
- Almeida, G. F. D., Thamsborg, S. M., Madeira, A. M. B. N., Ferreira, J. F. S., Magalhães, P. M., Filho, L. C. D., Horsted, K., & Hermansen, J. E. (2014). The effects of combining *Artemisia annua* and *Curcuma longa* ethanolic extracts in broilers challenged with infective oocysts of *Eimeria acervulina* and *E. maxima*. *Parasitology*, 141(3), 347–355. <https://doi.org/10.1017/S0031182013001443>
- AL-Sultan, S. I. (2003). The effect of *Curcuma longa* (Turmeric) on overall performance of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 2(5), 351–353. <https://doi.org/10.3923/ijps.2003.351.353>
- Basavaraj, M., Nagabhushana, V., Prakash, N., Mallikarjunappa, S., Appannavar, M. M., & Wagnmare, P. (2010). Effect of dietary supplementation of Pulvis *Curcuma Longa* on the voluntary feed intake, nutrient digestibility and growth performance of Broiler rabbits under summer stress. *Veterinary World*, 3(8), 369–372. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2010.369-372>
- Camay, R. M. (2023). Visceral Characteristics of Broiler Chickens (*Gallus gallus domesticus*) Supplemented with Turmeric Rhizome Powder (*Curcuma longa*). *Universal Journal of Agricultural Research*, 11(2), 300–305. <https://doi.org/10.13189/ujar.2023.110207>
- Chen, Y., Liu, L., Yu, L., Li, S., Zhu, N., & You, J. (2024). Curcumin Supplementation Improves Growth Performance and Anticoccidial Index by Improving the Antioxidant Capacity, Inhibiting Inflammatory Responses, and Maintaining Intestinal Barrier Function in *Eimeria tenella*-Infected Broilers. *Animals*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/ani14081223>
- Choudhary, D., Bothra, T., Jain, D., & Kumari, P. (2022). Effect of turmeric (*Curcuma longa*) powder and neem (*Azadirachta indica*) leaf powder on growth performance of broiler chicks. *Veterinary Practitioner*, 23(1), 126–131.
- El-Sa'adawy, H. A., Kamal, T. K., & Khalaf, A. A. (2023). Evaluation of the Protective Activities of Dietary Turmeric Powder on Growth Performance, Biochemical Parameters, Antioxidant Status, and Gene Expression in Heat-stressed Broilers. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 13(2), 214–221.
- Emadi, M., & Kermanshahi, H. (2007). Effect of turmeric rhizome powder on the activity of some blood enzymes in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 6(1), 48–51. <https://doi.org/10.3923/ijps.2007.48.51>
- Galli, G. M., Gerbet, R. R., Griss, L. G., Fortuoso, B. F., Petrolli, T. G., Boiago, M. M., Souza, C. F., Baldissera, M. D., Mesadri, J., Wagner, R., da Rosa, G., Mendes, R. E., Gris, A., & Da Silva, A. S. (2020). Combination of herbal components (curcumin, carvacrol, thymol, cinnamaldehyde) in broiler chicken feed: Impacts on response parameters,

- performance, fatty acid profiles, meat quality and control of coccidia and bacteria. *Microbial Pathogenesis*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103916>
- Gana, S. N., Garba, S., Jiddah, A. A., & Abubakar, A. (2023). The effect of Turmeric (*Curcuma longa*) Powder on Serum Biochemical parameters of Broilers. *Journal of Applied Veterinary Sciences*, 8(1), 65–71. <https://doi.org/10.21608/JAVS.2022.171742.1187>
- Geevarghese, A. V, Kasmani, F. B., & Dolatyabi, S. (2023). Curcumin and curcumin nanoparticles counteract the biological and managerial stressors in poultry production: An updated review. *Research in Veterinary Science*, 104958.
- Gowda, N. K. S., Ledoux, D. R., Rottinghaus, G. E., Bermudez, A. J., & Chen, Y. C. (2008). Efficacy of turmeric (*Curcuma longa*), containing a known level of curcumin, and a hydrated sodium calcium aluminosilicate to ameliorate the adverse effects of aflatoxin in broiler chicks. *Poultry Science*, 87(6), 1125–1130. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00313>
- Gowda, N. K. S., Ledoux, D. R., Rottinghaus, G. E., Bermudez, A. J., & Chen, Y. C. (2009). Antioxidant efficacy of curcuminoids from turmeric (*Curcuma longa* L.) powder in broiler chickens fed diets containing aflatoxin B1. *British Journal of Nutrition*, 102(11), 1629–1634. <https://doi.org/10.1017/S0007114509990869>
- Hafez, M. H., El-Kazaz, S. E., Alharthi, B., Ghamry, H. I., Sayed, S., Shukry, M., El-Sayed, Y. S., & Alshehri, M. A. (2022). The Impact of Curcumin on Growth Performance, Growth-Related Gene Expression, Oxidative Stress, and Immunological Biomarkers in Broiler Chickens at Different Stocking Densities. *Animals*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/ani12080958>
- Hermanto, F. E., Nuningtyas, Y. F., Marwi, F., Permata, F. S., Susilo, A., & Natsir, M. H. (2024). Discovering the Potential of Teak, Turmeric, and Ginger in Broiler Chicken Gut Health: A Network Biology Perspective on IL-6 Inhibition. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 12(4), 749–757. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2024/12.4.749.757>
- Jadhav, S. A., Bhalerao, S. M., Khanvilkar, A. V, Changan, S. D., & Jadhav, S. N. (2018). Study of turmeric (*curcuma LONGA*) and ginger (*zingiber OFFICINALE*) powder on blood parameters and immune response of broiler birds. *Indian Veterinary Journal*, 95(5), 24–26.
- Johannah, N. M., Joseph, A., Maliakel, B., & Krishnakumar, I. M. (2018). Dietary addition of a standardized extract of turmeric (TurmaFEED TM ) improves growth performance and carcass quality of broilers. *Journal of Animal Science and Technology*, 60(1). <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0167-7>
- Khodadadi, M., Sheikhi, N., Haghbin Nazarpak, H., & Nikbakht Brujeni, G. (2021). Effects of dietary turmeric (*Curcuma longa*) on innate and acquired immune responses in broiler chicken. *Veterinary and Animal Science*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100213>
- Kpomasse, C. C., Oso, O. M., Lawal, K. O., & Oke, O. E. (2023). Juvenile growth, thermotolerance and gut histomorphology of broiler chickens fed *Curcuma longa* under hot-humid environments. *Heliyon*, 9(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13060>
- Kususiyah, K., Santoso, U., Fenita, Y., Putranto, A. M. H., & Suharyanto, S. (2019). Fat deposition of broiler chickens fed a high-fat diet contained *Sauropus androgynus* leaf extract plus turmeric powder. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 44(4), 382–391. <https://doi.org/10.14710/jitaa.44.4.382-391>
- Lee, S. H., Lillehoj, H. S., Jang, S. I., Lillehoj, E. P., Min, W., & Bravo, D. M. (2013). Dietary supplementation of young broiler chickens with Capsicum and turmeric oleoresins increases resistance to necrotic enteritis. *British Journal of Nutrition*, 110(5), 840–847. <https://doi.org/10.1017/S0007114512006083>

- Li, M., Abdurexit, M., Xu, Z., Gao, Y., & Zhang, Y. (2024). Inhibitor of P-glycoprotein-mediated drug transport by curcumin in broiler chickens. *American Journal of Veterinary Research*, 85(5). <https://doi.org/10.2460/ajvr.23.09.0210>
- Li, S., Han, M., Zhang, Y., Ishfaq, M., Liu, R., Wei, G., & Zhang, X. (2022). Effect of Curcumin as Feed Supplement on Immune Response and Pathological Changes of Broilers Exposed to Aflatoxin B1. *Biomolecules*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/biom12091188>
- Lim, W. M., & Kumar, S. (2024). Guidelines for interpreting the results of bibliometric analysis: A sensemaking approach. *Global Business and Organizational Excellence*, 43(2), 17–26.
- Masters, W. A., Martinez, E. M., Greb, F., Herforth, A., & Hendriks, S. L. (2023). The Cost and Affordability of Preparing a Basic Meal Around the World. *Science and Innovations for Food Systems Transformation*, 603.
- Mottet, A., & Tempio, G. (2017). Global poultry production: current state and future outlook and challenges. *World's Poultry Science Journal*, 73(2), 245–256.
- Nouzarian, R., Tabeidian, S. A., Toghyani, M., Ghalamkari, G., & Toghyani, M. (2011). Effect of turmeric powder on performance, carcass traits, humoral immune responses, and serum metabolites in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20(3), 389–400. <https://doi.org/10.22358/jafs/66194/2011>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., & Brennan, S. E. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372.
- Pornanek, P., & Phoemchalard, C. (2020). Feed added curcumin with increased solubility on plasma lipoprotein, meat quality, and fat content in broiler chicks. *Tropical Animal Health and Production*, 52(2), 647–652. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02052-4>
- Qasem, M. A. A., Alhajj, M. S., Ger El Nabi, A. R., & Al-Mufarrej, S. I. (2015). Effect of turmeric powder as a dietary supplement on performance indicators and immune responses in broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 14(2), 30–35. <https://doi.org/10.3923/javaa.2015.30.35>
- Rahmani, M., Golian, A., Kermanshahi, H., & Bassami, M. R. (2017). Effects of curcumin and nanocurcumin on growth performance, blood gas indices and ascites mortalities of broiler chickens reared under normal and cold stress conditions. *Italian Journal of Animal Science*, 16(3), 438–446. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1290510>
- Rahmani, M., Golian, A., Kermanshahi, H., & Bassami, M. R. (2018). Effects of curcumin or nanocurcumin on blood biochemical parameters, intestinal morphology and microbial population of broiler chickens reared under normal and cold stress conditions. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 200–209. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1284077>
- Rajput, N., Muhammad, N., Yan, R., Zhong, X., & Wang, T. (2013). Effect of dietary supplementation of curcumin on growth performance, intestinal morphology and nutrients utilization of broiler chicks. *Journal of Poultry Science*, 50(1), 44–52. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0120065>
- Rangsaz, N., & Ahangaran, M. G. (2011). Evaluation of turmeric extract on performance indices impressed by induced aflatoxicosis in broiler chickens. *Toxicology and Industrial Health*, 27(10), 956–960. <https://doi.org/10.1177/0748233711401262>
- Reshma, M. M., Aswathi, P. B., Beena, C. J., Jess, V., & Arun, K. (2024). Growth performance, serum biochemical parameters, serum corticosterone level and intestinal histomorphology in broiler chicken supplemented with *Kaempferia galanga* and *Curcuma longa*. *Indian Journal of Animal Sciences*, 94(7), 626–631. <https://doi.org/10.56093/ijans.v94i7.147105>

- Sadeghi, G. H., Karimi, A., Padidar Jahromi, S. H., Azizi, T., & Daneshmand, A. (2012). Effects of cinnamon, thyme and turmeric infusions on the performance and immune response in of 1- to 21-day-old male broilers. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola / Brazilian Journal of Poultry Science*, 14(1), 15–20. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000100003>
- Sahoo, N., Mishra, S. K., Swain, R. K., Acharya, A. P., Pattnaik, S., Sethy, K., & Sahoo, L. (2019). Effect of turmeric and ginger supplementation on immunity, antioxidant, liver enzyme activity, gut bacterial load and histopathology of broilers. *Indian Journal of Animal Sciences*, 89(7), 774–779.
- Santoso, U., Fenita, Y., Kususiyah, K., & Agustian, A. (2020). Effect of turmeric and garlic supplementation to fermented *Sauropus androgynus*-bay leaves containing diet on fat deposition and broiler meat composition. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 45(2), 91–102. <https://doi.org/10.14710/jitaa.45.2.91-102>
- Santoso, U., Kususiyah, K., & Suharyanto, S. (2015). The effect of *sauropus androgynus* leaves extract plus turmeric powder on fat deposition, carcass quality and blood profile in broilers fed low protein diets. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 40(2), 121–130. <https://doi.org/10.14710/jitaa.40.2.121-130>
- Seidavi, A., Tavakoli, M., Asroosh, F., Scanes, C. G., Abd El-Hack, M. E., Naiel, M. A. E., Taha, A. E., Aleya, L., El-Tarabily, K. A., & Swelum, A. A. (2021). Antioxidant and antimicrobial activities of phytonutrients as antibiotic substitutes in poultry feed. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–26.
- Seidavi, A., Tavakoli, M., Slozhenkina, M., Gorlov, I., Hashem, N. M., Asroosh, F., Taha, A. E., Abd El-Hack, M. E., & Swelum, A. A. (2021). The use of some plant-derived products as effective alternatives to antibiotic growth promoters in organic poultry production: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 47856–47868.
- Shivappa Nayaka, H. B., Umakantha, B., Wilfred Ruban, S., Murthy, H. N. N., & Narayanaswamy, H. D. (2012). Effect of neem, turmeric, vitamin e and their combinations on immune response in broilers. *Global Veterinaria*, 9(4), 486–489. <https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2012.9.4.65176>
- Sugiharto, S., Widiastuti, E., Pratama, A. R., Wahyuni, H. I., Yudiarti, T., & Sartono, T. A. (2021). Hematological and intestinal responses of broilers to dietary supplementations of lactic fermented turmeric, black pepper or a mixture of both. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 69(1), 101–110. <https://doi.org/10.11118/ACTAUN.2021.011>
- Utami, M. M. D., Dwiani, H. P., & Agus, A. (2020). Addition turmeric extract on ration to reduce fat deposit of broiler. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042090>
- Wang, D., Huang, H., Zhou, L., Li, W., Zhou, H., Hou, G., Liu, J., & Hu, L. (2015). Effects of dietary supplementation with turmeric rhizome extract on growth performance, carcass characteristics, antioxidant capability, and meat quality of wenchang broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 14(3), 344–349. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3870>
- Xu, D., Wang, X., Shi, W., & Bao, Y. (2024). *Lonicera flos* and *Curcuma longa* L. extracts improve growth performance, antioxidant capacity and immune response in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1388632>
- Yadav, S., Teng, P.-Y., Souza dos Santos, T., Gould, R. L., Craig, S. W., Lorraine Fuller, A., Pazdro, R., & Kim, W. K. (2020). The effects of different doses of curcumin compound on growth performance, antioxidant status, and gut health of broiler chickens

- challenged with *Eimeria* species. *Poultry Science*, 99(11), 5936–5945. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.046>
- Yarru, L. P., Settivari, R. S., Gowda, N. K. S., Antoniou, E., Ledoux, D. R., & Rottinghaus, G. E. (2009). Effects of turmeric (*curcuma longa*) on the expression of hepatic genes associated with biotransformation, antioxidant, and immune systems in broiler chicks fed aflatoxin. *Poultry Science*, 88(12), 2620–2627. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00204>
- Zhang, J. F., Bai, K. W., Su, W. P., Wang, A. A., Zhang, L. L., Huang, K. H., & Wang, T. (2018). Curcumin attenuates heat-stress-induced oxidant damage by simultaneous activation of GSH-related antioxidant enzymes and Nrf2-mediated phase II detoxifying enzyme systems in broiler chickens. *Poultry Science*, 97(4), 1209–1219. <https://doi.org/10.3382/ps/pex408>
- Zhang, J. F., Hu, Z. P., Lu, C. H., Yang, M. X., Zhang, L. L., & Wang, T. (2015). Dietary curcumin supplementation protects against heat-stress-impaired growth performance of broilers possibly through a mitochondrial pathway. *Journal of Animal Science*, 93(4), 1656–1665. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8244>
- Zhang, J., Hu, Z., Lu, C., Bai, K., Zhang, L., & Wang, T. (2015). Effect of Various Levels of Dietary Curcumin on Meat Quality and Antioxidant Profile of Breast Muscle in Broilers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(15), 3880–3886. <https://doi.org/10.1021/jf505889b>
- Zhang, J., Sun, X., Chai, X., Jiao, Y., Sun, J., Wang, S., Yu, H., & Feng, X. (2024). Curcumin Mitigates Oxidative Damage in Broiler Liver and Ileum Caused by Aflatoxin B1-Contaminated Feed through Nrf2 Signaling Pathway. *Animals*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/ani14030409>
- Zhu, J., & Liu, W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 123(1), 321–335.