



EFFECTO DE LA HARINA DE RIZOMA DE *CURCUMA LONGA* EN EL CRECIMIENTO E ÍNDICES DE SALUD DE POLLOS DE CEBA ALIMENTADOS CON GLUTAMATO MONOSÓDICO

EFFECT OF *CURCUMA LONGA* RHIZOME MEAL ON GROWTH AND HEALTH INDICES IN BROILERS FED MONOSODIUM GLUTAMATE

¹O.J. OLAROTIMI^{1*}, ²O.D. OLORUNTOLA², ³A.B. FALOWO², ¹F.A. GBORÉ¹, ³A.O. ADETUNJI³

¹Animal Physiology and Reproduction Unit, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Adekunle Ajasin University, P.M.B. 001, Akungba Akoko, Ondo State, Nigeria

²Animal Nutrition and Biochemistry Unit, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Adekunle Ajasin University, P.M.B. 001, Akungba Akoko, Ondo State, Nigeria

³Department of Agriculture, University of Arkansas at Pine Bluff, Pine Bluff, AR, United States

*Email: olumuyiwa.olarotimi@aaau.edu.ng

Se evaluó el impacto de la harina de rizoma de *Curcuma longa* en el mejoramiento de los efectos adversos del glutamato monosódico de la dieta en el crecimiento y salud de pollos de engorde, alimentados con este. Se distribuyeron al azar 200 pollos de un día de edad en cuatro dietas experimentales: dieta control (CON): dieta basal sin ningún suplemento, dieta con glutamato monosódico (GMS): dieta basal suplementada con 1.25 g de GMS por kg de alimento, dieta GMS + HRCL bajo (GMS-HRCLb): dieta basal que contiene 1.25 g de GMS y 1.25 g de HRCL por kg de alimento, y dieta GMS + HRCL alto (GMS-HRCLa): dieta basal que contiene 1.25 g de GMS y 2.50 g de HRCL por kg de alimento. La ganancia de peso promedio aumentó significativamente en los pollos alimentados con las dietas GMS, GMS-HRCLb y GMS-HRCLa, registrándose la mayor ganancia de peso promedio ($p < 0.05$) en los pollos alimentados con la dieta GMS-HRCLa. La tasa de crecimiento relativo no tuvo influencia significativa en todos los grupos de tratamiento ($p > 0.05$). Los pollos de engorde alimentados con GMS tuvieron tasas de vitalidad significativamente más bajas en comparación con otros grupos, mientras que aquellos con la dieta GMS-HRCLa mostraron la tasa de vitalidad más significativa ($p < 0.05$). La mayoría de los índices hematológicos y bioquímicos séricos tuvieron afectación en los pollos de engorde alimentados con GMS ($p < 0.05$). Las enzimas antioxidantes séricas se redujeron significativamente en los pollos de engorde con GMS ($p < 0.05$). Las concentraciones séricas de potasio y sodio no se afectaron con el GMS ($p > 0.05$), pero la concentración sérica de cloruro aumentó significativamente ($p < 0.05$). Se puede concluir que la suplementación de HRCL en las dietas mitigó eficazmente los efectos adversos del GMS al mejorar el crecimiento sin comprometer el estado de salud de los pollos de engorde.

The impact of *Curcuma longa* rhizome meal (CLRM) in ameliorating the adverse effects of dietary monosodium glutamate (MSG) on the growth and health of broilers fed dietary MSG was assessed. Two-hundred-day-old broilers were randomly distributed into four experimental diets: Control diet (CON): Basal diet without any supplementation; MSG diet (MSG): Basal diet supplemented with 1.25 g MSG per kg of feed; MSG + Low CLRM diet (MSG-LCLRM): Basal diet containing 1.25 g MSG and 1.25 g CLRM per kg of feed and MSG + High CLRM diet (MSG-HCLRM): Basal diet containing 1.25 g MSG and 2.50 g CLRM per kg of feed. The average weight gain (AWG) significantly increased in broilers fed diets MSG, MSG-LCLRM, and MSG-HCLRM, with the highest AWG ($p < 0.05$) recorded among broilers fed diet MSG-HCLRM. The relative growth rate was not significantly influenced across all treatment groups ($p > 0.05$). Broilers fed MSG had significantly lower vitality rates (VR) compared to other groups, while those on diet MSG-HCLRM exhibited the most significant VR ($p < 0.05$). Most hematological and serum biochemical indices were negatively impacted in broilers on MSG ($p < 0.05$). Serum antioxidant enzymes were significantly depressed in broilers on MSG ($p < 0.05$). Serum potassium and sodium concentrations were unaffected by MSG ($p > 0.05$), but serum chloride concentration increased significantly ($p < 0.05$). In conclusion, supplementation of CLRM in the diets effectively mitigated adverse effects of MSG by enhancing growth without compromising the health status of the broilers.

Palabras clave: cúrcuma, electrolitos sanguíneos, GMS, pollos, rendimiento

Keywords: blood electrolytes, chickens, MSG, performance, turmeric

Recibido: 09 de julio de 2025

Aceptado: 28 de octubre de 2025

Conflicto de intereses: Los autores de este estudio declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos

Declaración de Contribución de Autoría CRediT: Conceptualización, Investigación, Análisis formal, Redacción documento-original: O.J. Olarotimi. **Curación de datos:** O.D. Oloruntola, A.B. Falowo. **Redacción documento-original:** F.A. Gbore, A.O. Adetunji.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Introducción

El glutamato monosódico (GMS) como aditivo alimentario se ha utilizado generalmente durante décadas en las dietas tanto humanas como de ganado como potenciador del sabor (Olarotimi et al. 2023). Su uso como agente saborizante en la cocina para aumentar la palatabilidad y aceptación de los alimentos se ha enfatizado para ambos casos (Chung et al. 2022 y Yamamoto e Inui-Yamamoto 2023). El potencial del GMS para mejorar el consumo total de la dieta, el aumento de peso y la eficiencia del alimento en varias especies animales se han reportado con anterioridad (Olarotimi et al. 2023 y Soares et al. 2023). Por ejemplo, los pollos de engorde alimentados con 1.00 g/kg de GMS tuvieron aumento de peso y del consumo de alimento (Adetunji et al. 2019). En otro informe, la palatabilidad del alimento, el rendimiento del crecimiento, la producción de esperma y la eficiencia mejoraron significativamente en conejos alimentados con 0.25 g de GMS/kg de dieta, sin causar ningún desequilibrio fisiológico (Adu et al. 2022). De manera similar, se informó que la inclusión del 2 % de GMS en la dieta, tuvo efecto beneficioso en cerdas en gestación avanzada y sus cerditos en cuanto a ingesta de alimento, crecimiento y producción de leche (Li et al. 2024). La tendencia del GMS a mejorar la palatabilidad de los alimentos se vinculó directamente a su capacidad para estimular los centros sensoriales del gusto del animal, lo que resultó en un aumento de peso (Banerjee et al. 2021). Además, se ha reportado que el GMS es un aditivo alimentario auténtico que podría usarse para aprovechar el potencial inherente de los recursos alimenticios no convencionales que están subutilizados en la nutrición animal debido a su baja palatabilidad (Alimi et al. 2024).

En otro trabajo, se informó que una dosis de GMS mayor que 0.50 g/kg de dieta tiene consecuencias adversas en la fisiología general de los pollos, como insuficiencia renal, disfunción cardíaca, así como la generación de especies reactivas de oxígeno que provocan un desequilibrio redox (Olarotimi 2020). Se reportó que los potenciales reproductivos de ratas Wistar y gallos alimentados con dietas altas en GMS se afectaron, con una disminución notable en la espermatogénesis y la espermiogénesis (Oluwole et al. 2024 y Ruiz-Valderrama et al. 2025). Por lo tanto, el uso en exceso de GMS dietético genera diversos efectos negativos en los animales (Afolabi y Olagoke 2020). A pesar de estas percepciones negativas, se puede explorar el aspecto beneficioso del GMS mediante el uso de hierbas y especias como *Curcuma longa* (cúrcuma), que podrían mejorar los efectos negativos del GMS en los animales.

Curcuma longa se ha utilizado como colorante, aromatizante y especia en muchos alimentos. Se ha informado que *Curcuma longa* y sus extractos son una alternativa eficaz a los promotores de crecimiento antimicrobianos en la producción avícola (Aderemi y Alabi 2023). La curcumina,

componente bioactivo esencial, está presente en abundancia en *C. longa* y es responsable de sus acciones biológicas (El-Saadony et al. 2023). Se registró un aumento significativo en el consumo de alimento, ganancia de peso y relación de conversión alimenticia en pollos de ceba que recibieron un 0.9 % de polvo terapéutico de cúrcuma (Al-Muhammadawi y Jassim Hammoudi 2022). Jasim et al. (2024) demostraron que el polvo de *C. longa*, que se administró al 0.2 % en la dieta de gallinas ponedoras, redujo los perfiles lipídicos sanguíneos. Fuloria et al. (2022) demostraron que *C. longa* tiene potencial para la prevención de úlceras pépticas debido a la presencia de flavonoides y otros antioxidantes. Debido a las características destacadas de *C. longa* como verdadero antioxidante natural, podría tener la capacidad de mejorar el efecto negativo del GMS en pollos de ceba. Por lo tanto, este estudio investigó el potencial de la harina de rizoma de *C. longa* para mejorar los efectos del GMS dietético en el crecimiento e índices de salud de los pollos de ceba.

Materiales y Métodos

Preparación de materiales experimentales: Se obtuvieron rizomas frescos de *C. longa* de la sección de plantas y especias de la granja de enseñanza e investigación de la Universidad Adekunle Ajasin (Nigeria). Se limpiaron con agua fresca y fría a temperatura ambiente. Luego se dejaron escurrir y se picaron en trozos para facilitar un secado rápido al aire durante 14 días en una malla colocada a la sombra. Los pedazos ya secos se pulverizaron hasta convertirlos en polvo para elaborar la harina de rizoma de *C. longa* (HRCL), con el uso de una licuadora eléctrica [Bajaj, Modelo: Bravo Dlx Mixer Grinder (410175)], mientras que el GMS se obtuvo de una tienda reconocida.

Animales y diseño experimental: Se identificó una incubadora acreditada para suministrar 200 pollitos Arbor-Acres de ceba. El experimento se llevó a cabo en el Centro de Investigación Avícola de la Universidad Adekunle Ajasin, Nigeria. Se obtuvo la aprobación del Comité de Investigación y Ética de dicha universidad. Se pesaron los pollitos y se distribuyeron de manera aleatoria en 4 dietas experimentales: Dieta control (CON): dieta basal sin ningún suplemento; Dieta con GMS (GMS): dieta basal suplementada con 1.25 g de GMS por kg de alimento; Dieta con GMS + HRCL bajo (GMS -HRCLb): dieta basal que contiene 1.25 g de GMS y 1.25 g de HRCL por kg de alimento; y Dieta con GMS + HRCL alto (GMS -HRCLa): dieta basal que contiene 1.25 g de GMS y 2.50 g de HRCL por kg de alimento, en un diseño completamente aleatorizado. Los cuatro grupos de tratamiento tuvieron 5 repeticiones, y cada repetición contenía 10 pollos de ceba. Los pollitos recibieron dietas de iniciación durante la primera fase (3 semanas) y dietas de finalización durante la segunda fase (3 semanas) del estudio, con agua fresca *ad libitum*. Las dietas experimentales se muestran en la [tabla 1](#).

Table 1. Composición de la dieta basal para los pollos de ceba del experimento

Ingredientes (kg)	Iniciación (1 a 3 semanas)	Finalización (4 a 6 semanas)
Maíz	50	56
Despojos de trigo	5	6
Salvado de arroz	5	3
Harina de soya	30	27
Harina de pescado	5	3
Aceite de soya	1	1.5
Harina de hueso	2.5	2
Piedra caliza	0.5	0.5
Lisina	0.25	0.25
Metionina	0.3	0.25
Sal común	0.2	0.25
Premezcla mineral y vitamínica	0.25	0.25
Total	100	100
Nutrientes calculados		
EM (MJ/kg)	12.50	12.79
Proteína Cruda (%)	22.68	20.4
Grasa (%)	5.05	5.36
Calcio (%)	1.48	1.17
Fósforo (%)	0.69	0.55
Lisina (%)	1.51	1.35
Metionina (%)	0.68	0.58
Fibra Cruda (%)	4.40	4.18

Determinación del aumento promedio de peso y la tasa de crecimiento relativa de los pollos de ceba: Semanalmente, se registraron las ganancias medias de peso (GMP) de los pollos de ceba, con una balanza sensible. La GMG semanal se determinó como la proporción de la suma de las diferencias en los pesos al inicio y al final de cada semana respecto al número de pollos vivos por semana, según informe de [Adebayo et al. \(2020\)](#), y la tasa de crecimiento relativa (TCR) del pollo de ceba se calculó como ([Adebayo et al. 2020](#)):

$$RGR (\%) = \frac{\Delta W \times 100}{\frac{1}{2}(\Sigma W)}$$

$$\Delta W = W_2 - W_1$$

$$\Sigma W = W_2 + W_1$$

W_1 - peso vivo inicial de los pollos de ceba

W_2 - peso vivo final de los pollos de ceba

La tasa de viabilidad (TV) de los pollos del experimento se calculó como 100 menos el porcentaje de la tasa de mortalidad (TM) de los pollos de ceba experimentales ([Araujo et al. 2019](#)). La TM se calculó de la siguiente manera:

$$MR(\%) = \frac{I - E}{I} \times 100$$

donde:

I - Día 1 (inicio) población de pollos de ceba vivos

E - Día 56 (terminación) población de pollos de ceba vivos

Por tanto,

$$VR = (100 - MR) \%$$

Análisis de los componentes bioquímicos del suero: Las muestras de sangre de los frascos simples se dejaron reposar durante 12 minutos a temperatura ambiente y después se centrifugaron por diez minutos para obtener suero claro. La velocidad de la centrifugadora fue de 3000 rpm. El colesterol en suero ([Pesce y Bodourian 1976](#)), electrolitos como el catión sodio (Na^+), catión potasio (K^+) y anión cloruro (Cl^-) ([Külpmann 1992](#)), y la actividad de enzimas antioxidantes como catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) y glutatión peroxidasa (GSH-Px) ([Munteanu y Apetrei 2021](#)) se determinaron a partir del suero, con el uso de kits de ensayadisponibles comercialmente. Las enzimas hepáticas en el suero, como el aspartato aminotransferasa (AST) y la alanina aminotransferasa (ALT), las proteínas sanguíneas y los metabolitos como la globulina (GLB), proteína total (PT), la albúmina (ALB) y la creatinina, se evaluaron según lo descrito por [Tietz \(1995\)](#).

Determinación de parámetros hematológicos: El % de VCM (volumen corpuscular medio) y Hb (concentración de hemoglobina) se determinaron mediante los métodos de microhematocrito y cianometahemoglobina, respectivamente ([Santos et al. 2025](#)). Se utilizó un hemocitómetro para la determinación de glóbulos rojos (GR) y el conteo de glóbulos blancos (GB), como se describió previamente ([Santos et al. 2025](#)). El VCM (volumen corpuscular medio), HCM (hemoglobina corpuscular media) y CMHC (concentración media de hemoglobina corpuscular) se derivaron del VCM, GR y Hb según lo planteado por [Tazawa et al. \(2011\)](#). También se determinaron los diferenciales de leucocitos.

Análisis estadístico: Los datos recolectados se sometieron a análisis de varianza simple (ANOVA), con el uso de [SAS \(2008\)](#). Las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se compararon utilizando la prueba de Diferencia Significativa Honesta (HSD) de Tukey del mismo software, con un nivel de significación del 5 %.

Resultados y Discusión

Índices de crecimiento de pollos de ceba alimentados con GMS y harina de rizoma de Curcuma longa: La ganancia media de peso semanal (GMP), la tasa de crecimiento relativo (TCR) y la tasa de vitalidad (TV) de los pollos de ceba alimentados con alta inclusión de GMS y diferentes niveles

de harina de rizoma de *Curcuma longa* (HRCL) se muestran en la [tabla 2](#). Hubo una mejora estadísticamente significativa ($p<0.05$) en la GMP semanal de los pollos que recibieron GMS y los dos niveles de inclusión de HRCL, en comparación con el resultado registrado en los pollos del CON. Además, los pollos alimentados con GMS-HRCLa tuvieron una mejor GMP ($p<0.05$) que los alimentados con GMS. Aunque se observó un ligero aumento en la GMP de los pollos GMS-HRCLb en comparación con los de GMS, esto no fue sustancial ($p>0.05$). El TCR documentado para los pollos en todas las dietas fue similar ($p>0.05$). Hubo una disminución evidente ($p<0.05$) en la TV de los pollos de ceba alimentados con GMS, en comparación con los valores registrados en CON. Adicionalmente, se observó un aumento no significativo en la TV de los pollos de ceba con GMS -HRCLb, con respecto a aquellos con GMS. Las TV registradas para los pollos en CON y GMS - HRCLb fueron estadísticamente similares, aunque el valor fue mayor entre los pollos en CON. Sin embargo, los pollos alimentados con GMS -HRCLa presentaron una TV más alta ($p<0.05$) en comparación con los de todas las demás dietas, respectivamente.

Las ganancias significativas en la GMP semanal registradas en los pollos alimentados con las dietas GMS, GMS -HRCLb y GMS -HRCLa sugieren la capacidad del GMS para aumentar el peso en pollos de ceba. Algunos estudios previos también informaron sobre el potencial de aumento de peso del GMS dietético en animales de granja, especialmente los monogástricos ([Adu et al. 2022](#) y [Li et al. 2024](#)). Las mejores ganancias de peso observadas entre los pollos de las dietas GMS-HRCLb y GMS-HRCLa indicaron efectos complementarios de HRCL en la dieta tratada con GMS. Este estudio actual, en lo que respecta a la capacidad de HRCL para mejorar la GMP, está en concordancia con otras investigaciones, como las de [Al-Muhammadawi y Jassim Hammoudi \(2022\)](#), quienes destacaron el potencial del polvo de *C. longa* para mejorar el consumo de alimento significativo y la ganancia de peso en pollos de ceba, alimentados con una dieta que contenía hasta 4 g/kg de dicho polvo. Además, [Khodadadi et al. \(2021\)](#) también informaron que la inclusión de polvo de cúrcuma, con 5 g/kg de dieta, mejoró significativamente las ganancias de peso corporal de los pollos de ceba. Se ha identificado que los componentes bioactivos

de la cúrcuma, como la curcumina, la demetoxicurcumina y la bisdemetoxicurcumina, son responsables de sus acciones biológicas ([El-Saadony et al. 2023](#)).

Por lo tanto, la adición de HRCL en la proporción utilizada en este estudio conllevó a mejoras adicionales en la GMP semanal y esto podría estar relacionado con la acción de los compuestos polifenólicos inherentes al HRCL, los cuales han desempeñado una función moduladora en las enzimas gastrointestinales de los pollos y, por lo tanto, mejoraron la digestión, la disponibilidad de nutrientes y la ganancia de peso corporal de los pollos alimentados con dietas que contienen HRCL. Sin embargo, la disminución de la tasa de viabilidad observada entre los pollos de ceba alimentados con una dieta con GMS es indicio de un aumento significativo en el porcentaje de mortalidad de los pollos tratados con GMS. Esto respalda informes previos que señalan que una alta inclusión de GMS podría causar efectos negativos de gran alcance en los animales de granja, como fallo renal, problemas cardíacos, disminución de la espermatogénesis, aumento de anomalías en las células espermáticas, así como la inducción de estrés oxidativo y, en última instancia, una alta tasa de mortalidad ([Olarotimi 2020](#) y [Ruiz-Valderrama et al. 2025](#)). No obstante, el aumento en la tasa de viabilidad observado entre los pollos de ceba alimentados con HRCL, que significó una reducción del porcentaje de mortalidad de los pollos en las dietas GMS-HRCLb y GMS -HRCLa, destacó el potencial restaurador de la HRCL en los efectos adversos de una mayor inclusión de GMS como potenciador de sabor en la dieta de pollos. Por lo tanto, el presente estudio ha señalado que la tasa de inclusión adecuada de HRCL, como se observó en las dietas C y D, podría eliminar las preocupaciones negativas sobre el uso de GMS como potenciador de sabor en recursos alimenticios no convencionales, considerados no aptos para la dieta de aves debido a su baja palatabilidad, haciéndolos generalmente útiles y aceptables.

Parámetros hematológicos de pollos de ceba alimentados con GMS y harina de rizoma de Curcuma longa: Se observaron disminuciones ($p<0.05$) en los índices hematológicos como PCV, RBC y Hb ([tabla 3](#)) en los pollos de ceba de la dieta GMS en comparación con las dietas CON, GMS-HRCLb y GMS-HRCLa, respectivamente. Por otro lado, los niveles de MCV y MCH en los pollos de

Tabla 2. Índices de crecimiento de pollos de ceba alimentados con GMS y harina de rizoma de *Curcuma longa*

Indicadores	CON	GMS	GMS-HRCLb	GMS -HRCLa	±EEM	Valor de P
GMP (g)	214 ^a	296 ^b	335 ^{ab}	355 ^a	23.61	0.04
TCR (%)	194	190	193	194	0.73	1.12
TV (%)	77.8 ^b	44.4 ^c	67.8 ^b	94.4 ^a	9.36	0.01

Los valores son medias y EEM (Error Estándar de las Medias). Las medias en una fila sin un superíndice común difieren significativamente ($P<0.05$). GMP: Ganancia Media de Peso Semanal, TCR: Tasa de Crecimiento Relativa, TV: Tasa de Viabilidad, Dietas: CON (Control/Basal), GMS (Basal+1.25 g de GMS/kg de dieta), GMS -HRCLb (1.25 g GMS + 1.25 g HRCL/kg de dieta), GMS -HRCLa (1.25 g GMS + 2.50 g HRCL/kg de dieta).

ceba de la dieta CON se elevaron ($p<0.05$), mientras que la concentración de MCHC en todas las dietas de tratamiento permaneció sin cambios. Entre los conteos diferenciales de leucocitos estudiados, los linfocitos, heterófilos, eosinófilos y basófilos en los pollos de engorde de la dieta GMS se redujeron considerablemente ($p<0.05$) en comparación con los valores registrados por los pollos de todas las demás dietas experimentales, respectivamente. Sin embargo, las concentraciones de monocitos no se vieron afectadas ($p>0.05$) en los pollos de la dieta GMS. Además, todos los parámetros hematológicos estuvieron influenciados en los pollos alimentados con las dietas GMS-HRCLb y GMS-HRCLa en comparación con la dieta GMS. En algunos casos, los pollos con la dieta GMS -HRCLRa tuvieron mejores resultados (GR, Hb y linfocitos) que con las dietas CON y GMS -HRCLa, respectivamente.

El principal criterio para el diagnóstico crítico de enfermedades y la gestión de la salud de los animales de granja son los componentes hematológicos y bioquímicos de la sangre. Los efectos adversos de una alta inclusión de GMS para la salud fueron evidentes en el presente estudio por la disminución significativa de los parámetros hematológicos como hematocrito, glóbulos rojos, Hb, linfocitos, heterófilos, eosinófilos y basófilos. La reducción en el PCV podría resultar de la interferencia del GMS con los procesos fisiológicos. Esto podría, sin embargo, culminar en daño celular, falla en la producción de médula ósea o pérdida de sangre. A partir de este resultado, los pollos de la dieta con GSM estaban anémicos debido a la reducción de los valores medios de PCV, hemoglobina y glóbulos rojos registrados. El resultado del presente estudio no difirió de estudios previos en los que

la anemia y la generación de especies reactivas de oxígeno se encontraban entre los efectos hematológicos negativos registrados del GMS en animales (Thongsepee *et al.* 2022). Se han destacado las funciones de los heterófilos y basófilos en los mecanismos de defensa contra los microorganismos, sustancias venenosas y sustancias extrañas (Poto *et al.* 2023). Con las reducciones registradas en los leucocitos diferenciales en los pollos de ceba alimentados con dieta de GMS, se ha afectado el sistema inmunológico de los pollos para enfrentar cualquier invasión.

Por otra parte, también se registraron aumentos significativos en los recuentos de heterófilos y linfocitos en ratas Wistar alimentadas con altas inclusiones de GMS (Ati *et al.* 2025). Además, también se observó anemia macrocítica debido al aumento del VCM y HCM entre los pollos con la dieta de GMS. Esto evidencia que el GMS en la dieta condujo a una deficiencia de ácido fólico en los pollos. Sin embargo, se observaron tendencias restauradoras hacia la normalidad en los parámetros hematológicos afectados en los pollos alimentados con dietas GMS-HRCLb y GMS-HRCLa. Esta es una clara influencia de la inclusión de HRCL en el alimento.

Por lo tanto, se podría inferir que la HRCL, en estos niveles de inclusión, podría desempeñar un papel restaurador en los efectos negativos hematológicos causados por la inclusión de altas cantidades de GMS en dietas para pollos de ceba. Los resultados del presente estudio también respaldan los hallazgos de Hafez *et al.* (2025), donde se registraron mejoras significativas en las concentraciones de glóbulos rojos y blancos en pollos alimentados con 200 mg/kg de harina de cúrcuma. Aderemi y Alabi (2023) observaron igualmente

Tabla 3. Índices hematológicos de pollos de ceba alimentados con GMS y harina de rizoma de *Curcuma longa*

Indicadores	CON	GMS	GMS -HRCLb	GMS -HRCLa	±EEM	Valor de P
PCV (%)	29.20 ^b	20.40 ^c	30.40 ^b	32.40 ^{ab}	1.48	0.02
GR (x10 ⁶ mm ³)	2.14 ^b	1.24 ^c	2.03 ^a	1.95 ^a	0.09	0.02
CMHC (g/dL)	33.50	33.00	32.80	33.00	1.54	0.01
VCM (fL)	102.00 ^b	137.13 ^a	128.00 ^{ab}	110.00 ^b	7.45	0.00
HCM (pg)	37.22 ^b	47.71 ^a	36.18 ^b	34.10 ^b	2.48	0.04
Hemoglobina (g/dL)	9.72 ^b	5.12 ^c	10.10 ^{ab}	12.80 ^a	0.49	0.01
Linfocitos (%)	28.2 ^b	24.5 ^c	34.6 ^a	34.8 ^a	1.81	0.01
Monocitos (%)	2.03	2.13	2.09	2.16	0.15	0.23
Heterófilos (%)	28.30 ^b	21.30 ^c	31.15 ^a	29.30 ^{ab}	2.37	0.01
Eosinófilos (%)	2.83 ^a	2.13 ^c	2.11 ^b	2.93 ^a	0.24	0.02
Basófilos (%)	3.12 ^a	2.62 ^b	2.74 ^b	2.96 ^a	0.17	0.01

Los valores son medias y EEM (Error estándar de las medias). Las medias en una fila sin un superíndice común difieren significativamente ($P<0.05$). PCV: prueba de volumen corpuscular (hematocrito), GR: Glóbulos Rojos, CMHC: Concentración Media de Hemoglobina Corpuscular, VCM: Volumen Corpuscular Medio, HCM: Hemoglobina Corpuscular Media, Dietas: CON (Control/Basal), GMS (Basal + 1.25 g de GMS /kg de dieta), GMS -HRCLb (1.25 g de GMS + 1.25 g de HRCL/kg de dieta), GMS -HRCLa (1.25 g de GMS + 2.50 g de HRCL/kg de dieta).

que el polvo de cúrcuma aumentaba significativamente el porcentaje de linfocitos en pollos. La curcumina, componente bioactivo presente en el rizoma de cúrcuma, se ha señalado como responsable de esta mejora (Peng *et al.* 2023). Esto podría, por lo tanto, sugerir que los suplementos herbales son una solución viable para el efecto negativo del GMS en pollos de ceba.

Índices bioquímicos séricos de pollos de ceba alimentados con GMS y harina de rizoma de Curcuma longa: En el presente estudio, la dieta con GMS disminuyó significativamente ($p<0.05$) la albúmina, la globulina y los niveles de proteína total en la sangre de los pollos, en comparación con aquellos de la dieta control (tabla 4). Por el contrario, las concentraciones séricas de creatinina, colesterol y aspartato aminotransferasa se elevaron significativamente ($p<0.05$) en los pollos con dieta GMS, mientras que la concentración de alanina aminotransferasa permaneció sin cambios ($p>0.05$). La incorporación de varios niveles de HRCL en dietas tratadas con GMS aumentó significativamente ($p<0.05$) las concentraciones séricas de albúmina, globulina y proteína total en los pollos con dietas GMS-HRCLb y GMS - HRCLa en comparación con aquellos con dieta GMS sin inclusión de HRCL. Además, el aumento de las concentraciones séricas de creatinina, colesterol y AST observado en pollos alimentados con 1.25 g de GMS/kg de dieta se normalizó significativamente ($p<0.05$) en los pollos alimentados con dietas ricas en GMS con inclusión de 1.25 y 2.50 g de HRCL/kg.

El sitio de síntesis de proteínas es el hígado. Cualquier efecto adverso en este órgano afectará en consecuencia la concentración de proteínas séricas. Por lo tanto, las depresiones significativas registradas en las concentraciones de proteínas séricas entre los pollos de ceba alimentados con dieta GMS en este estudio sugieren el impacto negativo de la alta inclusión de GMS, tal como se utilizó, en la función normal del hígado y la síntesis de proteínas. Los resultados de la presente investigación se alinean con Abdulghani

et al. (2022) y Olarotimi y Adu (2022), quienes reportaron reducciones en las concentraciones de proteínas sanguíneas con niveles altos de inclusión de GMS. Las reducciones significativas observadas en las proteínas séricas en los pollos con dieta GMS indicaron una función hepática obstruida y, esencialmente, un trastorno de la síntesis de proteínas en el hígado (Banerjee *et al.* 2020). De manera similar, el daño a las células hepáticas también se vincula con un aumento significativo en las actividades de las enzimas séricas. La elevación significativa en la concentración de AST en los pollos de ceba alimentados con dieta de GMS indicó alteraciones en la función hepática (Abo Ghanima *et al.* 2023). El aumento significativo observado en el nivel de colesterol sérico entre los pollos alimentados con dieta de GMS coincidió con el informe de Moldovan *et al.* (2023). El nivel elevado de colesterol sérico fue un indicio de alteración en el metabolismo del colesterol y podría desencadenar enfermedades coronarias en los pollos de ceba (Kirkpatrick *et al.* 2023). Aparte de las proteínas séricas, las elevaciones significativas de creatinina, colesterol y aspartato aminotransferasa registradas en los pollos de la dieta de GMS reforzaron aún más la afirmación de que el GMS, en la inclusión utilizada en el presente estudio, podría ser perjudicial para los pollos de engorde. Uno de los indicadores utilizados para determinar la funcionalidad de un riñón sano es la concentración sérica de creatinina. Una falla en la capacidad del riñón para filtrar líquidos dentro del cuerpo se ha relacionado previamente con una elevación anormal de la creatinina sérica (Gounden *et al.* 2022). Abdou *et al.* (2025) también observaron un aumento en la concentración de creatinina en sangre de ratas adultas a las que se les administró un alto nivel de GMS. Se podría inferir que la alta inclusión de GMS, como la utilizada en este estudio, tiene el potencial de predisponer a los pollos de ceba a un deterioro renal.

Sin embargo, los efectos restauradores de la HRCL fueron notables entre los pollos con dietas GMS-HRCLb y GMS-HRCLa, donde las concentraciones de proteínas mejoraron

Tabla 4. Índices bioquímicos del Suero de pollos de ceba alimentados con GMS y harina de rizoma de *Curcuma longa*

Indicadores	CON	GMS	GMS - HRCLb	GMS - HRCLa	±EEM	Valor de P
Proteína Total (g/dL)	55.60 ^b	51.59 ^c	59.91 ^{ab}	63.40 ^a	2.71	0.03
Albumina (g/dL)	13.02 ^b	10.79 ^c	13.30 ^b	14.60 ^a	0.68	0.01
Globulina (g/dL)	42.58 ^b	40.80 ^c	46.61 ^a	48.80 ^a	2.05	0.01
Creatinina (μmol/L)	22.30 ^c	33.90 ^a	27.60 ^b	22.90 ^c	1.83	0.02
Colesterol (μmol/L)	3.02 ^b	4.90 ^a	3.41 ^b	2.77 ^c	0.16	0.01
Aspartato aminotransferasa (UI/L)	121.00 ^b	146.00 ^a	82.80 ^c	116.00 ^b	5.41	0.01
Alanina aminotransferasa (UI/L)	78.7	76.3	70.9	82.0	3.56	0.56

Los valores son medias y EEM (Error estándar de la media). Las medias en una fila sin un superíndice común difieren significativamente ($P<0.05$). Dietas: CON (Control/Basal), GMS (Basal+1.25 g de GMS /kg de dieta), GMS -HRCLb (1.25 g de GMS + 1.25 g de HRCL/kg de dieta), GMS -HRCLa (1.25 g de GMS + 2.50 g de HRCL/kg de dieta).

significativamente en comparación con aquellos de la dieta GMS. De hecho, la inclusión de 2.50 g de HRCL/kg de dieta aumentó la síntesis de proteínas en el hígado más que lo observado en los pollos con dieta CON. Los resultados de la presente investigación confirmaron los de [Tuong et al. \(2023\)](#) acerca de los efectos mejoradores del polvo de cúrcuma en las concentraciones de proteínas séricas. [Abdou et al. \(2025\)](#), [Kunnumakkara et al. \(2023\)](#) así como [Olarotimi y Adu \(2022\)](#) también informaron previamente sobre los efectos positivos de la cúrcuma en los perfiles de proteínas sanguíneas. Además, los niveles de inclusión de HRCL utilizados en el estudio también redujeron los efectos negativos del alto GMS en las enzimas séricas y el contenido de colesterol en los pollos en las dietas GMS-HRCLb y GMS-HRCLa. Los contenidos de curcumina en la cúrcuma, que son compuestos polifenólicos muy efectivos, son los responsables de esto. Se conoce que la curcumina es capaz de eliminar los radicales libres inducidos por GMS y de proteger las células del estrés oxidativo.

Enzimas antioxidantes séricas y electrolitos de pollos de engorde alimentados con GMS y harina de rizoma de Curcuma longa: La [tabla 5](#) presenta los hallazgos sobre las actividades de las enzimas antioxidantes séricas y el equilibrio de electrolitos en pollos de ceba alimentados con dietas con alta inclusión de GMS, con y sin HRCL. Los pollos alimentados con la dieta GMS mostraron reducciones significativas ($p<0.05$) en la actividad de las enzimas antioxidantes séricas (catalasa, glutatión peroxidasa y superóxido dismutasa) en comparación con los que recibieron las dietas de control. Sin embargo, la adición de HRCL aumentó significativamente ($p<0.05$) las concentraciones séricas de todas las enzimas antioxidantes en comparación con los pollos con dieta GMS. Entre los pollos con dietas GMS-HRCLb y GMS-HRCLa, las concentraciones de SOD y catalasa sérica fueron estadísticamente ($p>0.05$) similares a las de la dieta GMS-HRCLb, excepto para GSH-Px, donde las concentraciones en la dieta GMS-

HRCLa fueron significativamente ($p<0.05$) mayores. Con respecto al equilibrio de electrolitos, la dieta con GMS elevó significativamente ($p<0.05$) la concentración sérica de cloruro, mientras que no hubo influencia estadísticamente significativa ($p>0.05$) en los niveles de Na^+ y K^+ en sangre. Sin embargo, las dietas GMS-HRCLb y GMS-HRCLa disminuyeron significativamente ($p<0.05$) el nivel elevado de Cl^- en sangre observado en pollos alimentados con dieta GMS.

La reducción significativa de enzimas antioxidantes séricas de los pollos de ceba con dieta GMS evidentemente confirmaron las afirmaciones de que mayor inclusión de GMS en la dieta de los pollos podría promover la producción de especies reactivas de oxígeno, sometiendo así a los pollos al estrés oxidativo. Los resultados de la presente investigación también coincidieron con [Olarotimi \(2020\)](#). La cantidad elevada de enzimas antioxidantes en las dietas GMS-HRCLb y GMS-HRCLa demostró, además, la capacidad restauradora de los radicales libres de la harina de cúrcuma con los niveles de inclusión utilizados en este estudio. Este resultado concuerda con [Peng et al. \(2021\)](#), quienes informaron sobre la capacidad antioxidante del polvo de cúrcuma en las enzimas antioxidantes séricas y opinaron que la curcumina podría utilizarse como agente antiinflamatorio.

Además, el aumento del nivel sérico de Cl^- en los pollos de ceba alimentados con dieta de GMS demostró que el GMS es lo suficientemente potente como para inducir hipercloremia. Los resultados de la actual investigación difirieron de los de [Abdou et al. \(2025\)](#), quienes reportaron concentraciones más altas de potasio y sodio en suero en ratas tratadas con GMS, en comparación con los controles. En otro estudio, [Banerjee et al. \(2021\)](#) registraron un aumento de electrolitos en sangre en ratas alimentadas con altas cantidades de GMS. Sin embargo, los resultados del presente estudio fueron consistentes con los de [Macho et al. \(2000\)](#) y [Moldovan et al. \(2023\)](#), ya que ellos opinaron que el GMS no altera las concentraciones séricas de potasio y sodio. Se ha identificado al cloruro como uno de los

Tabla 5. Enzimas antioxidantes y equilibrio de electrolitos en pollos de ceba alimentados con GMS y harina de rizoma de *Curcuma longa*

Indicadores	CON	GMS	GMS-HRCLb	GMS-HRCLa	±SEM	Valor de P
<i>Enzimas Antioxidantes Séricas</i>						
Catalasa (mM/mL/min)	12.5 ^b	7.24 ^d	19.57 ^a	20.69 ^a	0.54	0.01
Glutatión peroxidasa (µg/g)	220 ^b	125 ^c	225 ^b	365 ^a	11.9	0.01
Superóxido dismutasa (%)	67.51 ^b	50.50 ^c	80.22 ^a	86.00 ^a	3.58	0.01
<i>Balance de Electrolitos Séricos</i>						
Potasio (K^+) (mmol/L)	4.59	4.71	4.30	4.87	0.21	0.12
Cloruro (Cl^-) (mmol/L)	97.20 ^{bc}	116.00 ^a	106.00 ^b	89.80 ^c	4.59	0.01
Sodio (Na^+) (mmol/L)	128	129	120	139	6.03	0.23

Los valores son medias y EEM (Error estándar de la media). Las medias en una fila sin un superíndice común difieren significativamente ($P<0.05$). Dietas: CON (Control/Basal), GMS (Basal+1.25 g de GMS /kg de dieta), GMS -HRCLb (1.25 g de GMS + 1.25 g de HRCL/kg de dieta), GMS -HRCLa (1.25 g de GMS + 2.50 g de HRCL/kg de dieta).

electrolitos utilizados para supervisar algunas enfermedades. A partir de nuestro resultado, se podría decir que los pollos de engorde con dieta de GMS estaban ampliamente expuestos a la incidencia de un desequilibrio ácido o de líquidos (acidosis metabólica).

Algunos de los síntomas incluyen: diarrea, fatiga, debilidad, deshidratación y dificultad para respirar, los cuales se observaron en los pollos con dieta de GMS. Los beneficios de la cúrcuma para la salud como agente antiinflamatorio, antioxidante y anticancerígeno (Shamsi-Goushki et al. 2020) se fortalecieron aún más con los resultados del actual estudio, que indicaron claramente los efectos restauradores de la HRCL en las concentraciones séricas de cloruro de los pollos de ceba en las dietas GMS- HRCLb y GMS-HRCLa.

Conclusiones

A partir del presente estudio, por lo tanto, se podría llegar a la conclusión de que la inclusión de GMS con HRCL en las dietas es una estrategia nutricional para mejorar la palatabilidad del alimento de los pollos de ceba sin comprometer su crecimiento y estado de salud. La dieta que contiene 2.50 g de HRCL/kg de dieta proporcionó un mejor crecimiento y una tasa de viabilidad cuando se alimentó a pollos de ceba. Por lo tanto, para proteger la salud y favorecer un crecimiento óptimo de estos animales frente a los radicales libres que pueden generarse por altas inclusiones de GMS en la dieta, se recomienda la suplementación con 2.5 g/kg de harina de rizoma de *Curcuma longa*.

Referencias

- Abdou, H.M., El-Gendy, A.H., Aly, R.G., Abouzied, M.M., Eltahir, H.M., Al Thagfan, S.S. & Eweda, S.M. 2025. Evaluation of the effects of monosodium glutamate overconsumption on the functions of the liver, kidney, and heart of male rats: The involvement of dyslipidemia, oxidative stress, and inflammatory responses. *Journal of Xenobiotics*, 15(3): 64, ISSN: 2039-4713. <https://doi.org/10.3390/jox15030064>.
- Abdulghani, M.A.M., Alshehade, S.A., Kamran, S. & Alshawsh, M.A. 2022. Effect of monosodium glutamate on serum sex hormones and uterine histology in female rats along with its molecular docking and in-silico toxicity. *Heliyon*, 8(10): e10967, ISSN: 2405-8440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10967>.
- Abo Ghanima, M.M., Abd El-Hack, M.E., Al-Otaibi, A.M., Nasr, S., Almohmadi, N.H., Taha, A.E., Jaremko, M. & El-Kasrawy, N.I. 2023. Growth performance, liver and kidney functions, blood hormonal profile, and economic efficiency of broilers fed different levels of threonine supplementation during feed restriction. *Poultry Science*, 102(8): 102796, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102796>.
- Adebayo, F.B., Adu, O.A., Chineke, C.A., Oloruntola, O.D., Omoleye, O.S., Adeyeye, S.A. & Ayodele, S.O. 2020. Performance and haematological indices of broiler chickens fed chromium picolinate and vitamin C supplemented diets. *Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences*, 6(4): 54-61, ISSN: 2333-9721.
- Aderemi, F.A. & Alabi, O.M. 2023. Turmeric (*Curcuma longa*): An alternative to antibiotics in poultry nutrition. *Translation Animal Science*, 7(1): txad133, ISSN: 2573-2102. <https://doi.org/10.1093/tas/txad133>.
- Adetunji, A.O., Olarotimi, O.J., Adu, O.A., Oladeji, I.S. & Onibi, G.E. 2019. Meat quality and consumer acceptability of broiler chickens fed different levels of monosodium glutamate (MSG). *Journal of Poultry Research*, 16(1): 1-6, ISSN: 1302-3209. <https://doi.org/10.34233/jpr.483081>.
- Adu, O.A., Olarotimi, O.J. & Chineke, C.A. 2022. Performance, haemato-biochemical and reproductive potential indices of New Zealand White and Dutch Belted rabbit bucks fed diets containing monosodium glutamate. *World Rabbit Science*, 30: 35-46, ISSN: 1989-8886.
- Afolabi, B.A. & Olagoke, O.C. 2020. High concentration of MSG alters antioxidant defence system in lobster cockroach *Nauphoeta cinerea* (Blattodea: Blaberidae). *BMC Research Notes*, 13: 217, ISSN: 1756-0500. <https://doi.org/10.1186/s13104-020-05056-8>.
- Alimi, N., Assani, A.S., Sanni Worogo, S.H., Baco, M.N. & Traoré, I.A. 2024. Livestock feed resources used as alternatives during feed shortages and their impact on the environment and ruminant performance in West Africa: A systematic review. *Frontiers in Veterinary Science*, 11: 1352235, ISSN: 2297-1769. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1352235>.
- Al-Muhammadawi, N.A. & Jassim Hammoudi, S. 2022. Effect of adding different levels of therapeutic *Curcuma* on productive traits in broiler chickens. *Archives of Razi Institute*, 77(6): 2059-2064, ISSN: 2008-9872. <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.358198.2177>.
- Araujo, R.G.A.C., Polycarpo, G.V., Barbieri, A., Silva, K.M., Ventura, G. & Polycarpo, V.C.C. 2019. Performance and economic viability of broiler chickens fed with probiotic and organic acids in an attempt to replace growth-promoting antibiotics. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(2): 1-7, ISSN: 1806-9061. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0912>.
- Ati, U.B., Atangwho, I.J. & Itam, E.H. 2025. Effect of monosodium glutamate on selected tissue lipids and haematology of neonatal and adult Wistar rats. *Journal of Biochemical Technology*, 16(1): 1-8, ISSN: 0974-2328. <https://doi.org/10.51847/88vnUSGDHJ>.
- Banerjee, A., Das, D., Paul, R., Roy, S., Das, U., Saha, S., Dey, S., Adhikary, A., Mukherjee, S. & Maji, B.K. 2020. Mechanistic study of attenuation of monosodium glutamate mixed high lipid diet induced

- systemic damage in rats by *Coccinia grandis*. *Scientific Reports*, 10(1): 15443, ISSN: 2045-2322. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72076-6>.
- Banerjee, A., Mukherjee, S. & Maji, B. K. 2021. Worldwide flavor enhancer monosodium glutamate combined with high lipid diet provokes metabolic alterations and systemic anomalies: An overview. *Toxicology Reports*, 8: 938-961, ISSN: 2214-7500. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.04.009>.
- Chung, Y., Yu, D., Kwak, H.S., Park, S.-S., Shin, E.-C. & Lee, Y. 2022. Effect of monosodium glutamate on salt and sugar content reduction in cooked foods for the sensory characteristics and consumer acceptability. *Foods*, 11(16): 2512, ISSN: 2304-8158. <https://doi.org/10.3390/foods11162512>.
- El-Saadony, M.T., Yang, T., Korma, S.A., Sitohy, M., Abd El-Mageed, T.A., Selim, S., Al Jaouni, S.K., Salem, H.M., Mahmmoud, Y., Soliman, S.M., Mo'men, S.A.A., Mosa, W.F.A., El-Wafai, N.A., Abou-Aly, H.E., Sitohy, B., Abd El-Hack, M.E., El-Tarabily, K.A. & Saad, A.M. 2023. Impacts of turmeric and its principal bioactive curcumin on human health: Pharmaceutical, medicinal, and food applications: A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition*, 9: 1040259, ISSN: 2296-861X. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1040259>.
- Fuloria, S., Mehta, J., Chandel, A., Sekar, M., Rani, N.N.I.M., Begum, M.Y., Subramanian, V., Chidambaram, K., Thangavelu, L., Nordin, R., Wu, Y.S., Sathasivam, K.V., Lum, P.T., Meenakshi, D.U., Kumarasamy, V., Azad, A.K. & Fuloria, N. K. 2022. A comprehensive review on the therapeutic potential of *Curcuma longa* Linn. in relation to its major active constituent curcumin. *Frontiers in Pharmacology*, 13: 820806, ISSN: 1663-9812. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.820806>.
- Gounden, V., Bhatt, H. & Jialal, I. 2022. Renal Function Tests. [Online]. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507821/>. [Consulted: January 21, 2025].
- Hafez, M.H., El-Kazaz, S.E., Alharthi, B., Ghamry, H.I., Alshehri, M.A., Sayed, S., Shukry, M. & El-Sayed, Y.S. 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): 958, ISSN: 2076-2615. <https://doi.org/10.3390/ani12080958>.
- Jasim, S.A., Al-Dhalimy, A.M.B., Zokaei, M., Salimi, S., Alnajjar, M.J., Kumar, A., Alwaily, E.R., Zwamel, A.H., Hussein, S.A. & Gholami-Ahangaran, M. 2024. The beneficial application of turmeric (*Curcuma longa* L.) on health and egg production, in layers: A review. *Veterinary Medicine and Science*, 10(6): e70115, ISSN: 2053-1095. <https://doi.org/10.1002/vms3.70115>.
- Khodadadi, M., Sheikhi, N., Haghibin N.H. & Nikbakht B.G. 2021. Effects of dietary turmeric (*Curcuma longa*) on innate and acquired immune responses in broiler chicken. *Veterinary and Animal Science*, 14: 100213, ISSN: 2451-943X. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100213>.
- Kirkpatrick, C.F., Sikand, G., Petersen, K.S., Anderson, C.A.M., Aspary, K.E., Bolick, J.P., Kris-Etherton, P.M. & Maki, K.C. 2023. Nutrition interventions for adults with dyslipidemia: A clinical perspective from the National Lipid Association. *Journal of Clinical Lipidology*, 17(4): 428-451, ISSN: 1933-2874. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2023.05.099>.
- Külpmann, W.R. 1992. Bestimmung von Elektrolyten im Serum und Serumwasser [Determination of electrolytes in serum and plasma]. *Wiener Klinische Wochenschrift Suppl.*, 192: 37-41, ISSN: 1613-7671.
- Kunnumakkara, A.B., Hegde, M., Parama, D., Girisa, S., Kumar, A., Daimary, U.D., Garodia, P., Yeniseti, S.C., Oommen, O.V. & Aggarwal, B.B. 2023. Role of turmeric and curcumin in prevention and treatment of chronic diseases: Lessons learned from clinical trials. *ACS Pharmacology & Translational Science*, 6(4): 447-518, ISSN: 2575-9108. <https://doi.org/10.1021/acspsci.2c00012>.
- Li, T.X. & Kim, I.H. 2024. Supplementing monosodium glutamate in sow diets enhances reproductive performance in lactating sows and improves the growth of suckling piglets. *Animals*, 14(12): 1714, ISSN: 2076-2615. <https://doi.org/10.3390/ani14121714>.
- Macho, L., Ficková, M., Jezová, Z. & Zórad, S. 2000. Late effects of postnatal administration of monosodium glutamate on insulin action in adult rats. *Physiological Research*, 49(1): S79-S85, ISSN: 1802-9973. <https://pubmed.ncbi.nlm.gov>.
- Moldovan, O.L., Vari, C.E., Tero-Vescan, A., Cotoi, O.S., Cocuz, I.G., Tabaran, F.A., Pop, R., Fülöp, I., Chis, R.F., Lungu, I.A. & Rusu, A. 2023. Potential defence mechanisms triggered by monosodium glutamate sub-chronic consumption in two-year-old. Wistar rats. *Nutrients*, 15(20): 4436, ISSN: 2072-6643. <https://doi.org/10.3390/nu15204436>.
- Munteanu, I.G. & Apetrei, C. 2021. Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7): 3380, ISSN: 1422-0067. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>.
- Olarotimi, O.J. 2020. Serum electrolyte balance and antioxidant status of broiler chickens fed diets containing varied levels of monosodium glutamate (MSG). *Bulletin of the National Research Centre*, 44(103): 1-7, ISSN: 2522-8307. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00360-6>.
- Olarotimi, O.J. & Adu, O.A. 2022. Growth performance, blood indices and hormonal responses of broiler chickens fed monosodium glutamate. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 12(2): 341-352, ISSN: 2251-631X. <https://doi.org/10.20.1001.1.2251628.2022.12.2.14.5>.

- Olarotimi, O.J., Gbore, F.A., Adu, O.A., Jimoh, O.A., Abe, O.S., Ayankoso, M.T. & Adeniran, C.O. 2023. Relative growth, blood profiles, antioxidant status and electrolyte balance of broilers fed high monosodium glutamate supplemented with ginger (*Zingiber Officinale*) meal. *Thai Journal of Agricultural Science*, 56(2): 88-101, ISSN: 2697-4762. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/TJAS>.
- Oluwole, D.T., Ebiwonjumi, O.S., Ajayi, L.O., Alabi, O.D., Amos, V., Akanbi, G., Adeyemi, W.J. & Ajayi, A.F. 2024. Disruptive consequences of monosodium glutamate on male reproductive function: A review. *Current Research in Toxicology*, 6: 100148, ISSN: 2666-027X. <https://doi.org/10.1016/j.crttox.2024.100148>.
- Peng, Y., Ao, M., Dong, B., Jiang, Y., Yu, L., Chen, Z., Hu, C. & Xu, R. 2021. Anti-inflammatory effects of curcumin in the inflammatory diseases: Status, limitations and countermeasures. *Drug Design, Development and Therapy*, 15: 4503-4525, ISSN: 1177-8881. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S327378>.
- Pesce, M.A. & Bodourian, S.H. 1976. Enzymatic rate method for measuring cholesterol in serum. *Clinical Chemistry*, 22(12): 2042-2045, ISSN: 1530-8561.
- Poto, R., Loffredo, S., Marone, G., Di Salvatore, A., de Paulis, A., Schroeder, J.T. & Varricchi, G. 2023. Basophils beyond allergic and parasitic diseases. *Frontiers in Immunology*, 14: 1190034, ISSN: 1664-3224. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1190034>.
- Ruiz-Valderrama, L., Mendoza-Sánchez, J.E., Rodríguez-Tobón, E., Arrieta-Cruz, I., González-Márquez, H., Salame-Méndez, P.A., Tarragó-Castellanos, R., Cortés-Barberena, E., Rodríguez-Tobón, A. & Arenas-Ríos, E. 2025. High-fat diets disturb rat epididymal sperm maturation. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(5): 1850, ISSN: 1422-0067. <https://doi.org/10.3390/ijms26051850>.
- Santos, L.C.P., Werfel, K. & Ferlini-Agne, G. 2025. Haemoglobin concentration measurement agreement obtained from three different devices in anaesthetised horses. *Veterinary Journal*, 313: 106394, ISSN: 1532-2971. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2025.106394>.
- SAS. 2008. Statistical Analysis System. *SAS/STAT User's Guide*, Version 9.2 for Windows. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Shamsi-Goushki, A., Mortazavi, Z., Mirshekar, M.A., Mohammadi, M., Moradi-Kor, N., Jafari-Maskouni, S. & Shahraki, M. 2020. Comparative effects of curcumin versus nano-curcumin on insulin resistance, serum levels of apelin and lipid profile in type 2 diabetic rats. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 13: 2337-2346, ISSN: 1178-7007. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S247351>.
- Soares, A.C.S., Alves, J.P.M., Fernandes, C.C.L., Silva, M.R.L., Conde, A.J.H., Teixeira, D.Í.A. & Rondina, D. 2023. Use of monosodium-glutamate as a novel dietary supplement strategy for ovarian stimulation in goats. *Animal Reproduction*, 20(3): e20230094, ISSN: 1984-3143. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0094>.
- Tazawa, H., Andrewartha, S. J., & Burggren, W. W. 2011. Development of hematological respiratory variables in late chicken embryos: the relative importance of incubation time and embryo mass. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*, 159(3): 225-233, ISSN: 1531-4332. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2011.02.024>.
- Thongsepee, N., Martviset, P., Chantree, P., Sornchuer, P., Sangpairaj, K., Prathaphan, P., Ruangtong, J. & Hiranyachattada, S. 2022. Daily consumption of monosodium glutamate pronounced hypertension and altered renal excretory function in normotensive and hypertensive rats. *Heliyon*, 8(10): e10972, ISSN: 2405-8440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10972>.
- Tietz, N.W. 1995. Clinical guide to laboratory tests. WB Saunders, Philadelphia, PA, USA.
- Tuong, D.T.C., Moniruzzaman, M., Smirnova, E., Chin, S., Sureshbabu, A., Karthikeyan, A. & Min, T. 2023. Curcumin as a potential antioxidant in stress regulation of terrestrial, avian, and aquatic animals: A review. *Antioxidants (Basel)*, 12(9): 1700, ISSN: 2076-3921. <https://doi.org/10.3390/antiox12091700>.
- Yamamoto, T. & Inui-Yamamoto, C. 2023. The flavor-enhancing action of glutamate and its mechanism involving the notion of kokumi. *NPJ Science of Food*, 7(1): 1-3, ISSN: 2396-8370. <https://doi.org/10.1038/s41538-023-00178-2>.