

Suplementación dietaria con extracto etanólico de residuos de mango (*Mangifera indica*) sobre el rendimiento en postura, calidad de huevo y composición de ácidos grasos de la yema en gallinas ponedoras criollas y Novogen Brown

Dietary supplementation with ethanolic extract of mango (*Mangifera indica*) residues on laying performance, egg quality and yolk fatty acid composition in Creole and Novogen Brown laying hens

Manuel Paredes^{1*}, Lincol Tafur¹, Raúl Cáceres¹, Luis Vilela¹

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación dietética con extracto etanólico de residuos de mango (EERM) en dos genotipos de gallinas sobre la producción de huevos, calidad del huevo, composición nutricional y perfil de ácidos grasos de la yema. Durante 12 semanas, 200 gallinas ponedoras de 30 semanas de edad fueron asignadas aleatoriamente a 10 tratamientos dispuestos en un diseño factorial 2 x 5 (2 genotipos, Criolla y Novogen Brown y 5 niveles de EERM [0, 500, 1000, 1500 y 2000 ppm]). El EERM en 2000 ppm maximizó el rendimiento, altura de la albúmina, unidad Haugh y el amarillamiento de la yema. Los huevos de la gallina criolla presentaron mayores proporciones de grasa y ceniza. El EERM no provocó cambios en la humedad, proteína, grasa, ceniza o carbohidratos del huevo. El perfil de ácidos grasos en la yema de huevo de gallinas criollas mostró mayores cantidades de ácidos docosahexaenoico (DHA) y ω -3 totales, con una mejor relación ω -6/ ω -3. El EERM en dosis de 1500 y 2000 ppm provocó una mejor relación ω -6/ ω -3. En conclusión, el EERM en la dieta de gallinas podría estimular la producción de huevos funcionales para consumo humano.

Palabras clave: residuos de mango, gallina ponedora, desempeño productivo, calidad de huevo

¹ Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

* Autor para correspondencia: Manuel Paredes; mparedes@unc.edu.pe

Recibido: 21 de febrero de 2025

Aceptado para publicación: 24 de septiembre de 2025

Publicado: 19 de diciembre de 2025

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

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of dietary supplementation with ethanolic extract of mango residues (EERM) in two genotypes of hens on egg production, egg quality, nutritional composition, and yolk fatty acid profile. For 12 weeks, 200 30-week-old laying hens were randomly assigned to 10 treatments arranged in a 2×5 factorial design (2 genotypes, Creole and Novogen Brown, and 5 levels of EERM [0, 500, 1000, 1500, and 2000 ppm]). EERM at 2000 ppm maximized yield, albumen height, Haugh unit, and yolk yellowness. Eggs from the Criolla hen presented higher proportions of fat and ash. EERM did not cause changes in egg moisture, protein, fat, ash, or carbohydrates. The fatty acid profile in the egg yolk of free-range hens showed higher amounts of docosahexaenoic acid (DHA) and total ω -3, with an improved ω -6/ ω -3 ratio. The MMRE at doses of 1500 and 2000 ppm resulted in an improved ω -6/ ω -3 ratio. In conclusion, MMRE in the diet of hens could stimulate the production of functional eggs for human consumption.

Keywords: mango residues, laying hen, productive performance, egg quality

INTRODUCCIÓN

El procesamiento de la fruta de mango (*Mangifera indica* L.) genera cáscaras y semillas como biorresiduos ricos en componentes funcionales de importancia nutracéutica (Lebaka *et al.*, 2021). La cáscara del mango es una buena fuente de polifenoles, carotenoides, fibra dietética y vitamina E, y las semillas son igualmente ricas en polifenoles con una potente actividad antioxidante (Lauricella *et al.*, 2017). Se han identificado hasta 41 metabolitos en las semillas del mango como componentes pertenecientes a azúcares, ácidos grasos, ésteres, aminoácidos y alcoholes de azúcar (El-Shabasy *et al.*, 2024). Asimismo, se reporta actividad antimicrobiana de algunos compuestos químicos del fruto de mango para su posible uso en la industria farmacéutica (Alaiya y Odiniyi *et al.*, 2023). Consecuentemente, los residuos de mango tendrían un valor económico potencial en los sectores de la nutrición y medicina.

Entre tanto, la industria avícola, sector importante en la producción de alimentos proteicos para la nutrición humana, requiere

evaluar e introducir nuevas fuentes alternativas y orgánicas para sustituir los ingredientes tradicionales utilizados en los piensos de las aves (Azizollahi *et al.*, 2024). Paralelamente, la avicultura actual utiliza gallinas ponedoras de mayor productividad y alta tasa metabólica, muy sensibles a los impactos negativos de tipo alimentario y condiciones de estrés causado por especies reactivas a oxígeno y nitrógeno, que promueven peroxidación lipídica, degradación de proteínas, daños en ácidos nucleicos y mitocondrias, lo cual disminuye la producción de huevos (Mohammadsadeghi *et al.*, 2023). Por tal razón, es de sumo interés evaluar la accesibilidad biológica y eficacia de nuevos ingredientes como el obtenido de las semillas y cáscaras de mango, considerando que, todo ingrediente nutracéutico es importante para potenciar dietas que satisfagan eficazmente los requerimientos nutricionales de las aves, con sostenibilidad económica y ecológica en el sector de producción de huevos de aves de corral (Abouelezz *et al.*, 2022).

Al respecto, se han determinado diversas propiedades del extracto etanólico de residuos de mango (EERM) en pollos de engorde. Freitas *et al.* (2015) determinó que, el

EERM agregado a la dieta reduce la oxidación lipídica y mantiene el color de la carne de la pechuga durante el almacenamiento, siendo el EERM a 400 ppm la dosis más eficaz. Del mismo modo, la adición de EERM en la dieta a razón de 1000 ppm redujo el oscurecimiento de la carne que caracteriza al síndrome de hueso negro (de Melo *et al.*, 2020). También se ha observado en los hidrogeles y los hidrocoloides derivados de las semillas y cáscaras de mango, características adecuadas para ser utilizados en diversas matrices alimentarias, potenciando los piensos de consumo final (Marsiglia-Fuentes *et al.*, 2024). De esta manera la inclusión del EERM podría potenciar la producción de huevos y el funcionamiento biológico de las gallinas ponedoras. Así, la suplementación dietaria de saponinas de soya mejora el metabolismo lipídico y la flora intestinal (Li *et al.*, 2022), la suplementación con extracto acuoso del té de vid (*Ampelopsis grossedentata*) permitió obtener huevos calificados como funcionales (Li *et al.*, 2024). También se reporta que, la curcumina es un aditivo dietético mejorador de la absorción de nutrientes y la defensa inmunológica en las gallinas durante el periodo inicial de la puesta (Xu *et al.*, 2024).

En esa dirección, los diversos fitoquímicos estudiados vienen propiciando mejores rendimientos productivos, y características físicas y nutricionales del huevo debido a sus propiedades digestivas, antimicrobianas, antioxidantes e inmunológicas en aves de postura. Sin embargo, la investigación sobre los efectos del EERM en las gallinas ponedoras es limitada, y no hay estudios que informen sobre su impacto en la productividad y calidad física y nutricional del huevo. Adicionalmente, en el presente estudio se ha evaluado el efecto del EERM, considerando dos genotipos de gallinas, por cuanto, se reporta que diferentes razas o líneas de gallinas tienen diferente respuesta productiva, diversas características físicas del huevo y variaciones en su contenido nutricional (Hejdysz *et al.*, 2024; Hu *et al.*, 2025). Por lo tanto, este experimento tuvo como objetivo investigar los efectos del EERM en el rendimiento

productivo, rasgos físicos externos e internos del huevo, y la composición química del huevo, enfatizando en la composición de ácidos grasos de la yema en dos genotipos de gallinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracto Etanólico de Residuos de Mango

La fruta de mango (*Mangifera indica* var. Haden) fue adquirida de los productores del distrito de Chilete, provincia de Contumazá, región Cajamarca – Perú, a 847 msnm. El EERM se preparó a partir de cáscaras y semillas de mango obtenidas luego de retirar la pulpa. Los residuos de mango se deshidrataron mediante liofilización, triturados en molino con zarandas de 5 mm y sometidos a una maceración en alcohol etílico de 70° durante 7 días entre 18 a 20 °C. La relación utilizada entre los residuos molidos de mango y el disolvente en la maceración fue de 1 kg en 4 L. La solución permaneció en cajas térmicas en ausencia de luz y se agitó manualmente cada 8 horas. Luego se separó la fase sobrenadante y la solución restante fue filtrada en un colador de metal de 0.5 mm. Ambas soluciones se mezclaron y formaron parte del extracto, liofilizado y en polvo. Para el experimento se utilizó aproximadamente 1 kg de EERM, requiriendo 5704 g de cáscaras y semillas de mango (material liofilizado), considerando un rendimiento promedio del proceso de 17.53%.

Localización, Diseño Experimental y Animales

Los procedimientos experimentales siguieron la Directiva 2010/63/UE sobre la protección de los animales utilizados para fines científicos (European Parliament and of the Council, 2010), así como conforme a la normativa sobre la protección y el bienestar de los animales, indicado en el Código de Ética para la Investigación de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Perú.

El estudio se llevó a cabo en la granja experimental de aves de la UNC, a 2738 msnm. De la misma granja, se seleccionaron 100 gallinas ponedoras de la línea Novogen Brown y 100 gallinas criollas. Estas aves, al inicio del experimento tenían 30 semanas de edad, similares pesos y fueron alojadas en un módulo de jaulas escalonadas de dos niveles dentro de un galpón cerrado. Las 200 gallinas se distribuyeron aleatoriamente a razón de 4 aves por jaula, de acuerdo con un arreglo factorial de 2 x 5 (2 genotipos y dietas con cinco niveles de EERM).

Las dietas estuvieron compuestas por:

- 0 ppm (dieta basal sin EERM),
- 500 ppm (dieta basal suplementada con 0.5 g/kg de EERM),
- 1000 ppm (dieta basal suplementada con 1 g/kg de EERM),
- 1500 ppm (dieta basal suplementada con 1.5 g/kg de EERM),
- 2000 ppm (dieta basal suplementada con 2 g/kg de EERM).

Por lo tanto, los tratamientos lo constituyeron 10 combinaciones, cada tratamiento con cinco repeticiones y cada repetición lo constituyó una jaula. La fórmula de la dieta basal de las gallinas ponedoras se obtuvo con referencia a los estándares de alimentación de las gallinas Novogen Brown (Cuadro 1). La temperatura en el galpón de las gallinas ponedoras fluctuó entre 14 y 19 °C con un programa de iluminación de 16 h de luz y 8 h de oscuridad.

Rendimiento Productivo

La ingesta diaria de alimento (IDA) por ave se determinó por jaula y representa el promedio de alimento consumido por una gallina en un día. El alimento ofrecido diariamente fue de 115 g/ave a las 08:00 horas. Semanalmente se retiró los residuos de alimento no consumido. El alimento ofrecido y los residuos fueron pesados en una balanza eléctrica KERN 440-21N (Alemania), de capacidad 4000 g y una precisión de lectura de 0.01 g. La información acumulada del ali-

Cuadro 1. Ingredientes y contenido nutricional de la dieta de postura (base fresca)

	Cantidad
Ingredientes (%)	
Maíz amarillo, grano molido	61.0
Torta de soya	26.0
Aceite de palma	2.0
Carbonato de calcio	9.0
Fosfato dicálcico	1.3
Sal común	0.3
DL-Metionina	0.2
Cloruro de colina 60%	0.1
Premezcla de vitaminas y minerales ¹	0.1
Contenido nutricional	
Materia seca (%)	88.31
Proteína cruda (%)	17.31
Energía metabolizable (kcal/kg)	2783
Fibra cruda (%)	3.42
Calcio (%)	3.72
P disponible (%)	0.38
Lisina (%)	0.87
Metionina (%)	0.43

¹ Premezcla de vitaminas y minerales. Cada kilogramo contiene: Vit A 9 000 000 UI; Vit D3 2 500 000 UI; Vit E 15 000 UI; Vit K3 2.5 g; Tiamina 1.5 g; Riboflavina 6.5 g; Piridoxina 2 g; Cianocobalamina 0.01 g; Ácido Pantoténico 5.50 g; Ácido fólico 1 g; Niacina 25 g; Biotina 0.15 g; Manganeso 70 g; Zinc 70 g; Hierro 30 g; Cobre 8 g; Yodo 1 g; Selenio 0.30 g; Cobalto 0.1 g; Excipientes c.s.p. 1000 g

mento ofrecido y los residuos de alimento durante todo el experimento y por cada jaula permitió determinar la IDA = (alimento ofrecido – residuos) / (4 aves x 84 días). El número de gallinas alojadas por jaula fue de 4. El estudio tuvo una duración de 84 días.

Se determinó el número y el peso promedio de los huevos puestos (PH) por jaula por día. Los huevos fueron pesados en una balanza KERN de capacidad 400 g y precisión de lectura 0.01 g. La tasa de puesta (TP) se calculó sumando los huevos puestos durante el experimento en cada jaula, dividiendo

do por el número de gallinas y por 84 días. La TP se expresó en porcentaje. La masa de huevo (MH) se determinó multiplicando la TP por el PH. El índice de conversión alimenticia (ICA) se calculó dividiendo la IDA sobre la MH.

Características Físicas de los Huevos

Se seleccionaron al azar cinco (n=5) huevos por tratamiento (1 huevo por jaula) al final del experimento. Las mediciones se realizaron dentro de las primeras 24 horas posteriores a la recolección de los huevos, en el laboratorio de control de ovoproductos de la UNC. Los huevos se pesaron y se abrieron para separar la albúmina y la yema de la cáscara. Se pesaron las yemas, cáscaras (incluyendo las membranas) y albúminas, utilizando una balanza digital (± 0.01 g).

El color de la yema se determinó con una cámara fotocolorimétrica Konica Minolta CR-410 (Japón) y se informó de acuerdo con los valores del sistema de la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) de luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*) y amarillez (b^*). Cuando un color se expresa en el espacio CIELAB, L^* muestra la claridad, a^* indica el valor rojo/verde y b^* el valor amarillo/azul; es decir, un movimiento de la medición del color en la dirección +a ilustra un cambio hacia el rojo, el movimiento +b representa un cambio hacia el amarillo y cuando $L^* = 0$ indica oscurecimiento total (Romero *et al.*, 2024).

La altura de la albúmina se midió utilizando un vernier digital (± 0.01 mm). La unidad Haugh (UH) se calculó según la fórmula descrita por Haugh (1937): $UH = 100 \log (h - 1.7 W^{0.37} + 7.6)$, donde h es la altura media de la albúmina (mm) y W es el peso del huevo (g). La medición del espesor de la cáscara se realizó utilizando un micrómetro digital (± 0.01 mm) en tres puntos específicos de cada huevo: la cámara de aire, el ecuador y el extremo afilado. El valor medio de las mediciones se consideró como el espesor de la cáscara.

Análisis Proximal de los Huevos

Al final del experimento se retiró aleatoriamente un huevo por jaula. Los componentes del huevo, incluida la albúmina y la yema, se homogeneizaron para su posterior análisis. Se colocaron en bolsa de polietileno y almacenaron a -20 °C hasta su envío al laboratorio de evaluación nutricional de alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (LENA-UNALM), Lima. Se determinó la humedad, ceniza, proteína total (PC) y extracto etéreo (EE). El contenido de humedad se determinó en la estufa a 105 °C x 24 h y por diferencia entre el peso fresco y el peso de la materia seca, la ceniza se determinó en una mufla mediante incineración a 500 °C x 6 horas, el contenido de PC se determinó utilizando el método Kjeldahl, el EE utilizando el análisis Soxhlet de acuerdo con AOAC International (2005) (Métodos 942.05, 950.46, 925.31 y 925.32, respectivamente).

Perfil de Ácidos Grasos de la Yema

El perfil de ácidos grasos de la yema se determinó en el LENA-UNALM, utilizando un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama y una columna capilar. Para la composición de ácidos grasos, los lípidos totales de la yema se extrajeron en cloroformo-metanol (2:1) de acuerdo con el método de Folch. La grasa extraída se transfirió disolviéndola en éter dietílico en un tubo de ensayo de vidrio con un estándar interno en base éster metílico del ácido enecosanoico, C21:0. El solvente se evaporó utilizando N_2 a 30 °C para obtener los ésteres metílicos de ácidos grasos, los cuales se analizaron según Li y Watkins (2001) y se identificaron haciendo coincidir sus tiempos de retención con los de los estándares (Sigma-Aldrich Co.). Los resultados se expresaron como porcentaje del total de ácidos grasos de la grasa de la yema de huevo.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) con el genotipo de las gallinas, suplementación de EERM y su interacción como principales fuentes de variación mediante el procedimiento de modelo lineal general del SAS (v. 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC). Las diferencias entre las medias de los tratamientos se probaron utilizando la prueba de Tukey para comparaciones múltiples. El lote de cuatro gallinas representó la unidad experimental para los resultados del rendimiento en postura. El huevo fue la unidad experimental para las características físicas del huevo y en la composición proximal. Una yema de huevo constituyó la unidad experimental para el perfil de ácidos grasos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento en postura

Las medias de TP, PH, MH producido diariamente por gallina, IDA por ave y el ICA de las gallinas Novogen Brown y criollas se muestran en el Cuadro 2. Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre genotipos en los indicadores TP, PH, MH e ICA. Sin embargo, la IDA fue similar entre gallinas Novogen Brown y criollas. Asimismo, hubo diferencias estadísticas ($p < 0.05$) por efecto de los niveles de EERM dietario en TP, MH e ICA, donde la dosis de 2000 ppm de EERM produjo mayor TP que las dosis de 1000 y 1500 ppm, a su vez estas tuvieron mejor efecto en la TP que las dosis de 0 y 500 ppm. Mayor MH se obtuvo con niveles de EERM de 1500 y 2000 ppm que con las dosis de 0 y 500 ppm. El mejor ICA se logró con dosis de 2000 ppm, superior al de las gallinas que no fueron suplementadas con EERM (0 ppm). Por otro lado, no se encontró diferencia estadística ($p > 0.05$) para las interacciones Genotipo x EERM.

Respecto a la variable rendimiento productivo, la gallina Novogen Brown superó a la gallina criolla en producción de huevos, peso de huevo y eficiencia de transformación del pienso a masa de huevos. La TP de la gallina criolla cajamarquina fue menor a la reportada para la gallina criolla Tianfu de huevo con cáscara verde (55.62 a 69.66%) para el mismo periodo de 30 a 42 semanas de edad (Hu *et al.*, 2025). Sin embargo, la TP de la gallina Novogen Brown estuvo en concordancia con los estándares productivos de la línea genética (Novogen, 2022), cercano al 91%. Al analizar el factor suplemento dietario se encontró que la dosis de 2000 ppm de EERM generó mayor producción de huevos. Esta tendencia también se observó en la MH e ICA. Estos valores de indicadores productivos en la gallina ponedora pudieron darse debido a la presencia de los compuestos bioactivos del EERM; no obstante, no se podría identificar los fitoquímicos del extracto del mango que pudieron originar el efecto benéfico en la producción de huevos.

Sobre esto, se reporta que niveles altos de luteína y zeaxantina en la dieta de gallinas ponedoras no mejoran la TP (Ortiz *et al.*, 2021). El alto contenido de flavonoides tampoco influyó en la TP de gallinas ponedoras, pero lo hizo en el PH (Niu *et al.*, 2023). La suplementación dietética de monolaurato de glicerol como antioxidante tampoco mostró efecto benéfico sobre la postura (Wang *et al.*, 2024). Del mismo modo, no se ha logrado la mejora de los índices productivos con dietas formuladas con una baja relación de ácidos grasos: omega 6/omega 3 (Xu *et al.*, 2025). Sin embargo, se reporta una mejora significativa de la TP y el ICA en gallinas ponedoras con la suplementación de quercetina (Liu *et al.*, 2023).

La adición de quercetina a la dieta de gallinas ponedoras redujo procesos inflamatorios en intestino, debido al desarrollo de microbiota productora de ácidos grasos de cadena corta (Feng *et al.*, 2023). Al respecto, Lebaka *et al.* (2021) reportan concen-

Cuadro 2. Efectos del extracto etanólico de residuos de mango (EERM) en la dieta sobre el desempeño en postura de gallinas criollas y Novogen Brown (NB) de 30 a 42 semanas de edad

	Tasa de puesta (%)	Peso de huevo (g)	Masa de huevo (g/gallina/d)	Ingesta de alimento (g/gallina/d)	Índice de conversión alimenticia
Genotipo					
Criolla	55.62 ^b	57.27 ^b	31.86 ^b	110.36	3.47 ^a
NB	90.21 ^a	62.23 ^a	56.13 ^a	109.98	1.96 ^b
SEM	17.291	2.486	12.134	0.190	0.753
Niveles de EERM					
0 ppm	70.29 ^c	58.74	41.81 ^b	109.98	2.92 ^a
500 ppm	71.42 ^c	60.27	43.49 ^b	109.92	2.76 ^{ab}
1000 ppm	73.61 ^b	59.60	44.26 ^{ab}	110.03	2.67 ^{ab}
1500 ppm	73.92 ^b	60.07	44.80 ^a	110.62	2.65 ^{ab}
2000 ppm	75.33 ^a	60.05	45.65 ^a	110.32	2.58 ^b
SEM	0.640	0.197	0.462	0.092	0.048
Tratamientos					
Criolla-0 ppm	51.23	56.04	28.71	110.34	3.84
Criolla-500 ppm	53.22	57.81	30.76	109.48	3.55
Criolla-1000 ppm	56.89	57.26	32.57	110.35	3.38
Criolla-1500 ppm	57.36	57.74	33.12	111.29	3.36
Criolla-2000 ppm	59.41	57.48	34.15	110.38	3.23
NB-0 ppm	89.35	61.45	54.90	109.62	1.99
NB-500 ppm	89.62	62.73	56.22	110.37	1.96
NB-1000 ppm	90.32	61.94	55.94	109.72	1.96
NB-1500 ppm	90.49	62.41	56.47	109.45	1.94
NB-2000 ppm	91.25	62.63	57.15	110.27	1.93
SEM	5.811	0.855	4.073	0.168	0.264
Valor p					
Genotipo	<0.001	0.007	<0.001	0.108	0.066
EERM	0.047	0.204	0.049	0.173	0.038
Genotipo x EERM	0.108	0.372	0.146	0.439	0.128

^{a,b,c} Medias con superíndices diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor o tratamientos (Test de Tukey, p<0.05)

traciones, entre otras, de 838 mg de ácido gálico por cada 100 g de semilla de mango. Se reporta el efecto de este ácido en procesos inflamatorios al reducir la liberación de citocinas, quimiocinas, y moléculas de adhesión e infiltración celular (Bai *et al.*, 2021), Asimismo, a la mangiferina se le atribuye di-

versas propiedades benéficas (Dutta *et al.*, 2023). Por tanto, este conglomerado de fitoquímicos funcionales en los residuos del mango y su posible presencia en el EERM pudo influenciar positivamente en el rendimiento productivo de las gallinas ponedoras del presente estudio.

Cuadro 3. Efectos del extracto etanólico de residuos de mango (EERM) sobre las proporciones relativas y características físicas de los componentes del huevo de gallinas criollas y Novogen Brown (NB) de 42 semanas de edad

	Componentes del huevo (%)			Altura de clara (mm)	Unidad Haugh	Espesor de cáscara (mm)
	Yema	Albúmina	Cáscara			
Genotipo						
Criolla	28.91	61.37	9.73	5.79 ^b	79.91 ^b	0.326
NB	29.01	61.53	9.47	6.19 ^a	84.22 ^a	0.353
SEM	0.048	0.080	0.129	0.204	2.155	0.012
Niveles de EERM						
0 ppm	28.92	61.48	9.60	5.87 ^b	80.93 ^b	0.331
500 ppm	28.87	60.99	10.14	5.83 ^b	81.46 ^{ab}	0.324
1000 ppm	29.12	60.98	9.89	6.00 ^{ab}	81.86 ^{ab}	0.361
1500 ppm	29.05	61.76	9.18	6.02 ^{ab}	82.23 ^{ab}	0.346
2000 ppm	28.82	62.02	9.17	6.12 ^a	83.84 ^a	0.339
SEM	0.039	0.145	0.136	0.029	0.348	0.004
Tratamientos						
Criolla-0ppm	28.94	61.88	9.18	5.68	78.43	0.342
Criolla-500ppm	28.91	60.24	10.85	5.72	79.17	0.319
Criolla-1000ppm	29.09	61.07	9.84	5.82	79.64	0.391
Criolla-1500ppm	28.87	61.66	9.47	5.81	80.29	0.322
Criolla-2000ppm	28.72	61.99	9.29	5.90	82.03	0.317
NB-0ppm	28.90	61.08	10.02	6.07	83.44	0.320
NB-500ppm	28.83	61.73	9.44	6.15	83.76	0.329
NB-1000ppm	29.14	60.92	9.94	6.18	84.09	0.382
NB-1500ppm	29.23	61.87	8.90	6.24	84.17	0.371
NB-2000ppm	28.92	62.04	9.04	6.33	85.65	0.362
SEM	0.049	0.187	0.183	0.074	0.794	0.007
Valor p						
Genotipo	0.174	0.521	0.292	0.032	0.043	0.129
EERM	0.407	0.373	0.207	0.041	0.039	0.308
Genotipo x EERM	0.329	0.417	0.196	0.128	0.176	0.346

^{a,b}Medias con superíndices diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor o tratamientos (Test de Tukey, $p < 0.05$)

Rasgos físicos del huevo

Las características físicas de calidad de los huevos producidos por los dos genotipos y según niveles de suplementación de EERM se presentan en los cuadros 3 y 4. El genotipo no tuvo efecto significativo en la mayoría de los atributos de calidad, excepto en la altura de albúmina y la unidad Haugh (UH). La suplementación dietética con EERM

influyó en los rasgos de calidad del huevo, pero no en los rasgos relacionados con el peso de los componentes del huevo, espesor de la cáscara y enrojecimiento de la yema. La altura de la albúmina y la UH fueron diferentes, ya sea por efecto del genotipo, siendo mayores en la gallina Novogen Brown, así como por efecto del EERM, con ventajas a favor de la adición dietaria ($p < 0.05$). La luminosidad (L^*) disminuyó y el amarillamiento

Cuadro 4. Efectos del extracto etanólico de residuos de mango (EERM) sobre el color de la yema (Espacio CIELAB) de huevo de gallinas criollas y Novogen Brown (NB) de 42 semanas de edad

	Valores de color CIELAB		
	Luminosidad	Enrojecimiento	Amarillez
Genotipo			
Criolla	81.71	8.80	63.40
NB	82.79	8.69	64.32
SEM	0.538	0.054	0.458
Niveles de EERM			
0 ppm	83.67 ^a	8.60	60.99 ^d
500 ppm	82.97 ^{ab}	8.71	61.80 ^d
1000 ppm	82.19 ^b	9.01	63.45 ^c
1500 ppm	81.33 ^c	8.54	65.26 ^b
2000 ppm	81.07 ^c	8.87	67.80 ^a
SEM	0.345	0.061	0.868
Tratamientos			
Criolla-0 ppm	83.06	8.04	60.74
Criolla-500 ppm	82.12	9.15	61.21
Criolla-1000 ppm	81.71	7.91	62.73
Criolla-1500 ppm	80.99	10.12	64.97
Criolla-2000 ppm	80.72	8.72	67.36
NB-0 ppm	84.29	9.17	61.24
NB-500 ppm	83.82	8.27	62.39
NB-1000 ppm	82.67	10.04	64.17
NB-1500 ppm	81.72	6.96	65.54
NB-2000 ppm	81.43	9.03	68.25
SEM	0.376	0.307	0.835
Valor p			
Genotipo	0.162	0.214	0.382
EERM	0.028	0.309	0.009
Genotipo x EERM	0.177	0.577	0.302

^{a,b,c,d} Medias con superíndices diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor o tratamientos (Test de Tukey, $p < 0.05$)

(b*) en la yema de huevo aumentaron significativamente ($p < 0.05$) en los grupos suplementados con EERM

El análisis factorial permitió determinar la variación en la calidad de los huevos, atribuible a las diferencias genéticas entre las aves. Los huevos de la gallina Novogen Brown tuvieron los mayores valores de altu-

ra de albúmina y UH, en consonancia con la selección intensiva de esta línea genética. Se reconoce que los rasgos de calidad de huevo tienen alta heredabilidad, por lo que su mejora ha sido rápida en las estirpes modernas. Así Romero *et al.* (2024) reportan UH más altas en los huevos de gallinas Lohmann LSL-Classic que en gallinas Black Castellana, que es una raza autóctona de España.

La altura de albúmina y UH guardan estrecha relación debido a que, la determinación de la UH incluye tanto la altura de albúmina como el peso del huevo (Laudadio *et al.*, 2014). La UH es el parámetro más utilizado para expresar la calidad de la albúmina y la frescura del huevo, y su disminución indica que la proporción de albúmina fluida aumenta en detrimento de la porción densa, debido a la hidrólisis de las cadenas de aminoácidos (Pires *et al.*, 2020a).

Los huevos se clasifican según los valores de UH en clase AA cuando UH es superior a 72, clase A cuando la UH es de 71 a 60, clase B si los huevos tienen una UH de 59 a 31 o clase C cuando la UH es inferior a 30 (USDA, 2020). En el presente estudio, la UH indicó una clase AA para todos los huevos, lo cual estuvo acorde con huevos de pocas horas de ovopuestos. Pese a ello, se encontraron diferencias en los valores de UH por efecto de la suplementación con EERM, lo cual estaría en concordancia con el estudio de Abo Ghanima *et al.* (2020) quienes obtuvieron mejores valores de UH en huevos de gallinas suplementadas con fitoquímicos como carvacrol, timol y eugenol, logrando valores entre 81.53 a 85.32 frente al grupo control de cuya UH fue de 79.72. Asimismo, Pires *et al.* (2020b) untaron la cáscara del huevo con aceite de copaiba y tomillo mejorando la UH al reducir la contaminación microbiana de la albúmina. Se infiere que, el mismo efecto pudo haber generado el EERM en el presente estudio, debido a la comprobada acción antibacteriana de los fitoquímicos contenidos en el extracto etanólico de semillas y cáscaras de mango (Kucuk *et al.*, 2024; Sadiea *et al.*, 2024), que influyó en la mayor altura de albúmina densa y en la UH de los huevos.

El peso de los componentes del huevo no se vio influenciado por el genotipo ni por el EERM, en contraposición a los hallazgos de Hailemariam *et al.* (2022) quienes encontraron mayor contenido de albúmina asociado a un mayor peso de los huevos en gallinas mejoradas. de Andrade *et al.* (2023) también encontró que huevos con alto contenido de

albúmina se caracterizaban por un bajo contenido de yema, aspecto que tampoco se observó en la presente evaluación. En cuanto a los resultados de otros rasgos de calidad de huevo, es conocido que la calidad de la cáscara está influenciada por la nutrición, la edad de la gallina y la genética (Hejdysz *et al.*, 2024); no obstante, en el presente estudio no se hallaron diferencias por efecto del genotipo o del EERM en los valores de porcentaje de cáscara de los huevos ni en el grosor de la cáscara. Cabe resaltar que los factores nutrición y edad de las gallinas fueron debidamente manejados en el presente estudio, y todas las aves contaron con la misma edad y consumieron la misma dieta, variando solamente los niveles de inclusión de EERM.

En la evaluación del color de la yema se utilizó el sistema del espacio de color CIELAB, de acuerdo con la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), que considera los cuatro colores únicos de la visión humana: rojo, verde, azul y amarillo. Los valores L^* de 0 a 100 representan la luminosidad ($L^*=0$ indica oscuridad, $L^*=100$ más claro); los valores a^* representan el enrojecimiento en una escala de -60 (verde) a +60 (rojo); los valores b^* representan el amarilleo en una escala de -60 (azul) a +60 (amarillo) (Ortiz *et al.*, 2021). En la yema de huevo se encontró que para L^* , a^* y b^* no hubo interacción significativa ($p>0.05$) entre genotipos y los niveles de EERM. Sin embargo, para la luminosidad y amarillez se encontró diferencia estadística por efecto de los niveles de EERM (Cuadro 4). Freitas *et al.* (2015) sugieren que los aumentos en la claridad (mayores valores L^*) están relacionados con la oxidación de lípidos y pueden reducirse mediante la adición de antioxidantes a las dietas de las aves. En el presente estudio es posible que tuvo lugar la actividad antioxidante del EERM, ya que los valores de L^* disminuyeron al aumentar la concentración de EERM. Este hallazgo pondría de manifiesto la actividad antioxidante de los compuestos bioactivos presentes en los residuos de mango reportados por otros autores (Ruiz-Canizales *et al.*, 2024; Lenucci *et al.*, 2022; Lebaka *et al.*, 2021).

Para la coloración b» (amarillamiento) hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los niveles de EERM en la dieta, aumentando con una mayor cantidad de EERM suplementado, aunque sin haber diferencias entre las dosis de 0 y 500 ppm (Cuadro 4). El incremento de amarillez en la yema de huevo respondería a la alta concentración de carotenoides y polifenoles en los extractos de cáscaras de mango, que representarían 0.26 mg/g y 0.15 mg/g, respectivamente (Hu *et al.*, 2023). De otro lado, es conocido que la falta de intensidad en el color amarillo de la yema de huevo no es favorable en la aceptación del producto por el ovo consumidor (Miao *et al.*, 2023). Por lo tanto, de acuerdo con los resultados obtenidos se puede sugerir la inclusión de EERM en dosis de 2000 ppm en la dieta de las gallinas ponedoras para mejorar el amarillamiento de la yema de huevo sin afectar negativamente los otros componentes de color.

Composición química del huevo

El análisis proximal de los componentes químicos de los huevos estudiados se presenta en el Cuadro 5. Los resultados se expresan en base al peso fresco de los huevos. No se encontraron interacciones significativas ($p > 0.05$) entre los factores en estudio para los nutrientes analizados. Sin embargo, la humedad estuvo a favor de los huevos de la gallina Novogen Brown. Además, las medias de grasa y ceniza entre genotipos mostraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$), siendo más altos en huevos de la gallina criolla.

Las diferencias en los contenidos de humedad, proteína y ceniza por efecto del genotipo estarían en concordancia con lo que sucede de manera natural entre especies avícolas. El estudio de Sharaf (2011) muestra valores más altos de proteína en huevos de pata y mayor contenido de grasa en los huevos de pata y codorniz. La composición proximal en el presente estudio también está en concordancia con los reportados por Hailemariam *et al.* (2022), quienes determinaron que los huevos de la gallina Koekoek

de Etiopía tienen mayor contenido de grasa y ceniza que los huevos de razas mejoradas. Sin embargo, están en contraste con la composición química del huevo procedente de estirpes de gallinas mejoradas en el estudio de Kusum *et al.* (2018). Por lo tanto, las diferencias en la composición química del huevo encontradas en el presente estudio se deben a la diferencia genética de las aves, reflejadas en los rendimientos productivos de cada genotipo, que puede tener su origen en el proceso metabólico, marcado por la alta producción de huevos de la gallina Novogen Brown, con relación a la gallina criolla.

La composición de ácidos grasos de las yemas de huevo de los grupos experimentales se presenta en el Cuadro 6. El análisis del perfil de AG en las yemas mostró que el genotipo tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) en el ácido linoleico (C18: n-6), ácido linolénico (C18:3n-3), ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6n-3), ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos polinsaturados (AGPI) y ácidos grasos omega 3 (n-3) y con efectos altamente significativos ($p < 0.01$) en los ácidos grasos omega 6 (n-6) y en el índice n-6/n-3. No hubo influencia del genotipo sobre los valores del ácido palmítico (C16:0), ácido oleico (C18:1n-9) y los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI). Los valores de AG C18:3n-3, DHA, AGS y n-3 fueron mayores en huevos de gallinas criollas, mientras que los AG C18:2n-6, AGPI, n-6 e índice n-6/n-3 fueron mayores en las gallinas Novogen Brown.

La suplementación con 2000 ppm de EERM en la dieta condujo a mejoras en los porcentajes de C18:3n-3, DHA, AGPI, n-3 e índice n-6/n-3. Cabe indicar, que el índice n-6/n-3 es mejor y más saludable para el consumidor cuanto menor es su valor matemático. Por otro lado, no se encontró un efecto significativo para la interacción entre el genotipo y los niveles de EERM dietético ($p > 0.05$) para los ácidos grasos. Sin embargo, se observa que, la suplementación dietética con 2000 ppm en gallinas Novogen Brown aumentó el C18:2n-6, AGPI y n-6 en

Cuadro 5. Efectos del extracto etanólico de residuos de mango (EERM) en la dieta sobre la composición química del huevo (clara + yema) de gallinas criollas y Novogen Brown (NB) de 42 semanas de edad

	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Extracto libre de N (%)
Genotipo					
Criolla	72.60	13.13	10.36 ^a	1.24 ^a	2.34
NB	76.64	12.31	7.58 ^b	0.88 ^b	2.35
SEM	2.020	0.414	1.390	0.182	0.003
Niveles de EERM					
0 ppm	75.86	12.90	7.81	0.89	2.25
500 ppm	74.67	13.32	8.38	0.99	2.29
1000 ppm	73.94	12.22	9.88	1.16	2.60
1500 ppm	73.75	12.72	9.71	1.06	2.41
2000 ppm	74.85	12.44	9.05	1.18	2.19
SEM	0.265	0.135	0.277	0.039	0.051
Tratamientos					
Criolla-0 ppm	75.58	12.99	7.86	0.91	2.33
Criolla-500 ppm	72.32	14.47	9.31	1.10	2.32
Criolla-1000 ppm	70.68	12.76	12.41	1.42	2.65
Criolla-1500 ppm	71.37	12.87	11.65	1.22	2.48
Criolla-2000 ppm	73.08	12.57	10.56	1.54	1.94
NB-0 ppm	76.15	12.81	7.76	0.87	2.16
NB-500 ppm	77.02	12.17	7.46	0.89	2.26
NB-1000 ppm	77.25	11.67	7.36	0.90	2.54
NB-1500 ppm	76.14	12.56	7.77	0.90	2.33
NB-2000 ppm	76.62	12.31	7.54	0.83	2.43
SEM	0.791	0.231	0.603	0.080	0.064
Valor p					
Genotipo	0.034	0.182	0.042	0.049	0.617
EERM	0.309	0.407	0.141	0.125	0.326
Genotipo x EERM	0.104	0.127	0.096	0.082	0.301

^{a,b} Medias con superíndices diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor o tratamientos (Test de Tukey, $p < 0.05$)

la yema de huevo, mientras que esa misma concentración mejoró el C18:3n-3 en la yema de huevo de la gallina criolla. Las proporciones de DHA, n-3 e índice n-6/n-3 en la yema de huevo mejoraron con dosis de 1500 ppm en la dieta de las gallinas criollas.

Las diferencias entre las proporciones de AG en la yema de huevo atribuidas al factor genotipo concuerdan con los resultados

del estudio de Hejdysz *et al.* (2024), quienes evaluaron el perfil de AG de 14 razas y líneas de gallinas ponedoras, con amplias diferencias entre genotipos. De otro lado, está ampliamente demostrado la influencia de la composición de AG en la dieta sobre la composición de AG en la yema de huevo de las gallinas ponedoras (Kralik *et al.*, 2021; Lee *et al.*, 2021; Xu *et al.*, 2025). Por consiguiente, los hallazgos en el presente estudio muestran

Cuadro 6. Efectos del extracto etanólico de residuos de mango (EERM) en la dieta sobre la composición de ácidos grasos de la yema de huevo de gallinas criollas (GC) y Novogen Brown (NB) de 42 semanas de edad (% del total de ácidos grasos)

	C16:0	C18:1 n-9	C18:2 n-6	C18:3 n-3	C22:6 n-3	SFA	AGMI	AGPI	n-6	n-3	n-6/n-3
Genotipo											
GC	24.51	50.34	9.97 ^b	0.29 ^a	1.62 ^a	34.54 ^a	51.58	13.95 ^b	11.93 ^b	1.91 ^a	6.78 ^b
NB	22.60	49.02	11.99 ^a	0.19 ^b	1.15 ^b	31.80 ^b	52.12	17.23 ^a	15.09 ^a	1.34 ^b	10.32 ^a
SEM	0.954	0.659	1.011	0.049	0.237	1.369	0.271	1.644	1.581	0.286	1.778
EERM											
0 ppm	23.79	51.80	10.14 ^b	0.19 ^b	1.14 ^b	32.37	53.70	14.42 ^b	17.46 ^a	1.67 ^b	9.24 ^a
500 ppm	23.90	49.32	11.63 ^b	0.20 ^b	1.13 ^b	32.84	51.34	13.89 ^b	12.57 ^c	1.34 ^b	9.30 ^a
1000 ppm	23.97	50.42	9.18 ^b	0.18 ^b	1.36 ^b	34.53	52.63	13.58 ^b	12.14 ^c	1.33 ^b	9.25 ^a
1500 ppm	24.93	48.56	10.07 ^b	0.21 ^b	2.04 ^b	32.92	52.53	17.25 ^a	10.50 ^c	1.54 ^b	7.08 ^b
2000 ppm	21.60	48.31	13.88 ^a	0.42 ^a	2.04 ^a	33.20	49.06	17.15 ^a	14.98 ^b	2.24 ^a	7.85 ^b
SEM	0.355	0.456	0.582	0.032	0.119	0.258	0.560	0.915	0.856	0.118	0.324
Tratamientos											
GC-0 ppm	24.88	53.21	9.31	0.18	1.18	33.86	53.84	12.35	10.78	1.36	7.92
GC-500 ppm	25.08	51.61	10.43	0.18	1.13	33.38	53.16	13.53	11.83	1.31	8.97
GC-1000 ppm	25.05	49.88	7.31	0.16	1.62	33.76	50.74	11.56	9.29	1.78	5.20
GC-1500 ppm	24.90	48.28	9.91	0.24	2.94	32.66	51.75	15.68	13.25	3.18	4.17
GC-2000 ppm	22.61	48.72	12.92	0.69	1.22	35.05	48.42	16.61	14.49	1.91	7.58
NB-0 ppm	22.70	50.39	10.97	0.20	1.11	30.87	53.56	16.49	14.36	1.31	10.68
NB-500 ppm	22.71	47.03	12.83	0.21	1.13	32.31	49.52	14.24	12.45	1.35	9.54
NB-1000 ppm	22.89	50.97	11.06	0.20	1.10	31.30	54.52	13.60	11.70	1.30	8.96
NB-1500 ppm	24.08	48.56	10.23	0.17	1.14	33.18	53.31	18.99	16.51	1.31	11.54
NB-2000 ppm	20.60	48.31	14.83	0.16	1.27	31.35	49.71	22.85	20.43	1.43	10.91
SEM	0.471	0.456	0.669	0.050	0.180	0.651	0.674	1.069	1.006	0.186	0.761
Valor p											
Genotipo (G)	0.108	0.518	0.046	0.033	0.049	0.107	0.417	0.017	0.009	0.017	0.002
EERM (E)	0.142	0.391	0.031	0.047	0.027	0.125	0.228	0.042	0.024	0.045	0.017
G x E	0.101	0.176	0.085	0.099	0.082	0.084	0.185	0.136	0.129	0.087	0.092

^{a,b}Medias con superíndices diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre los niveles de cada factor o tratamientos (Test de Tukey, $p < 0.05$)

las bondades del EERM como un aditivo alimenticio rico en compuestos bioactivos incluido en diferentes dosis en piensos de postura con el mismo perfil lipídico y su efecto sobre la composición de la yema de huevo en dos genotipos de gallinas.

Los resultados evidencian que la suplementación con 1500 ppm de EERM en la gallina criolla conduce a un aumento de la concentración de DHA y en el total de AG n-3,

lo que determinó un mejor índice n-6/n-3. Las gallinas criollas también sobresalieron con un mejor índice n-6/n-3 al ser suplementadas con niveles de 2000 ppm. Una óptima relación de ingesta de AG n-6/n-3 de 5:1 es fundamental para evitar el riesgo de enfermedad cardiovascular en el cuerpo humano; anomalía que se agrava cuando aumenta la ingesta de AG n-6, debido a la activación de vías metabólicas proinflamatorias (Bisheh-kolaei y Pathak, 2024). Los resultados del presente estudio

muestran indicios de que el EERM en niveles adecuados en la dieta de la gallina podría generar un ovo alimento funcional para consumo humano, debido a que cuando no se incluyó el EERM en la dieta de las aves se incrementó el nivel de AG n-6. Por otro lado, cuando se utilizó el EERM disminuyeron los valores de n-6 en la yema del huevo, y al incrementar los niveles de EERM, la relación n-6/n-3 mejoró, inclusive llegando a 4.17 en la gallina criolla suplementada con 2000 ppm de EERM.

La presente investigación arrojó hallazgos que sugieren que la incorporación de EERM en la dieta de las gallinas ponedoras induce potencialmente una modificación favorable en el perfil de ácidos grasos de la yema de huevo. El aumento observado en los niveles de AGPI y n-3 en la yema de huevo puede atribuirse potencialmente a la mayor eficacia de niveles altos del EERM, que facilita el transporte y la deposición de algunos AG dentro de la yema. Del mismo modo se reporta que los AG libres y el DHA son susceptibles a reacciones de oxidación a través de la vía de la ciclooxigenasa, por lo que el perfil de ácidos grasos en la yema de huevo es inestable, modificándose debido a estrés oxidativo, enfermedades a nivel de hígado y dieta (Guo *et al.*, 2024). Por lo tanto, las propiedades antioxidantes de los polifenoles, flavonoides, vitaminas C y E, y otros compuestos bioactivos del EERM, reportadas por Lenucci *et al.* (2022) y Bai *et al.* (2021) podrían contribuir a explicar el efecto observado en el perfil de ácidos grasos en la yema de huevo analizado en el presente estudio.

CONCLUSIONES

- La gallina Novogen Brown fue superior en rendimiento productivo que la gallina criolla a 2738 msnm, produciendo huevos con mejores atributos de frescura, observados en la altura de albúmina y unidad Haug.

- La inclusión dietaria del extracto etanólico de residuos de mango en niveles de 2000 ppm maximizó la tasa de puesta, masa de huevo, la conversión alimenticia, altura de albúmina, unidad Haug y amarillamiento de la yema.
- El contenido del huevo de la gallina criolla presentó mayor proporción de grasa y ceniza que el de la gallina Novogen Brown.
- Ningún nivel de suplementación del extracto de residuos de mango provocó cambios en los contenidos de humedad, proteína, grasa, ceniza o carbohidratos en huevo.
- El perfil de ácidos grasos en la yema de huevo de gallinas criollas mostró mayores cantidades de ácido graso docosahexaenoico (DHA) y ácidos grasos omega 3 en general, y un mejor índice de ácidos grasos omega 6 / omega 3.
- El mejor cociente entre omega 6 / omega 3 se propició con las suplementaciones dietéticas de extracto etanólico de residuos de mango en dosis de 1500 y 2000 ppm.
- De acuerdo con el índice n6/n3, los hallazgos muestran evidencias que la suplementación de extracto etanólico de residuos de mango podría estimular la producción de huevos funcionales para consumo humano.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA) perteneciente al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) del Gobierno de Perú, por el apoyo financiero otorgado a la Universidad Nacional de Cajamarca mediante Contrato N.º PE501083465-2023-02-PROCIENCIA para el desarrollo del presente estudio.

LITERATURA CITADA

1. **Abo Ghanima MM, Alagawany M, Abd El-Hack ME, Taha A, Elnesr SS, Ajarem J, Allam AA, et al. 2020.** Consequences of various housing systems and dietary supplementation of thymol, carvacrol, and eugenol on performance, egg quality, blood chemistry, and antioxidant parameters. *Poult Sci* 99: 4384-4397. doi: 10.1016/j.psj.2020.05.028
2. **Abouelezz KFM, Wang S, Xia WG, Chen W, Elokil AA, Zhang YN, Wang SL, et al. 2022.** Effects of dietary inclusion of cassava starch-extraction-residue meal on egg production, egg quality, oxidative status, and yolk fatty acid profile in laying ducks. *Poult Sci* 101: 102015. doi: 10.1016/j.psj.2022.102015
3. **Alaiya MA, Odeniyi MA. 2023.** Utilization of *Mangifera indica* plant extracts and parts in antimicrobial formulations and as a pharmaceutical excipient: a review. *Futur J Pharm Sci* 9: 29. doi: 10.1186/s43094-023-00479-z
4. **[AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 2005.** Official Methods of Analysis of AOAC international. 18th Ed. USA.
5. **Azizollahi M, Ghasemi HA, Foroudi F, Hajkhodadadi I. 2024.** Effect of guanidinoacetic acid on performance, egg quality, yolk fatty acid composition, and nutrient digestibility of aged laying hens fed diets with varying substitution levels of corn with low-tannin sorghum. *Poult Sci* 103: 103297. doi: 10.1016/j.psj.2023.-103297
6. **Baia J, Zhang Y, Tangb C, Hou Y, Ai X, Chen X, Zhang Y, et al. 2021.** Gallic acid: pharmacological activities and molecular mechanisms involved in inflammation-related diseases. *Biomed Pharmacother* 133: 110985. doi: 10.1016/j.biopha.2020.110985
7. **Bishehkolaei M, Pathak Y. 2024.** Influence of omega n-6/n-3 ratio on cardiovascular disease and nutritional interventions. *Hum Nutr Metab* 37: 20027. doi: 10.1016/j.hnm.2024.200275
8. **de Andrade PGC, de Freitas Mendonça MA, Cruz FGG, Rufino JPF, Silva FMF, de Almeida Reis L. 2023.** Effects of dietary fiber on performance and egg quality of laying hens at pre-laying and laying peak. *Acta Sci* 45: 57534. doi: 10.4025/actascianimsci.-v45i1.57534
9. **de Melo MA, Gomes HM, Faria NNP, Freitas ER, Watanabe PH, Watanabe GCA, Souza DH, et al. 2020.** Black bone syndrome in broilers fed ethanolic extract of mango seeds. *Poult Sci* 99: 3229-3236. doi: 10.1016/j.psj.2020.-02.003
10. **Dutta T, Das T, Gopalakrishnan AV, Saha SC, Ghorai M, Nandy S, Kumar M, Radha L, et al. 2023.** Mangiferin: the miraculous xanthone with diverse pharmacological properties. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol* 396: 851-863. doi: 10.1007/s00210-022-02373-6.
11. **El Shabasy RM, Eissa TF, Emam Y, Zayed A, Fayek N, Farag MA. 2024.** Valorization potential of Egyptian mango kernel waste product as analyzed via GC/MS metabolites profiling from different cultivars and geographical origins. *Sci Rep* 14: 2886. doi: 10.1038/s41598-024-53379-4
12. **European Parliament and of the Council. 2010.** Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes. *Off J Eur Union* 276: 33-79.
13. **Feng J, Li Z, Ma H, Yue Y, Hao K, Li J, Xiang Y, Min Y. 2023.** Quercetin alleviates intestinal inflammation and improves intestinal functions via modulating gut microbiota composition in LPS-challenged laying hens. *Poult Sci* 102: 102433. doi: 10.1016/j.psj.2022.-102433
14. **Freitas ER, da Silva Borges A, Pereira ALF, Abreu VKG, Trevisan MTS, Watanabe PH. 2015.** Effect of dietary ethanol extracts of mango (*Mangifera indica* L) on lipid oxidation

- and the color of chicken meat during frozen storage. *Poult Sci* 94: 2989-2995. doi: 10.3382/ps/pev295
15. **Guo H, Zhang X, You M, Shen Y, Zhang S, Li J, He X, et al. 2024.** Quantitative lipidomics reveals the changes of lipids and antioxidant capacity in egg yolk from laying hens with fatty liver hemorrhagic syndrome. *Poult Sci* 103: 103785. doi; 10.1016/j.psj.2024.-103785
 16. **Hailemariam A, Esatu W, Abegaz S, Urge M, Assefa G, Dessie T. 2022.** Sensory characteristics, nutritional composition, and quality of eggs from different chickens. *Open J Anim Sci* 12: 591-615. doi: 10.4236/ojas.2022.124043
 17. **Hejdysz M, Nowaczewski S, Perz K, Szablewski T, Stuper-Szablewska K, Cegielska-Radziejewska R, Tomczyk L, et al. 2024.** Influence of the genotype of the hen (*Gallus gallus domesticus*) on main parameters of egg quality, chemical composition of the eggs under uniform environmental conditions. *Poult Sci* 103: 103165. doi: 10.1016/j.psj.2023.-103165
 18. **Hu Z, Lu Y, Xu H, Zhou Y, Zhang Z, Zhu J, Deng Q, et al. 2024.** Comparative analysis of the performance, egg quality and ovarian immune function of fast and slow feather strains in Tianfu green shell laying hens at various stages of egg production. *Poult Sci* 104: 104747. doi: 10.1016/j.psj.2024.104747
 19. **Hu YQ, Hu TG, Xu YJ, Wu JJ, Song XL, Yu YS, 2025.** Interaction mechanism of carotenoids and polyphenols in mango peels. *Food Res Int* 173: 113303. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113303
 20. **Kralik G, Kralik Z, Grcevic M, Galovic O, Hanzek D, Biazik E. 2021.** Fatty acid profile of eggs produced by laying hens fed diets containing different shares of fish oil. *Poult Sci* 100: 101379. doi: 10.1016/j.psj.2021.101379
 21. **Kucuk N, Primoži M, Kotnik P, Knez Z, Leitgeb M. 2024.** Mango peels as an industrial by-product: a sustainable source of compounds with antioxidant, enzymatic, and antimicrobial activity. *Foods* 13: 553. doi: 10.3390/foods130-40553
 22. **Kusum M, Verma RC, Renu M, Jain Hk, Deepak S. 2018.** A review: chemical composition and utilization of egg. *Int J Chem Stud* 6: 3186-3189.
 23. **Laudadio V, Ceci E, Lastella NMB, Tufarelli V. 2014.** Effect of feeding low-fiber fraction of air-classified sunflower (*Helianthus annuus* L) meal on laying hen productive performance and egg yolk cholesterol. *Poult Sci* 93: 2864-2869. doi: 10.3382/ps.2014-04204
 24. **Lauricella M, Emanuele S, Calvaruso G, Giuliano M, D'Anneo A. 2017.** Multifaceted health benefits of *Mangifera indica* L (Mango): the inestimable value of orchards recently planted in Sicilian rural areas. *Nutrients* 9: 525. doi: 10.3390/nu9050525
 25. **Lebaka VR, Wee YJ, Ye W, Korivi M. 2021.** Composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. *Int J Environ Health Res* 18: 741. doi: 10.3390/ijerph18020741
 26. **Lee SH, Kim YB, Kim DH, Lee DW, Lee HG, Jha R, Lee KW. 2021.** Dietary soluble flaxseed oils as a source of omega-3 polyunsaturated fatty acids for laying hens. *Poult Sci* 100: 101276. doi: 10.1016/j.psj.2021.101276
 27. **Leentfaar E. 2024.** Is there a difference in nutrient composition of brown and white eggs? Product Manager Nutrition, Hendrix Genetics Layers. [Internet]. Available in: <https://layinghens.hendrix-genetics.com/en/articles/is-there-a-difference-in-nutrient-composition-of-brown-and-white-eggs/>
 28. **Lenucci MS, Tornese R, Mita G, Durante M. 2022.** Bioactive compounds and antioxidant activities in different fractions of mangofruits (*Mangifera indica* L, Cultivar Tommy Atkins and Keitt). *Antioxidants* 11: 484. doi: 10.3390/antiox11030484

29. **Li Y, Watkins BA. 2001.** Analysis of fatty acids in food lipids. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Department of Food Science Purdue University West Lafayette, Indiana. doi: 10.1002/0471142913.fad0102s00
30. **Li P, Gao M, Fu J, Yan S, Liu Y, Mahmood T, Lv Z, et al. 2022.** Dietary soya saponin improves the lipid metabolism and intestinal health of laying hens. *Poult Sci* 101: 101663. doi: 10.1016/j.psj.2021.101663
31. **Liu J, Fu Y, Zhou S, Zhao P, Zhao J, Yang Q, Wu H, et al. 2023.** Comparison of the effect of quercetin and daidzein on production performance, anti-oxidation, hormones, and cecal microflora in laying hens during the late laying period. *Poult Sci* 102: 102674. doi: 10.1016/j.psj.2023.102674
32. **Marsiglia-Fuentes R, Franco JM, García-Zapateiro LA. 2024.** Mango (*Mangifera indica*) seeds and peel-derived hydrocolloids: gelling ability and emulsion stabilization. *Food and Bioproducts Processing* 147: 70-81. doi: 10.1016/j.fbp.2024.05.020
33. **Miao Q, Tang C, Yang Y, Zhao Q, Li F, Qin Y, Zhang J. 2006.** Deposition and bioconversion law of b-carotene in laying hens after long-term supplementation under adequate vitamin A status in the diet. *Poult Sci* 102: 103046. doi: 10.1016/j.psj.2023.103046
34. **Mohammadsadeghi F, Afsharmanesh M, Salarmoini M, Bami MK. 2023.** The effect of replacing sodium selenite with selenium-chitosan in laying hens on production performance, egg quality, egg selenium concentration, microbial population, immunological response, antioxidant enzymes, and fatty acid composition. *Poult Sci* 102: 102983. doi: 10.1016/j.psj.2023.102983
35. **Novogen 2022.** Commercial layer guide. France. [Internet]. Available in: www.novogen-layers.com
36. **Niu KM, Wang YF, Liang X, Zhai Z, Liu J, Wang R, Chen G, Wu X. 2023.** Impact of fermented *Broussonetia papyrifera* on laying performance, egg quality, lipid metabolism, and follicular development of laying hens. *Poult Sci* 102: 102569. doi: 10.1016/j.psj.2023.102569
37. **Ortiz D, Lawson T, Jarrett R, Ring A, Scoles KL, Hoverman L, Rocheford E, et al. 2021.** Biofortified orange corn increases xanthophyll density and yolk pigmentation in egg yolks from laying hens. *Poult Sci* 100:101117. doi: 10.1016/j.psj.2021.101117
38. **Pires PGS, Pires PDS, Cardinal KM, Bavaresco C. 2020a.** The use of coatings in eggs: a systematic review. *Trends Food Sci Technol* 106: 312-321. doi: 10.1016/j.tifs.2020.10.019i
39. **Pires PGS, Leuven AFR, Franceschi CH, Machado GS, Pires PDS, Moraes PO, Kindlein L, Andretta I. 2020b.** Effects of rice protein coating enriched with essential oils on internal quality and shelf life of eggs during room temperature storage. *Poult Sci* 99: 604-611. doi: 10.3382/ps/pez546
40. **Romero C, Yustos JL, Sanchez-Roman I, Lopez-Torres M, Chamorro S. 2024.** Assessment of performance and egg quality in laying hens of Spanish indigenous breed Black Castellana as compared with a selected white egg-layer strain. *Poult Sci* 103: 104096. doi: 10.1016/j.psj.2024.104096
41. **Ruiz-Canizales J, Salazar-López NJ, Robles-Zepeda RE, Robles-Sánchez M, Astiazaran-García H, Madera-Santana TJ, Ayala-Zavala JF, et al. 2024.** Mango peel phenolics increase the storage stability and cellular antioxidant activity of carotenoid-loaded emulsions. *Waste Biomass* 15: 2375-2384. doi: 10.1007/s12649-023-02313-2
42. **Sadiea RZ, Mozumder A, Mou MJ, Hasan SN, Sikder C, Akter S, Saha BK, et al. 2024.** Evaluation of the antibacterial potential of mango (*Mangifera indica*) seed kernels in Bangladesh. *Front Trop Dis* 5: 1473494. doi: 10.3389/ftd.2024.1473494

43. **Sharaf AM. 2011.** Chemical characteristics of whole eggs from avian species: a comparative study. *J Food Dairy Sci* 2: 225-235. doi: 10.21608/jfds.2011.81948
44. **USDA. 2020.** Department of Agriculture. United States standards, grades, and weight classes for shell eggs. AMS 56.210. [Internet]. Available in: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Shell_Egg_Standard%20-%205B1%5D.pdf
45. **Wang Q, Li B, Wen Y, Liu O, Xia Z, Liu H, He L, et al. 2024.** Effects of dietary supplementation of glycerol monolaurate on laying performance, egg quality, antioxidant capacity, intestinal morphology and immune function in late-phase laying hens. *Poult Sci* 103: 103644. doi: 10.1016/j.psj.2024.103644
46. **Xu M, Huo W, Liu L, Fan Z, Zhou P, Niu L, Deng H, et al. 2025.** Effect of different dietary oil sources on the performance, egg quality and antioxidant capacity during the late laying period. *Poult Sci* 103: 103644. doi: 10.1016/j.psj.2024.104615
47. **Xu Z, Zhu W, Xu D, Amevor FK, Wu Y, Ma D, Cao X, et al. 2024.** Supplementation of curcumin promotes the intestinal structure, immune barrier function and cecal microbiota composition of laying hens in early laying period. *Poult Sci* 103: 104355. doi: 10.1016/j.psj.2024.104355