





# Reevaluación de los requisitos de biotina en las codornices ponedoras: efectos sobre el rendimiento, la calidad de los huevos y el estado antioxidante

Gözde Kılınç<sup>1</sup> ; Osman Olgun<sup>2</sup> ; Esra Tuğçe Gül<sup>2</sup>   
Alpönder Yıldız<sup>2</sup> ; Ainhoa Sarmiento-García<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup>Amasya University, Suluova Vocational Schools, Department of Food Processing, 05500 Amasya, Türkiye.

<sup>2</sup>Selcuk University, Agriculture Faculty, Department of Animal Science, 42130, Konya, Türkiye.

<sup>3</sup>Universidad de Salamanca, Facultad de Medicina, Departamento de Estadística, 37007, Salamanca, Spain.

\*Correspondence: [asarmg00@usal.es](mailto:asarmg00@usal.es)

Recibido: Febrero 2025; Aceptado: Julio 2025; Publicado: Septiembre 2025.

## RESUMEN

**Objetivo.** El presente estudio investigó los efectos de la suplementación dietética con biotina sobre el rendimiento, la calidad del huevo y la capacidad antioxidante de la yema en codornices ponedoras.

**Material y métodos.** Un total de 150 codornices hembras (11 semanas de edad) fueron asignadas a cinco grupos dietéticos, que recibieron 0, 0.075, 0.150, 0.300 o 0.450 mg/kg de biotina durante 70 días. **Resultados.** La suplementación con biotina redujo linealmente el peso corporal y aumentó la producción de huevos de las codornices ( $p < 0.01$ ). La resistencia a la rotura de la cáscara de huevo mejoró cuadráticamente, alcanzando un máximo a 0.300 mg/kg ( $p < 0.01$ ). El índice de yema disminuyó cuadráticamente, mientras que los parámetros de color de la yema ( $L^*$  y  $a^*$ ) y el estado antioxidante (DPPH y MDA en la yema) respondieron linealmente a los niveles de biotina en la dieta ( $p < 0.01$ ). **Conclusiones.** Los resultados sugieren que las necesidades de biotina para las codornices ponedoras superan las recomendaciones actuales, siendo 0.300-0.450 mg/kg el nivel óptimo para el rendimiento y las propiedades antioxidantes.

**Palabras clave:** Antioxidante; *Coturnix japonica*; calidad de huevos; nutrición; rendimiento (Fuente: CAB, MeSH).

## ABSTRACT

**Objective.** The current research investigated the effects of dietary biotin supplementation on performance, egg quality, and yolk antioxidant capacity in laying quails. **Material and methods.** A total of 150 female quails (11 weeks old) were assigned to five dietary groups, receiving 0, 0.075, 0.150, 0.300, or 0.450 mg/kg of biotin over 70 days. **Results.** Biotin supplementation linearly decreased body weight while increasing egg production in quails ( $p < 0.01$ ). Eggshell-breaking resistance improved quadratically, peaking at 0.300 mg/kg ( $p < 0.01$ ). Yolk index declined quadratically, whereas yolk colour parameters ( $L^*$  and  $a^*$ ) and antioxidant status (DPPH and MDA in yolk) responded

### Como citar (Vancouver).

Kılınç G, Olgun O, Tuğçe GE, Yıldız A, Sarmiento-García A. Reevaluación de los requisitos de biotina en las codornices ponedoras: efectos sobre el rendimiento, la calidad de los huevos y el estado antioxidante. Rev MVZ Córdoba. 2025; 30(3):e3838. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3838>



Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

linearly to biotin levels ( $p < 0.01$ ). **Conclusions.** The findings suggest that biotin requirements for laying quails exceed current recommendations, with an optimal range of 0.300–0.450 mg/kg for both performance and antioxidant properties.

**Keywords:** Antioxidant; *Coturnix*; egg quality; nutrition; performance (Source: CAB, MeSH).

## INTRODUCCIÓN

Las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales que se necesitan en pequeñas cantidades para mantener el crecimiento, la reproducción y la salud general (1,2). Se clasifican en dos grupos principales: liposolubles (A, D, E y K) e hidrosolubles (complejo B y C). Entre las vitaminas hidrosolubles, el grupo del complejo B desempeña un papel fundamental en los procesos metabólicos (3). La biotina, también conocida como vitamina B<sub>7</sub> o vitamina H, es un elemento clave de este grupo. Funciona como coenzima en las reacciones de carboxilación, descarboxilación y desaminación, que son fundamentales para el metabolismo de los macronutrientes. En concreto, la biotina es indispensable para el metabolismo de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas, ya que contribuye a la síntesis de ácidos grasos, la gluconeogénesis, la regulación de la glucosa en sangre, la degradación de aminoácidos y el metabolismo del propionato (3).

En los animales de abasto, la biotina es vital para el crecimiento, la utilización de nutrientes, la integridad del tejido epitelial y el desarrollo óseo (2,4). Su papel en el mantenimiento de la salud de la piel, el pelo y las pezuñas ha sido ampliamente documentado en estas especies, y estudios recientes sugieren beneficios similares en las aves de corral, incluidas las codornices (5,6,7). A pesar de su importancia, las necesidades de biotina a menudo se pasan por alto en la nutrición avícola, especialmente en la cría de codornices, donde la investigación sobre la suplementación vitamínica sigue siendo limitada.

La producción de codornices (*Coturnix japonica*) ha ganado popularidad a nivel mundial debido a sus numerosas ventajas, entre las que se incluyen la facilidad de cría, los ciclos de producción cortos, la viabilidad económica y la creciente demanda de los consumidores de su carne y huevos (8). No obstante, todavía existen importantes lagunas en el conocimiento de las necesidades nutricionales de las codornices, especialmente en lo que respecta a sus necesidades vitamínicas. Las recomendaciones nutricionales actuales, basadas principalmente en las directrices obsoletas del

Consejo Nacional de Investigación (9) de 1994, no tienen en cuenta los avances genéticos y la evolución de los entornos de producción en la cría moderna de codornices (10,11). Si bien, aunque en estudios previos se han abordado ampliamente las necesidades energéticas, proteicas y minerales, los estudios sobre las necesidades vitamínicas, especialmente las vitaminas del grupo B como la biotina, siguen siendo escasos.

El Consejo Nacional de Investigación (9) estima que las necesidades de biotina de las codornices son de 0,15 mg/kg de dieta. Sin embargo, esta recomendación puede haber dejado de ser adecuada debido a las continuas mejoras genéticas y a los cambios en los sistemas de producción. Estudios recientes han demostrado que la suplementación con biotina puede mejorar el rendimiento, la calidad de los huevos y el estado oxidativo en las aves de corral (5,6,7,12). Teniendo en cuenta estos hallazgos, el objetivo de este estudio fue determinar el nivel óptimo de biotina en la dieta de las codornices ponedoras, centrándose en el rendimiento, la calidad de los huevos y la capacidad antioxidante de la yema.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Consideraciones éticas.** Este estudio se llevó a cabo en condiciones de producción ganadera estándar, garantizando el bienestar de los animales de granja durante todo el periodo experimental. Todos los procedimientos cumplieron con los principios éticos establecidos en la Política Europea de Protección Animal y la Declaración de Helsinki de 1964, manteniendo las mejores prácticas para el cuidado y manejo de los animales siguiendo las directrices establecidas.

**Diseño experimental.** El experimento se llevó a cabo en una instalación cubierta en una granja local en Selçuklu, Konya, Turquía (38° 1' 36" N, 32° 30' 45" E). En el estudio se utilizaron un total de 150 codornices japonesas hembras (*Coturnix japonica*), de 11 semanas de edad y con un peso corporal medio de 255±12.30 g. Para este experimento se utilizó un diseño completamente

aleatorio. Las codornices se distribuyeron aleatoriamente en cinco tratamientos, seis réplicas y cinco aves por unidad experimental. Las aves se alojaron en jaulas en batería, limpias y desinfectadas, de 30 cm de ancho y 45 cm de largo. La instalación mantuvo un ambiente controlado con una temperatura de  $20 \pm 2.0^\circ\text{C}$  y un horario de iluminación de 16 horas para simular las condiciones óptimas para la puesta de las codornices.

**Dietas experimentales.** El estudio evaluó los efectos de la suplementación con biotina en diferentes niveles en la alimentación de las codornices de puesta. Se formularon cinco dietas experimentales añadiendo 0, 0.075, 0.150, 0.300 y 0.450 mg/kg de biotina a una dieta básica que contenía 0.145 mg/kg de biotina. La biotina utilizada en el estudio procedía de un proveedor nacional (Miavit Yem Katkı Maddeleri Tic. Ltd. Şti., Esmirna, Turquía). Todas las dietas se diseñaron para ser isoproteicas e isoenergéticas, lo que garantizaba que la composición nutricional fuera consistente en todos los tratamientos, excepto en los niveles de biotina. La dieta básica, presentada en forma de puré, se formuló de acuerdo con las recomendaciones del Consejo Nacional de Investigación (9) para satisfacer las necesidades nutricionales de las codornices ponedoras.

**Análisis de la composición química.** La composición química de la dieta básica se determinó utilizando métodos estándar descritos por la AOAC (13). El contenido de humedad se midió secando las muestras a  $105^\circ\text{C}$  (método 2001.12), el contenido de proteína bruta se determinó utilizando el método Kjeldahl (990.03) y el contenido de grasa se evaluó utilizando el método de extracción Soxhlet (2003.06). Se proporcionó alimento y agua *ad libitum* durante todo el periodo experimental de 70 días. La tabla 1 ofrece un desglose detallado de la composición química y los ingredientes de la dieta básica.

**Parámetros del desarrollo.** Las métricas de rendimiento se evaluaron en función del peso corporal, el aumento de peso corporal, el consumo de alimento, la producción de huevos, el peso de los huevos, la masa de los huevos y el índice de conversión alimenticia. Se registraron los pesos corporales inicial y final de las 150 codornices con una precisión de  $\pm 0.01$  g. El consumo de alimento se calculó por codorniz y por día utilizando la metodología descrita por Olgun et al (10). La producción de huevos se expresó como porcentaje, calculado dividiendo

el número de huevos recogidos diariamente por el número total de aves y multiplicándolo por 100. El peso de los huevos, la masa de los huevos (g/codorniz/día) y el índice de conversión alimenticia se determinaron siguiendo los procedimientos descritos por Sarmiento et al (8).

**Table 1.** Ingredients and nutrient content of the basal diet.

Ingredientes	%	Nutrientes	%
Maiz	53.70	Energía metabolizable kcal/kg	2900
Harina de Soja	35.10	Proteína Bruta	20,01
Aceite de Soja	3.74	Grasa Bruta	5.915
Piedra caliza	5.60	Fibra bruta	2.723
Fosfato dicálcico	1.14	Humedad <sup>2</sup>	12.951
Sal	0.30	Calcio <sup>2</sup>	2.499
Premezcla <sup>1</sup>	0.10	Fosforo disponible	0.350
DL-metionina	0.22	Lisina	1.103
Atrapador de toxinas	0.10	Metionina	0.455
		Metionina + cisteína	0.374
		Biotina, mg/kg	0.145

<sup>1</sup> 13 000 UI de vitamina A; 5000 UI de vitamina D3; 80 mg de vitamina E; 4 mg de vitamina K3; 5 mg de tiamina; 9 mg de riboflavina; 70 mg de niacina; 25 mg de ácido pantoténico; 5 mg de piridoxina; 2,5 mg de ácido fólico; 0,02 mg de vitamina B12 mg; 16 mg de cobre; 1,25 mg; 20 mg de hierro; 120 mg de manganeso; 0,30 mg de selenio; 120 mg de zinc incorporados a razón de 1 g por kg de pienso.

<sup>2</sup> Valor analizado

**Evaluación de la calidad de la cáscara.** Se recogieron un total de 300 huevos durante los tres últimos días del experimento y se analizó la calidad de la cáscara en el Laboratorio de Calidad del Huevo de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Selcuk, en Konya (Turquía). Se evaluaron los parámetros de calidad interna y externa del huevo utilizando técnicas estandarizadas, tal y como describen Olgun et al (10).

**Peroxidación lipídica de la yema y actividad antioxidante.** La peroxidación lipídica en la yema se evaluó midiendo las concentraciones de malondialdehído (MDA) y 1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) en 90 huevos frescos. Para determinar los niveles de MDA se utilizó el ensayo de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), siguiendo los métodos descritos por Sarmiento-García et al (8) y Kilic y Richards (14). La actividad de eliminación de radicales DPPH, un indicador de la capacidad antioxidante, se midió utilizando el protocolo descrito por Sacchetti et al (15) y Olgun et al (10), con ligeras modificaciones.

**Análisis estadístico.** Todos los datos se sometieron a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) utilizando el paquete de software SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Cada jaula sirvió como unidad experimental para las mediciones del desarrollo, mientras que las aves individuales se utilizaron como unidad experimental para todas las demás mediciones. Los datos presentados en las tablas se expresan como medias  $\pm$  error estándar de la media (SEM). La significación estadística se fijó en un valor de probabilidad de  $p < 0.05$ . Se emplearon contrastes polinómicos ortogonales para evaluar la solidez de los modelos lineales y cuadráticos a la hora de explicar la relación entre las variables dependientes y los niveles crecientes de biotina en la dieta.

## RESULTADOS

**Medidas del desarrollo.** Los efectos de la suplementación con biotina sobre el peso corporal, la producción y los parámetros de ingesta de alimento en codornices ponedoras se presentan en la tabla 2. El peso del huevo, la masa del huevo, la ingesta de alimento y el índice de conversión alimenticia no se vieron significativamente influenciados por la suplementación con biotina ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, el peso corporal de las codornices mostró una disminución numérica lineal al aumentar los niveles de suplementación con biotina, observándose las reducciones más pronunciadas en los niveles de suplementación

más altos, de 0.300 mg/kg y 0.450 mg/kg ( $p < 0.01$ ). De manera similar, se detectó una disminución lineal ( $p < 0.01$ ) al aumentar los niveles de biotina. Por el contrario, la producción de huevos mostró un aumento lineal ( $p < 0.01$ ) con la suplementación con biotina, alcanzando su máximo en el nivel más alto de biotina de 0.450 mg/kg en comparación con los grupos no suplementados.

**Calidad de la cascara.** Los efectos de la suplementación con biotina sobre los parámetros de calidad de la cáscara del huevo se presentan en la tabla 3. La proporción de la cáscara y el grosor de la cáscara no se vieron significativamente influenciados por la suplementación con biotina ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, se observó una mejora significativa ( $p < 0.01$ ) en la resistencia a la rotura de la cáscara al incluir biotina en la dieta de las codornices ponedoras, en comparación con las codornices que no recibieron suplementos. El valor más alto de resistencia a la rotura (13,36 N) se registró con un nivel de suplementación con biotina de 0.300 mg/kg.

**Calidad interna del huevo.** El impacto de la suplementación con biotina en la calidad interna de los huevos se resume en la tabla 4. La suplementación con biotina no tuvo un efecto significativo en el índice de albúmen, la unidad Haugh o el valor  $b^*$  de las yemas de huevo de codorniz ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, el índice de yema disminuyó cuadráticamente a medida que aumentaban los niveles de biotina, alcanzando su valor más bajo a 0.300 mg/kg ( $p < 0.01$ ).

**Tabla 2.** Efecto de la suplementación dietética con biotina en el rendimiento de las codornices ponedoras (n=150).

Parámetros	Niveles de biotina (mg/kg)					SEM	Anova	Lineal	Cuadrático
	0	0.075	0.150	0.300	0,450				
Peso corporal inicial, g	258.38	251.70	255.60	254.20	250.52	2.405	0.939	0.995	0.606
Peso corporal final, g	291.75	280.80	285.50	271.00	269.20	3.032	0.080	0.009	0.657
Ganancia de peso, g	33.37 <sup>a</sup>	29.10 <sup>a</sup>	29.90 <sup>a</sup>	16.80 <sup>b</sup>	12.68 <sup>b</sup>	2.033	<0.001	<0.001	0.956
Producción de huevos, %	91.07 <sup>c</sup>	91.43 <sup>bc</sup>	92.43 <sup>b</sup>	92.26 <sup>b</sup>	93.75 <sup>a</sup>	0.229	<0.001	<0.001	0.821
Peso de los huevos, g	13.25	13.29	13.13	13.63	13.04	0.115	0.580	0.902	0.384
Masa de huevos, g/d/codorniz	12.07	12.15	12.13	12.57	12.23	0.112	0.665	0.390	0.440
Consumo de alimento, g/d/codorniz	34.94	34.57	33.62	34.19	33.89	0.310	0.706	0.357	0.497
Índice de conversión	2.90	2.85	2.77	2.72	2.78	0.032	0.436	0.160	0.201

<sup>a,b,c</sup> Los valores con diferentes superíndices en la misma fila eran significativamente diferentes con un valor  $p < 0.05$ . SEM: error estándar de la media.

**Tabla 3.** Efecto de la suplementación dietética con biotina en la calidad de la cáscara de los huevos de las codornices ponedoras (n=300)

Parámetros	Niveles de biotina (mg/kg)					SEM	Anova	Lineal	Cuadrático
	0	0,075	0,150	0,300	0,450				
Resistencia a la rotura de la cáscara (N)	10.72 <sup>b</sup>	12.35 <sup>a</sup>	12.81 <sup>a</sup>	13.36 <sup>a</sup>	12.55 <sup>a</sup>	0.237	0.002	0.005	0.001
Proporción de la cáscara (%)	8.28	8.17	8.17	8.19	8.39	0.055	0.711	0.433	0.239
Espesor de la cáscara (µm)	218.97	218.16	218.00	218.77	216.58	1.662	0.994	0.737	0.890

<sup>a,b</sup> Los valores con diferentes superíndices en la misma fila eran significativamente diferentes con un valor  $p < 0.05$ . SEM: error estándar de la media.

**Tabla 4.** Efecto de la suplementación dietética con biotina en la calidad interna del huevo (n=300)

Parámetros	Niveles de biotina (mg/kg)					SEM	Anova	Lineal	Cuadrático
	0	0.075	0.150	0.300	0.450				
Índice de yema	51.34	50.06	49.06	48.93	50.91	0.357	0.113	0.699	0.008
Índice de albúmen	3.38	3.33	3.51	3.32	3.47	0.063	0.850	0.751	0.894
Unidad Haugh	95.17	94.81	96.33	96.05	95.48	0.395	0.763	0.629	0.399
Parámetros de color de la yema									
L*	61.48 <sup>a</sup>	61.59 <sup>a</sup>	60.50 <sup>ab</sup>	59.30 <sup>b</sup>	60.31 <sup>ab</sup>	0.253	0.015	0.009	0.065
a*	5.00 <sup>c</sup>	5.39 <sup>abc</sup>	5.45 <sup>ab</sup>	5.19 <sup>bc</sup>	5.64 <sup>a</sup>	0.070	0.026	0.025	0.081
b*	34.97	35.64	35.21	33.29	34.32	0.374	0.318	0.155	0.696

<sup>a,b,c</sup> Los valores con diferentes superíndices en la misma fila eran significativamente diferentes con un valor  $p < 0.05$ . SEM: error estándar de la media. L\*: Luminosidad; a\*: Rojo; b\*: Amarillo

En cuanto a los parámetros del color del huevo, se observaron diferencias significativas. El valor L\* se vio significativamente afectado por la suplementación con biotina ( $p < 0.01$ ), alcanzando su mínimo en 0,300 mg/kg. El valor a\* de la yema también se vio influido por los tratamientos ( $p < 0.05$ ), alcanzando su valor más alto en las codornices suplementadas con 0.450 mg/kg en comparación con el grupo de control (5.64 frente a 5.00, respectivamente).

**Capacidad antioxidante de la yema.** Los efectos de la suplementación con biotina sobre el estado antioxidante de los huevos de codorniz se presentan en la Tabla 5. La actividad de eliminación de radicales DPPH (%) se vio significativamente influenciada por la suplementación con biotina ( $p < 0.001$ ), aumentando a medida que aumentaba el nivel

de biotina en la dieta. El valor más alto de DPPH (8.338%) se observó a 0.450 mg/kg, mientras que el más bajo (6.504%) se registró en el grupo de control (0 mg/kg). La respuesta a la suplementación con biotina siguió una tendencia lineal ( $p < 0.001$ ), mientras que el efecto cuadrático no fue significativo ( $p = 0.107$ ).

Del mismo modo, la concentración de malondialdehído (MDA) en los huevos, un indicador de la peroxidación lipídica, se vio significativamente afectada por la suplementación con biotina ( $p < 0.001$ ). El nivel más alto de MDA (4.216 µmol/kg) se registró en el grupo de control, mientras que el más bajo (2.298 µmol/kg) se encontró con una suplementación de biotina de 0.450 mg/kg. La respuesta del MDA siguió una tendencia lineal significativa ( $p < 0.001$ ), mientras que el efecto cuadrático no fue significativo ( $p = 0.766$ ).

**Tabla 5.** Efecto de la suplementación dietética con biotina sobre la capacidad antioxidante de la yema de huevos de codornices ponedoras (n=90).

Parámetros	Niveles de biotina (mg/kg)					SEM	Anova	Lineal	Cuadrático
	0	0.075	0.150	0.300	0.450				
DPPH (%)	6.504 <sup>c</sup>	7.243 <sup>b</sup>	7.005 <sup>bc</sup>	7.150 <sup>b</sup>	8.338 <sup>a</sup>	0.124	<0.001	<0.001	0.107
MDA (µmol/kg)	4.216 <sup>a</sup>	3.278 <sup>b</sup>	3.142 <sup>b</sup>	3.781 <sup>ab</sup>	2.298 <sup>c</sup>	0.151	<0.001	<0.001	0.766

<sup>a,b,c</sup> Los valores con diferentes superíndices en la misma fila eran significativamente diferentes con un valor  $p < 0.05$ . DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo. MDA: malondialdehído. SEM: error estándar de la media.

## DISCUSIÓN

La biotina, una vitamina hidrosoluble, actúa como coenzima para las carboxilasas implicadas en el metabolismo de los carbohidratos, las proteínas y los lípidos, desempeñando un papel crucial en la producción de energía y la utilización de nutrientes (16). Su influencia en el rendimiento de los animales, especialmente en las aves de corral, ha sido ampliamente documentada. En el presente estudio, la reducción de la biotina en la dieta provocó una disminución del peso corporal final y de la ganancia de peso corporal en las codornices, mientras que la producción de huevos aumentó significativamente. Esto sugiere que la biotina puede redirigir la energía hacia las funciones reproductivas a expensas del crecimiento somático, un fenómeno respaldado por su papel en la eficiencia metabólica y la distribución de nutrientes (16,17).

La reducción del peso corporal y de la ganancia de peso observados en este estudio podrían atribuirse a la capacidad de la biotina para mejorar la eficiencia metabólica, lo que podría canalizar la energía hacia la producción de huevos en lugar del crecimiento corporal. Esta hipótesis es coherente con el aumento de la producción de huevos observado, ya que la biotina puede optimizar la asignación de nutrientes a las funciones reproductivas (17). El cambio metabólico hacia la producción de huevos podría explicar por qué disminuyó el peso corporal mientras mejoró la producción de huevos, ya que es probable que los recursos energéticos se desviarán para apoyar la formación de huevos.

Los resultados de este estudio coinciden parcialmente con los publicados por El-Katcha et al (7), quienes informaron que 0,300 mg/kg de biotina reducía el peso corporal en gallinas ponedoras. Sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, ellos también observaron una disminución significativa en la ingesta de alimento, lo que no fue evidente en nuestra población de codornices. Esta discrepancia puede deberse a diferencias en las especies, la composición de la dieta o la biodisponibilidad de la biotina. Por otro lado, El-Garhy et al (6) descubrieron que 0.100 mg/kg de biotina aumentaba el peso corporal en gallinas ponedoras, pero que dosis más altas (0.150 o 0.200 mg/kg) no tenían ningún efecto. Estos resultados contradictorios ponen de relieve la importancia de la dosis, la especie y la etapa fisiológica a la hora de determinar el impacto de la biotina en el rendimiento avícola.

En el presente estudio, la suplementación con biotina condujo a un aumento gradual de la producción de huevos a medida que aumentaba su concentración en la dieta, mientras que la masa y el peso de los huevos no se vieron afectados. El aumento de la producción de huevos sin cambios en la masa o el peso de los mismos podría estar relacionado con el papel de la biotina en los procesos metabólicos, en particular la gluconeogénesis y el metabolismo energético (16). La reducción del peso corporal observada con la suplementación con biotina respalda aún más la idea de que la energía se redirigió del crecimiento somático a las funciones reproductivas, optimizando la distribución de nutrientes para la formación de huevos (7). Estos hallazgos coinciden con los descritos por El-Garhy et al (6), quienes informaron que la suplementación con biotina en niveles de 0,100, 0,150 y 0,200 mg/kg de dieta mejoró la producción de huevos en gallinas ponedoras. De manera similar, Daryabari et al (5) descubrieron que la suplementación con biotina en reproductoras de pollos de engorde aumentó la producción de huevos, lo que respalda la idea de que la biotina influye positivamente en la eficiencia reproductiva de las aves de corral (12). Sin embargo, estos resultados contrastan con los de El-Katcha et al (7), quienes no observaron ningún efecto cuando incluyeron 0,300 mg/kg de biotina en la producción de huevos en gallinas ponedoras. Esta discrepancia podría deberse a diferencias en la sensibilidad de las especies, la composición de la dieta o la biodisponibilidad de la biotina. Por ejemplo, las codornices podrían tener una mayor sensibilidad a los suplementos de biotina en comparación con las gallinas ponedoras, lo que da lugar a efectos más pronunciados en la producción de huevos. Además, las necesidades metabólicas específicas de las codornices durante el período de puesta podrían hacerlas más sensibles a los efectos de la biotina en el metabolismo energético y la distribución de nutrientes.

Aunque la adición de biotina a la dieta no mostró diferencias significativas en la proporción de la cáscara (%) ni en el grosor de la cáscara ( $\mu\text{m}$ ), se detectó un aumento significativo de la resistencia a la rotura de la cáscara en las codornices ponedoras. Esto puede atribuirse al papel de la biotina en la mejora del metabolismo del calcio y la absorción de minerales. Esta hipótesis se ve respaldada por estudios que demuestran que la suplementación con biotina puede aumentar los niveles de calcio en el suero y los huesos, lo que indica una mejor utilización de los minerales (6,7).

Según nuestro conocimiento, ningún estudio en la literatura ha examinado el efecto de la biotina sobre la resistencia a la rotura de la cáscara en las codornices. Sin embargo, los resultados concuerdan con investigaciones recientes en gallinas ponedoras, donde se ha demostrado que la suplementación con biotina influye en la calidad de la cáscara del huevo a través de mecanismos relacionados con el metabolismo del calcio y la utilización de minerales. Por ejemplo, se descubrió que añadir 2000 mg/kg de biotina al agua de bebida de las gallinas ponedoras mejoraba el grosor y el peso de la cáscara del huevo, mientras que El-Garhy et al (6) y El-Katcha et al (7) no observaron efectos significativos en el peso o el grosor de la cáscara del huevo con niveles más bajos de biotina (0,100-0,300 mg/kg). Estas discrepancias pueden deberse a diferencias en la dosis de biotina, los métodos de administración (dieta frente a la administración en agua de bebida) o las respuestas específicas de cada especie. Estos hallazgos subrayan la importancia de la biotina para optimizar la calidad de la cáscara del huevo y sugieren que es necesario seguir investigando para comprender plenamente sus mecanismos de acción.

En el presente estudio, la adición de biotina a la dieta no afectó significativamente al índice de yema, al índice de albúmina ni a la unidad Haugh, que son indicadores clave de la calidad interna del huevo. La ausencia de diferencias concuerda con investigaciones anteriores. Por ejemplo, El-Katcha et al (7) describieron que la suplementación con biotina en niveles de 0.100-0.300 mg/kg no afectaba al índice de yema ni a la calidad de la albúmina en gallinas ponedoras. Estos hallazgos concuerdan con los resultados del presente estudio, que tampoco encontró diferencias significativas en los índices de yema o albúmina. Sin embargo, la respuesta cuadrática en los valores de la unidad Haugh observada en este estudio sugiere que los efectos de la biotina en la calidad del huevo pueden depender de la dosis y requieren más investigación. No obstante, la unidad Haugh mostró una respuesta cuadrática, con el valor más bajo observado en las codornices suplementadas con 0.300 mg/kg de biotina y el valor más alto en el grupo de control. La ausencia de diferencias significativas en los índices de yema y albúmen, a pesar de la respuesta cuadrática en los valores de la unidad Haugh, sugiere que los efectos de la biotina sobre la calidad interna del huevo pueden estar mediados por mecanismos distintos al depósito directo de nutrientes. Por ejemplo, la biotina puede influir en las proteínas estructurales

de la albúmina, que contribuyen a la unidad Haugh, pero no necesariamente a los índices de yema o albúmina. Alternativamente, la biotina puede afectar a la capacidad de retención de agua de la albúmina, lo que podría explicar los cambios observados en los valores de la unidad Haugh sin afectar a otros parámetros. Se necesitan más investigaciones para estudiar estos mecanismos y determinar los niveles óptimos de suplementación con biotina para mejorar la calidad interna de los huevos de codorniz.

En el presente estudio, los parámetros de color de la yema (valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) se vieron influidos por la suplementación con biotina, observándose diferencias significativas en los valores  $L^*$  y  $a^*$ . El valor  $L^*$ , que indica la luminosidad, fue significativamente mayor en el grupo de control (0 mg/kg de biotina) y en el grupo que recibió un suplemento de 0.075 mg/kg de biotina en comparación con el grupo que recibió 0,300 mg/kg de biotina. Por otro lado, el valor  $a^*$ , que representa el tono rojizo, fue significativamente mayor en el grupo que recibió un suplemento de 0.450 mg/kg de biotina en comparación con el grupo de control. Los cambios observados en el color de la yema podrían atribuirse al papel de la biotina en el metabolismo de los lípidos y su posible impacto en el depósito de carotenoides en la yema. A niveles más bajos (por ejemplo, 0.300 mg/kg), es posible que la biotina no proporcione un apoyo suficiente para el transporte o el depósito de carotenoides, lo que conduce a una reducción de la luminosidad de la yema (valor  $L^*$ ). Por el contrario, niveles más altos de biotina (por ejemplo, 0.450 mg/kg) pueden mejorar la absorción o la utilización de carotenoides, aumentando el tono rojizo (valor  $a^*$ ) de la yema. Esta hipótesis está respaldada por estudios que demuestran que la biotina desempeña un papel crucial en el metabolismo de los lípidos y la absorción de nutrientes, que son esenciales para la pigmentación de la yema (12). En el presente estudio, se observó un aumento del tono rojizo (valor  $a^*$ ) con niveles más altos de suplementación con biotina (0,450 mg/kg), mientras que no se detectaron cambios significativos en el tono amarillento (valor  $b^*$ ). Estos hallazgos sugieren que la biotina puede influir en ciertos aspectos de la pigmentación de la yema; sin embargo, la respuesta parece depender de la dosis o posiblemente ser específica de cada especie. Dada la escasez y variabilidad de los datos disponibles actualmente, es necesario seguir investigando para dilucidar los mecanismos por los que la biotina afecta al

color de la yema y establecer los niveles óptimos de suplementación en las codornices ponedoras.

La reducción de los niveles de MDA en la yema y el aumento de la actividad de eliminación de radicales DPPH a 0.300 mg/kg de biotina indican que la suplementación con biotina puede mitigar la peroxidación lipídica y mejorar la capacidad antioxidante en los huevos de codorniz. Estos hallazgos sugieren que la biotina actúa como antioxidante al neutralizar los radicales libres y reducir el estrés oxidativo, lo que concuerda con su función en el mantenimiento de la integridad celular y la prevención del daño lipídico (2). Se cree que el átomo de azufre presente en la biotina desempeña un papel clave en su actividad antioxidante, ya que puede interactuar directamente con los radicales libres, reduciendo así el estrés oxidativo (18). Estudios recientes han reportado resultados contradictorios con respecto a los efectos de la biotina sobre los marcadores de estrés oxidativo. Por ejemplo, Kadhim et al (2) encontraron que la suplementación con biotina en niveles de 550-750 µg/kg redujo los valores séricos de MDA en pollos de engorde expuestos a estrés oxidativo, lo que concuerda con la reducción de los niveles de MDA en la yema observada en el presente estudio. Sin embargo, algunos estudios no han observado efectos significativos de la biotina sobre los niveles de MDA en condiciones normales, lo que sugiere que los efectos antioxidantes de la biotina pueden ser más pronunciados en condiciones de estrés oxidativo (12). La ausencia de cambios significativos en los niveles de MDA en algunos estudios, a pesar de los efectos antioxidantes observados en el presente estudio, puede deberse a diferencias en las condiciones experimentales, como la

ausencia de estrés oxidativo o variaciones en la dosis de biotina.

En conclusión, la suplementación dietética con biotina a 0.450 mg/kg optimizó la producción de huevos, mejoró la resistencia al rompimiento de la cáscara y aumentó la capacidad antioxidante de la yema en las codornices ponedoras. Basándose en estos resultados, se recomienda un nivel dietético de 0.450 mg/kg como tasa de inclusión óptima en las condiciones de este estudio.

### Conflicto de intereses

Los autores no tienen intereses financieros ni no financieros relevantes que declarar.

### Financiación

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de organismos de financiación del sector público, comercial o sin ánimo de lucro.

### Contribución de los autores

Conceptualización: GK, OO, ETG, ASG, AY. Curación de datos: GK, OO, ETG, ASG. Análisis formal: GK, OO, ETG, ASG. Obtención de financiación: OO, GK, AY. Investigación: GK, OO, ETG. Metodología: GK, OO, ASG. Administración del proyecto: GK, OO, AY. Recursos: OO, ETG, GK, AY, ASG. Software: OO, ETG. Supervisión: ASG, OO. Validación: ASG, OO, ETG. Visualización: GK, ASG, OO, ETG. Redacción del borrador original: GK, ETG, ASG, OO. Redacción, revisión y edición: GK, OO, ETG, ASG, AY. Todos los autores han leído el manuscrito final y han aprobado su presentación.

## REFERENCIAS

1. Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, Tiwari R, Yatoo MI, Karthik K, Michalak I, Dhama K. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health—a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*. 2021; 41:1-29. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1857887>
2. Kadhim AH, Noor AS, Amer MA. The effectiveness of biotin (vitamin B7) added to the diet in improving the efficiency of productivity, and some physiological traits for broiler chickens (Ross-308) exposed to oxidative stress. *Archives of Razi Institute*. 2022; 77:1805-1812. <http://dx.doi.org/10.22092/ARI.2022.358365.2210>
3. Mock DM. Biotin: from nutrition to therapeutics. *The Journal of Nutrition*. 2017; 147:1487-1492. <http://dx.doi.org/10.3945/jn.116.238956>

4. Yossa R, Sarker PK, Mock DM, Lall SP, Vandenberg GW. Current knowledge on biotin nutrition in fish and research perspectives. *Reviews in Aquaculture*. 2015; 7:59-73. <http://dx.doi.org/10.1111/raq.12053>
5. Daryabari H, Akhlaghi A, Zamiri MJ, Pirsaraei ZA, Mianji GR, Deldar H, Eghbalian AN. Oral administration of supplementary biotin differentially influences the fertility rate and oviductal expression of avidin and avidin-related protein-2 in low-and high-fertility broiler line hens. *Poultry Science*. 2015; 94:289-295. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/peu073>
6. El-Garhy OHM, El-Gendi GM, Okasha HM. Effect of housing system and dietary biotin supplementation on productive performance, some blood constituents and economic efficiency of Benha line chicken. *Egyptian Poultry Science Journal*. 2019; 39:219-234. <http://dx.doi.org/10.21608/epsj.2019.29132>
7. El-Katcha MI, Soltan MA, El-Naggar K, El-Shobokshy SA, El-Erian MA. Laying performance, fat digestibility and liver condition of laying hens supplemented with vitamin B<sub>12</sub> or biotin and/or bile acids in the diet. *Slovenian Veterinary Research*. 2019; 56(Suppl 22):341–352. <http://dx.doi.org/10.26873/SVR-773-2019>
8. Sarmiento-Garcia A, Olgun O, Kılınc G, Sevim B, Gökmen SA. The use of purple carrot powder in the diet of laying quails improved some egg quality characteristics, including antioxidant capacity. *Tropical Animal Health and Production*. 2023; 55:220. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-023-03636-x>
9. National Research Council (NRC). *Nutrient Requirements of Poultry*. In *Nutrient Requirements of Poultry*. National Academies Press; 1994
10. Olgun O, Gül ET, Kılınc G, Yıldız A, Çolak A, Sarmiento-García A. Performance, egg quality, and yolk antioxidant capacity of the laying quail in response to dietary choline levels. *Animals*. 2022; 12:3361. <http://dx.doi.org/10.3390/ani12233361>
11. Sarmiento-Garcia A, Olgun O, Gül ET, Kılınc G, Yıldız A. The potential of lemon peel powder as an additive in layer quails (*Coturnix coturnix Japonica*): An experimental study. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2024; 96:e20230640. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420230640>
12. Hasan Kadhim A, Shamkhi Noor A, Amer Ali M. The effectiveness of biotin (vitamin b7) added to the diet in improving the efficiency of productivity, and some physiological traits for broiler chickens (ross-308) exposed to oxidative stress. 2022; *Archives of Razi Institute*. 77:1805-1812. <https://doi.org/10.22092/ari.2022.358365.2210>
13. AOAC. *Official Methods of Analysis Association, 18<sup>th</sup> ed.*; Association of Official analytical chemist: Washington DC, USA; 2006.
14. Kilic B, Richards MP. Lipid oxidation in poultry döner kebab: pro-oxidative and anti-oxidative factors. *Journal of Food Science*. 2003; 68:686–689. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05732.x>
15. Sacchetti G, Maietti S, Muzzoli M, Scaglianti M, Manfredini S, Radice M, Bruni R. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chemistry*. 2005; 91:621–632. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.031>
16. Sherif SK, Ismail FSA, Elbasil EI, Kalaba ZM. Effect of in-ovo injection of biotin, and carnitine on hatching and growth performance in broiler chicks. *Egyptian Poultry Science Journal*. 2021; 41:333-350. <http://dx.doi.org/10.21608/epsj.2021.182511>
17. Elnesr SS, Alagawany M, Elwan HA, Fathi MA, Farag MR. Effect of sodium butyrate on intestinal health of poultry—a review. *Annals of Animal Science*. 2020; 20:29-41. <http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2019-0077>
18. Nelson DL, Cox M. *Lehninger Principles of Biochemistry: International Edition*: Macmillan Learning; 2017.