



Artículo original / Original article

Efecto de los polifenoles de la cáscara seca de camu-camu (*Myrciaria Dubia* H.B.K. *Mc Vaugh*) en dietas de codornices en postura (*Coturnix Coturnix Japonica*), sobre la estabilidad oxidativa de la yema y calidad de huevo para la prevención del Covid-19

Effect of polyphenols from dried camu-camu (*Myrciaria Dubia* H.B.K. *Mc Vaugh*) peel in laying quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) diets on yolk oxidative stability and egg quality for the prevention of Covid-19

Madeline Victoria García-Leandro ² ; Nelly Olinda Roman-Paredes ¹ ; Homero Josué Gómez-Matos ^{1*}

¹Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú

²Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Recibido: 30/11/2023

Aceptado: 17/01/2024

Publicado: 25/01/2024

*Autor de correspondencia: hgomez@unamad.edu.pe

Resumen: El objetivo fue evaluar el efecto de la inclusión de cáscara seca de camu-camu (*Myrciaria dubia*) en dietas de codornices de postura (*Coturnix japonica*) sobre el desempeño productivo, la calidad del huevo y la estabilidad oxidativa de la yema, en el contexto del interés por alimentos funcionales durante la pandemia de COVID-19. Se utilizaron 144 codornices distribuidas en dos tratamientos durante seis semanas: dieta control y dieta con 1 % de cáscara de camu-camu. No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en color de yema, porcentaje de postura, masa de huevo, consumo ni conversión alimenticia. El tratamiento suplementado mostró tendencias numéricas favorables en masa de huevo (292.15 g), postura (82.74 %) y conversión alimenticia (3.21 kg/kg). La concentración de MDA fue de 0.735 y 0.982 $\mu\text{g/g}$ de yema en el control y tratamiento experimental, respectivamente.

Palabras clave: camu-camu; calidad del huevo; codornices; estabilidad oxidativa; rendimiento productivo

Abstract: The objective was to evaluate the effect of dried camu-camu peel (*Myrciaria dubia*) inclusion in the diets of laying quails (*Coturnix japonica*) on productive performance, egg quality, and yolk oxidative stability, within the context of interest in functional foods during the COVID-19 pandemic. A total of 144 quails were assigned to two treatments for six weeks: a control diet and a diet containing 1% camu-camu peel. No significant differences ($p > 0.05$) were observed in yolk color, laying rate, egg mass, feed intake, or feed conversion ratio. The supplemented treatment showed favorable numerical trends in egg mass (292.15 g), laying rate (82.74%), and feed conversion ratio (3.21 kg/kg). MDA concentrations were 0.735 and 0.982 $\mu\text{g/g}$ of yolk in the control and experimental treatments, respectively.

Keywords: camu-camu; egg quality; laying quails; oxidative stability; productive performance.

1. Introducción

La presente investigación surgió en el contexto de la pandemia de COVID-19, periodo en el que aumentó el interés científico por los compuestos naturales con propiedades antioxidantes y por su posible aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales. Entre estos compuestos, los polifenoles adquirieron especial relevancia debido a sus propiedades biológicas y antioxidantes, lo que impulsó la búsqueda de fuentes vegetales que pudieran incorporarse en distintas estrategias nutricionales (Paraiso et al., 2020).

La agroindustria genera cantidades importantes de residuos y coproductos vegetales que pueden conservar compuestos de interés nutricional y funcional. En el caso del camu-camu (*Myrciaria dubia*), diferentes fracciones derivadas de su procesamiento contienen compuestos fenólicos y antioxidantes que pueden ser recuperados y valorizados, reduciendo al mismo tiempo el desaprovechamiento de estos residuos (Araújo et al., 2022; Fidelis et al., 2020; Melgarejo Cabello, 2018). En este sentido, los coproductos del camu-camu representan una alternativa de interés para el desarrollo de nuevos ingredientes funcionales (das Chagas et al., 2021).

Entre los sistemas de producción pecuaria, la crianza de codornices destaca por la obtención de huevos con elevado valor nutricional. El huevo constituye una fuente de proteínas de alta calidad, lípidos, vitaminas, minerales y diversos componentes bioactivos con potencial aplicación nutricional y funcional (Abeyrathne et al., 2013; Anton et al., 2006). Asimismo, la composición y determinadas características de calidad del huevo pueden ser modificadas mediante estrategias de alimentación y la incorporación de ingredientes funcionales en la dieta de las aves (Nemati et al., 2021).

La utilización de ingredientes vegetales ricos en compuestos bioactivos ha adquirido interés en la alimentación avícola debido a su posible influencia sobre el desempeño productivo, la calidad del huevo y el estado antioxidante de las aves. En codornices de postura, la suplementación con ingredientes de origen vegetal ha mostrado respuestas variables sobre parámetros como producción de huevos, consumo de alimento, conversión alimenticia y características de calidad del huevo (Nemati et al., 2021; Saraswati et al., 2013).

Dentro de estos recursos vegetales, el camu-camu destaca por su contenido de vitamina C, polifenoles y otros compuestos antioxidantes (Chirinos et al., 2010). Particularmente, la cáscara contiene cantidades importantes de compuestos fenólicos y presenta actividad antioxidante, lo que sustenta su potencial aprovechamiento como coproducto de interés funcional (Kaneshima et al., 2016; Villanueva-Tiburcio et al., 2010). Estudios posteriores sobre residuos industriales secos de camu-camu también han confirmado la presencia de compuestos bioactivos aprovechables en estas fracciones (Araújo et al., 2022).

Sin embargo, existe información limitada sobre el efecto de la inclusión de cáscara de camu-camu en dietas de codornices de postura y su relación con el desempeño productivo, la calidad del huevo y la estabilidad oxidativa de la yema. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de cáscara seca de camu-camu en dietas de codornices de postura sobre los parámetros productivos, la calidad del huevo y la estabilidad oxidativa de la yema, como parte de la búsqueda de alternativas alimentarias con potencial funcional desarrolladas en el contexto de la pandemia de COVID-19.

2. Materiales y Métodos

2.1 Lugar de estudio

La investigación se realizó en la ciudad de Lima, distrito de Los Olivos, departamento de Lima, Perú, a una altitud aproximada de 75 m s. n. m. La fase experimental se desarrolló entre octubre y noviembre de 2021 y tuvo una duración de seis semanas.

2.2 Criterios de selección

El módulo experimental contaba con una población de 200 codornices hembras (*Coturnix japonica*). Para el estudio se utilizaron 144 codornices hembras de 60 días de edad, procedentes de Arequipa, con un peso corporal inicial comprendido entre 110 y 130 g.

Las aves fueron distribuidas aleatoriamente en dos tratamientos, con 72 codornices por tratamiento. Cada tratamiento estuvo conformado por seis repeticiones de 12 aves, alojadas en jaulas independientes, consideradas como unidades experimentales. La distribución experimental se presenta en la Tabla 2. Se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA).

Los tratamientos evaluados fueron:

T1: dieta basal sin inclusión de cáscara de camu-camu (0 %).

T2: dieta basal con inclusión de 1 % de cáscara de camu-camu.

2.3 Obtención y procesamiento de la cáscara de camu-camu

La cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia*) utilizada en el experimento fue obtenida de la empresa Wara, ubicada en Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú. Este material correspondió a un subproducto generado durante la industrialización del camu-camu.

La cáscara fue sometida a un proceso de secado durante 24 horas con la finalidad de reducir su contenido de humedad. Posteriormente, fue acondicionada en una caja de tecnopor con hielo seco para su transporte al laboratorio, donde se realizó su caracterización química y nutricional (Latimer GW, 2019).

2.4 Formulación de las dietas experimentales

Se formularon dos dietas experimentales nutricionalmente adecuadas para codornices en etapa de postura, tomando como referencia los requerimientos nutricionales establecidos para aves (National Research Council, 1994). El tratamiento control no incluyó cáscara de camu-camu, mientras que el tratamiento experimental incorporó 1 % de este subproducto.

Las dietas fueron elaboradas principalmente con maíz amarillo, aceite de soya, torta de soya, carbonato de calcio, fosfato dicálcico, sal granulada, DL-metionina y una premezcla de vitaminas y minerales. Ambas formulaciones presentaron aproximadamente 20 % de proteína cruda y 2873 kcal/kg de energía metabolizable. La composición y el contenido nutricional calculado de las dietas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición y contenido nutricional calculado de las dietas experimentales.

Ingredientes y composición nutricional	T1: 0 % cáscara de camu-camu	T2: 1 % cáscara de camu-camu
Ingredientes (%)		
Maíz amarillo	61.00	61.00
Aceite de soya	5.00	4.95
Torta de soya	25.13	24.23
Carbonato de calcio	7.15	7.15
Fosfato dicálcico	1.04	1.05
Sal granulada	0.39	0.39
DL-metionina	0.16	0.16
Premezcla de vitaminas y minerales	0.10	0.10
Cáscara de camu-camu	0.00	1.00
Total	99.97	99.98
Contenido nutricional calculado		
Materia seca (%)	90.10	90.27
Proteína cruda (%)	20.01	20.06
Fibra cruda (%)	3.44	3.48
Energía metabolizable (kcal/kg)	2873	2873
Lisina (%)	1.11	1.19

Metionina (%)	0.48	0.47
Triptófano (%)	0.25	0.23
Calcio (%)	4.00	4.00
Fósforo disponible (%)	0.46	0.41
Costo (\$/kg)	2.25	2.35

Nota. T1 = dieta basal sin cáscara de camu-camu; T2 = dieta con inclusión de 1 % de cáscara de camu-camu.

2.5 Manejo experimental

El periodo experimental tuvo una duración de seis semanas. Las 144 codornices fueron alojadas en 12 jaulas, con seis unidades experimentales por tratamiento y 12 aves por jaula (Tabla 2). Durante el experimento, las aves recibieron cuatro horas adicionales de iluminación diaria, desde las 18:30 hasta las 22:30 horas.

El alimento fue suministrado y registrado diariamente. Los residuos de alimento también fueron pesados con la finalidad de determinar el consumo real. Asimismo, se registró diariamente la producción de huevos y se efectuó el pesaje de los huevos recolectados en cada unidad experimental. Para estos procedimientos se utilizó una balanza con una precisión reportada de 0.10 g.

Tabla 2. Distribución de las unidades experimentales.

Repetición (jaula)	T1: 0 % cáscara de camu-camu	T2: 1 % cáscara de camu-camu
1	12 codornices	12 codornices
2	12 codornices	12 codornices
3	12 codornices	12 codornices
4	12 codornices	12 codornices
5	12 codornices	12 codornices
6	12 codornices	12 codornices
Total	72 codornices	72 codornices

Nota. Cada jaula constituyó una unidad experimental.

2.6 Variables evaluadas

Durante el periodo experimental se evaluaron el porcentaje de postura, peso promedio del huevo, masa de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, color de la yema y estabilidad oxidativa de la yema.

2.6.1 Porcentaje de postura

Se registró diariamente el número de huevos producidos en cada jaula. El porcentaje de postura se calculó semanalmente considerando el número de huevos producidos y el número de aves presentes en cada unidad experimental, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Postura}(\%) = \frac{\text{Número de huevos producidos}}{\text{Número de aves en la jaula}} \times 100$$

2.6.2 Peso promedio del huevo

Los huevos fueron recolectados y pesados dos veces por semana. El peso promedio del huevo se determinó a partir del peso total registrado y del número de huevos producidos:

$$\text{Peso promedio del huevo(g)} = \frac{\text{Peso total de los huevos}}{\text{Número de huevos}}$$

2.6.3 Masa de huevo

La masa de huevo se determinó considerando conjuntamente el porcentaje de postura y el peso promedio de los huevos producidos.

2.6.4 Consumo de alimento

El alimento suministrado y los residuos fueron pesados diariamente. El consumo se obtuvo mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento residual:

$$\text{Consumo de alimento} = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento residual}$$

Los resultados fueron expresados en g/ave/día.

2.6.5 Conversión alimenticia

La conversión alimenticia se calculó semanalmente para cada unidad experimental como la relación entre el consumo de alimento y la masa de huevo producida:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Masa de huevo}}$$

2.6.6 Color de la yema

El color de la yema se determinó mediante comparación visual utilizando la escala colorimétrica de Roche (Vuilleumier, 1969). Las evaluaciones permitieron asignar a cada muestra un valor de pigmentación de acuerdo con dicha escala.

Las variables y procedimientos anteriores corresponden a los descritos originalmente en el manuscrito para la evaluación productiva y de calidad del huevo.

2.7 Evaluación de la estabilidad oxidativa de la yema

Al finalizar la sexta semana del periodo experimental se recolectaron muestras de huevo de ambos tratamientos y se remitieron al laboratorio para evaluar la estabilidad oxidativa de la yema.

De acuerdo con los resultados presentados posteriormente en el manuscrito, la evaluación se realizó mediante la determinación de la concentración de malondialdehído (MDA), expresada en μ g MDA/g de yema (Botsoglou et al., 1994).

2.8 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), de acuerdo con un diseño completamente aleatorizado. Para la comparación de las medias entre tratamientos se empleó la prueba de Tukey, considerando diferencias estadísticamente significativas cuando $p < 0.05$. La jaula, conformada por 12 codornices, fue considerada como la unidad experimental. El manuscrito original identifica expresamente el uso de ANOVA, la prueba de Tukey y un diseño completamente aleatorizado.

3. Resultados

3.1 Calidad del huevo

3.1.1 Color de la yema

Los valores de color de la yema, determinados mediante la escala de Roche, se presentan en la Tabla 3. Durante las seis semanas de evaluación no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control y el tratamiento con 1 % de cáscara de camu-camu ($p > 0.05$).

Los valores registrados oscilaron entre 8.00 y 8.33 puntos. En la primera semana, T1 presentó un valor de 8.00 y T2 de 8.17; mientras que en la sexta semana los valores fueron de 8.33 y 8.17, respectivamente. En todas las semanas evaluadas ambos tratamientos presentaron la misma agrupación estadística.

Tabla 3. Color de la yema de huevo de codornices según tratamiento y semana de evaluación.

Semana	T1: 0 % cáscara de camu-camu	T2: 1 % cáscara de camu-camu	<i>p</i>	Significancia
1	8.00 ^a	8.17 ^a	0.8219	NS
2	8.33 ^a	8.17 ^a	0.9150	NS
3	8.17 ^a	8.17 ^a	0.3325	NS
4	8.17 ^a	8.17 ^a	0.4222	NS
5	8.17 ^a	8.33 ^a	0.2891	NS
6	8.33 ^a	8.17 ^a	0.4201	NS

Nota. Medias con la misma letra dentro de una fila no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). T1 = dieta sin cáscara de camu-camu; T2 = dieta con 1 % de cáscara de camu-camu; NS = no significativo.

3.1.2 Porcentaje de postura

Los porcentajes de postura obtenidos durante las seis semanas experimentales se presentan en la Tabla 4. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguna de las semanas evaluadas ($p > 0.05$).

Durante las dos primeras semanas los porcentajes de postura fueron similares. A partir de la tercera semana se observó una ligera tendencia numérica favorable al tratamiento T2, alcanzando en la quinta semana el mayor valor registrado, con 82.74 %, frente a 80.72 % en T1. En la sexta semana, los valores fueron de 80.35 % para T1 y 80.25 % para T2.

Tabla 4. Porcentaje de postura de codornices según tratamiento y semana de evaluación.

Semana	T1: 0 % cáscara de camu-camu (%)	T2: 1 % cáscara de camu-camu (%)	<i>p</i>	Significancia
1	78.50 ^a	77.90 ^a	0.5236	NS
2	78.21 ^a	78.18 ^a	0.4523	NS
3	79.25 ^a	79.81 ^a	0.2829	NS
4	80.32 ^a	80.62 ^a	0.0842	NS
5	80.72 ^a	82.74 ^a	0.1586	NS
6	80.35 ^a	80.25 ^a	0.2356	NS

Nota. Medias con la misma letra dentro de una fila no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). T1 = dieta sin cáscara de camu-camu; T2 = dieta con 1 % de cáscara de camu-camu; NS = no significativo.

3.1.3 Masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia

Los resultados correspondientes a la masa de huevo semanal, consumo de alimento y conversión alimenticia se presentan en la Tabla 5. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para ninguna de las variables evaluadas ($p > 0.05$).

La masa de huevo semanal presentó un valor de 274.95 g en T1 y 292.15 g en T2. El consumo de alimento fue de 26.55 g/ave/día en T1 y 27.95 g/ave/día en T2. Respecto a la conversión alimenticia, se obtuvieron valores de 3.42 kg/kg para T1 y 3.21 kg/kg para T2.

En términos numéricos, T2 presentó una mayor masa de huevo y consumo de alimento, así como un menor valor de conversión alimenticia; sin embargo, estas diferencias no alcanzaron significancia estadística.

Tabla 5. Respuesta productiva de codornices alimentadas con dietas con y sin cáscara de camu-camu.

Tratamiento	Masa de huevo semanal (g)	Consumo de alimento (g/ave/día)	Conversión alimenticia (kg/kg)
T1: 0 % cáscara de camu-camu	274.95 ^a	26.55 ^a	3.42 ^a
T2: 1 % cáscara de camu-camu	292.15 ^a	27.95 ^a	3.21 ^a

Nota. Medias con la misma letra dentro de una columna no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

3.2 Estabilidad oxidativa de la yema

3.2.1 Concentración de malondialdehído

La concentración de malondialdehído (MDA) en la yema fue determinada al finalizar la sexta semana experimental. Los resultados se presentan en la Tabla 6.

El tratamiento T1, correspondiente a la dieta sin cáscara de camu-camu, presentó una concentración de 0.735 μ g MDA/g de yema, mientras que T2, suplementado con 1 % de cáscara de camu-camu, registró 0.982 μ g MDA/g de yema. De acuerdo con los valores reportados, T2 presentó una concentración numéricamente superior de MDA respecto a T1.

Tabla 6. Concentración de malondialdehído en la yema de huevo de codornices según tratamiento.

Tratamiento	Semana de evaluación	MDA (μ g/g de yema)
T1: 0 % cáscara de camu-camu	6	0.735
T2: 1 % cáscara de camu-camu	6	0.982

No se reportan en el manuscrito valores de p ni medidas de dispersión para esta variable, por lo que la comparación debe limitarse a la diferencia numérica observada entre los tratamientos.

3.3 Discusión

La inclusión de 1 % de cáscara de camu-camu en la dieta de las codornices no produjo diferencias significativas en el color de la yema durante las seis semanas de evaluación. Los valores se mantuvieron entre 8.00 y 8.33 puntos en la escala de Roche, lo que evidencia una pigmentación relativamente estable entre los tratamientos. Marinho (2011) evaluó la calidad interna y externa de huevos de codorniz bajo diferentes temperaturas y periodos de almacenamiento, mostrando que estas condiciones pueden influir sobre las características de calidad del huevo. En consecuencia, además de la composición de la dieta, factores como la temperatura y el tiempo de conservación deben considerarse al interpretar este tipo de variables.

El porcentaje de postura tampoco presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Sin embargo, el grupo suplementado con 1 % de cáscara de camu-camu alcanzó un valor numéricamente superior en la quinta semana, con 82.74 %. Núñez-Torres et al. (2021), al evaluar la suplementación con jengibre en codornices, encontraron respuestas variables en indicadores como postura, consumo de alimento y conversión alimenticia. De manera similar, Saraswati et al. (2013) reportaron modificaciones en la producción de huevos mediante la suplementación con cúrcuma, mientras que Nemati et al. (2021) observaron que la incorporación de jengibre puede influir en parámetros productivos y de calidad del huevo. Estas evidencias muestran que la respuesta a ingredientes vegetales puede depender del tipo de compuesto, la dosis y las condiciones de manejo.

En cuanto a la masa de huevo y el consumo de alimento, tampoco se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos. No obstante, T2 presentó una masa de huevo semanal numéricamente mayor, con 292.15 g frente a 274.95 g en T1, y un consumo de 27.95 g/ave/día frente a 26.55 g/ave/día. Prado Antayhua (2016) también registró variaciones en parámetros productivos al incorporar palillo en dietas de codornices, mientras que Barreto et al. (2007) evidenciaron que las características nutricionales de la dieta pueden repercutir sobre el desempeño y la calidad del huevo. Por ello, las diferencias observadas en el presente estudio deben considerarse tendencias numéricas y no efectos concluyentes de la suplementación.

Respecto a la conversión alimenticia, T2 presentó un valor de 3.21 kg/kg frente a 3.42 kg/kg en T1. Aunque el valor fue numéricamente menor en el tratamiento suplementado, la diferencia no alcanzó significancia estadística. Resultados de investigaciones con ingredientes fitogénicos también muestran respuestas variables sobre este indicador. Núñez-Torres et al. (2021) evaluaron cambios en la conversión alimenticia asociados con la inclusión de jengibre, mientras que Prado

Antayhua (2016) analizó esta variable en dietas suplementadas con palillo. En conjunto, estos antecedentes sugieren que la eficiencia alimenticia puede estar condicionada por el ingrediente utilizado, su nivel de inclusión y las características nutricionales de la dieta.

En relación con la estabilidad oxidativa, se registraron concentraciones de MDA de $0.735 \mu\text{g/g}$ de yema en T1 y $0.982 \mu\text{g/g}$ en T2. Estos valores muestran una diferencia numérica entre los tratamientos; sin embargo, al no disponerse de valores de p ni medidas de dispersión para esta variable, no es posible establecer una diferencia estadísticamente significativa. Prado Antayhua (2016) empleó el MDA como indicador de estabilidad oxidativa de la yema en codornices suplementadas con palillo, mientras que Nemati et al. (2021) demostraron que determinados ingredientes vegetales pueden modificar el estado antioxidante de codornices de postura. Aunque la cáscara de camu-camu posee compuestos fenólicos y actividad antioxidante documentada (Kaneshima et al., 2016; Villanueva-Tiburcio et al., 2010), los resultados obtenidos en este estudio no evidenciaron una reducción numérica de MDA con el nivel de inclusión evaluado.

En conjunto, la inclusión de 1 % de cáscara de camu-camu mantuvo el desempeño productivo y las características de calidad del huevo sin generar diferencias estadísticamente significativas respecto al tratamiento control. Las tendencias observadas en masa de huevo, porcentaje de postura y conversión alimenticia muestran la posibilidad de continuar evaluando este subproducto en alimentación de codornices. Su aprovechamiento resulta además relevante debido a la presencia de compuestos bioactivos en los residuos del camu-camu y a las posibilidades de valorización de estas fracciones agroindustriales (Fidelis et al., 2020; Araújo et al., 2022). En el contexto que dio origen al proyecto durante la pandemia de COVID-19, estos resultados contribuyen al estudio de fuentes naturales con potencial para el desarrollo de ingredientes funcionales, particularmente desde la perspectiva productiva y de calidad del huevo.

4. Conclusiones

La inclusión de 1 % de cáscara de camu-camu en la dieta de codornices de postura no produjo diferencias estadísticamente significativas en la pigmentación de la yema, el porcentaje de postura, la masa de huevo, el consumo de alimento ni la conversión alimenticia durante las seis semanas de evaluación. No obstante, el tratamiento suplementado presentó tendencias numéricas favorables en algunos parámetros productivos, alcanzando un porcentaje de postura de 82.74 %, una masa de huevo semanal de 292.15 g y una conversión alimenticia de 3.21 kg/kg. En cuanto a la estabilidad oxidativa, la concentración de MDA fue numéricamente mayor en el tratamiento con 1 % de cáscara de camu-camu ($0.982 \mu\text{g/g}$ de yema) respecto al control ($0.735 \mu\text{g/g}$ de yema); por ello, con los datos disponibles no puede afirmarse que la suplementación haya mejorado la estabilidad oxidativa de la yema. En conjunto, el uso de cáscara de camu-camu al 1 % fue compatible con el desempeño productivo de las codornices y aporta evidencia sobre el aprovechamiento de este subproducto como ingrediente de potencial funcional, en el contexto del interés por compuestos naturales y alimentos funcionales durante la pandemia de COVID-19.

Financiamiento

2do puesto en la II Convocatoria fondo concursable de apoyo a la investigación 2020, aprobado mediante Resolución de Vicerrectorado De Investigación N° 137-2020-UNAMAD-VRI.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

G – M, H.J; D – F, B.A; R – P, N.O; G – L, M.V; V – C, J.L. Administración del Proyecto, metodología e investigación, validación, conceptualización, análisis formal, redacción y elaboración (revisión y edición) para el informe final, supervisión de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Abeyrathne, E. D. N. S., Lee, H. Y., & Ahn, D. U. (2013). Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents – A review. *Poultry Science*, 92(12), 3292–3299. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03391>
- Anton, M., Nau, F., & Nys, Y. (2006). Bioactive egg components and their potential uses. *World's Poultry Science Journal*, 62(03), 429. <https://doi.org/10.1017/S004393390600105X>
- Araújo, P. A. da C., García, V. A. dos S., Osiro, D., Franca, D. de S., Vanin, F. M., & Carvalho, R. A. de. (2022). Active compounds from the industrial residue of dry camu-camu. *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.05321>
- Barreto, S. L. de T., Quirino, B. J. de S., Brito, C. O., Umigi, R. T., Araujo, M. S. de, Rocha, T. C. da, & Pereira, C. G. (2007). Efeitos de níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e a qualidade de ovos de codornas européias na fase inicial de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(1), 86–93. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100011>
- Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Papageorgiou, G. E., Vassilopoulos, V. N., Mantis, A. J., & Trakatellis, A. G. (1994). Rapid, Sensitive, and Specific Thiobarbituric Acid Method for Measuring Lipid Peroxidation in Animal Tissue, Food, and Feedstuff Samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(9), 1931–1937. <https://doi.org/10.1021/jf00045a019>
- Chirinos, R., Galarza, J., Betalleluz-Pallardel, I., Pedreschi, R., & Campos, D. (2010). Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. *Food Chemistry*, 120(4), 1019–1024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.041>
- das Chagas, E. G. L., Vanin, F. M., dos Santos Garcia, V. A., Yoshida, C. M. P., & de Carvalho, R. A. (2021). Enrichment of antioxidants compounds in cookies produced with camu-camu (*Myrciaria dubia*) coproducts powders. *LWT*, 137, 110472. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110472>
- Fidelis, M., do Carmo, M. A. V., da Cruz, T. M., Azevedo, L., Myoda, T., Miranda Furtado, M., Boscacci Marques, M., Sant'Ana, A. S., Inês Genovese, M., Young Oh, W., Wen, M., Shahidi, F., Zhang, L., Franchin, M., de Alencar, S. M., Luiz Rosalen, P., & Granato, D. (2020). Camu-camu seed (*Myrciaria dubia*) – From side stream to an antioxidant, antihyperglycemic, antiproliferative, antimicrobial, antihemolytic, anti-inflammatory, and antihypertensive ingredient. *Food Chemistry*, 310, 125909. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125909>
- Kaneshima, T., Myoda, T., Nakata, M., Fujimori, T., Toeda, K., & Nishizawa, M. (2016). Antioxidant activity of C-Glycosidic ellagitannins from the seeds and peel of camu-camu (*Myrciaria dubia*). *LWT - Food Science and Technology*, 69, 76–81. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.024>
- Latimer GW (Ed.). (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21st ed). Rockville, MD: AOAC International.
- Marinho, A. L. (2011). *Qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem* [Universidade Federal de Alagoas]. <http://repositorio.ufal.br/handle/riufal/1136>
- Melgarejo Cabello, S. V. (2018). *Uso de residuos sólidos de la industrialización del camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. Mc Vaugh) para la extracción de compuestos fenólicos* [Universidad Nacional

- Agraria La Molina]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1370565>
- National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2114>
- Nemati, Z., Moradi, Z., Alirezalu, K., Besharati, M., & Raposo, A. (2021). Impact of Ginger Root Powder Dietary Supplement on Productive Performance, Egg Quality, Antioxidant Status and Blood Parameters in Laying Japanese Quails. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 2995. <https://doi.org/10.3390/ijerph18062995>
- Núñez-Torres, O. P., Delgado-Álvarez, V. E., Almeida-Secará, R. I., & Cruz Quintana, S. M. (2021). Suplementación de jengibre en codornices como alternativa nutricional en la producción y calidad de huevo. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(2), 90. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080200090>
- Paraiso, I. L., Revel, J. S., & Stevens, J. F. (2020). Potential use of polyphenols in the battle against COVID-19. *Current Opinion in Food Science*, 32, 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.08.004>
- Prado Antayhua, F. A. (2016). *Evaluación del palillo (Curcuma longa) sobre la respuesta productiva, estabilidad oxidativa de yema y calidad de huevo de codornices japonesas* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2603>
- Saraswati, T. R., Manalu, W., Ekastuti, D. R., & Kusumorini, N. (2013). Increased Egg Production of Japanese Quail (*Cortunix japonica*) by Improving Liver Function Through Turmeric Powder Supplementation. *International Journal of Poultry Science*, 12(10), 601–614. <https://doi.org/10.3923/ijps.2013.601.614>
- Villanueva-Tiburcio, J. E., Condezo-Hoyos, L. A., & Asquiere, E. R. (2010). Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30, 151–160. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500023>
- Vuilleumier, J. P. (1969). The 'Roche Yolk Colour Fan' – An Instrument for Measuring Yolk Colour. *Poultry Science*, 48(3), 767–779. <https://doi.org/10.3382/ps.0480767>