



Artículo de investigación

Calidad durante el almacenamiento de huevos de gallinas alimentadas con dietas con aceite de palma

Ronald Santos R^{1*}  Ph.D; Jose Segura C¹  Ph.D; Luís Sarmiento F¹  Ph.D.

¹Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Km 15.5 carr. Mérida - Xmatkuil, Mérida, Yucatán, México.

*Correspondence: rsantos@correo.uady.mx

Recibido: Junio 2018; Aceptado: Marzo 2019; Publicado: Agosto 2019.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar el efecto del aceite crudo de palma (ACP) sobre la calidad del huevo almacenado por varios días a diferentes temperaturas. **Materiales y métodos.** Un total de 240 gallinas de 28 semanas se alimentaron con dietas con 30g/kg de aceite de soya (AS) o ACP. Después de 12 semanas, muestras de huevos se almacenaron durante 0, 4, 8 y 12 días a 4, 12 y 24°C. Las características de calidad del huevo fueron evaluadas. **Resultados.** El huevo y la albúmina de gallinas en la dieta con ACP fueron más pesados que aquellos en la dieta con AS ($p<0.05$). La alta temperatura de almacenamiento redujo el peso del huevo, albúmina y yema, unidades Haugh (UH), altura de la albúmina y la yema, pH y color ($p<0.05$), pero aumentó el ancho de la albúmina y la yema, y la longitud de la albúmina ($p<0.05$). A medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento, el peso del huevo, el peso y la altura de la albúmina, y la altura de la yema, el pH y el color se redujeron ($p<0.05$). Sin embargo, el peso y el ancho de la yema, el ancho y la longitud de la albúmina aumentaron ($p<0.05$). La interacción aceite x tiempo de almacenamiento ($p<0.05$) indicó que la altura de la albúmina, UH y el color de la yema de los huevos de la dieta con ACP fueron mejores a los 12 días de almacenamiento que en la dieta con AS. **Conclusiones.** Las gallinas en la dieta con ACP tuvieron huevos y albuminas más pesadas que las de las de la adieta con AS. La calidad del huevo disminuyó conforme el tiempo y temperatura de almacenamiento se incrementó, pero, los huevos de las gallinas suplementadas con ACP tuvieron mejor calidad en algunas características a los 12 días de almacenamiento.

Palabras clave: Condiciones de almacenamiento, deterioro del huevo, *Elaeis guineensis*, gallinas de postura, propiedades del huevo (Fuente: *Agrovoc, CAB*).

ABSTRACT

Objective. Evaluate the effect of crude palm oil (CPO) on quality traits of eggs stored various days at different temperatures. **Material and Methods.** A total of 240 hens, 28 weeks of age were fed diets with 30 g/kg of soybean oil (SO) or CPO. After 12 weeks, sample of eggs were stored during 0, 4, 8 and 12 days at 4, 12 and 24 °C. Egg quality traits were evaluated. **Results.** Egg and albumen from hens in CPO diet were heavier than those in SO ($p<0.05$). High storage temperature reduced egg, albumen and yolk weights, Haugh units (HU), albumen and yolk heights, pH and color ($p<0.05$), but increased albumen and yolk widths and albumen length ($p<0.05$). As storage time increased, egg weight, albumen weight and height, and yolk height, pH and colour were reduced ($p<0.05$). However, yolk weight and width, albumen width and length increased ($p<0.05$). Oil x storage time interaction ($p<0.05$) indicated that albumen height, HU and yellowness of yolk from hens in CPO diets were better at 12 days of storage than for hens fed SO. **Conclusions.** Hens in CPO diet had heavier eggs and albumen than those in SO diet. Egg quality traits decreased as temperature and days of storage increased, but, eggs from hens supplemented CPO had better quality in some traits at 12 days of storage.

Keywords: Egg deterioration, egg properties, *Elaeis guineensis*, layer chickens, storage conditions (Sources: *Agrovoc, CAB*).

Como citar (Vancouver).

Santos RR, Segura CJ, Sarmiento FL. Calidad durante el almacenamiento de huevos de gallinas alimentadas con dietas con aceite de palma. Rev MVZ Córdoba. 2019; 24(3):7297-7304. DOI: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1244>



©El (los) autor (es), Revista MVZ Córdoba 2019. 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.

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales, la temperatura ambiente comúnmente alcanza más de 30°C. Esas temperaturas afectan negativamente la calidad de los huevos durante el almacenamiento. Debido al tiempo de almacenamiento y la temperatura, los huevos pierden peso, la albúmina reduce su altura y longitud, la membrana vitelina se debilita y la yema se aplana (1,2).

El almacenamiento de los huevos a 4°C reduce significativamente la pérdida de peso del huevo (3,4,5). Sin embargo, en las zonas tropicales, los huevos están expuestos a temperaturas cálidas durante el manejo, transporte y distribución. Las características físicas y químicas de la albúmina y la yema de los huevos aumentan su pH; y el grosor de la albúmina y el índice de la yema se reduce cuando los huevos se almacenan a 25°C (2). Muchos procesos fisicoquímicos ocurren en los huevos durante su almacenaje. Entre ellos, se puede mencionar un aumento en la actividad de la tripsina en la albúmina, que aumenta la licuefacción de la albúmina densa (6); y un aumento del pH tanto en la albúmina como en la yema debido a la liberación de dióxido de carbono (1,2). Para evitar este proceso oxidativo, se agregan antioxidantes a la dieta de la gallina. Se han estudiado antioxidantes naturales, como la vitamina E o los α -tocoferoles con buenos resultados (7,8).

El aceite crudo extraído de los frutos de la palma africana (*Elaeis guineensis*) contiene principalmente ácidos grasos insaturados (50%) y ácidos grasos saturados (50%) (9). Njoku y Nwazota (10) encontraron que la inclusión de 50 g/kg de aceite de palma aumentó la producción de huevos, el peso de los huevos, el consumo y la eficiencia de utilización del alimento. Además, el aceite de palma tiene un gran contenido de vitamina E en forma de α -tocoferoles y tocotrienoles, los cuales pueden reducir el proceso oxidativo en los tejidos endoteliales (11,12,13,14). Sin embargo, no hay información sobre el uso de aceite de palma crudo en las dietas de gallinas y su efecto en la calidad de los huevos durante el almacenamiento.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de agregar aceite crudo de palma en las dietas de gallinas ponedoras, sobre los rasgos de calidad de huevos almacenados varios días a diferentes temperaturas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales y condiciones de alojamiento. Se utilizaron doscientas cuarenta gallinas (Isa-Babcock B-300), de 28 semanas de edad que

comenzaron su producción a las 18 semanas y alcanzaron el pico de producción a las 28 semanas de edad. El período experimental comenzó después del pico de producción y duró 12 semanas. Las gallinas se distribuyeron al azar en jaulas de 40 cm x 40 cm. Se utilizaron treinta jaulas con dos gallinas por jaula y veinte jaulas con tres gallinas por jaula en cada tratamiento para un total de 50 jaulas (unidad experimental). Se evaluaron 50 réplicas por fuente de aceite vegetal. Las jaulas tenían comederos individuales con 400 g de capacidad.

Dietas experimentales. Se diseñó una dieta basal según el requerimiento para gallinas ponedoras (15), con 30 g/kg de aceite crudo de palma (ACP) o aceite de soja (AS) según el tratamiento (Tabla 1). La dieta basal estuvo compuesta por sorgo y harina de soja. Las aves tuvieron acceso libre a alimento y agua durante todo el experimento. Los comederos se llenaron todos los días para mantener la condición de alimentación a voluntad. El consumo promedio de alimento se calculó cada semana como la diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado, entre las aves en cada jaula. El consumo de alimento promedio registrado durante el período experimental fue de 100.8 ± 7.8 y 101.2 ± 8.2 g para las dietas con AS y ACP, respectivamente.

Tabla 1. Ingredientes y composición química de la dieta basal.

Ingrediente	g/kg
Sorgo	549.0
Pasta de soya	296.0
CaCO ₃	99.0
Fosfato dicálcico	18.6
Aceite de soya o aceite de Palma	30.0
NaCl	3.0
Premezcla de Vitaminas y Minerales ¹	2.0
DL-Metionina	1.3
Cloruro de colina	0.5
Pigmento	3.0
Total	1000
Análisis calculado (%)	
Calcio	4.20
Fosforo disponible	0.45
Metionina	0.40
Metionina + Cistina	0.71
Lisina	0.92
Proteína cruda	18.50
EM (Mcal/kg)	2.75

¹Premezcla de vitaminas y minerales: Mn, 65 mg; I, 1 mg; Fe, 55 mg; Cu, 6 mg; Zn, 55 mg; Se, 0.3 mg; vitamina A, 8000 UI; vitamina D, 2500 UI; vitamina E, 8 UI; vitamina K, 2 mg; vitamina B₁₂, 0.002 mg; Riboflavina, 5.5 mg; Pantotenato de Calcio 13 mg; Niacina, 36 mg; Cloruro de colina, 500 mg; Ácido Fólico 0.5 mg; Tiamina, 1 mg; Piridoxina, 2.2 mg; Biotina, 0.05 mg.

Tiempo de almacenamiento y temperatura. Después de doce semanas de alimentación, se recolectó al azar un huevo de cada jaula, durante cuatro días consecutivos. Los huevos recolectados se asignaron a cuatro tiempos de almacenamiento (0,4,8 y 12 días) y tres temperaturas de almacenamiento (4,12 y 24°C).

Por lo tanto, hubo 12 combinaciones de tratamiento de tiempo de almacenamiento y temperatura de almacenamiento. Los huevos a 4°C se almacenaron en un refrigerador. Los huevos a 12 y 24°C se almacenaron en habitaciones con acondicionadores de aire calibrados a la temperatura experimental correspondiente. Después del tiempo de almacenamiento asignado, los huevos se pesaron (báscula de 0.1 g, Ohaus CS 200), se rompieron cuidadosamente y el contenido (yema y albúmina) se depositó suavemente en una placa plana. La longitud y el ancho de la albúmina y la yema se midieron con un vernier (Vernier calibrador 150 mm, empresa Surtek) y la altura con un tornillo micrométrico (Micrómetro digital de 25 mm, Syntek). Luego, se pesaron la yema y la albúmina de cada huevo. El color de la yema se evaluó visualmente con un abanico de color de la yema de Roche con gradación de 15 colores (compañía DSM, nutrición animal y salud). El pH en la yema se midió con un medidor de pH portátil (Oakton, ecotester).

Las Unidades Haugh (UH) se calcularon utilizando la fórmula propuesta por Eke et al (1):

$$UH = 100 \log (AA + 7.57 - 1.7W^{0.37})$$

Dónde:

UH = Unidad Haugh

AA = altura de la albúmina (mm)

W = peso del huevo (g)

Análisis estadístico. El efecto de la fuente de aceite, el tiempo de almacenamiento y la temperatura sobre las características del huevo se evaluaron utilizando un diseño de parcelas divididas; donde la fuente de aceite fue la parcela principal, y la combinación de la temperatura y el tiempo de almacenamiento de los huevos fueron las subparcelas. El efecto de la fuente de aceite se probó utilizando como error experimental las réplicas dentro de los cuadrados medios de las fuentes de aceite. El efecto de la temperatura, el tiempo de almacenamiento, la fuente de aceite x la temperatura, la fuente de aceite x el tiempo de almacenamiento y la temperatura x tiempo se probaron con los cuadrados medios residuales. Las medias de temperatura y tiempo se compararon con la prueba de Tukey. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el procedimiento GLM de SAS (16).

RESULTADOS

Características de calidad del huevo y unidades Haugh. Como se muestra en la tabla 2, los huevos y la albúmina de las gallinas alimentadas con dietas con ACP pesaron más que las de las gallinas alimentadas con AS ($p < 0.05$). Sin embargo, no hubo efecto de la fuente de aceite sobre el peso de la yema y UH ($p > 0.05$).

Tabla 2. Efecto de la fuente de aceite en la dieta, temperatura de almacenamiento y tiempo de almacenamiento sobre el peso del huevo, albúmina, yema y unidades Haugh.

Aceite	Peso (g)			Unidades Haugh
	Huevo	Albumina	Yema	
Soya	57.6 ^a	35.6 ^a	14.1 ^a	99.8 ^a
Palma	58.7 ^b	36.9 ^b	13.9 ^a	98.6 ^a
EEM ¹	0.016	0.011	0.004	0.027
p	0.0259	0.0038	0.2858	0.1253
Temperatura de almacenamiento				
4°C	59.7 ^a	36.8 ^{ab}	14.6 ^a	103.5 ^c
12°C	58.3 ^b	36.3 ^b	13.9 ^b	99.8 ^b
24°C	56.6 ^c	35.6 ^b	13.3 ^c	94.3 ^a
EEM	0.020	0.017	0.006	0.034
p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Días de almacenamiento				
0	58.4 ^b	37.2 ^a	13.1 ^b	110.7 ^a
4	59.3 ^b	36.4 ^{ab}	14.2 ^a	100.2 ^b
8	59.5 ^b	36.2 ^b	14.3 ^a	93.9 ^c
12	55.6 ^a	35.4 ^b	14.4 ^a	92.0 ^c
EEM	0.027	0.023	0.008	0.045
p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Interacciones				
Aceite x TA ¹	0.7851	0.8771	0.7710	0.0462
Aceite x DA ²	0.5810	0.8778	0.5737	0.0004

¹ Error estándar de la media; ² TA= Temperatura de almacenamiento; ³ DA=Días de almacenamiento.

Medias en la misma columna con diferente letra, son diferentes significativamente ($p < 0.05$)

La temperatura de almacenamiento redujo significativamente los pesos de huevo, albúmina y yema, así como UH ($p < 0.05$). Los huevos, albúminas y yemas más pesadas se encontraron en los huevos almacenados a 4°C, y los huevos menos pesados fueron los almacenados a 24°C. Las unidades Haugh muestran una interacción significativa de la fuente de aceite x la temperatura de almacenamiento ($p < 0.05$). Esta interacción denota que los huevos de gallinas ponedoras alimentadas con dietas con ACP tuvieron UH menores que las gallinas alimentadas con AS (Figura 1).

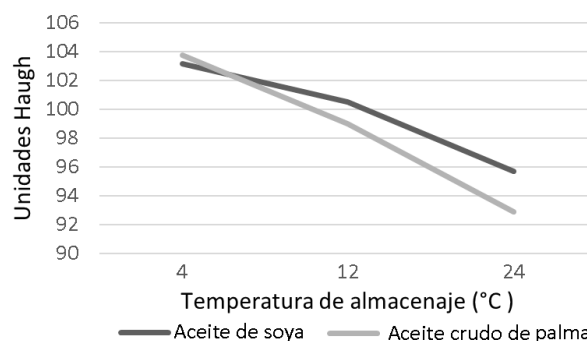


Figura 1. Interacción aceite x temperatura de almacenaje para los valores de unidades Haugh.

Los días de almacenamiento afectaron negativamente los pesos de los huevos y la albúmina ($p < 0.05$). A medida que aumentaban los días de almacenamiento, los pesos de los huevos y la albúmina se redujeron, mientras que el peso de la yema aumentaba conforme aumentaban los días de almacenamiento ($p < 0.05$). Se encontró una interacción significativa de la fuente de aceite x tiempo de almacenamiento para UH ($p < 0.05$). Esta interacción denota que las UH de los huevos de gallinas alimentadas con dietas con ACP fueron mayores después de 12 días de almacenamiento, en comparación con los huevos de gallinas alimentadas con dietas con AS.

Características de calidad de la albúmina y la yema.

Los efectos de la fuente de aceite en la dieta, el tiempo de almacenamiento y la temperatura sobre la albúmina y las características de la yema se muestran en la tabla 3. La fuente de aceite en la dieta no afectó a ninguna de las características medidas en la albúmina o la yema ($p > 0.05$). Sin embargo, se encontró un efecto de la temperatura de almacenamiento ($p < 0.05$). El ancho y largo de la albúmina y el ancho de la yema aumentaron a medida que la temperatura de almacenamiento aumentó de 4 a 24°C ($p < 0.05$), pero la altura de la albúmina y la yema se redujo ($p < 0.05$).

Tabla 3. Efecto de la fuente de aceite en la dieta, temperatura de almacenamiento y tiempo de almacenamiento sobre las medidas de la albúmina y la yema.

Aceite	Medidas de la albúmina (mm)			Medidas de la yema (mm)	
	Ancho	largo	Altura	Ancho	Altura
Soya	62.3 ^a	79.4 ^a	10.1 ^a	36.8 ^a	15.4 ^a
Palma	63.3 ^a	80.7 ^a	10.0 ^a	36.7 ^a	15.4 ^a
EEM ¹	0.024	0.024	0.008	0.007	0.003
p	0.1603	0.0652	0.4161	0.5465	0.8094
Temperatura de almacenamiento					
4°C	59.6 ^a	74.7 ^a	11.0 ^a	36.1 ^a	16.0 ^a
12°C	61.8 ^b	79.8 ^b	10.1 ^a	36.6 ^b	15.4 ^b
24°C	66.9 ^c	85.6 ^c	9.0 ^b	37.4 ^c	14.6 ^c
EEM	0.026	0.033	0.007	0.010	0.006
p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Días de almacenamiento					
0	56.2 ^a	68.8 ^a	12.6 ^a	35.8 ^a	15.6 ^a
4	60.9 ^b	80.3 ^b	10.1 ^b	36.8 ^b	15.2 ^{ab}
8	65.5 ^c	85.0 ^c	8.9 ^c	37.1 ^{bc}	15.4 ^b
12	68.5 ^d	86.3 ^c	8.5 ^c	37.4 ^c	15.2 ^b
EEM	0.034	0.044	0.010	0.013	0.008
p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0035
Interacciones					
Aceite x TA ²	0.4475	0.1331	0.0752	0.3042	0.8939
Aceite X DA ³	0.6287	0.8642	0.0035	0.5781	0.7546

¹ Error estándar de la media; ² TA= Temperatura de almacenamiento;

³ DA=Días de almacenamiento.

Medias en la misma columna con diferente letra, son diferentes significativamente ($p < 0.05$)

Se observó un aumento en el ancho y largo de la albúmina a medida que aumentaban los días de almacenamiento ($p < 0.05$). Se observaron resultados similares para el ancho de la yema ($p < 0.05$). Por el contrario, la altura de la albúmina y la yema disminuyó a medida que la temperatura de almacenamiento aumentó de 4 a 24°C ($p < 0.05$). Sin embargo, es necesario señalar que hubo interacciones significativas de la fuente de aceite x la temperatura de almacenamiento y la fuente de aceite x el tiempo de almacenamiento ($p < 0.05$) (Figura 2). Esas interacciones indican que la altura de la albúmina de los huevos de las gallinas alimentadas con dietas con ACP disminuyó más, a medida que aumentaba la temperatura de almacenamiento, en comparación con la albúmina de los huevos de las gallinas alimentadas con AS (Figura 3). Sin embargo, la altura de la albúmina de los huevos de gallinas alimentadas con dietas con ACP fue más alta en el día 12 de almacenamiento que en las dietas de gallinas alimentadas con AS (Figura 4).

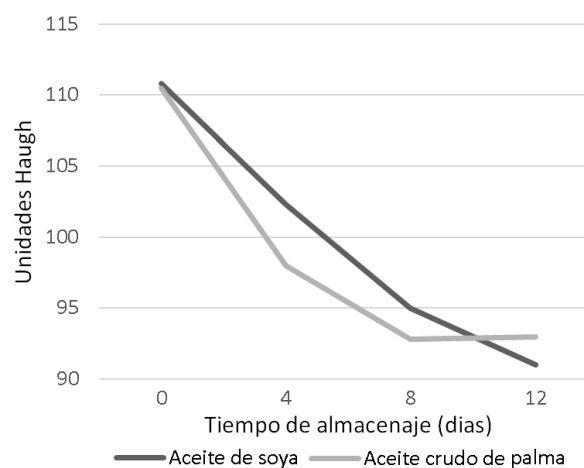


Figura 2. Interacción aceite x tiempo de almacenaje para los valores de unidades Haugh.

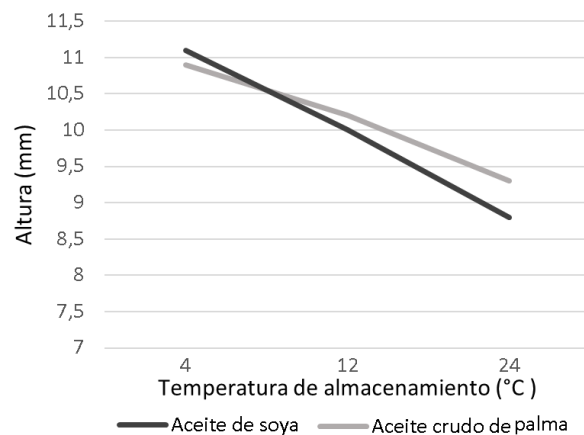


Figura 3. Interacción aceite x temperatura de almacenamiento para altura de albúmina.

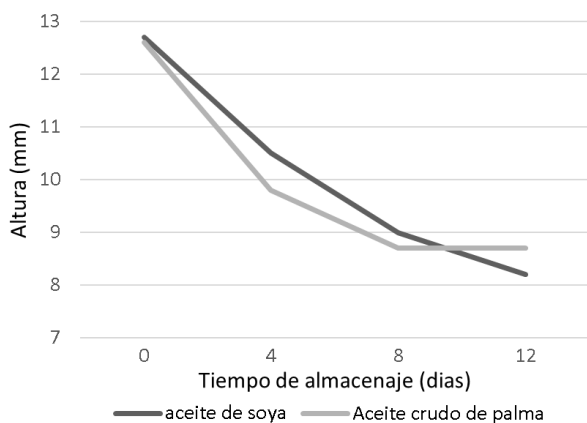


Figura 4. Interacción aceite x tiempo de almacenaje para altura de albumina.

Yema, pH y color. El efecto de la fuente de aceite en la dieta de las gallinas, el tiempo de almacenamiento y la temperatura sobre el pH y el color de la yema se muestran en la tabla 4. No hubo efecto significativo de la fuente de aceite sobre el pH y el color de la yema ($p > 0.05$). El aumento de la temperatura de almacenamiento produjo una reducción del pH y el color de la yema, a medida que la temperatura de almacenamiento aumentó ($p < 0.05$). El pH de la yema aumentó y el color de la yema se deterioró considerablemente de 12.8 en el día 0 a 8.5 después de 12 días de almacenamiento ($p < 0.05$). La interacción significativa de la fuente de aceite x el tiempo de almacenamiento, denota que el tono amarillo de la yema en las gallinas alimentadas con dietas con ACP fue mayor que en las gallinas con AS all día 12 de almacenamiento (Figura 5).

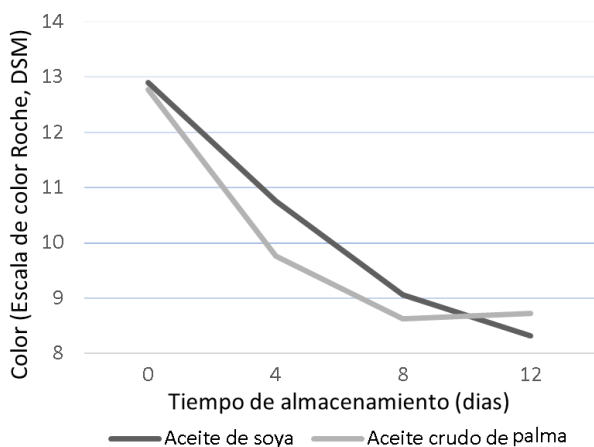


Figura 5. Interacción aceite x tiempo de almacenaje para color de yema

Tabla 4. Efecto de la fuente de aceite en la dieta, temperatura de almacenamiento y tiempo de almacenamiento sobre el pH y color de la yema.

Aceite	Yema	
	pH	Color
Soya	7.6 ^a	10.3 ^a
Palma	7.7 ^a	10.0 ^a
EEM ¹	0.002	0.006
p	0.0574	0.1179
Temperatura de almacenamiento		
4°C	7.7 ^a	11.0 ^a ± 1.76
12°C	7.6 ^b	10.2 ^b ± 2.36
24°C	7.6 ^b	9.2 ^c ± 2.77
EEM	0.003	0.008
p	0.0028	0.0001
Días de almacenamiento		
0	7.5 ^a	12.8 ^a ± 1.14
4	7.6 ^{ab}	10.3 ^b ± 2.11
8	7.7 ^b	8.8 ^c ± 1.69
12	7.7 ^b	8.5 ^c ± 1.93
EEM	0.003	0.010
p	0.0117	0.0001
Interacciones		
Aceite x TA ²	0.2760	0.0627
Aceite X DA ³	0.0579	0.0005

¹ Error estándar de la media; ² TA= Temperatura de almacenamiento

³ DA=Días de almacenamiento.

Medias en la misma columna con diferente letra, son diferentes significativamente ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

Características de calidad del huevo y unidades Haugh. El mayor peso del huevo y la albúmina encontrada en este trabajo en las gallinas alimentadas con dietas con ACP, en comparación con las alimentadas con AS (Tabla 2) coinciden con Njoku y Nwazota (10) quienes encontraron que las gallinas alimentadas con aceite de palma tenían huevos más pesados en comparación con las alimentadas dietas con AS. En otro reporte de investigación, no se observaron diferencias entre el uso de aceite de soja o palma sobre el peso del huevo (17). Si bien el ACP tiene un 50% de ácidos grasos saturados (9), que tienen un bajo valor de energía metabolizable para las aves de corral (18), existe evidencia de que la mezcla de ácidos grasos saturados e insaturados en la dieta de las aves de corral mejora el valor de energía metabolizable (18,19). Entonces, el ACP que tiene una mezcla natural de ácidos grasos saturados y no saturados, se puede usar en dietas de gallinas ponedoras para mejorar el peso del huevo y la albumina, tal y como se observó en este experimento.

La reducción en el peso del huevo, la albúmina y la yema observada en este experimento conforme la temperatura de almacenamiento aumentó de 4 a 24°C, concuerda con resultados anteriores (1,2). Las reducciones en el peso se han asociado con un aumento en las pérdidas de humedad de los huevos a medida que aumenta la temperatura de

almacenamiento (20,21,22). De manera similar, cuando el tiempo de almacenamiento se alarga, las pérdidas de humedad de los huevos aumentan (21,23). La pérdida de humedad contribuye a las pérdidas en el peso del huevo y la albúmina como se observó en este experimento (Tabla 3). Sin embargo, en este experimento el peso de la yema aumentó 10% conforme los días de almacenamiento aumentaron (Tabla 3). Este efecto se ha reportado anteriormente y está relacionado con el paso de agua de la albúmina a la yema, debido al debilitamiento de la membrana vitelina a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento (24,25).

La interacción significativa de la fuente de aceite x temperatura de almacenamiento y fuente de aceite x tiempo de almacenamiento ($p < 0.05$) sugiere que la suplementación de las gallinas con AS mantuvo un UH más alto que el ACP a diferentes temperaturas de almacenamiento, pero el uso de ACP tuvo un promedio de UH más alto que el AS cuando el tiempo de almacenamiento se incrementó (Figura 2). Estos hallazgos podrían estar relacionados con el contenido de vitamina E reportado para el ACP que puede reducir el proceso oxidativo (12,13,14), principalmente cuando se alarga el tiempo de almacenamiento. Esos resultados tienen sentido, porque las vitaminas liposolubles, como la vitamina E, se desnaturalizan fácilmente a temperaturas cálidas. Por lo tanto, si los huevos se almacenan a temperatura ambiente, no se pueden observar los efectos antioxidantes del ACP, pero si los huevos se almacenan a 4°C, la calidad del huevo se puede preservar durante más tiempo.

Rasgos de calidad de la albúmina y la yema.

El ancho y la altura de la albúmina y la yema y la longitud de la albúmina se vieron afectados por la temperatura de almacenamiento. La reducción en la altura de la albúmina se correlacionó inversamente con los incrementos en el ancho y la longitud de la albúmina, conforme aumento la temperatura de almacenamiento (Tabla 3). Estos resultados concuerdan con otros reportes (25,26,27,28). Durante el almacenamiento, la estructura gelatinosa de la albúmina densa se licua gradualmente, haciéndola más delgada (23,29). Como sucedió con la albúmina, la altura de la yema disminuyó y el ancho aumentó, a medida que aumentó la temperatura de almacenamiento (Tabla 3). Se ha reportado que un aumento en la temperatura de almacenamiento reduce la resistencia de la membrana vitelina de la yema, lo que resulta en su ensanchamiento y aplanamiento (30,31).

Efectos similares ocurren con el tiempo de almacenamiento; a medida que aumentaron los días de almacenamiento, la resistencia de la membrana vitelina de la yema se redujo y se hizo

más ancha y plana (31). El aumento en el tiempo de almacenamiento, incrementa progresivamente el debilitamiento de la membrana vitelina y la licuefacción de la yema, causada principalmente por la difusión de agua desde la albúmina, lo que resulta en un ensanchamiento y aplanamiento de la yema (22,25,29).

Las interacciones significativas de la fuente de aceite x la temperatura de almacenamiento y la fuente de aceite x el tiempo de almacenamiento para la altura de la albúmina (Figuras 3 y 4), muestran que la albúmina fue más alta en los huevos de las gallinas suplementadas con AS a 24° C que en las que recibieron ACP. Sin embargo, la albúmina almacenada durante 12 días fue más alta en los huevos de gallinas suplementadas con ACP en comparación con las suplementadas con AS. Como se mencionó anteriormente, no se observó el efecto del ACP cuando la temperatura de almacenamiento era de 24° C, debido a la oxidación de la vitamina E, pero, después de 12 días de almacenamiento y cuando las temperaturas no eran tan altas, la calidad de la albúmina duró más tiempo.

pH y color de la yema. Los huevos puestos recientemente tienen un pH inicial de 7.4 a 8.6 en la albúmina, y están saturados con CO₂. En este experimento, el pH aumentó a medida que la temperatura aumenta de 4 a 24° C y el tiempo de almacenamiento se alargó (Tabla 4). Estos resultados concuerdan con reportes anteriores (22,23,27). El aumento del pH de la albúmina está asociado a la pérdida de CO₂ a través de los poros de la cáscara de huevo (22,23,27).

La reducción en el color de la yema, observada en este experimento, a medida que aumento el tiempo de almacenamiento y la temperatura (Tabla 4), se ha reportado anteriormente (22). El color de la yema depende principalmente del contenido de carotenoides de la yema, que pueden degradarse por procesos oxidativos, variando la pigmentación de la yema durante el almacenamiento (22). La difusión de agua desde la albúmina a la yema, con un mayor tiempo de almacenamiento y una alta temperatura de almacenamiento, acelera el proceso oxidativo del pigmento de la yema (22,30).

La interacción significativa de fuente de aceite x tiempo de almacenamiento observada en este experimento sugiere que la yema de los huevos de gallinas alimentadas con dietas suplementadas con ACP tuvieron un mejor tono de amarillo que la yema de huevos de gallinas suplementadas con AS cuando el almacenamiento fue por más tiempo. Estos hallazgos sugieren que probablemente la vitamina E del ACP podría reducir el proceso oxidativo y preservar el color de la yema durante más tiempo (12,13,14).

En conclusión, los huevos y la albúmina de gallinas que recibieron ACP en la dieta fueron más pesados que los que recibieron AS. El aumento de la temperatura de almacenamiento de 4 a 24°C y el tiempo de almacenamiento de 0 a 12 días redujeron el peso del huevo, albúmina y yema. En general, la calidad del huevo se deterioró a medida que aumentan el tiempo de almacenamiento y la temperatura. Sin embargo, las interacciones observadas aquí sugieren que la suplementación

con ACP de gallinas de postura mantuvo las características de calidad del huevo, como UH, altura de albúmina y color de yema, cuando el tiempo de almacenamiento es prolongado (12 días).

Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no tuvimos ninguna tipo de conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Eke MO, Olaitan NI, Ochefu JH. Effect of storage conditions on the quality attributes of shell (table) eggs. *Nig Food J.* 2013; 31(2):18-24. [https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30072-2](https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30072-2)
2. Yu-Chi L, Ter-Hsin C, Ying-Chen W, Yi-Chain L, Fa-Jui T. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. *Food Chem.* 2016; 211:687-693. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.056>
3. Shin D, Narciso-Gaytán C, Regenstein JM, Sánchez-Plata MX. Effect of various refrigeration temperatures on quality of shell eggs. *J Sci Food Agric.* 2012; 92(7):1341-1345. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4699>
4. Sert D, Aygun A, Demir MK. Effects of ultrasonic treatment and storage temperature on egg quality. *Poult Sci.* 2011; 90(4):869-875. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00799>
5. Jones DR, Ward GE, Regmi P, Karcher DM. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. *Poult Sci.* 2018; 97(2):716-723. <https://doi.org/10.3382/ps/pex351>
6. Quan TH, Benjakul S. Quality, protease inhibitor and gelling property of duck egg albumen as affected by storage conditions. *J Food Sci Technol.* 2018; 55(2):513522. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2960-6>
7. Cherian G, Traber MG, Goeger MP, Leonard SW. Conjugated linoleic acid and fish oil in laying hen diets: effects on egg fatty acids, thiobarbituric acid reactive substances, and tocopherols during storage. *Poult Sci.* 2007; 86(5):953958. <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.953>
8. Botsoglou E, Govaris A, Fletouris D, Iliadis S. Olive leaves (*Olea europea L.*) and tocopherol acetate as feed antioxidants for improving the oxidative stability of linolenic acid enriched eggs. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2013; 97(4):740753. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01316.x>
9. Prada F, Ayala-Diaz IM, Delgado W, Ruiz-Romero R, Romero HM. Effect of fruit ripening on content and chemical composition of oil from three oil palm cultivars (*Elaeis guineensis jacq.*) grown in colombia. *J Agric Food Chem.* 2011; 59(18):10136-10142. <https://doi.org/10.1021/jf201999d>
10. Njoku PC, Nwazota AOU. Effect of dietary inclusion of ascorbic acid and palm oil on the performance of laying hens in a hot tropical environment. *Br Poult Sci.* 1989; 30(4):831-840. <https://doi.org/10.1080/00071668908417209>
11. Choo YM, Ma AN, Chuah CH, Khor HT, Bong SC. A developmental study on the appearance of tocopherols and tocotrienols in developing palm mesocarp (*Elaeis guineensis*). *Lipids.* 2004; 39(6):561564. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15554155>
12. Ali SF, Woodman OL. Tocotrienol Rich Palm Oil Extract Is More Effective Than Pure Tocotrienols at Improving Endothelium-Dependent Relaxation in the Presence of Oxidative Stress Oxidative. *Medicine and Cellular Longevity* 2015; 2015:150829. <https://doi.org/10.1155/2015/150829>
13. Irías-Mata A, Stuetz W, Sus N, Hammann S, Gralla K, Cordero-Solano A, Vetter W, Frank J. Tocopherols, tocomonoenols, and tocotrienols in oils of costa rican palm fruits: a comparison between six varieties and chemical versus mechanical extraction. *J Agric Food Chem.* 2017; 65(34):7476-7482. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02230>

14. Ramanathan N, Tan E, Loh LJ, Seng Soh B, Ney Yap W. Tocotrienol is a cardioprotective agent against ageing-associated cardiovascular disease and its associated morbidities. *Nutr Metab (Lond)*. 2018; 15:6. <https://doi.org/10.1186/s12986-018-0244-4>.
15. Santiago-Rostagno H. Tablas brasileñas para aves y cerdos, composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 3^{era} edición. Universidad Federal de Viçosa; Viçosa, Brasil: 2011. <http://www.lisina.com.br/arquivos/Geral%20Espa%C3%B1ol.pdf>
16. SAS. SAS / STAT Version 9.3. 4th ed. Cary: SAS Institute; 2010.
17. Kehui O, Wenjun W, Mingshen X, Yan J, Xinchun S. Effects of Different Oils on the Production Performances and Polyunsaturated Fatty Acids and Cholesterol Level of Yolk in Hens. *Asian-Aust J Anim. Sci*. 2004; 17(6):843-847. <https://doi.org/10.5713/ajas.2004.843>
18. Murugesan GR, Kerr BJ, Persia ME. Energy content of select dietary supplemental lipids for broilers, turkeys, and laying hen. *J Appl Poult Res*. 2017; 26(4):536-547. <https://doi.org/10.3382/japr/pfx027>
19. Khatun J, Loh TC, Akit H, Foo HL, Mohamad R. Fatty acid composition, fat deposition, lipogenic gene expression and performance of broiler fed diet supplemented with different sources of oil. *Anim Sci J*. 2017; 88(9):1406-1413. <https://doi.org/10.1111/asj.12775>
20. Ragni L, Al-Shami A, Mikhaylenko G, Tang J. Dielectric characterization of hen eggs during storage. *J Food Eng*. 2007; 82(4):450-459. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.063>
21. Gómez-de-Travededo P, Caravaca FP, González-Redondo P. Effects of storage temperature and length of the storage period on hatchability and performance of red-legged partridge (*Alectoris rufa*) eggs. *Poult Sci*. 2014; 93(3):747-754. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03329>
22. Suresh PV, Raj KR, Nidheesh T, Pal GK, Sakhare PZ. Application of chitosan for improvement of quality and shelf life of table eggs under tropical room conditions. *J Food Sci Technol*. 2015; 52(10):6345-6354. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1721-7>
23. Caner C, Yüceer M. Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poult Sci*. 2015; 94(7):1665-1677. <https://doi.org/10.3382/ps/pev102>
24. Silversides FG, Scott TA. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poult Sci*. 2001; 80(8):1240-1245. <https://doi.org/10.1093/ps/80.8.1240>
25. Jones DR, Karcher DM, Abdo Z. Effect of a commercial housing system on egg quality during extended storage. *Poult Sci*. 2014; 93(5):1282-1288. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03631>
26. Jones DR, Musgrove MT. Effects of extended storage on egg quality factors. *Poult Sci*. 2005; 84(11):1774-1777. <https://doi.org/10.1093/ps/84.11.1774>
27. Biladeau AM, Keener KM. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. *Poult Sci*. 2009; 88(6):1266-1274. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00295>
28. Günhan S, Kirikçi K. Effects of different storage time on hatching results and some egg quality characteristics of rock partridge (*A. graeca*) (management and production). *Poult Sci*. 2017; 96(6):1628-1634. <https://doi.org/10.3382/ps/pew443>
29. Nongtaodum S, Jangchud A, Jangchud K, Dhamvithee P, No HK, Prinyawiwatkul W. Oil coating affects internal quality and sensory acceptance of selected attributes of raw eggs during storage. *J Food Sci*. 2013; 78(2) S329-S335. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12035>
30. Jin YH, Lee KT, Lee WI, Han YK. Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. *Asian-Aust J Anim Sci*. 2011; 24(2):279-284. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10210>
31. Torrico DD, No HK, Prinyawiwatkul W, Janes M, Corredor JAH, Osorio L.F. Mineral oil-chitosan emulsion coatings affect quality and shelf-life of coated eggs during refrigerated and room temperature storage. *J Food Sci*. 2011; 76(4):s262-s268. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02125.x>