



Efecto de temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la calidad del huevo de gallinas¹

Effect of temperature and storage time on hen egg quality

Jennifer Madrigal-Portilla², Catalina Salas-Durán³, Sofía Macaya-Quirós⁴

- ¹ Recepción: 2 de junio, 2022. Aceptación: 4 de octubre, 2022. Este trabajo corresponde a la tesis presentada por la primera autora para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.
- ² DSM Nutritional Products. Heredia, Costa Rica. jennifer.madrigal@dsm.com (<https://orcid.org/0000-0002-3664-9480>).
- ³ Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia. Campus Rodrigo Facio. San José, Costa Rica. catalina.salas@ucr.ac.cr (autora para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0001-5627-6346>).
- ⁴ Consultora independiente. San José, Costa Rica. sofiamacaya@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-2376-616X>).

Resumen

Introducción. El huevo de gallina es un alimento de alto valor nutricional, con proteína de alto valor biológico y fácil digestión, por lo cual es indispensable conocer qué afecta la calidad de este al almacenarlo. **Objetivo.** Evaluar el efecto de la temperatura y los días de almacenamiento sobre la calidad del huevo. **Materiales y métodos.** El ensayo se realizó entre diciembre 2019 y enero 2020, en Palmares de Alajuela, Costa Rica. En dos diferentes tiempos se tomaron muestras de huevo de gallinas ponedoras Hy Line Brown: 1000 huevos al inicio de producción (veintiún semanas de edad) y 1000 huevos al pico de producción (veintiocho semanas de edad). Los huevos se almacenaron a temperaturas controladas (7-10 °C) y ambientales (18-26 °C) por hasta veintiún días. Se determinaron los siguientes parámetros de calidad física del huevo: peso de huevo, resistencia y grosor de cáscara, unidades Haugh y color de yema a los 1, 4, 7, 14 y 21 días de almacenamiento, así como una evaluación cualitativa de acuerdo con estándares de la USDA (2000). **Resultados.** El peso del huevo fue significativamente más bajo a temperatura ambiente y conforme aumentaron los días de almacenamiento en el pico de producción. El grosor y resistencia de la cáscara presentaron una relación positiva entre sí. Las unidades Haugh disminuyeron significativamente conforme pasan los días de almacenaje, con una mayor pendiente negativa para los huevos a temperatura ambiente. La temperatura de conservación y los días de almacenamiento degradaron la percepción y clasificación cualitativa de los huevos por parte del consumidor, en mayor proporción en los huevos a temperatura ambiente. **Conclusión.** El almacenamiento a temperatura ambiente y entre 14 y 21 días fueron factores que afectaron la calidad del huevo, por ende, la posible percepción del consumidor hacia este producto.

Palabras clave: peso de huevo, unidades Haugh, resistencia, color de yema.

Abstract

Introduction. The hen egg is a food of high nutritional value, with protein of high biological value and easy digestion, due to that it is indispensable to know what affects its quality when storing it. **Objective.** To evaluate the effect of temperature and days of storage on egg quality. **Materials and methods.** The trial took place between



December 2019 and January 2020, in Palmares, Alajuela, Costa Rica. In two different moments, egg samples were taken from Hy Line Brown hens: 1000 eggs at the start of production (21 weeks of age) and 1000 eggs at peak of production (28 weeks of age). The eggs were stored at controlled (7-10 °C) and room ((18-26 °C) temperatures for up to 21 days. The following egg physical quality parameters were assessed: egg weight, eggshell thickness and resistance, Haugh units, and yolk color at 1, 4, 7, 14, and 21 days of storage, as well as a qualitative evaluation according to USDA standards (2000). **Results.** Egg weight was significantly lower at room temperatures and longer days of storage at peak production. Eggshell thickness and resistance presented a positive relationship with each other. Haugh units presented a significant decrease as storage days go by, with a higher negative slope for the eggs at room temperature. The storage temperature and days of storage degraded the perception and qualitative classification of eggs by the consumers, in higher proportion for the eggs at room temperature. **Conclusion.** Storage at room temperature and between 14 to 21 days were factors that affected the egg quality and the possible consumer's perception towards this product.

Keywords: egg weight, Haugh units, resistance, egg yolk color.

Introducción

El huevo de gallina es un alimento de alto valor nutricional, sano, completo, su proteína se considera de alto valor biológico y es de fácil digestión, lo que permite que sea altamente aprovechado por el organismo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009). Las razones para consumir huevo en Costa Rica incluyen: la costumbre, buen sabor, versatilidad, rapidez y facilidad para prepararlo, además de un precio accesible (Peña Vásquez, et al. 2011). Sin embargo, las personas cada vez están más preocupadas por la calidad de los huevos, por lo que se realizan esfuerzos para mejorar esa calidad de una manera sostenible (Tasayco et al., 2019). Lo anterior, radica en retornos financieros favorables para el productor, además de mayor preferencia del consumidor por un productor u otro, lo que depende de la calidad ofrecida por el mismo (Araneda Uson, 2006).

La calidad del huevo comercial se puede determinar a través la medición de parámetros externos e internos. En la calidad externa del huevo se evalúa su forma y peso, el índice morfológico, el color de la cáscara, así como su calidad física, su limpieza, resistencia a la quebradura y su uniformidad (King'ori, 2012). En cuanto a calidad interna se analiza el valor nutricional del huevo, lo cual se determinada por medio de análisis a nivel del laboratorio, en donde se obtiene su valor proteico (12,5 g/100g), grasas y micronutrientes. Asimismo, se obtienen las unidades Haugh, el índice de yema (IY), el grosor de la cáscara, así como posibles manchas de sangre o de carne. Las unidades Haugh determinan la consistencia del albumen denso presente en el huevo, el parámetro es determinado por medio de la fórmula $UH = 100 \text{ Log} (H - 1,7 * P * 2,37 + 7,57)$, en donde se relaciona el peso del huevo con la altura del albumen denso. El índice de yema relaciona la altura y el diámetro de la yema y se encuentra estrechamente relacionado con las UH, por ende, su reducción genera una disminución paralela del IY; ambos parámetros determinan la calidad de la clara. Alrededor de un 10 % de los huevos producidos por las aves, son desechados debido a defectos externos, mientras que el 1 % por defectos internos (Carbajal, 2006; Cruz Rey de las Moras, 2008; Huyghebaert, 2006).

En el sector avícola se manejan pérdidas importantes por la calidad del huevo, ya que se dice que del 5 % al 7 % de estos no llegan a manos del consumidor final y que del 2 % al 3 % de esa pérdida se debe a problemas antes de la colocación del huevo y del 3 % al 4 % se debe a daños posteriores a la oviposición (King'ori, 2012). Dentro de los factores que intervienen en la calidad del huevo se encuentran la nutrición del ave, la salud, el manejo de la parvada, las condiciones ambientales y de almacenamiento, así como el manejo del huevo posterior a la puesta (Fuentes Pérez de los Cobos, 2002). La exposición de las aves a altas temperaturas modifica el flujo de sangre en el organismo del animal, lo que provoca que la sangre fluya hacia los tejidos periféricos transportando el calor interno

del ave hacia la superficie, esto podría afectar el flujo sanguíneo en el oviducto (Portal Veterinaria, 2003). Aunado a esto, las aves experimentan el jadeo como método para perder calor, durante el cual aumentan la frecuencia respiratoria, que reduce la presión sanguínea de CO_2 y HCO_3^- , y aumentan el pH sanguíneo. Todo esto causa una disminución en la cantidad de Ca^{+2} ionizado en sangre, ión requerido por la glándula calcárea para la formación de la cáscara del huevo (Ebeid et al., 2012). Del mismo modo, las altas temperaturas disminuyen el consumo de alimento, ocasionando una reducción significativa en la digestión de las proteínas, grasas y carbohidratos, lo que genera que se limite la disponibilidad de nutrientes como el calcio y el fósforo a nivel celular, minerales que son esenciales para la formación del huevo (Corona Kisboa, 2013).

El control de las temperaturas para el manejo, transporte y comercialización del huevo, es una característica sobresaliente para mantener la calidad del producto por un periodo más extenso y así minimizar pérdidas económicas en los productos avícolas. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura y los días de almacenamiento sobre la calidad del huevo.

Materiales y métodos

Este estudio fue realizado entre los meses de diciembre 2019 a enero 2020, en la Granja Avícola Huevo Criollo S. A., ubicada en Palmares de Alajuela. En un lote de 10 200 gallinas (*Gallus gallus*) en producción de la línea Hy-Line Brown, se recolectaron, de forma aleatoria, un total de 2000 huevos, de los cuales se tomaron 1000 a las 21 semanas (inicio de producción) y los otros 1000 en la semana 28 (pico de producción).

Para ambos tiempos de colecta, los huevos se dividieron en 500 para almacenarlos entre 7-10 °C y los otros 500 a 18-26 °C por 21 días, con una humedad relativa de 70-76 % en ambas temperaturas.

Para los análisis físicos se tomaron 100 huevos de cada experimento a los 1, 4, 7, 14 y 21 días de almacenamiento; en cada período, se evaluó con un analizador de huevo digital: resistencia de la cáscara, peso del huevo y unidades Haugh. Se midió el grosor de la cáscara con un micrómetro electrónico que mide en un rango de 0 mm a 25 mm, con intervalos de 0,001 mm. Se tomó una pieza pequeña del ecuador de la cáscara del huevo, se retiró la membrana interna que posee y se colocó la pieza en el micrómetro.

El color de yema se determinó con un sensor de color digital, el cual detecta la coloración presente en la yema por medio de luz infrarroja y registra la información en una aplicación preinstalada en el teléfono que muestra la escala de color de 1-16, en donde la medición 1 es la de menor color (amarillo pálido) y la 16 la de la máxima medición (anaranjado intenso). Además, se utilizó la escala indicada para realizar una clasificación cualitativa según el parámetro de unidades Haugh, de acuerdo con la escala de clasificación indicada por el manual de clasificación de huevo del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (United States Department of Agriculture [USDA], 2000) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación cualitativa de la calidad interna del huevo de gallina según las unidades Haugh estimadas en relación con el manual de calificación de huevo del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2000).

Table 1. Qualitative classification of the internal quality of eggs according to Haugh units estimated in relation with the United States Department of Agriculture (USDA, 2000) egg grading manual.

Unidades Haugh	Calificación	Descripción cualitativa
>72	AA	Firme, albumen suficientemente grueso o viscoso.
60 a 71,9	A	Razonablemente firme, albumen menos grueso y viscoso que el AA.
31 a 59,9	B	Acuoso y débil, albumen débil, delgado, sin viscosidad.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó con un ANDEVA para un diseño factorial 2x5 completamente al azar, en donde las variables a estudiar fueron: temperatura y días de almacenamiento, se utilizó el paquete estadístico Infostat (Di-Rienzo et al., 2017).

El modelo utilizado fue el que se presenta en la ecuación 1.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + TA_{ij} + e_{ijk} \quad [1]$$

En la cual:

Y_{ijk} : variable de respuesta (cada una de las medidas internas y externas); observación que corresponde a la i-ésima temperatura y j-ésimo día de almacenamiento.

T_i : efecto de la i-ésima temperatura.

A_j : efecto del j-ésimo día de almacenamiento.

TA_{ij} : efecto de la interacción de la i-ésima temperatura con el j-ésimo día de almacenamiento.

e_{ijk} : error aleatorio asociado a Y_{ij} .

Para la comparación entre medias se utilizó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia $p < 0,05$.

Para los resultados de unidades Haugh se realizó un análisis de regresión lineal para determinar si existió una relación con el tiempo de almacenamiento. El modelo utilizado fue el presentado en la ecuación 2.

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i \quad [2]$$

En la cual:

Y_i : variable de respuesta (unidades Haugh).

A : intersección de la recta.

β : pendiente de la recta.

x_i : efecto del día de almacenamiento.

ε_i : efecto del error.

También se realizó una regresión lineal entre la resistencia y grosor de cáscara para determinar si existieron relaciones entre las variables. En este caso, el modelo utilizado fue el de la ecuación 3.

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i \quad [3]$$

En la cual:

Y_i : variable de respuesta (resistencia de la cáscara).

α : intersección de la recta.

β : pendiente de la recta.

x_i : efecto del grosor de la cáscara.

ε_i : efecto del error.

Resultados

Peso del huevo

No hubo diferencia significativa ($p>0,05$) entre las variables peso del huevo almacenado a diferentes tiempos y temperaturas durante el inicio de producción (Cuadro 2). Sin embargo, durante la etapa de pico de producción se presentaron diferencias significativas para los días de almacenamiento (Cuadro 2). Al considerar la interacción entre ambos tratamientos, se observó que, en inicio de producción, el peso del huevo presentó una tendencia de interacción ($p=0,0824$) y en pico de producción sí se presentó una interacción significativa ($p<0,001$). En ambos casos se observó una mayor disminución del peso cuando los huevos fueron almacenados a temperatura ambiente y durante más días.

Cuadro 2. Efecto de la temperatura y los días de almacenamiento sobre el peso (g) de huevos de gallina ponedora (inicio y pico de producción). Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 – enero 2020.

Table 2. Effect of temperature and storage days on the egg weight (g) of laying hen eggs (start and peak production). Palmares, Costa Rica. December 2019 – January 2020.

Tratamiento	21 semanas (inicio)	28 semanas (pico)
Temperatura (T)		
Controlada	52,72 ^a	62,21 ^a
Ambiente	52,90 ^a	61,90 ^a
Días (D)		
1	53,38 ^a	62,49 ^{ab}
4	52,90 ^a	62,88 ^b
7	52,78 ^a	61,81 ^{ab}
14	52,75 ^a	61,85 ^{ab}
21	52,23 ^a	61,24 ^a
Valor P		
T	0,5630	0,3119
D	0,2314	0,0103
T*D	0,0824	0,0031
SEM	0,49	0,52

Temperatura: controlada (7-10 °C), ambiente: (18-26 °C). / Temperature: Controlled (7 – 10 °C), room (18-26 °C).

^{a,b} Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($p<0,05$). / ^{a,b} Different letters in the same column show significant differences ($p<0,05$).

SEM: error estándar de la media. / SEM: mean standard error.

Grosor y resistencia de la cáscara

Los datos obtenidos de grosor de cáscara en inicio y pico de producción, mostraron diferencias significativas en el tratamiento de temperatura de conservación y días de almacenamiento ($p<0,0001$), sin embargo, no se presentaron valores significativos cuando se analizó la interacción entre ambos tratamientos (Cuadro 3). Al evaluar los datos obtenidos, se observó una diferencia según la temperatura de conservación, obteniéndose un valor menor

Cuadro 3. Efecto de la temperatura y los días de almacenamiento sobre el grosor de cáscara (mm) de huevos de gallinas ponedoras (inicio y pico de producción). Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 – enero 2020.

Table 3. Effect of temperature and storage days on eggshell thickness (mm) of laying hen eggs (start and peak production). Palmares, Costa Rica. December 2019 – January 2020.

Tratamiento	21 semanas (inicio)	28 semanas (Pico)
Temperatura (T)		
Controlada	0,385 ^b	0,397 ^b
Ambiente	0,379 ^a	0,387 ^a
Días (D)		
1	0,376 ^{ab}	0,381 ^a
4	0,386 ^c	0,388 ^{ab}
7	0,384 ^{bc}	0,392 ^b
14	0,388 ^c	0,406 ^c
21	0,374 ^a	0,394 ^b
Valor P		
T	0,0049	<0,0001
D	<0,0001	<0,0001
T*D	0,0541	0,1270
SEM	0,0033	0,0034

Temperatura: controlada (7-10 °C), ambiente: (18–26 °C). / Temperature: controlled (7 – 10 °C), room (18-26 °C).

^{a,b} Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0,05$). / ^{a,b} Different letters in the same column show significant differences ($p < 0.05$).

SEM: error estándar de la media. / SEM: mean standard error.

cuando el huevo se encontró en condiciones de temperatura ambiente. Se denotaron diferencias estadísticas en ambas etapas según el día de almacenamiento, sin embargo, para esta variable no se visualizó un comportamiento predecible de los datos.

Para el parámetro de resistencia de cáscara se presentaron diferencias significativas en los días de almacén durante la etapa inicio de producción (Cuadro 4). En cuanto al comportamiento de los datos en pico de producción, ninguno de los efectos evaluados presentó valores significativos.

La regresión lineal entre la resistencia y el grosor de cáscara evidenció una relación positiva moderada y significativa entre la resistencia y el grosor de la cáscara ($p < 0,001$), donde el 30 % de la resistencia se vio influenciada por el grosor de cáscara (Figura 1).

Color de yema

Los valores obtenidos del color de yema presentaron diferencias significativas cuando se evaluaron los días de almacenamiento, tanto durante el inicio de producción como para pico de producción. Dichos valores no mostraron diferencias significativas cuando el análisis se realizó para el efecto de temperatura de almacén, ni para la interacción entre ambas variables (Cuadro 5).

Al analizar los valores obtenidos, se observó una tendencia de diferencias numéricas para el tratamiento de temperatura de almacén en pico de producción, con un valor menor a temperatura ambiente en comparación con el valor obtenido en temperatura controlada. Del mismo modo, al observar los datos obtenidos en el tratamiento de días de almacén, se denotaron diferencias en cada uno de los días evaluados, sin embargo, estos valores no presentaron un comportamiento predecible en ninguna de las dos etapas productivas.

Cuadro 4. Efecto de la temperatura y los días de almacenamiento sobre la resistencia de cáscara (kgf) de huevos de gallinas ponedoras (inicio y pico de producción). Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 – enero 2020.

Table 4. Effect of temperature and storage days on eggshell resistance (kgf) of laying hen eggs (start and peak production). Palmares, Costa Rica. December 2019 – January 2020.

Tratamiento	21 semanas (inicio)	28 semanas (pico)
Temperatura (T)		
Controlada	4,57 ^a	4,67 ^a
Ambiente	4,56 ^a	4,66 ^a
Días (D)		
1	4,53 ^{ab}	4,66 ^a
4	4,64 ^b	4,54 ^a
7	4,67 ^b	4,60 ^a
14	4,63 ^b	4,80 ^a
21	4,36 ^a	4,75 ^a
Valor P		
T	0,8455	0,8764
D	0,0098	0,0623
T*D	0,7905	0,9439
SEM	0,10	0,10

Temperatura: controlada (7-10 °C), ambiente: (18-26 °C). / Temperature: controlled (7 – 10 °C), room (18-26 °C).

^{a,b} Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias (p<0,05). / ^{a,b} Different letters in the same column show significant differences (p<0.05).

SEM: error estándar de la media. / SEM: mean standard error.

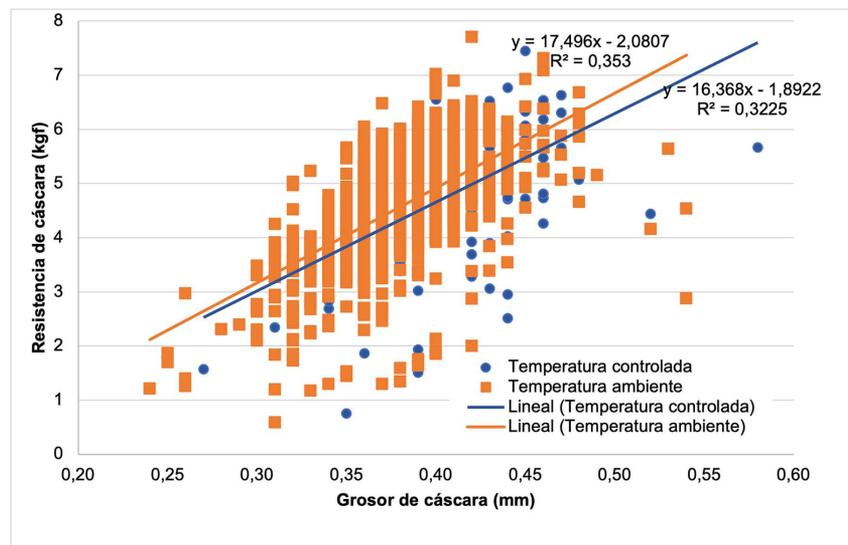


Figura 1. Correlación entre la resistencia de cáscara (Kgf) y el grosor de cáscara en huevos de gallina ponedora, el efecto de la temperatura y los días de almacenamiento. Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 – enero 2020.

Temperatura: controlada (7-10 °C), ambiente: (18-26 °C).

Figure 1. Correlation between eggshell resistance (Kgf) and eggshell thickness in laying hen eggs (start and peak production), and the effect of storage temperature and days. Palmares, Costa Rica. December 2019 – January 2020.

Temperature: controlled (7 – 10 °C), room (18 – 26 °C).

Cuadro 5. Efecto de la temperatura y los días de almacenamiento sobre el color de yema de huevos de gallinas ponedoras (inicio y pico de producción). Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 – enero 2020.

Table 5. Effect of temperature and storage days on egg yolk color of laying hen eggs (start and peak production). Palmares, Costa Rica. December 2019-January 2020.

Tratamiento	21 semanas (inicio)	28 semanas (pico)
Temperatura (T)		
Controlada	10,73 ^a	10,78 ^a
Ambiente	10,68 ^a	10,55 ^a
Días (D)		
1	11,06 ^b	10,65 ^a
4	10,60 ^a	10,49 ^a
7	10,48 ^a	10,46 ^a
14	10,81 ^{ab}	10,55 ^a
21	10,57 ^a	11,17 ^b
Valor P		
T	0,6668	0,055
D	0,0024	0,0009
T*D	0,6445	0,7580
SEM	0,16	0,19

Temperatura: controlada (7-10 °C), ambiente: (18-26 °C). / Temperature: controlled (7-10 °C), room (18-26 °C).

^{a,b} Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0,05$). / ^{a,b} Different letters in the same column show significant differences ($p < 0.05$).

SEM: error estándar de la media. / SEM: mean standard error.

Unidades Haugh (UH)

En el análisis efectuado se observó cómo la temperatura y los días de almacenamiento, así como la interacción entre ambos tratamientos, presentaron diferencias significativas para las unidades Haugh (Cuadro 6), tanto en inicio como en el pico de producción. El análisis de las temperaturas de almacén mostró que las unidades Haugh obtenidas a temperaturas ambientes fueron menores que las obtenidas a temperaturas controladas y que, conforme transcurrieron los días de almacenamiento, los huevos perdieron unidades Haugh. Del mismo modo, se observó que, tras el aumento de los días de almacén, la pérdida de unidades Haugh fue más pronunciada cuando la temperatura de conservación fue la ambiental (Figura 2).

Calificación según calidad

El método de conservación y los días de almacén degradaron la percepción y calificación cualitativa de los huevos por parte del consumidor de acuerdo con la escala del USDA (2000). En ambiente controlado (Figura 3), fue posible observar la mayor cantidad de huevos de clasificación AA desde el día uno de análisis hasta el día veintiuno. Sin embargo, al evaluar los huevos en temperatura ambiente (Figura 4), se denotó cómo desde el día uno de análisis se presentó una reducción en la cantidad de huevos de clasificación AA y se encontró una mayor proporción de huevos tipo A y B.

Cuadro 6. Efecto de la temperatura y los días de almacenamiento sobre las unidades Haugh de huevos de gallinas ponedoras (inicio y pico de producción). Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 – enero 2020.

Table 6. Effect of temperature and storage days on the egg weight (g) of laying hen eggs (start and peak production). Palmares, Costa Rica. December 2019-January 2020.

Tratamiento	21 semanas (inicio)	28 semanas (pico)
Temperatura (T)		
Controlada	93,75 ^b	92,77 ^b
Ambiente	83,40 ^a	78,78 ^a
Días (D)		
1	96,24 ^c	96,89 ^c
4	93,19 ^d	91,84 ^d
7	89,40 ^c	86,18 ^c
14	83,82 ^b	79,16 ^b
21	80,24 ^a	74,80 ^a
Valor P		
T	<0,0001	<0,0001
D	<0,0001	<0,0001
T*D	<0,0001	<0,0001
SEM	0,76	0,64

Temperatura: controlada (7-10 °C), ambiente: (18-26 °C). / Temperature: controlled (7–10 °C), room (18-26 °C).

^{a,b} Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas (p<0,05). / ^{a,b} Different letters in the same column show significant differences (p<0.05).

SEM: error estándar de la media. / SEM: mean standard error.

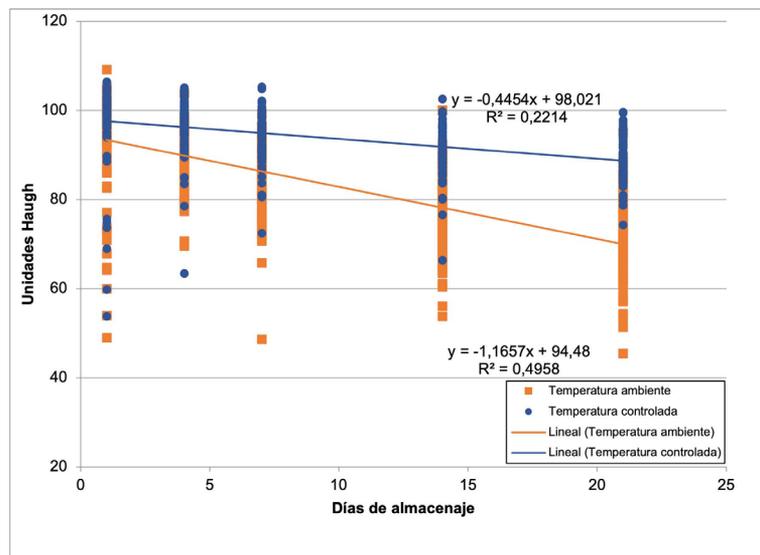


Figura 2. Regresión lineal de las unidades Haugh en huevos de gallina ponedora, la temperatura y los días de almacenamiento. Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 - enero 2020.

Temperatura: controlada (7-10 °C), ambiente: (18-26°C).

Figure 2. Haugh units linear regression in laying hen eggs, storage temperature and days. Palmares, Costa Rica. December 2019 - January 2020.

Temperature: controlled (7–10 °C), room (18-26 °C).

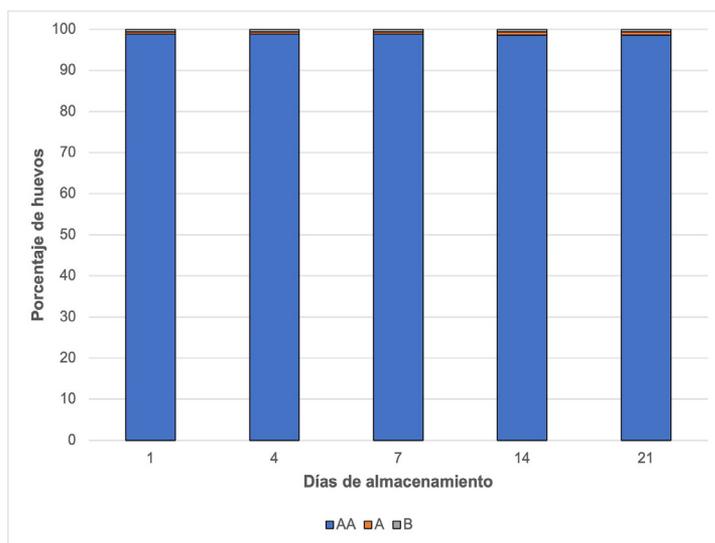


Figura 3. Clasificación de los huevos según el resultado de unidades Haugh de acuerdo con el manual de clasificación del USDA (2000), durante inicio de producción (21 semanas), temperatura controlada (7- 10 °C). Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 – enero 2020.

AA: huevos grado AA, A: huevos grado A, B: huevos grado B.

Figure 3. Egg ranking according to the Haugh units results in agreement with the USDA (2000) egg-grading manual, start of production (21 weeks), controlled temperatures (7- 10 °C). Palmares, Costa Rica. December 2019 – January 2020.

AA: grade AA eggs, A: grade A eggs, B: grade B eggs.

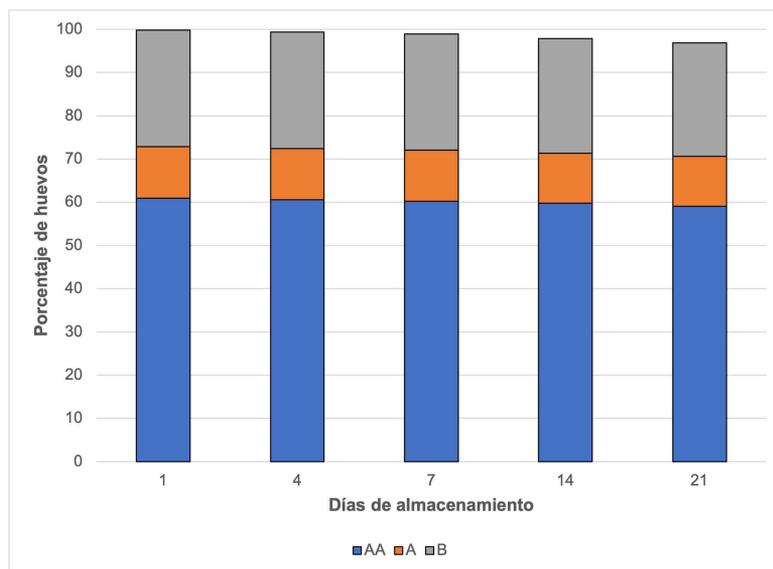


Figura 4. Clasificación de los huevos según el resultado de unidades Haugh de acuerdo con el manual de clasificación del USDA (2000), durante inicio de producción (21 semanas), en temperatura ambiente (18-26 °C). Palmares, Costa Rica. Diciembre 2019 - enero 2020.

AA: huevos grado AA, A: huevos grado A, B: huevos grado B.

Figure 4. Egg ranking according to the Haugh units results in agreement with the USDA (2000) egg-grading manual, start of production (21 weeks) at room temperature (18-26 °C). Palmares, Costa Rica. December 2019 - January 2020.

AA: grade AA eggs, A: grade A eggs, B: grade B eggs.

Discusión

En el presente ensayo se analizó el registro de la temperatura de la galera donde se alojaron las aves durante el período de muestreo. Los datos durante el inicio de producción estuvieron en el rango de temperatura de 18-30 °C, donde en la mayoría de los casos, la temperatura fue superior a 28 °C.

En cuanto al peso del huevo, los resultados obtenidos durante el inicio de producción concuerdan con lo expuesto por Akyurek y Agha Okur (2009), quienes, tras evaluar la calidad del huevo en aves de veintidós semanas de edad, durante catorce días y con temperaturas de 4 °C y 20 °C, establecieron evidencias no significativas en el peso de huevo provocadas por la temperatura, los días de almacenamiento o la interacción entre ambos efectos. Además, otros reportes indicaron evidencias no significativas en el peso de huevo debido a la temperatura o el tiempo de almacén, tras almacenar los huevos durante catorce días a una temperatura ambiente (23-31 °C) y una temperatura controlada (18 °C) en aves de 45 semanas de edad (Addo et al., 2018). Lo anterior coincide de forma parcial con los resultados obtenidos en la presente investigación y este mismo comportamiento fue expuesto también por Samli et al. (2005).

Los resultados de pico de producción coincidieron con diferentes reportes en la literatura. En un estudio donde se evaluó la interacción entre la temperatura (5 y 28 °C) y el tiempo de almacén del huevo (7, 14 y 21 días) para aves de 32 semanas de edad, Gallardo Vela et al. (2018) indicaron diferencias en el peso de huevo. En otro estudio se determinó que el peso de huevo no disminuyó cuando se almacenó a 5 o 10 °C durante diez días, pero en el almacenamiento a los 29 °C sí se presentó una disminución significativa (Jin et al., 2011).

Otro ensayo también reportó que la temperatura de almacenamiento en los huevos presentó cambios significativos en el peso y en la pérdida de peso durante el período de almacén (Bozkurt & Tekerli, 2009). El mayor impacto en ambos parámetros se presentó cuando los huevos fueron expuestos a 24 °C. Por otra parte, se encuentran reportes de cambios significativos en el peso del huevo debido a la temperatura de almacenamiento (40, 32 y 5 °C) tras veintiocho días de almacenaje (Raji et al., 2009). En otro estudio, con huevos de aves de cincuenta semanas y con diez días de almacén, se reportaron mayores pérdidas de peso en los huevos almacenados a 29 °C en comparación con huevos que se mantuvieron a 5 °C (Samli et al. 2005). En el pico de producción, los resultados podrían deberse a que el huevo es más grande en esa etapa y, por ende, posee mayor superficie de acción y es más propenso a perder agua por evaporación, en este proceso influyen también las condiciones de la cutícula y la porosidad de la cáscara en el huevo (Akter et al., 2014).

La temperatura ambiental puede generar una pérdida de peso de huevo de 0,4 g por cada 1 °C de incremento a partir de los 25 °C. Esto puede deberse a varios procesos, como la licuefacción de la albúmina debida a la disociación del H_2CO_3 que, al ser un componente esencial en el sistema buffer del albumen, genera la eliminación excesiva de CO_2 , la pérdida de agua y el aumento de la cámara de aire, una vez que el vapor de agua pasa del interior al exterior del huevo (Corona Kisboa, 2013; Fuentes Pérez de los Cobos, 2002; Ruiz Núñez, 2015).

Para la variable de grosor de cáscara, la literatura no indica diferencias significativas en el grosor debido a la temperatura o días de almacenamiento. Se han indicado diferencias no significativas en grosor de cáscara debido tanto a la temperatura (4 y 24 °C), como a los días de almacén (0-5 semanas) del huevo (Bozkurt & Tekerli, 2009). Este mismo comportamiento fue reportado en otro estudio tras diez días de almacén y temperaturas de 2 °C, 5 °C y 10 °C (Samli et al., 2005), donde los datos no presentaron un comportamiento similar al observado en esta investigación.

El grosor de la cáscara puede verse influenciado por varios factores ajenos a la temperatura o los días de almacenaje del huevo. La condición inicial del huevo desde el momento de la puesta, pudo deberse a variaciones en el manejo nutricional del ave, condiciones medioambientales o alteraciones durante la formación del huevo (Roberts, 2004). Por ejemplo, se reportan diferencias significativas y numéricas en el grosor de cáscara debido a altas temperaturas en el galpón donde se alojaron las aves (20-22 °C, 50-60 % humedad relativa vs. 30-33 °C, 70-80 % humedad relativa) (Ebeid et al., 2012).

La temperatura de alojamiento de las aves puede tener un efecto en el grosor de la cáscara, cuando el rango de temperatura se presenta entre 25 °C y 29 °C, como la ambiental en este estudio, es factible una reducción significativa en el consumo diario de alimento de 1,00-1,50 % por cada 1 °C de aumento de temperatura (Ruiz Núñez, 2015). Lo anterior, puede predisponer a las aves a tener afectación en la calidad de la cáscara antes de que los huevos fueran expuestos a los tratamientos establecidos en esta investigación (Corona Kisboa, 2013).

Por ejemplo, hubo diferencias no significativas cuando las aves fueron expuestas a altas temperaturas, aunque se denotan diferencias numéricas cuando se presentaron temperaturas ambientales de 30-33 °C en comparación con las temperaturas de 20-22 °C (Ebeid et al., 2012). Esto se debe a los mecanismos de jadeo activados por el animal, a la reducción del consumo de alimento y a la baja concentración de calbidina en el organismo del ave, todas reacciones generadas por estrés calórico. La calbidina es una proteína transportadora de calcio, que se presenta en altas concentraciones en aquellos tejidos con la capacidad de generar un transporte masivo de calcio, como el intestino y la glándula calcárea (Ebeid et al., 2012).

Al igual que en la presente investigación, la literatura reporta diferencias significativas en resistencia de cáscara ante el impacto de los días de almacenamiento (Alsobayel & Albadry, 2011; Şekeroğlu et al., 2016; Yilmaz & Bozkurt, 2009). En una investigación realizada por Arenas Norambuena (2016), se obtuvo una correlación entre resistencia y grosor de cáscara de 0,37 en huevo blanco, lo que denota una relación baja y positiva entre ambas variables. Otro estudio es consecuente con dichos resultados al reportar una correlación de 0,32 (Yan et al., 2014). Por otro lado, De Ketelaere et al. (2002) establecieron en su investigación una correlación más alta de 0,60 entre la resistencia y el grosor de cáscara, es decir, esta una relación moderada y positiva, congruente con los datos obtenidos en el presente estudio.

El color de la yema tuvo resultados poco consistentes en esta investigación. Sin embargo, existen reportes en la literatura que muestran los efectos de temperatura y días de almacenamiento sobre el color de yema. Por ejemplo, se observaron cambios en el color de yema debido a la temperatura y a los días de almacenamiento, así como por la interacción entre ambos tratamientos. Dicho parámetro se disminuyó en mayor proporción conforme aumentaron la temperatura y los días de almacenamiento (Jin et al., 2011). Otros reportes indicaron una degradación del color conforme se aumentan los días de almacén (Şekeroğlu et al., 2016). Asimismo, en un ensayo con diferentes temperaturas de almacén, se reportó que para una temperatura de almacén de 4 °C, el color de yema disminuyó de 9,96 a 9,50, mientras que para una temperatura de almacén de 20 °C, pasó de 9,91 a 8,33 (Carranco-Jáuregui et al., 2006). Ambos casos se realizaron con un período de almacenamiento de 30 días y concuerdan con el comportamiento numérico de los datos obtenidos en esta investigación durante el pico de producción, que podrían ser atribuidos a la dilución de la yema. Esto se puede explicar, debido al aumento de la temperatura en el huevo, las proteínas presentes en el albumen y en la membrana vitelina se degradan, permiten el paso de agua del albumen a la yema, lo que genera una dilución del pigmento. Posteriormente, tras el aumento del tiempo de almacenamiento, las proteínas del albumen ingresan a la yema y generan un impacto negativo mayor en su color (Jones, 2006).

Las investigaciones acá mencionadas presentaron rangos de pigmentación bajos, entre 7 y 10 en la escala de abanico de color de yema utilizado por la industria avícola (Selecciones avícolas, 2016). Para la presente investigación, en ambas etapas productivas, el color de yema se mantuvo entre 10-12, según el abanico, pues el mercado costarricense demanda colores de yema más anaranjados. Por lo tanto, la cantidad y el tipo de carotenoide utilizado en la dieta, el consumo de alimento, la genética, el nivel de grasa en la ración, el estado sanitario de las instalaciones, una salud intestinal óptima en las aves y un adecuado desarrollo de su sistema gastrointestinal, también pueden influenciar el color de la yema (Basurgo Valcárcel, 2019).

Los presentes resultados indican una alta relación entre la temperatura, días de almacén y las unidades Haugh, los cuales concuerdan con diferentes reportes en la literatura. Se encuentran diversos reportes con diferencias significativas en la reducción de las unidades Haugh, debido al método de conservación y/o un descenso según los días de almacén (Akyurek & Agma Okur, 2009; Bozkurt & Tekerli, 2009; Feddern et al., 2017; Heon Chung &

Lee, 2014; Jin et al., 2011; Raji et al., 2009; Samli et al., 2005; Şekeroğlu et al., 2016). Los resultados pueden ser explicados por el proceso de disociación del H_2CO_3 en H_2O y CO_2 a altas temperaturas durante tiempos prolongados de almacenamiento. Esto impacta tanto en el peso como en la calidad del albumen, incrementan las pérdidas de humedad y reducen el nivel de CO_2 . Esto resulta en un aumento de pH, que afecta la viscosidad del albumen y favorece la permeabilidad de la membrana vitelina (Fuentes Pérez de los Cobos, 2002). Lo anterior, facilita el paso de calcio y magnesio a la yema, y el traslado del hierro y los aminoácidos libres al albumen. La pérdida de magnesio en el albumen propicia la transformación de ovomucina gel a ovomucina soluble, es decir, el albumen se vuelve líquido y el peso del huevo también se ve afectado, lo que influencia a las unidades Haugh (Corona Kisboa, 2013), tal y como se observó en la presente investigación.

El parámetro de unidades Haugh está relacionado en gran medida con la percepción que tiene el consumidor del producto y a su frescura (Chingal Rosero, 2015), los presentes resultados resaltan la importancia de una temperatura correcta de almacenamiento de los huevos y el tiempo que ha transcurrido tras la postura, en la posible apreciación sobre la calidad del huevo que tengan las personas.

Conclusiones

El almacenamiento a temperatura ambiente y entre 14 y 21 días fueron factores que afectaron la calidad y clasificación cualitativa de los huevos, por ende, la posible percepción del consumidor. Las unidades Haugh se vieron mayormente afectadas por estos factores, con un mayor efecto negativo para los huevos almacenados a temperatura ambiente.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la Granja Avícola Huevo Criollo por permitir realizar el ensayo con huevos de su granja y a DSM Nutritional Products por el préstamo de los instrumentos para la evaluación de la calidad de los huevos.

Referencias

- Addo, A., Alhassan Hamidu, J., Yaw Ansah, A., & Adomako, K. (2018). Impact of egg storage duration and temperature on egg quality, fertility, hatchability and chick quality in naked neck chickens. *International Journal of Poultry Science*, 17(4), 175–183. <https://doi.org/10.3923/ijps.2018.175.183>
- Akter, Y., Kasim, A., Omar, H., & Sazili, A. Q. (2014). Effect of storage time and temperature on the quality characteristics of chicken eggs. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 12(3-4), 87–92. <https://www.wfpublisher.com/Abstract/5362>
- Akyurek, H., & Aigma Okur, A. (2009). Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free range layer hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(10), 1953–1958. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2009.1953.1958>
- Alsobayel, A. A., & Albadry, M. A. (2011). Effect of storage period and strain of layer on internal and external quality characteristics of egg marketed in Riyadh area. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10(1), 41–45. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.04.001>

- Araneda Uson, R. P. (2006). *Percepción de calidad de huevo vista por un grupo de consumidores del Gran Santiago* [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130918>
- Arenas Norambuena, C. Z. (2016). *Caracterización de la calidad de cáscara de huevo blanco en planteles avícolas comerciales en Chile y su relación con determinados factores de producción* [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140676>
- Basurgo Valcárcel, M. S. (2019). *Efecto del marigold saponificado y altos contenidos de polvillo de arroz en dietas de gallinas de postura suplementadas con complejo multi - enzimático sobre la producción y pigmentación de yema de huevo* [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Nacional Digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4693>
- Bozkurt, Z., & Tekerli, M. (2009). The effects of hen age, genotype, period and temperature of storage on egg quality. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(4), 517–524.
- Carbajal, A. (2006). Calidad nutricional de los huevos y su relación con la salud. *Revista de Nutrición Práctica*, 10, 73–76.
- Carranco-Jáuregui, M. E., Sanginés-García, L., Morales-Barrera, E., Carrillo-Domínguez, S., Ávila-González, E., Fuente-Martínez, B., Ramírez-Poblano, M., & Pérez-Gil Romo, F. (2006). Shrimp head meal in laying hen rations and its effects on fresh and stored egg quality. *Interciencia*, 31(11), 822–827.
- Chingal Rosero, R. E. (2015). *Evaluación física, química y microbiológica de los huevos comerciales de gallina, durante su almacenamiento (32 días), bajo diferentes condiciones ambientales* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital de la Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6434>
- Corona Kisboa, J. L. (2013). Efecto del estrés calórico sobre la fisiología y calidad de huevo en gallinas ponedoras. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 14(7), 1–15.
- Cruz Rey de las Moras, M. (2008). *Alteraciones de la cáscara, clara y yema de huevo* [Informe Técnico]. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://bit.ly/3QkjmOZ>
- De Ketelaere, B., Govaerts, T., Coucke, P., Dewil, E., Visscher, J., Decuypere, E., & De Baerdemaeker, J. (2002). Measuring the eggshell strength of 6 different genetic strains of laying hens: Techniques and comparisons. *British Poultry Science*, 43(2), 238–244. <https://doi.org/10.1080/00071660120121454>
- Di-Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, Y. C. (2017). *InfoStat versión 2017*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Ebeid, T. A., Suzuki, T., & Sugiyama T. (2012). High ambient temperature influences eggshell quality and calbindin-D28k localization of eggshell gland and all intestinal segments of laying hens. *Poultry Science*, 91(9), 2282–2287. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01898>
- Feddern, V., Celant de Prá, M., Mores, R., da Silveira Nicoloso, R., Coldebella, A., & de Abreu, P. G. (2017). Egg quality assessment at different storage conditions seasons and laying hen strains. *Ciência e Agrotecnologia*, 41(3), 322–333. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017413002317>
- Fuentes Pérez de los Cobos, P. (2002). Calidad interna del huevo y su conservación. En A. Sastre Gallego, R. M. Sastre Gallego, F. Tortuero Cosialls, G. Suárez Fernández, G. Vergara García, & C. López Nombdedeu (Eds.), *Lecciones sobre el huevo* (pp. 57–72). Instituto de Estudios del Huevo.

- Gallardo Vela, C., Oliveira Soares, G. H., & Bravo, L. (2018, julio 24). *Influencia del tiempo y la temperatura de almacenamiento sobre la calidad de los huevos en gallinas de postura*. Engormix. <https://bit.ly/3tf0Cq6>
- Heon Chung, S., & Lee, K. -W. (2014). Effect of hen age, storage duration and temperature on egg quality in laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 13(11), 634–636. <https://doi.org/10.3923/ijps.2014.634.636>
- Huyghebaert, G. (2006). Fisiología de la puesta, con énfasis en la calidad de la cáscara. *Selecciones Avícolas*, 2006, 227–230. <https://bit.ly/3PSMM6x>
- Instituto de Estudios del Huevo. (2009). *El gran libro del huevo* (1ª ed.). Editorial Everest, S. A. <https://bit.ly/3NO3F0a>
- Jin, Y. H., Lee, K. T., Lee, W. I., & Han, Y. K. (2011). Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 24(2), 279–284. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10210>
- Jones, D. R. (2006). Conserving and monitoring shell egg quality. In T. A. Scott (Ed.), *Proceedings of the 18th Annual Australian Poultry Science Symposium* (pp. 157–165). Poultry Research Foundation.
- King'ori, A. M. (2012). Egg quality defects: Types, causes and occurrence: a review. *Journal of Animal Production Advances*, 2(8), 350–357. <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleId=664884>
- Peña Vásquez, M., Castro Alpízar, A. C., & Martínez Jaikel, T. (2011). Conocimientos, opiniones y prácticas respecto al huevo de gallina en familias de comunidades urbana-rural, Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 20(1), 36–43.
- Portal Veterinaria. (2003, abril 16). *Fisiologismo de la termorregulación en las gallinas*. Portal Veterinaria. <https://bit.ly/3Q1ivSP>
- Raji, A. O., Aliyu, J., Igwebuikwe, J. U., & Chiroma, S. M. (2009). Effect of storage methods and time on egg quality traits of laying hens in a hot dry climate. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(4), 1–7. http://www.arpnjournals.com/jabs/research_papers/rp_2009/jabs_0709_136.pdf
- Roberts, J. R. (2004). Factors affecting egg internal quality and eggshell quality in laying hens. *The Journal of Poultry Science*, 41(3), 161–177. <https://doi.org/10.2141/jpsa.41.161>
- Ruiz Núñez, J. A. (2015). *Efecto del estrés calórico en aves de postura* [Tesis de grado, no publicada]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Samli, H. E., Agma, A., & Senkoğlu, N. (2005). Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(3), 548–553. <https://doi.org/10.1093/japr/14.3.548>
- Şekeroğlu, A., Gök, H., & Duman, M. (2016). Effects of egg shell color and storage duration on the external and internal quality traits of ATAK-S layer hybrids. *Ciencia e Investigación Agraria*, 43(2), 327–335. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202016000200015>
- Selecciones avícolas. (2016, abril). *La guía DSM de pigmentación de yema de huevo 2016 y el nuevo abanico colorimétrico DSM YolkFan™ ya están disponibles*. <https://bit.ly/3zcTGgK>
- Tasayco, E. S., Pérez N., Velázquez, L., Tarazona, T., Huarcaya, G. F., & Quispe, P. (2019, septiembre 6). *Calidad del huevo: factores que afectan durante el período de almacenamiento*. Actualidad Avípecuaria. <https://bit.ly/3xaSatc>
- United States Department of Agriculture. (2000). *Egg grading manual*. Agricultural Marketing Service. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Egg%20Grading%20Manual.pdf>

- Yan, Y. -Y., Sun, C. -J., Lian, L., Zheng, J. -X., Xu, G. -Y., & Yang, N. (2014). Effect of uniformity of eggshell thickness on eggshell quality in chickens. *The Journal of Poultry Science*, 51(3), 338–342. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0130032>
- Yilmaz, A. A., & Bozkurt, Z. (2009). Effects of the hen age, storage period and stretch film packaging on internal and external quality traits of table eggs. *Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii*, 42(2), 462–469.