



Afianzamiento del color comercial y de la capacidad antioxidante en yema de huevos de gallinas ponedoras por suplementación dietética con harina de bagazo de uva

Enhancement of commercial color and antioxidant capacity in egg yolks from laying hen by dietary supplementation with grape pomace

Betty Ronceros ^a; Roberto Quevedo-León ^a *; John Jara-Quezada ^b; Carmen Soto-Maldonado ^{b, c}; Alejandro Lespinard ^d; Edgar Uquiche ^e

^a Departamento de Acuicultura y Recursos Agroalimentarios, Universidad de Los Lagos, Programa FITOGEN. Av. Alberto Fuchslocher 1305, Región de Los Lagos, Osorno, Chile.

^b Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables, Av. Universidad 330, Curauma-Placilla, Valparaíso, Chile.

^c Escuela de Ingeniería Bioquímica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil 2085, Valparaíso, Chile.

^d Instituto Multidisciplinario de Investigación y Transferencia Agroalimentaria y Biotecnológica (IMITAB), CONICET - Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María, Av. Arturo Jauretche 1555, (5900), Villa María, Córdoba, Argentina.

^e Department of Chemical Engineering, Center of Food Biotechnology and Bioseparations, BIOREN, Universidad de La Frontera (UFRO), Av. Francisco Salazar 01145, Temuco, Chile.

* Autor correspondiente: R. Quevedo-León [rquevedo@ulagos.cl | <https://orcid.org/0000-0001-8132-838X>]

B. Ronceros [bronceros@ulagos.cl | <https://orcid.org/0000-0003-3135-0647>]

J. Jara-Quezada [jjara@creas.cl | <https://orcid.org/0009-0002-0407-4915>]

C. Soto-Maldonado [carmensoto@creas.cl | <https://orcid.org/0000-0002-2465-9032>]

A. Lespinard [alesspinard@conicet.gov.ar | <https://orcid.org/0000-0001-9466-1771>]

E. Uquiche [edgar.uquiche@ufrontera.cl | <https://orcid.org/0000-0003-0343-3410>]

Resumen

El efecto de la incorporación de bagazo de uva en dietas de gallinas sobre la productividad, el peso medio del huevo, el color del huevo y la capacidad antioxidante en yemas de huevo fue medido. La capacidad antioxidante fue evaluada usando el método ORAC; la intensidad del color de la yema se evaluó usando tanto la carta YolkFan La Roche® (DSM), utilizando 15 panelistas (color sensorial) e instrumentalmente usando un colorímetro LS170 (Smart Colorimeter), que midió la intensidad del color (L^* , a^* y b^*) del espacio de color CIELab (Lab). Los valores de L^* , a^* y b^* asociados cada nivel numérico de la cartilla DSM también fueron medidos digitalmente para así poder compararlas con el color medido instrumentalmente. Los resultados mostraron un aumento del color de la yema de los con hasta 5% de HBU; por sobre este valor, dichos valores disminuyeron. La misma tendencia se observó con los valores de la capacidad antioxidante.

Palabras clave: bagazo de uva; color de yema; DSM; YolkFan; gallinas ponedoras; capacidad antioxidante.

Abstract

The effect of incorporating grape pomace in hen diets on productivity, mean egg weight, egg color and antioxidant capacity in egg yolks was measured. Antioxidant capacity was assessed using the ORAC method; yolk color intensity was assessed using both the La Roche® YolkFan (DSM) card, using 15 panelists (sensory color) and instrumentally using a LS170 colorimeter (Smart Colorimeter), which measured the color intensity (L^* , a^* and b^*) of the CIELab color space (Lab). The L^* , a^* and b^* values associated with each numerical level of the DSM card were also measured digitally in order to compare them with the color measured instrumentally. The results showed an increase in yolk color of hens with up to 5% HBU; above this value, these values decreased. The same trend was observed with the antioxidant capacity values.

Keywords: grape pomace; yolk colour; DSM; YolkFan; laying hens; antioxidant capacity.



1. Introducción

Los consumidores valoran al huevo como un elemento esencial en su dieta y lo evalúan por sus atributos tales como la consistencia de la albumina, la fuerza de la cáscara y el color de la yema (Papadopoulos et al. 2022). En general, los huevos contienen importantes macronutrientes y micronutrientes tales como proteínas y lípidos altamente digeribles, minerales y vitaminas; su principal característica bioactiva comprende a sus aminoácidos aromáticos y los carotenoides, los cuales son los principales contribuyentes a las propiedades de color y de antioxidantes especialmente en la yema (Nimalaratne et al., 2016; Spasevski et al., 2018). El color de la yema en el huevo es considerado como un factor de calidad comercial muy importante (Sunder et al. 2022).

Las propiedades en el huevo pueden ser modificadas por la dieta que consumen las gallinas ponedoras (Li et al., 2022) y depende de los diferentes factores que inciden sobre la mantención de la calidad de los huevos durante la etapa de reproducción de gallinas. Por ejemplo, recientemente se ha considerado usar productos o residuos naturales agroindustriales en sus dietas para mejorar la calidad del huevo, la capacidad antioxidante y en general la salud del animal (Reis et al., 2019). También, se ha verificado que los antioxidantes naturales en las dietas juegan un papel importante en la producción avícola desempeñan un papel clave en su inmunocompetencia (Wang et al., 2023). La importancia de ingerir compuestos antioxidantes es que ellos trabajan juntos metabólicamente para crear un sistema dando un delicado equilibrio entre la cantidad de radicales libres generados en el cuerpo y los antioxidantes que protegen contra ellos; la alteración de dicho equilibrio provoca un estrés oxidativo (Shang et al., 2020).

En la industria y el comercio avícola, la evaluación comercial del color de la yema de huevo es realizada usando la cartilla numérica *YolkFan* (DSM) producida por escala de La Roche®, la cual ha demostrado tener una correlación numérica asociada al contenido de pigmentos amarillos y anaranjados. La cartilla (Figura 1) presenta una escala discreta de colores asociados a un número, entre 1 y 15, la cual permite clasificar las yemas de huevo de acuerdo a un número de color determinado. Sin embargo, la cartilla no expresa sus valores en el espacio Lab (espacio muy usado para medir color en alimentos).

La evaluación visual de esta cartilla brinda una información rápida y que se corresponde mejor con la percepción sensorial del color de la yema de huevo (Bovskova et al., 2014). Los colores de esta cartilla también podría ser medida instrumentalmente con un colorímetro para evaluar su intensidad luminosa (L^*),

de rojizo(a^*) y de amarillez (b^*). El color de la yema en las gallinas ponedoras está determinado principalmente por el contenido y perfil de los pigmentos carotenoides (entre otros presentes) en su dieta de alimentación, y este color puede modificarse a través de manipular estos ingredientes en la dieta (Wen et al., 2021).



Figura 1. Carta DSM *YolkFan* de La Roche® para clasificar color comercial en yema de huevo.

Con respecto a la preferencia del color en la yema por parte de los consumidores, hay factores ligados a la percepción del mismo consumidor sobre tal color, en algunos casos ligada a la ubicación geográfica, la cultura y tradiciones. Sin embargo, los consumidores en la mayor parte del mundo prefieren yemas de colores profundos; es decir, desde un color amarillo pálido a preferentemente un naranja oscuro (Bovskova et al., 2014). En ese contexto, los consumidores prefieren la yema de un color más anaranjado oscuro; viéndose reflejado en un aumento en la escala en la cartilla DMS (Cisneros, 2016).

Uno de los residuos naturales aprovechables como insumo en dietas de animales y de alto contenido de antioxidantes, es el bagazo de uva, proveniente de los desechos de la producción de vino. La harina de bagazo de uva (HBU) es un ingrediente alimentario derivado del prensado de las uvas frescas, fermentado o no, denominado orujo o bagazo. Es rica en fibra y antioxidantes ambos componentes muy deseables en los alimentos por sus reconocidos beneficios para la salud. En el caso de la oxidación metabólica en mamíferos, durante las actividades celulares normales varios procesos dentro de las células producen especies reactivas de oxígeno (ROS) y pueden dañar la estructura celular de las proteínas y lípidos o formar aductos de ADN que pueden promover la actividad cancerígena. El propósito de los antioxidantes en un entorno fisiológico es evitar que las concentraciones de ROS alcancen un nivel lo suficientemente alto dentro de una célula como para que se produzcan daños. Los antioxidantes celulares pueden ser

enzimáticos (catalasa, glutatión peroxidasa, superóxido dismutasa) o no enzimáticos (glutatión, tioles, algunas vitaminas y metales, o fitoquímicos como isoflavonas, polifenoles y flavonoides).

La incorporación de ciertos compuestos en los piensos de gallinas puede modificar la composición nutritiva de los huevos. Por ejemplo, la incorporación de antoxantina natural en la dieta de gallinas ponedoras aumentó la capacidad antioxidante en la yema de huevo. El uso de inulina (15 o 20 g/kg) en la dieta de gallinas ponedoras incrementó las actividades de captación de radicales DPPH y ABTS, el contenido de fenoles totales y el poder reductor férrico en las yemas de yema frescas (Shang et al., 2020).

El objetivo de este trabajo fue incorporar distintos porcentajes de HBU en la dieta de gallinas ponedoras y evaluar su efecto en el color, el peso, la calidad sensorial, y en la capacidad antioxidante (método ORAC) en yemas de huevos; características que inciden sobre la calidad de yemas, al ser muy relevantes para los consumidores.

2. Metodología

2.1 Animales, tratamientos y dietas

Cumpliendo con las normas éticas internacionales para la investigación de animales, un total de 60 gallinas ponedoras "ISA Brown" fueron separadas en 6 compartimentos (cuarteles), cada uno con 10 gallinas ponedoras, elegidas en forma aleatoria. Cada grupo recibió una dieta base con contenido diferente de porcentaje de HBU en polvo: 0%, 2%, 3%, 5%, 7% y 10%.

2.2 Condiciones experimentales

Cada cuartel consistió en una jaula metálica de 2 × 2 m, donde se alojaron 10 gallinas ponedoras (Figura 2). Las aves recibieron 110 g de alimento/gallina/día. El agua se suministró *ad-libitum* a través de un nipple/jaula y se entregó 16 horas de iluminación cada día. El experimento tuvo un período de 30 días. No se emplearon medicamentos, ni se brindó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental.

2.3 Indicadores productivos

A los 0 días, 15 días y 30 días se extrajeron los huevos de cada corral para el análisis. Se tomaron 9 huevos al azar de cada corral y se controló el peso de cada uno. en una balanza digital SARTORIUS, modelo BL 1500, con precisión $\pm 0,1$ g. A los huevos frescos previamente liofilizados se les midió la capacidad antioxidante (ORAC); A los huevos previamente cocidos a 90°C x 10 minutos e inmediatamente sumergidos en agua a 10 °C (5 min), se les midió el color de yema, por método instrumental y sensorial usando la cartilla DSM.



Figura 2. Cuartel usado en los experimentos conteniendo las gallinas ponedoras.

2.4 Capacidad antioxidante

Los huevos liofilizados fueron sometidos a una extracción hidroalcohólica, utilizando metanol 80% (20% agua), acidificado con HCL al 0,1%, tiempo de extracción 3 horas y una razón de sólido/líquido 1:20 (1 g de huevo liofilizado en 20 mL de solvente). Luego, se filtró el extracto con papel filtrante y el líquido filtrado fue sometido a la medición de la capacidad antioxidante por el método de absorción del radical libre de oxígeno (ORAC), descrito por Prior et al. (2005) (Prior et al., 2005).

2.5 Análisis de color

Para el análisis de color se utilizó un colorímetro LS170 (portable app Smart Colorimeter) que trabaja en el espacio CIELab (Lab). Las coordenadas de cromaticidad, L* indica luminosidad, a* (rojizo) y b* (amarillez), fueron registradas y procesadas directamente en el colorímetro. Los datos fueron analizados estadísticamente usando el análisis de varianza con un 95% de confianza (5% de significancia). Los resultados fueron expresados mediante gráficos de promedios en donde las medias y sus desviaciones estándares determinan diferencias significativas usando la prueba ANOVA.

2.6 Análisis sensorial de color en yemas

El color de la yema de huevo se evaluó visualmente mediante una carta abanico de color de yema (DSM) el cual clasifica al color de las yemas en 15 categorías (Figura 1). Un panel compuesto de 8 jueces se encargó de evaluar físicamente la calidad de color amarillo en 3 yemas simultáneas, utilizando la escala del abanico de color de yema DSM. La evaluación visual de los panelistas se comparó con el análisis de color digital obtenido por un sistema de captura de imágenes. Los resultados fueron analizados mediante la aplicación de la prueba de ANOVA, a una confianza de 95%.

2.7 Caracterización de los colores de la cartilla DSM en términos de Lab

Para comparar los niveles de color de la carta DSM con los colores medidos instrumentalmente con el colorímetro LS170 a la yema de los huevos; se procedió a realizar un programa en Matlab® en conexo con un sistema de visión computacional (CVS), de acuerdo a la metodología propuesta por (Quevedo et al., 2010). El sistema captura una imagen en formato RGB y para después transformar la imagen en formato Lab; bajo luz estándar D65. Veinte cartas DSM fueron usadas para caracterizar cada nivel en la carta DSM en términos de Lab; un valor promedio fue calculado de L*, de a* y de b*, respectivamente.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis proximal a la dieta control (0% HBA) y a los tratamientos con bagazo de uva usados en el experimento. En general todas las dietas tuvieron más o menos la misma composición proximal en humedad, cenizas y contenido de proteínas, (no diferencias estadísticas fueron detectadas entre las dietas); excepto para el contenido de lípidos totales y fibra, en la que la dieta de 5% HBA mostró contener un poco más de lípidos; mientras que en la dieta de 10% HBA, menos contenido de lípidos totales. Destacando en la composición al contenido promedio de humedad en todas en las dietas fue de un $75,36 \pm 0,15\%$ y al contenido de proteínas con un $12,68 \pm 1,23\%$. Diferencias entre dietas fueron establecidas para el contenido de fibra entre dietas; las dietas de 0% y 2% tuvieron menos contenido de fibra que las dietas de 3% o de 5%. Las dietas con 7% y 10 % tuvieron la mayor concentración de fibra.

En La Figura 3 se muestra el resultado de los pesos promedio (g) de los huevos obtenidos por día en función del tipo de dieta a los 30 días de consumo. No se detectaron diferencias entre las dietas control con los tratamientos de 2%, 3%, 4% y a 5% de HBA; sin embargo, tuvieron en conjunto mayor peso a los 30 días, comparada con los pesos de huevos en la dieta de

10% HBA. Este resultado pudiera deberse al bajo consumo de las dietas por parte de las gallinas ponedoras a alta concentración de HBA (10%) en las dietas probadas en el estudio.

El efecto de suplementos en la dieta tales como la torta de colza, camelina y cáñamo, semillas de algodón, o bagazo de uva, sobre el peso en los huevos; ha sido evidenciado a ser significativo (Razmaite et al., 2022). Romero et al. (2022) encontraron que dietas para gallinas ponedoras con más de 6% suplementada con bagazo de uva, disminuyen el peso promedio de los huevos. En el presente estudio el nivel de suplemento en bagazo de uva para una disminución significativa del peso promedio de los huevos se dio a los 10% HBU.

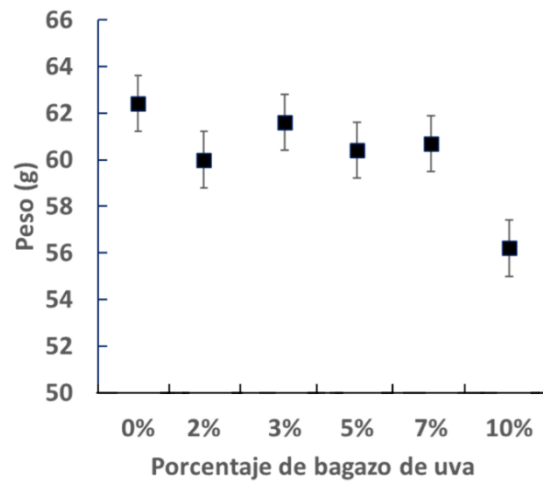


Figura 3. Pesos de los huevos según el porcentaje de HBU colocado en las dietas a 30 días de alimentación.

3.1 Efecto en el color de la yema

En la Figura 4 se presentan los resultados promedios del color de la yema de huevo en fresco, usando parámetros L*, a* y b* del espacio de color Lab; a los 30 días de alimentación. Puede observarse los cambios de color en la yema para cada tratamiento y para cada intensidad de color (L*, a* o b*) durante el experimento en función del porcentaje de HBU suplementado en las dietas rojizo.

Tabla 1

Análisis químico proximal a las dietas control y a los tratamientos

Nivel de HBU en las dietas	0% HBA	2% HBA	3% HBA	05% HBA	7% HBA	10% HBA
Humedad (%) ($\pm 0,15$)	75,43 ^a	75,10 ^a	75,38 ^a	75,40 ^a	74,90 ^a	75,96 ^a
Cenizas (%) ($\pm 1,80$)	1,02 ^b	0,99 ^b	0,98 ^b	0,91 ^b	0,90 ^b	0,97 ^b
Proteínas (%) ($\pm 1,23$)	12,71 ^c	12,47 ^c	12,07 ^c	12,73 ^c	13,05 ^c	13,05 ^c
Lípidos (%) ($\pm 0,50$)	3,42 ^d	3,21 ^d	2,66 ^d	4,76 ^e	3,35 ^d	1,97 ^f
Fibra (%) ($\pm 0,41$)	0,32 ^g	1,10 ^g	1,73 ^h	2,70 ^h	4,35 ⁱ	5,2 ⁱ
Sodio (mg/100g) ($\pm 3,84$)	112,77 ^j	105,83 ^j	106,83 ^j	109,96 ^j	114,58 ^j	114,54 ^j
Energía (Cal/100g) ($\pm 5,55$)	111,3 ^k	111,7 ^k	107,9 ^k	118,6 ^k	113,6 ^k	102,1 ^k

*Letras iguales no representan diferencias estadísticas significativas. Basado en 3 réplicas.

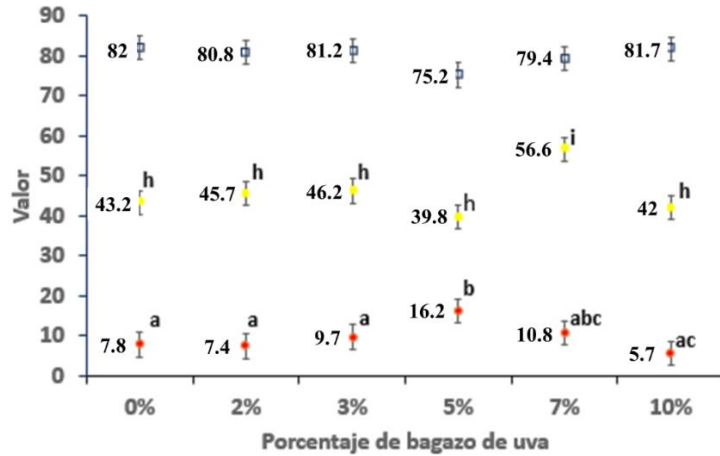


Figura 4. Valores de intensidad de color (Lab*) en yemas de huevo fresco, para dietas de gallinas ponedoras con distintos tratamientos (% HBU), a los 30 días de alimentación. Control = 0% HBU. Letras distintas corresponden a valores diferentes al 5% de significancia.

De acuerdo con los resultados, existe un efecto % de HBU en las dietas sobre el color las yemas en los huevos. Las dietas correspondientes al 5% en HBU, produjeron yemas más oscuras (menor valor L*) y más rojizas (mayor valor a*) que la del control ($p > 0,05$); mientras que la dieta con 7% produjo yemas más amarillas (mayor valor b*) que la del control. Dietas con más de 7% produjo un color de la yema con tonalidades más bajas en amarillo y rojo.

Estos resultados reafirman los estudios para cambiar el color de la yema en huevos de gallinas ponedoras. Por ejemplo, se ha probado la suplementación dietética con 0,1%, 0,2% y 0,4% de naringina durante 8 semanas mejoró el color de la yema de huevo respectivamente (Li et al., 2022), mientras que Gao et al. (2020) probaron que el color de la yema se puede oscurecer linealmente con el aumento de la dosis de astaxantina en 20, 40, 80 y 160 mg/kg durante una alimentación de 4 semanas.

3.2 Análisis sensorial de color de las yemas usando valores de cartilla DSM

En la Tabla 2 se muestran los valores promedios atribuidos a la carta DSM para yemas de huevo obtenidos en el experimento, de acuerdo a las dietas de gallinas.

Tabla 2

Promedios de valores de la carta DSM correspondiente a la evaluación sensorial a yemas de huevo según tratamiento de dietas, a los 30 días de alimentación

% de bagazo uva en las dietas	0%	2%	3%	5%	7%	10%
Valor promedio DSM	9,4 ^a	7,8 ^a	9,9 ^{ab}	11,3 ^{ab}	11,4 ^b	13,2 ^b

*Desviación estándar promedio = $\pm 1,4$.

Los resultados de la evaluación sensorial para color DSM en las yemas mostraron valores similares ($p < 0,05$) entre los tratamientos 0% a 5%; con un valor promedio alrededor de los 9 puntos en la carta DSM. Las dietas mayores al 5% produjeron un valor mayor (alrededor de 12 unidades DSM) en los que tampoco hubo diferencias significativas entre ellas.

3.3 Caracterización de la cartilla DSM en términos de valores de Lab*

En la Figura 5 se muestran los valores promedios de intensidad de color Lab* correspondiente a cada nivel de valor correspondiente a la carta DSM. Desde el punto de vista de la intensidad de colores L*, amarillo (b*) y rojo(a*) se puede observar 3 zonas (líneas punteadas). Zona I, que encierra los valores de 1 a 4 de la escala DSM; la Zona II entre valores DSM 5 a 9; y la Zona III donde están los valores de 10 a 13.

En la Zona I de la Figura 5, la intensidad de color rojizo (a*) a estar ausente (valores negativos cercanos a 0 en a* representan colores tenues verdes); la intensidad luminosidad (L*) se mantiene a niveles cercanos de 82 unidades; y la intensidad amarilla (b*) aumenta en esta zona desde las 57 unidades hasta los 85. Esa zona prescinde básicamente de una intensidad de color rojizo, por lo que predomina el color amarillo pálido.

En la zona II aparece la tonalidad rojiza siendo más pronunciado en rojos mientras mayor es el nivel de la carta DSM. Los valores de la luminosidad (L*) disminuyen, otorgando valores de yema más oscuras mientras se disminuye la tonalidad amarilla; conforme aumentan los niveles de la cata DSM. En la zona (III) se obtienen valores mayores de rojizos (a*, más pronunciados), y más oscuros (menores valores de L*); mientras disminuye los valores de amarillo (b*); todo esto indica que a mayores valores de DMS la tonalidad de las yemas se tornará más rojiza y más oscura.

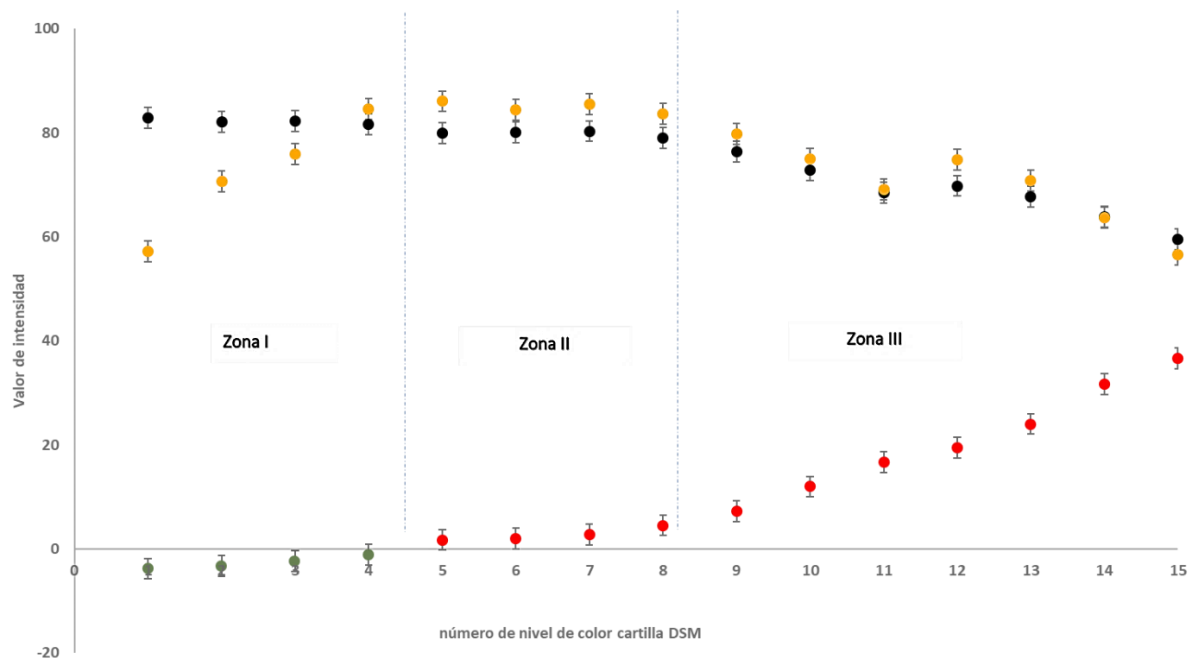


Figura 5. Valores promedio de intensidad de color Lab (L*, a* y b*) correspondiente a cada nivel de la carta DSM, a los 30 días de alimentación.

Trabajos previos han reportado que la deposición de carotenoides amarillos en las dietas produce una tonalidad amarilla correspondiente a valores de DSM en torno a 7; mientras que a mayores valores de DMS, la yema cambia el tono a más rojo y a más anaranjado oscuro, viéndose reflejado en un aumento en la escala (Cisneros, 2016).

El valor del nivel de color de yemas obtenidos desde la evaluación sensorial usando la carta DSM, para 5% HBU a los 30 días de alimentación, fue de 9 puntos; equivalente a valores Lab* de 76,3, 7,2 y de 79,8 unidades respectivamente. Comparado con los valores obtenido para yemas con el colorímetro instrumental a 5% HBU (75,2, 16,2 y 39,8); las intensidades L* y a* aparecen muy similares.

Para 7% HBU a los 30 días de alimentación, el valor DSM fue de 11 puntos, equivalente a valores Lab de 69,0, 69,0 y de 16,6 unidades respectivamente. Comparado con los valores obtenidos para yemas con el colorímetro instrumental a 7% HBU (79,4, 10,8 y 56,6); las intensidades L* y a* aparecen distintas.

3.4 Efecto del % HBU en las dietas sobre la capacidad antioxidante de las yemas de huevo

En la Tabla 3 se puede observar que al aumentar el porcentaje de HBU en las dietas, aumenta la capacidad antioxidante en los huevos hasta la inclusión de un 5% en las dietas, posteriormente empieza a disminuir.

Tabla 3

Capacidad antioxidante en huevos de gallinas con distintos porcentajes de HBU en las dietas

% HBU en la dieta	ORAC (μmol TE/100 g. m.)	Valor medio
10% ^c	1554,4 ± 59,8	1301,1 ± 237,1
	1294,9 ± 156,5	
	1054,1 ± 116,6	
7% ^a	1932,3 ± 142,5	1752,5 ± 264,7
	1899,4 ± 150,9	
	1425,8 ± 59,1	
5% ^b	2241,1 ± 101,3	2224,1 ± 175,4
	2069,7 ± 96,8	
	2361,6 ± 179,6	
3% ^a	2165,7 ± 224,5	2059,3 ± 207,9
	1887,7 ± 166,9	
	2124,5 ± 111,6	
2% ^a	1787,4 ± 126,0	1780,7 ± 138,7
	1825,9 ± 79,9	
	1728,8 ± 188,3	
0% ^a	1811,7 ± 102,4	1725,7 ± 136,2
	1764,6 ± 138,4	
	1600,8 ± 57,3	

4. Conclusiones

Bajo las condiciones experimentales expuestas en este trabajo, se verificó el efecto de la incorporación de bagazo de uva sobre la productividad, el peso medio del huevo, el color del huevo y la capacidad antioxidante de la yema, cuando se incorporó harina de bagazo de uva (HBU) en un porcentaje ideal de 5%,

a dietas de gallinas ponedoras. A este nivel se logró aumentar en 1,3 veces la capacidad antioxidante de las yemas, así como elevar a niveles mayores los valores de la cartilla DSM mejorando su color. El valor del nivel de color Lab de yemas obtenidas computacionalmente desde la cartilla DSM, fueron similares a los valores Lab obtenidos con el colorímetro instrumental a 5% HBU; sin embargo, para 7% HBU fueron muy distintas.

Agradecimientos

Se agradece a la empresa Calu Spa del veterinario osornino Christian Ziller, por proporcionar las instalaciones y las gallinas ponedoras para realizar esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Bovskova, H., Mikova, K., & Panovska, Z. (2014). Evaluation of Egg Yolk Colour. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(3), 213–217. <https://doi.org/10.17221/47/2013-CJFS>
- Cisneros, F. (2016). Egg Yolk Pigmentation. *International Poultry Production*, 24(8), 29.
- Gao, S., Li, R., Heng, N., Chen, Y., Wang, L., Li, Z., Guo, Y., Sheng, X., Wang, X., Xing, K., Ni, H., & Qi, X. (2020). Effects of dietary supplementation of natural astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* on antioxidant capacity, lipid metabolism, and accumulation in the egg yolk of laying hens. *Poultry Science*, 99(11), 5874–82. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.029>
- Li, H., Hou, Y., Chen, J., Wu, H., Huang, L., Hu, J., Zhang, Z., Lu, Y., & Liu, X. (2022). Dietary naringin supplementation on laying performance and antioxidant capacity of three-yellow breeder hens during the late laying period. *Poultry Science*, 101(9), 102023. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102023>
- Nimalaratne, C., Schieber, A., & Wu, J. (2016). Effects of storage and cooking on the antioxidant capacity of laying hen eggs. *Food Chemistry*, 194, 111–116. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.116>
- Papadopoulos, G. A., Lioliopoulou, S., Ordoudi, A. A., Giannenas, I., Van Hoeck, V., Morisset, D., Arsenos, G., Fortomaris, P., & Mantzouridou, F. T. (2022). Xylanase supplementation in wheat-based diets of laying hens affects the egg yolk color, carotenoid and fatty acid profiles. *Foods*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/foods11152209>
- Prior, R. L., Wu, X. L. & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- Quevedo, R. A., Aguilera, J. M., & Pedreschi, F. (2010). Color of salmon fillets by computer vision and sensory panel. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5). <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0106-6>
- Razmaite, V., Siukscius, A., & Leikus, R. (2022). Effects of dietary rapeseed (*Brassica napus*), hemp (*Cannabis sativa*) and camelina (*Camelina sativa*) seed cakes supplementation on yolk and albumen colour and nutritional value of yolk lipids in estonian quail eggs. *Animals*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/ani12223110>
- Reis, J. H., Gebert, R. R., Barreta, M., Boiago, M. M., Souza, C. F., Baldissera, M. D., Santos, I. D., Wagner, R., Laporta, L. V., Stefani, L. M., & Da Silva, A. A. (2019). Addition of grape pomace flour in the diet on laying hens in heat stress: impacts on health and performance as well as the fatty acid profile and total antioxidant capacity in the egg. *Journal of thermal biology*, 80, 141–49. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.01.003>
- Romero, C., Arijia, I., Viveros, A., & Chamorro, S. (2022). Productive performance, egg quality and yolk lipid oxidation in laying hens fed diets including grape pomace or grape extract. *Animals*, 12, 1076. <https://doi.org/10.3390/ani12091076>
- Shang, H., Zhang, H., Guo, Y., Wu, H., & Zhang, N. (2020). Effects of inulin supplementation in laying hens diet on the antioxidant capacity of refrigerated stored eggs. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, 1047–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.234>
- Spasevski, N., Puvaca, N., Pezo, L., Tasic, T., Vukmirovic, D., Banjac, V., Colovic, R., Rakita, S., Kokic, B., & Dzinic, N. (2018). Optimisation of egg yolk colour using natural colourants. *European poultry science*, 82. <https://doi.org/10.1399/eps.2018.246>
- Sunder, A., Wilkens, M., Boehm, V., & Liebert, F. (2022). Egg yolk colour in organic production as affected by feeding - consequences for farmers and consumers. *Food chemistry*, 382. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131854>
- Wang, J., Zhang, T., Wan, C., Lai, Z., Li, J., Chen, L., & Li, M. (2023). The effect of theabrownins on the amino acid composition and antioxidant of hen eggs. *Poultry science*, 102(11). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102717>
- Wen, C., Su, Y., Tao, Z., Cheng, Z., Zhou, D., Wang, T., & Zhou, Y. (2021). Dietary supplementation with microencapsulated lutein improves yolk color and lutein content in fresh and cooked eggs of laying hens. *Journal of poultry science*, 58(2), 97–102. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0190139>