

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA**

CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE HUEVOS DE GALLINA DE POSTURA (*Gallus gallus domesticus*) ALIMENTADAS CON LACTOSUERO EN POLVO Y HARINA DE ORUJO DE UVA

POR:

Q. B. P. PAMELA TERESA ACOSTA NEVÁREZ

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

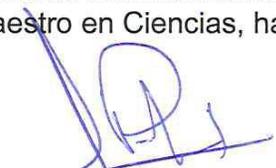
MAESTRO EN CIENCIAS

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

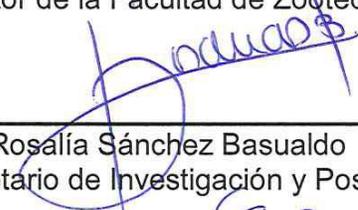
MARZO 2025



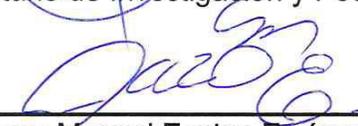
Calidad fisicoquímica de huevos de gallina de postura (*Gallus gallus domesticus*) alimentadas con lactosuero en polvo y harina de orujo de uva, tesis presentada por Pamela Teresa Acosta Nevárez como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, ha sido aceptada y aprobada por:



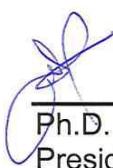
D.Ph. Alfredo Pinedo Álvarez
Director de la Facultad de Zootecnia y Ecología



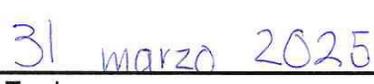
Dra. Rosalía Sánchez Basualdo
Secretario de Investigación y Posgrado



Dr. Lauro Manuel Espino Enríquez
Coordinador Académico



Ph.D. Ana Luisa Rentería Monterrubio
Presidente



Fecha



Fecha: 06/01/2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

DRA. ROSALÍA SÁNCHEZ BASUALDO
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA, UACH.

Por este medio, quienes integramos el comité del (la) estudiante: **Q.B.P. Pamela Teresa Acosta Nevárez** de nivel **MAESTRÍA** quien elaboró el trabajo final de Tesis para titulación bajo el nombre: **CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE HUEVOS DE GALLINA DE POSTURA (*Gallus gallus domesticus*) ALIMENTADAS CON LACTOSUERO EN POLVO Y HARINA DE ORUJO DE UVA**

Otorgamos nuestro voto aprobatorio ya que consideramos que dicho trabajo cumple con el Contenido Técnico, Análisis de la Información, Formato (estilo y forma vigentes) y está listo para ser presentado y defendido en examen de grado del programa: **Maestría en Ciencias**

Comité de Tesis/Tesina		
Puesto en el comité	Nombre	Firma
Asesor:	Ph.D. Ana Luisa Rentería Monterrubio	
Representante área relacionada:	Ph.D. América Chávez Martínez	
Representante área estadística:	Dr. Eduardo Santellano Estrada	
Representante de la coordinación:	Dr. Rogelio Sánchez Vega	

*En caso de contar con un asesor externo corresponde al área relacionada.

DR. LAURO MANUEL ESPINO ENRÍQUEZ
UNIDAD/COORDINACIÓN ACADÉMICA
Vo. Bo.



FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA
Periférico Francisco R. Almada Km. 1, C.P. 31453
Tel. (614) 432.5550
(614) 432.5570
Chihuahua, Chih. Mex.
www.fz.uach.mx



+uach

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los que han sido parte de este camino. Ha sido un desafío lleno de obstáculos y momentos de incertidumbre.

Sin su apoyo, motivación y confianza, alcanzar esta meta habría sido mucho más difícil. Gracias por estar ahí en cada paso del camino. ¡Este logro también es suyo!

DEDICATORIA

iA mi familia por su apoyo en los momentos en que yo dudaba y en especial a mi madre!

A mis profesores y mentores, por compartir su conocimiento y por inspirarme a seguir creciendo, en especial a la Ph. D. Ana Luisa Rentería Monterrubio.

A Juliana, Karen y Celina por ayudarme en momentos críticos.

Y a mí misma, por no rendirme, por seguir adelante.

CURRICULUM VITAE

La autora nació el 24 de septiembre de 1988 en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua. México.

2003 - 2006 Estudios de nivel medio superior como Auxiliar de Laboratorio en el Colegio de Bachilleres Plantel No. 8.

2006 - 2011 Estudios de Ingeniero Químico Bacteriólogo Parasitólogo en la Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Titulada con mención especial.

2012 - 2017 Encargada del Área de Inmunología en el Laboratorio Internacional de Análisis Clínicos S. A. de C. V.

2018 - 2020 Estudios de Maestría en Ciencias en la Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua.

RESUMEN

CALIDAD FISICOQUÍMICA DE HUEVOS DE GALLINA DE POSTURA
(*Gallus gallus domesticus*) ALIMENTADAS CON LACTOSUERO EN POLVO Y
HARINA DE ORUJO DE UVA

POR:

Q.B.P. PAMELA TERESA ACOSTA NEVÁREZ

Maestría en Ciencias en Producción Animal

Secretaría de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: Ph.D. Ana Luisa Rentería Monterrubio

El lactosuero es un subproducto de la industria quesera con propiedades antioxidantes, antimicrobianas, inmunomoduladoras y otros promotores de la salud. Por otra parte, el orujo de uva es un subproducto de la elaboración de vinos, que también tiene compuestos antioxidantes. A pesar de estas características, ambos derivados suelen desecharse debido a que los costos por concepto de aislamiento y purificación son elevados. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la inclusión del lactosuero en polvo y la harina de orujo de uva en la dieta de gallinas de postura y su efecto en la calidad físico-química de huevo fresco y almacenado en anaquel. Ciento veintiocho gallinas fueron distribuidas aleatoriamente en 64 jaulas (2 gallinas por jaula) y por 38 días se alimentaron con 4 dietas (32 gallinas por tratamiento). Los tratamientos fueron T1 alimento comercial (control), T2 harina de orujo de uva (1% g/kg⁻¹ de alimento), T3 lactosuero (6% g/kg⁻¹ de alimento) y T4 combinado de alimento comercial, harina

de orujo de uva ($1\% \text{ g/kg}^{-1}$ de alimento) y lactosuero en polvo ($6\% \text{ g/kg}^{-1}$ de alimento). Durante el estudio se midió: grosor del cascarón, unidades Haugh, color de la yema, alto y circunferencia del huevo, índice de yema, pH albúmina y pH de yema. Se observó que, el tratamiento afectó de manera general ($P < 0.05$) el peso de la albúmina, el índice de yema y albúmina, el peso del cascarón, el grosor del cascarón, la tendencia al rojo-verde (a^*) y pH de la albúmina; aunque para el caso de las últimas cinco características, el efecto varió dependiendo del día de medición, por un efecto de interacción ($P < 0.05$). El día afectó de manera general ($P < 0.05$); el peso total, el peso del cascarón cascarón, el peso de la yema y peso de la albúmina, el índice de albúmina, la luminosidad (L^*), a^* , el color amarillo-azul (b^*), el grosor del cascarón, el pH de la yema y pH de la albúmina; sin embargo, el efecto sobre las últimas tres características varió de acuerdo al tratamiento suministrado, por efecto de la interacción ($P < 0.05$). Se concluye que la inclusión del lactosuero y la harina de orujo de uva en la dieta de gallinas de postura mejora la calidad física de los huevos, especialmente el grosor, el índice de albúmina y el pH.

ABSTRACT

PHYSICOCHEMICAL QUALITY OF LAYING HEN EGGS (*Gallus gallus domesticus*) FED WITH WHEY POWDER AND GRAPE-SEED FLOUR

BY:

PAMELA TERESA ACOSTA NEVÁREZ

Whey is a by-product of the cheese industry with antioxidant, antimicrobial, immunomodulatory, and other health-promoting properties. On the other hand, grape-seed flour is a by-product of the wine industry, which also has antioxidant compounds. Despite these characteristics, both by-products are usually discarded due to the high costs of isolation and purification. Therefore, the objective was to evaluate the inclusion of whey powder and grape-seed flour in the diet of laying hens and its effect on the physical-chemical quality of fresh eggs and during their shelf-life. One hundred and twenty-eight hens were randomly distributed in 64 cages (2 hens per cage) and for 38 days they were fed 4 diets (32 hens per treatment). The treatments were T1 commercial diet (control), T2 grape-seed flour (1% g/kg⁻¹ feed), T3 whey (6% g/kg⁻¹ feed) and T4 a mixed of the commercial diet, grape-seed flour (1% g/kg⁻¹ feed) and whey (6% g/kg⁻¹ feed). The following variables were analysed: shell thickness, Haugh units, yolk colour, egg height and circumference, yolk index, albumin and yolk pH. It was observed that in general the treatment affected ($P < 0.05$) albumen weight, yolk and albumin index, shell weight, shell thickness, red-green tendency (a^*) and albumin pH; although in the case of the last five characteristics, the effect varied depending on the day of measurement, due to an interaction effect ($P < 0.05$). The day affected in a general way ($P < 0.05$); total weight, shell weight, yolk weight and albumen

weight, albumen index, luminosity (L^*), a^* , yellow-blue colour (b^*), shell thickness, yolk and albumen pH. However, the effect on the last three characteristics varied according to the treatment, because of the interaction ($P < 0.05$). It is concluded that the inclusion of whey and grape-seed flour in the diet of laying hens improves the physical quality of eggs, especially thickness, albumin index and pH.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	vii
ABSTRACT	ix
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Producción y Consumo Mundial y Nacional de Huevo	3
Zootecnia de Gallinas de Postura	3
Fisiología de la Producción del Huevo	4
Propiedades Funcionales de los Huevos de Gallina	5
Propiedades Funcionales del Lactosuero (LS)	8
Propiedades Funcionales de la Harina de Orujo de Uva (HOU) .	10
MATERIALES Y MÉTODOS	12
Descripción del Área de Estudio	12
Descripción y Manejo de la Población	12
Subproductos de la Industria Alimentaria	12
Diseño Experimental y Dietas	12
Recolección de Huevo	13
Variables Físicoquímicas	13
Análisis Estadístico	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
LITERATURA CITADA	25

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición nutricional promedio del huevo crudo completo de gallina	6
2	Niveles de significancia de los efectos principales y de interacción sobre las variables fisicoquímicas de huevos de gallinas alimentadas con lactosuero y/o harina de orujo de uva	17
3	Variables de respuesta evaluadas por el efecto de la inclusión de diferentes niveles de lactosuero y/o harina de orujo de uva en la dieta de gallinas de postura (medias \pm error estándar) . .	18

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Propiedades funcionales de las proteínas del lactosuero	9



INTRODUCCIÓN

Mundialmente, el huevo de gallina es un ingrediente básico de la dieta humana, es considerado un “alimento completo” por qué es barato, bajo en calorías, con alta calidad proteica, entre otros nutrientes (Chambers et al., 2017). Las características nutricionales del huevo cambian al modificar la dieta de las gallinas (Ahmad et al., 2012; Tahergorabi & Jaczynski, 2017; De Oliveira et al., 2018). Algunos de los ingredientes utilizados para modificar la composición del huevo incluyen: selenio orgánico, vitaminas, aceite de pescado, verdolagas, semillas de linaza, semillas de chía, prebióticos, probióticos y microalgas. A pesar de las ventajas de incluir estos ingredientes, la mayoría son de precio elevado, por lo que en años recientes se ha evaluado el impacto de aprovechar los subproductos y los desechos de la industria agroalimentaria como el lactosuero y los bagazos de frutas y vegetales. Mundialmente se producen 115 millones de toneladas de lactosuero al año, aproximadamente el 47% se desecha en ríos, lagos o en el suelo, contaminándolos debido a que el lactosuero genera una demanda química de oxígeno de 40 000 a 60 000 ppm y el 53% restante se transforma en suero en polvo, aislado de proteína, bioetanol, biopolímeros, hidrógeno, metano, electricidad, prebióticos y probióticos (Gurrola et al., 2017; Ali et al., 2019; Das et al., 2016). Por otro lado, el orujo de uva (pieles y semillas) es un subproducto de la elaboración de jugos y vinos (Pineda-Vadillo et al., 2016) abundante en fenoles, flavonoides, antocianinas y catequinas; los cuales tienen actividad antioxidante.



Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la inclusión de lactosuero en polvo y harina de orujo de uva en la dieta de gallinas sobre los parámetros fisicoquímicos del huevo.



REVISIÓN DE LITERATURA

Producción y Consumo Mundial y Nacional de Huevo

El huevo es un alimento con alto valor nutricional, considerado como una fuente de proteína de accesible, lo cual se ha traducido en un aumento de la producción y el consumo. En las últimas tres décadas, la producción mundial de huevo ha aumentado en más del 150 %, gran parte de este crecimiento se ha registrado en Asia, donde la producción casi se ha cuadruplicado (FAO, 2020). China es el principal productor con el 40 % de la producción mundial, seguida por los Estados Unidos con el 7 % y la India con el 6 % (FAO, 2020).

En México la producción de huevo para plato se incrementó, avanzando del séptimo al quinto lugar en el ranking mundial. A nivel nacional, el principal productor es Jalisco (quien aporta más de la mitad de la producción) posteriormente están, Puebla, Sonora, Guanajuato, Nuevo León, Yucatán, Durango, Coahuila, Sinaloa y Baja California (SAGARPA, 2016).

México es el principal consumidor de huevo a nivel mundial, con un consumo *per cápita* de 20.8 kg de huevo, es decir, casi un huevo diario (SAGARPA, 2016). Lo anterior se atribuye a múltiples factores como; precio bajo en comparación con otras proteínas de origen animal (influenciado por el bajo ingreso *per cápita*), la accesibilidad en el mercado, calidad proteica, practicidad y variabilidad en la preparación (Valadez, 2018).

Zootecnia de Gallinas de Postura

Con el fin de obtener la máxima relación costo – beneficio, la producción de aves de postura debe abarcar mínimo aspectos de alojamiento, bioseguridad estricta, nutrición, genética y sanidad (Quintana, 1999).



Por otra parte, para garantizar la inocuidad del huevo se deben contemplar programas para implementar, verificar y certificar las buenas prácticas de producción, además de la aplicación de sistemas de análisis de peligro y puntos críticos de control (HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Points), normas de calidad, sistemas de trazabilidad o cualquier otro acreditado y aprobado por organismos de certificación (SAGARPA, 2016).

Actualmente, debido a la concientización sobre bienestar animal hay un sector entre los consumidores que prefiere huevos de gallinas de libre pastoreo y lo considera un factor determinante al momento de la compra. El manejo (libre pastoreo o confinamiento en jaula) de las gallinas, impacta en la producción, el peso, unidades Haugh, el contenido de lisozima, niveles de colesterol y la vitamina A de la yema, entre otros factores (Krawczyk & Gornowicz, 2010).

Fisiología de la Producción del Huevo

El aparato reproductor femenino de las aves domésticas consta de un ovario y un único oviducto, el izquierdo, a diferencia de otras, como las de rapiña que tienen dos. Cada región del tracto reproductor sintetiza un constituyente, ya sea yema, albúmina (comúnmente llamada clara) o cascarón (Angulo, 2009).

La yema tiene origen en los folículos del ovario; sin embargo los constituyentes no son sintetizados por el tejido ovárico, por ejemplo la fosfovitina, lipovitelinina y lipovitelinina son sintetizadas en el hígado (Vaca, 2003). Las proteínas de la albúmina se sintetizan en las células tubulares (albúmina acuosa, ovalbúmina y lisozima) y calciformes (albúmina densa, avidina y mucina) del oviducto (Parkhurst & Mountney 1988). A continuación, el cascarón se forma a lo largo de su paso por el oviducto, comenzando en el istmo con la formación de



las membranas. La calcificación del cascarón toma lugar en el útero, esta etapa es la más larga ya que dura entre 12 y 20 horas según el nivel de calcio sanguíneo. En las aves productoras de huevo de color, la coloración es la etapa final de la formación del cascarón.

Cabe destacar que cada componente del huevo tiene características nutricionales diferentes, por ejemplo; la yema contiene lípidos, ácidos grasos poliinsaturados (omega-3), proteínas (lipoproteínas de baja densidad), vitaminas (A, E y del complejo B, entre otras), minerales (hierro, zinc, etc.), pigmentos (carotenoides) y alrededor del 1.0% de carbohidratos (Abdel-Aal., 2017). Por otro lado, la albúmina está compuesta de agua (82 – 90%), proteínas (ovalbumina, ovotransferrina, globulinas, lisozima, ovomucina y enzimas), vitaminas (B2 y riboflavina) y minerales (Chambers, 2017).

Propiedades Funcionales de los Huevos de Gallina

Desde la antigüedad el huevo de gallina ha sido un componente principal en la dieta humana a nivel mundial, no solo por sus propiedades nutricionales (Cuadro 1) sino por su facilidad para incluirse tanto en platillos dulces como salados. El huevo es una fuente importante de proteínas (y aminoácidos), grasas, minerales, vitaminas y elementos traza, al mismo tiempo que aporta una cantidad moderada (aproximadamente 140 kcal/100 g) de calorías. Aparte de los componentes básicos, actualmente se maneja la producción de huevos



Cuadro 1. Composición nutricional promedio del huevo crudo completo de gallina

Componente ^{*, **, ***}	Contenido promedio
Energía [*]	
kJ	584
kcal	140
Agua [*]	76.3
Proteína [*]	12.7
Grasa [*]	9.83
Azúcares [*]	0.27
Fructuosa	< 0.15
Glucosa	0.27
Maltosa	< 0.15
Sucrosa	< 0.15
Cenizas [*]	0.96
Ácidos grasos saturados ^{*, +}	2.64
Ácidos grasos monoinsaturados ^{*, ++}	3.66
Ácidos grasos poliinsaturados ^{*, ***}	1.65
Colesterol ^{**}	398
Sal [*]	0.31
Calcio ^{**}	76.8
Cobre ^{**}	0.055
Hierro ^{**}	1.88
Yodo ^{***}	21
Magnesio ^{**}	11
Manganeso ^{**}	0.027
Fósforo ^{**}	204
Potasio ^{**}	134
Selenio ^{***}	< 2.58
Sodio ^{**}	124
Zinc ^{**}	1.01
Retinol ^{***}	182
Vitamina D ^{***}	1.88
Vitamina E ^{**}	1.43
Vitamina K1 ^{***}	0.3
Vitamina B1 ^{**}	0.055
Vitamina B2 ^{**}	0.45
Vitamina B3 ^{**}	0.063
Vitamina B5 ^{**}	1.57
Vitamina B6 ^{**}	0.15
Vitamina B9 ^{***}	34
Vitamina B12 ^{***}	1.45

Componentes expresados en ^{*}g/100 g, ^{**}mg/100 g, ^{***}µg/100 g

Principalmente ⁺FA 18:0 ácido palmítico (1.96 g/100 g huevo), ⁺⁺FA 18:1 ácido oléico (3.51 g/100 g) y ⁺⁺⁺FA 18:2 ácido linoléico (1.38 g/100 g).



enriquecidos o de diseñador, donde se incrementa o modifica intencionalmente la proporción de alguno o varios de sus componentes y como consecuencia su nivel nutricional (Ahmad et al., 2012), por ejemplo huevos ricos en omega-3, bajos en colesterol, grasa o calorías y altos en vitamina E (De Oliveira et al., 2018).

Una de las estrategias más comunes para obtener huevos enriquecidos es la modificación de la dieta. Por ejemplo, la inclusión de colecalciferol (vitamina D3) para aumentar su contenido en el huevo sin afectar negativamente la calidad del huevo (Yao et al., 2013), con el fin de incrementar la concentración de omega-3 se ha utilizado el aceite de pescado (Saleh, 2013), sin embargo este aditivo provoca olores desagradables, por lo que se han utilizado fuentes alternativas de omega-3 como las semillas de linaza y chía (Lemahieu et al., 2013; Coorey et al., 2015).

Por otra parte, la inclusión de microorganismos como bacilos, bifidobacterias, enterococos, lactobacilos, estreptococos, levaduras y hongos, entre otros, pueden incrementar la producción (aumentando la eficiencia alimenticia) y calidad del huevo (huevos de mayor peso y con menor concentración de colesterol en la yema) (Aghaii et al., 2010). Las microalgas, como *Phaeodactylum tricornutum*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata* y *Chlorella fusca* elevan la concentración de omega-3, aunque se ha observado variación en la coloración de la yema (Lemahieu et al., 2013; Lemahieu et al., 2015). Finalmente, *Saccharomyces boulardii* y *Bacillus subtilis* aumentaron significativamente las concentraciones séricas de enzimas con actividad antioxidante.



Propiedades Funcionales del Lactosuero (LS)

Durante el periodo de 2010 a 2021, la producción de queso en el país ha ido en aumento (de aproximadamente 275 000 toneladas métricas a 448 000) y se estima que el crecimiento siga constante en los próximos años por otra parte en Chihuahua se ha convertido en un recuso local importante (Sánchez & Flores, 2017).

El LS es la fracción líquida que queda después de la coagulación de la leche y la eliminación de la caseína durante la fabricación del queso (Brandelli et al., 2015). El LS representa aproximadamente el 90% del volumen total de leche y retiene aproximadamente el 55% de los sólidos y el 20% de las proteínas (Gurrola et al., 2017), a pesar de sus ventajas nutricionales, aproximadamente más del 50% de la producción mundial se desecha y se convierte en un contaminante ambiental.

Las proteínas del LS (Figura 1) no se encuentran asociadas con la micela de caseína u otras partículas de leche (Deeth & Bansal, 2019). Los péptidos bioactivos del LS se pueden dividir en diferentes categorías según su efecto fisiológico sobre el cuerpo (Figura 1) o la proteína de la que se han derivado: antihipertensivo, antioxidante, antitrombótico, antimicrobianos, citomoduladores, inmunomoduladores, entre otros (Mann et al., 2019).

En la alimentación animal, el LS se ha utilizado exitosamente en la producción de aves, cerdos, cabras, borregos y bovinos (Guirguis et al., 1993; Pineda-Quiroga et al., 2017). Particularmente en las gallinas de postura, se observó un aumento en la producción de huevo y

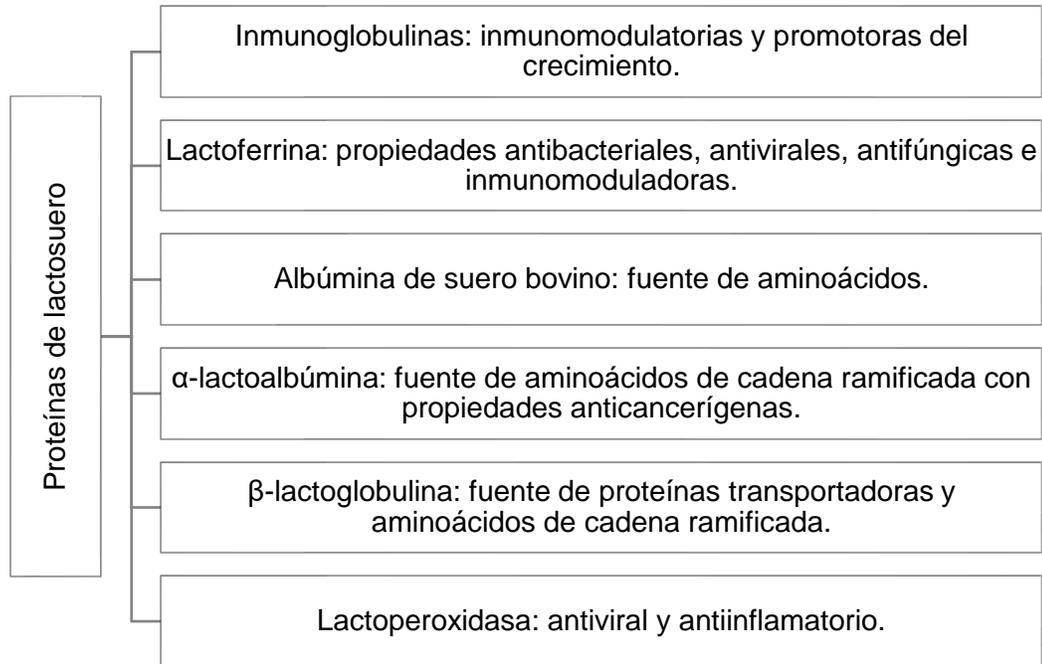


Figura 1. Propiedades funcionales de las proteínas del lactosuero.



disminuyó el conteo de colonias cecales de *Clostridium perfringens* (Pineda-Quiroga et al., 2017).

Propiedades Funcionales de la Harina de Orujo de Uva (HOU)

La industria vinícola mexicana se ha convertido en un apoyo económico importante para el país habiendo aproximadamente 3350 hectáreas para el cultivo de uva (Font et al., 2016). Durante la elaboración de vino se generan anualmente más de 6 millones de toneladas de desechos en forma de pulpa, la cual está formada principalmente por las semillas y la piel de las uvas, lo que representa aproximadamente el 13% del peso total de la uva. La HOU producida a partir de esta pulpa tiene propiedades antioxidantes y bioactivas debido a la concentración de compuestos fenólicos, como las antocianinas, flavanoles, catequinas y proantocianidinas (Remanan & Wu, 2014; Pineda-Vadillo et al., 2016), entre otros componentes bioactivos (Figura 2).

La HOU se ha utilizado en la alimentación de animales productores de carne, leche y de aves de postura, donde se demostró que su inclusión mejora las características productivas y de salud, así como la calidad de la carne, la leche y los huevos.

En términos de salud animal se observó que en los animales alimentados con HOU se disminuye significativamente los niveles plasmáticos de malondialdehído y glucosa en suero y aumenta la concentración sérica de enzimas con actividad antioxidante como la glutatión peroxidasa y la superóxido dismutasa, también tiene propiedades antitumorales, antimicrobianas,



antiinflamatorias y cardioprotectoras (Feng et al., 2017) . Por otra parte, la HOU incrementa el largo intestinal y la digestibilidad de la proteína cruda.

La utilización de HOU en la dieta de los animales mejora la estabilidad oxidativa de la leche, la carne y los quesos, aumenta la concentración de ácidos grasos (eg., ácidos linoléico y vaccénico), promueve el crecimiento de bacterias ácido lácticas, particularmente *Lactobacillus* spp., en productos lácteos y modifica positivamente las características físicas del huevo.



MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

El trabajo experimental se realizó en la Unidad Avícola y el Laboratorio de Biotecnología de Productos de Origen Animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, ubicada en el Periférico Francisco R. Almada km. 1, en la ciudad de Chihuahua, México.

Descripción y Manejo de la Población

Se evaluaron los huevos producidos por 128 gallinas de postura de la línea Lohmann de 80 semanas de edad. Las aves fueron alojadas en una nave con ambiente natural de un área aproximada de 216 m². Las gallinas fueron distribuidas al azar en 64 jaulas (2 gallinas por jaula) y se les alimentó con una dieta comercial y agua *ad libitum* durante 38 días.

Subproductos de la Industria Alimentaria

La harina de orujo de uva (HOU) fue adquirida en DU VINO® (Finger Lakes Wine Region, Nueva York) y el lactosuero en polvo (LS) fue de la marca Land O'Lakes (Arden Hills, Minnesota).

Diseño Experimental y Dietas

Las aves se sometieron a uno de 4 tratamientos experimentales; T1: control (alimento comercial SABAMEX, línea gallina ponedora), T2: alimento comercial + harina de orujo de uva (HOU 1% g/kg⁻¹), T3: alimento comercial + lactosuero en polvo (LS 6% g/kg⁻¹) y T4: alimento comercial + harina de orujo de uva + lactosuero en polvo (HOU 1% g/kg⁻¹ + LS 6% g/kg⁻¹).



Recolección de Huevo

Los animales se sometieron a un periodo de adaptación a la dieta de ocho días y posteriormente se realizaron tres muestreos de huevo (día 1, 21 y 35). Se recolectaron 10 huevos por tratamiento (uno por jaula) para evaluar las variables fisicoquímicas (grosor de la cáscara, unidades Haugh, color de la yema, alto y circunferencia del huevo, índice de yema, pH).

Variables Fisicoquímicas

Se empleó un Vernier (Pretul[®], rango de medición de 0 a 16 centímetros) para medir: diámetro polar, diámetro transversal, altura de yema, altura de albúmina y diámetro de yema.

El peso completo y peso sin cascarón fueron medidos en una balanza analítica (Ohaus[®]). El grosor de cascarón se midió con un micrómetro (Welch Scientific Company, rango de medición 0-1").

El pH de la yema y de la albúmina se midió con un potenciómetro (Orion VersaStar, Thermo Scientific[®]).

Las unidades Haugh se calcularon a partir de la siguiente ecuación:

$$uH = 100 * \log(h - 1.7 * p^{0.37} + 7.57)$$

Donde: uH = unidad Haugh; h= altura de la albúmina (mm) y p = peso del huevo (g).

El color de la yema se midió por triplicado con un colorímetro CR-400 KONICA MINOLTA (L*, a* y b*).



Los índices de forma (IF), de yema (IY) y de clara (IC) se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$IF = (\text{diámetro ecuatorial o menor} / \text{diámetro polar o mayor}) * 100$$

$$IY = (\text{altura de la yema} / \text{diámetro medio de la yema}) * 100$$

$$IC = (\text{altura de la clara} / \text{diámetro medio de la clara}) * 100$$

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de correlación entre las variables de respuesta utilizando el procedimiento CORR del software SAS 9.1 (SAS Institute Inc., 2023), a fin de determinar el nivel de asociación lineal entre pares de variables y su significancia.

Para medir el efecto de los factores de estudio (GPF, WP, tiempo e interacción) sobre las variables de respuesta medidas a través del tiempo se empleó el procedimiento MIXED del paquete SAS 9.1.

El modelo establecido fue de efectos mixtos para variables medidas a través del tiempo (productivas, físicas, químicas y oxidación):

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + P_j + \tau P_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ij} = variable de respuesta medida la k -ésima repetición dentro del i -ésimo nivel de tratamiento en el j -ésimo tiempo;

μ = media general;

τ_i = efecto del i -ésimo nivel de tratamiento;

P_j = efecto del j -ésimo tiempo;



$\tau_{P_{ij}}$ =efecto de la interacción entre el i -ésimo nivel de tratamiento y el j -ésimo tiempo:

ε_{ij} = error aleatorio de la k -ésima repetición dentro del i -ésimo nivel de tratamiento en el j -ésimo tiempo.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados con efectos significativos e interacciones se muestran en el Cuadro 2. El tratamiento tuvo efecto general ($P < 0.05$) sobre el índice de yema y albúmina, el peso (cascarón y albúmina), la tendencia al rojo-verde a^* , el grosor del cascarón y el pH de la albúmina. El día afectó de manera general ($P < 0.05$); el peso (total, cascarón, yema y albúmina), el índice de albúmina, el pH de la yema, la luminosidad (L^*), a^* , tendencia al amarillo-azul (b^*), el grosor del cascarón y el pH de la albúmina. Se observó una interacción en el índice de albúmina ($P < 0.05$), el peso del cascarón, las unidades Haugh, el pH de la yema, a^* , el grosor del cascarón y el pH de la albúmina.

Se define al huevo, como el producto de la ovoposición de la gallina, formado por cascarón, membranas, cámara de aire, albúmina (clara), chalazas, yema y germen. La misma NMX clasifica al huevo por su peso en extra-grande, grande, mediano, chico y canica (≥ 64 , $60 - 64$, $55 - 60$, $50 - 55$ y ≥ 50 g, respectivamente). Considerando lo anterior, los huevos de todos los tratamientos en los días 1 y 35 (Cuadro 3) se clasifican como grandes (63.08 ± 0.92 y 61.45 ± 0.92 g, respectivamente), mientras que los huevos obtenidos en el día 21 alcanzan la categoría de extra-grandes (66.00 ± 0.94 g). Tomando **el** cuenta los estándares de la Unión Europea (EU, 2018), los huevos de todos los tratamientos en los tres días de muestreo son categoría A, de tamaño L ($63 - 72$ g). Los resultados también concuerdan con datos previamente publicados.



Cuadro 2. Niveles de significancia de los efectos principales y de interacción sobre las variables fisicoquímicas de huevos de gallinas alimentadas con lactosuero y/o harina de orujo de uva

Variables	Efectos (Nivel de significancia o P-value)						
	Harina	Lactosuero	Día	H*LS	H*D	LS*D	H*LS*D
Peso total	0.5261	0.5396	0.0030	0.6100	0.6870	0.9013	0.4139
Peso cascarón	0.2328	0.0011	0.0388	0.7942	0.7316	<.0001	0.5198
Peso yema	0.2157	0.2020	0.0053	0.2691	0.8712	0.4066	0.3569
Peso albúmina	0.4365	0.0200	0.0008	0.3341	0.9725	0.4662	0.4858
Índice albúmina	0.1426	0.0005	<.0001	0.2380	0.0216	0.1592	0.0015
Haugh	0.2857	0.0007	<.0001	0.2364	0.0735	0.0210	0.0145
Grosor cascarón	0.0023	0.0013	<.0001	0.0004	0.0029	0.0281	0.0081
pH albúmina	0.0006	<.0001	<.0001	0.0279	<.0001	<.0001	<.0001
pH yema	0.9968	0.1626	<.0001	0.1509	0.3791	0.0925	0.0925
Luminosidad (L*)	0.8496	0.1139	<.0001	0.1286	0.6232	0.9492	0.2415
Tendencia al rojo (a*)	0.9093	0.0013	<.0001	0.8738	0.1710	0.0005	0.2764
Tendencia al amarillo (b*)	0.4000	0.8470	<.0001	0.3012	0.7798	0.0433	0.3535

Valores de $P < 0.05$ indican un efecto significativo del efecto principal o de interacción sobre la variable de respuesta. H*LS=Harina*lactosuero, H*D=Harina*día, LS*D=Lactosuero*día y H*LS*D=harina*lactosuero*día.



Cuadro 3. Variables de respuesta evaluadas por el efecto de la inclusión de diferentes niveles de lactosuero y/o harina de orujo de uva en la dieta de gallinas de postura (medias \pm error estándar)

Variable/ Día	Nivel ⁺				
	Harina		Lactosuero		
	0	1	0	1	
Peso total (g)					
1	63.39 \pm 1.31	62.77 \pm 1.31	63.08 \pm 1.31	63.07 \pm 1.31	63.08 \pm 0.92 ^{ab}
21	65.28 \pm 1.31	66.76 \pm 1.34	66.41 \pm 1.34	65.63 \pm 1.31	66.00 \pm 0.94 ^a
35	60.85 \pm 1.31	62.05 \pm 1.31	62.04 \pm 1.31	60.85 \pm 1.31	61.45 \pm 0.92 ^b
	63.17 \pm 0.75 ^a	63.81 \pm 0.76 ^a	63.80 \pm 0.76	63.18 \pm 0.75	
Peso cascarón (g)					
1	12.56 \pm 0.22	12.48 \pm 0.22	11.45 \pm 0.22	13.60 \pm 0.22	12.52 \pm 0.15 ^b
21	13.15 \pm 0.22	12.73 \pm 0.22	13.30 \pm 0.22	12.58 \pm 0.22	12.94 \pm 0.15 ^{ab}
35	13.16 \pm 0.22	12.99 \pm 0.22	12.87 \pm 0.22	13.28 \pm 0.22	13.07 \pm 0.15 ^a
	12.95 \pm 0.12	12.73 \pm 0.12	12.53 \pm 0.12	13.15 \pm 0.12	
Peso yema (g)					
1	26.81 \pm 0.62	27.16 \pm 0.62	26.96 \pm 0.62	27.01 \pm 0.62	26.98 \pm 0.44 ^b
21	26.89 \pm 0.62	27.89 \pm 0.64	26.58 \pm 0.64	28.20 \pm 0.62	27.38 \pm 0.44 ^b
35	28.66 \pm 0.62	29.24 \pm 0.62	28.80 \pm 0.62	29.10 \pm 0.62	28.95 \pm 0.44 ^a
	27.46 \pm 0.36	28.10 \pm 0.36	27.44 \pm 0.36	28.10 \pm 0.36	\pm
Peso albúmina (g)					
1	60.61 \pm 0.65	60.35 \pm 0.65	61.58 \pm 0.65	59.38 \pm 0.65	60.48 \pm 0.46 ^a
21	59.95 \pm 0.65	59.37 \pm 0.67	60.11 \pm 0.67	59.20 \pm 0.65	59.67 \pm 0.46 ^a
35	58.17 \pm 0.65	57.75 \pm 0.65	58.31 \pm 0.65	57.61 \pm 0.65	57.96 \pm 0.46 ^b
	59.58 \pm 0.37	59.16 \pm 0.38	60.01 \pm 0.38	58.73 \pm 0.37	
Índice albúmina					
1	6.69 \pm 0.29	6.84 \pm 0.29	7.13 \pm 0.29	6.40 \pm 0.29	6.76 \pm 0.20 ^a
21	6.29 \pm 0.29	4.99 \pm 0.29	6.38 \pm 0.29	4.90 \pm 0.29	5.64 \pm 0.20 ^b
35	5.24 \pm 0.29	5.34 \pm 0.29	5.48 \pm 0.29	5.10 \pm 0.29	5.29 \pm 0.20 ^b
	6.07 \pm 0.16	5.72 \pm 0.16	6.33 \pm 0.16	5.47 \pm 0.16	
Unidades Haugh					
1	88.38 \pm 1.70	89.51 \pm 1.70	90.07 \pm 1.70	87.82 \pm 1.70	88.95 \pm 1.20 ^a
21	82.13 \pm 1.70	76.05 \pm 1.75	84.36 \pm 1.75	73.82 \pm 1.70	79.13 \pm 1.22 ^b
35	76.41 \pm 1.70	76.86 \pm 1.70	77.61 \pm 1.70	75.67 \pm 1.70	76.64 \pm 1.20 ^b
	82.31 \pm 0.98	80.86 \pm 0.99	84.12 \pm 0.99	79.11 \pm 0.98	
Grosor del cascarón (mm)					
1	0.45 \pm 0.009	0.39 \pm 0.009	0.44 \pm 0.009	0.39 \pm 0.009	0.42 \pm 0.006 ^a
21	0.38 \pm 0.009	0.39 \pm 0.009	0.41 \pm 0.009	0.37 \pm 0.009	0.39 \pm 0.006 ^b
35	0.38 \pm 0.009	0.36 \pm 0.009	0.37 \pm 0.009	0.38 \pm 0.01	0.37 \pm 0.006 ^b
	0.41 \pm 0.005	0.38 \pm 0.005	0.41 \pm 0.005	0.38 \pm 0.005	
pH albúmina					
1	8.85 \pm 0.01	8.87 \pm 0.01	8.84 \pm 0.01	8.88 \pm 0.01	8.86 \pm 0.014 ^a
21	9.09 \pm 0.01	9.26 \pm 0.01	9.00 \pm 0.01	9.35 \pm 0.01	9.18 \pm 0.014 ^b
35	9.32 \pm 0.01	9.30 \pm 0.01	9.28 \pm 0.01	9.34 \pm 0.01	9.31 \pm 0.014 ^c
	9.09 \pm 0.01	9.14 \pm 0.01	9.04 \pm 0.01	9.19 \pm 0.01	
pH yema					



1	6.08 ± 0.02	6.05 ± 0.02	6.03 ± 0.02	6.09 ± 0.02	6.06 ± 0.01 ^a
21	6.17 ± 0.02	6.15 ± 0.02	6.14 ± 0.02	6.17 ± 0.02	6.16 ± 0.01 ^b
35	6.21 ± 0.02	6.26 ± 0.02	6.24 ± 0.02	6.23 ± 0.02	6.23 ± 0.01 ^c
	6.15 ± 0.01	6.15 ± 0.01	6.14 ± 0.01	6.17 ± 0.01	
Luminosidad (L*)					
1	62.59 ± 0.92	62.71 ± 0.92	61.88 ± 0.92	63.42 ± 0.92	62.65±0.65 ^a
21	60.49 ± 0.92	59.75 ± 0.92	59.62 ± 0.92	60.62 ± 0.92	60.12±0.65 ^b
35	57.46 ± 0.92	58.50 ± 0.92	57.45 ± 0.92	58.51 ± 0.92	57.98±0.65 ^c
	60.18 ± 0.53	60.32 ± 0.53	59.65 ± 0.53	60.85 ± 0.53	
Tendencia al rojo (a*)					
1	25.17 ± 0.28	24.96 ± 0.28	24.81 ± 0.28	25.32 ± 0.28	25.06±0.20 ^a
21	23.47 ± 0.28	24.12 ± 0.28	24.35 ± 0.28	23.23 ± 0.28	23.79±0.20 ^a
35	0.20 ± 0.28	-0.14 ± 0.28	0.87 ± 0.28	-0.82 ± 0.28	0.02±0.20 ^c
	16.28 ± 0.16	16.31 ± 0.16	16.68 ± 0.16	15.91 ± 0.16	
Tendencia al amarillo (b*)					
1	86.36 ± 2.11	85.77 ± 2.11	88.67 ± 2.11	83.45 ± 2.11	86.06±1.49 ^a
21	44.67 ± 2.11	44.06 ± 2.11	44.01 ± 2.11	44.72 ± 2.11	44.36±1.49 ^b
35	43.53 ± 2.11	40.35 ± 2.11	39.18 ± 2.11	44.69 ± 2.11	41.94±1.49 ^b
	58.18 ± 1.22	56.73 ± 1.22	57.29 ± 1.22	57.62 ± 1.22	

+Nivel 0 indica ausencia del ingrediente, nivel 1 indica ingrediente adicionado en la dieta a razón de 1% g/kg⁻¹ de harina de orujo de uva y/o 6% de lactosuero



El cascarón es una cubierta mineral que rodea y protege a la albúmina y a la yema o embrión. Las características del cascarón (ej., dureza, peso, grosor y densidad) impactan directamente en los indicadores económicos y productivos, ya que únicamente los huevos intactos pueden comercializarse o incubarse (Ketta & Tůmová, 2017).

La inclusión del LS en la dieta de las aves tuvo efecto sobre el grosor del huevo ($P < 0.05$); sin embargo, este efecto varió dependiendo del día de muestreo por efecto de la interacción lactosuero*día. El cascarón fue más pesado en los días 1 y 21 (63.08 y 66.00 g, respectivamente) que en el día 35 (61.45 g). El peso de cascarón en los tres tiempos de muestreo fue superior a lo reportado en la literatura (Ketta & Tůmová, 2017), lo anterior podría deberse a que tanto el LS como la HOU son ricos en minerales, (Mazorra-Manzano & Moreno-Hernández, 2019; Ziarati et al., 2017) y los nutrientes (minerales) de la dieta se absorben a nivel intestinal y pasan al torrente sanguíneo desde donde se depositan para la formación del cascarón (Hincke et al., 2012).

El grosor del cascarón tiene un papel importante dentro de las características de calidad (Ketta & Tůmová, 2017), en general el grosor varió con la inclusión del LS y la HOU en los diferentes días de muestreo. Cabe destacar que el grosor de los huevos independientemente del día de muestreo o el tratamiento se clasificó como grueso (0.39 – 0.41 mm) considerando las categorías de Ketta y Tůmová (2017), y comparable con lo reportado en la literatura (Clerici et al., 2006), lo que significa huevos más resistentes. Es necesario mencionar que los polifenoles encontrados en las uvas y sus subproductos tienen la habilidad de quelar iones de calcio a nivel intestinal



provocando una reducción del grosor del cascarón (Herranz et al., 2024), efecto observado en los tratamientos con harina de orujo de uva.

La inclusión del LS en la dieta de las gallinas tuvo efecto sobre el peso de la yema y la albúmina ($P < 0.05$); sin embargo este efecto varió dependiendo del día de muestreo. En relación con el peso de la yema en el día 35 se obtuvieron los pesos más elevados, 28.95 ± 0.44 , mientras que la albúmina más ligera se obtuvo en el mismo día. El peso de la yema independientemente del día de muestreo y tratamiento estuvieron en un rango superior ($26.98 - 28.95$ g) que lo reportado ($12.40 - 17.56$ g) con dietas suplementadas con ajo, moringa, jengibre y moras (Sosnówka-Czajka et al., 2021; Daramola et al., 2018). De la misma forma, el peso de la albúmina fue superior a lo reportado con suplementación de ajo, moringa y jengibre (Daramola et al., 2018).

En general, la inclusión del LS en la dieta tuvo efecto sobre las unidades Haugh ($P < 0.05$), pero este efecto varió con el día del muestreo. Las unidades Haugh son consideradas como el estándar de oro para determinar la calidad interna del huevo donde se relaciona la altura de la albúmina densa con el peso del huevo, a mayor puntuación mayor calidad del huevo (Jones, 2012; Khaleel, 2019). El valor de las unidades Haugh (88.95 ± 1.20 , 79.13 ± 1.22 y 76.64 ± 1.20 , días 1, 21 y 35, respectivamente) es comparable con lo reportado cuando se suplementa con suero de leche o harina de frutas (Daramola et al., 2018; Sosnówka-Czajka, 2021; Kumar et al., 2024). Considerando los resultados anteriores los huevos estarían en la categoría “Extra” de la normatividad mexicana (NMX, 2016) o como AA de los estándares de la USDA (Jones, 2012).



El pH de la albúmina del huevo recién puesto está en un rango de 7.6 a 8.5, sin embargo se incrementa durante el almacenamiento hasta 9.7, mientras que el pH de la yema de un huevo fresco es de aproximadamente 6.0 y puede aumentar hasta 6.9 durante el almacenamiento (Guier-Serrano et al., 2022). El pH de la albúmina varió con la inclusión del LS y la HOU en los diferentes días de muestreo ($P < 0.5$), pero el rango (8.86 ± 0.014 , 9.18 ± 0.014 y 9.31 ± 0.014 , días 1, 21 y 35, respectivamente) se mantuvo dentro de lo reportado por la literatura (Guier-Serrano et al., 2022).

El día de muestreo tuvo efecto sobre la luminosidad ($P < 0.05$) manifestándose el mayor valor el día 1 (62.65 ± 0.65) y el menor el día 35 (57.98 ± 0.65), valores inferiores ($64.0 - 65.8$) a los reportados por otras investigaciones (Duman et al., 2016), variaciones que podrían deberse a los cambios en la alimentación, temperatura, crianza, entre otros aspectos. Por otra parte, la inclusión de LS tuvo afectó ($P < 0.05$) la tendencia al rojo (a^*), efecto que varió dependiendo del día de aplicación, por efecto de la interacción lactosuero*día, mientras que el día de muestreo afectó ($P < 0.05$) la tendencia al amarillo por efecto de la interacción lactosuero*día. La Commission Internationale de l'Éclairage (CIE, 2020) define varias escalas de color para expresar el color objetivamente, una de los más utilizados para evaluar los atributos de color y expresarlos en términos numéricos, es el CIE $L^*a^*b^*$ comúnmente conocido como CIELAB (CIE, 2020). De acuerdo con el CIELAB entre más alto el valor de a^* indica color rojo (valores negativos de a^* son verdes), mientras que un valor mayor de b^* indica color amarillo (los valor negativos son azules). Para ambos parámetros el día 1 es donde se observaron los valores más altos (25.06 ± 0.20



y 86.06 ± 1.49 , a^* y b^* respectivamente). Los valores de a^* y b^* fueron superiores a los reportados en animales con una dieta comercial regular sin suplementación de LS o harinas de frutas o vegetales (Duman et al., 2016), lo cual se puede asociar con el contenido de carotenoides en las uvas y sus subproductos como la HOU, los carotenoides son pigmentos naturales de color amarillo, anaranjado y rojo.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio demostró que la inclusión de lactosuero y harina de orujo de uva en la dieta de gallinas de postura influye positivamente en la calidad física de sus huevos, donde se evidenció mejoras en las variables de grosor del cascarón, el índice de albúmina y el pH. Estos hallazgos sugieren que el aprovechamiento de subproductos agropecuarios como el lactosuero y la harina de orujo de uva puede beneficiar la salud de la aves y contribuir con la sostenibilidad de la industria alimentaria.

Se recomienda evaluar la inclusión de estos subproductos en otros niveles, diferentes a los utilizados en este proyecto, y explorar a detalle la mejor combinación de niveles de estos suplementos en cada una de las variables estudiadas.



LITERATURA CITADA

- Abdel-Aal, E. M., Akhtar, H., Chambers, J. R., & Zaheer, K. (2017). Lutein and Zeaxanthin Carotenoids in Eggs. En *Elsevier eBooks* (pp. 199-206). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800879-9.00019-6>
- Aghaii, A., Chaji, M., Mohammadab, T., & Sari, M. (2010). The Effect of Probiotic Supplementation on Production Performance, Egg Quality and Serum and Egg Chemical Composition of Laying Hens. *Journal Of Animal And Veterinary Advances*, 9(21), 2774-2777. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.2774.2777>
- Ahmad, S., Ahsan-Ul-Haq, N., Yousaf, M., Sabri, M. A., & Kamran, Z. (2012). Response of Laying Hens to Omega-3 Fatty Acids for Performance and Egg Quality. *Avian Biology Research*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.3184/175815512x13291506128070>
- Ali, A., Lee, S., & Rutherford-Markwick, K. J. (2018). Sports and Exercise Supplements. En *Elsevier eBooks* (pp. 579-635). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812124-5.00017-5>
- Angulo Asensio, E. (2009). *Fisiología aviar* (Vol. 65) [eBook]. Edicions de la Universitat de Lleida.
- Brandelli, A., Daroit, D. J., & Corrêa, A. P. F. (2015). Whey as a source of peptides with remarkable biological activities. *Food Research International*, 73, 149-161. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.016>
- Chambers, J. R., Zaheer, K., Akhtar, H., & Abdel-Aal, E. M. (2017). Chicken eggs. En *Elsevier eBooks* (pp. 1-9). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800879-9.00001-9>
- Coorey, R., Novinda, A., Williams, H., & Jayasena, V. (2014). Omega-3 Fatty Acid Profile of Eggs from Laying Hens Fed Diets Supplemented with Chia, Fish Oil, and Flaxseed. *Journal Of Food Science*, 80(1). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12735>
- Daramola, O., Jimoh, A., Oloruntola, O., & Ayodele, S. (2018). Effect of herbal supplement on the laying performance and antioxidant status of serum and egg yolk of laying birds. *Biotechnology Journal International*, 21(3), 1-9.
- Das, M., Raychaudhuri, A., & Ghosh, S. K. (2016). Supply Chain of Bioethanol Production from Whey: A Review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 833-846. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.100>
- Deeth, H., & Bansal, N. (2018). Whey proteins. En *Elsevier eBooks* (pp. 1-50). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812124-5.00001-1>
- De Oliveira Mendes, T., Porto, B. L. S., Almeida, M. R., Fantini, C., & Sena, M. M. (2017). Discrimination between conventional and omega-3 fatty acids enriched eggs by FT-Raman spectroscopy and chemometric tools. *Food Chemistry*, 273, 144-150. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.084>
- Duman, M., Şekeroğlu, A., Yıldırım, A., Eleroğlu, H. A. S. A. N., & Camcı, Ö. (2016). Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science/Archiv für Geflügelkunde*, 80(117).
- European Union. (2018). *Rules on marketing standards for eggs*. EUR-Lex. Consultado el 17 de octubre de 2024, de <https://eur->



- lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/rules-on-marketing-standards-for-eggs.html#:~:text=XL%20%2D%20more%20than%2072%20g,S%20%2D%20less%20than%2053%20g.
- Feng, Z. H., Gong, J. G., Zhao, G. X., & et al. (2017). Effects of dietary supplementation of resveratrol on performance, egg quality, yolk cholesterol, and antioxidant enzyme activity of laying hens. *British Poultry Science*, 58(5), 544-549. <https://doi.org/10.1080/00071668.2017.1349295>
- Font Playán, I., Gudiño Pérez, P., & Sánchez Martínez, A. (2017). *La industria vinícola mexicana y las políticas agroindustriales: Panorama general. REDPOL*, 2. <http://redpol.azc.uam.mx/index.php/articulos-publicados/redpol-2>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s.f.). *Producción de productos avícolas*. FAO. Consultado en octubre de 2020, de <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- Guier-Serrano, M., Davidovich-Young, G., Wong-González, E., & Cubero-Castillo, E. (2021). Microbiological and physicochemical quality and flavor of hen eggs produced under grazing or conventional systems. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 45264. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.46140>
- Gurrola, L. R. C., Martínez, A. C., Monterrubio, A. L. R., & Figueroa, J. C. R. (2017). Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades. *Interciencia*, 42(11), 712-718. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6182640>
- Herranz, B., Romero, C., Sánchez-Román, I., López-Torres, M., Viveros, A., Arija, I., ... & Chamorro, S. (2024). Enriching Eggs with Bioactive Compounds through the Inclusion of Grape Pomace in Laying Hens Diet: Effect on Internal and External Egg Quality Parameters. *Foods*, 13(10), 1553.
- Hincke, M. T., Nys, Y., Gautron, J., Mann, K., Rodríguez-Navarro, A. B., & McKee, M. D. (2012). The eggshell: structure, composition and mineralization. *Front Biosci*, 17(1), 1266-1280.
- Jones, D. (2012). Haugh unit: gold standard of egg quality. *National Egg Quality School. Indianapolis*, 7, 47-51.
- Khaleel, R. (2019). Prediction of Haugh unit by egg weight and albumen height. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 47(3), 37-43.
- Ketta, M., & Tůmová, E. (2018). Relationship between eggshell thickness and other eggshell measurements in eggs from litter and cages. *Italian Journal of Animal Science*, 17(1), 234-239.
- CIE. (2020). *Entendiendo el espacio de color CIE Lab*. Konica Minolta Sensing. Consultado el 19 de octubre de 2024, de <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- Krawczyk, J., & Gornowicz, E. (2010). Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. *Archiv Für Geflügelkunde*, 74(3), 151-157. <https://www.cabdirec.org/abstracts/20103257742.html>
- Lemahieu, C., Bruneel, C., Termote-Verhalle, R., Muylaert, K., Buyse, J., &



- Foubert, I. (2013). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid enriched eggs by microalgal supplementation. *Lipid Technology*, 25(9), 204-206. <https://doi.org/10.1002/lite.201300297>
- Lemahieu, C., Bruneel, C., Termote-Verhalle, R., Muylaert, K., Foubert, I., & Buyse, J. (2015). Dynamics of omega-3 long chain polyunsaturated fatty acid incorporation in egg yolk by autotrophic microalgal supplementation. *European Journal Of Lipid Science And Technology*, 117(9), 1391-1397. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400473>
- Mann, B., Athira, S., Sharma, R., Kumar, R., & Sarkar, P. (2018). Bioactive Peptides from Whey Proteins. En *Elsevier eBooks* (pp. 519-547). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812124-5.00015-1>
- Mazorra-Manzano, M. Á., & Moreno-Hernández, J. M. (2019). Properties and options for the valorization of whey from the artisanal cheese industry. *CienciaUAT*, 14(1), 133-144.
- Parkhurst, C. R., & Mountney, G. J. (1988). Poultry Meat and Egg Production. En *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0683-3>
- Pineda-Vadillo, C., Nau, F., Guerin Dubiard, C., Cheynier, V., Meudec, E., Sanz-Buenhombre, M., Guadarrama, A., Tóth, T., Csavajda, É., Hingyi, H., Karakaya, S., Sibakov, J., Capozzi, F., & Bordoni, A. (2016). *In vitro* digestion of dairy and egg products enriched with grape extracts: Effect of the food matrix on polyphenol bioaccessibility and antioxidant activity. *Food Research International*, 88(B), 284-292. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.029>
- Pineda-Quiroga, C., Atxaerandio, R., Zubiria, I., Gonzalez-Pozuelo, I., Hurtado, A., Ruiz, R., & Garcia-Rodriguez, A. (2017). Productive performance and cecal microbial counts of floor housed laying hens supplemented with dry whey powder alone or combined with *Pediococcus acidilactici* in the late phase of production. *Livestock Science*, 195, 9-12. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.007>
- Quintana, J. (1999). *Avitecnia: Manejo de las aves domésticas más comunes*. Editorial Trillas.
- Remanan, M. K., & Wu, J. (2014). Antioxidant activity in cooked and simulated digested eggs. *Food & function*, 5(7), 1464-1474.
- Saleh, A. (2013). Effects of fish oil on the production performances, polyunsaturated fatty acids and cholesterol levels of yolk in hens. *Emirates Journal of Agricultural Sciences*, 25, 605-612. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i8.14005>
- Sanchez, O., & Bautista Flores, E. (2017). La producción quesera en el noroeste de Chihuahua: El queso tradicional menonita. *Chihuahua HOY*, 15, 289-319. <https://doi.org/10.20983/chihuahuahoy.2017.15.11>
- SAS Institute Inc. (2023). User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Avanza México en el ranking mundial de producción de huevo. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/avanza-mexico-en-el-ranking-mundial-de-produccion-de-huevo>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Manual de buenas prácticas de producción de huevo para plato* [PDF]. Gobierno de México.



- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/859951/Manual_de_BP_P_de_Produccion_de_Huevo_Para_Plato_2019-comprimido.3.pdf
- Secretaría de Salud. (2016). *NOM-159-SSA1-2016, productos y servicios. Huevo y sus productos*. https://e.economia.gob.mx/wp-content/uploads/sites/29/PDF_Normas_Publicas/159ssa12016.pdf
- Sosnówka-Czajka, E., & Skomorucha, I. (2021). Effect of supplementation with dried fruit pomace on the performance, egg quality, white blood cells, and lymphatic organs in laying hens. *Poultry Science*, 100(9), 101278.
- Tahergorabi, R., & Jaczynski, J. (2017). Nutraceutical egg products. En P. Y. Hester (Ed.), *Egg innovations and strategies for improvements* (pp. 271-280). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00026-3>
- Vaca Adam, L. (2003). *Producción avícola* (1.^a ed.). Universidad Estatal a Distancia.
- Valadez, R. (2018). De nuevo, México en el 2018, romperá el récord como el país con mayor consumo per cápita de huevo del mundo. *Avicultura*. <https://www.avicultura.mx/destacado/De-nuevo-Mexico-en-el-2018,-rompera-el-record-como-el-pais-con-mayor-consumo-per-capita-de-huevo-del-mundo>
- Yao, L., Wang, T., Persia, M., Horst, R. L., & Higgins, M. (2013). Effects of vitamin D₃-enriched diet on egg yolk vitamin D₃ content and yolk quality. *Journal of Food Science*, 78(6), C178-C183. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12032>
- Ziarati, P., Moshiri, I. M., Sadeghi, P., & Mohammadi, S. (2017). Grape pomace flour (*Vitis* spp.) from Shiraz in South of Iran by high trace mineral elements as food supplements. *SF Drug Del Res J*, 1(1)