

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Efecto de aditivos antioxidantes en dietas ricas con omega 3 en la
productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras

Estudiante
Yamilka Lisbeth Vega Franco

Asesores
Yordan Martínez, D.Sc.
Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, agosto, 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Contenido.....	3
Índice de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y métodos	9
Ubicación experimental	9
Animales, diseño experimental y tratamientos.....	9
Condiciones experimentales.....	10
Desempeño productivo	11
Calidad interna y externa del huevo	11
Análisis estadísticos	12
Resultados y discusión	13
Conclusiones	19
Recomendaciones.....	20
Referencias.....	21

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales de la dieta control **Error! Bookmark not defined.**

Cuadro 2 Efecto de dietas con antioxidantes naturales en dietas con omega 3 en la productividad de
gallinas ponedoras**Error! Bookmark not defined.**

Cuadro 3 Efecto de dietas con antioxidantes naturales en dietas con omega 3 en la calidad de huevo
.....**Error! Bookmark not defined.**

Cuadro 4 Perfil de ácidos grasos**Error! Bookmark not defined.**

Resumen

Debido al incremento del consumo per cápita de huevo a nivel mundial, a su alto valor nutricional y a su gran accesibilidad es un alimento que se mantiene en estudio para buscar ofrecer un producto aún mejor. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de antioxidantes naturales en dietas ricas con omega 3 en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown de 67 semanas de edad. Un total de 250 gallinas ponedoras Hy-Line® Brown se distribuyeron aleatoriamente en cinco tratamientos, 10 repeticiones y cinco aves por repetición. Los tratamientos dietéticos consistieron en una dieta control con omega 3 (DC), DC+1.75 g de achiote (DCA), DC+300 mg/kg de vitamina E (DCVE), DC+0.2 mg/kg de Se (DCSe) y DC+1.75 g de achiote+300 mg/kg de vitamina E+0.20 mg/kg (DCT). Las dietas experimentales no cambiaron la productividad y la calidad externa e interna del huevo, excepto el porcentaje de huevos sucios que se redujo con el uso del achiote ($P \leq 0.05$). Sin embargo, la dietas rica en vitamina E incrementó el porcentaje de omega 3 y omega 6 con relación al tratamiento control y redujo la relación omega 6: omega 3 en comparación con los otros tratamientos. Se recomienda usar vitamina E adicional en dietas ricas en omega 3 para estabilizar las cadenas poliinsaturadas y disminuir la rancidez oxidativa en el huevo de gallinas ponedoras.

Palabras clave: Ácidos grasos, antioxidantes, Omega 3, proceso oxidativo, producción de huevo, tocoferoles.

Abstract

Due to the increase in per capita egg consumption worldwide, its high nutritional value and its great accessibility, it is a food that continues to be studied in order to offer an even better product. The objective of this study was to evaluate the effect of natural antioxidants in omega 3 rich diets on the productivity and egg quality of 67-week-old Hy-Line® Brown laying hens. A total of 250 Hy-Line® Brown laying hens were randomly distributed into five treatments, 10 replicates and five birds per replicate. Dietary treatments consisted of a control diet with omega 3 (DC), DC+1.75 g annatto (DCA) , DC+300 mg/kg vitamin E (DCVE), DC+0.2 mg/kg Se (DCSe) and DC+1.75 g annatto+300 mg/kg vitamin E+0.20 mg/kg (DCT). The experimental diets did not change productivity and external and internal egg quality, except for the percentage of dirty eggs which was reduced with the use of annatto ($P \leq 0.05$). However, the vitamin E-rich diet increased the percentage of omega 3 and omega 6 relative to the control treatment and reduced the omega 6:omega 3 ratio compared to the other treatments. The use of additional vitamin E in omega 3 rich diets is recommended to stabilize polyunsaturated chains and decrease oxidative rancidity in laying hen eggs.

Keywords: Antioxidants, egg production, fatty acids, Omega 3, oxidative process, tocopherols.

Introducción

La industria avícola actualmente presenta un incremento de producción y consumo considerable, esto debido al crecimiento demográfico, la urbanización y el aumento de los ingresos en los países en desarrollo. Dentro de los productos avícolas se encuentra el huevo de gallina (*Gallus domesticus*), siendo este uno de los productos avícolas más comercializado y consumido alrededor del mundo, siendo así que solo en 2011 se registró un consumo de 300 huevos per cápita solo en Centroamérica (FAO 2015). El huevo es considerado un alimento completo, puesto que, además es considerado una de las proteínas animal de menor costo, lo que lo hace de gran accesibilidad a todos, también es uno de los alimentos con menos restricción religiosa, cultural o demás (FAO [consultado 2021]).

Debido al incremento de la población mundial que consume estos productos se ha buscado mejorar el valor nutricional del mismo y lograr proporcionar una mejor alimentación a personas de bajos recursos y de esta forma suplir necesidades nutricionales en la población. Entre los aportes del huevo se encuentran la proteína, vitaminas y minerales de gran importancia para los consumidores. Y dentro de las mejoras nutricionales realizadas a los huevos mediante la dieta de las gallinas ponedoras está el enriquecimiento con omega 3, aportando así un ácido graso de gran importancia para humano, ya que forma parte de procesos fundamentales como las funciones cognitivas (Elmadfa y Kornsteiner 2009a). Debido a los grandes beneficios cardioprotectores que presenta el consumo de ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) (Elmadfa y Kornsteiner 2009b), se busca mantener la composición nutritiva encontrada en la yema de huevo.

Se conoce que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) como el omega 3 son propenso a la oxidación debido a sus cadenas largas. Estos procesos oxidativos provocan que se generen radicales libres, los cuales en niveles altos pueden llegar a ser tóxicos para el consumo humano. Entre estas sustancias tóxicas se encuentran el malonaldehído (MA), por tal razón se busca que mediante antioxidantes estas reacciones se estabilicen y no permita que se generen sustancias tóxicas que

podrían incluso afectar las células del organismo (Ren et al. 2013). Todos estos procesos provocan que se pierda calidad del huevo, lo que afecta el sabor, textura y color de yema (Mierliță 2019).

En la búsqueda de prevenir este proceso oxidativo se agregan antioxidantes a la dieta de las gallinas ponedoras, que a su vez ayudan en el proceso realizado por el glutatión peroxidasa (GSH-Px) que funciona para desintoxicar (Ren et al. 2013). La vitamina E funciona en las dietas de gallinas ponedoras con dietas enriquecidas en omega 3, debido a sus propiedades estabilizantes, puesto que estas incrementan la GSH-Px, por lo cual, ayuda en el proceso desintoxicante provocado por los radicales libres. La vitamina E también aumenta el contenido de retinol, lo que a su vez es considerado un anti radicales libres, estabilizando la calidad del huevo (Zduńczyk et al. 2013).

Por su lado, el selenio cuenta con un precursor del GSH-Px encargado de desintoxicar eliminando los radicales libres llamado selenometionina, que forma parte importante de las selenoproteínas, por lo cual el trabajo en conjunto de la Vitamina E con el selenio, es un gran antioxidante y estabilizador de los AGPIs encontrados en el huevo (Ren et al. 2013). Además, se cuenta con la adición de achiote (*Bixa orellana*) que es una planta rica en compuestos fenólicos, que poseen propiedades antioxidantes, ya que han sido sugeridas con un efecto positivo en el alivio del estrés oxidativo y la prevención de enfermedades mediadas por los radicales libres. Además de poseer grandes propiedades antioxidantes también cuenta con propiedades antimicrobianas y también siendo una gran fuente de Vitamina E, lo que reduce los radicales libres y estabiliza los ácidos grasos presentes en la yema (Mohammed et al. 2018). Este estudio tuvo como objetivos evaluar el efecto de aditivos naturales en dietas ricas con omega 3 en el desempeño productivo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown; determinar el efecto de aditivos naturales en dietas ricas con omega 3 en la calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown y Evaluar el efecto de aditivos naturales en dietas ricas con omega 3 en el perfil de ácidos grasos de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.

Materiales y métodos

Ubicación Experimental

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental tiene una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.

Animales, Diseño Experimental y Tratamientos

Un total de 250 gallinas ponedoras Hy-Line® Brown de 67 semanas de edad se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante nueve semanas, con cinco tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento y cinco aves por jaula. Los tratamientos dietéticos consistieron en una dieta control con omega 3 (DC), DC+1.75 g de achiote (DCA), DC+300 mg/kg de vitamina E (DCVE), DC+0.2 mg/kg de Se (DCSe) y DC+1.75 g de achiote+300 mg/kg de vitamina E+0.20 mg/kg de Se (DCT). Las dietas se formularon según requerimientos nutricionales de la línea en estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1

Ingredientes y aportes nutricionales de las dietas utilizadas.

Ingredientes	Omega 3	Omega 3 + achiote	Omega 3 + vit E	Omega 3 + Se	Omega 3 + achiote + vit E + Se
Harina de maíz	69.42	69.42	69.42	69.42	69.42
Harina de soya	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
Aceite de palma	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
Semilla de lino	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Premezcla	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vit+Min ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Sal común	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Biofos [®]	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Carbonato de calcio fino	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99
Carbonato de calcio grueso	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41
Mycofix plus 5.0 [®]	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
DL-metionina	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
L-lisina	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
L-treonina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Achiote	0.00	1.75	0.00	0.00	1.75
Vitamina E	0.00	0.00	300 mg/kg	0.00	300 mg/kg
Selenio	0.00	0.00	0.00	0.2 mg/kg	0.2 mg/kg
<i>Composición proximal</i>					
EM, kcal/kg	2800	2800	2800	2800	2800
PC, %	14.22	14.22	14.22	14.22	14.22
P disponible, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Ca, %	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40
Lisina, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Met+Cyst, %	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Treonina, %	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
Triptófano, %	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Valina, %	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Isoleucina, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

Condiciones Experimentales

Las gallinas ponedoras se alojaron en un galpón comercial de 400 m², en jaulas de 61 × 36 cm, con ventilación de techo y con un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en un bebedero de galón por corral y el consumo de alimento se restringió a 110 g/ave en comederos lineales. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se utilizó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Se utilizaron 15 días de adaptación a las nuevas dietas como fase pre-experimental.

Desempeño Productivo

El peso del huevo se determinó en todas las semanas experimentales. Siendo recolectados 30 huevos de cada tratamiento entre las 08:30 a 9:30 am y se pesaron en una balanza técnica digital SARTORIUS modelo BL 1500 con precisión ± 0.1 g y se calculó el peso promedio. El consumo de alimentos fue medido tres veces por semana por el método de oferta y rechazo. Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento y se asumió como 100%, un huevo/día/ave alojada. La conversión masal se calculó teniendo en cuenta el alimento consumido, peso del huevo por repetición y el número de huevos puestos. La viabilidad se computó por la cantidad de aves vivas. Fórmula de conversión masal, $CM = (CA / (NH * Ph))$. Siendo CA: consumo de alimento, NH: No. de huevos, Ph: peso de huevo.

Calidad Interna y Externa del Huevo

En las semanas cinco y nueve se recolectaron 30 huevos por tratamiento y se determinó la calidad externa e interna del huevo en el laboratorio de calidad del huevo en el Centro de Enseñanza e Investigación Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se utilizó el software Eggware® v4x y un analizador automático TSS EggQuality® (York, England).

Para la calidad externa se tomó el peso de los huevos utilizando una balanza digital OHAUS® (New Jersey, USA) con precisión de ± 0.1 g. La resistencia a la ruptura se analizó en el polo medio, mediante un analizador de cáscara y fuerza de embalaje QC. El grosor de cáscara del huevo (polo medio) se midió con un micrómetro con precisión de ± 0.001 mm. Para la calidad interna se midió la altura del albumen mediante un indicador de altura QHC® con precisión de ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con un microprocesador QCM+, teniendo en cuenta el peso del huevo y la altura del albumen. El color de la yema se evaluó mediante un colorímetro electrónico CCC®, que tiene en cuenta la escala de Roche de 15 colores.

Análisis Estadísticos

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple según un diseño totalmente al azar en el software estadístico SPSS versión 17.1. En los casos necesarios se emplearon la décima de rangos múltiples de medias de Duncan. La viabilidad se determinó por comparación de proporciones.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se aprecia el desempeño productivo de las gallinas ponedoras alimentadas con dietas ricas en omega 3 y diferentes antioxidantes naturales. Se encontraron diferencias significativas en la producción de huevo sucio, específicamente DCVE comparado con el control, además, DCA y DC mostraron los menores porcentajes de huevo sucio, lo cual resulta favorable para la industria. Esto puede ser debido a la capacidad astringente y a que el achiote (Urvashi et al. 2014), reduce las heces fecales acuosas, logrando disminuir la cantidad de residuos en la cloaca, lo que promueve huevos más limpios. La reducción de residuos de heces en la cloaca se logra mediante la absorción de la mayor parte de la fase acuosa de las heces fecales, por lo que estas salen más compactas dejando menos residuos (Galea 2011).

Otro factor que reduce las heces líquidas es la fibra soluble de los alimentos, ya que esta promueve la absorción de agua en el tracto digestivo de la gallina, lo que permite que el tracto quede más limpio para el momento de la puesta, previniendo los huevos sucios. Además, otro factor es no proporcionar el alimento en el periodo de puesta, ya que, la tendencia de los animales mientras se alimentan es evacuar lo que deja una jaula más sucia, por lo que, al alimentar luego de la puesta se obtendrán huevos menos sucios (Galea 2011). Por su parte, se observa que el peso de huevo no presentó diferencias ($P > 0.05$), aunque, se observó un peso mayor al obtenido por Zduńczyk et al. (2013), que con niveles de 60 mg/kg de Vitamina E con peso promedio de 56.7 g. Lo cual podría indicar que a mayor contenido de Vitamina E incrementa el peso del huevo. Cabe destacar, que los antioxidantes naturales no mejoraron la productividad de las gallinas, al parecer la funcionabilidad biológica estará en la calidad del huevo, parte final de este sistema productivo.

Cuadro 2

Efecto de dietas con antioxidantes naturales en dietas con omega 3 en la productividad de gallinas ponedoras.

Tratamientos	Indicadores productivos			
	Producción de huevos (%)	Huevos sucios (%)	Peso de huevo (g)	Conversión masal (g)
T1	80.25	13.31 ^{ab}	62.41	2.30
T2	80.77	10.84 ^b	62.72	2.38
T3	80.06	13.66 ^a	63.10	2.27
T4	80.23	12.27 ^{ab}	62.74	2.35
T5	81.07	9.24 ^b	61.85	2.35
EE±	1.10	0.61	0.428	0.037
Valor de P	0.999	0.012	0.445	0.899

Nota.^{ab}Medias en la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). T1: Dieta con omega 3; T2: Dieta con omega 3 + Achiote; T3: Dieta con omega 3 + vitamina E; T4: Dieta con omega 3 + Selenio; T5: Dieta con omega 3+ achiote + vitamina E y selenio.

En el Cuadro 3 se observa que ningún indicador de la calidad externa e interna del huevo mostró diferencias significativas con el tratamiento control. Concordando así con Yan y Kim (2011) quienes demostraron que no hay efecto significativo del uso de vitamina E en parámetros de calidad de huevo como color de yema, grosor de cáscara, fuerza de ruptura, peso de huevo y altura de albumen. Sin embargo, se observa un ligero incremento numérico, no significativo en el DCT lo cual podría ser debido a la capacidad antioxidante de la vitamina E y a la capacidad de pigmentación del achiote.

Cuadro 3

Efecto de dietas con antioxidantes naturales en dietas con omega 3 en la calidad de huevo.

Tratamientos	Indicadores productivos					
	PH (g)	AA (mm)	UH	FR (kgF/cm ²)	CY (DSM)	GC (mm)
T1	59.89	11.13	103.74	4509.19	1.77	0.36
T2	61.88	11.27	104.07	4364.21	1.67	0.35
T3	61.62	11.24	103.94	4443.99	1.80	0.36
T4	62.02	11.00	102.77	4277.04	1.25	0.37
T5	62.59	11.37	104.28	4328.57	2.65	0.38
EE±	0.570	0.072	0.271	121.02	0.314	0.011
Valor de P	0.740	0.663	0.547	0.990	0.794	0.957

Nota. T1: Dieta con omega 3; T2: Dieta con omega 3 + Achiote; T3: Dieta con omega 3 + vitamina E; T4: Dieta con omega 3 + Selenio; T5: Dieta con omega 3+ achiote + vitamina E y selenio. PH: peso del huevo. AA: altura del albumen; UH: unidad Haugh; FR: fuerza de ruptura de la cáscara; CY: color de la yema, GC: grosor de la cáscara.

Por otro lado, el achiote obtuvo pesos similares a los presentados por Rojas et al. (2015) quienes obtuvieron pesos similares y ligeramente inferiores con concentraciones de 30 y 60 g de achiote en la dieta, dando como resultado pesos de 61.5 y 61.6 respectivamente. El achiote también cuenta con efectos en la pigmentación del huevo debido a la gran cantidad de carotenoides como la bixina, la isobixina y la norbixina además de la capacidad antioxidante que posee según Martínez et al. (2021). Según Raddatz Mota et al. (2016) el contenido de achiote incluye altos niveles de bixina el cual representa los colores rojos oscuros y en menor cantidad norbixina el cual representa los colores amarillos.

Según el estudio realizado por Berkhoff et al. (2020), la población americana tiende a consumir huevos con yema de tonalidades más fuertes según la escala Roche, puesto que estos lo relacionan con calidad, por lo que un aumento en el color de yema resulta favorable para la aceptación por parte del consumidor.

Por su lado, el selenio no presentó diferencias significativas en los parámetros de calidad de huevo, contrario a Muhammad et al. (2021) que obtuvo mejoras significativas con la adición de selenio en las dietas. También se encontró que no modificó las unidades Haugh tanto en el estudio realizado por Muhammad et al. (2021) como por Pan et al. (2011).

En el Cuadro 4 se puede observar el perfil de ácido grasos, en el cual se obtuvo diferencias ($P \leq 0.05$) en los siguientes ácidos grasos, palmítico (16:0), oleico (18:1), linoleico (18:2n6) u omega 6 y α -linolénico (18:3n3) u omega 3. En cuanto al ácido palmítico obtuvo su media más elevada en el tratamiento DCSe valor muy cercano a la media del DC. Por otro lado, en ácido oleico presentó su mayor media en el DCT. A su vez, el omega 6 presentó su mayor media en el DCVE, manteniendo el mismo valor para el DCSe. Sin embargo, el omega 3 presentó su mayor media en el DCVE.

Cuadro 4

Perfil de ácidos grasos encontrado en cada tratamiento utilizado, mostrando las concentraciones de cada uno de los más predominantes en el huevo.

Ácido graso (%)	Tratamientos experimentales					EE±	Valor de P
	T1	T2	T3	T4	T5		
14:0	0.42	0.67	0.43	0.53	0.38	0.06	0.591
16:0	20.15 ^a	19.23 ^{ab}	19.60 ^{ab}	20.49 ^a	18.40 ^b	0.04	0.004
18:0	8.23	7.96	7.34	7.53	8.31	0.19	0.422
20:0	0.10	0.15	0.17	0.14	0.15	0.01	0.354
22:0	0.20	0.14	0.22	0.21	0.17	0.02	0.816
14:1	0.15	0.17	0.24	0.18	0.13	0.02	0.388
16:1	0.34	0.31	0.23	0.26	0.22	0.03	0.692
17:1	44.64	43.91	44.24	44.08	42.81	0.41	0.764
18:1	9.46 ^b	9.02 ^b	9.76 ^b	9.82 ^b	11.07 ^a	0.23	<0.03
20:1	9.43	9.03	9.72	9.81	9.88	0.18	0.610
18:2n6	0.10 ^b	0.15 ^{ab}	0.19 ^a	0.19 ^a	0.16 ^{ab}	0.01	0.009
18:3n3	0.08 ^b	0.12 ^{ab}	0.17 ^a	0.08 ^b	0.06 ^b	0.02	0.004
20:2 n2	0.95	0.88	0.94	0.89	1.03	0.03	0.648
20:3n3	0.24	0.18	0.21	0.21	0.20	0.02	0.874
22:4n4	0.21	0.26	0.29	0.24	0.32	0.02	0.69
22:5n5	0.76	0.88	1.12	1.11	1.15	0.07	0.28
n6:n3	1.25 ^b	1.25 ^b	1.17 ^c	2.38 ^a	2.66 ^a	0.357	0.018

Nota. ^{ab}Medias en la misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). T1: Dieta con omega 3; T2: Dieta con omega 3 + Achiote; T3: Dieta con omega 3 + vitamina E; T4: Dieta con omega 3 + Selenio; T5: Dieta con omega 3+ achiote + vitamina E y selenio.

Los niveles de omega 6 tienden a ser más elevados, esto debido a que es asimilado con mayor facilidad por las células, por lo que es importante aumentar los niveles de omega 3, lo que permite proporciones adecuadas para el organismo. La interacción entre los ácidos grasos se presenta en el Cuadro 4, en donde el DCVE obtuvo el mejor porcentaje de ácidos grasos omega 6 y omega 3, con la proporción más baja de estos. Una proporción baja indica mayores niveles de omega 3, cercanos a los niveles de omega 6, lo cual es óptimo, debido a que un aumento en los niveles de omega 6 resulta perjudicial para la salud (Moellering et al. 2019).

Un alto nivel de omega 6 resulta perjudicial debido a la síntesis de ácido araquidónico, el cual se ha demostrado que en niveles elevados provoca una mayor ganancia de tejido adiposo y a su vez mayor ganancia de peso, por lo cual también un exceso o altos niveles de omega 6 se ha asociado con la obesidad (Pisani et al. 2014). Una mayor proporción de omega 6 es un precursor de la resistencia a insulina, aumento de la grasa visceral, activación de la citoquina proinflamatoria y aumento de

triglicéridos y colesterol, ocasionando graves problemas en la salud del consumidor (Liu et al. 2013). También cabe mencionar que los bajos niveles de omega 3 son relacionados con problemas cardiovasculares y con problemas más graves, no obstante, los niveles adecuados de omega 3 disminuyen la expresión génica inflamatoria (Moellering et al. 2019).

La síntesis de ácido araquidónico se da en el organismo mediante las enzimas delta-6 desaturasa y delta-5 desaturasa, las cuales elongan la cadena de ácido linoleico (Hanna y Hafez 2018). Los altos niveles que se pueden producir de ácido araquidónico con perjudiciales debido a que mediante la peroxidación de este ácido graso se produce la sustancia tóxica trans-4-hidroxi-2-hexenal (HNE) que es una de las más tóxicas y la cual puede producir los sabores rancios, acartonados o a pescado

Otro de los grandes residuos tóxicos encontrados de la peroxidación de los ácidos linoleico, araquidónico y docosahexaenoico es el malondialdehído o también conocido como malonaldehído (MDA) el cual ocasiona una respuesta inmunitaria en sistema que están funcionando correctamente, lo que puede ocasionar daños en tejidos y demás (Halliwell y Gutteridge 2015)

Debido a lo antes mencionado es la gran importancia mantener una buena proporción de omega 3 y omega 6, puesto que previenen la formación de carcomas en las células escamosas (Moellering et al. 2019). Una buena proporción también ayuda a mantener controlada la oxidación de los ácidos grasos, puesto que, este proceso oxidativo puede generar una reacción en cadena de la que pueden resultar aldehídos y cetonas, que suelen ser compuestos activos que afectan mediante enfermedades y/o lesiones de los tejidos (Hanna y Hafez 2018), como las antes mencionadas.

Se demuestra también que el tratamiento con vitamina E fue el que presentó una mejor capacidad antioxidante, esto debido a que la vitamina E es una vitamina liposoluble, por lo que, se encuentra dentro de las membranas, lo que le permite entrar en contacto con los ácidos grasos del huevo, ejerciendo una acción mucho más rápida y con mayor efectividad (Halliwell y Gutteridge 2015). La capacidad antioxidante conferida a la vitamina E es debido a que inhibe la peroxidación lipídica

mediante el rápido rompimiento de las cadenas de radicales libre que se pueden unir a un carbono alfa o adyacente, esto permite que los radicales peroxilos no reaccionen lo suficientemente rápido para unirse y provocar la oxidación, esta reacción se da mayormente con el α -tocoferol (Halliwell y Gutteridge 2015). La reacción del α -tocoferol es donar un H^+ y el O_2 atrapa protones lo que permite que se realicen otras reacciones no oxidativas, además, debido a que los radicales centrados en el carbono suelen reaccionar mucho más rápido con el O_2 , lo que disminuye la acción pro-oxidativa (Halliwell y Gutteridge 2015)

Los resultados obtenidos del DCA fueron similares al DCVE, tanto en los valores de omega 3, omega 6 y la relación entre ambos grupos de ácidos grasos, aunque presenta una proporción igual a la del tratamiento control, el DCA presentó valores más altos. Esto debido a que en el DCA utilizó achiote, que es un antioxidante debido a la presencia de compuestos fenólicos y tocoferoles que le dan propiedades similares a las de la vitamina E (Mohammed et al. 2018). Las semillas de achiote cuentan con un alto contenido de tocoferoles y tocotrienoles, lo cuales presentan una actividad antioxidante muy efectiva en el control de radicales libres, lo que le confiere un efecto protector de la membrana de los lípidos, y a su vez evita la oxidación lipídica (Raddatz Mota et al. 2016).

Conclusiones

Las dietas con antioxidantes naturales en dietas ricas en omega 3 no cambiaron la productividad y la calidad del huevo de gallinas ponedoras, excepto el porcentaje de huevos sucios que disminuyó en el tratamiento con achiote y la mezcla de los antioxidantes.

La adición de vitamina E incrementó el porcentaje de omega 3 y omega 6 con relación al tratamiento control y redujo la relación omega6:omega3 en comparación con los otros tratamientos.

Recomendaciones

Utilizar mayor contenido de vitamina E en la dieta de gallinas ponedoras para estabilizar los ácidos grasos insaturados en la yema de huevo de gallinas ponedoras.

Realizar investigación sobre el efecto de los antioxidantes naturales en dietas ricas en omega 3 en la conservación del huevo en anaquel.

Estudiar el efecto de la interacción de dietas ricas en omega y antioxidantes naturales y temperatura de cocción del huevo en su contenido nutricional de los omegas 3 y 6.

Referencias

- Berkhoff J, Alvarado-Gilis C, Keim JP, Alcalde JA, Vargas-Bello-Pérez E, Gandarillas M. 2020. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. *Poult Sci.* 99(11):6239–6246. eng. doi:10.1016/j.psj.2020.06.064.
- Elmadfa I, Kornsteiner M. 2009a. Fats and fatty acid requirements for adults. *Annals of Nutrition & Metabolism.* 55(1-3):56–75. eng. doi:10.1159/000228996.
- Elmadfa I, Kornsteiner M. 2009b. Fats and Fatty Acid Requirements for Adults. *Annals of Nutrition & Metabolism*; [consultado el 4 de jun. de 2021]. 55(1/3):56–75. <https://www.jstor.org/stable/pdf/48514092.pdf?refreqid=excelsior%3A33a762f13e321bf5dda03f40e4518328>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. [actualizado 2021]. Producción y productos avícolas: Productos y elaboración. [sin lugar]: FAO; [consultado el 11 de jun. de 2021]. es. <http://www.fao.org/poultry-production-products/products-and-processing/es/>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2015. El huevo en cifras. [sin lugar]. 1 p; [consultado el 31 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-egg-facts-es.pdf>.
- Galea F. 2011. Nutrition and food management and their influence on egg quality. Santiago de Compostela. XLVIII Simposio Científico de Avicultura. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/4_nutrition_and_food_management_and_their_influence_on_egg_quality.pdf.
- Halliwell B, Gutteridge JM. 2015. Free radicals in biology and medicine. 5ª ed. Oxford United Kingdom: Oxford University Press. xxxviii, 905 pages. ISBN: 9780198717478.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 2015. Free radicals in biology and medicine. Fifth edition. Oxford United Kingdom: Oxford University Press. xxxviii, 905 pages. ISBN: 978-0-19-871747-8.
- Hanna VS, Hafez EAA. 2018. Synopsis of arachidonic acid metabolism: A review. *J Adv Res.* 11:23–32. eng. doi:10.1016/j.jare.2018.03.005.
- Liu H-Q, Qiu Y, Mu Y, Zhang X-J, Liu L, Hou X-H, Zhang L, Xu X-N, Ji A-L, Cao R, et al. 2013. A high ratio of dietary n-3/n-6 polyunsaturated fatty acids improves obesity-linked inflammation and insulin resistance through suppressing activation of TLR4 in SD rats. *Nutr Res.* 33(10):849–858. eng. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027153171300167X>. doi:10.1016/j.nutres.2013.07.004.
- Martínez Y, Orozco CE, Montellano RM, Valdivié M, Parrado CA. 2021. Use of achiote (*Bixa orellana* L.) seed powder as pigment of the egg yolk of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research.* 30(2):100154. doi:10.1016/j.japr.2021.100154.
- Mierliță D. 2019. Fatty acids profile and oxidative stability of eggs from laying hens fed diets containing hemp seed or hempseed cake. *SA J. An. Sci.* 49(2):310. doi:10.4314/sajas.v49i2.11.

- Moellering ER, Prince VL, Prince RC. 2019. Fatty Acids: Introduction. En: Geiger O, editor. Biogenesis of fatty acids, lipids and membranes. 1ª ed. New York NY: Springer Berlin Heidelberg. p. 4–17.
- Mohammed AJ, Hamodi SJ, Alkilani FMH. 2018. Effect of adding different levels of annatto seed powder (*Bixa Orellana*) in laying chicken diets on oxidation indicators. *Biochemical and Cellular Archives*; [consultado el 12 de jun. de 2021]. 18(2):1621–1624. chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojofohoeefgiehjai/index.html.
- Muhammad AI, Mohamed DAA, Chwen LT, Akit H, Samsudin AA. 2021. Effect of Sodium Selenite, Selenium Yeast, and Bacterial Enriched Protein on Chicken Egg Yolk Color, Antioxidant Profiles, and Oxidative Stability. *Foods*; [consultado el 10 de jun. de 2021]. 10(4). eng. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8073331/pdf/foods-10-00871.pdf>. doi:10.3390/foods10040871.
- Pan C, Zhao Y, Liao SF, Chen F, Qin S, Wu X, Zhou H, Huang K. 2011. Effect of selenium-enriched probiotics on laying performance, egg quality, egg selenium content, and egg glutathione peroxidase activity. *J Agric Food Chem*. 59(21):11424–11431. eng. doi:10.1021/jf202014k.
- Pisani DF, Ghandour RA, Beranger GE, Le Faouder P, Chambard J-C, Giroud M, Vegiopoulos A, Djedaini M, Bertrand-Michel J, Tauc M, et al. 2014. The ω 6-fatty acid, arachidonic acid, regulates the conversion of white to brite adipocyte through a prostaglandin/calcium mediated pathway. *Mol Metab*. 3(9):834–847. eng. doi:10.1016/j.molmet.2014.09.003.
- Raddatz Mota D, Pérez Flores LJ, Carrari F, Insani M, Asis R, Mendoza Espinoza JA, Díaz de León Sánchez F, Rivera Cabrera F. 2016. Chemical characterization and quantification of the pigment extraction yield of seven mexican accessions of *Bixa orellana*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*; [consultado el 21 de jun. de 2021]. 15(3):727–740. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/46758/CONICET_Digital_Nro.58715d95-9443-4f3c-b241-f65087d00345_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Ren Y, Perez TI, Zuidhof MJ, Renema RA, Wu J. 2013. Oxidative stability of omega-3 polyunsaturated fatty acids enriched eggs. *J Agric Food Chem*. 61(47):11595–11602. eng. doi:10.1021/jf403039m.
- Rojas V, Callacna M, Arnaiz V. 2015. Use of an additive canthaxanthin based and annatto extract in diets of laying hens and its effect on the color of the yolk and the egg shelf life. *Sci. agropecu*. 6(3):191–199. doi:10.17268/sci.agropecu.2015.03.05.
- Urvashi C, Tahira B, Mohsina S. 2014. Pharmacological Studies of Annatto (*Bixa orellana* L.). *International Journal of Pharmacy & biomedical research*; [consultado el 17 de jun. de 2021]. 1(1):17–20. <http://www.ijpbr.net/form/2014%20Volume%201,%20issue%201/IJPBR-2014-1-1-17-20.pdf>.
- Yan L, Kim IH. 2011. Evaluation of natural and synthetic vitamin E on production performance, egg quality and vitamin E content of yolk in laying hens. *Journal of Applied Animal Research*; [consultado el 24 de jun. de 2021]. 39(4):381–385. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09712119.2011.621537?needAccess=true>. doi:10.1080/09712119.2011.621537.

Zduńczyk Z, Drażbo A, Jankowski J, Juśkiewicz J, Antoszkiewicz Z, Troszyńska A. 2013. The effect of dietary vitamin E and selenium supplements on the fatty acid profile and quality traits of eggs. Arch. Anim. Breed; [consultado el 31 de may. de 2021]. 56(1):719–732. <https://aab.copernicus.org/articles/56/719/2013/aab-56-719-2013.pdf>. doi:10.7482/0003-9438-56-072.