



Evaluación del tipo de alojamiento e inclusión de lino “*Linum usitatissimum L.*” para la producción de huevos enriquecidos con omega-3

Evaluation of the type housing and inclusion of flaxseed supplement “*Linum usitatissimum L.*” for the production egg enrichment with omega-3 fatty acids

Alvaro Hugo Jaramillo Benavides¹

Recibo: 14.06.2018 Aceptado: 18.10.2018

Jaramillo, A. (2018). Evaluación del tipo de alojamiento e inclusión de lino “*Linum usitatissimum L.*” para la producción de huevos enriquecidos con omega-3. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 52-73, doi:<http://dx.doi.org/10.23850/24220582.1509>

Resumen

La siguiente investigación tuvo como objetivo evaluar los principales parámetros productivos y calidad del huevo de gallina. Se cuantificó el perfil de ácidos grasos de la yema mediante cromatografía de gases y proteína del huevo completo. Se utilizaron gallinas de postura semipesadas comparando dos sistemas de alojamiento: piso convencional, con un sistema de semiconfinamiento en pastoreo, y se suministró dietas balanceadas con la inclusión de 10% de semilla de lino, durante un período experimental de nueve semanas. En el alojamiento en pastoreo se utilizó condiciones de mejoramiento en el bienestar animal. Se aplicó un ANAVA en un diseño completamente al azar y para el análisis sensorial la prueba de Chi-cuadrado. No se estableció diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en la producción de huevo, el peso del huevo, conversión y masa durante el período experimental en los dos alojamientos. Se encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en el peso de la yema. En cuanto al perfil de ácidos grasos de la yema hubo diferencias significativas en la mayoría de éstos, principalmente en el total de Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA), superiores en los tratamientos con la inclusión de linaza. El α -linolénico (C18:3) n-3 fue superior estadísticamente ($p < 0,05$) con la inclusión de linaza en los dos alojamientos comparados con el control. Las concentraciones de este ácido graso fueron superiores en 11,83 veces más con la inclusión de linaza en comparación con el control. También se halló una relación más baja omega 6: omega 3 con la inclusión de linaza. Se identificó diferencias significativas ($p < 0,05$) con mejor sabor y color de la yema en el alojamiento en pastoreo comparado al de piso. Se determinó la viabilidad económica de producir éste tipo de huevo enriquecido con omega 3 y en los alojamientos evaluados, como alimento funcional en beneficio de la salud del hombre.

Palabras clave: ácidos grasos polinsaturados, alojamientos gallinas, gallinas pastoreo, huevo, linaza, omega-3.

¹Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; ahjaramillo@sena.edu.co; Colombia

Abstract

The following investigation had like objective evaluate the main productive parameters and of quality of the hen egg. The fatty acid profile of the yolk was quantified by gas chromatography and whole egg protein. Semi-healed laying hens were used comparing two housing systems: conventional floor, compared, compared a semi-free range system confined grazing system, and balanced diets were provided with the inclusion of 10% flax seed, during an experimental period of nine weeks. Conditions of improvement in animal welfare were used in the housing in pasture. An ANAVA was applied in a completely randomized design and for the sensory analysis the Chi-square test was applied. No statistical differences were found ($p < 0.05$) in egg production, egg weight, conversion and egg mass during the experimental period in the two housings. Statistical differences were found ($p < 0.05$) in the weight of the yolk. Regarding the fatty acid profile of the yolk, significant differences were found in most of these, mainly in the total of polyunsaturated fatty acids (PUFA), higher in the treatments with the inclusion of flaxseed. The α -linolenic (C18: 3) n-3 was statistically higher ($p < 0.05$) with the inclusion of flaxseed in the two housings compared with the control. The concentrations of this fatty acid were 11.84 times higher with the inclusion of flaxseed compared to the control. A lower total omega 6/3 ratio was also found with the inclusion of flaxseed. Significant differences were found ($p < 0.05$) with better flavor and color of the yolk in the lodging in pasture compared to the conventional floor. The economic assessment of the dietary treatments shows that it is feasible producing this type of egg enriched with omega 3 and in the evaluated lodging, as a functional food for the benefit of human health.

Key word: housing hens, eggs, free range, flaxseed, polyunsaturated fatty acids, omega-3.

Introducción

El huevo es uno de los alimentos más equilibrados para la dieta humana y es una proteína de muy alta calidad y de menor costo comparado con otros alimentos de origen animal como la carne y leche. El consumo de huevo en Colombia y a nivel mundial ha aumentado en los últimos diez años, ya que tuvo una disminución en la década de los setenta por una mala interpretación de los estudios que lo asociaban a un mayor riesgo de problemas cardiovasculares por la presencia de colesterol.

El huevo contiene los aminoácidos esenciales en proporciones similares a los requerimientos humanos y tiene un aporte importante de una amplia gama de vitaminas. Además, es uno de los alimentos de origen animal con menos grasas insaturadas. Los ácidos grasos suponen

unos 4g, de los cuales el 65% son insaturados y el 35% saturados (Instituto de Estudios del Huevo, 2002).

Las grasas del huevo aportan cantidades apreciables de ácido linoleico (ácido graso esencial); y pequeñas cantidades de Ácido Docosahexaenoico (DHA), grasa omega-3 esencial para la estructura, el crecimiento y el desarrollo del sistema nervioso central del feto y de la retina, disminución de problemas cardiovasculares (entre otros beneficios). La composición de las grasas del huevo se puede modificar manipulando la alimentación de las gallinas. Por lo tanto, se puede mejorar la calidad de las grasas del huevo variando la alimentación de las ponedoras. Así, se pueden obtener huevos ricos en omega-3 incorporando a la dieta de las ponedoras aceite de pescado, aumentando el Ácido Eicosapentaenoico (EPA)

y DHA o de linaza que aumenta el Ácido Alfa-linolénico (ALA) y DHA) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Fundación Iberoamericana de Nutrición [FINUT], 2012).

El huevo producido de esta manera se encuentra dentro del grupo de los alimentos funcionales. Los alimentos funcionales son aquellos que contienen componentes biológicamente activos que ejercen efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de sufrir enfermedades (Younesi & Ayseli, 2015).

En éste caso en la dieta de la gallina se le pueden incorporar alimentos o materias primas naturales que tengan altas concentraciones de ácidos grasos polinsaturados especialmente los del grupo omega-3, como las semillas de linaza, chía y aceites de pescado, donde se ha determinado en varios estudios la gran capacidad que tiene la gallina para incorporar estos ácidos grasos principalmente en la yema en el que se encuentra el mayor valor nutricional del huevo. Por otra parte, el aumento de la producción de huevo a nivel mundial va unido a la tecnificación de granjas y sistemas de alojamiento en los que se encuentran: piso, jaulas y baterías.

Sin embargo, estos sistemas de producción de huevo han estado cambiando en los últimos años, principalmente por la presión que han ejercido las organizaciones de bienestar animal a nivel mundial y especialmente en Europa, donde están disminuyendo por reglamentación la utilización de jaulas convencionales a jaulas enriquecidas y los sistemas de piso, en sistemas de gallinas con salidas a zonas de pastoreo.

En la Unión Europea las áreas dedicadas a la producción no convencional se han triplicado, evidenciando un crecimiento del 25% en los últimos 10 años, mientras que en Estados

Unidos un 2% de las aves se mantiene en sistemas alternativos (Soler & Fonseca, 2011).

De acuerdo a lo anterior, el objetivo que tuvo el presente estudio fue evaluar el efecto en la producción, calidad del huevo, valor nutricional principalmente el perfil de ácidos grasos de la yema con la inclusión de la semilla de lino en gallinas alojadas en dos tipos de sistemas: piso convencional o comercial comparado con gallinas en semiconfinamiento con salidas a zonas de pastoreo.

Metodología

Localización

Este trabajo de investigación se realizó en la granja del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA finca San Pedro del Centro de Biotecnología Agropecuaria ubicado en el Municipio de Mosquera (Cundinamarca), durante el segundo semestre del año 2017, situado a 7km. vía Bogotá Mosquera (Colombia) con las siguientes características: Temperatura media anual 12°C., Altura sobre el nivel del mar 2.600 msnm, correspondiente a clima frío, precipitación media anual 1.010 mm., Humedad relativa media anual 70%.

Población y muestra

Se utilizó un total de 200 gallinas de postura de la estirpe Babcock Brown de aproximadamente 55 semanas de edad, seleccionadas aleatoriamente de un galpón de 1.200 gallinas, divididas en cuatro tratamientos con tres replicas las de piso y dos réplicas en las de pastoreo debido a la dificultad a las salidas de pastoreo, y dos controles negativos, en dos tipos de alojamientos (Piso y Pastoreo). En un período experimental de 63 días (9 semanas).

T1: Tratamiento sin Harina de Linaza en la dieta en alojamiento en piso (Control piso).

T2: Tratamiento con Harina de Linaza (10% de

la formulación) en alojamiento en piso.

T3: Tratamiento sin Harina de Linaza en la dieta en alojamiento en pastoreo (Control pastoreo).

T4: Tratamiento con Harina de Linaza (10% de la formulación) en alojamiento en pastoreo.

Se cuantificó el número de huevos producidos cada semana y su peso, semanalmente se tomó una muestra de 10 huevos de cada réplica y se evaluó el color de la yema mediante la escala colorimétrica de DSM, peso de la yema, peso de la cáscara, peso albumina, grosor de la cáscara.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las variables productivas se aplicó un ANAVA, en un diseño completamente al azar con tres replicas cada una. Cada réplica de 20 gallinas. Para determinar diferencias entre tratamientos se utilizó la prueba de Duncan mediante el programa Infostat. Para evaluar el color de la yema por medio una escala colorimétrica se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal y Wallis. Los resultados del análisis sensorial se determinaron mediante la prueba de chi-cuadrado en el software estadístico Minitab 18.

Instalaciones

Para evaluar los alojamientos en piso convencional se adecuaron unas áreas dentro de un galpón comercial con estructura metálica de la unidad de avicultura del Centro de Biotecnología Agropecuario (CBA) conformando las diferentes réplicas y tratamientos. Para evaluar las gallinas en pastoreo se utilizó un galpón cubierto con estructura de guadua y divisiones internas con salidas a zonas de pastoreo cada una, que se utiliza actualmente para el manejo de este sistema.

Elaboración de las dietas

Las dietas fueron elaboradas en el CBA en la planta de alimentos balanceados. Se formularon dietas a base de maíz y torta de

soya, sin antibiótico promotor de crecimiento ni coccidiostatos. Se balancearon en Excel utilizando los requerimientos nutricionales de Rostagno (2017), para gallinas en la fase de postura, siendo isoenergéticas e isoproteicas (Tabla 1).

El maíz se molió utilizando una criba de 5 mm de diámetro para suministrar el adecuado tamaño de partícula. Posteriormente se realizó un análisis proximal de cada dieta. La semilla de linaza que se utilizó fue nacional y su presentación era en harina.

Manejo experimental parámetros productivos

Se seleccionaron 20 gallinas por cada réplica y tratamiento de la estirpe Babcock-brown que se encontraban alojadas en un galpón comercial. Se realizó un período de acostumbramiento de dos semanas en cada alojamiento. El número de huevos y peso de huevo se tomó diariamente durante un período experimental de nueve semanas. Diariamente se suministró un consumo promedio de 113g/ave por réplica para los cuatro tratamientos y se pesó el sobrante a las 24 horas, los huevos se recolectaron y pesaron diariamente con báscula digital.

Para evaluar el peso de la yema, peso de la cáscara, peso de la clara, y color de la yema; se escogían 5 huevos aleatoriamente por réplica y tratamiento, se pesaron individualmente en una báscula analítica con precisión de dos décimas y posteriormente se realizó este mismo proceso cada semana, para unos nueve pesajes durante toda la fase experimental y determinar de esta manera las variaciones de estos parámetros.

Se cuantificó el grosor de la cáscara mediante un micrómetro de espesores evaluada dos veces en la parte media del huevo. Con estos mismos datos se determinaron el % de cáscara, % de yema y % de clara en relación al peso del huevo por tratamiento y réplica.

Análisis Sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante un panel de degustación donde se evaluaron las principales características organolépticas del huevo como son color de la yema, olor, y sabor con el fin, de determinar si el nivel de inclusión de semilla de linaza afecta la calidad del huevo

en los dos tipos de alojamientos. Se utilizaron un total de 20 panelistas preentrenados. Las muestras se prepararon por calor hasta conseguir una cocción interna total del huevo. La cantidad de muestra fue de aproximadamente 20gr, acompañado de galletas de soda y agua; siguiendo la metodología de Mahecha (1982).

Tabla 1.

Formulación de las Dietas

| Materias primas | Control | |
|------------------------------------|------------|-----------------------|
| | Sin linaza | Con semilla de linaza |
| Maíz | 58,45% | 52,45% |
| T. De soya | 22,00% | 18,00% |
| H. Arroz | 5,00% | 5,00% |
| Semilla linaza (harina) | 0,00% | 10,00% |
| Melaza | 2,00% | 2,00% |
| Carbonato de calcio | 10,00% | 10,00% |
| Fosfato bicalcico | 1,30% | 1,30% |
| Metionina | 0,20% | 0,20% |
| Lisina | 0,25% | 0,25% |
| Sal | 0,30% | 0,30% |
| Prem. Vit. y Min. | 0,50% | 0,50% |
| Total | 100,00% | 100,00% |
| Valor nutricional calculado | | |
| PC (%) | 17,16 | 16,99 |
| EM (kcal/kg) | 2705 | 2743 |
| FC (%) | 2,99 | 4,06 |
| Grasa (%) | 2,46 | 5,02 |
| Calcio (%) | 4,19 | 4,21 |
| Fosforo disponible (%) | 0,32 | 0,33 |
| Lisina (%) | 1,01 | 0,96 |
| Metionina (%) | 0,43 | 0,43 |
| Determinado | | |
| PC (%) | 17,95 | 17,6 |
| FC (%) | 2,82 | 3,16 |
| Grasa (%) | 3,35 | 5,52 |
| Cenizas (%) | 14,8 | 13,5 |

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Ácidos grasos de la yema de huevos

La determinación de ácidos grasos se realizó por medio de la técnica de cromatografía de gases. El procedimiento se llevó a cabo mediante

3 réplicas el cual consistió en homogenizar 5 yemas de huevo de cada tratamiento separadas mecánicamente de la clara evitando dejar restos de proteína; luego se extrajeron los lípidos homogenizando 2gr de yema con 40ml de cloroformo: metanol (2:1), se filtraron en 20ml

de esta solución y se le adicionó 5ml de agua se homogenizó se dejó enfriar a 4°C durante 30 minutos. Se centrifugó a 3000rpm durante 10 minutos y se colectó 1ml de la fase orgánica inferior, posteriormente se llevó a desecación bajo N₂ y se diluyó a 100mg de lípidos/ml con cloroformo: metanol 1:1. Se transfirieron 50 µl (Ca 5mg de lípidos) a un vial y se adicionó 400 µl de cloroformo: metanol 1:1 además se agregó también 50 µl de reactivo de derivatización (Meth – prep II, Alltech Associates USA). Finalmente se dejó reaccionar a temperatura ambiente durante 30 minutos para posteriormente inyectar en el cromatógrafo. Se utilizó el cromatógrafo de gases del Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia.

Resultados y discusiones

Producción de Huevo

Los porcentajes de postura fueron numéricamente superiores en el T1 (control-piso) desde la semana tres, seguido del T2 (control-linaza) con un comportamiento similar pero más bajo hasta el final de la semana experimental (Tabla 2).

Se encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en el alojamiento en piso comparado con el de pastoreo durante la semana cuatro (Figura 1). Los porcentajes de postura en el alojamiento en pastoreo sin linaza (T1) y con linaza (T2) fueron más bajos durante toda la fase experimental (88,25% - 88,17%) comparado con los de piso (T3 y T4) (91,1% - 89,6%) sin presentar diferencias estadísticas. Estos resultados fueron contrarios a los obtenidos por Tello & Guerrero (2007), donde encontraron unos mayores valores ($p < 0,05$) en la producción de huevo en el tratamiento testigo (sin linaza), comparado con la inclusión de 10%, 15% y 20% de semilla de linaza con gallinas en jaula.

Leeson & Zubair (1996) y Yannakopoulos, Tserveni-Gousi & Christaki (2005), reportaron

que la dieta con 10 o 20% de inclusión de linaza no tuvo ningún efecto en la producción del huevo o el peso del huevo en gallinas ponedoras. Leeson & Zubair (1996), demostraron que la linaza no afectó la producción de gallinas de huevo marrón o blanco. Jaramillo (2018), encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) con una mayor producción de huevos en las gallinas que se encontraban en un alojamiento en pastoreo comparado con un alojamiento en piso convencional utilizando concentrado comercial, mientras que Krawczyk & Gornowicz (2010), encontraron porcentajes superiores en gallinas en galpón cerrado comparado con alojamiento en libertad con el mismo alimento balanceado.

Peso promedio de huevo

No se encontró diferencias estadísticas durante las semanas evaluadas, para el alojamiento en piso con y sin inclusión de linaza en comparación a las de pastoreo. Tello & Guerrero (2007), encontraron resultados similares con gallinas en jaula donde no determinaron diferencias significativas con inclusiones crecientes de semilla de linaza en comparación a un control. Se presentó una mayor fluctuación del peso de huevo en el alojamiento en pastoreo comparado con el de piso, posiblemente por una mayor variación en los factores ambientales (temperatura, humedad relativa, movimiento de las aves etc.) (Figura 2).

Al final presentaron un peso de huevo promedio superior en los cuatro tratamientos (Tabla 3). Los diferentes pesos promedios de los huevos fueron similares (64 a 65g) a los obtenidos por la casa comercial para las diferentes semanas evaluadas (Babcock Brown, 2009). Se encontró un mayor peso del huevo en sistemas en pastoreo (66,7g) en comparación con los de jaula (63,4g) y piso (62,1). Por el contrario Krawczyk & Gornowicz (2010), reportaron que el peso de huevos en sistemas de pastoreo fueron menores comparados a los de jaula.

Tabla 2.

Porcentaje promedio de postura por Semana Período experimental

| Semanas | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | P-val |
|---------|--------------|-------------|------------------|-----------------|-----------|--------|
| | Piso Control | Piso Linaza | Pastoreo Control | Pastoreo Linaza | | |
| 1 | 89,05 | 90,48 | 87,86 | 89,65 | 1,09-1,33 | ns |
| 2 | 91,43 | 91,19 | 92,86 | 88,57 | 2,24-2,74 | ns |
| 3 | 92,62 | 89,28 | 88,93 | 91,43 | 0,94-1,15 | ns |
| 4 | 92,62 b | 90,00 b | 85,36 a | 85,00 a | 0,77-0,95 | 0,0019 |
| 5 | 92,38 | 90,00 | 87,5 | 85,36 | 2,05-2,51 | ns |
| 6 | 90,95 | 89,52 | 87,5 | 87,50 | 1,83-2,25 | ns |
| 7 | 90,48 | 88,09 | 88,58 | 87,15 | 2,03-2,49 | ns |
| 8 | 89,29 | 88,33 | 88,22 | 89,65 | 1,83-2,24 | ns |
| 9 | 91,19 | 90,00 | 87,5 | 89,29 | 1,13-1,39 | ns |

Fuente: Elaboración propia

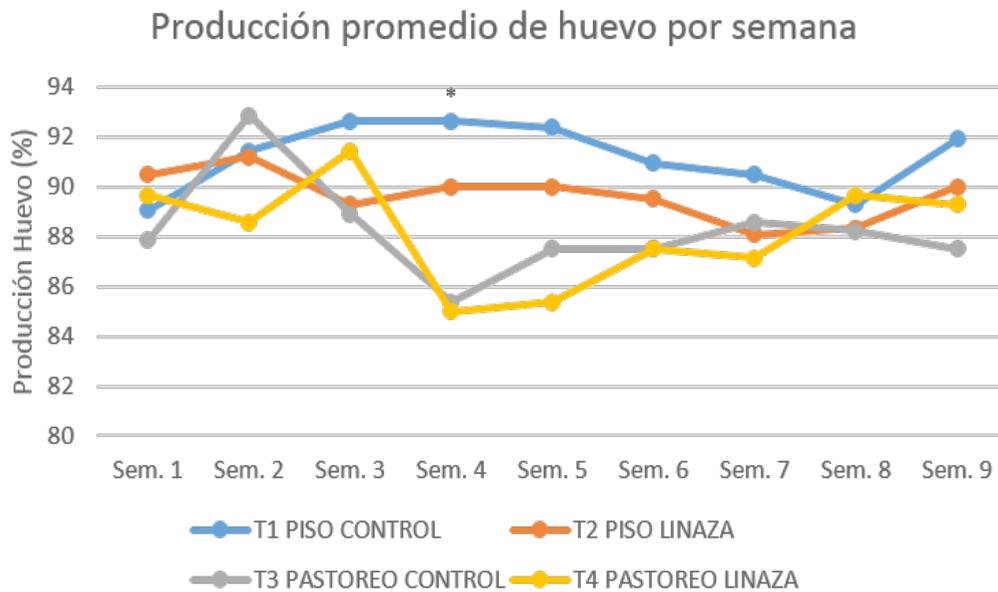


Figura 1. Producción promedio de Huevo por semana

*Significativo ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

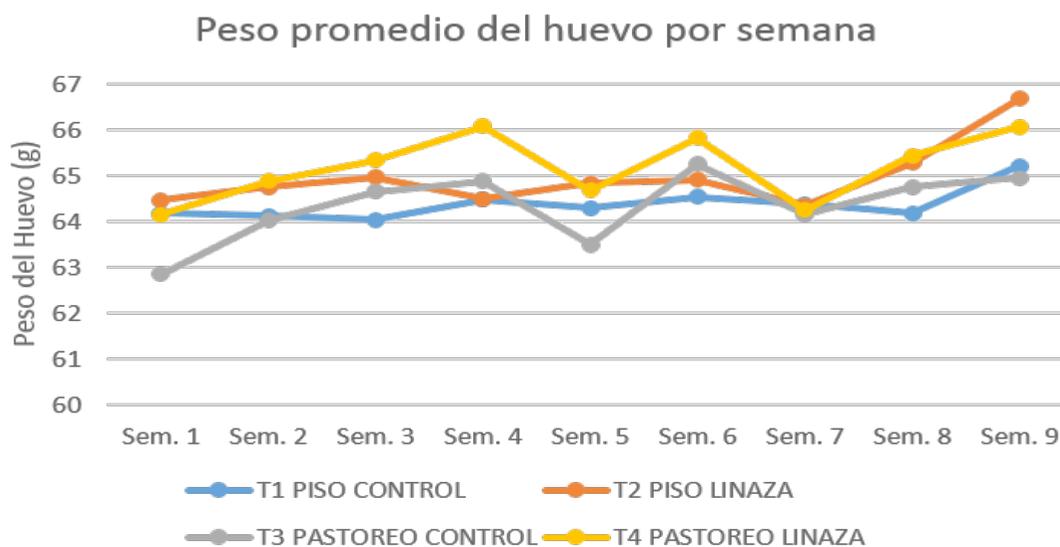


Figura 2. Peso promedio del Huevo por semana

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.

Peso promedio del huevo por tratamiento y semana (g)

| Semanas | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | P-val |
|---------|--------------|-------------|------------------|-----------------|-----------|-------|
| | Piso Control | Piso Linaza | Pastoreo Control | Pastoreo Linaza | | |
| 1 | 64,19 | 64,47 | 62,86 | 64,16 | 0,53-0,65 | ns |
| 2 | 64,13 | 64,75 | 64,04 | 64,89 | 0,62-0,76 | ns |
| 3 | 64,05 | 64,97 | 64,66 | 65,34 | 0,63-0,77 | ns |
| 4 | 64,48 | 64,50 | 64,88 | 66,09 | 0,74-0,90 | ns |
| 5 | 64,31 | 64,85 | 63,51 | 64,69 | 0,34-0,41 | ns |
| 6 | 64,54 | 64,92 | 65,25 | 65,83 | 0,47-0,57 | ns |
| 7 | 64,39 | 64,37 | 64,15 | 64,26 | 0,81-0,99 | ns |
| 8 | 64,19 | 65,28 | 64,76 | 65,45 | 0,59-0,72 | ns |
| 9 | 65,21 | 66,7 | 64,96 | 66,07 | 0,52-0,64 | ns |

Fuente: Elaboración propia

Masa de Huevo

Esta variable solamente presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en la semana 4 asociadas a una mayor postura en esta misma fase. Se presentó mayores oscilaciones en la masa de huevo para las de pastoreo frente a las de piso durante las semanas evaluadas (Tabla 4 y Figura 3).

Conversión kilo de huevo

La conversión por kilo de huevo no presentó diferencias significativas durante toda la fase experimental, se encontró diferencias estadísticas en la semana 5 en la que se obtuvo mejores conversiones con la inclusión de linaza en los dos alojamientos (Tabla 5 y Figura 4). Tello & Guerrero (2007), no encontró diferencias estadísticas con la inclusión de linaza en un 10%, pero si con la inclusión de un 15% y 20% en comparación con el control.

Schumann, Squires & Leeson (2000), al alimentar gallinas ponedoras con linaza, aceite de linaza y ácido graso n-3 (Dry n-3®); encontraron una mejor conversión de alimento con respecto al grupo control cuando utilizaron 10% de linaza y 4% de aceite de linaza.

En la Tabla 6, se muestra el consumo promedio de alimento balanceado y se encontró diferencias significativas en las semanas 4, 5, 6 y 7, estas variaciones no fueron muy representativas ya que no difirieron en más de un gramo ave por día.

Al analizar los diferentes parámetros productivos solamente se encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en el consumo de alimento. De acuerdo a éstos resultados no se encontró efecto significativo del tipo de alojamiento, ni con la inclusión de linaza en la producción de huevo, masa de huevo, peso de huevo y conversión kilo de huevo (Tabla 7).

Calidad del Huevo

No se encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en el peso de la albumina, cáscara y porcentaje de yema, albúmina, cáscara y espesor de la cáscara (Tabla 8). Se presentó diferencias en el peso de la yema superiores en el tratamiento con linaza en pastoreo, posiblemente por un efecto sinérgico entre los ácidos grasos de la linaza asociados al forraje consumido (*Pennisetum clandestinum*), los cuales se depositan en la yema. Jaramillo (2018), encontró un mayor peso de la yema en alojamiento de gallinas en pastoreo comparado con aves encerradas en galpón de piso convencional.

Se determinó diferencias en el color de la yema evaluadas con la escala DMS. En cuanto al tipo de alojamiento el color fue más intenso estadísticamente para el T3 (Control-pastoreo) posiblemente al consumo de forraje por los pigmentos naturales (carotenos, xantofilas), en comparación a los de piso con solo alimento balanceado. La inclusión del 10% de semilla de linaza no alcanzó a tener efectos en el color de la yema en comparación con el control.

Tello & Guerrero (2007), encontraron una menor coloración en la yema de huevo con dietas a las que se incluyó semilla de linaza en comparación con el control.

Los valores encontrados fueron menores a los obtenidos por Jaramillo (2018), con la utilización de concentrado comercial (con un valor de 12 en la escala DMS), posiblemente debido a la inclusión de pigmentantes en el alimento comercial.

Van Den Brand, Parmentier & Kemp (2004), observaron un mayor color de la yema en los huevos provenientes del sistema de pastoreo (valor 11) en comparación con los de jaula (valor 9,3).

Tabla 4.
Masa promedio de huevo por tratamiento y semana (g)

| Semanas | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | P-val |
|---------|--------------|-------------|------------------|-----------------|------------|--------|
| | Piso Control | Piso Linaza | Pastoreo Control | Pastoreo Linaza | | |
| 1 | 57,16 | 58,32 | 55,23 | 57,52 | 0,80-0,98 | ns |
| 2 | 58,64 | 58,73 | 59,49 | 57,48 | 1,65-2,03 | ns |
| 3 | 59,31 | 58,02 | 57,53 | 59,72 | 0,86-1,05 | ns |
| 4 | 56,19 b | 58,05 ab | 55,40 a | 56,19 ab | 1,03-1,30 | 0,0134 |
| 5 | 59,4 | 58,36 | 55,57 | 55,22 | 1,30-1,59 | ns |
| 6 | 58,68 | 58,12 | 57,09 | 57,60 | 1,15-1,41 | ns |
| 7 | 58,25 | 56,73 | 56,83 | 56,01 | 1,68- 2,06 | ns |
| 8 | 57,32 | 57,68 | 57,14 | 58,67 | 1,47-1,80 | ns |
| 9 | 59,43 | 60,03 | 56,84 | 58,99 | 0,86-1,05 | ns |

Fuente: Elaboración propia

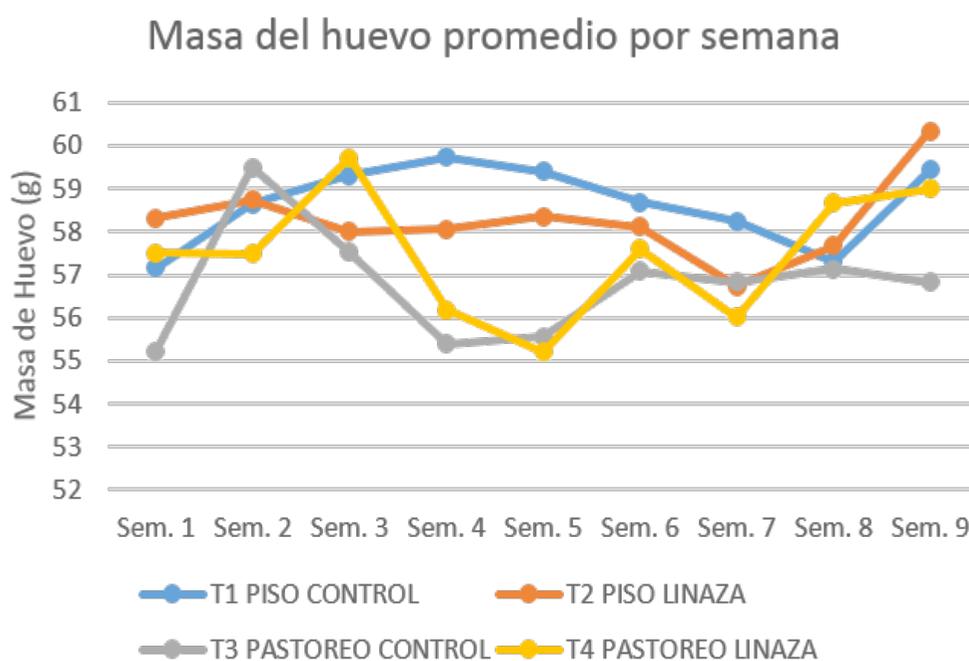


Figura 3. Masa del huevo promedio por semana

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.

Conversión alimenticia por kilo de huevo por tratamiento y semana (kg/kg)

| Semanas | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | P-val |
|---------|--------------|-------------|------------------|-----------------|-----------|--------|
| | Piso Control | Piso Linaza | Pastoreo Control | Pastoreo Linaza | | |
| 1 | 1,76 | 1,76 | 1,8 | 1,76 | 0,02 | ns |
| 2 | 1,76 | 1,76 | 1,77 | 1,74 | 0,02 | ns |
| 3 | 1,77 | 1,74 | 1,75 | 1,72 | 0,02 | ns |
| 4 | 1,75 | 1,76 | 1,74 | 1,7 | 0,02 | ns |
| 5 | 1,76 ab | 1,74 ab | 1,78 b | 1,74 a | 0,01 | 0,0112 |
| 6 | 1,75 | 1,74 | 1,73 | 1,71 | 0,01 | ns |
| 7 | 1,75 | 1,76 | 1,77 | 1,75 | 0,02-0,03 | ns |
| 8 | 1,76 | 1,73 | 1,74 | 1,73 | 0,01-0,02 | ns |
| 9 | 1,73 | 1,69 | 1,74 | 1,71 | 0,01-0,02 | ns |

NOTA: ns: no significativo

Fuente: Elaboración propia

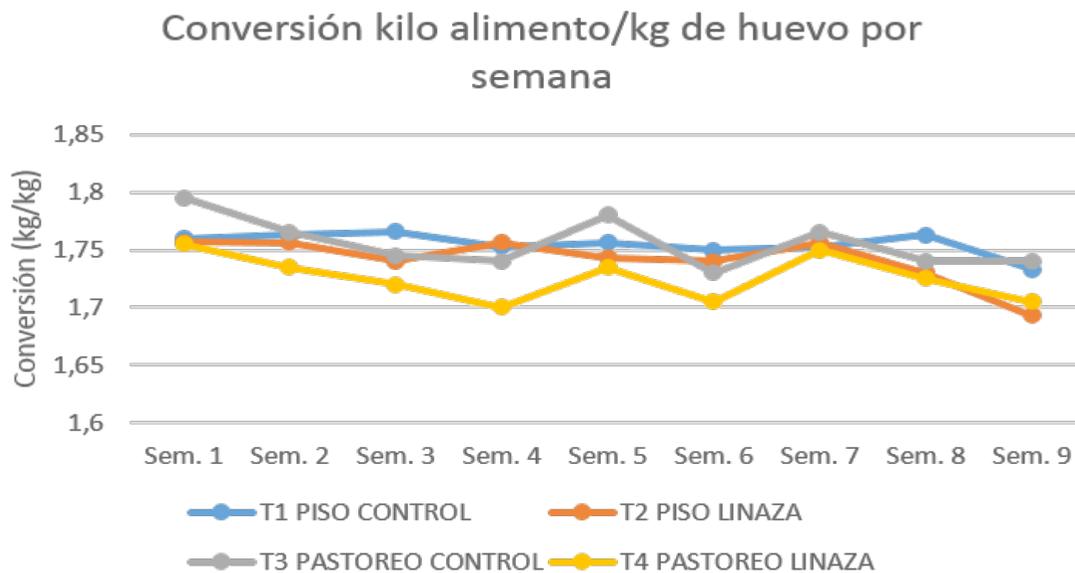


Figura 4. Conversión Kg/Kg de huevo por semana

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.

Consumo promedio de alimento balanceado por tratamiento (g/ave/día)

| Semanas | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | P-val |
|---------|--------------|-------------|------------------|-----------------|-----------|--------|
| | Piso Control | Piso Linaza | Pastoreo Control | Pastoreo Linaza | | |
| 3 | 113,00 | 113,00 | 113,00 | 112,50 | 0,17-0,20 | ns |
| 4 | 113,00 b | 113,00 b | 112,79 b | 112,29 a | 0,07-0,09 | 0,0027 |
| 5 | 113,00 b | 113,00 b | 112,86 b | 112,29 a | 0,07-0,08 | 0,0002 |
| 6 | 113,00 b | 113,00 b | 112,79 b | 112,29 a | 0,09-0,11 | 0,0068 |
| 7 | 113,00 b | 113,00 b | 113,00 b | 112,43 a | 0,05-0,06 | 0,0007 |
| 8 | 113,00 | 113,00 | 112,79 | 112,71 | 0,07-0,09 | ns |
| 9 | 113,00 | 113,00 | 112,79 | 112,57 | 0,16-0,20 | ns |

NOTA: ns: no significativo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.

Resumen parámetros productivos

| Parámetros Productivos | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | P-val |
|-------------------------------|--------------|-------------|------------------|-----------------|-----------|--------|
| | Piso Control | Piso Linaza | Pastoreo Control | Pastoreo Linaza | | |
| Producción promedio huevo (%) | 91,1 | 89,6 | 88,25 | 88,17 | 0,94-1,16 | ns |
| Peso huevo promedio (g) | 64,32 | 64,28 | 64,38 | 65,01 | 0,66-0,81 | ns |
| Masa promedio de huevo (g) | 58,71 | 57,61 | 56,82 | 57,33 | 0,98-1,21 | ns |
| Conversión (kg/kg) | 1,76 | 1,74 | 1,76 | 1,73 | 0,01 | ns |
| Consumo (g/ave/día) | 113 b | 113 b | 112,89 b | 112,56 a | 0,08 | 0,0157 |

NOTA: ns: no significativo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.

Parámetros de calidad del huevo promedio fase experimental

| Parámetros Calidad del Huevo | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | p-val |
|-------------------------------|--------------|-------------|------------------|-----------------|-----------|--------|
| | Piso Control | Piso Linaza | Pastoreo Control | Pastoreo Linaza | | |
| Peso Yema (g) | 15,96 b | 15,98 b | 15,77 a | 16,38 c | 0,03-0,04 | 0,0002 |
| Peso Albumina (g) | 41,2 | 41,68 | 41,61 | 41,9 | 0,63-0,77 | ns |
| Peso Cáscara (g) | 7,23 | 7,16 | 7,19 | 7,09 | 0,09-0,11 | ns |
| Porcentaje Yema (%) | 24,76 | 24,66 | 24,41 | 25,02 | 0,24-0,29 | ns |
| Porcentaje Albumina (%) | 63,77 | 64,18 | 64,19 | 64,00 | 0,38-0,46 | ns |
| Porcentaje Cáscara (%) | 11,36 | 11,11 | 11,2 | 10,97 | 0,14-0,17 | ns |
| Espesor Cáscara (mm) | 0,412 | 0,409 | 0,405 | 0,403 | 0,00049 | ns |
| Color de la Yema (Escala DMS) | 8,68 ±0,26 a | 8,70±0,19 a | 10,04±0,02 b | 9,70±0,05 ab | | 0,0269 |

NOTA: ns: no significativo

Fuente: Elaboración propia

Perfil de Ácidos Grasos de la yema

El perfil de ácidos grasos de la yema de huevo varió completamente con la inclusión de la semilla de linaza al 10% y en los dos tipos de alojamiento. De los 21 ácidos grasos analizados, hubo diferencias estadísticas en 16, que corresponden al 76,19% del total entre los que se incluyen los siguientes: (Mirístico (C14:0), Mirístoleico (C14:1), Palmítico (C16:0), Palmitoleico (C16:1), Ácido Heptadecanoico (C17:0), Vaccénico (C18:1 n-7), Gamma (γ) Linolénico (C18:3) n-6, α linolenico (C18:3) n-3, Eicosenoico (C20:1) n-9, Icosadienoico (C20:2) n-6, Ácido dihomo- γ -linolénico (C20:3 n-6), Araquidónico (C20:4 n-6), Ácido adrénico (C22:4 n-6), Docosapentaenoico (C22:5) n-6, Docosapentaenoico (C22:5) n-3, Docosahexanoico (C22:6) n-3. Además se encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en la sumatoria de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, total omega 6 y 3, y relación omega-6: omega-3.

La inclusión de la linaza al 10% en la formulación modificó completamente el perfil de ácidos grasos de la yema de huevo.

El Ácido Mirístico (C14:0) y Ácido Palmítico (C16:0) fueron estadísticamente diferentes con la inclusión de linaza pero no hubo diferencias en los alojamientos (Ayerza & Coates, 2001), al alimentar gallinas ponedoras con diferentes niveles de inclusión de linaza obtuvieron que el contenido de ácido mirístico no presentó diferencias significativas entre los tratamientos; mientras que el ácido palmítico si presentó diferencias entre los tratamientos. Tello & Guerrero (2007), encontraron diferencias estadísticas en el ácido palmítico, pero no en el mirístico con la inclusión de diferentes niveles de linaza comparados con el control.

El Ácido Graso Docosahexanoico (C22:6) n-3, presentó niveles mayores en los de pastoreo control (T3) y linaza (T4) (1,02 y 1,91) con respecto al de piso control (T1) y linaza (T2) (0,83 y 1,67), que corresponden a 18,62% y 12,56% mayores en el alojamiento en pastoreo. La semilla de linaza tiene altas concentraciones de éste ácido que incluidas en un 10% aumentaron las cantidades en la yema en los tratamientos donde se utilizó. Este ácido graso aumento también principalmente por el consumo de forraje (kikuyo) o variaciones en

las condiciones ambientales comparado con el alojamiento en piso sin consumo de forraje. Este ácido graso es uno de los principales que presenta beneficios en la salud humana.

El total de Ácidos Grasos omega-3 presentó diferencias significativas superiores en los tratamientos con linaza en los dos alojamientos (Figura 5). La concentración total de omega-3 fue 5,57 veces más en el alojamiento en piso (1,53:8,07) y 4,3 veces en el de pastoreo (1,95:8,45) en los que se incluyó linaza

comparado con el control. No hubo diferencias en las concentraciones de omega 3 en los dos alojamientos con linaza y sin linaza. Lopez-Bote *et al.*, (1998), encontraron casi tres veces más ($p < 0,01$) ácidos grasos omega 3 en la yema de huevos de gallinas en pastoreo que los huevos de gallinas que no tenían acceso a pastos naturales. El α -linoléico (C18:3 n-3) fue superior estadísticamente ($p < 0,05$) con la inclusión de linaza en los dos alojamientos comparados con el control.

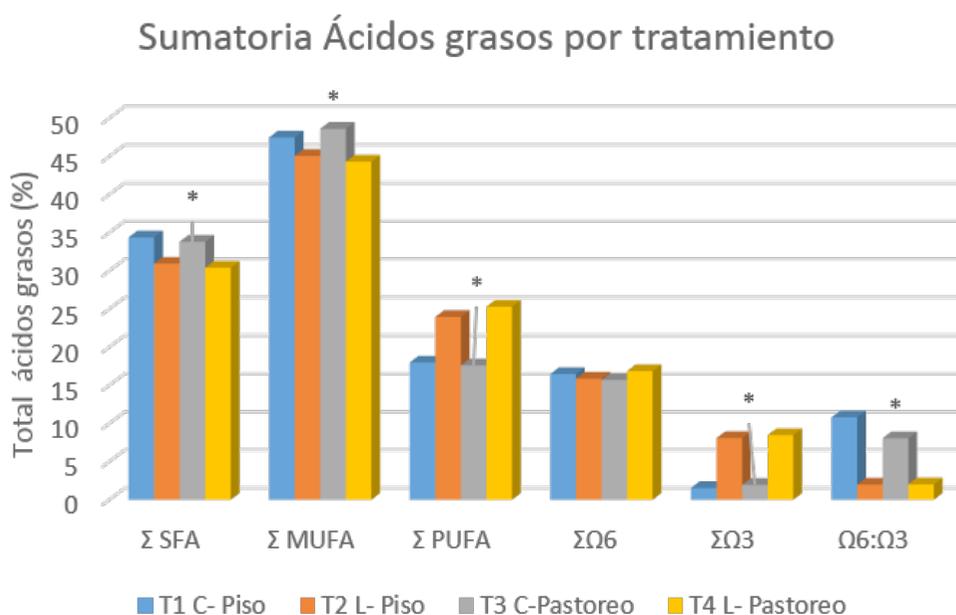


Figura 5. Sumatoria Ácidos grasos por tratamiento

NOTA: *Significativo ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de este ácido graso fueron (0,54-6,15) y (0,77-6,21) en los dos alojamientos, que corresponden a 11,83 veces más con la inclusión de linaza en comparación con el control en piso y 8,06 veces en el de pastoreo. Las concentraciones de éste ácido graso fueron numéricamente más altos en el alojamiento en pastoreo (0,77) con respecto a piso (0,54) sin ser significativas. La semilla de linaza tiene uno de los valores más altos de Ácido Linoléico (C18:3) comparados con otros vegetales que fueron determinados

en 55,77% por cromatografía de gases, los cuales aumentaron en la formulación final y se extendieron posteriormente en la yema de huevo.

La relación omega-6: omega-3 presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$) donde se encontró una relación menor en los tratamientos con linaza asociadas a las mayores concentraciones de omega 3 con una relación de 1,97 y 2,0 para el alojamiento en piso comparado con pastoreo. La relación de éstos

dos ácidos grasos del control en piso (T1) fue superior al control pastoreo (T3), (10,80 versus 8,05) posiblemente relacionados con los niveles de omega 3 que pueden estar presentes en el forraje con las gallinas en pastoreo. Una menor relación indica una mayor disponibilidad de los ácidos grasos de la serie n-3.

Estos resultados son similares a los encontrados por Tello & Guerrero (2007), donde la relación de estos dos ácidos grasos con inclusión de 10% de linaza fue de 2,07 comparado con el control de 7,0. Jaramillo (2018), encontró una menor relación omega-6: omega-3 en las gallinas en pastoreo comparado con gallinas en galpón cerrado 18,07 versus 22,07 con concentrado comercial.

El total de Ácidos Grasos Saturados (SFA), fueron inferiores estadísticamente ($p < 0,05$) en los tratamientos con linaza y similares en los dos alojamientos 30,93% y 30,40% para piso y pastoreo respectivamente con linaza, muy cercanos a los encontrados por Betancur de 31,7% con 10% de linaza y 32,1% en el control. Ayerza & Coates (2001), obtuvieron que el total de ácidos grasos saturados, no fueron significativamente diferentes entre tratamientos con la inclusión de linaza. Jaramillo (2018), no encontró diferencias estadísticas comparando gallinas en pastoreo con alojamiento en piso convencional.

García & Gélvez (2015), encontraron menores niveles de ácidos grasos saturados con la inclusión de un 10% y 15% de semilla de lino en comparación al control. Los Ácido Graso Monoinsaturado (MUFA) fueron superiores estadísticamente ($p < 0,05$) en el tratamiento control en pastoreo con 48,60% comparado con linaza en pastoreo 44,30% que corresponde al 8,84%.

Las variaciones en piso fueron similares, mayores en el control que con linaza. Tello & Guerrero (2007), no presentó diferencias

significativas de los MUFA entre los tratamientos con niveles crecientes de semilla de lino ($p > 0,05$), sin embargo el Ácido Graso Oleico (C18:1 n-9) mostró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en donde se presentó mayor deposición para el T1 (43,42%) con una inclusión del 10% de semilla de linaza. Por el contrario García & Gélvez (2015), encontraron que los MUFA incrementaron significativamente con la inclusión de semilla de lino en la dieta.

El total de Ácidos Grasos Polinsaturados (PUFA) fueron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) en los tratamientos con linaza en piso y pastoreo (23,93% y 25,30%), comparado con los controles (17,97% y 17,60%) que corresponde a 24,90% y 30,43% superiores respectivamente para el alojamiento en piso y pastoreo.

Los mayores porcentajes de pastoreo con linaza con respecto a los otros tratamientos pudieron ser debidos al consumo de forraje. Resultados contrarios a los de García & Gélvez (2015), donde encontraron menores niveles de PUFA en las dietas con suplementación de semilla de linaza en comparación al control.

Tello & Guerrero (2007), encontró mayores concentraciones de PUFA a medida que aumentaba los niveles de semilla de linaza comparado con el control, con 15% y 20% de inclusión de linaza pero no con el 10%. Similares resultados obtuvieron Ayerza & Coates (2001), utilizando ácido graso α -linolenico a la dieta el cual aumentó el porcentaje total de ácidos grasos polinsaturados en las dietas enriquecidas frente a la dieta control. Cherian & Sim (1991), afirman que el contenido de ácidos grasos saturados en la yema de huevo disminuye cuando aumenta el contenido de PUFA en la dieta.

García & Gélvez (2015), encontraron disminuciones significativas de ácidos grasos saturados y aumento de monoinsaturados con la inclusión de semilla de linaza en la dieta al 5% y 10% en el alimento, pero se evidenció la

disminución de ácidos grasos polinsaturados que contrasta con los resultados encontrados en ésta investigación con la inclusión del 10% de semilla de linaza.

Los porcentajes de proteína cruda en base seca no presentaron diferencias estadísticas

en los dos alojamientos ni con la inclusión de linaza, pero fueron numéricamente superiores con la inserción de linaza en aproximadamente 2% más de proteína comparadas con el control (Tabla 9, Figura 6 y 7).

Tabla 9.

Perfil de ácidos grasos de la yema de huevos, semilla de linaza y proteína del huevo por tratamiento

| Ácidos Grasos (%) | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | P-val | Semilla Linaza |
|---|-----------|-----------|------------|------------|-----------|--------------|----------------|
| | C- Piso | L-Piso | C-Pastoreo | L-Pastoreo | | | |
| Mirístico (C14:0) | 0,31 b | 0,24 a | 0,30 b | 0,23 a | 0,01 | 0,0079 | 0,07 |
| Miristoleico (C14:1) | 0,06 bc | 0,04 ab | 0,08 c | 0,04 a | 0,01 | 0,0267 | |
| Pentadecanoico (C15) | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,01 | ns | 0,03 |
| Palmitico (C16:0) | 26,77 b | 23,09 a | 26,35 b | 22,48 a | 0,46 | 0,0018 | 5,92 |
| Palmitoleico (C16:1) | 3,06 ab | 2,47 a | 3,49 b | 2,31 a | 0,23 | 0,065 | 0,04 |
| Ácido heptadecanoico (C17:0) | 0,11 a | 0,13 ab | 0,12 ab | 0,14 b | 0,01 | 0,159 | 0,06 |
| Ácido heptadecenoico (17:1) | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | ns | 0,04 |
| Estearico (C:18) | 7,15 | 7,42 | 6,97 | 7,44 | 0,14 | ns | 3,6 |
| Oleico (C18:1) n-9 | 42,81 | 41,26 | 43,12 | 40,93 | 0,61 | ns | 18,8 |
| Vaccénico (C18: 1 n-7) | 1,32 ab | 1,17 ab | 1,68 b | 1,01 a | 0,13 | 0,11 | 0,57 |
| Linoleico (C18:2) n-6 | 13,84 | 14,7 | 13,31 | 15,56 | 0,8 | ns | 15,09 |
| Gamma (γ) linolénico (C18:3) n-6 | 0,09 b | 0,06 a | 0,09 b | 0,07 a | 0,0032 | 0,0013 | |
| α linolenico (C18:3) n-3 | 0,54 a | 6,15 b | 0,77 a | 6,21 b | 0,2 | 0,0001 | 55,77 |
| Eicosenoico (C20:1) n-9 | 0,20 b | 0,14 a | 0,19 b | 0,15 a | 0,01 | 0,0007 | |
| Icosadienoico (C20: 2) n-6 | 0,22 b | 0,11 a | 0,20 ab | 0,11 a | 0,03 | 0,0597 | |
| Ácido dihomo- γ -linolénico (C20: 3 n-6) | 0,14 b | 0,10 a | 0,13 ab | 0,11 ab | 0,01 | 0,0985 | |
| Araquidónico (C20:4 n-6) | 1,72 b | 0,85 a | 1,55 b | 0,95 a | 0,09 | 0,0014 | |
| Ácido adrénico (C22:4 n-6) | 0,15 b | 0,04 a | 0,13 b | 0,06 a | 0,01 | 0,0004 | |
| Docosapentaenoico (C22: 5) n-6 | 0,45 c | 0,01 a | 0,29 b | 0,01 a | 0,02 | 0,0001 | |
| Docosapentaenoico (C22:5) n-3 | 0,12 a | 0,23 b | 0,13 a | 0,32 c | 0,02 | 0,0033 | |
| Docosahexanoico (C22:6) n-3 | 0,83 a | 1,67 c | 1,02 b | 1,91 d | 0,02 | 0,0001 | |
| Σ SFA (Acidos grasos saturados) | 34,37 b | 30,93 a | 33,80 b | 30,40 a | 0,5 | 0,0047 | |
| Σ MUFA (Ac. grasos monoinsaturados) | 47,47 bc | 45,07 ab | 48,60 c | 44,30 a | 0,71 | 0,0299 | |
| Σ PUFA (Ac. grasos poliinsaturados) | 17,97 a | 23,93 b | 17,60 a | 25,30 b | 0,95 | 0,0041 | |
| $\Sigma\Omega 6$ (Total omega 6) | 16,47 | 15,87 | 15,7 | 16,85 | 0,88 | ns | |
| $\Sigma\Omega 3$ (Total omega3) | 1,53 a | 8,07 b | 1,95 a | 8,45 b | 0,19 | 0,0001 | |
| $\Omega 6:\Omega 3$ (Relación omega 6: omega 3) | 10,80 c | 1,97 a | 8,05 b | 2,0 a | 0,35 | 0,0001 | |
| Proteína Cruda Base Seca(%) | T1 | T2 | T3 | T4 | EE | P-val | |
| | 51,47 | 53,37 | 51,27 | 53,3 | 1,71 | NS | |

Fuente: Elaboración propia

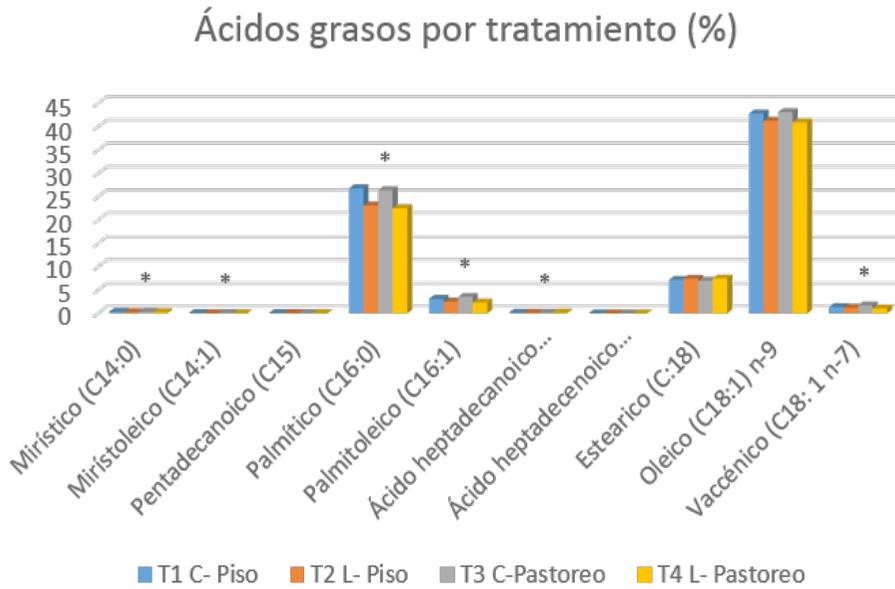


Figura 6. Ácidos grasos determinados por tratamiento (parte 1)

NOTA: *Significativo ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

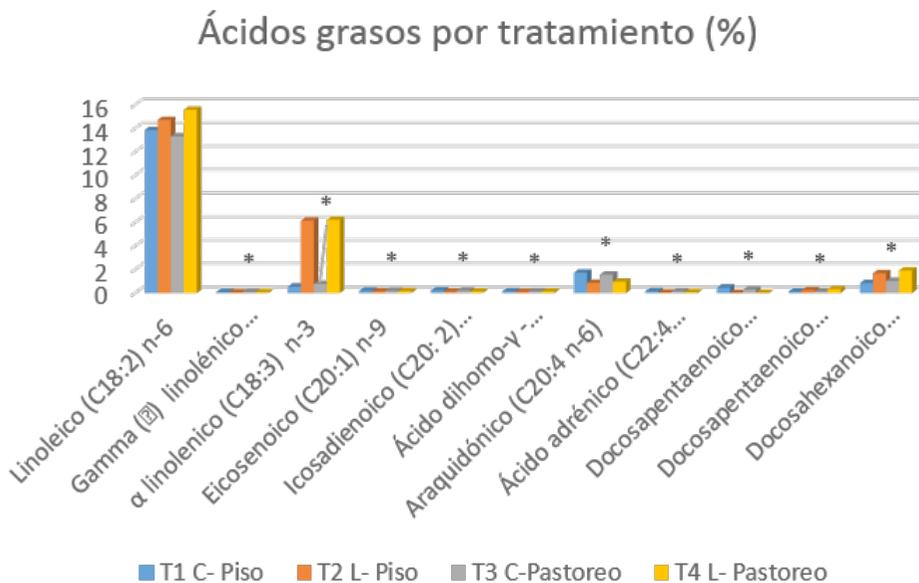


Figura 7. Ácidos grasos determinados por tratamiento (parte 2)

NOTA: *Significativo ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

Análisis Sensorial

Sabor del huevo

Se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) para esta característica. Se presentó el mayor porcentaje de aceptación en la calificación agradable para el tratamiento en pastoreo

con linaza (T4), comparado con el resto de tratamientos. El promedio de calificación obtenido de todos los tratamientos fue superior al característico el cual fue de 44% para la calificación aceptable, que indica una buena preferencia para los diferentes huevos producidos en los dos alojamientos y con la inclusión de linaza al 10% (Figura 8).

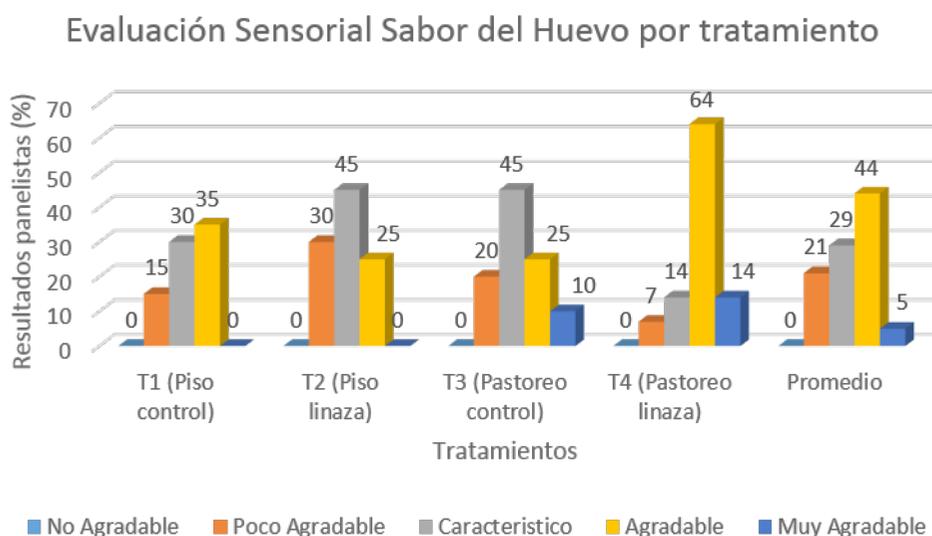


Figura 8. Evaluación sensorial Sabor del huevo por tratamiento

p-val: 0,016 ($p < 0,05$). Significativo

Fuete: Elaboración propia

Olor del Huevo

No se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) en esta característica en los diferentes tratamientos. Al analizar la puntuación promedio de los diferentes tratamientos la calificación fue para el olor característico con una distribución normal (Figura 9).

En el T4 con la inclusión de linaza en pastoreo se presentó una mejor coloración calificado con naranja a diferencia del resto de tratamientos. Sin embargo en las gallinas en piso con la inclusión de linaza se encontró el mayor porcentaje con la coloración de la yema como muy clara, la cual tendría una menor aceptación para el consumidor.

Color de la yema

Se presentó diferencias significativas en el color de la yema ($p < 0,05$) con un color más intenso (amarillo y naranja) en los tratamientos donde se encontraban las gallinas en pastoreo a diferencia de los piso.

Los huevos que presentan un color más intenso de yema, puede sugerir una mayor presencia de pigmentos beneficiosos como la luteína, para la función visual, y un contenido normal de colesterol. El promedio de calificación de los cuatro tratamientos fue superior para el color de la yema calificado como normal (Figura 10).

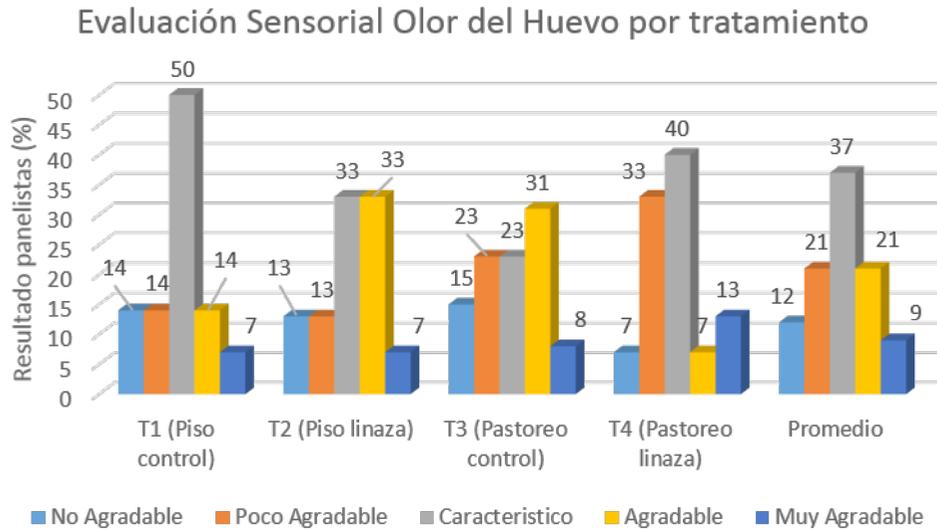


Figura 9. Evaluación sensorial Olor del huevo por tratamiento
p-val: 0,807 ($p < 0,05$). No Significativo

Fuente: Elaboración propia

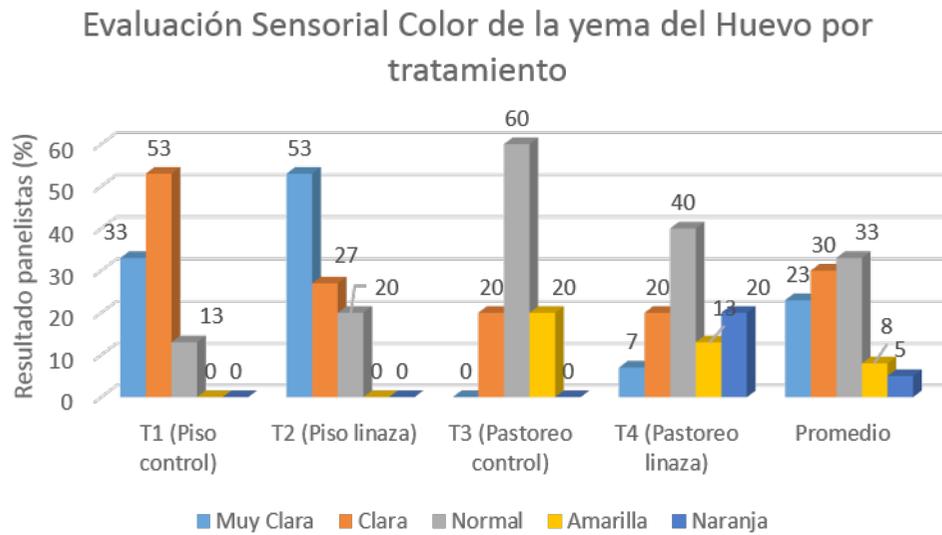


Figura 10. Evaluación sensorial Color del huevo por tratamiento
p-val: 0,001 ($p < 0,05$). Significativo

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Costos

El costo del alimento se determinó a partir de la formulación de la dieta y precio de cada ingrediente, a éste valor se le sumo \$ 50 más por kilo de la dieta por el consumo de forraje en las gallinas que se encontraban en pastoreo. Para las comparaciones se tomó como referencia el piso control (T1). El costo más alto de la dieta correspondió al T4 con (\$ 1087,77 /kg) debido a la inclusión de la linaza en la formulación y al pastoreo. A partir de las conversiones y costos del alimento se calculó el precio del huevo partiendo de un precio para el control en piso de \$ 220 unidad. A partir de éste valor se determinó el valor por huevo y su sobre costo. De acuerdo a estos valores el sobre costo más bajo fue para

el T3 pastoreo sin inclusión de la linaza en la formulación.

Se determinó un precio de \$ 320 para el huevo enriquecido con omega 3 y pastoreo comparado con el normal dieta y alojamiento convencional, y con estos valores se calculó la relación beneficio: costo, donde sería rentable la venta del huevo con linaza en piso (T2) y pastoreo (T3), sin embargo para el T4 tendría que venderse un poco más alto de \$ 320 que podría ser posible dada la exigencia que vienen tomando los consumidores respecto al bienestar animal (gallinas) y las dietas no convencionales libres de materias primas de origen animal y antibióticos promotores de crecimiento (Tabla 10).

Tabla 10.

Análisis de costos por tratamiento período experimental

| Parámetros Productivos y costos | T1 | T2 | T3 | T4 |
|--|--------------|-------------|------------------|-----------------|
| | Piso Control | Piso Linaza | Pastoreo Control | Pastoreo Linaza |
| Conversión Docena de Huevos | 1,49 | 1,51 | 1,53 | 1,53 |
| Costo alimento (\$) | 914,77 | 1037,77 | 964,77 | 1087,77 |
| Producción promedio Huevo (%) | 91,1 | 89,6 | 88,25 | 88,17 |
| Costo alimento por docena huevos (\$) | 1363,01 | 1567,03 | 1476,10 | 1664,29 |
| Incremento costo alimento (%) | | 13,01 | 7,66 | 18,10 |
| Precio del Huevo (\$) | 220 | 253 | 238 | 268 |
| Sobre costo por Huevo (\$) | | 32 | 18 | 48 |
| Incremento de huevo versus control piso (%) | | 14,54 | 8,18 | 21,81 |
| Costo docena huevos (\$) | 2640 | 3036 | 2856 | 3216 |
| Costo alimento (\$ /Kg) | 914,77 | 1037,77 | 964,77 | 1087,77 |
| Precio del Huevo (\$) | 220 | 320 | 320 | 320 |
| Conversión Docena de Huevos (kg/docena Huevos) | 1,49 | 1,51 | 1,53 | 1,53 |
| Producción promedio Huevo (%) | 91,1 | 89,6 | 88,25 | 88,17 |
| Venta huevos x producción (\$) | 20042 | 28672 | 28240 | 28214,4 |

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Los parámetros productivos como la producción de huevo, masa de huevo, peso de huevo y conversión no fueron afectados estadísticamente con la inclusión de la linaza al 10% en la dieta ni con el tipo de alojamiento durante la fase

experimental, mientras que en el peso de la yema se encontró diferencias estadísticas con un peso mayor en el tratamiento donde se incluyó la semilla de linaza y el alojamiento en pastoreo, teniendo en cuenta que en la yema es donde se encuentra el mayor porcentaje de materia seca y valor nutricional del huevo, sin embargo el

porcentaje de yema en relación al peso del huevo no presentó diferencias estadísticas. El perfil de ácidos grasos de la yema de huevo cambió completamente con la inclusión de la linaza y tipo de alojamiento. Hubo un incremento en la sumatoria de los Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA) especialmente en los más beneficiosos para la salud humana como fueron el α linolenico (C18:3) n-3, con aumento de aproximadamente 11 veces más con la inclusión de la linaza comparada con el control, el Ácido Graso Docosapentaenoico (C22:5) n-3, que fue también superior en el tratamiento con linaza y pastoreo donde pudo haber un efecto sinérgico de la linaza, con el consumo de forraje y factores ambientales asociados en comparación con el control, lo mismo el Docosahexanoico (C22:6) n-3 con niveles superiores, mientras que el nivel de Ácidos Grasos Saturados (SFA) y Ácidos Grasos Monoinsaturados (MUFA) disminuyó. También se encontró una menor relación omega 6: omega 3 en los tratamientos con linaza, que tiene efectos positivos nutricionalmente para el consumo del hombre dado que se puede absorber más fácilmente el omega-3.

Los porcentajes de proteína del huevo fueron superiores numéricamente con la inclusión de linaza sin ser significativos en los dos alojamientos. En cuanto a las variables evaluadas en el análisis sensorial se determinó diferencias estadísticas en una mayor coloración de la yema de huevo en el alojamiento en pastoreo comparada con el de piso, mejor sabor del huevo en el alojamiento en pastoreo y con la inclusión de linaza cualidades que son importantes para el consumidor final.

De acuerdo a la literatura se encontraron resultados contrarios en la producción y calidad del huevo al comparar diferentes tipos de alojamiento principalmente por las múltiples variables ambientales y de manejo que afectan las gallinas. Finalmente en el análisis de costos se determinó que se puede incluir económicamente la semilla de linaza en un 10%, produciendo el huevo en el alojamiento

en pastoreo con un sobre costo factible para el consumidor y productor dado el valor agregado desde el punto de vista nutricional.

Referencias

- Ayerza, R., & Coates, W. (2001). Omega-3 enriched eggs: The influence of dietary α -linolenic fatty acid source on egg production and composition. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(3), 355-361. <https://doi.org/10.4141/A00-094>
- Babcock Brown. (2009). *Guía de manejo de la nutrición de ponedoras comerciales*. Netherlands: San Marino.
- Caston, L., & Leeson, S. (1990). Research Note: Dietary Flax and Egg Composition. *Poultry Science*, 69 (9), 1617-1620. <https://doi.org/10.3382/ps.0691617>
- Cherian, G., & Sim, J.S. (1991). Effect of Feeding Full Fat Flax and Canola Seeds to Laying Hens on the Fatty Acid Composition of Eggs, Embryos, and Newly Hatched Chicks. *Poultry Science*, 70 (4), 917-922. <https://doi.org/10.3382/ps.0700917>
- García, O., & Gélvez, V. (2015). Efecto de la inclusión de linaza (*Linum Usitatissimum*) en la dieta alimenticia sobre la concentración de ácidos grasos en huevos de gallina Babcock Brown. *@limentech ciencia y tecnología alimentaria*, 13 (1), 48-53.
- Instituto de Estudios del Huevo (2002). *Lecciones sobre el huevo*. Madrid, España: Instituto de Estudios del Huevo.
- Jaramillo, A. H. (2018). *Producción y calidad del huevo de gallina. Colección libros de investigación*. Bogotá, Colombia: Centro de Biotecnología agropecuario, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

- Jiang, Z., Ahn, D.U., & Sim, J.S. (1991). Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes. *Poultry Science*, 70 (12), 2467-2475.
- Krawczyk, J., & Gornowicz, E. (2010). Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. *Arch. Geftügelk*, 74, 1-7.
- Leeson, S., & Zubair, A. (1996). Avances en nutrición y alimentación aAvances en nutrición y alimentación animal. García Rebollar P., de Blas Beorlegui C., González Mateos G. (Coord.) XII Curso de Especialización FEDNA. pp. 245-254.
- Lopez-Bote, C.J., Sanz, R., Rey, A.I., Castaño, A., Isabel, B., & Thos, J. (1998). Effect of free-range feeding on n-3 fatty acid and a-tocopherol content and oxidative stability of eggs. *Animal Feed Science and Technology* 72 (1-2), 33-40. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00180-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00180-6)
- Mahecha, G. (1985). *Evaluación sensorial en el control de calidad de alimentos procesados*. Bogotá: Universidad Nacional.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Fundación Iberoamericana de Nutrición (2012). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana*. España: FAO y FINUT.
- Rostagno, H. (2017). Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. Viçosa: Departamento de Zootecnia, Universidad Federal de Viçosa.
- Schumann, B.E., Squires, E.J., & Leeson, S. (2000). Effect of dietary flaxseed, flax oil and n-3 fatty acid supplement on hepatic and plasma characteristics relevant to fatty liver haemorrhagic syndrome in laying hens. *British Poultry Science*, 41 (4). 465-472. <https://doi.org/10.1080/713654970>
- Soler, D., & Fonseca, J. (2011). Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina: revisión bibliográfica y propuesta de un modelo para pequeños productores. *Revista de investigación Agraria y ambiental*, 2 (1), 29-43.
- Tello, D., & Guerrero, D. (2007). *Inclusión de lino "linum usitatisium l." en la dieta de ponedoras para la producción de huevos enriquecidos con ácido graso α -linolénico (omega 3)* (Tesis de pregrado). Universidad La Salle, Bogota, Colombia.
- Van Den Brand, H., Parmentier, H.K., & Kemp, B. (2004). Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science*, 45 (6), 745-752.
- Yannakopoulos, A., Tserveni-Gousi, A., & Christaki, E. (2005) Enhanced Egg Production in Practice: The Case of Bio-Omega-3 Egg. *International Journal of Poultry Science*, 4, (8), 531-535. doi:10.3923/ijps.2005.531.535
- Younesi, E., & Ayselli, M.T. (2015). An integrated systems-based model for substantiation of health claims in functional food development. *Trends in Food Science & Technology*, 41 (1), 95-100. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.09.006>