

Artículo de Investigación

Efecto en la composición nutricional de huevos azules de gallinas criollas Huilliches mediante la inclusión de compuestos naturales del sur de Chile ricos en antioxidantes y omega 3

Effect on the nutritional composition of blue eggs from Huilliche Creole hens through the inclusion of natural compounds from southern Chile rich in antioxidants and omega 3

Efeito na composição nutricional de ovos azuis de galinhas crioulas Huilliche por meio da inclusão de compostos naturais do sul do Chile ricos em antioxidantes e ômega 3

Astrid Seperiza ¹  [ORCID](#), Corina Flores ¹  [ORCID](#), Jennyfer Flórez-Méndez ^{1*}  [ORCID](#)

* Autor de correspondencia.

¹ Centro de Estudios CEUS Llanquihue, Universidad de Santiago de Chile, Llanquihue, Chile.

Fecha correspondencia:

Recibido: julio 09 de 2021.

Aceptado: septiembre 03 de 2021.

Forma de citar:

Seperiza A, Flores C, Flórez-Méndez J. Efecto en la composición nutricional de huevos azules de gallinas criollas Huilliches mediante la inclusión de compuestos naturales del sur de Chile ricos en antioxidantes y omega 3. CES Med. Zootec. 2021; 16(2): 9-29. <https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.6355>

[Open access](#)

[© Derecho de autor](#)

[Licencia creative commons](#)

[Ética de publicaciones](#)

Resumen

El huevo es un alimento que presenta alto valor nutritivo, aporta elevada proporción de proteínas, vitaminas y minerales, relativamente bajo de energía, lo que lo convierte en un alimento con alta densidad de nutrientes. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la inclusión de materias primas autóctonas del sur de Chile que contienen compuestos bioactivos en la alimentación de las gallinas criollas sobre la composición en ácidos grasos y capacidad antioxidante de sus huevos. Para esto, se elaboraron 8 dietas experimentales y una dieta de grano comercial y una dieta control, las dietas experimentales fueron formuladas en base a tres niveles de inclusión de fuentes de omega 3 (harina de salmón, chorito y microlaga) y tres niveles de fuentes de antioxidantes (harina de mora, frutilla y pepa de uva). El ensayo experimental tuvo duración de ocho semanas, donde se alimentaron 360 gallinas, distribuidas en 9 explotaciones avícolas.

[Revisión por pares](#)
[Gestión por Open Journal System](#)
DOI: 10.21615/cesmvz.6355
ISSNe 1900-9607

[Publica con nosotros](#)

Al final de este período, los huevos de los tratamientos fueron liofilizados y se determinaron los ácidos grasos por cromatografía de gases y capacidad antioxidante por el método ABTS y DPPH. Los huevos, donde las gallinas fueron alimentadas con las dietas 7 y 8, compuestas por harina de alga y de pepa de uva, fueron aquellas que presentaron un mayor contenido del Ácido docosahexaenoico (DHA), 3,43 y 3,46 / 100 g respectivamente. Por otro lado, los huevos puestos por

gallinas que se alimentaron de la dieta 5, compuestas por harina de salmón, chorito, mora y frutilla, fueron los que presentaron una mayor capacidad antioxidante.

Palabras clave: *antioxidantes; alimentación avícola; bioactivos; huevos azules.*

Abstract

The egg is a food that has high nutritional value, provides a high proportion of proteins, vitamins and minerals, relatively low in energy, which makes it a food with high nutrient density. The objective of this study was to determine the effect of the inclusion of native raw materials from southern Chile that contain bioactive compounds in the feed of Creole hens on the fatty acid composition and antioxidant capacity of their eggs. For this, 8 experimental diets were developed and a commercial grain diet and a control diet, the experimental diets were formulated based on three levels of inclusion of omega 3 sources (salmon meal, mussel and microlala) and three levels of sources of antioxidants (blackberry flour, strawberry and grape seed). The experimental trial lasted eight weeks, where 360 hens were fed, distributed in 9 poultry farms. At the end of this period, the eggs of the treatments were lyophilized and the fatty acids were determined by gas chromatography and antioxidant capacity by the ABTS and DPPH method. The eggs, where the hens were fed diets 7 and 8, composed of algae and grape seed meal, were those that presented a higher content of docosahexaenoic acid (DHA), 3.43 and 3.46 / 100 g respectively. On the other hand, the eggs laid by hens that were fed diet 5, composed of salmon meal, mussel, blackberry and strawberry, were those that presented the highest antioxidant capacity.

Keywords: *antioxidants; poultry feed; bioactives; blue eggs.*

Resumo

Os ovos têm alto valor nutricional, com uma alta proporção de proteínas, vitaminas e minerais, e uma ingestão energética relativamente baixa, tornando-os um alimento com alta densidade nutricional. Este estudo tem por objetivo analisar o efeito da inclusão de matérias-primas nativas do sul do Chile que contêm compostos bioativos na ração de galinhas crioulas sobre a composição de ácidos graxos e a capacidade antioxidante de seus ovos. Para tanto, foram elaboradas 8 dietas experimentais e uma dieta comercial de grãos, além de uma dieta controle. As dietas experimentais foram formuladas com base em três níveis de inclusão de fontes ômega 3 (farinhas de salmão, de mexilhão e de microalgas) e três níveis de fontes antioxidantes (farinhas de amora, de morango e de semente de uva). O ensaio experimental durou oito semanas. Durante o experimento, 360 galinhas em 9 granjas foram alimentadas com as dietas. Ao final desse período, os ovos dos tratamentos foram liofilizados, os ácidos graxos mensurados por cromatografia gasosa e a capacidade antioxidante, pelos métodos ABTS e DPPH. Os ovos de galinhas alimentadas com as dietas 7 e 8, compostas de farelo de algas e grainha de uva, apresentaram maior teor de ácido docosaenoico (DHA), 3,43 e 3,46 / 100 g, respectivamente. Por sua vez, os ovos postos por galinhas alimentadas com a dieta 5, composta por farinha de salmão, mexilhão, amora e morango, apresentaram a maior capacidade antioxidante.

Palavras-chave: *antioxidantes; ração para aves; bioativos; ovos azuis.*

Introducción

Durante la última década ha existido un aumento en el interés de los consumidores en búsqueda de mejorar su calidad de vida a través de una alimentación saludable, por lo que el concepto de nutrición está encaminado no solamente a cubrir las necesidades nutricionales, sino también a la prevención y tratamiento de enfermedades, lo que ha conducido al diseño de alimentos enriquecidos con nutrientes específicos para tal fin ⁽¹¹⁾.

El huevo es un alimento muy valioso desde el punto de vista nutricional, ya que contiene casi todos los nutrientes esenciales para el hombre. Además, puede considerarse como un alimento funcional debido a los numerosos compuestos bioactivos con los que cuenta, con importantes efectos beneficiosos para la salud ⁽⁴⁾. Actualmente, se han llevado a cabo diversas investigaciones ^(5, 6, 10, 15, 22, 40) con el objetivo de aumentar sus propiedades nutritivas, modificando la dieta de las gallinas por medio del uso de componentes que aporten un alto valor nutritivo como el omega 3, antioxidantes y otros componentes.

En este sentido, se resalta el potencial que tiene el huevo debido a la eficiencia de las gallinas ponedoras para depositar nutrientes mediante la modificación de su dieta ⁽²⁴⁾, donde se ha logrado producir huevos significativamente más altos en ácidos grasos insaturados del tipo omega 3, reduciendo la cantidad de ácidos grasos saturados, eliminando el uso de grasa o productos de origen animal e incluyendo semilla de linaza, aceite de pescado y/o algas marinas ⁽¹⁴⁾. También se han podido producir huevos enriquecidos con antioxidantes, como vitamina E, selenio y pigmentos carotenoides, que además de comercializarse como anti-envejecimiento para humanos, van a mantener su frescura y color por más tiempo ⁽⁴¹⁾.

La disponibilidad de materias primas en Chile, permite la modificación de la dieta de las gallinas, por una parte, mediante el uso principalmente de algas y microalgas, que, además de aportar macro y micronutrientes, algunas de ellas son una fuente muy apropiada de AGPICL omega-3, principalmente Ácido docosahexaenoico DHA, en la forma de triglicéridos y de fosfolípidos de alta biodisponibilidad, en forma limpia, eficiente y renovable ⁽³⁸⁾, y por otra parte, mediante el uso de bayas cultivadas en la región de los Lagos como la frutilla (*Fragaria x ananassa*), uva (*Vitis vinifera L.*) y mora (*Rubus glaucus L.*) cuyo nivel de actividad antioxidante promedio es de 6903, 8284 y 9043 mmol ET/100 g pf respectivamente, representando todos ellos una buena fuente de antioxidantes ⁽¹⁷⁾.

En los últimos años el uso de bayas autóctonas se ha incrementado, la presencia de niveles elevados de compuestos bioactivos se ha demostrado y, en consecuencia, compuestos que proporcionan efectos beneficiosos para la salud humana, por lo que las bayas chilenas se han estudiado como fuentes de alimentos funcionales ⁽²⁶⁾. En la actualidad, el empleo de productos naturales en la dieta de gallinas ponedoras que puedan mejorar no solo la calidad de huevo, sino también la salud y el desempeño productivo de estos animales es de suma importancia tanto para efectos económicos como para satisfacción de los consumidores, ya que se ha demostrado que ciertos compuestos pueden depositarse o modificar la composición o características del huevo ⁽²⁰⁾.

Dentro de las bayas utilizadas para alimentación de aves de corral se encuentra el arándano (*Vaccinium myrtillus L.*), como buena fuente de compuestos fenólicos naturales, entre ellos las antocianinas ⁽³⁵⁾, esta baya fue utilizada en un estudio realizado por Untea ⁽³⁷⁾, cuyo propósito fue examinar los efectos de la inclusión dietética de hojas de arándano como fuentes de antioxidantes naturales en la dieta de las aves de corral sobre la acumulación de nutrientes con actividad antioxidante en la yema de huevo, observándose una correlación significativa entre los productos de oxidación primaria y el contenido total de polifenoles demostrando tener un

efecto inhibidor eficaz de los fitoaditivos sobre la formación de radicales peroxilo, por otro lado, un alto contenido de polifenoles en la dieta de las aves (2,5 g/kg o más) podría reducir la digestibilidad de las proteínas ileales y el aumento de peso, con una influencia negativa en la conversión alimenticia en las aves ⁽¹²⁾. Un estudio realizado por Colombino ⁽¹³⁾ concluye que los orujos de frutas podrían ser ingredientes adecuados en la nutrición avícola, incluso indica que se necesitan más estudios para comprender mejor qué dosis se recomiendan más para evitar efectos negativos en la microbiota intestinal.

Una forma de utilización de los subproductos de la industria de la fruta es como aditivos alimentarios en las raciones de aves de corral. Estos aditivos pueden tener un impacto positivo en el metabolismo y la salud de los animales y en la calidad del producto, se ha informado que la suplementación con polifenoles a 600 y 1.000 mg/kg puede contrarrestar los efectos adversos del vanadio sobre la capacidad antioxidante de las gallinas ponedoras, la calidad y la capacidad antioxidante de los huevos ⁽⁴¹⁾. Además, el uso de resveratrol en la dieta de las gallinas ponedoras ejerce efectos positivos sobre su desempeño y en las enzimas ligadas al sistema de defensa antioxidante ⁽⁴²⁾.

Un estudio realizado por Skomorucha ⁽¹⁹⁾, donde el objetivo fue evaluar el impacto del orujo seco de frambuesa, grosella negra y chokeberry negro, a 30 g por kg de alimento, en el rendimiento, la calidad del huevo, los glóbulos blancos, heterófilo, indicó que la dieta con chokeberry negro y orujo de grosella negra tenían un impacto positivo en el sistema inmunológico de las gallinas ponedoras, como lo confirman los cambios en frotis de los glóbulos blancos y por el mayor porcentaje de bazo.

Por lo anterior, este estudio tiene como objetivo evaluar los efectos de la inclusión de compuestos antioxidantes proveniente de bayas a través de la actividad antioxidante y ácidos grasos, entre ellos, omega 3 y omega 6, provenientes de algas, pescados y mariscos, materias primas autóctonas del sur de Chile sobre la composición en ácidos grasos y capacidad antioxidante de huevos puestos por gallinas criollas chilenas.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se llevó a cabo en nueve explotaciones avícolas de la pequeña agricultura familiar campesina en la comuna de Río Negro a 36 km al sur de Osorno y a 7 km de la Ruta 5. Provincia de Osorno, Región de Los Lagos, Chile. Es importante considerar que Chile está situado a lo largo de la costa occidental del cono sur de Sudamérica, entre el segmento más alto de la Cordillera de los Andes y el Océano Pacífico.

Aplicación

Los animales de investigación corresponden a gallinas criollas pertenecientes a nueve familias Huilliches del sector de Río Negro, este tipo de gallinas es bastante más pequeño y de bajo ritmo de postura ⁽²⁸⁾. La coloración del plumaje varía ampliamente. No presenta cola (anuropigídea) y el huevo azul se presenta prácticamente en todos los individuos ⁽²⁹⁾. Se estudiaron 360 gallinas criollas ponedoras de huevos azules, ubicadas en nueve gallineros, uno por cada explotación avícola, y cada uno de ellos se dividió en cuatro habitáculos, con 10 gallinas por habitáculo. Las principales variables para la construcción y división de los habitáculos fueron cumplir y sobrepasar los estándares de bienestar animal ⁽³⁴⁾ (tales como densidad animal, área de reposo y postura, área protegida por predadores, comederos y bebederos idóneos), además de contar con materiales idóneos para el clima (sur de Chile, zona con abundantes precipitaciones y viento norte). La subdivisión realizada en los gallineros tuvo una finalidad provisoria, consistente en mantener grupos separados de aves por cada invernadero para poder hacer los estudios de dietas en condiciones muy similares, una vez finalizado el estudio, esta subdivisión se mantuvo para hacer separación por dominancia de las aves y para los períodos de apareamiento con gallos de la raza. En este estudio se consideró un máximo de 10 aves en 26 m².

Dietas experimentales

Materias primas. Los insumos para formular y fabricar las dietas para la alimentación de gallinas criollas consistieron en productos de origen vegetal y marino, 100% naturales y provenientes de la región de Los Lagos, Chile. Estas materias primas fueron seleccionadas por su alta disponibilidad, calidad nutricional y precio. Como fuente proteica se consideró principalmente materias primas vegetales tales como harina de maíz, harina de avena, harina de maní, harina de lupino y harina de trigo comerciales. Por otra parte, se utilizaron harinas producidas artesanalmente por medio una estufa de convección forzada marca Binder Serie FD Classic.Line; harina de salmón, harina de chorito, harina de mora, harina de frutilla, harina de pepa de uva y

harina de microalgas comercial (DHA Natur). Adicionalmente, pre mezclas de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales (núcleo ponedora hY LINE2015 con natuphos) con el fin de cubrir los requerimientos nutricionales de las gallinas ponedoras. Igualmente, se adicionaron aditivos nutricionales tales como lisina en polvo fina, metionina y fosfato tricalcico 11% P y 14,5% Ca.

Formulación y elaboración de dietas. Las formulaciones se realizaron mediante un programa computacional basado en programación lineal (Dapp Nutrition 2.0), considerando los requerimientos nutricionales de gallinas ponedoras. Además, se consideraron las variables de proceso implicadas para fabricar estos productos tales como: mínimo porcentaje de almidón y mínimo porcentaje de humedad. Las 8 dietas experimentales fueron formuladas en base a un modelo factorial 2X3 donde se evaluaron dos niveles de inclusión (60 y 30 g/kg de dieta) de fuentes de omega 3 (harina de salmón, harina de chorito y harina de alga) y tres niveles (40, 20 y 10 g/kg de dieta) de fuentes de antioxidantes (harina de mora, de frutilla y de pepa de uva).

La elaboración del alimento de las gallinas, fue a través de la forma de “Pellet”, el cual se desarrolló en la planta piloto de extrusión del Centro de Estudios de la Universidad de Santiago de Chile (CEUS Llanquihue). Para la elaboración, se procedió a moler cada una las materias primas utilizando un molino de martillo (Metalmack, Santiago), hasta un tamaño de partícula de 800 micras. Posteriormente, las materias primas fueron pesadas de acuerdo a formulaciones de cada dieta como se puede observar en la [tabla 1](#) y mezcladas en un mezclador horizontal de paletas (Tandy, China) por 15 minutos. La dieta 9 corresponde al control es decir sin ningún tipo de compuesto bioactivo añadida y la dieta 10 corresponde a grano de maíz adquirido de manera local.

Para la fabricación del pellet de 4 mm, se utilizó una peletizadora semiindustrial (Indusus, Santiago), los pellets de alimento resultantes fueron cortados y secados en un secador convectivo (Cretors, China) de aire caliente durante 15 minutos llegando a una humedad del 7%. Finalmente, una vez enfriados, los pellets de alimentos fueron empacados en bolsas de polipropileno de 25 kg, las cuales fueron etiquetadas y almacenadas.

Consumo de pellets en gallinas. Para el estudio, se consideraron 8 dietas experimentales, un control (sin bioactivos) y una dieta compuesta por grano comercial de maíz, se dio a consumir a cada gallina 135 g de pellet por día de manera exclusiva, alimento que fue proporcionado en dos raciones diarias, en cada habitáculo de cada una de las explotaciones avícolas por un periodo de 8 semanas, en el periodo de primavera.

Tabla 1. Formulación y composición proximal de las dietas experimentales.

<i>Dieta</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	Control
<i>Ingredientes</i>	<i>% inclusión</i>								
Harina de salmón	1,5	1,5	1,5	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Harina de chorito	1,5	1,5	1,5	3,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Harina de mora	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0
Harina de frutilla	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0
Harina de alga	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0
Harina de pepa de uva	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	0,0
Carbonato de calcio	11,0	11,0	11,0	10	10,0	10,0	13,0	13,0	13,0
Expeller de maní	14,0	14,0	14,0	12,0	12,0	12,0	16,5	16,5	16,5
Grits de lupino	14,0	14,0	14,0	12,0	12,0	12,0	16,5	16,5	16,5
Harina de trigo	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Harina de maíz	29,5	28,5	26,5	32,5	31,5	29,5	20,6	22,6	26,6
Avena	11,0	11,0	11,0	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0	11,0
Lisina	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Metionina	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Fosfato	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Premix vitamínica	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Toma de muestras. Al finalizar el periodo experimental, desde cada uno de los habitáculos se realizó un muestreo según la Norma Chilena para muestreo ⁽³⁰⁾, se tomaron aleatoriamente tres huevos para el análisis de ácidos grasos y capacidad antioxidante, se realizó una mezcla de huevos según diseño experimental, estos huevos son pesados con y sin cascara, homogenizados en agitador magnético de placa (Dragonlab, Santiago) congelados a -21°C en refrigerador (Mademsa, Santiago) y liofilizados (liofilizador vertical Operon, Corea), una vez liofilizados se almacenan para su posterior análisis.

Análisis de composición química

Para la totalidad de huevos muestreados se medirán los parámetros de ácidos grasos, entre ellos, omega 3 y omega 6, provenientes de algas, pescados y mariscos y capacidad antioxidante de bayas, entre ellas mora, frutilla y uva, todas materias primas autóctonas del sur de Chile.

Ácidos grasos. Se utilizó la metodología señalada por el por el Instituto de Salud Pública de Chile Subdepartamento Laboratorios del Ambiente e ISO 15304 perfil de ácidos grasos en g/100 g de muestra: “*Animal and vegetable fats and oils – Determination of the content of trans fatty acid isomers of vegetable fats and oils – Gas chromatographic method*”.

Capacidad antioxidante. Previamente al análisis de actividad antioxidante, fue necesario realizar un proceso de extracción de estos compuestos activos de las matrices alimentarias. Con el objetivo de obtener la mayor cantidad de compuestos activos durante la extracción, se optimizó este proceso a partir del uso de tres mezclas de disolventes de extracción: agua, etanol y una mezcla agua:etanol (1:1). El tratamiento de extracción se efectuó a 40 °C durante 2 horas con agitación constante. Los extractos obtenidos se guardan en refrigeración para su posterior análisis.

La Actividad Antioxidante (AA) de las materias primas y de los huevos fueron medidas a partir de los métodos DPPH y TEAC, que miden la capacidad secuestradora de los radicales libres 2,2-fenil-1-picrilhidrazil (DPPH) y el radical catión 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato) (ABTS), respectivamente. Se siguieron los métodos descritos por Okada ⁽³¹⁾ y modificados por López de Dicastillo ⁽²⁵⁾. Los métodos se basan en la decoloración de los radicales libres DPPH y ABTS, seguida por monitoreo espectroscópico de la disminución de la absorbancia a una longitud de onda característica durante la reacción. En su forma radical, DPPH· absorbe a 517 nm y ABTS·+ a 734 nm, pero tras la reducción por especies antioxidantes, la absorción desaparece. Ambas soluciones radicales fueron obtenidas de la siguiente forma:

(i) Disolución etanólica 2 mM de radical DPPH y dilución hasta obtener una disolución con valor de absorbancia de 1 a 517 nm); (ii) los cationes de radical ABTS fueron producidos por reacción de ABTS 7 mM en agua con persulfato de potasio 2,45 mM y almacenada en oscuridad a temperatura ambiente durante 16 h. La solución de radical ABTS fue diluida para obtener un valor de absorbancia de 1 a 734 nm. Todos los análisis se llevaron a cabo en triplicado. La actividad antioxidante fue calculada como porcentaje de inhibición de los radicales (%I):

$$I (\%) = (A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}) / A_{\text{control}} \times 100$$

Con el fin de estandarizar los resultados, las actividades inhibición de los radicales DPPH y ABTS fueron expresados como equivalentes en Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), que es un análogo de la vitamina E.

A partir de una curva de calibrado se expresaron los resultados como gramo de ácido gálico por gramo de producto y como gramo de Trolox por gramo de producto para los ensayos de actividad antioxidante.

Análisis estadístico. Se comprobó la normalidad de los datos utilizando el test de normalidad Kolmogorov-Smirnov. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza usando Statgrphics® Centurion, V.18 Academic Perpetual License (PO 30688).

Resultados

Previo a la realización de los análisis químicos (capacidad antioxidante y ácidos grasos) se realizó una evaluación del peso tanto de la cascara como del huevo mediante el test de normalidad Kolmogorov-Smirnov, se obtuvo que tanto la cascara de huevo como el peso del huevo provienen de una distribución normal, con valores de p-valor de 0,76 y 0,34, respectivamente. Dado que los p-valor resultaron ser mayor a 0,05, no se puede rechazar la hipótesis que los datos provienen de una distribución normal con un 95% de confianza.

En la [figura 1](#) se muestran los resultados obtenidos del efecto de la dieta en el peso de los huevos recopilados de todos los habitáculos.

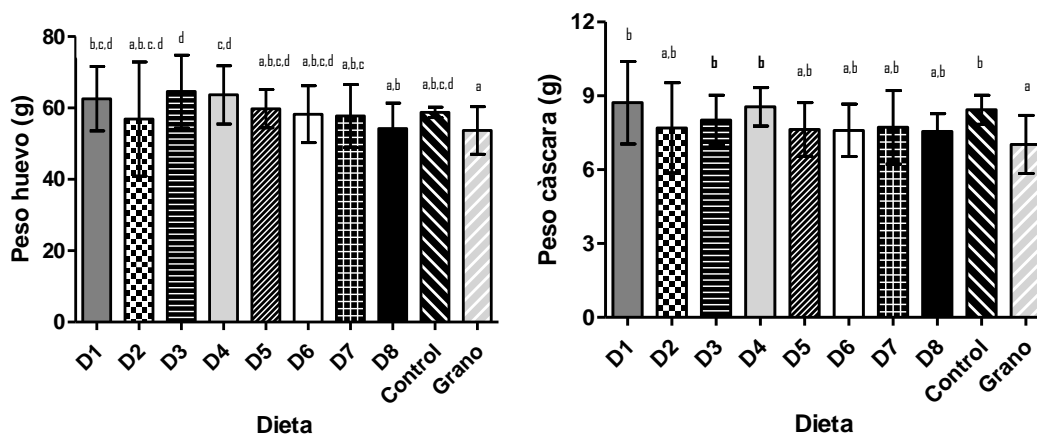


Figura 1. Efecto de la dieta en el peso de los huevos recopilados de todos los habitáculos.

Acorde a los resultados se observa que la dieta presentó un efecto significativo en la media del peso de los huevos y peso de las cáscaras (p -valor=0.031 y 0,039; F ratio=2,20 y 2,11), respectivamente. En cuanto al peso de los huevos los valores más altos fueron obtenidos con la dieta de 1 a la 6 donde no hubo diferencias significativas respecto al control, no así al compararlo con la dieta de grano. Mientras que las dietas 7,8 compuestas por harina de alga y de pepa de uva, y la dieta grano fueron aquellas con los valores más bajos de peso de los huevos. Respecto al peso de la cascara, las dietas 1-8 no presentaron diferencias significativas respecto al control, no así al compararlo con la dieta grano, donde las dietas 1,3,4, presentaron valores de peso estadísticamente más altos en comparación con la dieta grano.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los perfiles de ácidos grasos en función de las dietas administradas, en donde se demostró que las dietas 1 y grano fueron aquellas que influyeron directamente en que los huevos presentaran altos niveles de ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans, mientras que la dieta 3 y 6 están directamente relacionadas con los huevos con alto contenido ácidos grasos insaturados y omega 3. Así también se observó que la dieta 7 fue aquella indujo a los valores más altos de omega 6 y poliinsaturados, y resultan ser indirectamente proporcional respecto al contenido de AG. monoinsaturados, tal como se puede corroborar en la [figura 2](#), en donde se muestra que la variabilidad de los datos fue descompuesta en dos factores principales explicando un total del 72,72% de la variabilidad, con un 48,48 y 24,24% el componente principal 1 y 2, respectivamente, estos resultados fueron obtenidos mediante biplot a partir de los resultados de la caracterización de los huevos liofilizados de los distintitos habitáculos de gallinas alimentadas con diferentes dietas.

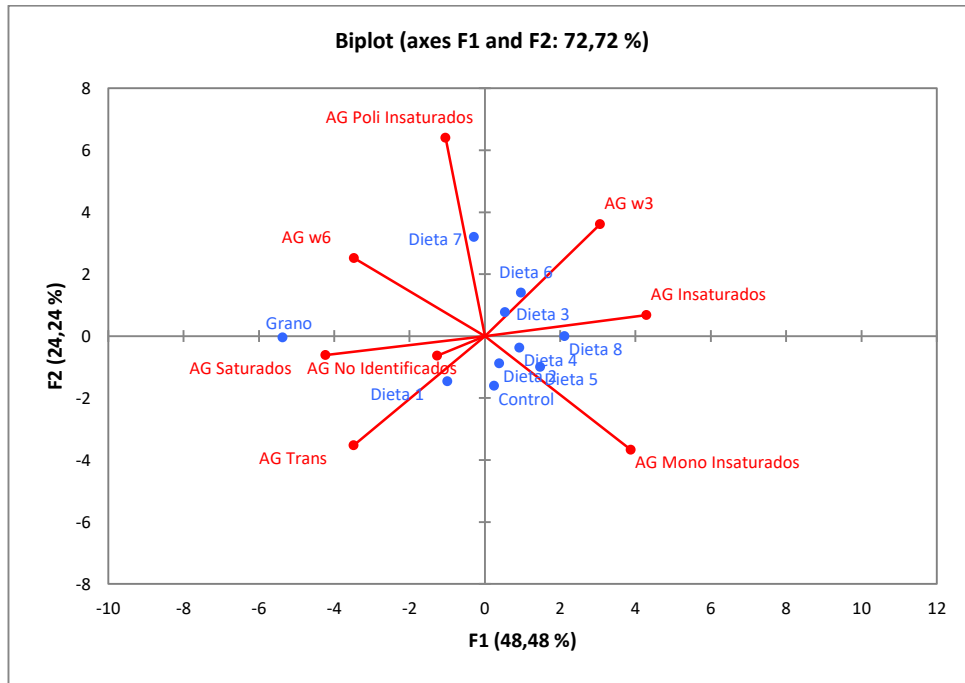


Figura 2. Caracterización de los huevos de los distintos hábitculos de gallinas alimentadas con diferentes dietas.

Finalmente, en cuanto a actividad antioxidante, los resultados obtenidos se pueden evidenciar en la tabla 2, en donde se pudo corroborar que existen diferencias significativas en la media de actividad antioxidante respecto a las dietas suministradas (p-valor =0,00; Fratio=335,2), con valores que van desde 0,56 hasta 2,13 para la dieta 5 y 1, respectivamente.

Tabla 2. Resultados de capacidad antioxidante en dietas experimentales, control y grano.

<i>Muestra</i>	<i>mg Trolox/ g huevo</i>
Control	1,48 ± 0,05 ^c
Grano	0,96 ± 0,07 ^b
Dieta 1	0,56 ± 0,02 ^a
Dieta 2	1,47 ± 0,02 ^c
Dieta 3	1,91 ± 0,06 ^e
Dieta 4	1,92 ± 0,01 ^e
Dieta 5	2,13 ± 0,09 ^f
Dieta 6	1,63 ± 0,09 ^d
Dieta 7	1,90 ± 0,04 ^e
Dieta 8	1,65 ± 0,06 ^d

Al comparar las diferentes dietas, de la 3-8 resultaron ser estadísticamente mayores en comparación con el control a diferencia de la dieta 1 que mostró resultados menores, mientras que no hubo diferencias significativas entre la dieta 2 y el control. En cuanto a la comparación con la dieta de grano, se observó que suministrando prácticamente todas las dietas (de la 2 a la 8) los huevos incrementaron su nivel de actividad antioxidante significativamente, excepto la dieta 1 que los resultados fueron menores.

Cabe resaltar que los resultados del test de normalidad Kolmogorov-Smirnov mostraron que los datos de actividad antioxidante determinados en los huevos provienen de una distribución normal, con valores de p-valor de 0,18. Producto que los p-valor son mayor a 0,05, no se puede rechazar la hipótesis que los datos provienen de una distribución normal con un 95% de confianza.

Discusión

Lo resultados obtenidos evidencian que existe una diferencia significativa entre las medias de las muestras experimentales al compararlas con la muestra control y grano en cuanto al contenido de ácidos grasos saturados. Se observa claramente que en la muestra grano se obtuvo un contenido superior de ácidos grasos saturados (34,84 g/100 g) siendo la dieta 3 la que obtuvo el contenido más bajo (31,2 g/100 g), lo que significa una disminución de ácidos grasos saturados en un 7,55%, esta reducción se debe principalmente a los porcentajes de inclusión de materias primas como harinas a base de bayas.

En los resultados obtenidos, se observa una clara tendencia en el aumento del contenido de omega 3 en las dietas 7 y 8, en las cuales se les adicionó harina de algas y harina de pepa de uva, la harina de algas en alimentación de aves, aumenta los niveles de pigmentación de la yema del huevo, este aumento de pigmentación se observó en casi en la totalidad de los huevos analizados, las fotografías no se muestran en este estudio y los niveles de ácidos grasos insaturados, especialmente el docohexaenoico ⁽²⁷⁾. Estudios realizados por Carrillo ⁽⁹⁾ y Rizzi ⁽³²⁾ reportan que el uso de algas y microalgas marinas han logrado un doble beneficio, el aumento de los PUFA n-3 y la acumulación de carotenoides en la yema de los huevos, lo cual hace al producto atractivo para el consumo y le brinda mayor estabilidad oxidativa. Otro estudio ⁽³⁹⁾, demostró que la harina de algas puede incorporarse hasta 10 % en la ración de las gallinas, sin afectar las variables de producción, la calidad y el sabor del huevo.

Otros estudios corroboran el aumento del contenido de omega 3 en huevos, gracias a la suplementación de las dietas de las gallinas con semilla de linaza ^(1, 27), semilla de girasol ⁽¹⁾ y con fuente lipídica de omega 3 ^(3, 8, 16) y omega 6, directamente ^(3, 16) y ácido linoleico ⁽¹⁶⁾, todos con resultados positivos.

Las dietas 7 y 8 presentaron el mayor contenido de DHA (3,43 y 3,46/100 g, respectivamente), a las cuales en la formulación se les adiciono harina de alga, para ambas dietas un 2% de la mezcla total. Bruneel,⁷ informo un mayor contenido de DHA en las yemas de huevo de las gallinas alimentadas con una dieta que contenía algas (*Nannochloropsis gaditana*) y sugirieron que esta alga puede ser utilizada como una alternativa a las fuentes actuales de PUFA n-3 para la producción de DHA en Huevos enriquecidos. Un similar efecto fue visto en yemas de huevo, cuya dieta fue enriquecida con DHA a través de la suplementación dietética con microalgas marinas *Schizochytrium limacinum*⁽³²⁾ Los ácidos grasos poliinsaturados eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) son ampliamente conocidos por sus efectos beneficiosos para la salud humana. EPA y DHA son aportados al organismo principalmente por la dieta, DHA se le asocia con el desarrollo y función del sistema nervioso y visual y con efectos prometedores sobre la función cognitiva en pacientes con enfermedades neurodegenerativas ⁽³⁶⁾.

Por otro lado, los resultados obtenidos en relación a la capacidad antioxidante demuestran que, en 6 de las 8 dietas experimentales evaluadas, la capacidad antioxidante fue superior a la muestra control, destacando la dieta 5 se observó un incremento de un 43,92% al compararla con la dieta control.

La capacidad antioxidante de las muestras de huevos es un reflejo de las dietas consumidas por las gallinas. La mayor capacidad antioxidante se apreció en los huevos provenientes de las gallinas alimentadas con la dieta 5 y la menor en los huevos provenientes de la dieta 1, en la tabla 2 se aprecia que las dietas experimentales presentaron mayor capacidad antioxidante que dieta grano y control, excepto dieta 1 y 2. En la literatura se encuentra el uso de otro tipo de antioxidantes como la Vitamina E ^(18, 21), extracto de romero ⁽²¹⁾ y luteína ⁽³³⁾, entre otros, todos con capacidad antioxidante comprobada; no se encontraron trabajos que demuestren el uso de bayas o berries en la alimentación animal como fuente antioxidante, sin embargo es conocido el uso de carotenoides provenientes de la industria agroalimentaria para elaborar premezclas que reemplacen el uso de colorantes artificiales principalmente en los concentrados para alimentar gallina ponedoras, ⁽²⁾ valor que también es conferido por la mora por ejemplo, aunque la misma no se considere un residuo vegetal.

Conclusiones

Se demostró que la modificación de la dieta mediante la inclusión de compuestos bioactivos como la harina de alga y harina de bayas, promueve un cambio estadísticamente significativo en la composición de ácidos grasos y capacidad antioxidante de los huevos azules de gallinas criollas Huilliche, determinándose concretamente que las dosis utilizadas son suficientes para producir cambios importantes a corto plazo, sirviendo de referencia para futuros trabajos.

Esta dieta confiere cambios favorables en cuanto a la capacidad de modificar positivamente la calidad nutricional de huevo, conservando un equilibrio en los ácidos grasos saturados e insaturados y ayudando a la disminución de la peroxidación lipídica en la yema del huevo azul, gracias a las propiedades antioxidantes que posee, para de esta manera conservarse por mucho más tiempo lo cual es beneficioso para el consumidor.

Conflictos de interés

No existe conflicto de intereses con respecto a la publicación.

Agradecimientos

Este estudio fue realizado por CEUS Llanquihue de Universidad de Santiago de Chile, como parte del proyecto financiado por FIA PYT 2016-0559 “Mejoramiento sustentable de las características nutricionales inmuno-moduladoras del huevo azul, producido por comunidades indígenas locales, mediante el uso de subproductos generados por actividades industriales de la Región de Los Lagos”. Agradecemos a la comunidad Huilliche, quienes con su disposición y entusiasmo hicieron posible este proyecto y a la Ilustre Municipalidad de Rio negro por su colaboración en la realización de este estudio.

Referencias

1. Aguillon Y. Efecto De Ácidos Grasos Poliinsaturados omega 3 Y omega 6 Sobre Parámetros Productivos Y de Calidad De Huevo En Gallina Ponedora. 2016 [Internet]. [Facultad de ciencias agropecuarias]: Universidad de Cundinamarca; 2016 [cited 2020 Spring 3]. Available from: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/424/EFECTO%20DE%20%C3%81CIDOS%20GRASOS%20POLIINSATURADOS%20OMEGA%203%20Y%20OMEGA%206%20SOBRE%20PAR%20%C3%81METROS.pdf?sequence=1>

2. Alzate L, Jimenez C, Londoño J. 1. Use of agricultural industry waste to improve the sensory and nutritional quality of poultry products. Rev P+L. 2011; 6 (1): 108–27. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v6n1/v6n1a10.pdf>
3. Antruejo A. Obtención de huevos de gallinas para consumo de calidad diferenciada, incrementando la proporción de ácidos grasos omega-3 y reduciendo el contenido de colesterol [Internet]. [Facultad de ciencias veterinarias]: Universidad Nacional de Rosario; 2010 [cited 2020 Dec 7]. Available from: <http://rehip.unr.edu.ar/handle/2133/11251>
4. Aparicio A, Salas M, Cuadrado E, Ortega R, López A. El huevo como fuente de antioxidantes y componentes protectores frente a procesos crónicos. Nutr Hosp [Internet]. 2018; 35 (6): 36–40. Available from: <https://dx.doi.org/10.20960/nh.2285>
5. Bernal M, Mendonça-Junior C, Mancini-Filho J. 5. Estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados omega 3, frente a antioxidantes naturales. Rev Bras Ciênc Farm [Internet]. 2003; 39: 425–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-93322003000400010>
6. Betancourt L DG. Enriquecimiento de huevos con ácidos grasos omega-3 mediante la suplementación con semilla de lino (*Linum usitatissimum*) en la dieta. Rev MVZ Córdoba [Internet]. 2009; 14 (1): 1602–10. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/693/69311643009.pdf>
7. Bruneel C, Lemahieu C, Fraeye I, Ryckebosch E, Muylaert K, Buyse, J, et al. Impact of microalgal feed supplementation on omega-3 fatty acid enrichment of hen eggs. J Funct Foods [Internet]. 2013; 5 (2): 897–904. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.039>
8. P. C. Efecto de los ácidos grasos omega 3 (n-3) incorporados a las dietas de gallinas sobre la composición del huevo [Internet]. [Facultad de ciencias veterinarias]: Universidad Nacional de la Plata; 2018. Available from: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73588/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9. Carrillo S, López E, Casas M, Avila E, Castillo R, Carranco M, et al. Potential use of seaweeds in the laying hen ration to improve the quality of n-3 fatty acid enriched eggs. J Appl Phycol [Internet]. 2008; 20: 721–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9619-8_34

10. Castro LK, Zegarra JA. Enriquecimiento de la carne de pollo con ácidos grasos omega-3 mediante la suplementación de las dietas con semilla de lino (*Linum usitatissimum*) y su conservación en envasado al vacío [Internet]. [Facultad de Química e Ingeniería Química]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2020. Available from: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15685>
11. Céspedes C. Producción de huevos enriquecidos con selenio en el centro de investigación y capacitación San Miguel [Internet]. [Facultad de ciencias agropecuarias]: Universidad de la Salle; 2014. Available from: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/220/>
12. Chamorro S, Viveros A, Centeno C, Romero C, Arija I, Brenes A. Effects of dietary grape seed extract on growth performance, amino acid digestibility and plasma lipids and mineral content in broiler chicks. *Animal* [Internet]. 2013; 7: 555–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731112001851>
13. Colombino, E., Ferrocino, I., Biasato, I. et al. Dried fruit pomace inclusion in poultry diet: growth performance, intestinal morphology and physiology. *J Animal Sci Biotechnol* [Internet]. 2020; 11, 63 (2020): Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40104-020-00464-z>
14. Cornejo S, Hidalgo H, Araya J, Pokniak, J. Suplementación de dietas de gallinas de postura comercial con aceites de pescado de diferentes grados de refinación: Efectos productivos en las aves y en la calidad organoléptica de los huevos. *Arch Med Vet* [Internet]. 2008; 40 (1): 45–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100006>
15. CGNA. CGNA genera huevo alto en omega 3 gracias a innovadora dieta para aves ponedoras [Internet]. Conicyt. 2016 [cited 2020 Feb 7]. Available from: <https://www.conicyt.cl/regional/2016/08/25/cgna-genera-huevo-alto-en-omega-3-gracias-a-innovadora-dieta-para-aves-ponedoras/>
16. De Blas C, Álvarez C, Cachaldora P, García P, Méndez J. Calidad sensorial de huevos y carne de aves enriquecidos en ácidos grasos omega-3 y ácido linoleico conjugado. XXI Curso de especialización FEDNA. In: XXI CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN [Internet]. 2005. p. 14–34. Available from: https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/24_05_13_CAP_II.pdf

17. Dirección de asistencia técnica del INTA. Base de datos de actividad antioxidante (ORAC) [Internet]. DINTA. [cited 2021 Apr 8]. Available from: <http://www.dinta.cl/servicios/analisis-de-alimentos/antioxidantes/>
18. Durán E. Evaluación del efecto antioxidante del aceite esencial de orégano *Lippia origanoides* Kunth sobre la estabilidad de lípidos y proteínas de la yema de huevo [Internet]. [Departamento de Química]: Universidad Nacional de Colombia; 2015 [cited 2020 agosto 8]. Available from: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56163>
19. Ewa Sosnowka-Czajka IS. Effect of supplementation with dried fruit pomace on the performance, egg quality, white blood cells, and lymphatic organs in laying hens. *Poultry Science* [Internet]. 2021;100(9). Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.psj.2021.101278>
20. Flores M. Uso de las antocianinas en la alimentación de gallinas de postura [Internet]. [Facultad de ciencias veterinarias y biológicas]: Universidad Científica del sur; 2020. Available from: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1309/TB-Flores%20M.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
21. Galobart J, Barroeta A, Baucells M, Pérez J, Codony R. Antioxidantes naturales en huevo: extracto de romero vs. A-tocoferol. *ITEA* [Internet]. 1999;20(2). Available from: https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/1999/comunicaciones/1999_NyA_11.pdf
22. Golfetto S, Golfetto I, Miskiewicz A, Golfetto I, Golfetto A, García N, et al. Suplemento de la dieta de gallinas ponedoras con ácidos grasos de la serie omega 3 (n-3) y su incorporación en los fosfolípidos de la yema de huevo. *Tribuna del Investigador* [Internet]. 2016;17(1). Available from: <http://www.tribunadelinvestigador.com/ediciones/2016/1/art-26/>
23. Herber SM, Van-Elswyk ME. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poult. Poult Sci* [Internet]. 1996;7(12): 1501–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0751501>
24. Leeson S, Summers J. *Nutrición Aviar Comercial*. Bogotá: Le' Print Club Express Ltda. Universidad Nacional de Colombia; 2000.

25. Lopez de Dicastillo C, Castro-Lopez M, Lasagabaster A, Lopez-Viariño J, Gonzalez-Rodriguez M. Interaction and release of catechin from anhydride maleic-grafted polypropylene films. *ACS Appl Mater Interfaces* [Internet]. 2013; 5 (8): 3281–Available from: <http://dx.doi.org/10.1021/am4003364>
26. López J, Bustos R, Flórez-Méndez J. Native berries of Chile: a comprehensive review on nutritional aspects, functional properties, and potential health benefits. *J Food Meas Charact* [Internet]. 2020; 15: 139–1160 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00699-41-22>.
27. Mancini Filho J, Gómez M. 27. Huevos enriquecidos como fuente de ácidos grasos poliinsaturados omega 3. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos* [Internet]. 2003; 349: 105–9. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=758760>
28. Mengesha M, Tsega W. Phenotypic and genotypic characteristics of indigenous chickens in Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research* [Internet]. 2011; 6 (24): Available from: https://www.researchgate.net/publication/266353899_Phenotypic_and_genotypic_characteristics_of_indigenous_chickens_in_Ethiopia_A_review
29. Moya R, Montero A, Letelier E. 29. Mejoramiento Genético Participativo, Gallina Mapuche [Internet]. *Cetsur*. 2009 [cited 2020 Spring 3]. Available from: <http://www.cetsur.org/wp-content/uploads/libro-genetica.pdf>
30. Norma Chilena. NCh1479:1979. Instituto nacional de normalización. Chile Productos alimenticios a granel - Métodos y procedimientos de muestreo.
31. Okada Y, Okada M. Scavenging effect of water soluble proteins in broad beans on free radicals and active oxygen species. *J Agric Food Chem* [Internet]. 1998; 46: 401–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1021/jf970470l>
32. Rizzi L, Bochicchio D, Bargellini A, Parazza P, Simioli M. Effects of dietary microalgae, other lipid sources, inorganic selenium and iodine on yolk n-3 fatty acid composition, selenium content and quality of eggs in laying hens. *J Sci Food Agric* [Internet]. 2009; 89: 1775–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.3655>

33. Romero L. Efectos de la inclusión de luteína en un sistema de alimentación de gallinas ponedoras de huevo marrón [Internet]. [Facultad de ciencias agropecuarias]: Universidad de la Salle; 2015 [cited 2020 8]. Available from: https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_agrociencias/6/
34. SAG. Guía de Buenas Prácticas sobre Bienestar Animal en los diferentes Sistemas de Producción de Huevos. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero; 2018.
35. Ștefănescu BE, Szabo K, Mocan A, Crișan G. Phenolic Compounds from Five Ericaceae Species Leaves and Their Related Bioavailability and Health Benefits. *Molecules*. *J Molecules* [Internet]. 2019; 24 (11). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6600139>
36. Swanson D, Block R, Mousa S. omega-3 Fatty Acids EPA and DHA: Health Benefits Throughout Life. *Adv Nutr* [Internet]. 2012; 3: 1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.3945/an.111.000893>
37. Untea, Arabela & Varzaru, Iulia & Tatiana, Panaite & Gavriss, Teodor & Lupu, & Mariana, Ropota. The Effects of Dietary Inclusion of Bilberry and Walnut Leaves in Laying Hens' Diets on the Antioxidant Properties of Eggs. *Animals* [Internet]. 2020;10(2):191. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7070516>
38. Valenzuela A, Sanhueza J, Valenzuela R. Las microalgas: Una fuente renovable para la obtención de ácidos grasos omega-3 de cadena larga para la nutrición humana y animal. *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2015; 42 (3): 306–10. Available from: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n3/art13.pdf>
39. Viteri E. Huevos enriquecidos con omega 3 [Internet]. [Facultad de Ciencias Médicas]: Universidad FASTA; 2013 [cited 2020 jul 7]. Available from: http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/86/2013_n_307_L.pdf?sequence=1
40. Zaviezo D. Como mejorar la calidad de huevo. In XXII Congreso Centroamericano y del Caribe de Avicultura [Internet]. El sitio avícola. 2013 [cited 2020 mayo 5]. Available from: <https://www.elsitioavicola.com/articles/2258/como-mejorar-la-calidad-de-huevo/>

41. Z.H. Yuan, K.Y. Zhang, X.M. Ding, Y.H. Luo, S.P. Bai, Q.F. Zeng, J.P. Wang. Effect of tea polyphenols on production performance, egg quality, and hepatic antioxidant status of laying hens in vanadium-containing diets. *Poultry Science* [Internet]. 2016; 95 (7, 016): 1709–17. Available from: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew097>.
42. Z. H. Feng, J. G. Gong, G. X. Zhao, X. Lin, Y. C. Liu & K. W. Ma. Effects of dietary supplementation of resveratrol on performance, egg quality, yolk cholesterol and antioxidant enzyme activity of laying hens. *British Poultry Science* [Internet]. 2017; 58 (5): 544–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28817948/>