



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y
BIOLÓGICAS
CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

“USO DE LAS ANTOCIANINAS EN LA ALIMENTACIÓN DE
GALLINAS DE POSTURA”

Trabajo de investigación para optar el Grado de Bachiller en
Medicina Veterinaria y Zootecnia

Presentado por:

Milagros Nikole Flores Nizama (0000-0002-0483-0832)

Asesor:

Connie Gallardo Vela (0000-0002-8070-8767)

Lima – Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Lima, 12 de setiembre de 2020.

Los integrantes del Jurado de trabajo de investigación:

Presidente: Mg. CARLOS ALBERTO CABALLERO MONTAÑEZ
Miembro: Mg. LISANIA MELISA FERNANDEZ CURI
Miembro: M.V. ROSARIO TERESA RAMIREZ MARINA

Se reúnen para evaluar el trabajo de investigación titulado:

“USO DE LAS ANTOCIANINAS EN LA ALIMENTACIÓN DE GALLINAS DE POSTURA”

Presentada por:

MILAGROS NIKOLE FLORES NIZAMA

Para optar el **Grado Académico de Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia.**

Asesorada por: **Dra. CONNIE GALLARDO VELA**

Luego de haber evaluado el informe final del trabajo de investigación y evaluado su desempeño en la carrera de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** durante la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple (---) calificar a:

MILAGROS NIKOLE FLORES NIZAMA			Nota (en letras): Diecinueve
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente (x)	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

**Mg. CARLOS ALBERTO
CABALLERO MONTAÑEZ**
Presidente

Dra. CONNIE GALLARDO VELA
Asesora

**Mg. LISANIA MELISA FERNANDEZ
CURI**
Miembro 1

**M.V. ROSARIO TERESA RAMIREZ
MARINA**
Miembro 2

a) ÍNDICE GENERAL

1. Resumen	3
2. Introducción	5
3. Revisión de literatura	7
3.1 Antocianinas	7
3.1.1 Estructura de las antocianinas	8
3.1.2 Absorción y excreción de las antocianinas	10
3.1.2 Factores que influyen en la estabilidad de las antocianinas	11
3.1.3 Propiedades funcionales de las antocianinas	13
3.1.4 Fuentes de antocianinas	17
3.2 Antocianinas en la alimentación animal	19
3.3 Efectos de las antocianinas en la alimentación de gallinas de postura	21
3.3.1 Efecto de las antocianinas sobre los índices productivos	21
3.3.2 Efecto de las antocianinas sobre la calidad interna de huevo	21
3.3.3 Efecto de las antocianinas sobre los parámetros sanguíneos	24
4. Conclusiones	26
5. Bibliografía	27

b) ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Estructuras y modelos de sustitución de antocianinas que ocurren naturalmente	8
Cuadro 2: Principales clases y fuentes de flavonoides.....	16
Cuadro 3: Principales antocianinas encontradas en fuentes vegetales.....	17

c) ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura química de las antocianinas	6
--------------------------------------------------------	---

1. RESUMEN

Los flavonoides son compuestos fenólicos provenientes del metabolismo de las plantas, los cuales cumplen diversas funciones que van desde pigmentación hasta filtración de la luz. Las antocianinas son los principales representantes de los flavonoides, siendo las más abundantes en la naturaleza. Los diferentes tipos de antocianinas se generan mediante la glicosilación de los diferentes enlaces que conforman la estructura, los cuales, dependiendo también del pH del medio, varían desde un color rosado hasta un púrpura-azulino.

En distintos estudios, tanto *in vitro* e *in vivo*, se ha comprobado las diferentes propiedades beneficiosas para la salud. Han sido descritas cualidades antimutagénicas, vasoprotectoras, de antiangiogénesis, reguladoras de presión sanguínea, reductoras de colesterol, antioxidantes, antiinflamatorias, entre otras, siendo las tres últimas las más reportadas en el rubro de la mejora mediante el uso de alimentos con antocianinas en gallinas ponedoras.

En cuanto a los parámetros productivos en gallinas de postura, estos se han visto significativamente mejorados, resaltando el porcentaje de postura y masa de huevo. Respecto a la calidad de huevo, las mejoras se vieron en la calidad interna de este, disminuyendo la cantidad de colesterol, la lipoperoxidación lipídica, regulando el nivel de ácidos grasos, incremento del índice de albúmina y un aumento de la coloración de la yema. Las mejoras en la salud del animal reflejadas en los parámetros sanguíneos de las aves se dieron mediante la disminución de la cantidad de colesterol total, aumento de lipoproteínas de alta densidad y disminución de lipoproteínas de baja densidad,

disminución de glucosa, triglicéridos, conteo total de glóbulos blancos y el aumento de los sistemas enzimáticos antioxidantes.

2. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, la producción nacional de huevo en el año 2019 fue de 454400 toneladas (Minagri, 2019) teniendo un crecimiento anual aproximado de 14.7 % y el consumo de este aumentó aproximadamente en un 19% en los últimos 5 años, siendo el consumo per cápita el año pasado de 236 unidades, ubicándonos dentro de los 10 países latinoamericanos con mayor consumo de este producto (Asociación Peruana de Avicultura, 2019).

Este aumento en cuanto a la producción se ha dado posiblemente a que, de todos los productos dados por el sector avícola, el huevo resalta como fuente de energía, proteína y factores auxiliares como vitaminas, carotenoides, minerales y ciertos ácidos grasos, siendo un alimento económico y casi perfecto ante la población (López-Sobaler & Aparicio, 2014). Para su evaluación de calidad siempre es importante ver las cualidades tanto externas (factores involucrados en su peso y cáscara) así como internas (cantidad de colesterol, color de yema, entre otros) (Arango, 2013), por lo que 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.

Así, existen diversas plantas que dentro de su estructura poseen antocianinas, las cuales se encuentran pigmentando tanto a estas como a los frutos o semillas que presentan una tonalidad oscura, caracterizándose por tener diferentes funciones que resultan benéficas para el organismo (Muñoz & Ramos, 2007). Estas se encuentran en diferentes especies de nuestro continente, siendo en nuestro país el maíz morado y el camote grandes

representantes por su amplia cantidad de antocianinas, teniendo buenos resultados tanto en experimento *in vitro* como *in vivo* (Bakari, 2019; Lao, Sirgudson & Giusti, 2017).

Por ello, la presente recopilación tiene como objetivo informar acerca de las antocianinas, sus funciones y las diferentes fuentes de estas que han sido evaluadas en gallinas ponedoras, viendo cómo es que mejoró la salud de estos animales, sus índices productivos o la calidad interna de huevo mediante su implementación en la dieta.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Antocianinas

Las antocianinas son conocidas como los principales compuestos pigmentantes en la naturaleza pertenecientes a la familia de los flavonoides, siendo estos últimos compuestos orgánicos no energéticos del grupo de los fenoles y son abundantemente encontrados en el reino vegetal como metabolitos secundarios de las plantas (Martínez-Flores, González-Gallego, Culebras & Tuñón, 2002).

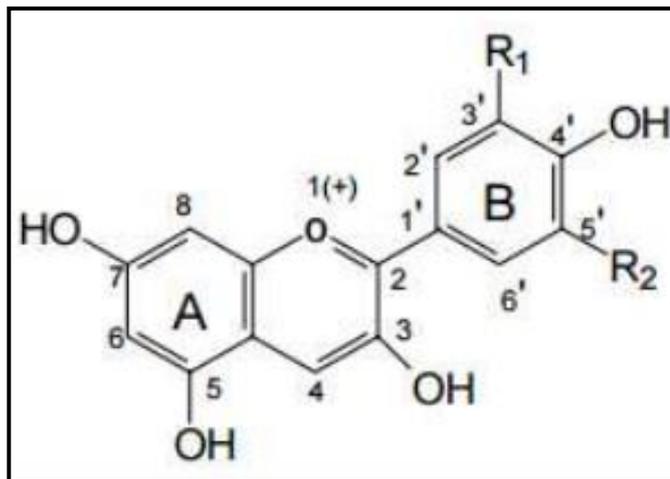


Figura 1: Estructura química de las antocianinas

FUENTE: Durst & Wrolstad, 2001

Las antocianinas son solubles en agua, lo cual favorece su integración en sistemas acuosos alimenticios y, además, son las responsables de brindar coloración a diferentes frutas, verduras, flores, hojas e incluso raíces, variando desde una tonalidad rosada, pasando por roja, hasta violeta o azul, habiéndose identificado en forma natural hasta más de 540 pigmentos antocianídicos (Anderson & Francis, 2004). La función más importante de las antocianinas, según Lewis y Walker (1995), es brindar una percepción visible para la atracción de animales polinizadores y/o dispersores de semillas, además de la filtración

de la luz. En la planta, estas se encuentran disueltas uniformemente en la solución vacuolar de células epidérmicas, aunque en ciertas especies se localizan en regiones específicas de la vacuola celular llamados antocianoplastos, los cuales se forman mientras se da la síntesis de estos pigmentos (Pecket & Small, 1980).

3.1.1 Estructura de las antocianinas

Químicamente, las antocianinas poseen un esqueleto básico de 3 carbonos de tipo C6-C3-C6 y están compuestas por glucósidos de antocianidinas, llamadas también agliconas, junto a dos anillos aromáticos α y β a la cual se le une una molécula de azúcar por medio de un enlace β -glucosídico, usualmente, en la posición 3 y 5 (Badui, 2006), como se puede observar en la Figura 1. En la naturaleza, las antocianinas presentan sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que aumentan su solubilidad y estabilidad (Garzón, 2008).

Los principales cambios estructurales se dan en las cadenas carbonadas R1 y R2 del anillo aromático β , donde, depende de su nivel de hidroxilación o metoxilación, va a determinar el tipo de antocianina que se genere. De todos los compuestos formados, los más estudiados son la pelargonidina (Pg), cianidina (Cy), peonidina (Pn), delphinidina (Df), petunidina (Pt) y malvidina (Mv) ya que son los únicos encontrados a nivel de los alimentos (Acevedo, 2003). Según Alarcón (2015), los extractos acuosos compuestos esencialmente de pelargonidina y cianidina son de coloración rojo naranja; los que están compuestos por peonidina son rojo frambuesa, mientras que, los demás toman la coloración rojo azulino (Cuadro 1).

CUADRO 1: Estructuras y modelos de sustitución de antocianinas que ocurren naturalmente.

ANTOCIANIDINA	MODELOS DE LA SUSTITUCIÓN (R)						COLOR
	3	5	6	7	3'	5'	
Pelargonidina (Pg)	OH	OH	H	OH	H	H	Anaranjado
Cianidina (Cy)	OH	OH	H	OH	OH	H	Anaranjado-rojo
Delfenidina (Dp)	OH	OH	H	OH	OH	OH	Azul-rojo
Peonidina (Pn)	OH	OH	H	OH	OMe	H	Anaranjado-rojo
Petunidina (Pt)	OH	OH	H	OH	OMe	OH	Azul-rojo
Malvidina (Mv)	OH	OH	H	OH	OMe	OMe	Azul-rojo
Apigenidina (Ap)	H	OH	H	OH	H	H	Anaranjado
Luteonidina (Lt)	H	OH	H	OH	OH	H	Anaranjado
Tricetidina (Tr)	OH	OH	H	OH	OH	OH	Rojo
Aurantidina (Au)	OH	OH	OH	OH	H	H	Anaranjado
6-Hydroxy-Cy(60HCy)	OH	OH	OH	OH	OH	H	Rojo
6-Hydroxy-Dp(60HDp)	OH	OH	OH	OH	OH	OH	Azul-rojo
Rosinidina (Rs)	OH	OH	H	OMe	OMe	H	Rojo

Hirsutidina (Hs)	OH	OH	H	OMe	OMe	OMe	Azul-rojo
5-Methyl-Cy(5Mcy)	OH	OMe	H	OH	OH	H	Anaranjado-rojo
Pulchellidina (Pl)	OH	OMe	H	OH	OH	OH	Azul-rojo
Europinidina (Eu)	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	Azul-rojo

FUENTE: Hendry y Houghton (1996)

3.1.2 Absorción y excreción de las antocianinas

El potencial terapéutico y preventivo de las antocianinas es directamente proporcional a su absorción y metabolismo en el organismo que las consume. Este también va a depender de la naturaleza del alimento, su estructura química, de qué tipo es, cuál es su nivel de procesamiento, cómo ha sido la preparación y la inclusión de este en la dieta, la interacción que tenga con otros macro y micro fitonutrientes, así como factores propios del individuo como son los factores fisiopatológicos, nutricionales y genéticos (Changxing, *et al.*, 2001).

Los autores indican que una vez consumido el producto con antocianinas, estas llegarán al estómago y luego hacia el intestino, el cual es el principal sitio de absorción y metabolización de esta. En el yeyuno puede pasar al torrente sanguíneo mediante transporte activo o una difusión pasiva previa hidrólisis de las antocianinas hacia β -glucósidos debido a su mayor tamaño y propiedad hidrofílica o bien, los glucósidos de antocianina hidrolizados pueden conjugarse en el líquido seroso antes del transporte o entrar en la circulación sistémica como aglicona (Hollman, 2001). Todo este proceso puede durar hasta una hora después de la ingesta para lograr que las antocianinas puedan

alcanzar niveles sanguíneos máximos. Después de la absorción a través del tracto gastrointestinal, las enzimas hepáticas convierten las antocianinas en metilatos, sulfatos y glucurónidos. Estas formas conjugadas pueden transportarse hacia los diversos tejidos para su almacén o ejercer sus propiedades o pueden desplazarse a través de la bilis al yeyuno y reciclarse mediante el sistema de circulación enterohepática en el intestino / colon. Finalmente, la principal vía excretora de estos productos será la orina.

3.1.3 Factores que influyen en la estabilidad de las antocianinas

Su reactividad se basa en la deficiencia de electrones por parte del núcleo *flavylium*, haciendo que puedan cambiar rápidamente incluso llegando a ser estructuras indeseables y cambiando de color en los diversos procesamientos y almacenamientos de estas, produciéndose de forma rápida (Fennema, 2000) en presencia de:

- a) **pH:** el color de las antocianinas puede ser afectado por el pH del medio, siendo lo ideal un pH bajo para su estabilidad (<4), presentándose en una coloración roja. Ludeña (2017) menciona que un pH entre 4 a 5 es característico de las coloraciones rojas, amarillas o anaranjadas y un pH alcalino hace a que se presenten colores azulados o morados (Cabrita, Fossen y Andersen, 2000).
- b) **Temperatura:** se espera que temperaturas mayores a 90-100°C se tenga un efecto de variación estructural en las antocianinas y a la calidad de los pigmentos iniciales. Por ejemplo, en procesos de esterilización o almacenamiento no son tan beneficiosos para la conservación de los pigmentos debido a que causan la pérdida de azúcares haciendo que se presenten cetonas incoloras (Timberlake, 1980), por lo que los sistemas de alta temperatura a corto tiempo los más adecuados para su conservación (Badui, 1999).

- c) **Oxígeno y peroxidación de hidrógeno:** el oxígeno se presenta como el agente de mayor rapidez en cuanto a la degradación de las antocianinas en frutas y vegetales debido a mecanismos de oxidación directa e indirecta. Por otro lado, el peróxido de hidrógeno posiblemente destruya las antocianinas por una inducción directa por el contacto con ácido ascórbico en frutas (Falcao, 2003).
- d) **Luz:** puede acelerar algunos cambios fotoquímicos, ocasionando eventualmente la degradación de la antocianina hasta la forma chalcona, limitando su aplicación como aditivo alimenticio por la inestabilidad generada (Eiro y Heinonen, 2002).
- e) **Metales:** estabilizan a las antocianinas mediante la formación de compuestos metálicos, Alarcón (2015) cita un ejemplo explicando la adición de cloruro de aluminio como estabilizador de estos compuestos.
- f) **Azúcares:** algunos compuestos brindan más estabilidad a las antocianinas, como es el caso de la glucosa, sacarosa o maltosa; a comparación de la fructosa, arabinosa o lactosa, quienes incluso resultan hasta perjudiciales en concentraciones bajas (Fennema, 2000). También se ha visto que las altas concentraciones de azúcar en las frutas ejercen un efecto protector sobre estos compuestos posiblemente por la disminución de la actividad de agua (A_w) (Garzón & Wrolstad, 2001).
- g) **Enzimas:** sistemas enzimáticos como el de la glicosidasa y polifenoloxidasa inducen a pérdidas de antocianinas en frutas recién cosechadas, hidrolizando al protector propio 3-glicósido, produciendo azúcares libres y agliconas inestables, haciendo así antocianinas oxidadas y productos de degradación (Pinedo, 2015).
- h) **Dióxido de azufre:** este compuesto se incluye como antioxidante y conservantes de frutas y verduras y posiblemente se fija en la posición C-4, produciendo una pérdida de color, incluso si se añade en mínimas cantidades (Fennema, 2000)

3.1.4 Propiedades funcionales de las antocianinas

En cuanto a sus propiedades, las antocianinas son reconocidas por diferentes capacidades estudiadas tanto *in vitro* como *in vivo*.

- a) **Antioxidante:** Según Montero (1996), existen dos mecanismos de acción principales: como captadores de radicales libres, actuando como donadores de hidrógenos rompiendo el ciclo de generación de nuevos radicales libres y también como quelantes de metales, inhibiendo así la generación de nuevos radicales libres gracias a la reacción de Fenton debido al secuestro de iones metálicos.

Ramos-Escudero, Muñoz, Alvarado-Ortiz, Alvarado & Yáñez (2012) señalaron que al tratar con extracto de antocianinas de maíz morado órganos de ratones dañados con peróxido de hidrógeno, los niveles de malondialdehído (MDA) disminuyeron, aumentando así los niveles de enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (SOD), catalasa y peroxidasa total, sugiriendo así que los compuestos podrían penetrar las membranas celulares y participar en la secreción de enzimas antioxidantes estimulantes para reducir el daño oxidativo a las células causado por los radicales libres.

- b) **Antimutagénicas:** las propiedades antimutagénicas de las antocianinas fueron evaluadas por Kamei, Hashimoto, Koide, Kojima y Hasegawa (1998), quienes indicaron que las antocianinas provenientes de vino tinto presentan capacidad de supresión de células tumorales provenientes de colon humano y células cancerígenas gástricas mediante el bloqueo de las fases S, G2 y M de la mitosis celular. Por otra parte, Afaq, Saleem, Krueger, Reed y Mukthar (2005) mostraron que colocar de manera tópica el extracto de granada inhibe la tumorigénesis de la

piel en ratones debido a la activación de NF- κ B (proteína encargada de la proliferación celular) e inhibe biomarcadores tumorales. Así mismo, Fumakachi, Imada, Ohshima, Xu y Tsuda (2008) registraron que antocianinas provenientes del maíz morado inhibieron la viabilidad de las células cancerosas e inducían la apoptosis en las células tumorales mamarias derivadas de carcinomas mamarios activando la caspasa-3, una proteasa clave asociada con la fragmentación del ADN y disminuyendo la proteína Ras, reduciendo así las células tumorales. Long *et al.* (2013) mostraron que la proliferación de cáncer de próstata en humanos fue inhibida por las antocianinas del maíz morado al limitar la expresión de Ciclina D1 (proteína que ayuda a controlar la multiplicación celular) e inhibir la fase G1 (crecimiento celular) del ciclo. Yokohira *et al.* (2008) vieron que antocianinas provenientes de maíz morado podría tener efectos modificadores en los marcadores mRNA con respecto al desarrollo de carcinogénesis hepática en ratas. Finalmente, Reddy, Alexander-Lindo y Nair (2005) demostraron que el cianidin-3-glucósido proveniente del guindo (*Prunus cerasus*) también mostró *in vitro* un efecto de inhibición del crecimiento dependiente de la dosis en líneas de células tumorales de pulmón.

- c) **Antiinflamatorio:** Vuorela *et al.* (2005) encontraron que antocianinas provenientes de frambuesa son capaces de emitir supresión de prostaglandina EG2 en líneas celulares hasta en un 96%. Li *et al.* (2012a) demostraron que células tratadas con extracto rico en antocianinas de maíz morado pueden mitigar la secreción de interleucinas, mientras que, Li *et al.* (2012b) estudiaron el efecto de las antocianinas provenientes del maíz morado en ratas diabéticas, demostrando que retrasa la señalización de citoquinas inductoras de inflamación como TGF- β y NF- κ B y también que podía disminuir la acción del factor de crecimiento del

tejido conectivo, disminuyendo la incidencia de fibrosis a nivel mesangial en los riñones.

- d) Vasoprotección:** Bell y Gochenaur (2006) experimentaron con antocianinas provenientes de aronia (*Aronia melanocarpa*), arándano (*Vaccinium corymbosum*) y sauco (*Sambucus*), viendo que a una concentración baja de estas se puede prevenir la pérdida de la relajación dependiente del endotelio causada por la exposición de las arterias a especies reactivas de oxígeno (ROS) exógenas y continuando con la sensibilidad de estas células frente al óxido nítrico (NO), sustancia de gran importancia en vasorelajación.
- e) Antioangiogénesis:** La angiogénesis juega un papel fundamental en la metástasis y crecimiento del tumor, por lo que está estrechamente ligada a la propiedad antitumoral de las antocianinas. *Ex vivo*, el extracto de maíz morado disminuyó la expresión factor vascular de crecimiento endotelial (VEGF), el cual es uno de los agentes activadores de la angiogénesis más potentes, en ratones, disminuyendo también sus receptores en las células (Wang y Stoner, 2008). Bae, Kim y Jeong (2016) experimentaron *in vitro* con extractos de bayas negras (*Empetrum nigrum*) para evaluar la formación de tubos y proliferación de células endoteliales de la vena umbilical humana (HUVEC), viendo que se manifestaban efectos inhibitorios dependientes de la dosis e *in vivo* mediante el uso de membrana corioalantoidea de embrión de pollo (CAM), se observó la misma actividad antioangiogénica.
- f) Regulación de la presión sanguínea:** Shindo, Kasai, Abe y Kondo (2007) brindaron antocianinas durante 15 semanas a ratas hipertensas descubriendo que las presiones sanguíneas sistólicas de las ratas alimentadas con color de maíz

morado eran significativamente más bajas que las de los grupos de control, aunque su mecanismo de acción aún no está claro.

- g) Colesterol:** En el experimento realizado por Igarashi, Abe y Satoh (1990) demostraron la capacidad de las antocianinas provenientes de nabo rojo (*Brassica campestris L.*) produciendo niveles más altos de lipoproteínas de alta densidad (HDL) en suero de ratas, un índice aterogénico (relación de la cantidad de HDL en cuanto al colesterol total en sangre) reducido y niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en suero ligeramente reducidos. Zheng-yu (2005) brindó diferentes dosis de antocianinas provenientes de la malva (*Malva sylvestris*), viendo que el colesterol y los triglicéridos disminuyeron en plasma, aparte de mostrar una alta tasa de eliminación de radicales libres. Por otra parte, Farrel, Norris, Lee, Chun y Blesso (2015) alimentaron ratones con extracto de saúco negro rico en antocianinas, viendo que el aspartato transaminasa, la glucosa y el contenido de colesterol total se redujeron significativamente junto a una disminución de niveles de colesterol hepático posiblemente por una mejora en el ARNm a nivel de las enzimas de dicho órgano. Además, indicaron que hubo una mejora de la enzima paraoxonasa, la cual se encarga de disminuir la peroxidación lipídica, previniendo la aterosclerosis en el animal. Tsuda, Horio, Uchida, Aoki y Osawa (2003) en ratones alimentados con dietas altas en grasas, las antocianinas provenientes maíz morado suprimieron la ganancia de peso corporal. Se sugirió que la regulación a la baja de los niveles de ARNm de enzimas involucradas en la síntesis de ácidos grasos y triacilglicerol contribuye a este efecto contra la obesidad.

3.1.5 Fuentes de antocianinas

En la naturaleza, los pigmentos antociánicos se pueden presentar en diversas frutas y vegetales (Aguilera, *et al.* 2011; Garzón, 2008), como se muestra en los cuadros 2 y 3.

CUADRO 2: Principales clases y fuentes de flavonoides

CLASES	COLORACIÓN	EJEMPLOS	COMENTARIOS
Antocianinas	Azul, rojo y violeta	Cianidina Delfinidina Peonidina	Las antocianinas están predominantemente en frutas y flores y probablemente fueron los primeros flavonoides en ser aislados. Son utilizados como colorantes.
Flavonas	Incolora	Catequina Epicatequina Luteoforol Procianidina Theaflavina	Las flavonas son encontradas en frutos y tés (verdes o negros). Las biflavonas son encontradas en frutos, lúpulo, nueces y bebidas. El sabor peculiar de algunas bebidas, frutas, tés y vinos, es debido, principalmente por la presencia de estos.
Flavanonas	Incolora variando a un amarillo pálido	Hesperidina Naringenina	Los flavanonas son encontradas casi exclusivamente en frutos cítricos.

Flavonas	Amarillo pálido	Apiagenina, Luteolina Diosmetina Tangeretina Nobiletina	Las flavonas también son encontradas casi exclusivamente en frutos cítricos. Confieren un pigmento amarillo en flores. Los compuestos más comunes son la apiagenina y luteolina.
Flavonoles	Amarillo pálido	Quercetina Rutina Mircetina Kaempferol	Los flavonoles están presentes en diversas fuentes, siendo predominantes en vegetales y frutas. La quercetina es el principal representante de esta clase.
Isoflavonas	Incolora	Daidzeína Genisteína	Las isoflavonas son encontradas en abundancia en legumbres, particularmente en la soja.

FUENTE: Lopes, Oliveira, Nagem & Pinto (2000).

CUADRO 3: Principales antocianinas encontradas en fuentes vegetales

FUENTE VEGETAL	ANTOCIANINA
Fresa, rábano, maíz morado	Pelargonidina
Manzana, mora, sauco, higo, cereza, cebolla roja, repollo rojo, zarzamora, maíz morado, mangostán, açai	Cianidina
Saucu, repollo rojo, cubierta de semilla de soja, flor de Jamaica	Cianidina y delfinidina
Berenjena, granada, uva, mora	Delfinidina

Arándano rojo, ciruela, cereza, camote morado, uva	Cianidina y peonidina
Arándano, uva, mora	Petunidina y malvidina
Cereza, arándano, camote morado	Peonidina

FUENTE: Adaptado de Bueno, Sáez-Plaza, Ramos-Escudero, Jiménez, Fett & Asuero (2012).

3.2 Antocianinas en la alimentación animal

Diversos estudios (Reyes, 2018; Bakari, 2019; Boontiam & Kumari, 2019; Xingzhou, 2017) en los que usaron antocianinas en la alimentación animal encontraron efectos positivos de su inclusión en la dieta, mostrando que no solo mejoran el desempeño productivo, sino también la salud del animal, así como sus respectivos productos derivados.

En pollos de engorde, se han utilizado diversas fuentes como harina de cáscara de granada, la cual, en comparación a una dieta suplementada con moringa, presentó mejores resultados induciendo a una mayor reducción de la peroxidación lipídica en el hígado en una dosis de 500 mg/kg y una mejora en el sistema glutatión peroxidasa (Rama, Raju, Prakash, Rajkumar & Reddy, 2018). Otro estudio realizado por Amnueysit, Tatakul, Chalermisan y Amnueysit (2010) utilizando antocianinas de maíz morado en la dieta registró menor porcentaje de grasa abdominal, atribuyendo esto a la disminución de la respuesta inflamatoria del tejido adiposo.

También se ha observado que la harina de orujo de vino de uva y orujo de uva seco aumentan la capacidad antioxidante de la carne de pollo, teniendo un producto con mayor tiempo de vida útil (Reyes, Urquiaga, Echeverría, Durán, Morales & Valenzuela,

2019; Reyes, 2018). Por otro lado, Leusink, *et al.* (2010) indican que al incluir extracto de arándanos en la dieta, tanto la circunferencia de pechuga como el peso carcasa tanto preeviscerada como eviscerada se ven incrementados en dosis a partir de 80 mg/kg hasta 160 mg/kg.

Referente a estudios realizados en codornices, Boontiam y Kumari (2019) suministraron en agua de bebida extracto de pericarpio de mangostán, evidenciando una disminución en cuanto a la glucosa en sangre, atribuyendo esto a la capacidad antioxidante de las antocianinas, ya que estas al disminuir el estrés oxidativo en el organismo del animal, inducen a una menor secreción de la hormona adrenocorticotropina, esto hace que disminuya la liberación de los glucocorticoides, por lo tanto no habrá un aumento en la glucogénesis. También se observó un incremento en cuanto a la producción y lipoproteínas de alta densidad en sangre y una disminución de los triglicéridos y colesterol en yema a las 16 semanas de brindado el tratamiento.

Estudios en cabras realizados por Xingzhou (2017) indican que al suplementar el ensilado de cabras con antocianinas de maíz morado y brindar ensilado de maíz morado, se observa que los niveles de superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa 1 y 2 en la leche y el plasma de las cabras aumentan significativamente, sugiriendo que se debió a la capacidad antioxidante, el cual aliviaría el estrés oxidativo y aumenta los niveles de expresión del ARNm de estos sistemas antioxidantes. Resultados similares reportaron Hosoda, Makoto, Matsuyama, Haga, Ishizaki y Nonaka (2012) en ovejas, los cuales ofrecieron antocianinas provenientes de maíz morado en el alimento obteniendo a nivel plasmático un aumento en la actividad de superóxido dismutasa (SOD), atribuyendo, del mismo modo, este cambio al aumento de los niveles de expresión de ARNm y también se vio disminuido el nivel de malondialdehído (MDA) en plasma luego de una incubación de este por 4 y 8 horas en comparación a un grupo control.

3.3 Efectos de antocianinas en la alimentación de gallinas de postura

3.3.1 Efecto de las antocianinas sobre los índices productivos

Los parámetros productivos evalúan la calidad de las líneas genéticas de gallinas ponedoras y siempre se quiere tener un mejor rendimiento de estas a un menor costo. Investigadores han tenido resultados favorables mediante el uso de diferentes fuentes alimenticias no convencionales, aunque el mecanismo de acción de las antocianinas en este rubro no es muy claro del todo, por lo que siempre se sugiere seguir investigándolos. Tomando de ejemplo los estudios de Fortuoso, Gebert, De Oliveira, Boiago, Paiano y Da Silva (2019); Kaya, Apaydın, Kaya, Gül y Çelebi (2014) y Roztočilová, Šťastník, Mrkvicova y Pavlata (2018), se observa que se tiene un aumento del porcentaje de postura y, por ende, masa de huevo mediante el uso de harina de açai, extracto de semilla de uva y una especie de trigo morado suplementado con antocianinas respectivamente, atribuyendo eso a un menor estrés oxidativo en los animales por lo que se genera una mejora de la respuesta del sistema inmune y así el animal puede aprovechar mejor los componentes nutricionales de su dieta.

3.3.2 Efecto de las antocianinas sobre la calidad interna de huevo

Los estudios de la influencia de antocianinas (Hu *et al.*, 2003; Selim & Hussein, 2019) indican que esta afecta, en su mayoría, a la calidad interna del huevo, atribuyéndose los cambios en cuanto a la calidad externa a otros factores propios de la fuente en general o de reacciones químicas en las que las antocianinas no se ven directamente involucradas.

Da Cruz (2014) observó un incremento significativo en las unidades Haugh de los huevos de gallinas alimentadas con orujo de uva, gracias a la actividad antioxidante de los flavonoides presentes quienes pueden mejorar la calidad interna de huevo. Similares

resultados se obtienen con la inclusión de pulpa de betarraga azucarera (Selim & Hussein, 2019) y extracto de semilla de uva (Kaya, Apaydim, Kaya, Gül y Çelebi, 2014), viéndose en este último, además, un incremento del índice de albúmina, el cual se explica por el efecto antioxidante sobre la proteína β -ovomucina secretada por magnum, siendo la primera, responsable de la altura gelatinosa de la clara de huevo, teniendo así un efecto beneficioso sobre las unidades Haugh.

Diversos estudios han indicado que las antocianinas presentan efectos beneficiosos en cuanto a la calidad de yema, pues se ha registrado un efecto reductor en cuanto al contenido de colesterol en esta posiblemente debido a la inhibición de enzimas claves para la síntesis del colesterol en el hígado, como es la 3-hidroxi-3-metilglutaril coenzima A (HMG-CoA) reductasa. Esto se ha registrado cuando se añade en la dieta extracto de semilla de uva en gallinas ponedoras, viendo también una mejor calidad en cuanto a la proteína y deposición de pigmentos gracias a efectos antioxidantes, sin embargo, se necesita ahondar en los mecanismos ejercidos en este suceso (Hu *et al.*, 2013). Zabihollah, Magsoud y Amir (2019), al trabajar con polvo de cereza, reportó del mismo modo una reducción en cuanto al contenido de colesterol en yema, además de un aumento del contenido de ácidos grasos poliinsaturados, mejorando así la calidad nutricional del huevo, ya que estos resultan beneficiosos para el organismo del consumidor.

En cuanto al malondialdeído (MDA), este es un marcador de estrés oxidativo y registran niveles bajos en la yema de huevo cuando se han utilizado fuentes de antocianinas en la alimentación, explicándose por una posible menor peroxidación lipídica en la yema de huevo cuando se ha utilizado orujo de uva y extracto de semilla de uva, resultado que se mantiene hasta en huevos después de 15 días almacenados a temperaturas bajas (Kara, Kocaoğlu, Baytok & Şentürk, 2015; Kaya, Apaydim, Kaya,

Gül & Çelebi, 2014). Esto resulta beneficioso ya que el malondialdehído es perjudicial para la yema de huevo, ya que puede provocar la descomposición de los productos de peroxidación lipídica primaria y secundaria que afectan negativamente la calidad de la yema. Fortuoso, *et al.* (2020) presentaron los mismos resultados en cuanto al nivel de malondialdehído al reemplazar aceite de soya por aceite de açaí en la dieta. Asimismo, tuvieron niveles más bajos de ácidos grasos saturados y un aumento de la presencia de ácidos grasos insaturados. Cabe resaltar, que también reportaron una mejor estabilidad del pH en yema y albumen en huevos almacenados tanto a los 21 como 30 días, siendo esto bueno para la calidad de huevo, ya que, a un aumento de pH, las proteínas presentes en la albúmina comienzan a entrar en un proceso de licuefacción, siendo perjudicial para la calidad de huevo.

Reis, *et al.* (2019) también obtuvieron resultados bajos en cuanto a la lipoperoxidación al utilizar harina de orujo de uva, quienes también registraron una mayor estabilidad de los ácidos grasos monoinsaturados, incluso hasta días posteriores del almacenamiento de los huevos, junto a la disminución de la peroxidación lipídica de la yema de huevo y un aumento de la capacidad antioxidante total contra radicales peroxilo, los cuales son comunes en presencia de ácidos grasos poliinsaturados.

En cuanto al color de yema, esta se puede ver alterada por las cualidades pigmentantes naturales de las antocianinas, las cuales influyen en el incremento de la coloración, como se ha dado en el caso de la inclusión de pulpa de betarraga azucarera y harina de pericarpio de mangostán (Selim y Hussein, 2019; Rusli, *et al.*, 2015).

3.1.3 Efecto de las antocianinas sobre los parámetros sanguíneos

La salud de las gallinas ponedoras es importante ya que de ello depende cómo es que se enfrentarán contra desafíos patológicos los cuales pueden afectar los niveles de postura o la calidad externa de huevo. Asimismo, la calidad interna de huevo puede verse afectada dependiendo de la cantidad de colesterol y su transporte en la formación diaria del producto. (López-Sobaler & Aparicio, 2014).

Fortuoso, Gebert, De Oliveira, Boiago, Paiano y Da Silva (2019) atribuyen disminución en los niveles de linfocitos y heterófilos a un posible efecto antiinflamatorio brindado por las antocianinas al inhibir la ciclooxigenasa (COX-1 y COX-2) y los lipopolisacáridos (LPS), los cuales producen citotoxicidad. Esto lo observaron mediante el uso de harina de açai 21 días post tratamiento. Del mismo modo, Fortuoso, *et al.* (2020) obtuvo una disminución en el conteo de linfocitos, así como una disminución en cuanto a los radicales de oxígeno presentes en sangre y un aumento de la capacidad antioxidante contra radicales peroxilo mediante el uso de aceite de açai en comparación al uso de aceite de soya en la dieta.

Al-Baghdadi (2011) trabajó con extracto de cálices de la flor de Jamaica observando una elevación de la lipoproteína de alta densidad (HDL) y a consecuencia de esto, una reducción a nivel de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), posiblemente por la prevención del daño oxidativo de las células y los tejidos y la peroxidación de lípidos; asimismo se observó un aumento significativo de la hemoglobina debido a que su vida útil se alarga por la capacidad de los antioxidantes de eliminar el daño de los radicales libres y las especies reactivas de oxígeno (ROS).

Joshi y Rahal (2018) observaron una disminución de la glucosa en sangre, atribuyendo esto a una disminución de la acción de la enzima glicosidasa, la cual se

encarga de transformar los almidones consumidos (por ejemplo, el maíz en las gallinas) a glucosa, el mismo resultado obtuvieron Kara, Kocaoğlu, Baytok y Şentürk (2015), sin embargo, atribuyeron esto al efecto antioxidante de las antocianinas, dando posible protección dada a las células β del páncreas las cuales son encargadas de la secreción de insulina, sin embargo, se sugiere ahondar en el mecanismo de esta.

Rusli, *et al.* (2015) al utilizar harina de pericarpio de mangostán registró una disminución en la cantidad de triglicéridos, justificando el hallazgo con el aumento de la actividad de la enzima lipoproteína lipasa (LPL) la cual se encarga de la descomposición de los triglicéridos en ácidos grasos y glicerol para su posterior transporte en el torrente sanguíneo. De igual forma, el colesterol total en sangre se vio disminuido posiblemente por una mayor protección, por lo tanto, el colesterol que se ha sintetizado en el hígado durante la fase de producción, luego transportado por la sangre en forma de lipoproteínas y almacenado en el folículo crece y se reenvía al ovario

En cuanto al colesterol, Da Cruz (2014) utilizó bagazo de uva en la dieta, observando que los niveles de colesterol se redujeron pero no proporcionalmente a la cantidad de aditivo en la dieta., Hao, Wang, Wang, Wan y Zhou (2019) estudiaron el efecto del extracto de té verde, reportando el mismo suceso en cuanto a los niveles totales de colesterol y lipoproteínas de baja densidad, además de ver un aumento significativo de la excreción de los lípidos fecales dado por los polifenoles presentes en la dieta, entre ellos, las antocianinas.

Mediante el uso de harina de orujo de uva, se vieron también disminuidos los valores de triglicéridos y colesterol total, junto al de las proteínas totales debido a la capacidad antiinflamatoria de las antocianinas, lo cual está ligado a la cantidad de globulinas presentes en sangre. También ocasionó un aumento en las actividades de glutatión peroxidasa (GPx) y superóxido dismutasa (SOD), indicando una mejora en

ambos mecanismos de defensa antioxidante. Además, mejora la capacidad antioxidante contra los radicales peroxilo (ACAP) en suero, dada posiblemente por polifenoles presentes en la uva como resveratrol y antocianinas (Reis, *et al.*, 2019).

4. CONCLUSIONES

Las antocianinas son compuestos flavonoides pigmentantes que se pueden encontrar en diversas fuentes naturales vegetales y poseen propiedades beneficiosas tanto para la salud como para la producción animal. En la crianza de gallinas ponedoras, se ha visto que estas han tenido cambios favorables en cuanto a los índices productivos, teniendo un aumento de la producción y masa de huevo sin alterar el consumo de alimento y también tienen la capacidad de modificar positivamente la calidad interna de huevo, teniendo así un producto bajo en colesterol, con un aumento de unidades Haugh, equilibrio en los ácidos grasos tanto saturados como insaturados y con disminución de la peroxidación lipídica en yema gracias a sus propiedades antioxidantes, pudiendo así conservarse por mucho más tiempo y ser mucho más beneficioso para el consumidor.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, A. (2003). *Efecto de la temperatura y un copigmento en la estabilidad de antocianinas de la col morada en una bebida*. (Tesis para obtener el grado de licenciado). Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México.
- Afaq, F., Saleem, M., Krueger, C.G., Reed, J.D. & Mukhtar, H. (2005). Anthocyanin- and hydrolyzable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MAPK and NF-kappaB pathways and inhibits skin tumorigenesis in CD-1 mice. *International Journal of Cancer*, 113(3), 423-33. DOI: 10.1002/ijc.20587
- Aguilera, M., Reza, M., Chew, R. G. & Meza, J.A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora*, 13(2), 16-22. Recuperado de: t.ly/M1wz
- Al-Baghdadi, R. J. T. (2011). Physiological effects of Roselle calyces extract in some blood parameters in laying hens. *Al-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences*, 10(1), 54-58. Recuperado de: t.ly/MHuF
- Alarcón, C.E. (2015). *Optimización de parámetros de extracción de antocianinas del maíz morado (Zea mays L.) por el método de superficie de respuesta y verificación experimental*. (Tesis para obtener el grado de maestro) Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Amnueysit, P., Tatakul, T., Chalermnan, N. & Amnueysit, K. (2010). Effects of purple field corn anthocyanins on broiler heart weight. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(03), 319-327. Recuperado de: t.ly/8Bjp
- Anderson, O. y Francis, G. (2004). Técnicas de identificación del pigmento. *Los pigmentos de plantas anuales críticas en plantas y su manipulación*, 14. 293-341.

- Arango, J. (2013). *Calidad externa e interna del huevo*. Recuperado de:
<http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>
- Asociación Peruana de Avicultura (2019). *Indicadores del sector avícola*. Recuperado de: <https://apa.org.pe/publicaciones/servicios/>
- Badui, S. (1999). *Química de los alimentos*. (2da edición). Editorial Longman. México.
- Badui D. S. (2006). *Química de los Alimentos*. (4ta edición). Editorial Pearson Educación, México.
- Bae, H.S., Kim, H.J., Jeong D.H., Hosoya, T., Kumazawa, S., Jun, M., ... Ahn, M. R.(2016). In vitro and in vivo antiangiogenic activity of Crowberry (*Empetrum nigrum var. japonicum*). *Natural Product Communications*, 11(4), 503-506.
 doi:10.1177/1934578x1601100422
- Bakari, G. G.(2019). Effects of sweet potato leaves, Roselle calyces and beetroot on body weight, selected hematological and biochemical parameters in broiler chicken. *Journal of Biology and Life Science*, 10(2), 133-146.
<https://doi.org/10.5296/jbls.v10i2.14620>
- Bell, D.R. & Gochenaur, K. (2005). Direct vasoactive and vasoprotective properties of anthocyanin-rich extracts. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1164-1170.
 doi:10.1152/jappphysiol.00626.2005
- Boontiam, W. & Kumari, P. (2019). Effect of mangosteen (*Garcinia Mangostana*) pericarp extract in reducing the heat stress of laying quails. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 7(6), 452-460.
<http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2019/7.6.452.460>

- Bueno, J. M., Sáez-Plaza, P., Ramos-Escudero, F., Jiménez, A. M., Fett, R., & Asuero, A. G. (2012). Analysis and Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments. Part II: Chemical Structure, Color, and Intake of Anthocyanins. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 42(2), 126–151. doi:10.1080/10408347.2011.632314
- Cabezas, M. (2019). *Efecto de los parámetros de extracción acuosa de antocianinas de tres procedencias de la coronta de maíz morado (Zea mays L.)*. (Tesis para obtener el grado de licenciamiento) Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Cabrita, L., Fossen, T. & Andersen, Ø. (2000). Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. *Food Chemistry*, 68(1), 101-107. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00170-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00170-3)
- Changxing, L., Chenling, M., Alagawany, M., Jianhua, L., Dongfang, D., Gaichao, W., ... Chao, S. (2018). Health benefits and potential applications of anthocyanins in poultry feed industry. *World's Poultry Science Journal*, 74(02), 251–264. doi:10.1017/s0043933918000053
- Da Cruz, C. (2014). *Okara e bagaço de uva na alimentação de poedeiras comerciais*. (Tesis para obtener el grado de doctor) Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil.
- Del Valle, G., González, A. & Báez, R. (2005). Antocianinas en uva (*Vitis vinifera L.*) y su relación con el color. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 359-368. Recuperado de: t.ly/UIS2
- Durst R. & Wrolstad R. E. (2001). Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 0 (1). <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0103s00>

- Eiro, M. M. & Heinonen, M. (2002). Anthocyanin color behavior and stability during storage: Effect of intermolecular copigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (25), 7461–7466 (2002). <https://doi.org/10.1021/jf0258306>
- Falcao, L. (2003). *Estabilidad de antocianinas extraídas de uvas Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.) en solución tampon, bebida isotónica y yogurt*. (Tesis para obtener el grado de maestría). Universidad Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
- Farrell, N., Norris, G., Lee, S.G., Chun, O.K. & Blesso, C.N. (2015). Anthocyanin-rich black elderberry extract improves markers of HDL function and reduces aortic cholesterol in hyperlipidemic mice. *Food & Function*, 5(4), 1278-1287.
 Recuperado de: t.ly/xUXM
- Fennema, O. R. (2000). *Química de los alimentos*. (2da edición). Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Fortuoso, B.F., Gebert, R.R., De Oliveira, R.C., Boiago, M.M., Paiano, D. y Da Silva, A.S. (2019). Impacts of the supplementation of açai lump flour in the diet of laying hens on productive performance, and fatty acid profiles and antioxidant capacity in the fresh and stocked eggs. *Journal of Food Chemistry*, 4(8), 1-11. DOI: 10.1111/jfbc.13022
- Fortuoso, B. F., Galli, G. M., De Oliveira, R. C., Souza, C. F., Baldissera, M. D., Vendruscolo, R. G., ... Da Silva, A. S. (2020). Effects of soybean oil replacement by açai oil in laying hen diets on fatty acid profile and egg quality. *Animal Feed Science and Technology*, 1-10. doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114452
- Fumakachi, K., Imada, T., Ohshima, Y., Xu, J. & Tsuda, H. (2008). Purple corn color suppresses Ras protein level and inhibits 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-

induced mammary carcinogenesis in the rat. *Cancer Science*, 99(9), 1841-6. doi: 10.1111/j.1349-7006.2008.00895.x

Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales compuestos bioactivos : revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36. DOI: 10.15446/abc

Garzón, G. A., & Wrolstad, R. E. (2002). Comparison of the Stability of Pelargonidin-based Anthocyanins in Strawberry Juice and Concentrate. *Journal of Food Science*, 67(4), 1288–1299. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb10277.x

He, J. & Giusti, M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology* (1), 163-187. doi: 10.1146/annurev.food.080708.100754

Hendry, G. A. F. & Houghton, J. D. (1996). "Natural food colorants". *Blakie Academic & Professional*, Gran Bretaña, Segunda Edición.

Hernández, V. (2016). *Extracción de antocianina a partir de maíz morado (Zea mays L) para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria.* (Tesis para obtener el grado de licenciamiento) Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

Hollman, P.C.H. (2001) Evidence for health benefits of plant phenols: Local or systemic effects. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 81, 842-852. <https://doi.org/10.1002/jsfa.900>

Hosoda, K., Eruden, B., Matsuyama, H. & Shioya, S. (2011). Effect of anthocyanin-rich corn silage on digestibility, milk production and plasma enzyme activities in lactating dairy cows. *Animal Science Journal*, 83(6), 453-459. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2011.00981.x>

- Hosoda, K., Miyaji, M., Matsuyama, H., Haga, S., Ishizaki, H., & Nonaka, K. (2012). Effect of supplementation of purple pigment from anthocyanin-rich corn (*Zea mays* L.) on blood antioxidant activity and oxidation resistance in sheep. *Livestock Science*, *145*(1-3), 266–270. doi:10.1016/j.livsci.2011.12.001
- Houghton, J.D & Hendry, G.A.F. (1996). *Natural Food Colorants*. Recuperado de: <https://www.springer.com/gp/book/9780751402315>
- Hu, R., Wang Y., Wang X., Yang T., Chen S., Yang X. & Yao J. (2013). Efectos del extracto de semilla de uva en el rendimiento de producción y el contenido de colesterol de la yema de huevo. *Journal of Animal Nutrition*, *25*(9), 2074-2081. Recuperado de: t.ly/ONET
- Huang, J., Hao, Q., Wang, Q., Wang, Y., Wan, X., & Zhou, Y. (2019). Supplementation with green tea extract affects lipid metabolism and egg yolk lipid composition in laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*, *0*, 1-11. doi:10.3382/japr/pfz046
- Igarashi, K., Abe, S., & Satoh, J. (1990). Effects of Atsumi-kabu (*Red turnip, Brassica campestris* L.) Anthocyanin on serum cholesterol levels in cholesterol-fed rats. *Agricultural and Biological Chemistry*, *54*(1), 171–175. doi:10.1080/00021369.1990.10869910
- IQB: Mediciclopedia. (2014). Proantocianidinas. Recuperado de: <https://www.iqb.es/monografia/fichas/proantocianina.htm>
- Joshi, J. & Rahal, A. (2018). Haemato-biochemical parameters in poultry layers fed on processed black soybean supplemented diet. *Veterinary Practitioner*, *19* (1), 126-129. Recuperado de: <http://www.vetpract.in/upload/1540067188126-129.pdf>

- Justiniano, E. (2010). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina.* (Tesis para obtener el grado de maestro) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Kamei, H., Hashimoto, Y., Koide, T., Kojima, T. & Hasegawa, M. (1998). Anti-tumor effect of methanol extracts from red and white wines. *Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals*, 13(6), 447-52. DOI: 10.1089/cbr.1998.13.447
- Kara, K., Kocaoğlu, B., Baytok, E. & Şentürk, M. (2015). Effects of grape pomace supplementation to laying hen diet on performance, egg quality, egg lipid peroxidation and some biochemical parameters. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 303-310. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1031785>
- Kaya, A., Apaydın, B., Kaya, H., Gül, M. y Çelebi, S. (2014). The effects of diets supplemented with crushed and extracted grape seed on performance, egg quality parameters, yolk peroxidation and serum traits in laying hens. *European Poultry Science*, 78. DOI: 10.1399/eps.2014.59
- Kong, J., Chia, L., Goh, N., Chia, T. y Brouillard, R (2003). Análisis y actividades biológicas de antocianinas. *Fitoquímica* 64: 923-933.
- Kwon, S.H., Ahn, I.S., Kim, S.O., Kong, C.S., Chung, H.Y., Do, M.S. & Park K.Y. (2007). Anti-obesity and hypolipidemic effects of black soybean anthocyanins. *Journal of Medicinal Food*, 10(3), 552-556. DOI: 10.1089/jmf.2006.147
- Lao, F., Sirgudson, G.T. & Giusti, M. (2017). Health benefits of purple corn (*Zea mays L.*) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (16), 234-246. Doi: 10.1111/1541-4337.12249

- Leusink, G., Rempel, H., Skura, B., Berkyto, M., White, W., Yang, Y., ... Diarra, M. S. (2010). Growth performance, meat quality, and gut microflora of broiler chickens fed with cranberry extract. *Poultry Science*, 89(7), 1514–1523. doi:10.3382/ps.2009-00364
- Lewis, C. & Walker, J. (1995). *Efecto de los polisacáridos en el color de las antocianinas. Química de Alimentos*. 54. 325-319.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J. & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*, 96(2), 254–260. doi:10.1016/j.foodchem.2005.02.033
- Li, J., Lim, S.S., Lee, J.Y., Kim, J.K., Kang, S.W., Kim, J.L. & Kang, Y.H. (2012a). Purple corn anthocyanins retard diabetes-associated glomerulosclerosis in mesangial cells and db/db mice. *European Journal of Nutrition*, 51(8), 961-73. doi: 10.1007/s00394-011-0274-4
- Li, J., Lim, S.S., Lee, J.Y., Kim, J.K., Kang, S.W., Kim, J.L. & Kang, Y.H. (2012b). Purple corn anthocyanins dampened high-glucose-induced mesangial fibrosis and inflammation: possible renoprotective role in diabetic nephropathy. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 23(4), 320-31. doi: 10.1016/j.jnutbio.2010.12.008.
- Long, N., Suzuki, S., Sato, S., Naiki-Ito, A., Sakatani, K., Shirai, T. & Takahashi, S. (2013). Purple corn color inhibition of prostate carcinogenesis by targeting cell growth pathways. *Cancer Science*, 104(3), 298-303. doi: 10.1111/cas.12078
- Lopes, R. M., Oliveira, T.T., Nagem, T. J., Pinto, A.S., (2000) *Flavonóides, Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, 3(14), p.18-22

- López-Sobaler, A. M. & Aparicio, A. (2014). El huevo en la dieta de las personas mayores; beneficios nutricionales y sanitarios. *Nutrición Hospitalaria*, 30(2), 56-62. Recuperado de: shorturl.at/hlCD6
- Ludeña, V. (2017). *Obtención y caracterización del extracto de antocianina a partir de la granada para alimentos (Punica granatum L.)* (Tesis para obtener el grado de licenciamiento). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Maestro, R. & Borja, R. (1993). Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *International Journal of Fats and Oils*, 44(2), 101-106. DOI: 10.3989/gya
- Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, M. & Tuñón, M.J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 17(6), 271-278. Recuperado de: t.ly/D7G7
- Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri) (2019). *Boletín estadístico mensual de la producción y comercialización de productos avícolas*. Recuperado de: http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/produccion-comercializacion-avicola-mar19-140519_0.pdf
- Montero, M. (1996). Los radicales libres y las defensas antioxidantes. Revisión. *Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 57(4), 278-281. DOI: 10.15381/anales.v57i4.4897
- Muñoz, A. M. & Ramos, F. (2007). Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales. *Revista Horizonte Médico*, 7(1), 23-31. Recuperado de: t.ly/MI0M

- Panche, A.N., Diwan, A.D. & Chandra, S.R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5(47), 1-15. doi:10.1017/jns.2016.41
- Pecket, R. C. & Small, C. J. 1980. Occurrence, Location and Development of Anthocyanoplasts. *Phytochemistry*, 19(12). 2571- 2576. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)83921-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)83921-7)
- Pinedo, R.E. (2015). *Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Canaán-Ayacucho*. (Tesis para obtener el grado de maestro) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Rama, S. V., Raju, M. V. L. N., Prakash, B., Rajkumar, U. & Reddy, E. P. K. (2018). Effect of supplementing moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal and pomegranate (*Punica granatum*) peel meal on performance, carcass attributes, immune and antioxidant responses in broiler chickens. *Animal Production Science*, 59(2). 288-294 <https://doi.org/10.1071/AN17390>
- Ramos-Escudero, F., Muñoz, A.M., Alvarado-Ortiz, C., Alvarado, A., Yáñez, J.A. (2012). Purple corn (*Zea mays L.*) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. *Journal of Medicinal Food* 15. 206–15.
- Reddy, M.K., Alexander-Lindo, R.L. & Nair, M.G. (2005). Relative inhibition of lipid peroxidation, cyclooxygenase enzymes, and human tumor cell proliferation by natural food colors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(23), 9268-73. DOI: 10.1021/jf051399j
- Reis, J. H., Gebert, R. R., Barreta, M., Boiago, M. M., Souza, C. F., Baldissera, M. D., ... Da Silva, A. S. (2019). Addition of grape pomace flour in the diet on laying hens in heat stress: Impacts on health and performance as well as the fatty acid

profile and total antioxidant capacity in the egg. *Journal of Thermal Biology*, 80, 141–149. doi:10.1016/j.jtherbio.2019.01.003

Reyes, P. (2018) *Efecto de la inclusión de orujos de uva secos en dietas de pollos broiler, sobre variables productivas, características de la canal y capacidad antioxidante de la carne*. (Tesis para obtener el grado de licenciamiento) Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Reyes, P., Urquiaga, I., Echeverría, G., Durán, E., Morales, M. S. & Valenzuela, C. (2019). Wine grape pomace flour in broiler diets effects growth and some meat characteristics. *Animal Production Science*, 60(5). <https://doi.org/10.1071/AN19385>

Rockenbach, I., Lessa, G., Rodrigues, E., Kuskoski, E. & Fett, R. (2008). Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades *Tannat* e *Ancelota*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(0). <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500036>

Roztočilová, A., Šťastník, O., Mrkvicova, E. y Pavlata, L. (2018). *Effect of purple wheat RU 687-12 on performance parameters of laying hens at the end of the day*. Recuperado del sitio web del Departamento de Nutrición Animal y Producción de Forrajes de la Universidad en Brno, de t.ly/ubXZ

Rusli, R. K. (2015) Supplementation of mangosteen pericarp meal and vitamin E on egg quality and blood profile of laying hens. *Media Peternakan*, 38(3),198-203. DOI: 10.5398/medpet.2015.38.3.198

- Selim, S., & Hussein, E. (2019). Production performance, egg quality, blood biochemical constituents, egg yolk lipid profile and lipid peroxidation of laying hens fed sugar beet pulp. *Food Chemistry*. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125864
- Serra, D., Paixão, J., Nunes, C., Dinis, T.C. & Almeida, L.M.(2013). Cyanidin-3-glucoside suppresses cytokine-induced inflammatory response in human intestinal cells: comparison with 5-aminosalicylic acid. *PLOS One*, 8(9). DOI: 10.1371/journal.pone.0073001
- Shindo, M., Kasai, T., Abe, A. & Kondo, Y. (2007). Effects of dietary administration of plant-derived anthocyanin-rich colors to spontaneously hypertensive rats. *Journal of Nutrition Science Vitaminol (Tokyo)*, 53(1), 90-3. DOI: 10.3177/jnsv.53.90
- Soriano, J., Guerrero, I. & Ponce, E. (2006). *Acción antioxidante de los flavonoides de frutas y verduras para la preservación de la salud*. Recuperado del sitio web del Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma de México, de <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n62ne/flavonoi.pdf>
- Sparks, N. H. C. (2006). The hen's egg - is its role in human nutrition changing? *World's Poultry Science Journal*, 62(2), 308-315. DOI: 10.1079/WPS200599
- Timberlake, C.F. (1980). Anthocyanins-Occurrence, Extraction and Chemistry. *Food Chem.* 1980;5(1). 69-80.
- Toledo, T., Nagem, T. J., da Silva, A., Message, D., Araújo, A.L., Magalhães, N. M., ... Couto, A. (2002). Efeito de antocianina e própolis em diabetes induzida em coelhos. Recuperado del sitio web del Departamento de Medicina de la Universidad de São Paulo, de <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/875/887>

- Toyoshi, T. & Kohda, T. (2004). Antihypertensive activity of purple corn color in spontaneously hypertensive rats. *Foods and food ingredients Journal of Japan*, 209, 671-679. Recuperado de: t.ly/2jaY
- Tsuda, T., Horio, F., Uchida, K., Aoki, H. & Osawa, T. (2003). Dietary cyanidin 3-O-beta-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *The Journal of Nutrition*, 133(7), 2125-30. DOI: 10.1093/jn/133.7.2125
- Valencia, E., Ignacio, I., Sosa, E., Bartolomé, M. C., Martínez, H. E. & García, M. E. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca*, 16, 15-29. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/29781>
- Vuorela, S., Kreander, K., Karonen, M., Nieminen, R., Hämäläinen, M., ..., Heinonen, M. (2005). Preclinical evaluation of rapeseed, raspberry, and pine bark phenolics for health related effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(15), 5922-31. DOI: 10.1021/jf050554r
- Wang, S.Y. & Lin, H.S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 140-6. DOI: 10.1021/jf9908345
- Wang, L.S. & Stoner, G.D. (2008). Anthocyanins and their role in cancer prevention. *Cancer Letters*, 269(2), 281-90. doi: 10.1016/j.canlet.2008.05.020
- Xingzhou, T. (2017). *Effects of anthocyanin-rich purple corn (Zea mays L.) stover silage on antioxidant activities in dairy goats*. (Tesis para obtener el grado de doctor). Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Tailandia.

- Yokohira, M., Yamakawa, K., Saoo, K., Matsuda, Y., Hosokawa, K., ..., Imaida, K. (2008). Antioxidant effects of flavonoids used as food additives (purple corn color, enzymatically modified isoquercitrin, and isoquercitrin) on liver carcinogenesis in a rat medium-term bioassay. *Journal of Food Science*, 73(7), 561-8. doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00862.x.
- Zabihollahi, N., Magsoud, B. y Amir, K. (2019). Effects of dietary supplementation of corneian cherry, garlic powder, and mixed herbal essential oil on productive performance and egg quality in laying hens. *Journal of Animal Production (Journal of Agriculture)*, 21(1), 49-60. Recuperado de: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=687097>
- Zheng-yu, W. (2005). Impact of anthocyanin from *Malva sylvestris* on plasma lipids and free radical. *Journal of Forestry Research*, 16, 228-232. <https://doi.org/10.1007/BF02856821>