

PIGMENTOS NATURALES QUE INTENSIFICAN LA COLORACIÓN DE LA YEMA DEL HUEVO Y SU ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE: UNA REVISIÓN

LEODAN TADEO RODRÍGUEZ-ORTEGA, ALEJANDRO RODRÍGUEZ-ORTEGA, SERGIO SEGOVIA-AZPEITIA, FILOGONIO JESÚS HERNÁNDEZ-GUZMÁN, DIANA MARÍA SIFUENTES-SAUCEDO, JORGE VARGAS-MONTER Y ERICK ALFREDO ZÚÑIGA-ESTRADA

RESUMEN

Los consumidores tienen preferencia por consumir huevos provenientes de aves alimentadas de forma natural, lo que ha generado mayor interés por el uso de pigmentos naturales para intensificar la coloración de la yema de los huevos de gallinas de traspatio. El objetivo de este trabajo es describir los pigmentos presentes en la alfalfa, el achiote, la páprika y la cúrcuma que contribuyen a incrementar la coloración de la yema. La alfalfa es una leguminosa rica en β -caroteno, luteína y zeaxantina. El achiote contiene pigmentos de color rojo y amarillo: bixina (liposoluble) y norbixina (hidrosoluble). La solubilidad en agua de este pigmento es una característica deseable, debido a su fácil incorporación al alimento de las aves. La cúrcuma es un rizoma que contiene cur-

cumina, un pigmento de color amarillo altamente soluble en lípidos, con un olor ligeramente picante y sabor amargo. La páprika es una fuente de capsantina, un pigmento de color rojo, soluble en grasa. En conclusión, la alfalfa contiene carotenos y xantofilas que intensifican la coloración de la yema y puede ser incorporada fresca o en harina a la dieta. El achiote puede ser disuelto en agua; esta característica lo hace práctico y de fácil manejo. La páprika y la cúrcuma son pigmentos naturales que deben ser disueltos en aceite para incorporarse al alimento. Los pigmentos naturales no presentan toxicidad y tienen efectos benéficos debido a su actividad antioxidante. La luteína, la zeaxantina y el β -caroteno son los responsables del color amarillo de la yema.

Introducción

El huevo es uno de los productos de origen animal más consumidos en México debido a su alta digestibilidad y contenido de nutrientes, así como a su bajo costo.

La yema contiene lípidos y carotenoides benéficos para la salud humana (Hernández-Guzmán *et al.*, 2025). La primera característica física del huevo que los consumidores observan es el color del cascarón, con tonos que van desde el blanco y el marrón hasta el verde oliva y el azul, según la raza de la

gallina (Hernández-Guzmán *et al.*, 2021). El color de la yema es una característica importante que influye en las preferencias y la aprobación del consumidor. Los consumidores prefieren los huevos con yemas de color amarillo intenso debido a que una mayor intensidad de color refleja un estado de frescura. La pigmentación

PALABRAS CLAVE / Antioxidante / Carotenoides / Color de la Yema / Radicales Libres /

Recibido: 25/05/2026. Modificado: 03/08/2026. Aceptado: 04/08/2026.

Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega. Doctor en Recursos Genéticos y Productividad, México. Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Producción Animal, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Estado de Hidalgo, México. e-mail: ORCID: 0000-0001-6561-4263.

Alejandro Rodríguez-Ortega. Doctor en Entomología y Acarología. Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Agrotecnología, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Estado de Hidalgo, México. ORCID: 0000-0002-9716-4778.

Sergio Segovia-Azpeitia. Ingeniero en Producción Animal, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM). ORCID: 0009-0003-9444-201X.

Filogonio Jesús Hernández-Guzmán (Autor de correspondencia). Doctor en Recursos Genéticos y Productividad. Profesor Investigador, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección: Carretera México-Texcoco km. 38.5, CP. 56230. Chapingo, Estado de México, México. e-mail: fjesushg@hotmail.com. ORCID: 0000-0003-2223-8346.

Diana María Sifuentes-Saucedo. Doctoranda en Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Profesora de Tiempo Completo, Ingeniería en Producción Animal, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Estado de Hidalgo, México. ORCID: 0000-0001-8384-7941.

Jorge Vargas-Monter. Doctor Ciencias Agropecuarias. Profesor de Tiempo Completo de la Ingeniería en Producción Animal de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Estado de Hidalgo, México. ORCID: 0000-0001-9845-2598.

Erick Alfredo Zúñiga-Estrada. Doctor en Química. Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Producción Animal, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Estado de Hidalgo, México. ORCID: 0009-0001-7174-0255.

de la yema es resultado de los carotenoides presentes en la dieta que consumen las aves. Las gallinas no pueden sintetizar carotenoides, por lo que es necesario adicionarlos al alimento (Karadas *et al.*, 2006). La mezcla de carotenoides amarillos y rojos es esencial para lograr un tono específico en las yemas de huevo (Matache *et al.*, 2024). La intensidad de la coloración de la yema está correlacionada con la concentración de carotenoides presentes en esta; a mayor intensidad de color, mayor es el contenido de carotenoides (Kojima, 2024). En este trabajo se exponen los pigmentos naturales presentes en la alfalfa, el achiote, la cúrcuma y la páprika, útiles para pigmentar la yema, así como su actividad antioxidante y sus efectos benéficos sobre la salud humana. Entre los principales beneficios de los carotenoides presentes en la dieta destaca su capacidad para eliminar o neutralizar los radicales libres (Mejía-Reyes *et al.*, 2022).

La cúrcuma se ha utilizado en la alimentación de aves de postura con el objetivo de incrementar el color de la yema. La curcumina, la desmetoxicurcumina y la bisdesmetoxicurcumina se clasifican como curcuminoides con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antisépticas (Rotimi *et al.*, 2024). La curcumina es la responsable del color amarillo y constituye entre 2% y 5% de la cúrcuma (Jyotirmayee y Mahalik, 2022). La páprika o pimienta roja (*Capsicum annuum*) contiene xantofilas de color rojo: capsantina, capsorrubina y capsantina-5,6-  p  xido, compuestos únicos y altamente estables (Mohd *et al.*, 2019). Además, contiene otros carotenoides, como luteína,   -caroteno, violaxantina, zeaxantina y   -criptoxantina. El contenido de carotenoides depende del estado de madurez, del manejo poscosecha y del genotipo. Oliveira *et al.* (2017) observaron que la adición de páprika (0,6%  kg⁻¹ de alimento) no afectó el peso ni el diámetro del huevo, mientras que mejor   el color de la yema en gallinas Hy-Line W36.

La alfalfa es una leguminosa que contiene carotenoides y xantofilas y puede ser adicionada a la dieta de las aves de postura en forma fresca o de harina. Englmaierova *et al.* (2019) observaron que la adición de alfalfa deshidratada a la dieta de gallinas aumentó el color de la yema (6,29 vs. 8,40), variable evaluada con el abanico de color de yema DSM.

Por otra parte, Rodríguez-Ortega *et al.* (2024) reportaron que la alfalfa fresca es una alternativa en la alimentación de las aves, ya que constituye una fuente de prote  ina, calcio y carotenoides. Englmaierova *et al.* (2019)

observaron que la alfalfa deshidratada contiene zeaxantina, luteína y   -caroteno (90,30; 86,30 y 24,80 mg  kg⁻¹). La adición de esta leguminosa aumenta las concentraciones de luteína, zeaxantina y   -caroteno en las yemas de huevo (Karadas *et al.*, 2006). Englmaierova *et al.* (2019) encontraron que la adición de alfalfa deshidratada en la alimentación de gallinas incrementó el color y la presencia de carotenoides (luteína y   -caroteno) en la yema de huevo de gallinas Hisex Brown.

El achiote (*Bixa orellana* L.) se ha utilizado en la alimentación de las aves con el objetivo de incrementar el color de la yema. Constituye una de las principales alternativas en la avicultura de trasp  tio debido a que es económico, de fácil acceso y contiene pigmentos hidrosolubles, como la norbixina (Rivera-Madrid *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo es describir el potencial de la alfalfa, el achiote, la cúrcuma y la páprika para intensificar la coloración de la yema de huevo en gallinas de trasp  tio y su efecto benéfico sobre la salud del consumidor.

Búsqueda Bibliográfica

La revisión presentada reúne información actualizada sobre los pigmentos responsables del color amarillo de la yema del huevo de gallinas de postura. Se describen los pigmentos naturales presentes en la alfalfa, el achiote, la cúrcuma y la páprika, así como su actividad antioxidante y sus efectos benéficos para la salud humana. La búsqueda bibliográfica se realizó entre diciembre de 2025 y julio de 2026 en las bases de datos PubMed y ScienceDirect.

Los Responsables del Color de la Yema

La yema del huevo es una importante fuente de luteína y zeaxantina. El contenido de estos pigmentos en la yema depende de la concentración de carotenoides presentes en el alimento que consume la gallina (Zaheer, 2017). Estos carotenoides tienen efectos benéficos para el consumidor y se depositan principalmente en la retina, donde tienen

la capacidad de eliminar especies reactivas de oxígeno debido a sus dobles enlaces conjugados (Zaheer, 2017). El sistema de dobles enlaces conjugados determina la capacidad de absorber luz en la región visible y, en consecuencia, su capacidad de proporcionar coloración (Carranco *et al.*, 2011). Las moléculas con un alto número de dobles enlaces conjugados absorben longitudes de onda más altas, lo que resulta en un color amarillo-rojo (Papapostolou *et al.*, 2023). Los electrones deslocalizados del sistema de dobles enlaces conjugados son responsables de las altas propiedades antioxidantes de los carotenoides (Cicero y Colletti, 2017).

La luteína y la zeaxantina presentes en la yema presentan una alta biodisponibilidad para el consumidor. Sin embargo, su concentración en la yema es muy variada y depende del tipo de pigmentos que se adicionen a la dieta y del sistema de producción (libertad o confinamiento). Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2026) observaron que los huevos de gallinas criadas en libertad presentaron un mayor contenido de luteína (23 vs. 11   g  g⁻¹) y zeaxantina (12 vs. 7   g  g⁻¹) que los huevos de gallinas criadas en jaula. El incremento en la coloración de la yema es importante en la avicultura de trasp  tio y en las pequeñas unidades de producción. Rodríguez-Ortega *et al.* (2024) reportaron que la adición de achiote a la dieta de gallinas de trasp  tio incrementó el color de la yema (8,5 vs. 5,6 unidades en el abanico de color DSM).

Luteína

En las aves, la luteína (del latín luteum, que significa "amarillo") es considerada un nutriente esencial (Figura 1), ya que su organismo no puede sintetizarla. Este carotenoide únicamente puede ser sintetizado por las plantas, por lo que debe ser suministrado a través de la dieta (Mrowicka *et al.*, 2022). La luteína se clasifica como una xantofila de color amarillo anaranjado, insoluble en medios acuosos. En su estructura presenta 40 átomos de carbono con una secuencia de enlaces dobles conjugados dominantes (Figura 1). La presencia de estos dobles

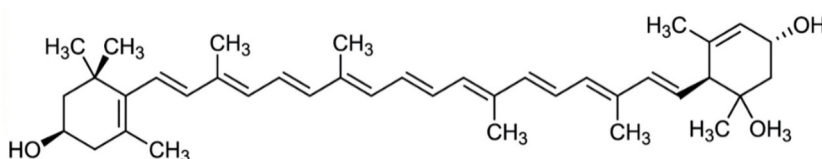


Figura 1. Estructura química de la luteína (C₄₀H₅₆O₂). Fuente: Makuch *et al.*, 2021.

enlaces le confiere su característico color amarillo y su capacidad para eliminar radicales libres (Fuad *et al.*, 2020). En su estructura (Figura 1) presenta enlaces simples y dobles alternados, un grupo metilo (CH_3) en posición lateral y, en cada extremo de la molécula, un grupo hidroxilo ($-\text{OH}$), el cual puede reaccionar con el radical superóxido (Fuad *et al.*, 2020; Ahn y Kim, 2021). El sistema de enlaces dobles conjugados actúa como un potente antioxidante al donar electrones y reaccionar con radicales libres para formar compuestos más estables (Ahn y Kim, 2021). La luteína se encuentra en la yema del huevo; a mayor intensidad de color de la yema, mayor es la concentración de carotenoides. El consumo de este pigmento aporta beneficios para la salud humana, ya que reduce la aparición de cataratas y la degeneración macular asociada con la edad (Bone y Landrum, 2010). Los efectos antiinflamatorios y antioxidantes de la luteína se atribuyen a su estructura única, en particular a la presencia de enlaces dobles conjugados, de grupos hidroxilo y de su capacidad para activar la superóxido dismutasa (Kamoshita *et al.*, 2016).

Zeaxantina

La zeaxantina (Figura 2) es un estereoisómero de la luteína; ambas poseen fórmulas químicas idénticas, pero presentan una estructura ligeramente diferente. La única diferencia entre sus estructuras químicas reside en la ubicación del doble enlace en uno de los dos anillos terminales de ionona. La zeaxantina y la luteína son consideradas xantofilas, es decir, carotenoides polares que contienen al menos un átomo de oxígeno (Widomska y Subczynski, 2014). La actividad antioxidante de la zeaxantina se debe a su estructura química y a la presencia de 11 enlaces dobles conjugados. Estos enlaces conjugados se distribuyen entre la cadena poliénica y los anillos de ionona, que contienen un grupo hidroxilo (Murillo *et al.*, 2019). Además, los enlaces dobles y la naturaleza polar de estos compuestos les confieren la capacidad para eliminar radicales libres (Berg y Lin, 2014). Asimismo, otra característica relacionada con su poder antioxidante es la presencia de dos grupos hidroxilo (Figura 2), que actúan como donadores y aceptores de enlaces de hidrógeno (Makuch *et al.*, 2021). La zeaxantina ayuda a mantener la retina saludable debido a su capacidad para neutralizar radicales libres producidos por la irradiación de los cromóforos (Jia *et al.*, 2017). La yema del huevo es una fuente natural de zeaxantina. Rasmussen *et al.* (2012) observaron que la concentración de zeaxantina en la yema oscila entre 0,67 y

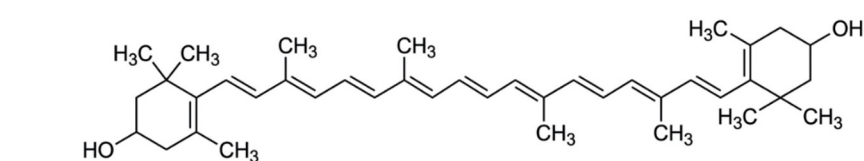


Figura 2. Estructura química de la zeaxantina ($\text{C}_{40}\text{H}_{56}\text{O}_2$). Fuente: Makuch *et al.*, 2021.

0,96 mg/100g de yema. La concentración de esta xantofila en la yema del huevo es relativamente baja, por lo que es necesario buscar fuentes naturales que, al adicionarse a la dieta de las aves, incrementen la concentración de este carotenoide. Kelly *et al.* (2014) reportaron que la concentración de zeaxantina en la yema de huevo es de 85 $\mu\text{g}/\text{yema}$.

β -caroteno

El β -caroteno tiene 11 enlaces dobles conjugados, lo que explica su color amarillo-naranja. En su estructura química no presenta átomos de oxígeno, sino únicamente átomos de carbono e hidrógeno (Figura 3). La extensión de los enlaces dobles en la cadena de hidrocarburos, así como la estereoquímica de la molécula, afectan el espectro de absorción y determinan su color (Pop *et al.*, 2006). La capacidad del β -caroteno para eliminar radicales libres se debe a sus dobles enlaces conjugados (Maoka, 2020). Grune *et al.* (2010) describieron la reacción entre el β -caroteno y un radical libre de la siguiente manera: el β -caroteno dona un átomo de hidrógeno o un electrón, lo que conduce a la formación de un radical carotenoide o un catión radical carotenoide. Tras la aceptación de electrones, se forma el anión radical carotenoide y las especies reactivas formadas se estabilizan mediante la deslocalización electrónica en todo el sistema de dobles enlaces.

Ni el ser humano ni las aves pueden sintetizar β -caroteno, por lo que debe estar presente en la alimentación. El β -caroteno no se disuelve en agua, por lo que debe ser disuelto en aceites o medios adecuados para incorporarlo a las dietas de gallinas de postura.

En el caso del ser humano, el consumo de yema aporta pequeñas cantidades de este carotenoide. Jiang *et al.* (1994) observaron que la adición de 200 mg de β -caroteno kg^{-1} de alimento incrementó el contenido de β -caroteno en la yema (0,14 vs. 5,19 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de yema). El contenido de carotenoides en la yema es muy bajo y se encuentra registrado en microgramos por gramo de yema. La acumulación de β -caroteno en el huevo es muy baja debido a que las aves lo convierten rápidamente en vitamina A. El β -caroteno trans es considerado el precursor más eficiente de vitamina A (Gul *et al.*, 2015). Zurak *et al.* (2024) observaron que la concentración de zeaxantina es mayor que la de β -caroteno en la yema (18,20 vs. 0,1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de yema).

Pigmentos Naturales

Alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa* L.), además de ser una leguminosa rica en proteína, también aporta carotenoides. La concentración de estos pigmentos depende de la relación hoja-tallo, la edad de corte, el manejo poscosecha y las condiciones de almacenamiento (Cardinault *et al.*, 2008). Vera-Velazquez *et al.* (2021) reportaron que el contenido total de carotenos en la alfalfa fue de 257 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de materia seca. La alfalfa fresca o deshidratada en forma de harina se ha incorporado a la dieta de aves de postura con el objetivo de aportar proteína y pigmentos naturales. Meléndez-Martínez *et al.* (2022) reportaron que la alfalfa seca aporta 697 μg de luteína, 247 μg de β -caroteno y 18 μg de zeaxantina por kg de materia seca. El contenido de carotenoides en la alfalfa es

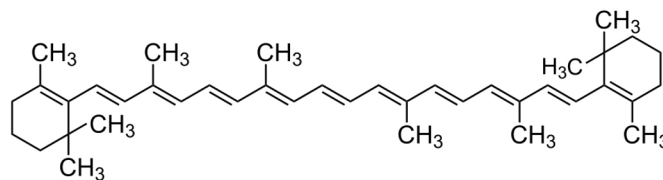


Figura 3. Estructura química del β -caroteno ($\text{C}_{40}\text{H}_{56}$). Fuente: Gul *et al.*, 2015.

muy bajo. Zong *et al.* (2026) observaron que el contenido de β -caroteno en la alfalfa fresca fue de 38 mg kg⁻¹ de materia seca, mientras que al suplementar 0.1% de ácido hexanoico en el ensilado de alfalfa con ochenta días de almacenamiento incrementó el contenido de β -caroteno (100 vs. 39.6 mg kg⁻¹ de materia seca).

La alfalfa constituye una alternativa natural para incrementar el color de la yema en gallinas de postura. Englmaierova *et al.* (2019) observaron que la adición de 40 mg de alfalfa deshidratada por kg de alimento a la dieta de gallinas de postura Hisex Brown aumentó el color de la yema (6,29 vs. 8,40). Esta variable fue evaluada con el abanico de color de yema DSM. Al-Shami *et al.* (2011) reportaron que la inclusión de 7% de harina de hojas de alfalfa y 0,05% de Xylam (mezcla de endoxilanas y α -amilasa) en la dieta de gallinas de postura White Hisex incrementó el color de la yema (4,13 vs. 9,75 unidades del abanico de color de yema DSM), sin afectar el peso del huevo (56,33 vs. 56,22g) ni el consumo de alimento (111 vs. 114g por ave por día). Grela *et al.* (2022) encontraron que la suplementación con 30 de concentrado de proteína de alfalfa (50-55% de proteína, 10,2% de grasa cruda y 0,59% de fibra cruda) por kg de alimento en gallinas de postura intensificó el color de la yema (6,55 vs. 8,96 puntos), sin afectar el peso del huevo (60,5 vs. 59,7g) ni el peso de la yema (15,4 vs. 15,9g).

Achiote

El achiote es un árbol (*Bixa orellana* L.) perene, rico en pigmentos naturales: bixina (Figura 4; C₂₅H₃₀O₄), de color rojo oscuro y soluble en lípidos, y norbixina o orellina (C₂₄H₂₈O₄), de color rojo anaranjado y soluble en agua (Rivera-Madrid *et al.*, 2016). La bixina representa el principal carotenoide presente en el colorante obtenido del achiote. Asimismo, se ha documentado que el achiote contiene antioxidantes como los tocotrienoles (forma insaturada de los tocoferoles; Stevens-Barrón *et al.*, 2017), los tocoferoles (el α -tocoferol es el más utilizado en la nutrición avícola; Rodríguez-Ortega *et al.*, 2017), los terpenos y los flavonoides (metabolitos secundarios con propiedades antioxidantes; Cartaya y Reinaldo, 2001), presentes tanto en las semillas como en las hojas (Raddatz-Mota *et al.*, 2016).

Las xantofilas presentes en el achiote tienen propiedades antioxidantes que contribuyen a reducir el daño oxidativo ocasionado por los radicales libres en diferentes tejidos, así como la inflamación sistémica. Los terpenoides son

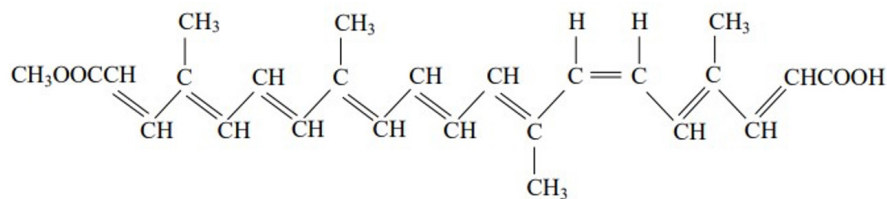


Figura 4. Estructura química de la bixina (C₂₅H₃₀O₄). Fuente: Devia y Saldarriaga, 2003.

metabolitos secundarios de las plantas con propiedades benéficas para la salud humana, incluidas las antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias (Cámara *et al.*, 2024). Raju *et al.* (2022) encontraron que la semilla de achiote contiene los siguientes terpenoides: octadecanoato de geranilgeranilo, formiato de geranilgeranilo y farnesilacetona. El achiote se utiliza principalmente para proporcionar colores atractivos a algunos alimentos (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2024). Además, constituye una alternativa natural para pigmentar la yema del huevo de gallinas de traspaso debido a su solubilidad en agua y a su ausencia de toxicidad. Adicionalmente, puede encontrarse fácilmente en mercados y tiendas de autoservicio en México.

Melo *et al.* (2021) encontraron que la inclusión de 85g de semilla de achiote por kg de alimento, formulado a base de sorgo, para gallinas de postura Lohman Brown intensificó el color amarillo de la yema (b: 19,69 vs. 36,63 unidades del colorímetro Minolta CR400). Sin embargo, este nivel de achiote no afectó el peso del huevo (60,37 vs. 60,27g), el

porcentaje de clara (66,36 vs. 66,15%) ni el de yema (24,07 vs. 24,57%).

El consumidor tiene preferencia por huevos de tamaño grande y yemas con intenso color amarillo o naranja. Benítez *et al.* (2010) reportaron que la norbixina (Figura 5), presente en la semilla de achiote, es un pigmento natural de color rojo-anaranjado con alta solubilidad en agua. Esta semilla constituye una alternativa natural para pigmentar la yema. Martínez *et al.* (2021) encontraron que la suplementación con 1,5% de polvo de semillas de achiote en la dieta de gallinas de postura Dekalb White incrementó el color de la yema (1,83 vs. 5,53 puntos de la escala de Roche), sin afectar el peso del huevo (59,15 vs. 59,91g).

Cúrcuma

La cúrcuma (*Curcuma longa* L., Zingiberaceae) es un rizoma que, en forma seca y en polvo, constituye un pigmento natural de color amarillo utilizado comúnmente como especia y colorante alimenticio (Park *et al.*, 2012). La

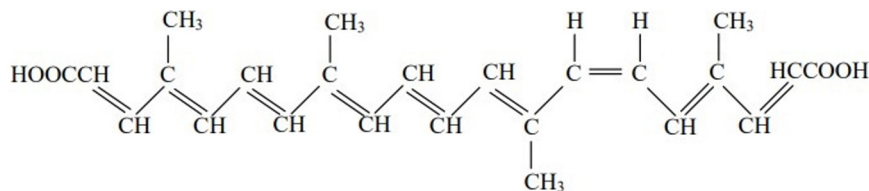


Figura 5. Estructura química de la norbixina (C₂₄H₂₈O₄). Fuente: Devia y Saldarriaga, 2003.

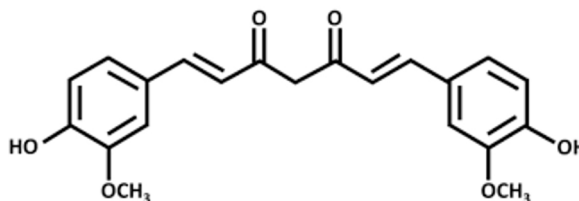


Figura 6. Estructura química de la curcumina (C₂₁H₂₀O₆). Fuente: Priyadarsini et al., 2020.

curcumina ($C_{21}H_{20}O_6$; Figura 6) es el principal polifenol curcuminóide presente en la cúrcuma (González-Albadalejo *et al.*, 2015). Es poco soluble en agua; sin embargo, es altamente soluble en lípidos, tiene un olor ligeramente picante y sabor amargo. Otros curcuminoides encontrados en pequeñas cantidades son la desmetoxicurcumina, la bisdesmetoxicurcumina y el tetrahidrocurcuminóide (Suwarta y Suryani, 2019), los cuales poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Laganá *et al.*, 2019). En pequeñas cantidades se ha utilizado para pigmentar la yema. Park *et al.* (2012) observaron que la adición de 0,5% de polvo de cúrcuma a la dieta de gallinas Lohmann Brown aumentó el color de la yema (8,32 vs. 8,53 unidades del abanico de colores de Roche). Con este nivel de inclusión también observaron la presencia de curcumina en la yema (0 vs. 0,34 $\mu\text{g/g}$ de yema). Por otra parte, Widjastuti *et al.* (2017) reportaron que la adición de 0,3% de cúrcuma en forma de harina a la dieta de gallinas Sentul de doble propósito, de 42 semanas de edad, incrementó el color de la yema (8,01 vs. 9,01 puntos en la escala de color). Este nivel de inclusión no afectó el peso del huevo (41,5 vs. 40,87g). En codornices también se ha evaluado el efecto de la cúrcuma. Suwarta y Suryani (2019) reportaron que la adición de 40g de canela más 40g de cúrcuma por kg de alimento incrementó el peso del huevo (9,3 vs. 10,46g) y el color de la yema (3,31 vs. 5,45 puntos del abanico de colores de Roche).

Páprika

La páprika (*Capsicum annum*) es una fuente de xantofilas rojas: capsantina, capsorrubina, cucurbitaxantina A y criptocapsina (Yatsushashi *et al.*, 2022). La capsantina (Figura 7) es uno de los principales carotenoides presentes en la páprika y es soluble en aceite (Li *et al.*, 2024). Este carotenoide tiene la capacidad de eliminar radicales libres y puede suprimir la formación de hidroperóxidos (Kim *et al.*, 2016). Lokaewmanee *et al.* (2010) encontraron que la adición de 0,1% de páprika a la dieta de gallinas de postura Charoen Pokphand incrementó el color de la yema (8,64 vs. 11,47 unidades del abanico de Roche). Asimismo, la combinación de páprika y pétalos de la flor de caléndula (0,1% y 0,1%) intensificó el color de la yema (8,64 vs. 12,17 unidades del abanico de Roche). Los autores atribuyeron este efecto a la combinación de xantofilas rojas de la páprika y xantofilas amarillas presentes en los pétalos de la caléndula.

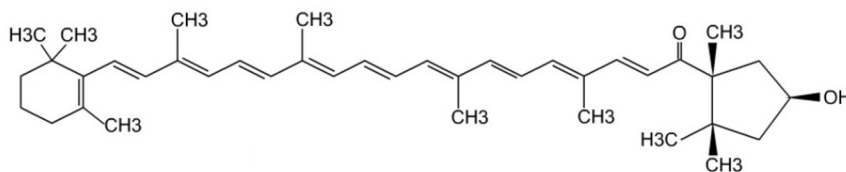


Figura 7. Estructura química de la capsantina. Fuente: Kim *et al.*, 2016.

Por otra parte, Giehl *et al.* (2024) observaron que la adición de páprika, achiote y cúrcuma a la dieta de gallinas de postura incrementó el color de la yema. De igual manera, Lokaewmanee *et al.* (2011) reportaron que la inclusión de 0,1% de páprika incrementó el color de la yema (8,64 vs. 11,47 unidades del abanico colorimétrico de Roche). Además, al evaluar el color con el espectrofotómetro, encontraron una mayor intensidad del color amarillo (b^* : 36,75 vs. 42,12 valores de amarillez registrados con el espectrofotómetro NF333) en la yema del huevo de gallinas de postura.

Pigmentos Sintéticos

Los pigmentos sintéticos utilizados en la producción avícola son: etil  ster-  -apo-8-caroteno o apo  ster al 10%, de color amarillo, y cantaxantina al 10% (4,4'-diceto-  -caroteno), de color rojo. Ambos pigmentos se utilizan para incrementar el color de la yema, la piel y las patas de los pollos de engorde (Garcia *et al.*, 2002). Steinberg *et al.* (2000) observaron que la adición de 40mg por kg de alimento de pigmento sintético apo  ster a la dieta de gallinas de postura incrementó el color rojo (a^* : 13,6 vs. 22,9

valores de enrojecimiento del colorímetro) y amarillo (b^* : 42,9 vs. 57,9 valores de amarillez del colorímetro) de la yema. Resultados similares fueron reportados por Sirri *et al.* (2007), quienes encontraron que la adición de 40, 60 y 80 ppm de apo  ster aumentó de forma lineal el color amarillo (b^* : 67,6, 67,8 y 66,9 valores de amarillez del colorímetro) y rojo (a^* : 6,9, 10,6 y 12,0 valores de enrojecimiento del colorímetro) de la yema de huevos de gallinas Hy-Line White. El uso excesivo de pigmentos sintéticos puede ocasionar problemas de salud. El límite máximo de cantaxantina es de 8 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de alimento para gallinas ponedoras, debido a que dosis elevadas pueden ocasionar la formación de pequeños cristales en la retina humana (Piturlea *et al.*, 2021; Baker y Günther, 2004).

Actividad Antioxidante

Para entender el efecto antioxidante de los carotenoides presentes en la yema es necesario definir qué es un antioxidante. Un antioxidante (Figura 8) es un compuesto capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres mediante la liberación de electrones. Estos compuestos son moléculas pequeñas de



Figura 8. Antioxidantes Fuente: González-Mayo *et al.*, 2017.

origen endógeno o exógeno. Los endógenos son aquellos que se producen dentro del organismo, tales como las enzimas catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa (González-Mayo *et al.*, 2017). Por su parte, los exógenos provienen de los alimentos consumidos en la dieta, como la vitamina E, la vitamina C, los carotenoides y los compuestos fenólicos (Mejía-Reyes *et al.*, 2022).

Daño Oxidativo

El daño oxidativo puede deteriorar los alimentos. Cuando ocurre la oxidación de grasas o aceites, se producen mal olor y sabor rancio como consecuencia de la formación de hidroperóxidos lipídicos (LOOH). Estos son compuestos tóxicos que, al ser ingeridos, ocasionan efectos negativos para la salud (Sehwag y Das, 2013). La oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados en la bicapa lipídica de la membrana celular conduce a la formación de aldehídos (Pizzimenti *et al.*, 2013), como malondialdehído (MDA), 4-hidroxi-2-nonenal (HNE) y 4-hidroxihexenal (HHE). Este último induce la formación del radical superóxido, del peróxido de hidrógeno, del radical hidroxilo y del anión peroxinitrito (Vargas *et al.*, 2007).

En el contexto de esta revisión el objetivo de incrementar el color de la yema es que el consumidor obtenga antioxidantes endógenos que reduzcan el daño causado por los radicales libres. Para ello, es necesario explicar qué es un radical libre (Figura 9). Un radical libre es una especie que contiene uno o más electrones desapareados, es altamente reactiva y tiende a captar electrones de moléculas estables para alcanzar su estabilidad electroquímica (Mejía-Reyes *et al.*, 2022). Como consecuencia, la molécula que pierde un electrón se transforma en un radical libre (Carvajal, 2019). Una característica de los radicales libres es su tendencia a causar reacciones en cadena, ya que un radical genera otro radical y así sucesivamente.

En la alimentación natural de las aves se encuentran los compuestos fenólicos. Estos compuestos están presentes en tallos, hojas, flores, frutos, semillas, frutos secos y corteza. Presentan efectos benéficos debido a su capacidad para disminuir el crecimiento de bacterias y a su poder antioxidante. Además, mejoran el valor nutricional de los alimentos al retardar la degradación oxidativa de los lípidos (Rasha y Mustafa, 2025). Tang *et al.* (2025) observaron que la adición de polifenoles del té, ácido rosmarínico y cúrcuma disminuyó la oxidación de lípidos y proteínas de

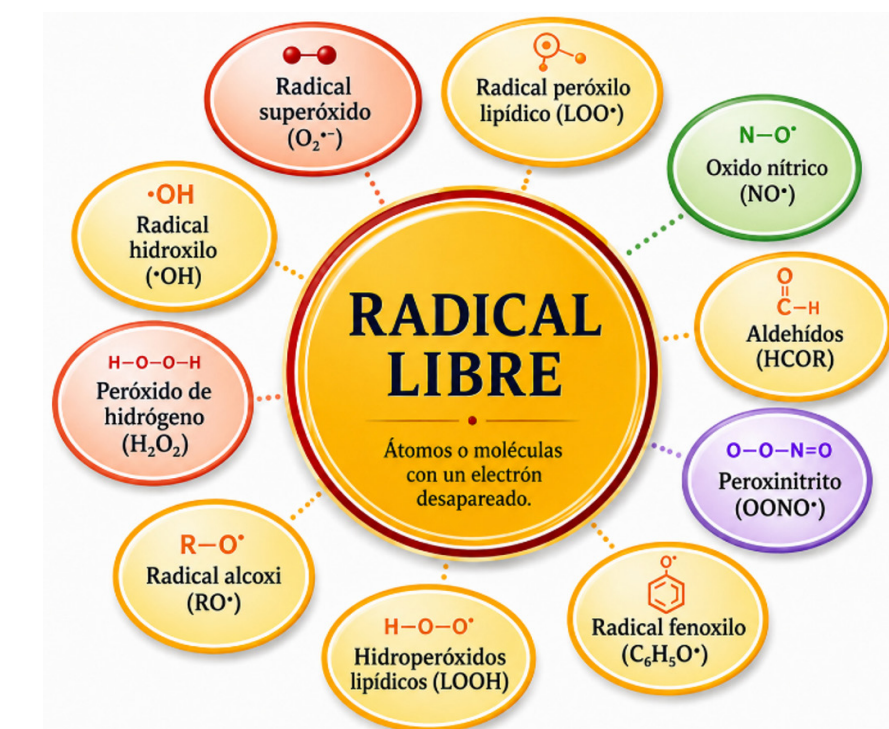


Figura 9. Radicales libres. Fuente: Martemucci *et al.*, 2022; Miazek *et al.*, 2022.

la yema, sin afectar el sabor ni la estructura de la yema. Por lo tanto, es necesario explicar el efecto antioxidante de los polifenoles en la alimentación de las gallinas de postura para comprender sus efectos benéficos tanto en la salud de las aves como del consumidor.

Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos son moléculas con poder antioxidante que contienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático (Figura 10; Peñarrieta *et al.*, 2014). Los fenoles se clasifican en monohídricos, dihidricos o trihidricos según el número de grupos OH presentes en el anillo. Estos compuestos son capaces de donar electrones o átomos de hidrógeno para neutralizar los radicales libres y otras especies reactivas de oxígeno (Koleckar *et al.*, 2008). La actividad antioxidante de un compuesto fenólico depende del número y de la posición de sus grupos hidroxilo (OH) presentes en su anillo aromático (Chen *et al.*, 2024), así como de su peso molecular (Charlton *et al.*, 2023).

Polifenoles

Los polifenoles son un grupo amplio y diverso de compuestos

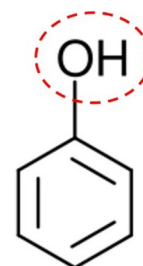


Figura 10. Estructura química de un compuesto fenólico simple (C_6H_5OH). Fuente: Peñarrieta *et al.*, 2014. Un grupo hidroxilo [OH] unido a un átomo que forma parte de un anillo aromático [anillo de benceno]. El nombre específico del C_6H_5OH es monohidroxibenceno conocido también como bencenol o ácido carbólico.

naturales caracterizados por la presencia de uno o más anillos fenólicos con uno o más grupos hidroxilo (Figura 10). Desde el punto de vista estructural, son de mayor tamaño que los compuestos fenólicos y abarcan desde moléculas simples, como los ácidos fenólicos, hasta compuestos altamente complejos, como los taninos (Scalbert *et al.*, 2005). La clasificación de los polifenoles se basa principalmente en la topología del anillo fenólico y en los átomos o moléculas laterales unidos a este. Los polifenoles se clasifican en

ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, taninos, lignanos y cumarinas (Rudrapal *et al.*, 2024). La actividad antioxidante depende de la posición y del número de grupos hidroxilo. Al reaccionar un polifenol con un radical libre, cede un electrón para neutralizarlo y forma radicales fenoxilo estables (Ebrahimi y Lante, 2021). Los radicales fenoxilo (PhO•) generados tienen el potencial de estabilizarse por resonancia o autocombinación, lo que da lugar a la formación de dímeros que finalmente ponen fin a la reacción en cadena de los radicales libres (Rasha y Mustafa, 2025).

Taninos

Los taninos son polifenoles complejos de alto peso molecular que, debido a su astringencia, tienen un uso limitado en la nutrición. Kumar *et al.* (2020) los definieron como biomoléculas grandes y complejas clasificadas en condensados e hidrolizables. Las especies vegetales que contienen mayor cantidad de taninos condensados son la acacia y el quebracho. Las altas concentraciones de taninos en la alimentación de las gallinas de postura ocasionan efectos negativos. López *et al.* (2000) reportaron que el sorgo café presenta altas concentraciones de taninos, lo que le otorga resistencia a los pájaros y a algunas plagas. Sin embargo, reduce el valor nutricional del grano para las aves, disminuye la disponibilidad de metionina y la digestibilidad de la proteína hasta en un 45%. Choi y Kim (2020) observaron que concentraciones elevadas de taninos en la alimentación de las aves reducen el consumo de alimento, disminuyen la digestibilidad y la absorción de nutrientes. No obstante, presentan una elevada actividad antioxidante. Shi *et al.* (2003) reportaron que el poder antioxidante de las proantocianidinas es 20 veces mayor que el de la vitamina E y 50 veces mayor que el de la vitamina C.

Actividad Antioxidante de la Vitamina E y C

En esta investigación se ha explicado la actividad antioxidante de la luteína, la zeaxantina, el β -caroteno y los polifenoles. Asimismo, las vitaminas E y C son antioxidantes que pueden adicionarse a la dieta del ser humano y de las aves con el objetivo de reducir el efecto de los radicales libres. El poder antioxidante de la vitamina E (α -tocoferol) radica en su capacidad para transferir su hidrógeno fenólico a un radical peróxido (ROO•) y convertirlo en un hidroperóxido (Yamauchi, 1997). El grupo hidroxilo fenólico presente en el anillo de cromanol puede donar un átomo de hidrógeno para neutralizar un radical libre (Figura 11; Olmedilla *et al.*, 2018).

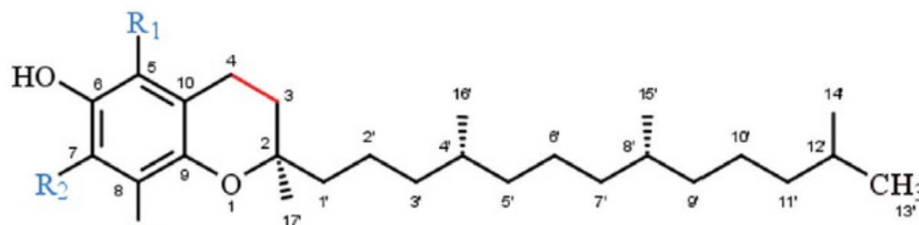


Figura 11. Estructura química del α -tocoferol. Fuente: Wallert *et al.*, 2020.

Ara *et al.* (2026) mencionaron que el anillo de cromanol del α -tocoferol constituye la parte hidrófila, mientras que la cadena lateral derivada del fitilo es liposoluble. El α -tocoferol tiene un color amarillo claro a ámbar y, debido a su naturaleza lipofílica, se localiza en la membrana celular, donde interfiere con las reacciones en cadena de la peroxidación lipídica, especialmente en los ácidos grasos poliinsaturados.

El α -tocoferol tiene tres grupos metilo [CH₃; Figura 11] en las posiciones C5, C7 y C8 del anillo de cromanol y presenta tres átomos de carbono quirales: uno en la posición C2 del anillo de cromanol y dos en la cadena lateral, en las posiciones C4' y C8' (Ara *et al.*, 2026). Un átomo de carbono quiral es aquel que está unido a cuatro sustituyentes diferentes.

La vitamina C o ácido L-ascórbico (Figura 12) es una lactona de seis carbonos derivada del ácido 2-ceto-L-glucónico, que tiene relación estructural con la glucosa y otras hexosas (Oro y Donnamaria, 2006). Esta vitamina es un polvo cristalino, blanco, inodoro y soluble en agua (Valdes, 2006). Es el principal antioxidante no enzimático hidrosoluble. La principal función de la vitamina C es neutralizar radicales libres, reducir el hierro y regenerar la vitamina E (Villagrán *et al.*, 2019). Además, dona un átomo de hidrógeno al radical libre α -tocoferoxilo, regenerando el α -tocoferol (Manolescu *et al.*, 2008). El ácido ascórbico se transforma en un radical libre estable conocido como ascorbilo o monodehidroascorbato (Do *et al.*, 2016). Posteriormente, este se estabiliza por resonancia y puede donar un segundo electrón para neutralizar un segundo radical hidroxilo, dando como resultado la formación de deshidroascorbato (Manolescu *et al.*, 2008).

Conclusión

En esta investigación se concluye que la alfalfa, el achiote, la cúrcuma y la páprika contienen

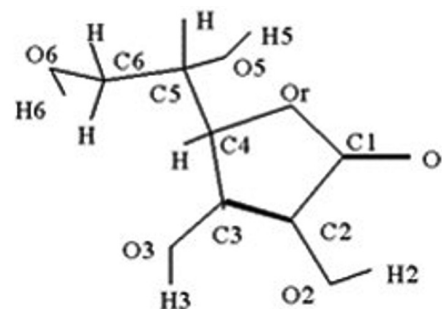


Figura 12. Estructura química del ácido L-ascórbico (C₆H₈O₆); C: átomos de carbono, O: átomos de oxígeno, Or: átomo de oxígeno del anillo, H: átomo de hidrógeno, los grupos hidroxilo en los carbonos 2 y 3 del grupo diénol son los responsables de su facilidad para donar electrones. Fuente: Oro y Donnamaria, 2006.

pigmentos naturales que pueden contribuir a intensificar el color de la yema del huevo de gallinas. Debido a su solubilidad en agua, el achiote constituye una alternativa práctica para las familias de escasos recursos, ya que es un ingrediente económico, práctico y de fácil acceso. Los pigmentos naturales no presentan toxicidad en los niveles utilizados en la alimentación avícola y su estructura química les confiere poder antioxidante, lo que les permite donar electrones para neutralizar radicales libres. La presencia de luteína, zeaxantina y β -caroteno en la yema es beneficiosa para la salud humana, ya que contribuye al mantenimiento de la salud ocular y a reducir el daño causado por los radicales libres.

REFERENCIAS

- Ahn YJ, Kim H (2021) Lutein as a Modulator of Oxidative Stress-Mediated Inflammatory Diseases. *Antioxidants* 10: 1-23.
- Al-shami MA, Salih ME, Abbs TE (2011) Effects of dietary inclusion of alfalfa (*Medicago sativa* L.) leaf meal and Xylamenzym on laying hens' performance and egg quality. *Research*

- Opinions in Animal and Veterinary Sciences* 1: 754-759.
- Ara Z, Waliullah S, Rastogi D, Pan S (2026) Vitamin E and human health: An update global. *Journal of Health Sciences and Research* 4: 36-45.
- Baker R, Günther C (2004) The role of carotenoids in consumer choice and the likely benefits from their inclusion into products for human consumption. *Trends in Food Science & Technology* 15: 484-488. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.04.0094>
- Benítez R, Lenis LA, Paz J (2010) Incremento de la estabilidad de bixina, norbixina y geraniol por complejamiento con β -ciclodextrina. *El hombre y la Máquina* 34: 94-99.
- Berg J, Lin D (2014) Lutein and zeaxanthin: An overview of metabolism and eye health. *Journal of Human Nutrition & Food Science* 2: 1039. <https://doi.org/10.47739/2333-6706/1039>
- Bone RA, Landrum JT (2010) Dose-dependent response of serum lutein and macular pigment optical density to supplementation with lutein esters. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 504: 50-55.
- Calislar S (2019) The Important of Beta Carotene on Poultry Nutrition. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 33: 252-259.
- Cámara JS, Perestrelo R, Ferreira R, Berenguer CV, Pereira JAM, Castilho PC (2024) Plant-Derived Terpenoids: A Plethora of Bioactive Compounds with Several Health Functions and Industrial Applications-A Comprehensive Overview. *Molecules* 29: 1-35.
- Cardinault N, Lyan B, Doreau M, Chauveau B, Rock E, Grolier P (2008) Development of a method to determine carotenoid composition of fresh forages. *Canadian Journal of Plant Science* 88: 1057-1064. <https://doi.org/10.4141/CJPS07133>
- Carranco JME, Calvo CMC, Pérez-Gil RF (2011) Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 61: 233-241.
- Cartaya O, Reinaldo I (2001) Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales* 22: 5-14.
- Carvajal CC (2019) Especies reactivas del oxígeno: formación, función y estrés oxidativo. *Revista Medicina Legal de Costa Rica* 36: 92-100.
- Charlton NC, Mastuygin M, Török B, Török M (2023) Structural Features of Small Molecule Antioxidants and Strategic Modifications to Improve Potential Bioactivity. *Molecules* 28: 2-39.
- Chen Z, Swislocka R, Choinska R, Marszałek K, Dabrowska A, Lewandowski W, Lewandowska H (2024) Exploring the Correlation Between the Molecular Structure and Biological Activities of Metal-Phenolic Compound Complexes: Research and Description of the Role of Metal Ions in Improving the Antioxidant Activities of Phenolic Compounds. *International Journal Molecular Sciences* 25: 1-20.
- Choi J, Kim WK (2020) Dietary Application of Tannins as a Potential Mitigation Strategy for Current Challenges in Poultry Production: A Review. *Animal* 10: 1-21.
- Cicero A, Colletti A (2017) Effects of Carotenoids on Health: Are All the Same? Results from Clinical Trials. *Current Pharmaceutical Design* 23: 1-6.
- Devia PJE, Saldarriaga CL (2003) Planta piloto para obtener colorante de la semilla de achote (*Bixa orellana*). *Revista Universidad EAFIT* 39: 9-23.
- Do H, Kim IS, Jeon BW, Lee CW, Park AK, Wi AR, Shin SC, Park H, Kim YS, Yoon HS, Kim HW, Lee JH (2016) Structural understanding of the recycling of oxidized ascorbate by dehydroascorbate reductase (OsDHAR) from *Oryza sativa* L. japonica. *Scientific Reports* 6: 19498. <https://doi.org/10.1038/srep19498>
- Ebrahimi P, Lante A (2021) Polyphenols: A Comprehensive Review of their Nutritional Properties. *The Open Biotechnology Journal* 15: 164-172.
- Englmaierova M, Skrivan M, Vit T (2019) Alfalfa meal as a source of carotenoids in combination with ascorbic acid in the diet of laying hens. *Czech Journal of Animal Science* 64: 17-25.
- Fuad NIN, Sekar M, gan SH, Lum PT, Vijanathappa J, Ravi S (2020) Lutein: A Comprehensive Review on its Chemical, Biological Activities and Therapeutic Potentials. *Pharmacognosy Journal* 12: 1769-1778.
- Garcia EA, Mendes AA, Pizzolante CC, Gonçalves HC, Oliveira RP, Silva MA (2002) Effect of Cantaxantina Levels on Performance and Egg Quality of Laying Hens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 4: 1-7.
- Giehl DZ, Krabbe EL, Ávila VS, Roll VFB (2024) Internal egg quality of hens fed diets supplemented with natural pigments and canthaxanthin. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 59: e03382. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2024.v59.03382>
- González-Albadalejo J, Sanz D, Claramunt RM, Lavandera JL, Alkorta I, Elguero J (2015) Curcumin and curcuminoids: chemistry, structural studies and biological properties. *Anales Real Academia de Farmacia* 81: 278-310.
- González-Mayo G, Triana L, Smith M, Tovar A, Cabello R, Ucero CT, Navarro MP, Camacho M, Vicci H, Lizardo M, López M (2017) Enzimas antioxidantes y marcadores de peroxidación lipídica en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *Comunidad y Salud* 15: 1-13
- Grela ER, Knaga S, Winiarska-Mieczan A, Ziębag (2020) Effects of dietary alfalfa protein concentrate supplementation on performance, egg quality, and fatty acid composition of raw, freeze-dried, and hard-boiled eggs from Polbar laying hens. *Poultry Science* 99: 2256-2265.
- Grune T, Lietz G, Palou A, Ross AC, Stahl W, Tang GW, Thurnham D, Yin SA, Biesalski HK (2010) β -Carotene is an important vitamin A source for humans. *The Journal of Nutrition* 140: 2268S-2285S. <https://doi.org/10.3945/jn.109.119024>
- Gul K, Tak A, Singh AK, Singh P, Yousuf B, Wani AA (2015) Chemistry, encapsulation, and health benefits of β -carotene - A review. *Cogent Food & Agriculture* 1: 1018696. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1018696>
- Hernández-Guzmán FJ, Rodríguez-Ortega A, González-Cerón F, Mendoza-Pedroza SI, Rodríguez-Ortega LT, Crosby-Galván MM (2021) Descripción de los ácidos grasos del huevo de gallinas Araucanas y Marans. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8: e2948. <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2948>
- Hernández-Guzmán FJ, Rodríguez-Ortega A, Ronquillo de JE, Mendoza-Pedroza SI, Aguilar-Méndez MA, Rodríguez-Ortega LT (2025) Color de la yema y ácidos grasos del huevo de guajolote criollo y pato. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 12: 1-12.
- Jia YP, Sun L, Yu HS, Liang LP, Li W, Ding H, Song XB, Zhang LJ (2017) The pharmacological effects of lutein and zeaxanthin on visual disorders and cognition diseases. *Molecules* 22: 610. <https://doi.org/10.3390/molecules22040610>
- Jiang YH, McGeachin RB, Bailey CA (1994) α -Tocopherol, β -carotene, and retinol enrichment of chicken eggs. *Poultry Science* 73: 1137-1143. <https://doi.org/10.3382/ps.0731137>
- Jyotirmayee B, Mahalikg (2022) A review on selected pharmacological activities of *Curcuma longa* L. *International Journal of Food Properties* 25: 1377-1398.
- Kamoshita M, Eriko T, Osada H, Toshio N, Saori K, Kazuo T, Yoko O (2016) Lutein acts via multiple antioxidant pathways in the photo-stressed retina. *Scientific Reports* 6: 1-10.
- Karadas F, Grammenidis E, Surai PF, Acamovic T, Sparks NHC (2006) Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition. *British Poultry Science* 47: 561-566.
- Kelly ER, Plat J, Haeneng RMM, Kijlstra A, Berendschot TJM (2014) The effect of modified eggs and an egg-yolk based beverage on serum lutein and zeaxanthin concentrations and macular pigment optical density: results from a randomized trial. *Plos One* 9: 1-9.
- Kim JS, Lee WM, Rhee HC, Kim S (2016) Red paprika (*Capsicum annum* L.) and its main carotenoids, capsanthin and β -carotene, prevent hydrogen peroxide-induced inhibition of gap-junction intercellular communication. *Chemico-Biological Interactions* 254: 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2016.05.034>
- Kojima S (2024) Impact of High-Dose Supplemental Paprika Extract Feeding on Egg Storage and Biochemical Parameters in Laying Hens. *Animals* 14: 1-10.
- Koleckar V, Kubikova K, Rehakova Z, Kuca K, Jun D, Jahodar L, Opleta L (2008) Condensed and Hydrolysable Tannins as Antioxidants Influencing the Health. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* 8: 436-447.
- Kumar DA, Nazrul I, Faruk O, Ashaduzzaman, Dunganic R (2020) Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany* 135: 58-70.
- Laganá C, Saldanha ESPB, Sartori JR, Turco PHN, Gonzales E, Luciano RL, Zanattag, Fascina VB (2019) Turmeric on Poultry Production: A Review. *Agricultural Sciences* 10: 1592-1601.
- Li Y, Zhou J, Wang L, Liu Q, Zhou C, Liao Xiali, Yang Bo (2024) Inclusion complexes of capsanthin with acyclic cucurbit[n]urils to improve its stability and antioxidant capacity. *Food Chemistry* 432: 136852.
- Lokaewmanee K, Yamauchi K, Komori T, Saito K (2011) Enhancement of egg yolk color by paprika combined with a probiotic. *The Journal of Applied Poultry Research* 20: 90-94.
- Lokaewmanee K, Yamauchi K, Komori T, Saito K (2010) Effects on egg yolk color of paprika

- or paprika combined with marigold flower extracts. *Italian Journal of Animal Science* 9: 356-359.
- López CC (2020) Los taninos en la alimentación de las aves comerciales. *Ciencia Animal Brasileira* 1: 5-22.
- Makuch K, Hryc J, Markiewicz M and Pasenkiewicz-Gierula M (2021) Lutein and Zeaxanthin in the Lipid Bilayer-Similarities and Differences Revealed by Computational Studies. *Frontiers in Molecular Biosciences* 8: 768449.
- Manolescu B, Atanasiu V, Cercasov C, Stoian I, Oprea E, Buşu C (2008) So many options but one choice: the human body prefers otocopherol. A matter of stereochemistry. *Journal of Medicine and Life* 1: 376-382.
- Maoka T (2020) Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines* 74: 1-16.
- Martemucci G, Costagliola C, Mariano M, Dandrea L, Napolitano P, Alessandro DAG (2022) Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health. *Oxygen* 2: 48-78.
- Martínez Y, Orozco CE, Montellano RM, Valdivié M, Parrado CA (2021) Use of achiote (*Bixa orellana* L.) seed powder as pigment of the egg yolk of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research* 30: 2-10.
- Matache CC, Panaite TD, Cornescug M, Dragotoiu D (2024) Influence of Natural Pigments on Egg Quality and Yolk Colour Intensity - A Review. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies* 57: 184-194.
- Mejía-Reyes JD, García-Cabrera KE, Velázquez-Ovalleg, Vázquez-Ovando A (2022) Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* 9: 9-33.
- Meléndez-Martínez AJ, Mandić AI, Bantis F, Böhm V, Borge GIA, Brnčić M, Bysted A, Cano MP, Dias MG, Elgersma A, Fikselová M, García-Alonso J, Giuffrida D, Gonçalves VSS, Hornero-Méndez D, Kljak K, Lavelli V, Manganaris GA, Mapelli-Brahm P, Marounek M, Olmedilla-Alonso B, Periago-Castón MJ, Pinteá A, Sheehan JJ, Tumbas Šaponjac V, Valšiková-Frey M, Van Meulebroek L, O'Brien N (2022) A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: status quo, applications, patents, and research needs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62: 1999-2049. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867959>
- Melo MCA, Freitas ER, Dantas FDT, Fernandes DR, Watanabe PH (2021) Annatto seed by-product in diets containing sorghum for commercial laying hens. *Revista Ciencia Agronómica* 52: 1-9.
- Miazek K, Beton K, Sliwinska A, Brozek-Pluska B (2022) The Effect of β -Carotene, Tocopherols and Ascorbic Acid as Anti-Oxidant Molecules on Human and Animal *in vitro/in vivo* Studies: A Review of Research Design and Analytical Techniques Used. *Biomolecules* 12: 1-45.
- Mohd HN, Asyiqin YN, Fareeza YA, Mohd RNN, Othman R (2019) Carotenoids of Capsicum Fruits: Pigment Profile and Health-Promoting Functional Attributes. *Antioxidants* 8: 1-25.
- Mrowicka M, Mrowicki J, Kucharska E, Majsterek I (2022) Lutein and Zeaxanthin and Their Roles in Age-Related Macular Degeneration-Neurodegenerative Disease. *Nutrients* 14: 827.
- Murillo AG, Hu S, Fernández ML (2019) Zeaxanthin: Metabolism, Properties, and Antioxidant Protection of Eyes, Heart, Liver, and Skin. *Antioxidants* 8: 1-18.
- Oliveira, MC, Silva, WD, Oliveira, HC, Moreira, EQB, Ferreira, L de O, Gomes, Y de S, Souza JMAP (2017) Paprika and/or marigold extracts in diets for laying hens. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 18: 293-302.
- Olmedilla AB, Córdoba CC, Deulofeu PR, granado LF, Lara NE, Ruiz BJ (2018) Evaluación del estatus nutricional de vitamina E. *Revista del Laboratorio Clínico* 11: 28-38.
- Oro JR de X, Donnamaria MC (2006) Acción farmacológica, biodisicoquímica y estructura dinámica de la vitamina C. *Acta Farmacéutica Bonarense* 25: 145-154.
- Papapostolou H, Kachrimanidou V, Alexandri M, Plessas S, Papadaki A, Kopsahelis N (2023) Natural Carotenoids: Recent Advances on Separation from Microbial Biomass and Methods of Analysis. *Antioxidants* 12: 1-22.
- Park SS, Kim JM, Kim EJ, Kim HS, An BK, Kang CW (2012) Effects of Dietary Turmeric Powder on Laying Performance and Egg Qualities in Laying Hens. *Korean Journal Poultry Science* 39: 27-32.
- Peñarrieta JM, Tejeda L, Mollinedo P, Vila JL, Bravo JA (2014) Phenolic compounds in food. *Bolivian Journal of Chemistry* 3: 68-81.
- Piţurlea MA, Pinteá A, Copaciú F, Gherasim EC, Tudor C (2021) Carotenoid content and profile of some commercially available eggs and *in vitro* bioaccessibility of lutein and zeaxanthin from organic egg yolks. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Food Science and Technology* 78: 77-87. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:2021.0004>
- Pizzimenti S, Ciamporcerio E, Daga M, Pettazzoni P, Arcaro A, Cetrangolo G, Minelli R, Dianzani C, Lepore A, Gentile F, Barrera G (2013) Interaction of aldehydes derived from lipid peroxidation and membrane proteins. *Frontiers in Physiology* 4: 242. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00242>
- Pop C, Ghibu GD, Gârban G, Velciov AB (2006) Structural peculiarities of carotenoids used as food colorants. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* XII: 461-468.
- Priyadarsini KI, Gandhi VV, Kunwar A (2020) Important chemical structural features of curcumin and its derivatives: How do they influence their anticancer activity? *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics* 57: 228-235. <https://doi.org/10.56042/ijbb.v57i2.35198>
- Raddatz-Mota D, Pérez-Flores LJ, Carrari F, Insani M, Asis R, Mendoza-Espinoza JA, Díaz de León-Sánchez F, Rivera-Cabrera F (2016) Chemical characterization and quantification of the pigment extraction yield of seven mexican accessions of *Bixa orellana*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 15: 727-740.
- Raju SK, Chandrasekar S, Vengadhajalpathy P, Sundaram R, Periyasamy S, Chinnaraj T, Sekar P, Kumar S (2022) Review on phytochemical composition and pharmacological activities of *Bixa orellana* L. *Journal of Pharmaceutical and Biological Sciences* 10: 57-67. <https://doi.org/10.18231/j.jpbs.2022.012>
- Rasha RJ, Mustafa SK (2025) Polyphenols: Function and Scope Beyond Bioactivity: a review. *Egyptian Journal of Chemistry* 68: 593-606.
- Rasmussen HM, Muzhingi T, Eggert EMR, Johnso EJ (2012) Lutein, zeaxanthin, meso-zeaxanthin content in egg yolk and their absence in fish and seafood. *Journal of Food Composition and Analysis* 27: 139-144.
- Rivera-Madrid R, Aguilar-Espinoza M, Cárdenas-Conejo Y, Garza-Caligaris LE (2016) Carotenoid Derivates in Achiote (*Bixa orellana*) Seeds: Synthesis and Health Promoting Properties. *Frontiers in Plant Science* 7: 1-7.
- Rodríguez-Rodríguez E, Millares-Astudillo P, Martín TI, Aranzazu A, Bermejo LM, Cuadrado-Soto E, González-Rodríguez LG, Lopez-Sobaler AM, Lozano-Estevan MC, Peral-Suarez Á, Salas-González MD, Ortega RM, Loria-Kohen V (2026) Carotenoid content in hen eggs according to rearing system: Analytical considerations and implications for dietary intake. *Journal of Food Composition and Analysis* 152: 1-9.
- Rodríguez-Ortega LT, Segovia-Azpeitia S, Hernández-Guzmán FJ, Rodríguez-Ortega A, Pro-Martínez A, Estrada-Hernández M de la L (2024) Effect of annatto and alfalfa on egg yolk pigmentation in Creole hens. *Agroproductividad* 17: 45-52.
- Rodríguez-Ortega LT, Juárez-Juárez G, Pro-Martínez A, Sosa-Montes E, Bautista-Ortega J, González-Cerón F, Vargas-Galicia AJ, Chan-Díaz D, Moreno-Medina D, Gallegos-Sánchez J, Rodríguez-Ortega A (2017) Lipid peroxidation in the plasma, lungs, heart and liver of broilers fed a grape seed extract and raised at 2278m of altitude. *Brazilian Journal of Poultry Science* 19: 465-470. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0408>
- Rotimi DE, Iroaganachi AB, Odeyemi IA, Adeyanju AA, Akanji MA, Adeyemi OS (2024) The Double Sides of Curcumin and its Therapeutic Prospects. *Open Medical Chemistry Journal* 18: 1-15.
- Rudrapal M, Rakshit G, Singh RP, Garse S, Khan J, Chakraborty S (2024) Dietary polyphenols: Review on chemistry/sources, bioavailability/metabolism, antioxidant effects, and their role in disease management. *Antioxidants* 13: 429. <https://doi.org/10.3390/antiox13040429>
- Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M (2005) Polifenoles: antioxidantes y más allá. *The American Journal of Clinical Nutrition* 81: S215-S217.
- Sirri F, Iaffaldano N, Minellig, Meluzzi A, Rosato M, Franchini A (2007) Comparative Pigmentation Efficiency of High Dietary Levels of Apo-Ester and Marigold Extract on Quality Traits of Whole Liquid Egg of Two Strains of Laying Hens. *Journal Applied Poultry Research* 16: 429-437.
- Shi J, Yu J, Pohorly JE, Kakuda Y (2003) Polyphenolics in grape seeds-biochemistry and functionality. *Journal of Medicinal Food* 6: 291-299.
- Sehwag S, Das M (2013) Antioxidant activity: An overview. *Research & Reviews: Journal of Food Science and Technology* 2: 1-10.
- Suwarta FX, Suryani CL (2019) The Effects of Supplementation of Cinnamon and Turmeric Powder Mixture in Ration of Quail on Performance and Quality of Eggs. *World's Veterinary Journal* 9: 249-254.
- Steinberg W, Grashorn MA, Klünter A-M, Schierle J (2000) Comparative pigmentation

- efficiency of two products containing either apo-ester or Tagetes extracts in egg yolks and liquid eggs. *Archiv für Geflügelkunde* 64: 180-187.
- Stevens-Barrón J, de la Rosa Laura A, Wall-Medrano A, Alvarez-Parrilla E, Astiazarán-García H, Robles-Zepeda RE (2017) Efectividad y principales mecanismos anticancerígenos de tocotrienoles en líneas celulares malignas. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 48: 16-27.
- Tang T, Zhang R, Chang C, Li J, Gu L, Yang Y, Su Y (2025) The effects of polyphenols on texture and flavor of egg yolk: A molecular docking study. *Foods* 14: 295. <https://doi.org/10.3390/foods14020295>
- Valdes F (2006) Vitamina C. *Actas Dermo-sifiliográficas* 97: 557-568.
- Vargas F, Rivas C, Nursama A, Zoltan T (2007) Reacciones de radicales libres con relevancia biológica en la teoría del envejecimiento. *Avances en Química* 2: 3-15.
- Vera-Vázquez FJ, López-Garrido S, Guerrero-Legarreta I, Mota-Rojas D, Bautista-Martínez Y, Cruz-Monterrosa RG (2021) Degradabilidad de carotenoides totales en alfalfa (*Medicago sativa* L.) en cultivo in vitro con líquido ruminal. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8: e2929. <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.292>
- Villagrán M, Muñoz M, Díaz F, Troncoso C, Celis-Morales C, Mardones L (2019) Una mirada actual de la vitamina C en salud y enfermedad. *Revista Chilena de Nutrición* 46: 800-808.
- Wallert M, Kluge S, Schubert M, Koeberle A, Werz O, Birringer M, Lorkowski S (2020) Diversity of Chromanol and Chromenol Structures and Functions: An Emerging Class of Anti-Inflammatory and Anti-Carcinogenic Agents. *Frontiers in Pharmacology* 11: 1-33.
- Widjastuti T, Setiawan I, Abun (2017) The use of turmeric (*Curcuma domestica* Val) meal in the rationas feed additive on hen-day production and egg quality of Sentul chicken. *Scientific Papers. Series D. Animal Science LX*: 131-138.
- Widomska J, Subczynski WK (2014) Why has nature chosen lutein and zeaxanthin to protect the retina? *Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology* 5: 1-22.
- Yatsuhashi H, Takumi H, Terada Y, Kuriki T (2022) Effects of Oral Supplementation with Paprika Xanthophylls on Human Skin Moisture. *Journal of Oleo Science* 71: 735-745.
- Zaheer K (2017) Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: a review. *CyTA - Journal of Food* 15: 474-487. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1266033>
- Zong C, Zhao Y, Jiang W, Shao T, Liang X, Wu A, Liu Q (2026) Hexanoic acid addition helps to clarify the possible mechanisms of the increased β -carotene content during alfalfa fermentation. *Journal of Integrative Agriculture* 25: 1165-1179.
- Zurak D, Svečnjak Z, Gunjević V, Kisić G, Janječić Z, Pirgozliev V, Grbeša D, Kljak K (2004) Carotenoid content and deposition efficiency in yolks of laying hens fed with dent corn hybrids differing in grain hardness and processing. *Poultry Science* 103: 1-12.

NATURAL PIGMENTS THAT INTENSIFY EGG YOLK COLORATION AND THEIR ANTIOXIDANT ACTIVITY: A REVIEW

Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega, Alejandro Rodríguez-Ortega, Sergio Segovia-Azpeitia, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán, Diana María Sifuentes-Saucedo, Jorge Vargas-Monter and Erick Alfredo Zúñiga-Estrada

SUMMARY

Consumers prefer eggs from hens fed natural diets, which has increased interest in the use of natural pigments to intensify egg yolk coloration in eggs produced by backyard hens. The objective of this study was to describe the pigments present in alfalfa, annatto, paprika, and turmeric that contribute to increasing egg yolk coloration. Alfalfa is a legume rich in β -carotene, lutein, and zeaxanthin. Annatto contains red and yellow pigments: bixin (lipid-soluble) and norbixin (water-soluble). The water solubility of this pigment is a desirable characteristic because it facilitates its incorporation into poultry feed. Turmeric is a rhizome containing curcumin, a yellow pigment that is

highly soluble in lipids and has a slightly pungent odor and a bitter taste. Paprika is a source of capsanthin, a red, fat-soluble pigment. In conclusion, alfalfa contains carotenes and xanthophylls that intensify egg yolk coloration and can be incorporated into the diet either fresh or as meal. Annatto can be dissolved in water, making it practical and easy to handle. Paprika and turmeric are natural pigments that must be dissolved in oil before being incorporated into the feed. Natural pigments are non-toxic and have beneficial effects because of their antioxidant activity. Lutein, zeaxanthin, and β -carotene are responsible for the yellow coloration of the egg yolk.

PIGMENTOS NATURAIS QUE INTENSIFICAM A COLORAÇÃO DA GEMA DO OVO E SUA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE: UMA REVISÃO

Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega, Alejandro Rodríguez-Ortega, Sergio Segovia-Azpeitia, Filogonio Jesús Hernández-Guzmán, Diana María Sifuentes-Saucedo, Jorge Vargas-Monter y Erick Alfredo Zúñiga-Estrada

RESUMO

Os consumidores têm preferência por ovos provenientes de galinhas alimentadas de forma natural, o que tem aumentado o interesse pelo uso de pigmentos naturais para intensificar a coloração da gema dos ovos produzidos por galinhas de quintal. O objetivo deste trabalho foi descrever os pigmentos presentes na alfafa, no urucum, na páprica e na cúrcuma que contribuem para aumentar a coloração da gema. A alfafa é uma leguminosa rica em β -caroteno, luteína e zeaxantina. O urucum contém pigmentos de coloração vermelha e amarela: bixina (lipossolúvel) e norbixina (hidrossolúvel). A solubilidade em água desse pigmento é uma característica desejável, pois facilita sua incorporação à ração das aves. A cúrcuma é um rizoma que contém

curcumina, um pigmento amarelo altamente solúvel em lipídios, com odor levemente picante e sabor amargo. A páprica é uma fonte de capsantina, um pigmento vermelho solúvel em gordura. Em conclusão, a alfafa contém carotenos e xantofilas que intensificam a coloração da gema e pode ser incorporada à dieta na forma fresca ou como farinha. O urucum pode ser dissolvido em água, o que o torna prático e de fácil manejo. A páprica e a cúrcuma são pigmentos naturais que devem ser dissolvidos em óleo antes de serem incorporados à ração. Os pigmentos naturais não apresentam toxicidade e possuem efeitos benéficos devido à sua atividade antioxidante. A luteína, a zeaxantina e o β -caroteno são os responsáveis pela coloração amarela da gema.

Licencia de uso



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).