



PIGMENTOS AMARILLOS A PARTIR DE FLORES COMO ALTERNATIVA FRENTE A COLORANTES SINTÉTICOS

Beatriz Pérez-Camacho¹, Arantza Sánchez-Orantes¹, Adrián Díaz-Pacheco¹, Erik Ocaranza Sánchez², Lilia Tapia López², Sulem Yali Granados-Balbuena¹.

¹ Instituto Politécnico Nacional, Unidad profesional de Ingeniería Campus Tlaxcala, CP 90000, Guillermo Valle, Tlaxcala, México.

² Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla, Km 1.5, Tepetitla de Lardizábal, Guillermo Valle, CP. 90700 Tlaxcala, México.

Autor de correspondencia: sgranadosb@ipn.mx



RESUMEN

Los colorantes aditivos desempeñan un papel crucial en la industria alimentaria. En este ámbito, se emplean pigmentos de tonalidades rojas, azules y amarillas, destacando el amarillo como el más prevalente por su versatilidad en diversas aplicaciones. No obstante, ciertos colorantes sintéticos, como el amarillo 5, amarillo 6, amarillo 2G y amarillo de quinolina, han sido vinculados a posibles riesgos para la salud. Por consiguiente, resulta fundamental investigar y desarrollar pigmentos derivados de fuentes naturales que puedan reemplazar a los amarillos sintéticos y que, además de proporcionar color brinden beneficios nutricionales. Los carotenoides y flavonoides son compuestos que brindan colores amarillo-naranja, y en algunos casos a pesar de ser de diferentes familias, ambos son de origen natural. En la naturaleza existen diversas fuentes que proporcionan carotenoides, tales como frutas y vegetales. Sin embargo, existen diversas fuentes de pigmentos naturales que, aunque menos reconocidas, incluyen flores como el cempasúchil, la caléndula, el ipê-amarelo y la dahlia, las cuales se abordan en la presente revisión. Adicionalmente, se describen aspectos como la importancia de los colorantes en el sector alimentario, los carotenoides y sus aplicaciones en alimentos, y el uso de colorantes florales como una alternativa a los colorantes sintéticos.

Palabras clave: Colorante natural, Carotenoides, Alimentos, plantas florales.

ABSTRACT

Additive colorants play a fundamental role in the food industry. In this context, pigments of red, blue, and yellow hues are used, with yellow being the most prevalent due to its versatility in various applications. However, certain synthetic colorants such as Yellow 5, Yellow 6, Yellow 2G, and Quinoline Yellow have been associated with potential health risks. Therefore, scientific research and the development of pigments derived from natural sources that can replace synthetic ones while providing health benefits are pivotal. Carotenoids and flavonoids are compounds that provide yellow-orange colors, and in some cases, both are natural origin despite belonging to different families. In nature, there are various sources of carotenoids, such as fruits and vegetables. Nevertheless, there are also lesser-known sources of natural pigments, including flowers like marigold, calendula, ipê-amarelo, and dahlia, which are addressed in this review. Additionally, aspects such as the importance of colorants in the food sector, carotenoids and their applications in food, and the use of floral colorants as an alternative to synthetic colorants are discussed.

Keywords: Natural dyes, Carotenoids, Edibles, Flowering plants.

Introducción

El análisis sensorial es fundamental en la industria alimentaria para evaluar la satisfacción del cliente sobre un producto. La excelencia del producto es evaluada mediante pruebas que evalúan el aroma, sensación, y apariencia de un alimento [Renita et al. 2023]. El aspecto, determinado por el color, es un factor influyente en la percepción del consumidor, donde los colorantes juegan un papel significativo [Vega et al. 2023]. En la industria alimentaria, los colores primarios, como rojo, azul y amarillo son usados para emular diferentes tonalidades y texturas. El amarillo, producido a partir de fuentes naturales o sintéticas, es el más relevante, asociado con sentimientos de alegría y optimismo [Carabet et al. 2020].

Los pigmentos amarillos se derivan de múltiples fuentes, incluyendo curcumina de *Curcuma longa*, flavonol-quercetinas de frutas cítricas y col, carotenos de la zanahoria, pimiento amarillo y espinaca. De igual manera, es posible adquirir pigmentos amarillos a partir de pétalos de algunas flores tales como la flor de cempasúchil o la flor de caléndula [Martínez et al. 2023].

Este artículo, analiza la importancia del color amarillo en la industria alimentaria, así como la forma en que se han usado los pigmentos naturales y sintéticos y las distintas procedencias de estos pigmentos.

otro lado, en la industria de alimentos, el colorante amarillo 2G (Y2G) era uno de los pigmentos de preferencia. Se usaba ampliamente en la producción de bebidas alcohólicas, dulces y sopas instantáneas, sin embargo, fue considerado una amenaza para los consumidores, debido a sus propiedades carcinógenas, por lo que se prohibió su uso [Karabörk et al. 2023].

En los últimos años, las investigaciones se han dedicado a mejorar los métodos de extracción o encontrar nuevas variedades de colorantes, que sean de origen natural y no perjudiquen al cliente final.

COLORANTES SINTÉTICOS: Color amarillo y su importancia en alimentos

Actualmente, las empresas usan colorantes para crear productos más atractivos. Industrias como la de alimentos, textiles, cosméticos y farmacéutica sobresalen en su aplicación [Affat 2021].

Durante el ciclo de producción de los alimentos, puede producirse una pérdida de color debido a factores como los cambios de temperatura y pH, la pérdida de humedad o el uso de aditivos. Se añade una amplia gama de colorantes para mejorar la presentación del producto y mantener el aspecto original perdido durante la fabricación [Brudzyńska et al. 2021].

Las compañías del sector alimenticio se inclinan al uso de colorantes artificiales, sintetizados a partir de subproductos del petróleo y minerales, ya que son químicamente estables, inertes a la degradación física y biológica y rentables [Ardila et al. 2021].

En la mayoría de los casos, la estructura química de los colorantes sintéticos se caracteriza por la presencia de anillos quinonoides, un tipo de cromóforo. Un ejemplo de colorante con anillos quinonoides es el amarillo 5 o tartracin, el cual suele ser empleado en productos de repostería, dulces, helados, cereales y bebidas, no obstante, desde 1959 se descubrió que este colorante causaba urticaria, así como cambios en el comportamiento de infantes, lo que llevó a su prohibición en naciones como Noruega o Gran Bretaña [Belmonte et al. 2016].

El amarillo 6, también conocido como amarillo crepúsculo, es otro pigmento que se utiliza como aditivo en comestibles. Sin embargo, algunos estudios indican que el consumo excesivo provoca efectos alérgicos a medicamentos como la aspirina o síntomas como erupciones cutáneas, angioedema, problemas gástricos y asma [Deepika et al. 2017]. Por

2.1 Colorantes naturales

Los colorantes naturales, derivados de plantas, microorganismos o animales, se utilizan en diversos productos como cosméticos, textiles y alimentos [Thakur et al. 2024]. Los pigmentos naturales comunes son los polifenoles, los n-heterocíclicos y los carotenoides, ricos en antioxidantes [Brudzyńska et al. 2021].

Los polifenoles, compuestos de grupos fenólicos, son altamente antioxidantes debido a la presencia de pigmentos naturales como antocianinas, flavonol-quercetina y curcuminoides [Brudzyńska et al. 2021]. Las antocianinas son flavonoides con una estructura química de dos anillos unidos a tres átomos de carbono, que absorben a una longitud de onda de 600 nm a un pH ácido. Dan colores rojos, amarillos y azules en frutas como las bayas, las especias, las hierbas y el vino tintado [Oliveira et al. 2020]. El flavonol-quercetina son pigmentos amarillos que absorben a 368 nm, confiriendo color a alimentos como el brócoli, los cítricos y la col rizada [Mahmud et al. 2023]. Los curcuminoides absorben a una longitud de onda de 435 nm y están formados por dos unidades de feruloil unidas por un puente de metano. Además, su principal fuente de obtención es la planta herbácea conocida como *C. longa* [Basu et al. 2021].

Los compuestos N-heterocíclicos son compuestos cíclicos con al menos un heteroátomo [oxígeno, azufre o nitrógeno] como componente [Wang et al. 2018], siendo las betalainas y los indigoides los más comunes con esta estructura. Las betalainas son pigmentos hidrosolubles con un núcleo betalámico, un derivado del ciclo de la DOPA, se encuentran en vegetales como la remolacha y la col, dando colores rojos y amarillos [Sadowska y Bartosz 2021], mientras que los indigoides tienen un núcleo bicíclico, compuesto por un anillo bencénico fusionado con un anillo pirrol, responsable del color azul en plantas como el añil y el glasto [Núñez et al. 2022].

Finalmente, los carotenoides forman una categoría de pigmentos que posee una cadena de cuarenta carbonos conjugados, los cuales contienen dos anillos β-ionona en cada extremo. Estos son representativos de colores cálidos como el amarillo, naranja y rojo [Thakur et al. 2024].



2.2 Carotenoides y su aplicación en alimentos

Los carotenoides se derivan de una variedad de fuentes, incluyendo frutas tales como la zanahoria (*Daucus carota*) y el mango (*Mangifera indica*), así como verduras como el pimiento amarillo (*Capsicum annuum*) y la espinaca (*Spinacia oleracea*) [Rodríguez et al. 2023]. A lo largo del tiempo, las plantas se han adaptado a su entorno para asegurar su supervivencia. Con este propósito, estas han desarrollado metabolitos que cumplan funciones de señalización visual u olfativa [Figura 1] [Wong et al. 2023].

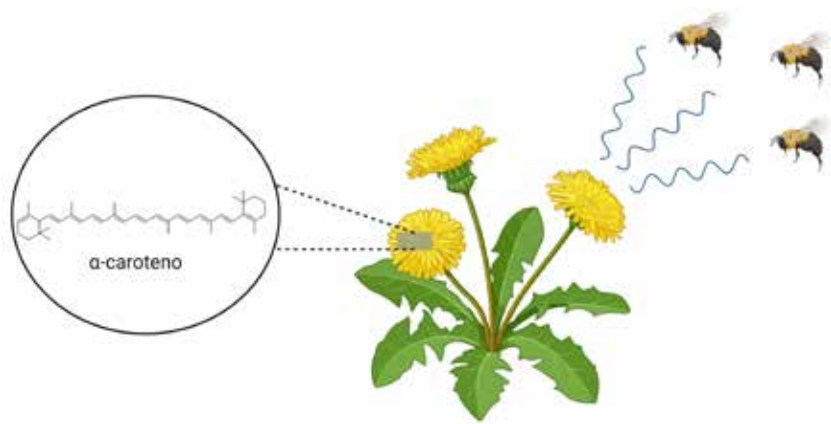


Figura 1. Pigmentos naturales y su entorno.

Asimismo, los carotenoides representan un conjunto de pigmentos lipófilos naturales [Kumar et al. 2021]. Estructuralmente son compuestos isoprenoides, que se caracterizan por ser biosintetizados a través de un enlace cola-cola de 2 unidades de 20 carbonos, formando moléculas de geranilgeranil difosfato, precursor de los carotenoides [Figura 2] [Britton 2022].

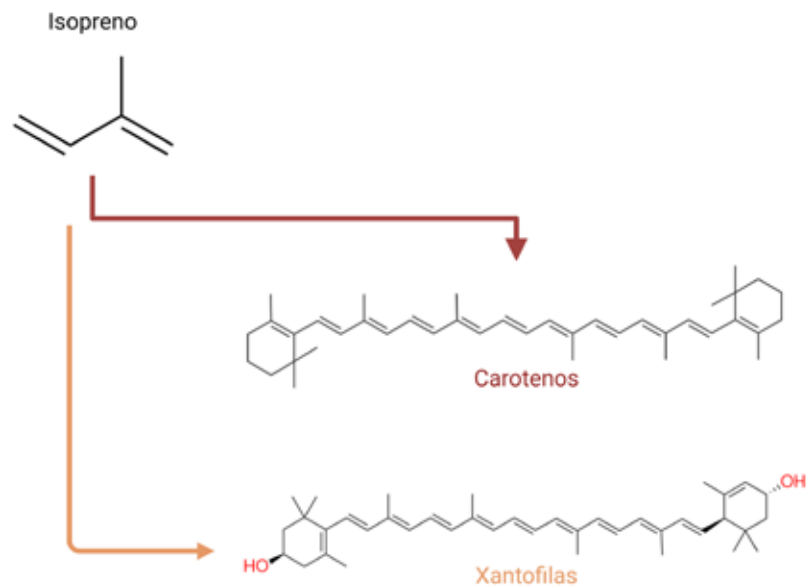


Figura 2. Estructura base de los carotenoides.

Según su estructura, se pueden subdividir en dos grupos: carotenos y xantofilas oxigenadas. Los carotenos están formados por un anillo de hidrocarburo cíclico, como el α -caroteno y el β -caroteno. Por otro lado, las xantofilas, son carotenos oxigenados con grupos hidroxilo, epóxido o cetona. Algunos ejemplos son la zeaxantina, la violaxantina y la luteína [Figura 3] [Simkin 2021].

Hasta la fecha, se conocen 1200 pigmentos naturales de carotenoides sintetizados por plantas, algas, bacterias fotosintéticas y hongos [Polyakov et al. 2023]. En este contexto, hay un creciente interés en obtener carotenoides y pigmentos amarillos de flores, como en estudios sobre la flor de Cempasúchil, que presentan una alta acumulación de estos compuestos [Martínez et al. 2023].

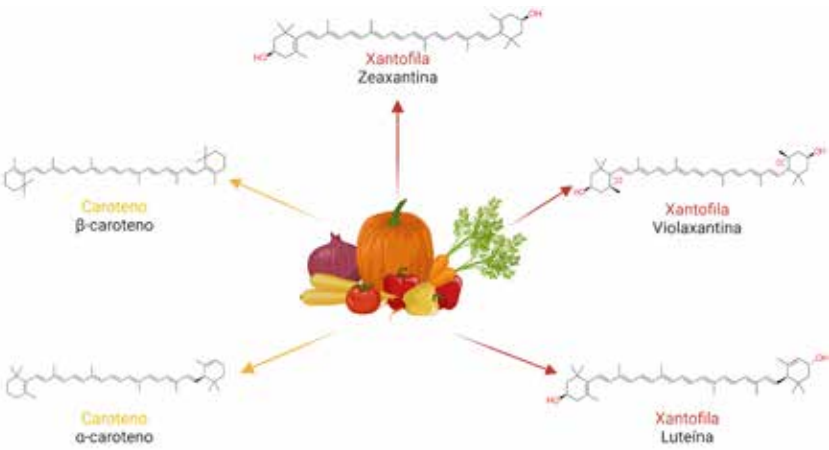


Figura 3. Clasificación de carotenoides.

2.3 Flores como fuentes de carotenoides

Los carotenoides, aunque comúnmente se asocian con frutas y verduras, también se encuentran presentes en las flores, tales como el cempasúchil (*Tagetes erecta*), la caléndula (*Caléndula officinalis*), el ipê-amarelo (*Tabebuia aurea*) y la flor de dahlia (*Dahlia* spp.) [Figura 4] [Mapelli et al. 2023].

Las aplicaciones de colorantes derivados de estas fuentes varían en función del espécimen; no obstante, en términos generales, su uso en la industria incluye: la mejora estética de yogures, quesos y helados; la intensificación del color en bebidas y alimentos procesados como alternativa a los colorantes sintéticos [Martínez et al. 2023].

La flor de cempasúchil (*T. erecta*) está constituida de carotenoides como la luteína y la zeaxantina, las cuales son responsables del color amarillo anaranjado de las flores. Su extracto aplica desde su uso en el alimento aviar para intensificar el tono de la yema de huevo, hasta su empleo en productos alimenticios como colorante natural, mejorando la apariencia y el valor alimentario [Martínez et al. 2023].



Figura 4. Flores como fuente de carotenoides.

La caléndula [*C. officinalis*] contiene varios carotenoides, siendo los más destacados la luteína, zeaxantina, y β -caroteno, los cuales aportan beneficios como la reducción del riesgo de degeneración macular, y su actividad antioxidante. En la industria alimentaria, su aplicación se centra en resaltar la tonalidad en lácteos [Olennikov y Kashchenko 2022].

El ipê-amarelo o *T. aurea*, contiene carotenoides como la luteína y la zeaxantina, las cuales son responsables del color amarillo vibrante de las flores. Esta flor se considera una alternativa idónea para la coloración de alimentos destinados a bebés, dado su origen natural y sus propiedades beneficiosas. Asimismo, su pigmento amarillo vibrante resulta particularmente adecuado para realzar la presentación de galletas y postres, aportando un atractivo visual sin recurrir a colorantes sintéticos [Rahman et al. 2015].

Finalmente, la dahlia, perteneciente al género *Dahlia* spp, contiene carotenoides, entre ellos: el β -caroteno, la luteína y la zeaxantina. Aunque no son comúnmente utilizadas como fuente principal de carotenoides en la industria alimentaria, sus extractos pueden potencialmente ser utilizados como colorantes naturales en productos alimenticios, incrementando tanto su presentación apetecible como su calidad nutricional [Moldovan et al. 2024].



Conclusión

La transición hacia el uso de colorantes naturales en lugar de sintéticos no solo responde a preocupaciones sobre la salud, sino que también representa una oportunidad significativa para la innovación en la industria alimentaria. A medida que los consumidores buscan productos más seguros y sostenibles, los colorantes naturales se posicionan como una alternativa viable que puede enriquecer tanto la estética como el valor nutricional de los alimentos. En particular, aquellos de tonalidad amarilla, pueden derivarse de diversas fuentes; sin embargo, los colorantes a partir de flores como el cempasúchil (*T. erecta*), la caléndula [*C. officinalis*], el ipê-amarelo (*T. aurea*), y la dahlia [*Dahlia* spp.] se presentan como una alternativa a los amarillos sintéticos. Esto debido a su abundancia en metabolitos fitoquímicos, como carotenoides y flavonoides, que no solo proporcionan una amplia gama de tonalidades, sino que también ofrecen beneficios adicionales para la salud. Esta combinación de factores posiciona a los colorantes florales como una alternativa atractiva en la industria alimentaria.

4

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento otorgado a las autoras Beatriz Pérez Camacho y Arantza Sánchez-Orantes en el proyecto 2024-A053.

REFERENCIAS

Affat-Sadja S [2021]. Classifications, Advantages, Disadvantages, Toxicity Effects of Natural and Sintetica Des: A review. *University of Thiara Journal of Science*, 8[1].

Ardila-Leal L D, Poutou-Piñales R A, Pedroza-Rodríguez A M, Quevedo-Hidalgo B [2021]. A Brief History of Colour, the Environmental Impact of Synthetic Dyes and Removal by Using Laccases. *Molecules*, 26[13], 3813. <https://doi.org/10.3390/molecules26133813>

Basu P, Maier C, Basu A [2021]. Effects of Curcumin and Its Different Formulations in Preclinical and Clinical Studies of Peripheral Neuropathic and Postoperative Pain: A Comprehensive Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22[9], 4666. <https://doi.org/10.3390/ijms22094666>

Belmonte L J, Arroyo I, Vázquez M, Cruz D, Peña E [2016]. *REVISTA NATURALEZA Y TECNOLOGIA Colorantes artificiales en alimentos Synthetic dyes in food stuff*.

Britton G. [2022]. Gotinga ti know carotenoids. *Methods in Enzymology*, 670, 1–56. <https://doi.org/10.1016/BS.MIE.2022.04.005>

Brudzyńska P, Sionkowska A, Grisel M [2021]. Plant-Derived Colorants for Food, Cosmetic and Textile Industries. A Review. *Materials* [Basel];14[13]:3484. doi: 10.3390/ma14133484.

Carabet C A, Moanță A, Pălărie I, Iacobescu G, Rotaru A, Leulescu M, Popescu M, Rotaru P [2020]. Physical, Thermal and Biological Properties of Yellow Dyes with Two Azodiphenylether Groups of Anthracene. *Molecules* [Basel, Switzerland], 25[23], 5757. <https://doi.org/10.3390/molecules25235757>

Deepika S, Harishkumar R, Dinesh M, Abarna R, Anbalagan M, Roopan S M, Selvaraj C I [2017]. Photocatalytic degradation of synthetic food dye, sunset yellow FCF [FD&C yellow no. 6] by *Ailanthus excelsa* Roxb. possessing antioxidant and cytotoxic activity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 177, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.10.015>

Karabörk Ş, Doğdu G, Pekdemir T [2023]. Cytotoxic Efficacy of Indigo and Yellow 2G with Vitamin C on the HepG2 Cell Line. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 7[1], 1–7. <https://doi.org/10.47947/ijnls.1237640>

Kumar A, Seth K, Maheshwari K, Kumar P, Meena M, Kumar A [2021]. Biosynthesis and extraction of high-value carotenoid from algae. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 26[6], 171. <https://doi.org/10.52586/4932>

Mahmud A R, Ema T I, Siddiquee Mohd F, Shahriar A, Ahmed H, Mosfeq-UI-Hasan M, Rahman N, Islam R, Uddin M R, & Mizan F R [2023]. Natural flavonols: actions, mechanisms, and potential therapeutic utility for various diseases. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 12[1], 47. <https://doi.org/10.1186/s43088-023-00387-4>

Mapelli-Brahm P, Gómez-Villegas P, Gonda M L, León-Vaz A, León R, Mildenerberger J, Rebours C, Saravia V, Vero S, Vila E, Meléndez-Martínez A J [2023]. Microalgae, Seaweeds and Aquatic Bacteria, Archaea, and Yeasts: Sources of Carotenoids with Potential Antioxidant and Anti-Inflammatory Health-Promoting Actions in the Sustainability Era. *Marine drugs*, 21[6], 340. <https://doi.org/10.3390/md21060340>

Martínez-García M, Garduño-Solórzano G, Lopes G, Sanchez B A, Urbatzka R, Hentschke G S, Campos J E, & Vasconcelos V M O [2023]. Antioxidant, Anti-Inflammatory and Anti-Obesity Potential of Extracts Containing Phenols, Chlorophyll and Carotenoids from Mexican Wild Populations of *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. *Biology*, 12[4], 620. <https://doi.org/10.3390/biology12040620>

Moldovan I, Cotoz A P, Rózsa S, Magyari K, Lehel L, Baia M, Cantor M [2024]. The Influence of Technological Factors on the Structure and Chemical Composition of Tuberous Dahlia Roots Determined Using Vibrational Spectroscopy. *Plants* [Basel, Switzerland], 13[14], 1955. <https://doi.org/10.3390/plants13141955>

Núñez-Navarro N, Salazar Muñoz J, Castillo F, Ramírez-Sarmiento C A, Poblete-Castro I, Zacconi F C, Parra L [2022]. Discovery of New Phenylacetone Monoxygenase Variants for the Development of Substituted Indigoids through Biocatalysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23[20], 12544. <https://doi.org/10.3390/ijms232012544>

Olennikov D N, Kashchenko N I [2022]. Marigold Metabolites: Diversity and Separation Methods of Calendula Genus Phytochemicals from 1891 to 2022. *Molecules* [Basel, Switzerland], 27[23], 8626. <https://doi.org/10.3390/molecules27238626>

Oliveira H, Correia P, Pereira A R, Araújo P, Mateus N, de Freitas V, Oliveira J, Fernandes I [2020]. Exploring the Applications of the Photoprotective Properties of Anthocyanins in Biological Systems. *International Journal of Molecular Sciences*, 21[20], 7464. <https://doi.org/10.3390/ijms21207464>

Polyakov N E, Focsan A L, Gao Y, Kispert L D [2023]. The Endless World of Carotenoids—Structural, Chemical and Biological Aspects of Some Rare Carotenoids. *International Journal of Molecular Sciences*, 24[12], 9885. <https://doi.org/10.3390/ijms24129885>

Rahman M M, Islam M B, Biswas M, Khurshid A H [2015]. In vitro antioxidant and free radical scavenging activity of different parts of *Tabebuia pallida* growing in Bangladesh. *BMC research notes*, 8, 621. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1618-6>

Renita A A, Gajaria T K, Sathish S, Kumar J A, Lakshmi D S, Kujawa J, Kujawski W [2023]. Progress and Prospective of the Industrial Development and Applications of Eco-Friendly Colorants: An Insight into Environmental Impact and Sustainability Issues. *Foods* [Basel, Switzerland], 12[7], 1521. <https://doi.org/10.3390/foods12071521>

Rodríguez-Amaya D B, Esquivel P, Meléndez-Martínez A J [2023]. Comprehensive Update on Carotenoid Colorants from Plants and Microalgae: Challenges and Advances from Research Laboratories to Industry. *Foods*, 12[22], 4080. <https://doi.org/10.3390/foods12224080>

Sadowska-Bartosz I, Bartosz G [2021]. Biological Properties and Applications of Betalains. *Molecules*, 26[9], 2520. <https://doi.org/10.3390/molecules26092520>

Simkin A J [2021]. Carotenoids and Apocarotenoids in Planta: Their Role in Plant Development, Contribution to the Flavour and Aroma of Fruits and Flowers, and Their Nutraceutical Benefits. *Plants*, 10[11], 2321. <https://doi.org/10.3390/plants10112321>

Thakur M, Modi VK [2024]. Biocolorants in food: Sources, extraction, applications and future prospects. *Crit Rev Food Sci Nutr*. ;64[14]:4674-4713. doi: 10.1080/10408398.2022.2144997.

Vega E N, Ciudad-Mulero M, Fernández-Ruiz V, Barros L, Morales P [2023]. Natural Sources of Food Colorants as Potential Substitutes for Artificial Additives. *Foods* [Basel, Switzerland], 12[22], 4102. <https://doi.org/10.3390/foods12224102>

Wang Q, Chen J, Huang Y [2018]. Aerobic Oxidation/Annulation Cascades through Synergistic Catalysis of RuCl₃ and N-Heterocyclic Carbenes. *Chemistry*. ;24[49]:12806-12810. doi: 10.1002/chem.201803254.

Wong D C J, Pichersky E, Peakall R [2023]. Many different flowers make a bouquet: Lessons from specialized metabolite diversity in plant–pollinator interactions. *Current Opinion in Plant Biology*, 73, 102332. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2022.102332>