

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.353>

Biotecnología para la extracción de pigmentos vegetales, para uso industrial

Biotechnology for the extraction of plant pigments, for industrial use

Carlos Rodrigo Jácome Pilco

Facultas de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
Universidad Estatal de Bolívar
Ecuador

Kelin Brillith Aucatoma Chico

Facultas de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
Universidad Estatal de Bolívar
Ecuador

Sandy Adaya Agualongo Sinchipa

sanagualongo@mail.es.ueb.edu.ec
Facultas de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
Universidad Estatal de Bolívar
Ecuador

Carmen Rocío Callan Chela

Facultas de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
Universidad Estatal de Bolívar
Ecuador

Víctor Danilo Montero Silva

Facultas de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
Universidad Estatal de Bolívar
Ecuador

Artículo recibido: día 5 de enero de 2023. Aceptado para publicación: 6 de febrero de 2023.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La biotecnología es la obtención de los compuestos biológicos de gran interés industrial que adquirido una gran tendencia en los procesos de síntesis químicos. La utilización e implementación de pigmentos vegetales en el campo de la biotecnología ha desarrollado diferentes aplicaciones muy amplias que al paso del tiempo se han ido perfeccionando. Las antocianinas y los carotenoides son los colorantes más importantes de las frutas y verduras rojas, son aditivos que le dan al producto el color deseado y esperado, pertenecen al grupo de los flavonoides, también son glucósidos de antocianina con un gran cambio estructural, tienen propiedades antioxidantes, son efecto que reducen el daño provocado por los radicales libres y el daño oxidativo relacionado con la actividad, ya que son estructuras muy sensibles a la temperatura, el pH y la luz, así también empleado nuevas tecnologías las cuales se han ido documentando en diversos artículos científicos. La utilización de los diferentes métodos de extracción de pigmentos permite un beneficio correcto permitiéndonos ofertarlos en las industrias alimentarias y textiles. El objetivo de esta revisión es indagar sobre la biotecnología en la extracción de pigmentos vegetales, para uso industrial y textil de manera bibliográfica.

Palabras clave: biotecnología, pigmentos naturales, extracción, colorantes, industria alimentaria e industria textil, características

Abstract

Biotechnology is the obtaining of biological compounds of great industrial interest that have acquired a great tendency in chemical synthesis processes. The use and implementation of plant pigments in the field of biotechnology has developed different and wide-ranging applications that have been perfected over time. Anthocyanins and carotenoids are the most important colorants of red fruits and vegetables, they are additives that give the product the desired and expected color, they belong to the group of flavonoids, they are also anthocyanin glycosides with a great structural change, they have antioxidant properties, they are effect that reduce the damage caused by free radicals and oxidative damage related to the activity, as they are very sensitive structures to temperature, pH and light, and also used new technologies which have been documented in various scientific articles. The use of different methods of pigment extraction allows a correct benefit allowing us to offer them in the food and textile industries. The objective of this review is to investigate biotechnology in the extraction of plant pigments for industrial and textile use in a bibliographic way.

Keywords: biotechnology, natural pigments, extraction, colorants, food industry and textile industry, characteristics

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons .



Como citar: Jácome Pilco, C. R., Aucatoma Chico, K. B., Agualongo Sinchipa, S. A., Callan Chela, C. R., & Montero Silva, V. D. (2023). Biotecnología para la extracción de pigmentos vegetales, para uso industrial. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(1), 1475–1488. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.353>

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la humanidad, los tintes naturales se han utilizado en una variedad de actividades, desde la pintura como expresión artística, hasta la alfarería y el teñido de telas y lanas. También se han utilizado como aditivo en los alimentos, para que se vean mejor. Para los estudios de tintes de elementos naturales, especialmente plantas, son raros, aunque hay registros que enumeran las especies y colores que se pueden extraer de ellos, y cómo se preparan.

Los pigmentos vegetales incluyen muchos tipos diferentes de componentes y colores, entre los que podemos referirnos principalmente a flavonoides, antocianinas, carotenoides, betalaínas, clorofilas.

Es por esto que la industria alimentaria utiliza diferentes colorantes alimentarios para dar los mejores y más atractivos colores a sus productos y así convertirlos en los favoritos de los consumidores. (Quintriqueo & Gutiérrez, 2012)

En base las normativas vigentes norma general para los aditivos alimentarios (codex stan 192-1995, idt) han aprendido a utilizar de manera responsable respetando el límite vigente, especialmente para productos procesados, enlatados y empacados, ya que se ha demostrado que es de gran utilidad y beneficio para los fabricantes.

El consumo de alimentos procesados con adición de pigmentos químicos tiene una desventaja para la salud del ser humano, la utilización de colorantes artificiales para la elaboración de alimentos procesados es alta debido a que muchas plantas procesadoras de alimentos agregan gran cantidad de colorantes.

Al existir varios tipos de pigmentos orgánicos e inorgánicos, además son empleados en un sin fin de actividades, como claro ejemplo la industria textil y su empleo de diferentes pigmentos que intervienen tanto en el proceso de fabricación y posteriormente en el manejo de los residuos, pueden afectar directamente a la salud del ser humano si no son tratadas.

En el presente trabajo busca recolectar la información más relevante sobre la obtención de pigmentos empleados en la industria alimentaria y la industria textil de esta manera dar un aporte para la producción y aprovechamiento de estos pigmentos, ya que al ser naturales no tiene peligro de ser perjudiciales para la salud del consumidor.

Industria y pigmentos

Para la vida cotidiana el color desempeña uno de los papeles principales debido a que los seres humanos viven inmersos en todos los ámbitos (Alvarado, 2017). La industria alimentaria utiliza diferentes colorantes alimentarios para dar los mejores y más atractivos colores a sus productos, convirtiéndolos así en los favoritos de los consumidores (Cubillos, 2021). Diferentes empresas incluso han aprendido a utilizar el color estratégicamente para diferentes productos, especialmente cuando se trata de productos procesados, enlatados y empacados, ya que se ha demostrado que esto brinda enormes beneficios y ventajas a los productores. (Pichardo Pérez, 2019)

Los crecientes requisitos legales y la concienciación de los consumidores en los últimos años han animado a las industrias a utilizar una mayor cantidad de pigmentos naturales. Martos, (2022), dice que en estudios recientes se han centrado en la producción de pigmentos naturales rentables, también llamados pigmentos de base biológica. Los pigmentos naturales que se pueden obtener de plantas, animales y microorganismos que son amigables con el medio ambiente y tienen baja toxicidad. (Zalyhina & Cheprasova, 2021)

Actualmente, existe un gran interés por los aditivos naturales, especialmente los colorantes, debido a que estos compuestos naturales no tienen efectos secundarios asociados y la mayoría

de ellos son ingredientes funcionales, actuando como promotores de la salud. Silva & Ferreira, (2020) dice que entre los colorantes naturales hidrosolubles se encuentran las antocianinas, que pertenecen a los flavonoides. Estos compuestos, además de ser responsables del color, tienen funciones como la atracción de agentes polinizadores, el potencial antioxidante (que contribuye a la protección de las plantas contra ciertas enfermedades) y la protección contra ataques de herbívoros y estreses abióticos (Silva, 2022). El uso de antocianinas como colorantes alimentarios está autorizado en varios países, incluidos países de la Unión Europea (E163), Estados Unidos (que los clasifica como colorantes certificados) y Asia. (Fernandesa, Pereira, & Sokovic, 2019)

Además de las propiedades colorantes, estas moléculas exhiben propiedades funcionales, (Sen & Barrow, 2019) actuando como antioxidante, antiinflamatorio, neuro protector, reduce la incidencia de enfermedades cardiovasculares e interviene contra la obesidad y controla el síndrome metabólico. (Ranaweera, Ampemohott, & Arachchige, 2020)

Pigmentos naturales

Según Lizbeth Campos Reyes (2018), son materiales insolubles e insolubles que al ser molidos se mantienen en suspensión con un aglomerante. La generación de color se debe a la estructura específica del compuesto, esta estructura captura la energía y la excitación generada por un electrón del orbital exterior en el orbital principal, la energía no absorbida se refleja en radiación y/o refracción para la visualización de imágenes (López, 2021). Según Medina (2013) el colorante resultante se puede utilizar para dar color a los alimentos, ya que tiene un color rojo púrpura intenso y muestra estabilidad en las condiciones comunes de los alimentos, como la temperatura, la presencia de luz, y la acidez Carotenoides

- Clorofilas
- Pigmentos fenólicos: flavonoides, antocianinas y taninos
- Betalaínas
- Hemopigmentos
- Otros pigmentos naturales

MÉTODO

Se realizó un estudio cualitativo, descriptivo y bibliográfico-documental. La información se recogió de distintas fuentes como internet, libros, artículos de revista que hablan sobre la utilización de la biotecnología para la extracción de pigmentos vegetales en la industria, debido a que es una alternativa viable para la producción de distintos productos a través del uso de procesos productivos basados en el empleo de recursos renovables como son los pigmentos vegetales. De esta manera la biotecnología tradicional se la emplea de para la obtención de un producto útil para la industria.

RESULTADOS

Los pigmentos poseen propiedades esenciales que son ideal para dar color a otra materia prima, y esta propiedad se conoce como poder colorante. A temperatura ambiente, el tinte debe ser sólido (estable al calor) (A.C.Prito, L, & Torres, 2020).

Forma y tamaño de las partículas

El tamaño de las partículas interviene en su estabilidad, es así que, mientras más pequeñas serán su velocidad de sedimentación más lenta. Los pigmentos gruesos impiden su utilización para acrílicos.

Resistencia a los diferentes medios agresivos

Los equipos funcionales particulares del pigmento son los causantes de conferirle esta propiedad, o sea la resistencia al calor, solventes, álcalis, ácidos, etcétera.; el fenómeno estérico además debería ser considerado (Guerrero, 2018).

Poder cubritivo, opacidad y relación de contraste

El índice de refracción de la segunda sustancia en relación con la primera sustancia es la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción. El índice de refracción depende de la longitud de onda de la iluminación. La luz generalmente se subdivide en 2 elementos separados; exhiben 2 índices de refracción diferentes. Utiliza principalmente el promedio de los dos (Rodríguez, 2017).

Según los estándares ópticos, las partículas de pigmento transparentes de enorme tamaño se comportan como prismas de vidrio. El objeto se distorsiona porque el rayo se refracta, también se mueve a diferentes velocidades en el viento y dentro de la partícula (Arrázola & Villalba, 2021).

Composición química de los pigmentos naturales

Según Juan (2013), los colorantes pueden ser naturales si se derivan de plantas, animales o minerales; sintéticos si son productos modificados química o físicamente.

Proporcionan una variedad de tonos que dependen de su composición y estructura física (Pareja, 2020). Los colorantes se fabrican químicamente y son los colorantes más utilizados en los alimentos, farmacéutico y cosmético industrias (Abou-Arab, 2011).

Los pigmentos suelen ser obras maestras complejas de la ingeniería química (Abagale, 2013). Los pigmentos se pueden clasificar según su tonalidad, composición química y propiedades. Suelen clasificarse según su origen, distinguiéndose así entre pigmentos naturales y sintéticos. (Birmania, 2017)

Tabla 1. Clasificación de colorantes naturales según la composición química

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color
Tetrapirroloes	Ficobilinas	Azul-verde
	Clorofila	Verde
Carotenoides	Carotenoides	Amarillo-anaranjado
	Flavovas	Blanco-crema
Flavonoides	Chalconas	Amarillo-blanco
	Auronas	Amarillo
	Antocianinas	Rojo-azul
Xantonas	Xantonas	Amarillo
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde
Derivados indioideos e índoles	Indio	Azul-rosado
	Betalaínas	Amarillo-rojo
Pirimidinas sustituidas	Perinas	Blanco-amarillo
	Flavinas	Amarillo
	Fenoxanizinas	Amarillo-rojo
	Fenazinas	Amarillo-púrpura

Nota: esta tabla muestra la clasificación de colorantes naturales según la composición química

Tipos de pigmentos naturales

Los principales pigmentos naturales se clasifican en tres grupos:

- Carotenoides
- Polifenoles
- Derivados de los tetrapirrólicos.

Tabla 2. *Pigmentos naturales*

Tipos	Definición	Pigmentos
Carotenoides	Son pigmentos naturales liposolubles de color amarillo-naranja que se encuentran presentes en los alimentos de origen vegetal (Moreno & Bautista, 2021).	<ul style="list-style-type: none"> • Licopeno • α y β-carotenos • xantofilas • zeaxantina • luteína • violaxantina • astaxantina • crocetina
Polifenoles	Son pigmentos vegetales responsables de la coloración rojizo. Influyen en el sabor, son astringentes (Fernández Escobar, 2021).	<ul style="list-style-type: none"> • Flavonoides • Antoxantinas
Derivados tetrapirrólicos	Son de origen vegetal por dos diferentes procesos. Por modificación de sustitutos del grupo hemo, el otro proceso consiste en la síntesis de la porfirina siendo una modificación natural como en el hemo (Silva Rufino, 2020),	<ul style="list-style-type: none"> • Clorofilas • Pigmentos hemo

Nota: el contenido de esta tabla contiene información de los pigmentos naturales

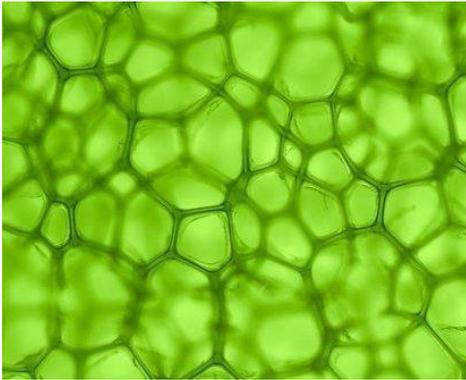
Fuentes de pigmentos vegetales

Según (Hurtado & Cuaran, 2016) los pigmentos vegetales por lo general proviene de las plantas (raíces, bayas, cortezas, hojas y madera) entre otras. Los pigmentos vegetales se pueden clasificar generalmente en pigmentos liposolubles y pigmentos hidrosolubles.

- Pigmentos liposolubles

Clorofilas: son extraídas de plantas y son de color verde; en donde logramos apreciar en licores, dulces, golosinas.

Figura 1. *Clorofilas*



Fuente: tomado de Ramos (2022)

Carotenoide: se obtiene a partir de vegetales que presentan un color naranja, como la zanahoria, o algunos tipos de algas. (Ramirez, 2018)

Figura 2. *Carotenoide*



Fuente: tomado de Roach (2015)

Pigmentos Hidrosolubles

Curcumina: Es un colorante de color anaranjado, que tiene la cualidad de haber sido obtenido mediante la técnica de la fermentación; su principal modo de uso es en algunas bebidas refrescantes, mermelada, productos para pastelería.

Figura 3. *Curcumina*



Fuente: tomado de López (2017)

Proceso de extracciones de pigmentos naturales

Entre las fuentes naturales de color tenemos el rojo, puede ser el pimentón, la remolacha, las frambuesas o los tomates. El amarillo se encuentra en el azafrán o la caléndula. El color verde proviene de la clorofila de las hojas (Ruiz, 2019). Hay muchas plantas e insectos que dan color a los alimentos en la naturaleza, y también pueden extraerse de los vegetales u obtenerse de las plantas (Trejo Escamilla, 2021). Los microorganismos también son organismos capaces de producir pigmentos, como los que se encuentran en la levadura, los hongos y otras bacterias. Las moléculas de pigmentación que producen incluyen carotenoides, melanina, flavinas, quinonas (Cubillos & Pava, 2020).

Por tanto, sus métodos y procesos de extracción son innumerables, entre los que destacan la cromatografía, la maceración, el cultivo de microorganismos y levaduras, y los métodos de secado y posterior trituración de los elementos en cuestión (Puente, 2020).

Para la extracción de pigmentos utilizamos espinacas y alguna otra hoja de otro color, además de:

- Alcohol de 96 grados.
- Mortero
- Papel de filtro
- Embudo
- Placas Petri

Procedimiento

- a) Se añaden las hojas cortadas de las espinacas en el mortero y se agrega un porcentaje de alcohol mínimo, luego se tritura hasta que adquiera un color verde intenso.
- b) Después se realiza el filtrado de líquido obtenido con el embudo en el que se pone el filtro, se echa en una placa.
- c) Se introduce una tira de papel de filtro que hemos recortado anticipadamente, se introducen en la placa.
- d) Pasados unos minutos veremos la aparición de bandas de colores que señalan los distintos pigmentos.

Uso de los pigmentos en la industria alimentaria

El uso principal de los pigmentos vegetales es dar color a los alimentos, sin embargo, también brindan otros beneficios desde su origen, como el alto contenido de antioxidantes que infunden a los alimentos y para la salud, pueden verse reflejados con propiedades anticancerígenas, antibacterianas y cardioprotectores (Cruz, 2017).

Tabla 3. Uso en la Industria

Pigmentos	Utilización
Curcumina	Esta especia es el ingrediente básico del curry, dándole su característico color amarillo intenso. Sus aplicaciones más comunes son productos lácteos, helados, productos de almidón, cereales, salsas, condimentos.
Carmín	El carmín es ampliamente utilizado como colorante en las industrias cárnica, láctea, confitería, extrusión, enlatada y de bebidas alcohólicas
Antocianina	Las antocianinas se pueden utilizar en productos ácidos como bebidas, helados de agua, salsas, jaleas y otros productos de confitería y son una excelente alternativa a los colorantes artificiales.
Beta-Caroteno	Se extraen de una variedad de fuentes vegetales y se utilizan comúnmente en margarina, mantequilla, queso, queso fundido, helados, sopas, salsas, guarniciones, masas de pan y pastelería, pasta seca o fresca para mejorar los huevos amarillos y los productos de huevo proporcionados por amarillo añadido; también se utiliza en confitería, mermeladas y bebidas.
Clorofila	La clorofila es el pigmento que le da a las hojas de las verduras y frutas verdes su color verde. Se utiliza comúnmente en helados, productos lácteos, bebidas, aceites, salsas y condimentos, conservas vegetales, dulces, productos amiláceos.
Carbón Vegetal	Se obtiene por carbonización de materia vegetal en condiciones controladas. El polvo resultante es negro y tiene un tamaño de partícula muy fino, típicamente menos de 5 micrones. Por tanto, su forma de aplicación más habitual es como suspensión viscosa en determinados disolventes de grado alimentario. Es un pigmento extremadamente estable que se puede utilizar en productos lácteos y de confitería. (Tejedor, 2021)
Betalainas	Las Betalainas encuentran sus aplicaciones más comunes en helados, yogurt y productos de confitería. (Sánchez, 2013)

Nota: el contenido de esta tabla se basa en el contenido de uso de los pigmentos en la agroindustria.

Industria textil

Según Pablo Esteban Zaruma Arias (2018) menciona que las industrias textiles generan una gran cantidad de los colorantes que utilizan en los procesos de teñido que son descargados en aguas residuales sin un adecuado tratamiento. La industria textil es el mayor consumidor de tintes y colorantes, con lo que la producción anual de colorantes sintéticos se calcula en 700,000 toneladas (Pichardo, 2019). Se estima que hasta un 50% de los colorantes utilizados en la industria textil termina en las aguas descargadas por este sector industrial debido a su bajo grado de fijación en las telas. (Nájera, 2018)

El proceso de fabricación textil consta de muchas operaciones unitarias utilizando diversas materias primas como algodón, lana, fibras sintéticas, tintes o tinturas. En la industria textil se utilizan varios tipos de colorantes, que se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Los colorantes
- Los pigmentos

Los colorantes son solubles en agua y se definen como compuestos que pueden impartir color a las fibras sin que se vean afectados por factores como la luz, la temperatura y los jabones no son biodegradables en el medio ambiente (Díaz, Valdez, & Muro, 2021). Este conocimiento fue transmitido de generación en generación como un proceso casero. Sin embargo, con el

desarrollo de la civilización, el proceso de teñido se ha convertido en uno de los sectores industriales más importantes.

Ventajas y desventajas de usar colorantes en la industria alimentaria

Tanto los colorantes sintéticos como los naturales tienen ventajas y desventajas que deben tenerse en cuenta cuando se utiliza en la industria alimentaria. Los colorantes artificiales ofrecen colores más vibrantes que los pigmentos naturales, pero no olvide que pueden representar un peligro para la salud de los consumidores. (Alvarado, 2017)

- Aportan color a los alimentos que no lo tienen

Debido a sus propiedades naturales, muchos alimentos carecen de color, lo que puede hacerlos atractivos para las personas, especialmente para los niños, que son aún más visuales, lo que afecta las ventas de alimentos. Por eso muchos alimentos y comestibles tienen ese color específico que nos hace comprarlos. (Parra, 2017)

- Mejoran el aspecto de muchos alimentos

Estos elementos no solo brindan un color especial a lo que comemos, sino que también mejoran considerablemente su aspecto, lo que hace que se antojen aún más.

- Crean expectativas en las personas

Una persona puede consumir un producto solo por su apariencia, es algo que vemos claramente en los nuevos productos, porque las personas no los reconocen al principio, pero probablemente sus colores les hagan decidirse a comprarlo, dándole así una oportunidad al producto. (Alvarado, 2017).

DISCUSIÓN

Los pigmentos naturales como las antocianinas tienen un gran potencial para reemplazar los colorantes artificiales, es por ello que es importante conocer los aspectos bioquímicos de estos pigmentos incluyendo una amplia gama de colores desde el rojo hasta el azul, por lo que las antocianinas se muestran como una nueva alternativa para obtener colorantes naturales para consumo humano (Moina, 2018). Los pigmentos naturales varían ampliamente en su estructura química y origen. Aunque hay colorantes raros como el ácido carmínico, las sustancias más comunes en los alimentos se pueden agrupar en las siguientes categorías (Jaimes, 2018). La importancia del uso de colorantes alimentarios tiene un papel relevante entre los aditivos alimentarios ya que comúnmente se utilizan para realzar el color natural de los alimentos y otros para restaurar el color perdido durante la manipulación para su conservación (Mayanquer, 2017). La industria ha ido creciendo y la extracción de los pigmentos naturales a través de la biotecnología se ha convertido en una alternativa que evita el uso de colorantes sintéticos, de esta manera ayuda a prevenir un gran número de enfermedades en la población provocadas por el consumo excesivo de alimentos procesados con colorantes artificiales. (Moina, 2018).

CONCLUSIÓN

En la industria, la producción biotecnológica de los sabores, pigmentos viene incrementado al pasar de los años debido al beneficio tanto para la salud humana como en la ganancia, ya que esta tecnología de color en alimentos es sumamente importante.

La utilización de pigmentos naturales se ha remontado desde antaño, con el fin de dar color a diversos elementos, en la actualidad los pigmentos son una herramienta para provocar deseo y llamativo, para su consumo.

La funcionalidad de los colorantes compuestos por antocianinas se aprovecha en la industria. Posibilidades con una amplia variedad de materias primas para el post-procesamiento un uso

que representa un mercado próspero para un producto por necesidad y ventajas que tiene. También encontramos que los tintes naturales tienen las siguientes propiedades: valor nutricional de las frutas, valor agregado en el mercado.

Es recomendable tener en cuenta que los colorantes naturales debemos almacenar en condiciones adecuadas ya que los factores como las propiedades se pueden alterar, ya que en las industrias son utilizadas constantemente para la producción de los alimentos.

En base a la revisión bibliográfica analizada podemos decir que los pigmentos naturales son componentes que son empleadas en la industria alimentaria, que ayudan a resaltar los colores características de un producto procesado añadiendo un plus. Una de las mejores formas de utilizar los tintes es no abusar de ellos. Este es un error que muchas personas no obtienen el tono que desean de inmediato. Entonces, el color real del tinte aparecerá después de un tiempo, por lo que es una buena idea esperar un poco para encontrar el color final antes de aplicar la siguiente pasta de tinte. Tal vez eso es a lo que quieres llegar.

REFERENCIAS

- A.C.Prito, L. F., & Torres. (2020). Caracteriación de los pigmentos . Mexico : Universidad de valladolid.
- Abagale, S. (2013). Chemical Studies on the Composition of Natural Paint Pigment Materials from the Kassena-Nankana District of the Upper East region of Ghana. University for Development Studies, Department of Applied Chemistry and Biochemistry.
- Abou-Arab, A. A. (2011). Physico- chemical properties of natural pigments (anthocyanin) extracted from Roselle calyces (*Hibiscus subdariffa*). Journal of American Science.
- Alvarado, M. (2017). EL USO DE LOS COLORANTES COMESTIBLES NATURALES Y SINTÉTICOS DESDE EL ASPECTO FUNCIONAL EN LA PASTELERÍA. Amabato-Ecuador : UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES.
- Arrázola, G., & Villalba, M. (2021). Pigmentos y Antioxidantes de origen vegetal. Universidad de Cordoba, 6-8.
- Birmania, Q. L. (2017). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE EL HORMIGÓN TRADICIONAL Y EL HORMIGÓN CON PIGMENTOS NATURALES. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato-Ecuador.
- Cruz, J. (2017). ISSUU. Obtenido de https://issuu.com/citeagroindustrialica/docs/bo-17-005_bolet_n_aplicaci_n_y_uso_de_los_colorant
- Cubillos, L. N. (2021). Evaluación de la extracción de pigmentos vegetales como la antocianina a partir de diferentes frutos silvestres para uso alimenticio. Universidad de America.
- Cubillos, L. N., & Pava, L. Y. (2020). Evaluacion de la Extraccion de Pigmentos Vegetales como la Antocianina a Partir de Diferentes Frutos Silvestres para uso aAlimenticio. UNIVERSIDAD DE AMERICA , 12-50.
- Delgado-Vargas, F. (2000). Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains – Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. Universidad Autónoma de Sinaloa, Fac. de Ciencias Químico Biológicas, México.
- Diaz, M., Valdez, A., & Muro, C. (2021). OBTENCIÓN DE PIGMENTOS DE ESTRUCTURA ANTOCIANÍNICA A PARTIR DEL CULTIVO CONVENCIONAL Y ORGÁNICO. Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México, 7-8.
- Fernandesa, F., Pereira, E., & Sokovic, M. (2019). *Ocimum basilicum* var. *purpurascens* leaves (red rubin basil): a source of bioactive compounds and natural pigments for the food industry. Food & Function, 20-25.
- Fernández Escobar, Á. O. (2021). Evaluación del contenido de polifenoles totales y características sensoriales de una bebida alcohólica tipo vino tinto a base de maíz (*Zea Mays L.*), morado y rojo. Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, 4-5.
- Gallego, M. R. (2007). Sustitución de colorantes en alimentos. Revista Lasallista de Investigación, 4.
- Girón, J. M. (2016). PIGMENTOS VEGETALES Y COMPUESTOS NATURALES APLICADOS EN PRODUCTOS CÁRNICOS COMO COLORANTES Y/O ANTIOXIDANTES: REVISIÓN.
- Guerrero, J. (2018). Teoría del color. Castellón-España: Netdisseny.
- Hernández, S. A. (2019). Colorantes alimentarios y su relación con la salud: ¿cómo abordar esta problemática desde el estudio de las disoluciones? Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.

Hurtado, L. G., & Cuaran, J. D. (2016). PIGMENTOS VEGETALES Y COMPUESTOS. researchgate.

Jaimes, M. d. (2018). "CARACTERIZACIÓN DE UN PIGMENTO BIOACTIVO OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS DE CAFÉ Y EVALUACIÓN DE SU APLICACIÓN EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS". UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, FACULTAD DE CIENCIAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO.

Jiménez, O., & Guerrero, J. Á. (2021). Extraction, Microencapsulation, Color Properties, and Experimental Design of Natural Pigments Obtained by Spray Drying. Food Engineering, 30-35.

López, O. D. (2021). Fuentes naturales de origen vegetal para la obtención de antocianinas. Universidad Técnica de Ambato, 6-8.

Martos, V. M. (2022). Learning about chlorophyll and anthocyanins as potential indicators of plant physiological state. Dialnet, 8-9.

Mayanquer, F. G. (2017). EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL PIGMENTO NATURAL OBTENIDO A PARTIR DE MORTIÑO (*Vaccinium myrtillus* L) COMO COLORANTE PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador.

Medina, C. H. (2013). "OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LAS FLORES DE ATACO O SANGORACHE (*Amaranthus* sp.)". Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador.

Moina, H. L. (2018). "EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*), MORA ANDINA (*Rubus glaucus*) y UVA (*Vitis vinífera*) PARA EL USO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS". ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, Riobamba-Ecuador.

Moreno, R., & Bautista, J. (2021). Pigmentos clorofilicos y carotenoides en AOV: Importancia de la profeofitina. Universidad de Sevilla, 6-7.

Moretti, G., & Gervais, C. (2018). Raman spectroscopy of the photosensitive pigment Prussian blue. Wiley Raman Spectroscopy, 5-7.

Nájera, J. B. (20 de Junio de 2018). Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual: Una Breve Revisión. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas.

Pareja, A. M. (2020). QUÍMICA DEL COLOR. Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia.

Parra, V. (2017). Estudio comparativo en el uso de colorante naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico. Chile : Universidad Austral de Chile .

Pichardo Pérez, F. F. (2019). Obtención de pigmentos bioactivos a partir de col morada (*Brassica oleracea* Var. capitata) y evaluación de su aplicación en un producto alimenticio. México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Pichardo, F. F. (2019). Obtención de pigmentos bioactivos a partir de col morada (*Brassica oleracea* Var. capitata) y evaluación de su aplicación en un producto alimenticio. UAEM.

Puente, C. (2020). Obtención de colorantes naturales a partir de la claudia roja (*Prunus domestica*). Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 7-9.

Quintriqueo, S., & Gutiérrez, M. (2012). Conocimientos sobre colorantes vegetales. México: Perfiles Educativos.

Ramírez, N. (2018). Ecoescuela. Obtenido de <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ncarroq/2015/02/01/los-colores-de-las-plantas-y-las-algas/>

Ranaweera, Ampemohott, & Arachchige, U. (2020). Advantages and considerations for the applications of natural food pigments in the food industry. *JOURNAL OF RESEARCH TECHNOLOGY AND ENGINEERING*, 5-6.

Reddy Pullagurala, V., Adisa, I., & Rawat, S. (2018). ZnO nanoparticles increase photosynthetic pigments and decrease lipid peroxidation in soil grown cilantro (*Coriandrum sativum*). The University of Texas at El Paso, 6-7.

Rodríguez, M. (2017). *PINTURA ANTICORROSIVA*. Guayaquil: UNIVERSIDAD ESTATAL DE GUAYAQUIL.

Roque, G. (2017). *Pigmentos, tintes y formas*. CNRS, París: Universidad Autónoma de Puebla.

Ruiz, S. (2019). Extracción y cuantificación de clorofila en hojas comestibles del estado de Tabasco. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7-8.

Sánchez, R. (2013). *LA QUIMICA DEL COLOR EN LOS ALIMENTOS*. Buenos Aires- Argentina: Química Viva.

Sen, T., & Barrow, C. (2019). Microbial Pigments In The Food Industry – Challenges And The Way Forward. *Frontiers in Nutrition*, 2629.

Silva Rufino, J. N. (2020). *PIGMENTOS NATURAIS DE ORIGEM VEGETAL: CLOROFILA, ANTOCIANINAS E BETALAÍNAS ALTERAÇÕES E BENEFÍCIOS*. UFPB, 3-4.

Silva, G. (2022). Extração de pigmentos vegetais em aulas virtuais de fisiologia vegetal. *Diversitas Journal*, 4-7.

Solís Herrera, A. (2015). The Biological Pigments in Plants Physiology. *Agricultural Sciences*, 8-9.

Tejedor, A. S. (28 de Marzo de 2021). Scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/500664452/CLASIFICACION-DE-COLORANTES-NATURALES>

Torrez, B. Z. (2014). *OBTENCIÓN DE UN COLORANTE ORGÁNICO PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA A PARTIR DEL FRUTO PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, DEPARTAMENTO DE QUIMICA, Managua.

Trejo Escamilla, I. (2021). Extracción y determinación de pigmentos fotosintéticos. Universidad Autónoma de Baja California, 5-6.

Zalyhina, V., & Cheprasova, V. (2021). Pigments from spent Zn, Ni, Cu, and Cd electrolytes from electroplating industry. *Environmental Science and Pollution Research*, 5-7.

Zhu, S., Zhou, J., Jia, H., & Zhang, H. (2017). Liquid–liquid microextraction of synthetic pigments in beverages using a hydrophobic deep eutectic solvent. *Food Chemistry*, 8-9.