

Colorantes naturales y sintéticos en la industria de alimentos

Juan Camilo Moya Vanegas

Trabajo presentado como proyecto de grado de Ingeniería de alimentos

Tutora

Magda Piedad Valdés Restrepo. Ph.D.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Ingenierías y Tecnologías

ECBTI

Ingeniería en Alimentos

2025

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios por llegar hasta este peldaño de mi vida, darme salud y darles salud a mis seres queridos, y mis padres porque me proporcionaron las herramientas para llegar hasta este punto, por el amor que me brindan día a día, porque me han inspirado a ser mejor y a mi familia porque todos han sido parte de mi proceso de crecimiento personal, dándome espacios que han significado sacrificios para ellos. Por último, a cada tutor que me acompañó en mi proceso porque permitieron mi enriquecimiento personal y académico.

Resumen

El enfoque de este trabajo de grado es el uso de colorantes naturales en la industria de alimentos como una alternativa sostenible y saludable a los colorantes sintéticos tradicionales, abordando preocupaciones históricas sobre la seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental, relacionadas con los colorantes sintéticos. Por ello, los colorantes naturales, derivados de fuentes vegetales como especias, extractos de plantas, frutas y vegetales, están ganando popularidad debido a su origen natural y su capacidad para proporcionar colores atractivos a los alimentos.

El objetivo central de esta monografía es identificar la aplicación de colorantes naturales y sintéticos en la industria de alimentos, teniendo en cuenta su impacto en la salud humana, entendiendo a su vez que debe prestarse atención al impacto en la salud humana y los riesgos potenciales de los colorantes sintéticos con la seguridad de los colorantes naturales, respaldado por una revisión completa de investigaciones científicas actuales. Además, se exploraron aspectos relacionados con la sostenibilidad y los beneficios ambientales del uso de colorantes naturales en la producción de alimentos, incluyendo la reducción de la huella de carbono y la conservación de recursos naturales, promoviendo prácticas más sostenibles en la industria alimentaria. Por último, concluyendo que realmente el uso de los colorantes naturales como sintéticos, tienen ventajas significativas, sin embargo, los colorantes naturales son en la industria alimentaria más saludables y sostenibles, debido a las fuentes de obtención (animales, vegetales o minerales) a partir de los cuales son elaborados, reduciendo de este modo el índice alergénico o reacciones adversas en comparación con los colorantes artificiales, pues, para su producción no se requiere de productos químicos sintéticos que puedan causar reacciones alérgicas y riesgo de contaminación química, además, no necesita de procesos complejos, ni de alta energía, lo que permite que puedan ser biodegradables y retornar a la naturaleza sin dejar residuos, sin embargo, es importante tener en cuenta que tanto su producción como uso debe ser responsable y sostenible a lo largo de todo el ciclo de vida útil

del mismo.

Palabras Claves: pigmento, manufactura, artificial, atributos, sustancia.

Abstract

The focus of this degree work is the use of natural colorants in the food industry as a sustainable and healthy alternative to traditional synthetic colorants, addressing historical concerns about food safety and environmental sustainability related to synthetic colorants. Therefore, natural colorants, derived from plant sources such as spices, plant extracts, fruits, and vegetables, are gaining popularity due to their natural origin and their ability to provide attractive colors to food products.

The central objective of this monograph is to conduct a comprehensive assessment of different types of natural colorants and their applicability in the food industry, considering descriptive characteristics and their influence on specific products. Attention will be paid to the impact on human health by comparing the potential risks of synthetic colorants with the safety of natural colorants, supported by a thorough review of current scientific research. Furthermore, aspects related to sustainability and environmental benefits of using natural colorants in food production will be explored, including the reduction of carbon footprint and the conservation of natural resources, promoting more sustainable practices in the food industry. In summary, this monograph highlights the advantages of natural colorants in terms of sustainability, food safety, and health, promoting their adoption as a responsible and desirable alternative to conventional synthetic colorants. In summary, this monograph highlights the advantages and benefits of natural colorants in terms of sustainability, food safety, and health. It provides an updated insight into their application in the food industry, promoting their use as a desirable and responsible alternative to traditional synthetic colorants. Finally, concluding that the use of

natural and synthetic colorants actually has significant advantages, however, natural colorants create a more sustainable and healthy food industry.

Keywords: Pigment, Manufacture, Artificial, Attributes, Substance.

Tabla de Contenido

Introducción.....	10
Planteamiento del Problema.....	12
Justificación.....	14
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Metodología	17
Marco Conceptual	19
Marco Teórico	21
Uso y Aplicación de Colorantes Naturales y Colorantes Sintético	21
Definición y Clasificación de Colorantes Naturales	24
Clasificación de Colorantes Naturales Según su Origen	26
Colorantes a Base de Insectos (Frutas).....	26
Colorantes a Base de Vegetales	26
Colorantes de Especies.....	27
Otros Colorantes Naturales	28
Propiedades Químicas de los Colorantes Naturales	29
Composición Molecular.....	29
Solubilidad	29
Estabilidad Ante Factores Ambientales.....	29
Aplicabilidad de los Colorantes Naturales en la Industria de Alimentos.....	31
Bebidas.....	31
Confitería	31

Cárnicas.....	31
Productos Lácteos.....	32
Alimentos horneados.....	32
Alimentos procesados.....	32
Frituras.....	33
Impacto Ambiental Reducido de los Colorantes Naturales.....	35
Prácticas Sostenibles en la Producción y Uso.....	35
Retos y Desafíos en la Utilización de Colorantes Naturales.....	37
Disponibilidad y Estandarización de Colorantes Naturales.....	37
Estabilidad de los Colorantes Naturales.....	37
Impacto en la Salud Humana.....	39
Evaluación de la Seguridad de los Colorantes Naturales.....	40
Revisión de Estudios Científicos.....	40
Impacto Ambiental y Sostenibilidad.....	41
Colorantes Sintéticos en la Industria de Alimentos.....	43
Definición de Colorantes Sintéticos.....	43
Uso Tradicional de Colorantes Sintéticos.....	44
Historia y Evolución de los Colorantes Sintéticos.....	44
Ejemplos de Colorantes Sintéticos.....	44
Propiedades Químicas de los Colorantes Sintéticos.....	46
Composición Molecular.....	46
Interés sobre la Seguridad Alimentaria de los Colorantes Sintéticos.....	47
Efectos Asociados a Colorantes Artificiales.....	48
Normativa y Legislación.....	50
Aspectos Económicos.....	51
Costos y Disponibilidad De Colorantes Naturales.....	51

<i>Comparación Costos (Colorantes Naturales vs Colorantes Sintéticos).</i>	52
Impacto Económico en el Producto.....	53
Estrategias de Mercadotecnia y Comercialización	54
Conclusiones.....	56
Promoción de colorantes naturales para una industria alimentaria más sostenible y saludable .	56
Evaluación científica de la seguridad y efectividad de los colorantes naturales.....	56
Consideraciones Económicas para la Adopción de Colorantes Naturales.....	56
Recomendaciones	58
Referencias Bibliográficas	59

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Algunos Colorantes Artificiales de la Industria Alimenticia</i>	49
Tabla 2 <i>Comparación Costos</i>	52

Introducción

El uso de colorantes en la industria de alimentos, conocidos como aditivos o aditivos de color, son esenciales para mejorar la apariencia visual de los productos y su atractivo hacia los consumidores, influyendo en su elección y experiencia sensorial (Valdés et al., 2023). Sin embargo, en las últimas décadas, ha surgido una creciente preocupación sobre los colorantes sintéticos ampliamente utilizados en esta industria, dichos compuestos químicos fabricados artificialmente y empleados comúnmente en una amplia variedad de alimentos han generado inquietudes relacionadas con su seguridad y posibles efectos adversos en la salud humana, lo que ha llevado a una mayor atención por parte de los consumidores y de las autoridades reguladoras (Dey & Nagababu, 2022).

Los colorantes alimentarios, ya sean naturales o sintéticos, son aditivos ampliamente utilizados en la industria alimentaria para mejorar la apariencia (Malabadi, Kolkar y Chalannavar, 2022) y la palatabilidad de los productos. Los colorantes naturales, extraídos de fuentes vegetales, ofrecen una serie de ventajas sobre los sintéticos, como su origen natural, su potencial para mejorar la calidad sensorial de los alimentos y su menor impacto ambiental (Cotte Urrutia y Flórez Capador, 2020). A lo largo de esta monografía, se explora en detalle el uso de los colorantes naturales en la industria de alimentos frente a los colorantes sintéticos. A través de un enfoque integral, se examinaron diversos aspectos relacionados con su aplicación y consideraciones de sostenibilidad.

Al abordar estos temas, se busca proporcionar una visión completa de los beneficios y desafíos asociados con el uso de colorantes naturales y sintéticos en la industria de alimentos, así como sus efectos negativos en la salud de las personas, comparables a los observados con otros colorantes azoicos (Silva, M. M., Reboredo, F. H., & Lidon, F. C. 2022), teniendo en cuenta que, en economías industrializadas, la regulación de aditivos alimentarios es exhaustiva

y se lleva a cabo un seguimiento constante de los alimentos para prevenir posibles fraudes o conductas inapropiadas por parte de sus productores (Barciela, P., Et al 2023).

Se busca proporcionar un sólido fundamento de conocimientos que permita a los actores de la industria alimentaria tomar decisiones informadas acerca del uso de colorantes naturales y sintéticos, ya que estos actores incluyen a fabricantes, reguladores y consumidores interesados en comprender a fondo temas respecto a la calidad, seguridad y sostenibilidad de estos pigmentos naturales. En última instancia, esta investigación contribuirá al continuo debate sobre cómo la industria de alimentos puede avanzar hacia prácticas más responsables y beneficiosas para la salud de los consumidores y el medio ambiente.

Planteamiento del Problema

En la industria de alimentos, los colorantes desempeñan un papel crucial en la atracción visual de los productos, influyendo en la percepción de sabor y calidad por parte de los consumidores. Tradicionalmente, los colorantes sintéticos han sido los preferidos en esta industria debido a su estabilidad, disponibilidad y versatilidad para proporcionar colores atractivos y consistentes en una amplia variedad de productos. No obstante, en las últimas décadas, han surgido preocupaciones significativas relacionadas con la seguridad, la salud y la sostenibilidad de los colorantes sintéticos utilizados en alimentos (Sepúlveda, 2023).

En primer lugar, la seguridad de los colorantes sintéticos ha sido cuestionada debido a informes de posibles efectos adversos en la salud humana; estudios han asociado algunos colorantes sintéticos con alergias, hiperactividad en niños y otros problemas de salud (Pellicer, M. A. 2021). Esto ha llevado a regulaciones más estrictas y a un escrutinio continuo por parte de las autoridades sanitarias y los consumidores (Sepúlveda, 2023). En segundo lugar, se encuentra el impacto ambiental de la producción y el uso de colorantes sintéticos; este es un tema de creciente preocupación específicamente el manejo de aguas, debido a que la síntesis de colorantes sintéticos a menudo implica la utilización de productos químicos tóxicos y la generación de subproductos dañinos para el medio ambiente (Cotte Urrutia y Flórez Capador 2020). La disposición inadecuada de estos colorantes puede contribuir a la contaminación del agua y al agotamiento de recursos naturales (Lin et al., 2023). Por último y, en tercer lugar, la demanda del mercado y la preferencia de los consumidores están cambiando hacia productos más naturales y saludables, existe una creciente necesidad de encontrar alternativas a los colorantes sintéticos que sean más seguras, saludables y sostenibles, de esta manera los consumidores buscan etiquetas de alimentos más limpias y productos que utilizan ingredientes naturales y minimicen los aditivos artificiales (Bruno & Campañone, 2017).

En este contexto, los colorantes naturales derivados de fuentes vegetales han ganado interés como una posible solución a estos desafíos, sin embargo, su adopción en la industria de

alimentos no está exenta de obstáculos, los colorantes naturales presentan desafíos en términos de estabilidad, disponibilidad y costo, y es esencial comprender su idoneidad y eficacia en diversas aplicaciones alimentarias (Bruno & Campañone, 2017); además, la investigación científica sobre su impacto en la salud humana y su sostenibilidad aún es limitada y requiere una evaluación exhaustiva.

Por lo tanto, el planteamiento de este problema de investigación se centra en la necesidad de abordar y responder a estas preocupaciones y desafíos en la industria de alimentos. Es crucial investigar y comprender a fondo el uso de colorantes naturales en la industria de alimentos desde una perspectiva científica para proporcionar información sólida y respaldada que promueva su implementación efectiva y responsable. Esta investigación aborda cuestiones clave relacionadas con la seguridad, la calidad, la sostenibilidad y la satisfacción del consumidor en el contexto de los colorantes naturales, lo que beneficiará tanto a la industria alimentaria como a los consumidores preocupados por su salud y el medio ambiente.

Justificación

La elección que se tiene en el uso y aplicación de colorantes por parte de las industrias de alimentos se ha convertido en un aspecto primordial en su producción, puesto que, aunque estas sustancias aditivas “sirven para la conservación, el aspecto atractivo, el aroma y el sabor de los alimentos” (Sánchez, 2013. p. 235), se debe garantizar la calidad, sostenibilidad ambiental y seguridad alimentaria de estos productos, así como la percepción y aceptación por parte de los consumidores, por lo que, según Carmona (2013) afirma que, la tendencia al consumo de lo natural es cada vez más fuerte y el uso de ellos es considerado un atributo de calidad del producto.

La principal inquietud frente al uso de colorantes naturales vs. colorantes sintéticos, radica en la posible toxicidad y efectos adversos en la salud humana, donde numerosos estudios científicos han arrojado luces sobre la posible relación entre el consumo de ciertos colorantes sintéticos y sus efectos negativos en la salud, como alergias, hiperactividad en niños, entre otros, teniendo en cuenta investigaciones tales como las de Food Standards Agency junto a la Universidad de Southampton en Inglaterra, quienes encontraron que la mezcla de colorantes con conservantes como el benzoato sódico, pueden afectar negativamente la conducta en algunos niños, concluyendo que “la hiperactividad infantil se podría ver exacerbada por el uso de esta mezcla” (Carmona, 2013), aumentando así, el interés del uso de colorantes naturales para reemplazar el uso de colorantes sintéticos. Esta preocupación ha movilizó a los consumidores a exigir mayor transparencia en el etiquetado de alimentos, donde la utilización de colorantes debe ser aprobada por la Food and Drug Administration (FDA).

Además de las preocupaciones en materia de salud, el impacto ambiental en la producción y eliminación de colorantes sintéticos ha sido causal de preocupación debido al impacto que ejercen en los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos (Gutiérrez Guzmán, K. A. 2013).

Los colorantes son compuestos químicos xenobióticos, es decir, que no se encuentran en forma natural en la biosfera, sino que han sido sintetizados por el hombre” (Donoso, 2017). Con base a esto, los colorantes naturales derivados de fuentes vegetales como “especies, extractos de plantas, frutas y vegetales que ha generado un interés como potencial alternativo con respecto a los colores sintéticos y varios tintes naturales han sido estudiados como las antocianinas, betalaínas, caroteno, antraquinona y clorofila” (Cotte y Capador, 2020). Así mismo, para la revista web Ciencia Digital, la preparación de pigmentos con colorantes naturales en los alimentos, influye en factores antioxidantes y de prevención de enfermedades cardiovasculares, neuronales, diabetes, cáncer, etc.

La investigación sobre el potencial de los colorantes naturales puede fomentar la innovación en la industria alimentaria y ofrecer oportunidades para el desarrollo de productos atractivos y saludables. Además, brindará orientación valiosa a los fabricantes y reguladores para establecer estándares de calidad y regulaciones adecuadas para el uso de colorantes naturales, lo que fortalecerá la industria en su conjunto.

De esta forma, con la presente monografía se argumenta entonces la necesidad imperante de explorar y comprender profundamente el uso de colorantes naturales en la industria de alimentos, abordando tanto cuestiones de salud, sostenibilidad y calidad de productos como su contribución a la base del conocimiento científico, así como su potencial para mejorar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en la industria de alimentos, haciendo de esta investigación un paso significativo para un futuro alimentario más saludable y responsable.

Objetivos

Objetivo General

Identificar la aplicación de colorantes naturales y sintéticos en la industria de alimentos, teniendo en cuenta su impacto en la salud humana.

Objetivos Específicos

Identificar el uso y aplicación de colorantes naturales y sintéticos en la industria de alimentos.

Establecer el impacto de los colorantes naturales y sintéticos, así como su relación con la seguridad alimentaria y beneficios para los consumidores.

Analizar los aspectos económicos relacionados con el uso de colorantes naturales y sintéticos, así como la normativa y legislación que contrala su aplicación en la industria alimentaria.

Metodología

Para la realización de esta monografía, se lleva a cabo una investigación en la que se aplica la técnica de recopilación de datos conocida como revisión documental. Este enfoque metodológico permite el análisis sistemático de artículos científicos, tesis y estudios vinculados con el uso de colorantes naturales y artificiales en la industria alimentaria. Para garantizar la actualidad y relevancia de la información, se consultaron documentos en inglés y español, priorizando aquellos publicados en los últimos cinco años (2019-2024).

Es importante mencionar que la información analizada se obtuvo de fuentes de datos confiables que incluyeron revistas científicas, bases de datos académicas y repositorios de tesis, tales como:

Repositorio de la universidad de córdoba

Repositorio Universidad de Guadalajara

Repositorio Institucional CONICET

Repositorio Fundación Universidad de América

Repositorio de la Universidad Nacional de Itapúa

Repositorio Universidad Rafael Landivar

Repositorio Universidad de Antioquia

Repositorio Universidad Extramadura

Repositorio Universidad Nacional

Repositorio Universidad Católica de Valencia

ELSEVIER

SciELO

Nature reviews earth & environment

Journal of food Science

Journal National Center for Biotechnology information

Revista Química Viva

Revista Agrimundo

El análisis de los documentos hallados en las fuentes de datos señaladas permite una comprensión profunda de los temas de interés y facilita la identificación de tendencias, patrones y conclusiones relevantes sobre la aplicación de los colorantes naturales vs los sintéticos en la industria alimentaria.

Palabras Claves: Industria alimentaria, aditivo, seguridad alimentaria, ciencia.

Marco Conceptual

Según el Codex Alimentarius (2015), organismo internacional que constituye las normas de alimentación, define a los aditivos como:

Cualquier sustancia que normalmente no se consume como alimento ni se utiliza como ingrediente esencial en alimentos, ya sea que tenga o no valor nutritivo. Su adición al alimento durante cualquier etapa de producción, fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento puede esperarse razonablemente que la convierta directa o indirectamente en un componente del alimento o afecte sus características (Ortiz, 2021). Para la FDA, los colorantes como aditivos son “cualquier sustancia química obtenida por síntesis o artificio similar, extraída o derivada, con o sin intermediarios del cambio final de identidad, a partir de un vegetal, animal, mineral u otra fuente que imparte color a la comida” (Ortiz, 2021, p. 14).

Por esto, los aditivos alimentarios además de conferir atributos a los alimentos también, pueden “intensificar o restaurar el color perdido ya sea por las condiciones dadas durante el procesado o el almacenamiento (luz, aire, temperatura, presencia de otros componentes del alimento, etcétera” (Kraser & Hernández, 2020), por lo que para Buera (2011) La adición de colorantes contribuye a mejorar el aspecto visual de ciertos alimentos, cumpliendo así con las expectativas del consumidor respecto a su atractivo. Tanto las propiedades químicas de los colorantes naturales y sintéticos, como su composición molecular, solubilidad, estabilidad, temperatura, pH, entre otros factores, también influyen en sus características y particularidades durante los procesos de producción y almacenamiento de alimentos. (Kraser & Hernández, 2020).

Se debe tener en cuenta por igual, las normativas que se deben cumplir, así como las regulaciones establecidas por las autoridades sanitarias como la Food and Drug Administration (FDA) y la European Food Safety Authority (EFSA), para el uso de colorantes en la industria alimentaria, que delimitan estándares de calidad y establecen restricciones, modo de

etiquetado, entre otros requisitos propios del manejo y elaboración de este tipo de alimentos procesados. Estas normativas sanitarias basadas en Belmonte, et al. (2016), exigen una certificación para el uso de colorantes artificiales, después de analizar la información disponible acerca de los efectos del consumo del colorante permite establecer una Ingesta Diaria Admisible (IDA) con un alto nivel de seguridad (Ortiz, 2021).

No obstante, diferentes estudios científicos sobre la seguridad alimentaria y los posibles efectos en la salud por el uso de colorantes, ponen a los colorantes naturales en ventaja frente a los colorantes sintéticos debido a su impacto en la salud humana, considerando aspectos como toxicidad, efectos alergénicos y beneficios vinculados a su consumo (Krasner 2020).

Igualmente, para Brito, et al. (2019), los colorantes naturales por ser productos agrícolas, se aprecian y se convierten en una destacada fuente para extraer colorantes utilizados en la industria alimentaria (García, Lucero, Et al 2019).

Respecto a temas específicos como la sostenibilidad ambiental en procesos de producción de colorantes naturales vs. colorantes sintéticos, se define primero el término de sostenibilidad ambiental, entendiéndolo como un cumplimiento de las demandas actuales de la humanidad deben ser cubiertas sin comprometer la disponibilidad de recursos para las generaciones venideras; esto implica alcanzar un equilibrio entre el consumo de recursos y su capacidad de regeneración (Galiana & Centeno, 2016, p. 11).

Asimismo, MADS (2014), señala que los colorantes derivados de fuentes naturales se pueden aprovechar de una forma más sostenible por medio del Bío-comercio, que hace referencia al conjunto de actividades que involucran la recolección y/o producción, el procesamiento y la comercialización de bienes y servicios derivados de la biodiversidad nativa, todo ello gestionado bajo criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica. (Mattavelli, 2020). por lo cual, en el contexto de esta monografía, se considera esta sostenibilidad en términos de producción con el uso de colorantes naturales, los cuales, pueden tener un menor impacto ambiental en comparación con los colorantes sintéticos (Pino & Vergara, 2022).

Marco Teórico

Uso y Aplicación de Colorantes Naturales y Colorantes Sintético

El uso y aplicación de colorantes naturales y colorantes sintéticos en la industria de alimentos se utilizan como aditivo, para restaurar su color original después del procesamiento industrial, y de esta manera intensificar su tonalidad original o para agregar un color más atractivo (Sánchez, 2013), aunque su manejo tiene una dicotomía importante, puesto que, al compararlos, se encuentra que los colorantes naturales, por ser pigmentos extraídos de fuentes tales como especias, extractos de plantas, frutas, vegetales, etc., le proporcionan color a los alimentos de una forma natural, frente al uso de colorantes sintéticos, que proporcionan igualmente color a los alimentos de una manera atractiva, pero a través de compuestos químicos artificiales, surgiendo preocupaciones sobre su posible toxicidad y efectos contraproducentes para la salud (Hidalgo, 2022).

Esta inquietud que surgen en cuanto a la toxicidad de los colorantes sintéticos, se basan en organizaciones tales como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESA), quienes afirman que el uso excesivo de estos, puede tener efectos adversos en el comportamiento de los niños y niñas, así como en su sistema respiratorio y desarrollo de alergias a dosis muy altas, asegurando que en la actualidad, existe la posibilidad de que los niños consuman una cantidad excesiva de alimentos que contienen colorantes, lo que podría resultar en una ingesta diaria que supere los límites recomendados desde el punto de vista científico (Ortiz, 2021).

Por esto, se han realizado distintos estudios sobre el comportamiento de los colorantes naturales vs. colorantes sintéticos, con el fin de determinar su seguridad alimentaria y sus posibles efectos y/o beneficios para los consumidores. Por ejemplo, se encontró estudios como el de Batada & Jacobson (2016), donde: Se recopiló información sobre todos los productos comercializados para niños en un supermercado de la ciudad de Carolina del Norte, y se encontró que de 810 productos 350 contenían colorantes artificiales siendo los más comunes

rojo 40, azul 1, amarillo 5 y amarillo 6, respectivamente. El mayor porcentaje de productos con AFC (Artificial Food Colors) se encontró en dulces (96.3%), refrigerios con sabor a frutas (94%) y mezclas de bebidas / polvos (89.7%), generando una preocupación debido a los efectos que tienen los colorantes artificiales en la salud, principalmente en niños (Ortiz, 2021, p. 10).

Por otro lado, según Ortiz (2021), estudios como el de Stevens et al. (2015), comprobaron un aumento en el porcentaje de azúcar adicionada y colorantes artificiales en alimentos y dulces certificados por la Food and Drug Administration (FDA), al revisar su etiquetado y hacer un análisis espectrofotométrico, donde los colorantes artificiales más usados fueron el rojo y el amarillo, sugiriendo reducir su consumo en niños por generar posibles alteraciones en su comportamiento. Igualmente, el estudio de León Regal et. al. (2018), expuso el envejecimiento celular que se tiene por el estrés oxidativo debido a los radicales libres y especies reactivas del oxígeno en colorantes, los cuales, pueden modificar las biomoléculas como lípidos, proteínas y ADN, conllevando a posibles enfermedades cardiovasculares, neurológicas y/o neoplásicas (Ortiz, 2021).

Sin embargo, estudios sobre los posibles beneficios de los colorantes naturales en la salud humana como el de Enríquez, Poveda & Alvarado (2023), afirman que, estos aditivos naturales pueden ser benefactores ante enfermedades como la obesidad y la diabetes, por ser “los tratamientos alternativos para la prevención de enfermedades y la mejora de la salud humana han sido objeto de estudio, destacándose que las fuentes botánicas ofrecen propiedades beneficiosas que están asociadas con diversos trastornos fisiológicos.” (p. 5) por lo que “los investigadores han enfocado sus esfuerzos en superar el desafío de extraer compuestos bioactivos de las plantas con el propósito de mejorar el valor nutricional de los productos alimenticios” (Enríquez, et al., 2023, p. 5).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO, 2009), comprende la seguridad alimentaria, “cuando todas las personas tienen acceso físico y

económico continuo a una cantidad suficiente de alimentos seguros y nutritivos, que satisfagan tanto sus necesidades dietéticas como sus preferencias alimentarias, con el fin de llevar una vida activa y saludable.” (Ortiz, 2021, p. 12). Es decir, que, aunque el uso y aplicación de colorantes naturales y sintéticos en la industria de alimentos es muy común, se debe determinar su seguridad alimentaria y los beneficios para los consumidores en materia de sostenibilidad económica, social y ambiental alimenticia a nivel mundial (Ortiz, 2021).

Respecto a los aspectos económicos y de sostenibilidad relacionados con el uso de colorantes en la industria alimentaria, se resalta a favor de los colorantes naturales aspectos como costos, disponibilidad y demanda de estos, en comparación con los colorantes sintéticos, así como el impacto ambiental de ambos tipos de colorantes, los cuales, deben ser estimados en la producción, uso de recursos naturales y residuos generados (Hidalgo, 2022), lo que para el DAMA (2004), se traduce en prácticas ambientales sostenibles, que minimizan entonces los costos de producción, de consumo, de insumos y manejo de residuos.

Definición y Clasificación de Colorantes Naturales

Los colorantes naturales son mayormente extraídos de los vegetales como frutas, plantas, especias, entre otros, utilizados en la industria alimenticia para dar color a sus productos sin utilizar colorantes sintéticos. Estos colorantes son reconocidos por ser de origen natural, mejorando la apariencia de los alimentos, lo que permite realizar una producción de alimentos de una forma más sostenible ambientalmente y más segura, alimentariamente hablando (González-Araúz, A. P. 2020, 20 de mayo). Los pigmentos o colorantes naturales, “pueden ser clasificados en cinco (5) familias Tetrapirroles, es decir, (por ejemplo, la clorofila), carotenoides (β caroteno), flavonoides (antocianinas), fenólicos compuestos (teaflavin) y N-heterocíclicos compuestos (betalaínas)” (Arrazola, Villalba y Rodríguez, 2021, p.12). Estos autores basados en Valenzuela y Pérez (2016), señalan que los pigmentos liposolubles se hallan en la clorofila y carotenoides, y los pigmentos hidrosolubles se hallan en las antocianinas, betalaínas y flavonoides.

Es relevante con respecto a los colorantes, tenerlos en cuenta como aditivos deben ir referenciados en las etiquetas de los alimentos industriales y de conserva, donde según Sánchez (2013), el fabricante debe resaltar sus cualidades organolépticas de manera visual como lo es el color, influyendo este en el aspecto, aroma y sabor de los alimentos. Esta práctica de coloración de los alimentos yace desde la Edad Media, encontrándose que con el fin de remediar la monotonía de su alimentación, la gente añadía colorantes naturales como el ocre, los extractos de acelgas, de zanahorias o de hierbas. A principios del siglo XIX, con la creciente evolución de la Química, los alimentos eran coloreados con cromato de plomo, sulfito de mercurio, arseniato de cobre o brea de hulla. Muchos de éstos fueron prohibidos en 1887 con la primera ley de los colorantes, habiendo constatado sus efectos tóxicos (Sánchez, 2013, p. 236).

Así mismo, se haya que, en el siglo XIX, los colorantes azoicos se usaron en la coloración de industrias textiles, introduciéndose luego en la industria alimentaria, confundiendo

el aspecto de los “productos en perfecto estado, así como pasados, ya que el comprador podía ser engañado sobre el estado de los productos” (Sánchez, 2013, p. 236).

Clasificación de Colorantes Naturales Según su Origen

Los colorantes naturales son derivados de fuentes biológicas, como algas, hongos, líquenes, insectos y ciertos organismos marinos invertebrados (Boyrovich y Elizabeth, 2018, p. 18).

Colorantes a Base de Insectos (Frutas)

Los colorantes obtenidos de insectos tales como el carmín de cochinilla o carmín, el cual, es un colorante rojo que proviene de las hembras desecadas del insecto *Dactylopius coccus* costa (cochinilla), siendo “un polvo hidrosoluble compuesto por ácido carmínico en un sustrato de hidróxido de aluminio y produce una variación de color rojo rosado a magenta en los productos a los que se añade” (Sáenz, 2018, p. 12).

Colorantes a Base de Vegetales

Los colorantes vegetales contienen pigmentos tales como la clorofila, responsable del color verde en las plantas producido en los cloroplastos de las hojas entre otros tejidos vegetales, proceso realizado en la fotosíntesis, la cual, transforma la energía luminosa en energía química, ayudando en la conservación del oxígeno (Arrázola, Villalba y Rodríguez, 2021). En la mayoría de los vegetales, se encuentran dos tipos de clorofila:

La clorofila a, es la más abundante y más importante de esta familia, que corresponde a aproximadamente el 75% de los pigmentos de color verde que se encuentran en las verduras. La clorofila purificada b difiere de la clorofila a por una pequeña variación en la sustitución en el anillo de pirrol II, tienen una estructura cíclica tetrapirrol anillo dispuesto en un plano simétrico, en el que cuatro anillos de pirrol están unidos por puentes de metileno (-C=) y cuatro átomos de nitrógeno están coordinados con un átomo de magnesio en el centro (Arrázola, Villalba y Rodríguez, 2021, p. 15).

Numerosos estudios han resaltado la importancia de los pigmentos vegetales en relación con la salud humana. Una dieta rica en clorofila, en particular, ha sido asociada con beneficios potenciales para la salud, atribuidos a sus propiedades antioxidantes y su capacidad

para prevenir mutaciones genéticas. Estos pigmentos son responsables de los tonos verdes y rojos característicos que encontramos en diversos alimentos (Gómez, Gómez, Dra, A., y Tamara, 2015).

Colorantes de Especies

Los colorantes de especias tales como los Carotenoides, son relevantes en la utilización de pigmentos orgánicos, con más de 450 sustancias diferentes, descubriéndose otras nuevas con cierta frecuencia (Hidalgo, 2022). Se estima que la naturaleza produce anualmente aproximadamente 100 millones de toneladas de este compuesto, que se encuentra predominantemente en las algas y en las partes verdes de los vegetales superiores (Arrázola, Villalba y Rodríguez, 2021, p. 17). Los Carotenoides se encuentran en especias como la cúrcuma (*Curcuma longa*), la cual, es empleada como colorante y saborizante, destacándose por su aroma característico y sabor amargo, y es uno de los componentes principales del curry, proporcionando su color amarillo distintivo. El pigmento derivado de la cúrcuma es un compuesto fenólico denominado curcumina (Arrázola, Villalba y Rodríguez, 2021, p. 14). Así mismo, se encuentra en el pimentón (*Capsicum annum*), utilizado en la fabricación de embutidos, obteniendo colores amarillos, anaranjados y rojos (Arrázola, Villalba y Rodríguez, 2021).

En la mayoría de los casos, los carotenoides se presentan en su forma trans, lo que facilita su interacción con proteínas, pero a la vez, dificulta su extracción, identificación y análisis durante la digestión. (Garzón, 2022)

Por lo tanto, los carotenoides son estables en su entorno natural, pero pueden volverse más susceptibles durante el proceso de maduración (Arrázola, Villalba & Rodríguez, 2021). Además, la biodisponibilidad de los carotenoides en la digestión es limitada (Arrázola, Villalba & Rodríguez, 2021). Por esta razón, los carotenoides administrados por vía oral, ya sea en forma de suplementos o en soluciones o suspensiones en aceite, se absorben de manera más efectiva (Arrázola, Villalba & Rodríguez, 2021).

Otros Colorantes Naturales

Existen otras fuentes de colorantes naturales menos comunes, provenientes de los extractos de flores, algas y hongos, que pueden proporcionar una amplia gama de colores y matices (Marcano, D. 2018). Las algas empleadas para la obtención de los colorantes han sido: la cianobacteria *Arthrospira platensis* (microalga), empleada para la obtención de ficocianinas (colorante azul), la microalga *Synechococcus* sp. a partir de la cual se han obtenido las ficoeritrinas (colorante rojo), y la macroalga *Ulva* sp. empleada para la obtención de carotenoides (colorante amarillo) (Platensis, sp., & sp., 2016).

Propiedades Químicas de los Colorantes Naturales

Composición Molecular

Los colorantes naturales suelen estar compuestos por moléculas orgánicas con estructuras específicas que les concede su capacidad de reflejar y absorber la luz bajo distintas longitudes de onda (Marcano, 2018). Estas estructuras moleculares son las que influyen finalmente en el color que aportan a los alimentos (Marcano, 2018). Además, existe un criterio de clasificación basado en su estructura molecular, que permite agruparlos en cuanto a comportamiento y propiedades genéricas, encontrándose que el grupo más extenso de los colorantes naturales es el de los colorantes vegetales (Marcano, 2018).

Solubilidad

La solubilidad de los colorantes naturales representa un factor crítico en su aplicación dentro de la industria de alimentos (Bustos, 2019). Algunos colorantes presentan solubilidad en agua, mientras que otros requieren solventes orgánicos específicos (Bustos, 2019). Esta característica tiene un impacto significativo en la elección del tipo de producto alimentario en el que pueden ser utilizados (Bustos, 2019).

Los pigmentos y los colorantes exhiben diferencias en términos de solubilidad y métodos de aplicación (Medina, 2013). Los pigmentos son generalmente insolubles en la mayoría de los solventes, mientras que los colorantes son solubles en agua y solventes hidroxílicos como el alcohol, propilenglicol y glicerina, o en solventes liofílicos (Medina, 2013). Por lo tanto, se utilizan pigmentos en forma de dispersión para propósitos de coloración y opacificación, ya que permanecen insolubles durante todo el proceso de coloración. En contraste, los colorantes se emplean en forma de disolución para cumplir su función (Medina, 2013).

Estabilidad Ante Factores Ambientales

Los colorantes naturales pueden ser sensibles a factores ambientales como la luz, la temperatura y el pH. La estabilidad de estos colorantes es esencial para mantener el color

deseado de los alimentos durante su procesamiento, almacenamiento y consumo. (Samuel, 2018).

Factores como su misma estructura química, pH, temperatura, presencia de oxígeno y ácido ascórbico, concentración y actividad de agua de la matriz determinan la estabilidad del pigmento. Otros factores como la concentración del pigmento y la actividad de agua de la matriz afectan la estabilidad del color (Samuel, 2018).

Aplicabilidad de los Colorantes Naturales en la Industria de Alimentos

Abarcan una amplia gama de productos y procesos. Estas aplicaciones se destacan por su capacidad para mejorar la apariencia visual de los alimentos y atraer a los consumidores.

Algunas de las aplicaciones más frecuentes incluyen:

Bebidas

Los colorantes naturales se utilizan ampliamente en la industria de bebidas para dar colores atractivos a refrescos, jugos, bebidas deportivas y cócteles. Por ejemplo, el extracto de betabel se emplea para obtener tonos rojos y rosados en jugos y bebidas (Hermosillo, 2021).

Confitería

En la fabricación de dulces, gomas de mascar y caramelos, los colorantes naturales son esenciales para crear una variedad de colores y sabores. Por ejemplo, el uso de extracto de, espirulina para dar tonos verdes y del carmín de la cochinilla para dar tonos rojos y rosados (Navarro, 2023).

Igualmente, en el caso de productos de confitería, se encuentran procesos tales como el grajeado duro con azúcar, que es un proceso de endurecimiento que contiene cinco pasos: engomado, engrosamiento, suavizado, coloreado y abrillantado (Navarro, 2023). De esta manera, para Ergun et al. (2010):

En el proceso de confitado se aplica un jarabe de sacarosa altamente concentrado (80 – 85 % de sólidos) a los centros en un bombo (Navarro, 2023, p. 4). Se deja que el jarabe se extienda sobre el centro y luego se aplica aire de secado para la cristalización intensa, el control de la cristalización y el secado es de suma importancia para obtener un dulce de alta calidad (Navarro, 2023, p. 4).

Cárnicas

La carne suministra nutrientes muy importantes, que son ideales para servir como medio para incorporar compuestos fortificantes sin alterar los hábitos de consumo (Delgado, 2023, p. 14), convirtiéndose en un alimento funcional y ajustado gracias a sus compuestos

sintéticos que funcionan como agentes conservantes tales como los nitratos y nitritos, utilizados según Barringer et al. (2005) y Mercadante et al. (2010), como aditivo artificial eritorbato de sodio, con concentraciones que varían entre 0.02% y 5.00% p/p, se utiliza para mejorar el color de los productos, prevenir la oxidación e inhibir el crecimiento de microorganismos (Girón, Martínez, Hurtado, Cuaran, y Ocampo, 2016, p. 4).

Así mismo, según la revista digital IALIMENTOS (2015), el color natural de los productos cárnicos se clasifica en carnes rojas y blancas debido a la mioglobina, donde la carne blanca de pollo presenta niveles de mioglobina inferiores al 0,05%; el muslo puede alcanzar concentraciones de 0,18% a 0,20%; mientras que el cerdo y el filete de vaca presentan valores entre 0,1% y 0,3%. La carne de ternera muestra niveles de 0,4% a 1,0%; y en la carne de vaca vieja, los niveles varían entre 1,5% y 2,0%.

Productos Lácteos

Los productos lácteos se benefician de colorantes naturales para mejorar su atractivo visual (Hidalgo Olmedo, B. G. 2022). Sin embargo, para mejorar también aspectos sensoriales y de conservación, se utilizan algunos aditivos tales como el azafrán, para obtener, por ejemplo, los tonos amarillos (Téllez, Díaz, Lugo, Delgado, Velasco & Moreno, 2022, p. 128). También, los hidrocoloides o gomas en la producción de cremas, modifican su consistencia y viscosidad, implementando el uso de estos aditivos entre otros acidulantes y colorantes (Téllez, Díaz, Lugo, Delgado, Velasco & Moreno, 2022, p. 128).

Alimentos horneados

En la panadería y repostería, los colorantes naturales se utilizan para colorear masas, pasteles, galletas y productos horneados similares (MARCANO, 2018). Por ejemplo, la cúrcuma se emplea para obtener colores amarillos brillantes (Bolivariana, 2020).

Alimentos procesados

Los alimentos procesados, como salsas, aderezos y productos enlatados, a menudo

contienen colorantes naturales para mejorar su apariencia y atractivo en el mercado. Como ejemplo está el uso de extracto de pimiento rojo para colores rojos y extracto de espinacas para tonos verdes (MARCANO, 2018).

Frituras

Los condimentos químicos utilizados para este producto como la tartrazina, que da el color amarillo a bebidas gaseosas, lácteas, jugos, condimentos, gelatinas, etc., es actualmente reemplazado por la cúrcuma, colorante natural que por su aprovechamiento alimentario y medicinal, contrarresta efectos nocivos frente a la ingesta de tartrazina, puesto que el consumo de tartrazina de este modo el consumo o exposición a ciertos factores puede ser un desencadenante de diversas patologías en el cuerpo humano, entre ellas se incluyen reacciones alérgicas, alteraciones en la actividad infantil como la hiperactividad y trastornos en el sueño, también se han asociado con el aumento de la ansiedad y cambios en los estados de ánimo, entre otras condiciones (Escobar, García y Velásquez, 2016, p. 10).

Desde otro enfoque respecto a las frituras, Mallikarjunan (1997) afirma que, para disminuir la absorción de aceite en las frituras, se usan recubrimientos basados en hidrocoloides (carbohidratos como la metilcelulosa y proteínas), los cuales, para Chapman (2004) Estos compuestos actúan como barrera a la humedad y los lípidos, mejorando la calidad del alimento frito y permitiendo una mayor reutilización del aceite al reducir su degradación (Marchesino, López, Guerberoff, & Olmedo, 2020, p. 47), conteniendo también ingredientes antioxidantes, colorantes y nutrientes, etc.

De la misma forma, las frituras caseras preparadas con aceite de oliva, se consideran saludables frente a las frituras industriales compuesta por grasa animal y vegetal, por lo que, según Hashempour-Baltork (2016) Con el objetivo de obtener grasas sin necesidad de hidrogenación y sin ácidos grasos trans, la industria emplea aceite de salvado de arroz, que es económico y rico en fitoquímicos bioactivos, además de estearina de palma (Marchesino, López, Guerberoff, & Olmedo, 2020, p. 44).

En el contexto de estas aplicaciones, los colorantes naturales no solo brindan colores atractivos, sino que también pueden ofrecer beneficios adicionales. Por ejemplo, los pigmentos naturales, como los carotenos, flavonoides y antocianinas, a menudo poseen propiedades vitamínicas y antioxidantes que pueden ser beneficiosas para la salud. Sin embargo, es importante considerar la estabilidad de estos pigmentos durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos, así como su disponibilidad económica y técnicas de purificación para su aplicación en la industria alimentaria (Ghosh, 2022).

Respecto a los carotenoides, Sampaio, S. D. L. (2020), afirma que estos se encargan de darle los colores rojos brillantes, amarillos y naranjas a los alimentos, los cuales, son ricos en vitamina A y antioxidantes, produciéndose a través de plantas, algas, bacterias y hongos, así como de fuentes naturales tales como la papaya, la piña, el zapallo, la zanahoria, la naranja, el maíz, entre otros, muy utilizados en colorantes de alimentos, como lo son los α - y β -carotenos, la β -cryptoxantina, la luteína, la zeaxantina y el licopeno, comercializándose en US\$7,3 billones (2018), creciendo con una tasa anual del 5% (2014 y 2019) Sampaio, S. D. L. (2020).

Impacto Ambiental Reducido de los Colorantes Naturales

Los colorantes naturales, derivados de fuentes vegetales, a menudo presentan un menor impacto ambiental en comparación con los colorantes sintéticos (Muñoz, 2020). Se analizan las razones detrás de esto, como la menor huella de carbono asociada con la producción de ingredientes naturales y la biodegradabilidad de algunos colorantes naturales, sin dejar de lado los métodos de extracción y producción que también generan impactos ambientales (Muñoz, 2020).

Prácticas Sostenibles en la Producción y Uso

Se presentan prácticas sostenibles relacionadas con la producción y el uso de colorantes naturales (FAO, 2024). Esto también hace referencia a la agricultura orgánica, la gestión responsable de recursos naturales y la promoción de la biodiversidad en los cultivos de plantas utilizadas para obtener colorantes naturales (FAO, 2024).

En los últimos tiempos ha habido un creciente interés tanto por parte de la industria alimentaria como de nutricionistas y consumidores en las patatas de colores como posibles fuentes de alimentos funcionales (Jorge Iván Parada Hernández, IALIMENTOS, 2022). Las variedades de patatas con tonalidades moradas y rojas son especialmente ricas en antocianos, y la cantidad varía según el tipo de patata, por lo que, en un estudio, se llevó a cabo una investigación sobre la viabilidad de utilizar estas patatas coloreadas para extraer compuestos naturales con potencial como colorantes alimentarios, analizándose los extractos acuosos de diversas variedades de patatas, incluyendo tres con pulpa roja, tres con pulpa púrpura y un genotipo con pulpa mármol, evaluándose también, aspectos como su contenido de antocianos, actividades biológicas en condiciones de laboratorio, propiedades de color y su posible aplicación en la industria alimentaria (Jorge Iván Parada Hernández, IALIMENTOS, 2022). Los resultados revelaron que todos los extractos tenían propiedades antioxidantes, antibacterianas y antifúngicas en estudios in vitro, sin evidencia de efectos perjudiciales. Asimismo, se seleccionaron dos de estos extractos para llevar a cabo pruebas como colorantes en una

formulación de bebida refrescante (Jorge Iván Parada Hernández, IALIMENTOS, 2022).

Los resultados mostraron que estos extractos no solo ofrecían perfiles sensoriales satisfactorios, sino también una notable estabilidad del color durante un período de almacenamiento de 30 días (Ortiz, 2021). En muchos casos, estas características eran comparables o incluso superiores a las obtenidas con el colorante comercial E163, lo que sugiere que estos extractos podrían utilizarse de manera efectiva como colorantes alimentarios naturales (Ortiz, 2021).

Retos y Desafíos en la Utilización de Colorantes Naturales

Disponibilidad y Estandarización de Colorantes Naturales

Los retos relacionados con la disponibilidad y estandarización de los colorantes naturales.

Esto incluye aspectos como la variabilidad de la calidad de los ingredientes naturales, la estacionalidad de algunas fuentes y la necesidad de normativas de calidad para garantizar la consistencia en los productos, la estabilidad que no es igual o similar que la de los colorantes artificiales, pero se encuentra que el colorante natural en alimentos como el yogurt, utiliza colorantes naturales como el carmín que se establece con la luz, calor y en los ácidos de las frutas (Vergara, Pino, Zamora & Sandoval, 2022). Su uso también se extiende a licores, vinos de frutas, golosinas, refrescos, confituras (Vergara, Pino, Zamora & Sandoval, 2022), lo que puede ser mucho mejor acentuado que el artificial, sin dejar de lado los demás factores beneficiosos que trae con él, otro claro ejemplo es la clorofila, que es usada en productos de confitería y licores, garantizando su inocuidad, solubilidad y estabilidad (Vergara, Pino, Zamora & Sandoval, 2022).

Estabilidad de los Colorantes Naturales

Los desafíos relacionados con la estabilidad de los colorantes naturales durante el procesamiento y el almacenamiento de alimentos serán examinados en detalle. Como por ejemplo la sensibilidad a la luz, los colorantes naturales son susceptibles a la degradación debido a la exposición a la luz directa (Viva, Juan & Sánchez, 2014). Las estrategias de Abordaje como el almacenamiento Adecuado, que permita garantizar la estabilidad de los colorantes naturales, es esencial almacenarlos en envases ámbar, mantener una temperatura de 4°C o menos y un pH inferior a 3, evitando la exposición a la luz directa (Viva, Juan & Sánchez, 2014).

Este tema aborda uno de los desafíos clave en la utilización de colorantes naturales en la industria de alimentos y destaca la importancia de las prácticas adecuadas de

almacenamiento y manipulación para preservar la calidad de estos colorantes. Esto con el fin de garantizar la calidad del colorante, lo que evita la degradación de las antocianinas, que es el componente principal que genera el color característico (Viva, Juan & Sánchez, 2014).

Impacto en la Salud Humana

En este capítulo se examinará de manera detallada el impacto de los colorantes naturales en la salud humana, centrándonos en su seguridad y efectos en comparación con los colorantes sintéticos.

Evaluación de la Seguridad de los Colorantes Naturales

Revisión de Estudios Científicos

Los colorantes naturales han sido objeto de investigación exhaustiva para determinar su seguridad en la salud humana (Velázquez-Sámano, 2020). Numerosos estudios científicos se han centrado en evaluar posibles efectos adversos, tales como:

Reacciones alérgicas: Investigaciones han estudiado la incidencia de alergias alimentarias relacionadas con el consumo de colorantes naturales. Se han identificado casos de alergias específicas a ciertos colorantes (Velázquez-Sámano, 2020).

Intolerancias: Algunos estudios han explorado si los colorantes naturales pueden causar intolerancias gastrointestinales u otros efectos secundarios en personas sensibles (Velázquez-Sámano, 2020).

Efectos a largo plazo: Se han llevado a cabo investigaciones para determinar si el consumo prolongado de alimentos con colorantes naturales puede tener efectos crónicos en la salud (Velázquez-Sámano, 2020).

Impacto Ambiental y Sostenibilidad

Impacto ambiental de los colorantes sintéticos desde su producción:

El proceso de producción de colorantes sintéticos implica la síntesis química de compuestos, que a menudo utiliza productos químicos tóxicos y consume grandes cantidades de energía (Gallos, 2020). Un claro ejemplo es la utilización del colorante rojo 40 en la industria de alimentos conlleva impactos negativos tanto a nivel medioambiental como en la salud (Moreno, 2012). El crecimiento en la producción de alimentos procesados que incorporan este colorante ha generado una elevada demanda en estos productos, lo que resulta en consecuencias adversas para el medio ambiente (Herbivore, 2018). Entre ellas, se cuentan el consumo excesivo de recursos como electricidad y agua durante el proceso de fabricación. Además, es importante señalar que este colorante se excreta a través de la orina, lo que puede contribuir a la contaminación de los efluentes y, en última instancia, al deterioro ambiental (Herbivore, 2018).

Igualmente, otro estudio reveló la implicación socio-ambiental asociada al consumo de alimentos que contienen el colorante rojo 40, teniendo como objetivo el de analizar los cambios en los estilos de vida relacionados con la creciente ingesta de estos productos procesados, así como el de examinar los posibles efectos que este colorante puede tener en el organismo, dado que su naturaleza química podría generar daño tisular (Carmona, 2013). Como parte de la investigación, también se llevó a cabo un análisis de los estudios biométricos realizados desde el año 2010 hasta la actualidad, con el fin de evaluar las implicaciones en la salud derivadas del uso del colorante rojo 40 3.1.2 (Carmona, 2013).

Estos problemas ambientales específicos están relacionados con la síntesis y eliminación de colorantes sintéticos, como la liberación de sustancias químicas tóxicas en aguas residuales industriales, la acumulación de residuos plásticos de envases y el impacto negativo en los ecosistemas acuáticos y terrestres (Carmona, 2013).

Evaluación de la seguridad por organismos reguladores

Una parte importante de la evaluación de la seguridad implica comparar los colorantes naturales con sus contrapartes sintéticas. Los estudios han revelado los siguientes hallazgos:

Diferencias en Reacciones Adversas: En comparación con los colorantes sintéticos, los colorantes naturales a menudo presentan tasas más bajas de reacciones adversas en la población (Gallego, 2007).

Potenciales Riesgos de los Sintéticos: Estudios han asociado el consumo de algunos colorantes sintéticos con efectos negativos en la salud, como hiperactividad en niños y otras condiciones (Gallego, 2007).

Las evaluaciones de seguridad de los colorantes naturales también son llevadas a cabo por organismos reguladores. Aquí se describen los procesos clave:

Comisión Técnica de Aditivos y Aromas Alimentarios (FAF) de la EFSA: La FAF se encarga de revisar estudios científicos relevantes y datos sobre toxicidad y exposición humana para determinar la seguridad de los colorantes alimentarios.

Reevaluación de Colorantes: Entre 2009 y 2016, la Comisión Técnica ANS realizó una reevaluación de la seguridad de todos los colorantes alimentarios previamente autorizados.

Coordinación con Comisiones Técnicas: La EFSA coordina su trabajo científico con otras comisiones técnicas para garantizar la coherencia en la evaluación del riesgo y la consideración de la información científica disponible.

Este capítulo proporciona una visión integral del impacto de los colorantes naturales en la salud humana, cubriendo aspectos de seguridad, comparaciones con colorantes sintéticos y el papel de los organismos reguladores en la evaluación de la seguridad.

Colorantes Sintéticos en la Industria de Alimentos

Definición de Colorantes Sintéticos

Los colorantes sintéticos o artificiales son productos utilizados por la industria alimenticia, los cuales, pueden ser modificados física y químicamente, clasificándose en Azoicos y No Azoicos, los cuales, según Sánchez (2013), tienen una diversidad de colores, son solubles en agua y se presentan en formas de sales, líquidos y pastas, lo que facilita su uso. Sánchez (2013), entre los colores más usados se encuentran el color amarillo anaranjado, utilizado en caramelos, postres y refrescos; el tono amarillo de quinoleína, especialmente empleado en licores; el color azul patente, aplicado en conservas vegetales y repostería; la eritrosina, presente en productos lácteos; y la tartazina, utilizada en productos cárnicos, galletas y bebidas. (Hidalgo, 2022), con la diferencia de que pueden ser perjudiciales para la salud.

Uso Tradicional de Colorantes Sintéticos

Historia y Evolución de los Colorantes Sintéticos

El primer colorante artificial fue descubierto por Woulfe (1771), quien “oxidó el índigo natural con ácido nítrico y obtuvo ácido pícrico” (Laos y González, 1996, p. 231), utilizándose desde 1850 en la tintura de la seda y de la lana, dando un color amarillo. Así mismo, Schlumberger (1853), descubre la muréxida al calentar el ácido úrico, dando un color rojo en la seda y la lana, utilizándose también en el algodón (Laos y González, 1996).

Desde la época de la creación de los colorantes artificiales derivados del alquitrán y de la malveína descubierta por Perkin (1856), se habían utilizado los colorantes naturales, transformando en ese entonces la química orgánica y sintética, a la cual debe, en primer término, el grandioso desarrollo que actualmente ha alcanzado, haciendo figurar la fabricación de colorantes artificiales entre las industrias químicas más importantes, y a la tintorería en el rango de un arte perfecto, emancipado completamente de la rutina y el empirismo, nutriéndose continuamente con nuevos recursos de los laboratorios químicos y de los talleres de construcciones mecánicas, proporcionando procedimientos más fáciles y exactos, suministrando diariamente nuevas e ingeniosas máquinas, que facilitan cada vez más el trabajo, haciéndolo más cómodo, perfecto y económico (Roquero y Martínez, 2010).

Ejemplos de Colorantes Sintéticos

Algunos ejemplos de colorantes sintéticos utilizados en la industria alimentaria son la Tartrazina (E102), colorante azoico de color amarillo, usada en “productos de repostería, helados, dulces, cereales de desayuno, gelatinas y bebidas tanto gaseosas como alcohólicas, energéticas e isotónicas” (Vázquez, 2016, p. 31), Amarillo Crepúsculo (E110) colorante azoico, utilizado también en algunas bebidas, cereales, dulces, gelatinas, etc., el cual, “se utiliza en conjunto con el colorante Amaranto (denominado como E123 ó Rojo 2, no confundir con la semilla de amaranto) para generar la tonalidad café que se encuentra en los chocolates” (Vázquez, 2016, p. 32), entre otros colorantes sintéticos como el Rojo Allura (E129), utilizado

igualmente en algunos dulces y refrescos (Vázquez, 2016).

Propiedades Químicas de los Colorantes Sintéticos

Composición Molecular

Los colorantes artificiales o sintéticos contienen ácido sulfónico, soluble al agua, por lo que son fáciles de usar, presentados “generalmente en forma de sales sódicas, en líquidos y materiales pastosos. También se pueden utilizar en forma insoluble, como lacas con hidróxido de aluminio, cuando se añaden a productos sólidos, para evitar que estos productos destiñan” (Sánchez, 2013, p .239). Sánchez (2013), también señala que estos colorantes artificiales son igual de resistentes a tratamientos térmicos, pH extremos, luz, entre otros, frente a los colorantes naturales, aunque la eritrosina, la indigotina y el ácido verde pueden ser sensibles a la luz.

Algunos colorantes sintéticos han sido considerados como perjudiciales para la salud, como por ejemplo el colorante Rojo 2G, el cual, es utilizado en embutidos como salchichas, jamones, carne de hamburguesa, cereales y bebidas, colorante que ha sido evaluado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), puesto que su uso puede ser nocivo para la salud, autorizando la EFSA solo un consumo diario de 0.1 mg de este colorante por cada kg de peso, prohibiendo finalmente la comisión europea en el año 2007, bajo el reglamento (CE) No 884/2007.9, entre otros países (Vásquez, 2016). Asimismo, Vásquez afirma que “estudios recientes indican que el metabolito principal en el Rojo 2G es la anilina, compuesto para el cual se han observado efectos genotóxicos y carcinógenos en roedores expuestos a altas dosis de la misma” (Vásquez, 2016, p.27).

Interés sobre la Seguridad Alimentaria de los Colorantes Sintéticos

La preocupación que se tiene acerca de la seguridad alimentaria en el uso de colorantes artificiales ha sido artífice de numerosas investigaciones que buscan proporcionar un análisis global sobre los efectos que estos generan en la salud (Vásquez, 2016, p. 26), reduciendo gradualmente su uso, generando así en las industrias de alimentos, una reevaluación interna acerca de su forma de producción, reemplazando colorantes sintéticos por opciones más naturales (Vásquez, 2016, p. 26).

Una de las preocupaciones más populares es la presunta relación que existe entre la hiperactividad en niños con la presencia de ciertos colorantes en su dieta, aunque, a pesar de la realización de muchos estudios, no se ha encontrado ninguna evidencia real que lo confirme (Pediatrics, 2024). En este apartado, se incluyen los colorantes que están autorizados en la lista de la Unión Europea (Europea, 2022). Cabe resaltar que, en los Estados Unidos, la lista es diferente y se autorizan siete colorantes, identificados con el código FD&C (food, drugs and cosmetics) (FDA, 2023). Junto al nombre de cada uno se muestra una barra de su respectivo color, aunque es importante considerar que esta tonalidad puede variar según la concentración o factores como la opacidad o transparencia del medio en el que se encuentren (MARCANO, 2018).

Asimismo, los colorantes azoicos se han cuestionado frecuentemente, debido a que muchos colorantes de esta familia han demostrado ser cancerígenos en experimentos con animales. (Donoso, 2019) La diferencia fundamental es que los colorantes cancerígenos son poco polares, solubles en grasas, y traspasan con facilidad la barrera intestinal, incorporándose fácilmente al organismo. En cambio, los colorantes autorizados, que son muy polares y solubles en agua, no se absorben. (Aquice y Párraga, S. J., 2018). Pertenecen a este grupo los colorantes (ver tabla 1):

Tabla 1*Algunos Colorantes Artificiales de la Industria Alimenticia.*

Nombre	Cód. UE
Tartracina	E 102
Amarillo anaranjado S	E 110
Azorrubina, carmoisina	E 122
Amaranto	E 123
Rojo cochinilla, rojo Ponceau 4R	E 124
Rojo 2G	E 128
Rojo Allura AC	E 129
Negro brillante BN	E 151
Marrón FK	E 154
Marrón HT	E 155
Litol Rubina BK	E 180

Fuente: tomada de la Web Oficial de la Unión Europea (Europea, 2022) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:02008R1333-20200702#tocId49>

Efectos Asociados a Colorantes Artificiales

La discusión sobre los posibles efectos adversos en la salud humana ha generado debates y ha impulsado regulaciones rigurosas (Nino, 2010). Por ejemplo, ciertos estudios han planteado la posibilidad de que los colorantes sintéticos están asociados con casos de hiperactividad en niños (Nino, 2010). Esta preocupación condujo a la Unión Europea a requerir el etiquetado de alimentos que contienen ciertos colorantes, acompañado de una advertencia sobre su posible influencia en la actividad y en la atención de los niños (Nino, 2010). Estos

aditivos, tanto en su forma natural como artificial, conforman un grupo de sustancias de consumo cotidiano y, por lo tanto, merecen una atención especial puesto que algunos han estado relacionados a posibles efectos contraproducentes en la salud (Nino, 2010).

Normativa y Legislación

Las autoridades sanitarias y expertos en regulaciones antes de aprobar un nuevo aditivo alimentario, hacen un análisis absoluto de los datos o estudios que evalúan los efectos del consumo agudo y crónico de dicho ingrediente (Juan, 2013). Este proceso culmina con la definición de una Ingesta Diaria Admisible (IDA) que incluye un amplio margen de seguridad (Juan, 2013). Dos de las principales autoridades sanitarias que establecen normativas para el uso de aditivos alimentarios son la FDA (Food and Drug Administration) en los Estados Unidos y la EFSA (European Food Safety Authority) en la Unión Europea (Juan, 2013). Es importante destacar que existen diferencias significativas entre los países en relación con las regulaciones propuestas por estas autoridades (Juan, 2013). Por lo tanto, antes de incursionar en el negocio de alimentos, es crucial conocer las normas específicas de cada país (Juan, 2013). Por ejemplo, el colorante rojo Allura AC 16.035 se utiliza comúnmente en los Estados Unidos, pero está prohibido en muchos países europeos (Juan, 2013). Del mismo modo, mientras que en los Estados Unidos existe una prohibición parcial para el uso de la eritrosina 45.430, este colorante se utiliza ampliamente en otras partes del mundo (Juan, 2013). Además de las regulaciones gubernamentales, hay empresas que también establecen sus propias políticas, como es el caso de las cadenas de supermercados Tesco y ASDA en el Reino Unido, que desde el año 2008 han elegido no utilizar colorantes sintéticos en los productos de marca propia (Juan, 2013).

Aspectos Económicos

Costos y Disponibilidad De Colorantes Naturales

Los colorantes naturales, a pesar de sus beneficios en términos de salud y preferencia del consumidor, presentan desafíos económicos en la industria alimentaria, la obtención de colorantes naturales implica procesos de extracción de pigmentos a partir de fuentes vegetales, como frutas, vegetales o especias. Estos procesos pueden ser más laboriosos y requieren mayores recursos que la síntesis química utilizada en los colorantes sintéticos, lo que conlleva costos de producción más altos. Otro factor para tener en cuenta es la disponibilidad y tiempo de los cultivos que también representan costos en la producción de colorantes puede ser estacional y estar sujeta a variaciones en la oferta y la demanda (Lara & Torres, 2024).

La variabilidad en la cosecha y la calidad de las fuentes naturales pueden afectar los precios de adquisición y por último la calidad y estabilidad de los colorantes naturales es esencial para su uso en alimentos (Bustos & Muñoz, 2020). Esto a menudo requiere tecnologías avanzadas de procesamiento y conservación que pueden aumentar los costos (Bustos & Muñoz, 2020).

Estos factores económicos influyen en la decisión de las empresas de utilizar colorantes naturales en sus productos y en el precio al que pueden ofrecerlos en el mercado (Bustos & Muñoz, 2020). El costo de producción y adquisición de colorantes naturales es uno de los principales desafíos económicos a los que se enfrenta la industria alimentaria (Bustos & Muñoz, 2020).

A continuación, en la tabla 2, se presenta una comparación de costos de los colorantes naturales vs los sintéticos

Tabla 2

Comparación Costos (Colorantes Naturales vs Colorantes Sintéticos).

FUENTE DE COLORANTE	COSTO APROXIMADO EN DÓLAR/100 g
Antocianinas del arándano	4.966
Clorofila de algas	9.511
Antocianinas de la berenjena	0.065
N3	9034.63
N719	7103.27
Z907	10654.39

Fuente: Estudio comparativo de colorantes naturales y sintéticos de sustratos tipo clorofila utilizados en la sensibilización del tio₂ para procesos fotocatalíticos (Cotte y Florez, 2020).

Impacto Económico en el Producto.

El uso de colorantes naturales en la industria alimentaria puede tener un impacto en los precios de los productos finales, las empresas de alimentos deben equilibrar los costos adicionales asociados con el uso de colorantes naturales con su margen de ganancia deseado. A veces, esto puede llevar a un aumento moderado en el precio minorista de los alimentos que utilizan colorantes naturales (Gómez, 2021). Por otra parte, la introducción de colorantes naturales puede considerarse como una estrategia de posicionamiento en el mercado. Las empresas pueden optar por comercializar estos productos a un precio ligeramente superior, dirigido a consumidores dispuestos a pagar más por alimentos que consideran más saludables y naturales (Gómez, 2021).

Además de ello, la percepción del valor por parte del consumidor es esencial en la determinación de los precios [Ejecutivo, D., & Operativa, G (2016)]. Los consumidores que valoran la salud y la calidad de los alimentos pueden estar dispuestos a pagar más por productos que contienen colorantes naturales [Ejecutivo, D., & Operativa, G (2016)]. Estos factores económicos influyen en la fijación de precios de los alimentos que contienen colorantes naturales y en la aceptación de estos productos por parte de los consumidores [Ejecutivo, D., & Operativa, G (2016)].

Estrategias de Mercadotecnia y Comercialización

Las estrategias de marketing desempeñan un papel significativo en la economía de los colorantes naturales en la industria alimentaria. Una de ellas es la de las etiquetas limpias, que indican que un producto contiene ingredientes naturales y reconocibles, son una estrategia de marketing efectiva. Esto puede influir en la decisión de compra del consumidor y aumentar la demanda de alimentos con colorantes naturales (Bahena, 2023).

Las preferencias de los consumidores están cada vez más interesadas en alimentos que contienen ingredientes naturales y evitan aditivos químicos. Las estrategias de marketing que resaltan los beneficios de los colorantes naturales pueden aumentar la demanda de estos productos (Bahena, 2023).

La creciente preocupación por la salud y la nutrición impulsa la demanda de alimentos más saludables (GARCÍA, 2023). Las empresas pueden aprovechar esta tendencia promocionando alimentos con colorantes naturales como opciones más saludables y naturales (GARCÍA, 2023). Por último, Las estrategias de marketing han sido clave en la adopción de colorantes naturales en la industria alimentaria, el uso de etiquetas limpias, que destacan ingredientes naturales, ha impulsado la demanda de estos colorantes, ya que los consumidores buscan productos sin aditivos sintéticos (Bahena, 2023). Según Grand View Research (2020), el mercado de colorantes naturales alcanzó los 2.5 mil millones de USD en 2019 y se espera un crecimiento anual del 8.2% hasta 2027, impulsado por el interés en alimentos saludables. El costo de los colorantes naturales es más alto que el de los sintéticos debido a la complejidad de su extracción, pero los consumidores están dispuestos a pagar más por opciones percibidas como más seguras (Market Research Future, 2023). A nivel global, las regulaciones sobre colorantes sintéticos están aumentando, lo que favorece el uso de alternativas naturales (EFSA, 2021; FDA, 2020). El mercado de colorantes naturales sigue en expansión, y se espera que alcance los 5.2 mil millones de USD para 2030, según Allied Market Research (2022). Las empresas que se alinean con estas tendencias tienen una ventaja competitiva significativa, de

esta manera los factores económicos y estrategias de marketing influyen en la adopción y el éxito de los colorantes naturales en el mercado de alimentos, así como en la satisfacción del consumidor (Calvo-Flores & Martin-Martínez, 2022).

Conclusiones

A partir de la presente revisión, se identificó el uso y la aplicación específica de los colorantes naturales y sintéticos en la industria alimentaria, destacando los siguientes aspectos clave:

Promoción de colorantes naturales para una industria alimentaria más sostenible y saludable

El análisis comparativo entre colorantes naturales y sintéticos evidencia que los primeros ofrecen ventajas significativas en términos de sostenibilidad y seguridad alimentaria. Su origen natural y su menor impacto ambiental los posicionan como una alternativa viable y deseable en la industria de alimentos. Los hallazgos de esta monografía respaldan la adopción de colorantes naturales como una estrategia efectiva para reducir el impacto ambiental y mejorar la salud de los consumidores.

Evaluación científica de la seguridad y efectividad de los colorantes naturales

La revisión de estudios científicos confirma la seguridad de los colorantes naturales en comparación con los sintéticos, aunque se han identificado posibles efectos alérgicos en ciertos casos. Esta evidencia proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas sobre su uso en la industria alimentaria. No obstante, es fundamental continuar investigando y monitoreando sus efectos a largo plazo en la salud humana para garantizar su seguridad en el consumo masivo.

Consideraciones Económicas para la Adopción de Colorantes Naturales

El análisis de costos y disponibilidad de los colorantes naturales indica que, si bien en algunos casos su producción y comercialización pueden representar un mayor costo, la creciente demanda por parte de los consumidores ha impulsado su adopción en la industria. La preferencia por ingredientes naturales sugiere una tendencia hacia el desarrollo de alternativas más accesibles y rentables. En este sentido, la industria alimentaria debe considerar tanto los

beneficios para la salud y el medio ambiente como los costos asociados al uso de colorantes naturales, buscando un equilibrio entre sostenibilidad y viabilidad económica.

Recomendaciones

Fomentar la exploración metodológica en los diferentes campos de la industria alimentaria, en este caso se pudo tomar los colorantes, pero existe una gama bastante amplia para tener en cuenta.

Es pertinente resaltar la posibilidad de que futuros investigadores apliquen estas metodologías en estudios interdisciplinarios. Esto podría promover una mayor colaboración entre diferentes áreas del conocimiento.

Para finalizar, quisiera extender la invitación a compañeros de la universidad y colegas, para que continúen investigando y abordando estas temáticas, puesto que es muy importante estar innovando, desarrollando y creando, y porque no, tomando como base estos estudios.

Referencias Bibliográficas

- Arrázola Paternina, G., Villalba Cadavid, M., & Rodríguez Negrette, A. C. (2021). Pigmentos y antioxidantes de origen vegetal.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/b4580717-429f-4d44-a19a-f0a1dea07225/content>
- Bahena, L. (2023). El impacto de las etiquetas limpias en la industria alimentaria. *Revista de Marketing y Negocios*.
- Barciela, P., Perez-Vazquez, A., & Prieto, M. A. (2023). Azo dyes in the food industry: Features, classification, toxicity, alternatives, and regulation. *Food and Chemical Toxicology*, 178, 113935.
- Boytovich, R., & Elizabeth, N. (2018). Colorante natural con capacidad antimicrobiana a partir de *Morus nigra* (Master's thesis). UNI-FCyT.
<https://repositorio.conacyt.gov.py/bitstream/handle/20.500.14066/3129/Maestr%c3%ada-BECA%2013-27.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bruno, E. D., & Campañone, L. A. (2017). Empleo de colorantes naturales en la formulación y elaboración de masas.
- Burrows, J. (2009). *Palette of Our Palates: A Brief History of Food Coloring and Its Regulation*.
- Calvo Flores, F. G., & Martin Martinez, F. J. (2022). Biorefineries: Achievements and challenges for a bio-based economy. *Frontiers in Chemistry*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fchem.2022.973417>
- Carmona, I. (2013). De colorantes sintéticos a naturales en la industria alimentaria. *Odepa Santiago de Chile*, 5, 1-6. https://chilealimentos.com/wp-content/uploads/migracion/2013/phocadownload/Alimentos_Procesados/colorantes%20reporte_alimentos_procesados_n5.pdf
- Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 4, 394-408.
- Cotte Urrutia, A. M., Capador, F., & Andrea, N. (2020). Estudio comparativo de colorantes

naturales y sintéticos de sustratos tipo clorofila utilizados en la sensibilización del TiO₂ para procesos fotocatalíticos.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/81111/1/6151499-2020-III-IQ.pdf>

Delgado Ortega, E. L. (2023). Formulación y desarrollo de un producto derivado cárnico con un agregado fortificante para consumo humano.

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/34156>

Donoso Morcillo, M. G. (2017). Eliminación de colorantes alimentarios en disolución acuosa mediante procesos químicos y electroquímicos de oxidación avanzada.

https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/5173/1/TDUEX_2016_Donoso_Morcillo.pdf

Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 10(20), 127-131.

EFSA. (2021). Informe sobre colorantes alimentarios. Recuperado de www.efsa.europa.eu

FDA. (2020). Regulación de colorantes alimentarios en EE. UU. Recuperado de www.fda.gov

Ejecutivo, D., & Operativa, G. (2016, septiembre 14). Re-evaluation of food colours: EFSA completes major programme. Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria.

<https://www.efsa.europa.eu/es/press/news/160914-0>

Escobar Jojoa, D., García González, E. M., & Velásquez Gómez, G. O. (2016). Cúrcuma Longa como especia colorante para sustituir la tartrazina en productos de la industria alimenticia en el municipio de Envigado Antioquia (Tesis doctoral).

<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/5684>

Federación Empresarial de la Industria Química Española, Quimicaysociedad.org.

<https://www.quimicaysociedad.org/wp-content/uploads/2018/05/archivo28.pdf>

Galarza Medina, C. H. (2013). Obtención de un colorante a partir de las flores de ataco o sangorache (*Amaranthus* sp.).

- <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6635/1/BQ%2044.pdf>
- Galiana, E. I., & Centeno, J. M. S. (2016). Reflexiones sobre responsabilidad social empresarial, responsabilidad pública y la sostenibilidad medioambiental. *Revista Galega de Economía*, 25(3), 5-22. <https://www.redalyc.org/pdf/391/39148816002.pdf>
- García, V. P. V., Lucero, M. L. B., Mestanza, J. H. S., Carrera, R. L. C., & Moina, H. L. B. (2019). Colorantes naturales para uso alimenticio. *Ciencia Digital*, 3(2.4), 88-98. <https://www.cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/510>
- Girón, J. M., Martínez, J. A., Hurtado, L. G., Cuaran, J. D., & Ocampo, Y. A. (2016). Pigmentos vegetales y compuestos naturales aplicados en productos cárnicos como colorantes y/o antioxidantes: revisión. *Inventum*, 11(21), 51-62. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/1450>
- Gómez, J. L., Dra, A., & Tamara, G. (s/f). Universidad de Huelva. Uhu.es. 30 de octubre de 2015. https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/11711/Estudio_de_elementos_esenciales.pdf?sequence=2
- Gómez, V., Salas Aquice, D. P., & Tovalino Párraga, S. J. (2018). Obtención de antocianinas de papa nativa "Yawar Wayku" (*Solanum stenotomum*) para la elaboración de un colorante natural aplicable a alimentos.
- González-Araúz, A. P. (2020, 20 de mayo). Bixina: principal pigmento extraído del achiote (*Bixa orellana* L.). *Revista de Biología, Ciencias Experimentales y Química*. Recuperado de <https://example.com/articulo>
- Grand View Research. (2020). Natural food colorants market report.
- Guillermo, A., Paternina, A., PhD, M., Villalba, A., & Carolina, R. (s/f). Pigmentos y antioxidantes de origen vegetal. Edu.co. 2021. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/4720/PIGMENTOS%20V>

E GETALES%20Y%20OTROS%20COMPUESTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/view/7246>

Gutiérrez Guzmán, K. A. (2018, abril 13). Ciencia y tecnología: Novedoso método identifica el tipo de colorantes que contaminan los ríos. Unimedios Medellín.

<https://periodico.unal.edu.co/articulos/novedoso-metodo-identifica-el-tipo-de-colorantes-que-contaminan-los-rios/>

Hidalgo Olmedo, B. G. (2022). Uso de colorantes alimentarios (artificiales y naturales) y su impacto en la salud: revisión de la literatura (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo). <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9714>

Kraser, R. B., & Hernández, S. A. (2020). Colorantes alimentarios y su relación con la salud: ¿cómo abordar esta problemática desde el estudio de las disoluciones?

<https://www.redalyc.org/journal/920/92060626006/92060626006.pdf>

Laos, E. V., & González, A. (1996). El color y su constitución química. *Revista de Química*, 10(2), 225-245.

Lin, J., Ye, W., Xie, M., et al. (2023). Environmental impacts and remediation of dye-containing wastewater. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4, 785–803.

<https://doi.org/10.1038/s43017-023-00489-8>

Lucero Bustos, A. L., & Muñoz Betancourt, A. P. (2020). Estabilidad y desempeño del colorante antocianico en yogur natural. *Questionar investigación específica*, 7(1), 33–44.

<https://doi.org/10.29097/23461098.306>

Malabadi, R. B., Kolkar, K. P., & Chalannavar, R. K. (2022). Plant natural pigment colorants-health benefits: toxicity of synthetic or artificial food colorants. *Journal of Applied Botany*, 46(1), 1-12.

Marcano, D. (2018). *Introducción a la Química de los Colorantes*. Colección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela. 254 p.

Marcano, D. (s/f). Introducción a la Química de los Colorantes. Ucv.ve. 2018.

<http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20%2Bisbn.pdf>

Marchesino, M. A., López, P. L., Guerberoff Enemark, G. K., & Olmedo, R. H. (2020). Los procesos de fritura y su relación con los valores nutricionales y la inocuidad: Una visión integral desde la Seguridad Alimentaria.

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/144678/CONICET_Digital_Nro.c6b03282-4e5a-49f8-b1b8-0d46e8f44869_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Market Research Future. (2023). Natural food colorants market growth report. Allied Market Research. (2022). Natural food colorants market forecast.

Mattavelli Junca, S. (2020). Obtención de un colorante natural a partir de la clorofila de *Chlorella vulgaris* como alternativa al uso de colorantes sintéticos en la industria textil, Bogotá, Colombia.

https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/8132/Mattavelli_Junca_Stefania_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moreno, A. (21 de noviembre de 2012). Scielo. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552012000200002

Muñoz, F. S. (marzo de 2020). Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido de

https://diseno.uc.cl/memorias/pdf/memoria_dno_uc_2019_2_SALINAS_MUNOZ_F.pdf

Navarro Torres, R. (2023). Reducción del consumo de colorantes y del tiempo en el proceso de coloreado de grageas de la línea de confitería.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5822>

Niño, C. A. (2010, julio 9). Colorantes. Issuu. <https://issuu.com/herrcarlo2009/docs/colorantes>

Juan, R. S. (2013). La química del color en los alimentos. *Química Viva*, 12(3), 234-246.

Ortiz Melo, G. (2021). Consumo de alimentos con rojo 40 como estilo de vida y sus implicaciones en la salud (Master's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla). <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/2741b5aa-99ec-4b47-b9a5->

b591956bb51a

Pediatrics, A. A. (2024). American Academy of Pediatrics. Obtenido de

[https://www.healthychildren.org/Spanish/news/Paginas/AAP-Says-Some-Common-Food-Additives-May-Pose-Health-Risks-to-Children.aspx#:~:text=Los%20colorantes%20artificiales%20de%20los,atenci%C3%B3n%20e%20hiperactividad%20\(TDAH\).](https://www.healthychildren.org/Spanish/news/Paginas/AAP-Says-Some-Common-Food-Additives-May-Pose-Health-Risks-to-Children.aspx#:~:text=Los%20colorantes%20artificiales%20de%20los,atenci%C3%B3n%20e%20hiperactividad%20(TDAH).)

Pino, M. T., & Vergara H., C. (eds). (2022). Colorantes y antioxidantes naturales en la industria de alimentos: tecnologías de extracción y materias primas dedicadas. 20, 500.

<https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/147806>

Platensis, A., sp., S., & sp., U. (s/f). Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: Upv.es. 2016.

<https://riunet.upv.es/handle/10251/73893>

Revista Digital lealimentos. (2015). Colorantes naturales para la industria cárnica.

<https://www.revistaalimentos.com/es/noticias/colorantes-naturales-para-la-industria-carnica>

Roquero, A., & Martínez-Verdú, F. M. (2010). Presente y futuro de los colorantes naturales.

https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16487/1/actas_IX_CNC_97.pdf

Sampaio, S. D. L. (2020). Developing novel functional food ingredients from natural sources of bioactives: quinoa, amaranth and potatoes (Doctoral dissertation, Universidad de Salamanca).

Samuel, F. (s/f). Extracción e identificación de los metabolitos con capacidad tintórea de

Justicia spicigera para uso cosmético. Edu.gt. (2018). <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/QF1496.pdf>

Sánchez Juan, R. (2013). La química del color en los alimentos. Química Viva, 12(3), 234-246.

<https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>

Sepúlveda, L. (2023, marzo 21). Colorantes dañan la salud, Año del fomento a la formación

integral con una Red de Centros y Sistemas Multitemáticos. Ciudad Guzmán, municipio de Zapotlán el Grande, Jalisco.

Silva, M. M., Reboredo, F. H., & Lidon, F. C. (2022). Food colour additives: A synoptical overview on their chemical properties, applications in food products, and health side effects. *Foods*, 11(3), 379. <https://doi.org/10.3390/foods11030379>

Téllez, G. M. S., Díaz, J. G., Lugo, M. S., Delgado, M. Z., Velasco, S. G., & Moreno, E. R. (2022). ¿Qué aditivos se pueden encontrar en los productos lácteos? y ¿Son necesarios?

Valdés-Restrepo, M. P., Delgado Ospina, J., Londoño Hernández, L., & Rodríguez Restrepo, R. A. (2023). Sistema de medición del color como parámetro de calidad en la industria de alimentos. *Temas Agrarios*, 28(1), 69-81. <https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3200>

Vázquez, J. L. B. (2016). Colorantes artificiales en alimentos. http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/6338/1/3_Colorantes%20artificiales%20e%20alimentos.pdf

Vergara, C., Pino, M. T., Zamora, O., & Sandoval, A. M. (2022). Colorantes naturales en la industria de alimentos. *Colorantes y antioxidantes naturales en la industria de alimentos: tecnologías de extracción y materias primas dedicadas* (p. 27).

Viva, Q., Juan, S., & Sánchez, R. (s/f). La química del color en los alimentos. *Redalyc.org*. (2014). <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>