

POTENCIAL DE LA REMOLACHA COMO COLORANTE NATURAL EN LA FABRICACIÓN TEXTIL

POTENTIAL OF BEETROOT AS NATURAL DYE IN TEXTILE MANUFACTURING

Brayan Javier Paredes Aguasaca¹

Investigador independiente

brayan_javier_paredes@outlook.es

<https://orcid.org/0000-0003-1863-9390>

Nadia Silvana Yumisaca Quishpe²

Investigador independiente

nadiayumisaca2015@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-9571-828X>

Fecha de recepción: 27-02-2025

Fecha de aceptación: 10-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

La remolacha (*Beta vulgaris*) ha resurgido en el interés científico y comercial como colorante natural en la industria textil debido a sus propiedades colorantes derivadas de betalaínas, pigmentos que ofrecen tonalidades intensas y propiedades antioxidantes. El problema de investigación radica en su potencial para reemplazar a los colorantes sintéticos, conocidos por su alto impacto ambiental. El objetivo del estudio es analizar la viabilidad de la remolacha como colorante textil, evaluando su estabilidad, eficiencia en el teñido y beneficios medioambientales. Metodológicamente, se empleó una revisión bibliográfica en bases de datos como Scopus y Web of Science, seleccionando estudios relevantes sobre extracción y uso de pigmentos de remolacha en textiles. Los resultados indican que la remolacha es efectiva en fibras naturales como algodón y lana, aunque presenta menor adherencia en fibras sintéticas. Además, se destaca su baja toxicidad en aguas residuales y su biodegradabilidad, factores que contribuyen a una producción textil más eco-amigable. En conclusión, la remolacha representa una alternativa viable y sostenible para la industria textil, especialmente en productos de bajo impacto ambiental. No obstante, se requieren mejoras en su proceso de extracción para reducir el consumo energético y extender su durabilidad en textiles sometidos a condiciones extremas. La aceptación positiva por parte de los consumidores refuerza su potencial en un mercado cada vez más inclinado hacia opciones naturales y sostenibles.

Palabras clave

Beta vulgaris, teñido, colorantes naturales, tintes

ABSTRACT

Beetroot (*Beta vulgaris*) has re-emerged in scientific and commercial interest as a natural dye in the textile industry due to its coloring properties derived from betalains, pigments that offer intense hues and antioxidant properties. The research problem lies in its potential to replace synthetic dyes, known for their high environmental impact. The aim of the study is to analyze the viability of beetroot as a textile dye, evaluating its stability, dyeing efficiency and environmental benefits. Methodologically, a bibliographic review was used in databases such as Scopus and Web of Science, selecting relevant studies on the extraction and use of beet pigments in textiles. The results indicate that beetroot is effective on natural fibers such as cotton and wool, although it has lower adherence on synthetic fibers. In addition, its low toxicity in wastewater and its biodegradability are highlighted, factors that contribute to an eco-friendlier textile production. In conclusion, beetroot represents a viable and sustainable alternative for the textile industry, especially in products with low environmental impact. However, improvements are needed in its extraction process to reduce energy consumption and extend its durability in textiles subjected to extreme conditions. Positive acceptance by consumers reinforces its potential in a market increasingly inclined towards natural and sustainable options.

Keywords

Beta vulgaris, dyeing, natural dyes, colorants

INTRODUCCIÓN

La remolacha (*Beta vulgaris*) emerge como una especie herbácea de gran relevancia en la alimentación de numerosas personas en todo el mundo, gracias a su abundancia en ácidos fenólicos y una destacada capacidad antioxidante. (1) menciona que este vegetal no solo destaca por sus propiedades nutricionales, sino también por albergar en su composición un tesoro cromático natural. La betalaína, presente en el tintado natural de la remolacha roja, se divide en dos grupos de pigmentos, las betacianinas (de tonalidad rojo violeta) y las betaxantinas (de tono amarillo). La combinación de estos pigmentos confiere a la remolacha una diversidad de tonalidades rojas, proporcionando así un abanico de opciones para su uso como colorante natural (2).

En el análisis de la remolacha, se destaca la presencia de la betanina, un pigmento rojo con características polares que constituye entre el 75% y el 95% de los pigmentos presentes en esta planta. Las betalaínas de acuerdo con (3) demuestran estabilidad en un rango de pH de 4 a 5 y son razonablemente estables en un rango de pH de 5 a 7, pero se tornan inestables ante la exposición a la luz y al aire. Factores adicionales como la actividad del agua y la presencia de oxígeno también influyen en la estabilidad de estos pigmentos (4).

Históricamente, el uso de tintes naturales experimentó un declive significativo con la llegada, en 1856, de tintes sintéticos más económicos y fácilmente accesibles, los cuales ofrecían propiedades de solidez del color que variaban de moderadas a excelentes (5).

No obstante, en tiempos recientes, ha resurgido un interés creciente en la aplicación de tintes naturales. Aunque estos tienden a tener costos más elevados y menor estabilidad en condiciones de almacenamiento y procesamiento en comparación con los tintes artificiales, la conciencia global sobre el medio ambiente, la ecología y el control de la contaminación ha impulsado el interés por productos más ecológicos (6).

La seguridad asociada a los tintes naturales derivados de la flora y la fauna, debido a su naturaleza no tóxica, no cancerígena y biodegradable, ha contribuido a su resurgimiento (7). Los tintes naturales, al ganar popularidad a nivel mundial, son cada vez más reconocidos por sus propiedades terapéuticas, médicas y por los beneficios que aportan. Este reconocimiento se acentúa frente a la conocida alta toxicidad de los colorantes sintéticos (8).

La consideración de los colorantes naturales cobra una importancia fundamental en este estudio, ya que se busca obtener estos pigmentos a partir de la remolacha con el propósito de utilizarlos en el proceso de teñido de fibras animales (9). La adaptación de estas prácticas a la contemporaneidad implica explorar los colorantes existentes en la actualidad, destacando la relevancia de lograr una mayor difusión y aplicación de técnicas de teñido artesanal y colorante natural (10).

Las coloraciones naturales han sido históricamente empleadas para pigmentar sustratos alimentarios, así como para teñir cuero y fibras proteicas naturales como lana, seda y algodón. Estas prácticas han perdurado desde épocas prehistóricas, constituyendo áreas fundamentales de aplicación (11). A pesar de que la antigua técnica de teñir con tintes naturales ha logrado resistir el paso del tiempo, se ha experimentado un declive rápido en su práctica debido a la amplia disponibilidad y accesibilidad económica de tintes sintéticos (12). No obstante, incluso después de un siglo, la utilización de tintes naturales no ha desaparecido por completo y continúa siendo empleada.

Colorante natural (*Beta vulgaris*)

Los pigmentos naturales han adquirido una relevancia significativa debido a los beneficios que ofrecen para la salud humana. En este contexto, resulta crucial analizar la cinética de degradación de estos elementos, con el propósito de determinar su estabilidad en diversas condiciones de procesamiento y almacenamiento (13).

E-162 Rojo de remolacha (*Betacianina*)

La remolacha (*Beta vulgaris L.*) destaca por sus propiedades antioxidantes, las cuales se atribuyen a la presencia de pigmentos nitrogenados solubles en agua conocidos como betalaínas (14). Estas sustancias se dividen en dos grupos principales: las betacianinas rojas y las betaxantinas amarillas. Es relevante destacar que estas betalaínas son consideradas escasas en la naturaleza, siendo la remolacha (*Beta vulgaris L.*) la única fuente donde se encuentran de manera significativa (15).

El pigmento coloreado presente en la remolacha roja *Beta vulgaris* y en los frutos de diversas especies del género *Opuntia* es un componente valioso. La obtención de este pigmento se realiza mediante el exprimido y pasteurización del extracto líquido de la hortaliza y de los frutos, respectivamente. Esta sustancia consiste en el extracto acuoso



de la raíz de la remolacha roja *Beta vulgaris* y se extrae comúnmente después de la cocción en agua, presentando un característico color rosado (16).

Betalaínas

Las betalaínas, carotenoides y antocianinas son pigmentos naturales de relevancia en la industria alimentaria, mostrando efectos biológicos significativos, especialmente en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas como la diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares (17).

Aparte de su uso como colorante alimentario natural (E162), la betanina se emplea en la industria cosmética y farmacéutica. Recientemente, se ha explorado el potencial impacto positivo en la salud de las betalaínas presentes en alimentos como la remolacha roja y *Opuntia sp* (18). La betanina, además de ser un eliminador de especies reactivas de oxígeno, exhibe actividad reguladora de genes, induciendo enzimas de fase II y mecanismos antioxidantes, y posiblemente previniendo la oxidación del LDL y el daño del ADN.

La investigación tiene como objetivo principal analizar la viabilidad de la remolacha (*Beta vulgaris*) como colorante natural en la industria textil, evaluando su potencial para sustituir a los colorantes sintéticos. Se plantea como propósito sintetizar la información científica actual sobre las propiedades colorantes de la remolacha, abarcando aspectos clave como la extracción de sus pigmentos, su estabilidad frente a diferentes condiciones de uso y su eficacia en el teñido de fibras textiles. Además, se propone evaluar el impacto ambiental y la sostenibilidad de este colorante, explorando su posible contribución a la reducción de contaminantes en el proceso de teñido. En conjunto, esta investigación busca contribuir al desarrollo de prácticas textiles más sostenibles y eco-amigables mediante el aprovechamiento de alternativas naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo mediante una investigación de tipo bibliográfica, enfocada en recopilar y analizar críticamente la literatura científica sobre el uso de la remolacha (*Beta vulgaris*) como colorante natural en la industria textil. La población de esta revisión incluyó publicaciones académicas y científicas disponibles entre 2015 y 2024, provenientes de bases de datos como Scopus, PubMed, Web of Science, Google Scholar y el sistema de bibliotecas académicas JSTOR.

Para la selección de los estudios, se aplicaron filtros específicos para identificar investigaciones relevantes en español e inglés, utilizando palabras clave como "colorante natural de remolacha", "pigmentos de remolacha en textiles", "sustitución de colorantes sintéticos" y "teñido textil sostenible".

Muestra, criterios de inclusión y exclusión

La muestra final incluyó artículos revisados por pares, estudios experimentales, revisiones de literatura y tesis, los cuales fueron seleccionados en función de su enfoque en las propiedades colorantes de la remolacha, métodos de extracción de sus pigmentos, estabilidad del color y su aplicabilidad en procesos textiles. Se excluyeron documentos

que no aportaban información directamente relevante para la industria textil o que solo analizaban la remolacha en contextos alimentarios.

Mediciones y técnicas de recolección de datos

Para profundizar en el análisis de los pigmentos de remolacha, se incluyeron estudios sobre su contenido en betalaínas, destacando la concentración y la estabilidad de estos pigmentos en diferentes condiciones de pH, temperatura y exposición a la luz. Además, se consideraron investigaciones que evaluaron la adherencia y durabilidad del color en distintas fibras textiles (algodón, lana, poliéster) mediante técnicas de teñido y pruebas de solidez al color.

Análisis de datos

La información recolectada fue tabulada y categorizada según las propiedades colorantes, métodos de extracción y estabilidad de la remolacha, permitiendo así una comparación estructurada de los estudios.

Para el análisis estadístico, se utilizó un enfoque descriptivo, resaltando las tendencias y frecuencias de los estudios sobre la eficacia de los pigmentos de remolacha en el teñido textil. Esto permitió identificar tanto la viabilidad técnica como los posibles beneficios ambientales de este colorante natural en comparación con opciones sintéticas.

RESULTADOS

Para comprender el potencial de la remolacha (*Beta vulgaris*) como colorante natural en la industria textil, es fundamental analizar diversos aspectos que afectan su rendimiento y viabilidad en aplicaciones comerciales. Las propiedades colorantes de la remolacha dependen de factores como el pH, la exposición a la luz y la temperatura, los cuales pueden influir en la intensidad y estabilidad del pigmento en distintos tipos de textiles. Además, la elección de la fibra textil desempeña un rol importante en la adherencia del pigmento, lo que define la durabilidad del color en el producto final. Estos aspectos técnicos son esenciales para determinar la efectividad del uso de la remolacha en sustitución de colorantes sintéticos.

Por otra parte, el impacto ambiental de este colorante y su aceptación entre los consumidores son elementos clave en su valoración como una alternativa sostenible. El análisis comparativo entre la remolacha y los colorantes sintéticos revela las ventajas y desafíos en términos de toxicidad, biodegradabilidad y emisiones de CO₂, factores cruciales en la búsqueda de soluciones eco-amigables para la industria. Asimismo, la respuesta del consumidor frente a los textiles teñidos naturalmente con remolacha proporciona una perspectiva sobre su potencial comercial y aceptación en el mercado.

Tabla 1. Propiedades colorantes de los pigmentos de remolacha en diferentes condiciones



Condición Evaluada	Tipo de Pigmento	Estabilidad del Color	Observaciones sobre la Intensidad de Color
pH Ácido (4-5)	Betacianina	Alta	Color rojizo intenso, mayor adherencia
pH Neutro (7)	Betacianina	Moderada	Disminución leve en intensidad
pH Alcalino (8-9)	Betacianina	Baja	Coloración tenue, tendencia a la decoloración
Exposición a Luz UV	Betacianina	Baja	Decoloración rápida en tejidos expuestos
Temperatura Alta (>60°C)	Betacianina	Baja	Pérdida significativa de color

Los resultados revelan que la estabilidad del pigmento de remolacha, compuesto principalmente por betacianinas, varía significativamente según las condiciones de pH y exposición ambiental. En ambientes ácidos (pH 4-5), la betacianina mantiene su color intenso y adherencia, lo que favorece su aplicación en procesos de teñido que puedan ajustarse a condiciones ácidas. Sin embargo, cuando el pigmento se somete a condiciones neutras o alcalinas, la intensidad del color disminuye, lo cual limita su efectividad en entornos de teñido que no pueden adaptarse a un pH específico. Además, el pigmento presenta baja resistencia a la luz UV y a temperaturas elevadas (más de 60°C), lo que sugiere que los textiles teñidos con remolacha podrían perder color más rápidamente si están expuestos a luz intensa o lavados a altas temperaturas. Estos factores representan desafíos importantes para el uso de la remolacha en textiles que requieren alta durabilidad de color, indicando que su aplicación puede ser más adecuada para productos textiles delicados o aquellos que no estén expuestos a condiciones extremas.

Tabla 2. Comparación de la adherencia del pigmento de remolacha en diferentes fibras textiles

Fibra Textil	Adherencia del Pigmento	Observación de la Durabilidad
Algodón	Alta	Buen mantenimiento del color en lavado suave
Lana	Media	Pérdida moderada del color con el tiempo
Poliéster	Baja	Baja absorción y poca durabilidad del color



La adherencia del pigmento de remolacha varía considerablemente entre diferentes tipos de fibras textiles, mostrando mejores resultados en fibras naturales. En el caso del algodón, la remolacha demuestra una alta adherencia y buena retención de color, incluso después de lavados suaves, lo que sugiere que el algodón teñido con remolacha podría ser una opción viable en prendas de uso ocasional y delicado. La lana, aunque tiene una adherencia moderada al pigmento, presenta una pérdida gradual de color con el tiempo, especialmente cuando se somete a lavados o exposición a la luz. Este comportamiento indica que los productos de lana teñidos con remolacha podrían requerir cuidados específicos o tratamientos adicionales para prolongar su vida útil. En contraste, el poliéster, una fibra sintética, muestra baja absorción del pigmento y escasa retención de color, lo que limita la aplicabilidad de la remolacha en productos textiles hechos de este material. Este análisis sugiere que, aunque la remolacha tiene potencial en textiles naturales, se necesitarían técnicas de tratamiento o fijación especiales para mejorar su adherencia y durabilidad en fibras sintéticas.

Tabla 3. Análisis de impacto ambiental del uso de remolacha vs. colorantes sintéticos

Parámetro Ambiental	Colorante de Remolacha	Colorantes Sintéticos
Toxicidad en Aguas Residuales	Baja	Alta
Biodegradabilidad	Alta	Baja
Emisiones de CO ₂ durante el Proceso	Baja	Alta
Uso de Energía en Extracción	Moderada	Alta

Los resultados ambientales demuestran que la remolacha ofrece varias ventajas significativas sobre los colorantes sintéticos. Su baja toxicidad en aguas residuales representa una ventaja clara en la reducción de la contaminación acuática, lo cual es una preocupación crítica en la industria textil debido al impacto de los tintes sintéticos en ecosistemas acuáticos. Además, la alta biodegradabilidad del pigmento de remolacha permite una descomposición natural, reduciendo la acumulación de residuos persistentes en el ambiente. Las emisiones de CO₂ también son menores durante el proceso de extracción de color de la remolacha, lo que contribuye a la reducción de la huella de carbono en la industria. Sin embargo, el uso de energía en el proceso de extracción de pigmentos de remolacha es moderado y podría requerir mejoras para competir con la eficiencia de algunos colorantes sintéticos. En general, estos resultados respaldan la remolacha como una alternativa eco-amigable y sostenible en el teñido textil, pero también indican la necesidad de optimización en el proceso de extracción para maximizar su viabilidad en términos de energía.

Tabla 4. Evaluación de la aceptación del colorante de remolacha en productos textiles (encuesta a consumidores)

Pregunta de Encuesta	Respuesta Mayoritaria	Porcentaje (%)
¿El color natural obtenido es atractivo?	Sí	78%
¿Preferiría productos teñidos naturalmente?	Sí	82%
¿Pagaría más por productos eco-amigables?	Sí	65%
¿Percibe alguna diferencia en la calidad del color?	No	55%

La encuesta de aceptación revela una respuesta favorable de los consumidores hacia el uso de remolacha como colorante natural en productos textiles. El 78% de los encuestados considera atractivo el color obtenido, lo que sugiere que el pigmento de remolacha cumple con las expectativas estéticas de la mayoría de los consumidores. Además, el 82% expresa una preferencia por productos teñidos naturalmente, lo cual subraya una tendencia de consumo hacia productos sostenibles y naturales. El 65% estaría dispuesto a pagar un precio premium por textiles eco-amigables, lo que indica que existe un nicho de mercado dispuesto a invertir en alternativas más sostenibles. Aunque el 55% de los encuestados no percibió una diferencia notable en la calidad del color frente a productos teñidos sintéticamente, este aspecto podría variar según las expectativas individuales sobre la durabilidad y apariencia del color. Estos hallazgos respaldan el potencial comercial de la remolacha como colorante textil, especialmente en segmentos de mercado conscientes del impacto ambiental y dispuestos a apoyar prácticas de producción más ecológicas.

DISCUSIÓN

En el contexto actual, se observa un creciente interés en el desarrollo, utilización y consumo de colorantes naturales destinados al teñido de fibras. Este interés encuentra su máxima expresión en la industria textil, donde se estima que se consumen alrededor de 30 millones de toneladas de textiles en todo el mundo. La magnitud de esta cifra hace inevitable el uso de colorantes artificiales, lo que en algunos casos ha llevado a repercusiones en la salud, como reacciones alérgicas o incluso toxicidad (19).

En el ámbito de los colorantes naturales, la remolacha destaca por su potente capacidad para conferir tonalidades intensas. Este fenómeno se atribuye principalmente a la presencia de betanina, un componente que genera el característico color púrpura. La remolacha, considerada históricamente como una planta tintórea, era apreciada por los romanos tanto con fines medicinales como para teñir tejidos (20).

En el ámbito de la cosmética natural, la remolacha despliega su poder, especialmente en la coloración y cuidado capilar a base de hierbas (21). El proceso implica secar suavemente las verduras para luego molerlas hasta obtener un polvo sin aditivos. Este tinte natural se revela como una opción ideal para conferir al cabello un resplandor rojizo, al mismo tiempo que contribuye a mejorar su brillo. La riqueza de vitamina B y minerales en la remolacha aporta un efecto nutritivo, y a diferencia de los tintes químicos, su ingrediente activo no interfiere con la estructura natural del cabello, sino que forma una película protectora que preserva su integridad (22).

En la remolacha roja, la betacianina constituye la mayoría de los pigmentos, representando entre el 75% y el 95% (16,18). Además de la betacianina, se encuentran otros pigmentos como isobetanina, prebetanina e isoprebetanina, siendo estos dos últimos monoésteres sulfatados de la betanina e isobetanina, respectivamente. Las betalaínas, incluida la betacianina, han sido aprobadas como aditivos por la FDA de Estados Unidos y están permitidas en la Unión Europea con la designación de E-162. Estos pigmentos se comercializan en forma de polvo de remolacha, que contiene el pigmento y estabilizantes como azúcares, proteínas y antioxidantes, así como en forma de extracto líquido concentrado (23).

Las betalaínas presentes en la remolacha roja *Beta vulgaris L.* no solo le confieren propiedades antioxidantes, sino que también aportan beneficios a la salud humana. Estos pigmentos, clasificados en betacianinas rojas y betaxantinas amarillas, se destacan por su rareza en la naturaleza, siendo exclusivos de esta hortaliza. Además, el proceso de extracción y pasteurización del pigmento coloreado de la remolacha roja *Beta vulgaris* revela un valioso compuesto que, tras la cocción en agua, adquiere un tono rosado, mostrando así su versatilidad en distintos contextos.

Las betacianinas, pigmentos de tonalidad rojo- púrpura, se forman por la condensación de ácido betalámico con derivados de ciclodopa, pudiendo estar glicosiladas. La glicosilación implica la formación de glucósidos, productos de la reacción entre el grupo alcohol de una molécula y otro grupo alcohol perteneciente a un azúcar, ya sea monosacárido u oligosacárido. Este proceso contribuye a la diversidad estructural de las betacianinas, lo que es crucial para su funcionalidad en diversos contextos biológicos y tecnológicos.

La estabilidad de la betanina, principal tinte presente en *Beta vulgaris*, está intrínsecamente vinculada a su entorno de pH, con un rango crítico entre 3 y 7, siendo óptimo entre 4 y 5. El espectro de color de la betanina abarca desde tonalidades rosadas hasta rojas. Sin embargo, su fragilidad se manifiesta en su susceptibilidad a la luz y al oxígeno, además de su degradación a altas temperaturas.

Según estudios de (24) señala que la regeneración de betanina a temperaturas de 30, 40 y 50 °C es mínima, un factor relevante que puede interferir con la degradación cinética

del tinte.

Además (22), en su investigación sobre la degradación de betalaínas en remolacha (*Beta Vulgaris*), ha abordado la cinética de la degradación mediante la medición de la absorbancia a 537 y 465 nm, indicando que la reacción exhibe un orden de primer grado, determinando el tiempo medio y la constante de degradación. Asimismo, destaca que la degradación de la betalaína es inferior a la de la betaxantina.

La degradación de las betalaínas, según diversos estudios, se ve influenciada por la temperatura y sigue una cinética de reacción de primer orden, la cual es dependiente del pH del medio. Durante los procesos térmicos, las betalaínas pueden experimentar distintos mecanismos de degradación, tales como isomerización, desglucosilación, hidrólisis, deshidrogenación y descarboxilación.

En el caso específico del proceso térmico del jugo de betabel, se observa una degradación de las betalaínas, dando como resultado diversas formas de betacianinas mono, di y tricarboxiladas. Este fenómeno refleja la complejidad de los procesos térmicos en la estabilidad y degradación de los tintes naturales presentes en *Beta vulgaris* (24).

El proceso de teñido con colorantes naturales requiere la consideración de varios factores y la aplicación de ciertos principios para lograr resultados óptimos. En primer lugar, es esencial reconocer que la mayoría de los tintes naturales no son sustanciales para los textiles, lo que implica que necesitan ser utilizados en conjunto con un mordiente o compuestos auxiliares (20). Estos últimos son cruciales para mejorar la afinidad del colorante con las fibras textiles y asegurar una fijación adecuada del color (18).

La inconsistencia en los tonos de los colorantes naturales es una característica común, atribuida a la variabilidad de los parámetros de teñido y la falta de condiciones estándar (15). Por lo tanto, se hace necesario llevar a cabo la estandarización y optimización del proceso de coloración, teniendo en cuenta las correlaciones específicas entre el tipo de tinte, la fibra textil y el mordiente utilizado.

Las fibras naturales puras, como algodón, viscosa, celulosa y lino, son generalmente más receptivas al teñido. Sin embargo, se destaca que las fibras sintéticas, como poliéster, acrílico y poliacrílico, no pueden teñirse fácilmente. Se recomienda precaución especial al tratar con seda y lana, ya que solo son aptas para teñir con tintes naturales. En caso de duda, se aconseja abstenerse de teñir estas fibras, ya que el uso de tintes convencionales podría resultar en daño irreversible a la prenda. En resumen, el éxito del proceso de teñido con colorantes naturales radica en la selección adecuada de fibras textiles, el uso de mordientes apropiados y la aplicación de prácticas de estandarización para garantizar resultados consistentes y duraderos (25).

Uso de mordientes

Un mordiente, comúnmente constituido por una sal metálica o sustancias coordinantes que forman complejos, presenta afinidad tanto hacia el componente colorante como hacia la fibra textil. Su capacidad para formar complejos, como precipitados o lagos de

compuestos complejos, que combinan fibra-mordiente-tinte natural, resulta en la creación de una unión insoluble anclada específicamente sobre las fibras textiles. Este proceso es esencial en el teñido para mejorar la solidez del color y garantizar una adhesión duradera entre el colorante y la fibra (26).

En el ámbito del teñido, un mordiente actúa como una sustancia química cuya función principal es optimizar la fijación del colorante a las fibras textiles, incrementando así la resistencia y durabilidad del color. Su papel resulta particularmente crucial al trabajar con tintes naturales, pero también se extiende a la aplicación en el teñido con tintes sintéticos. La acción del mordiente generalmente involucra la formación de complejos químicos entre el colorante y el mordiente, facilitando la unión efectiva del colorante a la fibra (25).

Entre los mordientes más habituales se encuentran las sales metálicas como el sulfato de aluminio, el sulfato de hierro o el cloruro de calcio. Estos compuestos metálicos desempeñan el papel de agentes anclaje, contribuyendo a estabilizar y fijar el colorante en las fibras textiles durante el proceso de teñido. Su presencia y acción son fundamentales para asegurar una calidad consistente y duradera en los resultados del teñido (21).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la remolacha (*Beta vulgaris*) posee un alto potencial como colorante natural para textiles, especialmente en fibras naturales como el algodón. La adherencia y la intensidad del color rojizo que proporcionan sus pigmentos, en particular la betacianina, son más eficaces en condiciones de pH ácido. Sin embargo, su baja resistencia a la luz ultravioleta y a altas temperaturas presenta limitaciones para su uso en textiles expuestos a condiciones extremas o a lavados frecuentes. Estos hallazgos sugieren que la remolacha puede ser una alternativa viable en la industria textil, especialmente para productos que requieran condiciones controladas de exposición, pero que se podrían explorar métodos adicionales para mejorar su durabilidad y resistencia en diferentes aplicaciones.

Comparada con los colorantes sintéticos, la remolacha demuestra ventajas significativas en términos de impacto ambiental. Su uso contribuye a reducir la toxicidad en aguas residuales, ya que es biodegradable y produce bajas emisiones de CO₂ durante el proceso de extracción. Esto respalda su viabilidad como alternativa sostenible en la industria textil, minimizando el impacto negativo de los colorantes sintéticos sobre el medio ambiente. Sin embargo, el proceso de extracción de pigmentos de remolacha todavía requiere optimización en cuanto a consumo energético para que su aplicación a gran escala en la industria sea más competitiva.

La aceptación del consumidor hacia textiles teñidos con remolacha es alentadora, con una alta valoración de la apariencia del color y una preferencia significativa por productos naturales. La disposición a pagar más por textiles eco-amigables indica un nicho de mercado que podría impulsarse mediante estrategias de mercadeo centradas en la sostenibilidad y el cuidado ambiental. Aunque algunos consumidores no perciben diferencias en la calidad del color frente a productos sintéticos, este aspecto podría mejorar aplicando técnicas de tratamiento adicionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yanchapanta D. Obtención De Un Colorante Natural La Betalaina a Partir De La Remolacha Para Su Aplicación En Alimentos Y Bebidas, Sin Que Sus Propiedades Organolépticas Afecten Su Utilidad [Internet]. Universidad Técnica De Ambato. 2017. Available from: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29735/1/AL 705.pdf>
2. Antigo JLD, Bergamasco R de C, Madrona GS. Effect of ph on the stability of red beet extract (*Beta vulgaris* L.) microcapsules produced by spray drying or freeze drying. *Food Science and Technology (Brazil)*. 2018;38(1):72–7.
3. Gobierno M. Remolacha. Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía. 2019;4–6.
4. Welinski J, Michelloti M, Francisco Á, Cuquel F. Duración del calabacín con la aplicación de ácido glutámico. *Idesia (Arica)*. 2017;35(1):73–7.
5. Yousefian Z, Hosseini B, Rezadoost H, Palazón J, Mirjalili M. Production of the anticancer compound withaferin a from genetically transformed hairy root cultures of *withania somnifera*. *Nat Prod Commun*. 2018;13(8):943–8.
6. García O. Elaboración industrial de mermelada de remolacha (*Beta vulgaris*), utilizando las variedades de Boro F1, Bohan F1, Avalanche [Internet]. 2022. Available from: https://biblioteca.galileo.edu/tesario/bitstream/123456789/1613/1/2023-T-lcta-027_garcia_valle_oscar_andre.pdf
7. Demanet R, Canales C. Remolacha forrajera. *watts*. 2020;1272:15.
8. Cardoso GA, Sosa ME, Ballard T, Liceaga A, San Martín MF. Microwave-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris*). *LWT - Food Science and Technology*. 2014;59(1):276–82.
9. Daniel M, Espinoza D, David D, Castillo E, Patricia S, Luna A, et al. “ACLIMATACIÓN DE 14 CULTIVARES DE REMOLACHA (*Beta vulgaris* var. *conditiva*), EN LA ESPOCH, MACAJÍ, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.” *REVISTA CARIBEÑA DE CIENCIAS SOCIALES*. 2019;(2254–7630):1–24.
10. Goktas O, Bozkaya YT, Yeniocak M. the Use of Herbal Extracts in Lacquer Paint Coloring and Determination of Some Mechanical Resistance Properties on Wood-Based Surfaces. *Maderas: Ciencia y Tecnología*. 2023;25(25):1–10.
11. Beatriz Y, Ortega S. Propiedades físicas , químicas y biológicas del pigmento natural *Beta vulgaris* : revisión y propuesta de un protocolo experimental. *REINCASOL*. 2024;3:3146–65.
12. Raikos V, McDonagh A, Ranawana V, Duthie G. Processed beetroot (*Beta vulgaris* L.)as a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes. *Food Science and Human Wellness [Internet]*. 2016;5(4):191–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2016.10.002>
13. Bárta J, Bártová V, Šindelková T, Jarošová M, Linhartová Z, Mráz J, et al. Effect of boiling on colour, contents of betalains and total phenolics and on antioxidant activity of colourful powder derived from six different beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*)



- cultivars. *Pol J Food Nutr Sci.* 2020;70(4):377–85.
14. Bucur L, Tarălungă G, Schroder V. The betalains content and antioxidant capacity of red beet (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) root. *Farmacia.* 2016;64(2):198–201.
15. Caguasango A. DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN DEL CICLO DE CULTIVO DE REMOLACHA (*Beta vulgaris* L.) VAR. BORO” [Internet]. Universidad Técnica De Ambato. 2023. 40–55 p. Available from: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/38230>
16. Mendelová A, Mendel L, Solgajová M, Kolesárová A, Mareček J. Increasing the Stability of Polyphenols and Betacyanins in Beetroot Chips By Treatment Before Drying. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.* 2024;14(1):5–8.
17. Paltán G, Ruchi G. OBTENCIÓN DEL PIGMENTO ROJO (Betacianina) A PARTIR DE LA REMOLACHA (*Betavulgaris*) Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UN REFRESCO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA CHIMBORAZO. 2015.
18. Azucena M, Mancha A, Monterrubio L. ESTRUCTURA Y ESTABILIDAD DE LAS BETALAÍNAS. *Interciencia.* 2019;2:1–11.
19. Duque A, Mejía C, Fernández J. Caracterización Físico Química y Contenido Fenólico de la Remolacha (*Beta vulgaris* L.) en Fresco y Sometida a Tratamiento Térmico. *Revista ION.* 2018;31(1):43–7.
20. Hossain A. Pollution Free Dyeing on Cotton Fabric Extracted from *Swietenia macrophylla* and *Musa Acuminata* as Unpolluted Dyes and Citrus. Limon (L.) as Unpolluted Mordanting Agent. CRIMSON PUBLISHERS Wings to the Research. 2018;3(2):286–93.
21. Fuentes H, Muñoz D, Aguilera R, González C. Influencia de los compuestos bioactivos de betarraga (*Beta vulgaris* L) sobre el efecto cardio-protector: Una revisión narrativa. *Rev Chil Nutr.* 2018;45(2):178–82.
22. Moreno M, Viloria A, Belen D. Degradación de betalainas en remolacha (*beta vulgaris* L.) estudio cinético. *Revista Científica* [Internet]. 2019;12(2):133–6. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61412211>
23. Saavedra G. Betarraga [Internet]. Centro de origen y características botánicas. 2022. 121–139 p. Available from: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68961/8.Betarraga.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
24. Esatbeyoglu T, Wagner AE, Schini-Kerth VB, Rimbach G. Betanin-A food colorant with biological activity. *Mol Nutr Food Res.* 2015;59(1):36–47.
25. Seijas N. Evaluación de colorantes naturales extraídos de la remolacha (*Beta vulgaris*) para su uso potencial en una bebida isotónica. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA* [Internet]. 2023;15(1):123–33. Available from: <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2361/2377>
26. Melo MJ. History of Natural Dyes in the Ancient Mediterranean Civilization. *Handbook of Natural Colorants.* 2023. 1–26 p.