

**VITALYSCIENCE**  
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

ISSN: 3091-180X

# VITALYSCIENCE

## REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

Volumen 2 N°3

Edición bianual

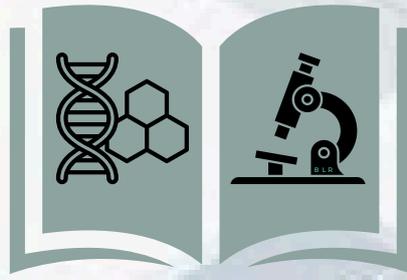
Marzo - agosto 2024

DOI: <https://doi.org/10.56519/8tt5bf44>



MISAEEL ACOSTA  
INSTITUTO UNIVERSITARIO





**VITALYSCIENCE**  
REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

# **VITALYSCIENCE**

## **REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA**

**Publicación  
Marzo 2024**

VitalyScience es una revista de acceso libre que se dedica a la publicación de artículos originales y de revisión, abarcando una amplia gama de temas relacionados con diversos campos del conocimiento. Entre las áreas que aborda se incluyen:

✓ Salud y bienestar, Ciencias sociales periodismo y derecho, Servicios, Educación, Ingeniería industria y producción, Tecnologías de la información y comunicación. La revista asegura la calidad científica de los trabajos recibidos mediante una revisión editorial inicial seguida de una evaluación por pares. Los artículos se presentan en formato a color para captar mejor el interés del público objetivo.

VitalyScience es una revista de carácter multidisciplinario que se publica dos veces al año, con ediciones de marzo a agosto y de septiembre a febrero, incluyendo ediciones especiales. Su misión es divulgar el conocimiento en diversas disciplinas a través de la publicación de investigaciones originales y revisiones inéditas llevadas a cabo por investigadores tanto nacionales como internacionales.

VitalyScience está dirigida a la comunidad científica, incluyendo investigadores nacionales e internacionales, estudiantes, profesores, tutores y, en general, a todos aquellos interesados en la búsqueda y difusión de la ciencia y el conocimiento. Extiende sus contribuciones teóricas, empíricas, reflexivas y de divulgación a universidades e instituciones de educación superior en Ecuador y en el extranjero, así como a lectores no académicos, incluyendo organismos y entidades de los sectores público y privado.

## **EDITOR EN JEFE**

PhD. Luis Fernando Arboleda Alvarez  
VitalyScience Revista Científica Multidisciplinaria  
Marzo - agosto | septiembre - febrero  
Ediciones especiales  
Entidad Editora: Instituto Superior Tecnológico Dr. Misael Acosta Solís (ISTMAS)  
Código Postal 060103  
☎ Contacto: +593 983 204 362  
✉ Correo electrónico: [publicaciones@vitalyscience.com](mailto:publicaciones@vitalyscience.com)

# Índice

6-17

INNOVACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS: TRATAMIENTOS TÉRMICOS PARA UNA VIDA ÚTIL Y CALIDAD NUTRICIONAL

18-32

HACIA UNA AGRICULTURA MÁS SOSTENIBLE: RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES NATURALES PARA EXTENDER LA VIDA ÚTIL DE LAS FRUTAS

33-45

RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL JUGO DE NARANJA DULCE: UN ESTUDIO CUANTITATIVO

46-60

OBTENCIÓN Y VALORIZACIÓN DE PIGMENTOS NATURALES A PARTIR DE ZANAHORIA Y REMOLACHA

# Índice

61-71

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE FRUTAS INFLUIDAS POR EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

72-83

APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y SU EFECTO EN LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DE FRUTAS Y SUS DERIVADOS. UN ESTUDIO DE REVISIÓN



# INNOVACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS: TRATAMIENTOS TÉRMICOS PARA UNA VIDA ÚTIL Y CALIDAD NUTRICIONAL

## INNOVATION IN FRUIT PRESERVATION: HEAT TREATMENTS FOR LONGER SHELF LIFE AND NUTRITIONAL QUALITY

Fabian Aguirre<sup>1</sup>

Investigador independiente

[aguirreluna.fabian@hotmail.com](mailto:aguirreluna.fabian@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8768-4780>

Fecha de recepción: 01-02-2024

Fecha de aceptación: 22-02-2024

Fecha de publicación: 15-03-2024

6

### RESUMEN

Las frutas climatéricas, como el plátano, la manzana y el mango, son aquellas que continúan su maduración después de ser cosechadas. Durante este proceso, experimentan cambios significativos en su color, textura, sabor y aroma debido a una serie de reacciones químicas, como el aumento de la producción de etileno, una hormona vegetal que regula la maduración. A pesar de estar cosechadas, estas frutas siguen madurando, lo que plantea desafíos para su conservación. Uno de los enfoques innovadores para mejorar la vida útil y la calidad nutricional de las frutas climatéricas es la aplicación de tratamientos térmicos. El objetivo principal de estos estudios es conocer cómo el calor u otros tratamientos térmicos afectan los compuestos fitoquímicos, como los antioxidantes, presentes en las frutas. Para ello, se ha realizado una revisión documental utilizando diversas bases de datos científicas como Scopus, Web of Science y Scielo. Los resultados de investigaciones recientes indican que los tratamientos térmicos, como el escaldado o el uso de agua caliente, pueden tener efectos positivos en la conservación de las frutas. Se ha observado que estos tratamientos no solo prolongan la vida útil de las frutas, sino que también pueden aumentar la cantidad de compuestos bioactivos, como los antioxidantes. Esto se debe a la rotura de las células vegetales causada por el calor, lo que libera una mayor cantidad de compuestos beneficiosos para la salud. En conclusión, los tratamientos térmicos aplicados a frutas climatéricas no solo ayudan a conservar su calidad, sino que también potencian sus propiedades nutricionales. El aumento de compuestos bioactivos, como los antioxidantes, podría estar relacionado con la rotura celular o con procesos como la reacción de Maillard, que ocurre durante la aplicación de calor. Esto abre nuevas posibilidades para mejorar la conservación y el valor nutricional de las frutas.

## Palabras clave

Frutas climatéricas, compuestos bioactivos, antioxidantes, fenoles, temperatura, calor

## ABSTRACT

Climacteric fruits, such as banana, apple and mango, are those that continue to ripen after being harvested. During this process, they experience significant changes in their color, texture, flavor and aroma due to a series of chemical reactions, such as increased production of ethylene, a plant hormone that regulates ripening. Despite being harvested, these fruits continue to ripen, which poses challenges for their conservation. One of the innovative approaches to improve the shelf life and nutritional quality of climacteric fruits is the application of heat treatments. The main objective of these studies is to understand how heat or other heat treatments affect phytochemical compounds, such as antioxidants, present in fruits. To this end, a documentary review has been carried out using various scientific databases such as Scopus, Web of Science and Scielo. The results of recent research indicate that heat treatments, such as blanching or the use of hot water, can have positive effects on the conservation of fruits. It has been observed that these treatments not only prolong the shelf life of fruits, but can also increase the amount of bioactive compounds, such as antioxidants. This is due to the rupture of plant cells caused by heat, which releases a greater amount of health-beneficial compounds. In conclusion, heat treatments applied to climacteric fruits not only help to preserve their quality, but also enhance their nutritional properties. The increase in bioactive compounds, such as antioxidants, could be related to cell rupture or to processes such as the Maillard reaction, which occurs during the application of heat. This opens up new possibilities to improve the conservation and nutritional value of fruits.

## Keywords

Climacteric fruits, bioactive compounds, antioxidants, phenols, temperature, heat

## INTRODUCCIÓN

Los alimentos albergan una amplia variedad de compuestos bioactivos, que son tanto numerosos como químicamente diversos. En particular, las frutas y verduras son ricas fuentes de elementos nutricionales fundamentales, como vitaminas y minerales. Además, contienen compuestos fenólicos, fitoestrógenos, compuestos azufrados, monoterpenos y péptidos bioactivos (1). Además, menciona que las frutas y verduras exhiben una alta gama de componentes funcionales, entre los que se incluyen fitoquímicos. En una sola porción de fruta o verdura, es posible encontrar alrededor de 100 compuestos diferentes (2).

Las pautas nutricionales resaltan la importancia de integrar frutas y verduras en la dieta diaria, enfocándose en los beneficios para la salud derivados de las moléculas nutritivas bioactivas, como nutrientes, vitaminas, minerales y fibras. Asimismo, se subraya la valiosa presencia de fitoquímicos no nutritivos en estos alimentos, como compuestos fenólicos, flavonoides y péptidos bioactivos (2). Estos elementos, ya sean nutritivos o no, desempeñan un papel esencial en la promoción de la salud, enfatizando la necesidad



de incorporar una diversidad de frutas y verduras en la alimentación para aprovechar plenamente sus variados beneficios. Pues se ha demostrado que tienen un efecto positivo en la prevención de enfermedades degenerativas, siendo considerados los compuestos bioactivos no nutricionales pero vitales para la salud humana (3).

Las características del fruto y la cantidad de sus componentes bioactivos están influenciadas por diversos factores, tales como la forma de cultivar y la etapa de maduración (4). La evaluación física y química de las frutas, junto con la cuantificación de sus componentes bioactivos, resulta fundamental para comprender su valor nutricional y elevar la calidad y el valor del producto final (5).

Los frutos climatéricos poseen la capacidad de seguir con el proceso de maduración incluso después de ser cosechados del árbol padre. Esta característica destaca la relevancia crucial de la etapa de maduración en la determinación de su calidad sensorial. Dado que estos frutos pueden experimentar cambios significativos en su sabor, textura y aroma durante la maduración postcosecha (6).

El proceso de maduración conlleva una serie de cambios fisiológicos, bioquímicos y moleculares que abarcan la degradación o síntesis y acumulación de componentes bioactivos, tales como compuestos fenólicos, vitamina C y carotenoides (7). Estas transformaciones no solo afectan directamente a la apariencia y sabor del fruto, sino que también desempeñan un papel esencial en la mejora de su valor nutricional. La comprensión detallada de estos procesos metabólicos ayuda a orientar y evaluar requisitos post cosecha y prácticas comerciales (8).

El creciente interés en la implementación de tratamientos térmicos después de la cosecha se debe a controlar plagas de insectos, evitar el desarrollo de hongos e influir en la maduración o la respuesta del producto a temperaturas extremas (9).

En las últimas décadas, los métodos tradicionales de calentamiento, como los tratamientos con agua caliente (mediante inmersiones y aspersiones), el calor generado con vapor y el aire caliente, han sido comúnmente utilizados para el tratamiento postcosecha de frutas. Más recientemente, se ha explorado el potencial de la radiación electromagnética, incluyendo las radiofrecuencias (RF), las microondas y la radiación infrarroja lejana (FIR), como alternativas que permiten un calentamiento rápido y sin contacto (10).

La información sobre la influencia de los tratamientos térmicos en la nutrición y los compuestos bioactivos de los alimentos es limitada. En este sentido, los tratamientos térmicos se han propuesto como inductores físicos que afectan la biosíntesis de fitoquímicos y las propiedades antioxidantes en cultivos hortícolas. Sin embargo, se requiere una mayor investigación para comprender a fondo el alcance de estos efectos y cómo pueden ser aprovechados para mejorar la calidad nutricional de los alimentos sometidos a este tipo de tratamientos (11).

Por esta razón, recopilar información acerca de los tratamientos térmicos y el efecto que podrían tener sobre compuestos fitoquímicos es importante para asegurar la calidad del producto postcosecha, en este artículo se basa en la recopilación de información, a



través de una búsqueda sistemática de diferentes estudios acerca de la aplicación de tratamientos térmicos en frutas climatéricas para preservar sus compuestos fitoquímicos en la cadena de producción, especificando las diferencias con las tecnologías de tratamiento térmico postuladas en las diferentes bibliografías, presentando también los mejores resultados de preservación de fitoquímicos en investigaciones realizadas en laboratorios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En Este estudio es de tipo revisión bibliográfica. La ruta metodológica está comprendida básicamente por cuatro momentos: búsqueda, organización, sistematización y análisis de documentos relacionados con el tema utilización de tratamientos térmicos en frutas para preservar sus compuestos fitoquímicos en la cadena de producción

La investigación está realizada en una selectiva revisión bibliografías a través de un profundo análisis crítico de los datos obtenidos relacionado con el estudio. Para la localización de información relacionada con el tema se utilizaron varias bases de datos como: Scopus, Web of Science, Scielo, Google académico, entre otros. Gran parte de información cualitativa y cuantitativa proviene de diversos temas como: libros, revistas, tesis, artículos científicos-revisión, toda la información se encontró en el internet y para completar la búsqueda se hizo una lectura y rastreo de bibliografía haciendo referencia a los documentos encontrados. En total, se obtuvo una bibliografía compuesta de 98 artículos, que se redujeron a 39 tras restringir los que no proporcionaban la información deseada.

### Criterios de selección

Para el análisis se establecieron algunos criterios de selección entre ellos la utilidad para la recolección de información, que se utilizó durante el proceso de investigación y se establecieron los parámetros siguientes: La información con un nivel de validez alto es decir que sea reconocidos académicamente como libros, revistas, reportes técnicos, tesis donde el 80% pertenece a los últimos 7 años y el 20% corresponde a años anteriores, esta información se recopiló de países nacionales e internacionales. Como criterios de búsqueda se incluyen los siguientes descriptores tanto en español como en inglés: tratamientos térmicos, fitoquímicos en frutas, técnicas tradicionales, frutas y compuestos bioactivos, antocianinas en frutas, entre otros. Estas palabras claves fueron combinadas en varias formas, con el objetivo de ampliar los criterios de búsqueda. Al realizar la búsqueda de los documentos, se preseleccionaron varios archivos de los cuales se escogió los que se centraban más a fin de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión.

## RESULTADOS

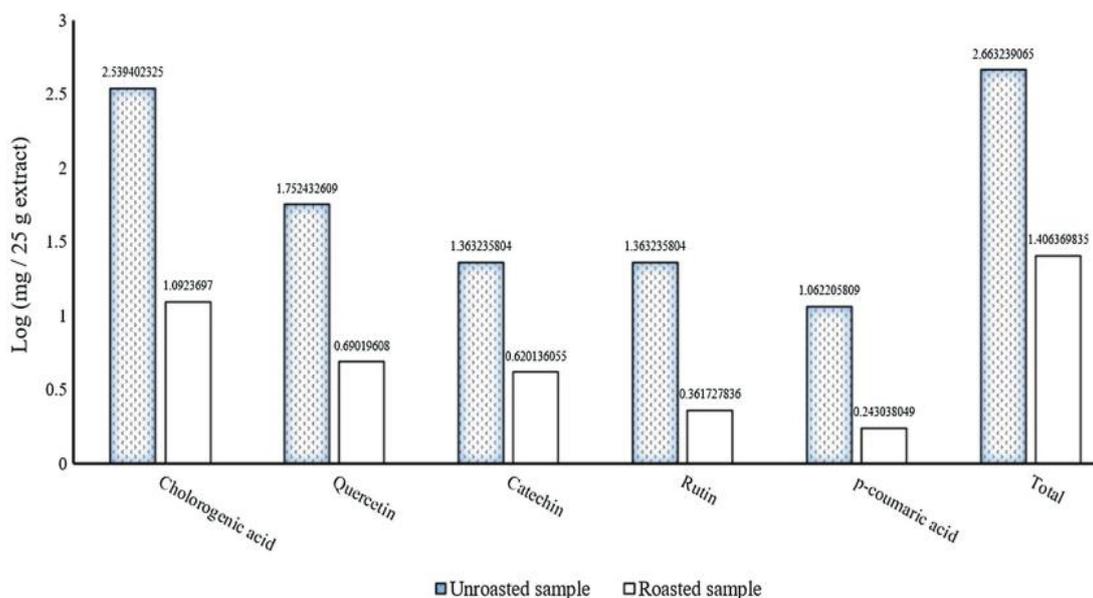
El artículo publicado por D.-O. Kim & Padilla-Zakou, en donde analizaron los fenoles y la capacidad antioxidante de frutas ricas en antocianinas (cereza, ciruela y frambuesa), antes y después de la producción de mermelada a partir de estas materias primas. Los



resultados mostraron que después de aplicar el tratamiento térmico correspondiente para obtener el producto destinado en este caso mermelada, sus niveles de fenoles totales y capacidad antioxidante total se retuvieron después de después de procesar las frutas en mermeladas, sin embargo debido a que procedimientos de cocción de la fruta con adición de azúcar y ácido implica la ruptura del tejido de la fruta por lo que sus niveles de antocianinas disminuyeron, por lo que es recomendable utilizar procedimientos para proteger las antocianinas para aumentar el nivel nutricional y el mantenimiento de su color (12).

Un estudio analizó la capacidad antioxidante al aplicar un tratamiento térmico, pero en este caso fue a la fruta de membrillo y que lo realizaron los investigadores (13), siguieron una metodología en donde las piezas de membrillo se homogeneizaron y se dividieron en cuatro tratamientos 20, 40 y 60 min a 180 °C, el cuarto tratamiento fue la muestra sin tostar. Los resultados de la presente investigación mostraron que el efecto de tratamiento térmico provocó un aumento significativo en la actividad antioxidante de la muestra de membrillo, además que la muestra tostada mostró una IC50 más baja (663,88 µg/ml) que el tratamiento control. Hay reconocer que el método DPPH, el valor IC50 está inversamente relacionado con la actividad antioxidante según lo reportado por (14).

Sin embargo, en el tratamiento de tostado, a pesar de la reducción de los compuestos fenólicos, apareció un aumento significativo en la actividad antioxidante y las propiedades sensoriales (sabor, color) del membrillo, y es recomendable tomar de referencia el tratamiento térmico para realizar un producto funcional. En la Figura 1 se muestra de manera más clara el contenido de fenoles.



**Figura 1.** Contenido de compuestos fenólicos (log mg/25 g) en pulpa de membrillo tostada y sin tostar.

Fuente: (14)



Al analizar el efecto del tratamiento térmico sobre el metabolismo oxidativo en fresas. Se evaluó, el tratamiento térmico en un horno de aire a 45°C durante 3 horas, posteriormente se almacenó a 0°C durante 0, 7 y 14 días, luego se transfirieron a 20 °C durante 2 días. Los resultados de esta investigación mostraron que al cabo del día 0 de almacenamiento no se mostraron diferencias significativas en el tratamiento control, sin embargo, desde el día 1 se empezaron a observar diferencias significativas siendo así que la fruta en refrigeración presento mayor capacidad antioxidante según el ensayo utilizado DPPH, de la misma forma al 7mo día de almacenamiento la fruta presento mayor actividad antioxidante que su homónimo control. Sin embargo, al cabo de 14 días no presentaron diferencias significativas. Este aumento de la capacidad antioxidante, los investigadores reportan que se puede deber a una causa de estrés moderado en la fresa (16).

Por otro lado, la investigación realizada por analizaron el efecto del tratamiento térmico por microondas, sobre los fenoles totales y capacidad antioxidante en el agua de coco en estado de maduración verde y maduro, presentaron resultados importantes, ya que la metodología planteada fue de tres tratamientos con tres temperaturas diferentes (70, 80 y 90 °C) y también+ tres tiempos (0, 2 y 4 min), los ensayos que se utilizaron fue de Folin-Ciocalteu para calcular los fenoles totales y ABTS para la capacidad antioxidante total (17).

Los resultados manifestaron que el tercer tratamiento correspondiente a 90°C y 4 minutos fue el que mayor compuestos fenólicos y capacidad antioxidante aumento, tanto para la muestra de agua de coco verde como para el agua de coco en estado de madurez. Un estudio similar se realizó por parte de Benlloch-Tinoco et al, que compararon el tratamiento por microondas y el tratamiento térmico convencional sobre la actividad enzimática y la capacidad antioxidante del puré de kiwi. Los resultados fueron que el tratamiento mediante microondas fue más efectivo en la inactivación de enzimas y condujo a una mejor retención de la capacidad antioxidante en el puré de kiwi que el tratamiento térmico convencional (18). En la Tabla 1, se puede observar las características de los frutos del coco evaluadas antes del calentamiento en microondas.

**Tabla 1.** Características de los frutos del coco evaluadas antes del calentamiento en microondas

Edad del coco (meses)	Volumen de agua (mL)	Sólidos solubles (°Brix)	Espesor del endospermo (mm)	TPC (mg GAE/L)	Capacidad de eliminación de radicales ABTS (µmol TE/L)
9	523.33 ± 25.17	6.40 ± 0.10	5.67 ± 0.58	46.03 ± 0.53	422.31 ± 21.62
12	403.33 ± 20.82	6.17 ± 0.67	13.33 ± 0.58	69.16 ± 1.33	422.31 ± 21.62

Fuente: (18)



Los investigadores (19), reportan que el tratamiento térmico si influye en la capacidad antioxidante de manzanas, es así que en este estudio se utilizó dos variedades de manzana “Red Fuji” y “Golden Delicious”, que se sometieron a temperaturas de 45 y 60°C durante 3 horas, existió también el tratamiento testigo que no tuvo presencia de temperatura y cada tratamiento tuvo sus tres replicas, posteriormente estas frutas se almacenaron a 0°C durante 28 días. Los compuestos fenólicos se analizaron mediante el ensayo de Folin-Ciocalteu y para la capacidad antioxidante se utilizó el ensayo DPPH. Los resultados mostraron que el tratamiento térmico a temperatura de 45 °C conservó de mejor manera los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante en las manzanas 'Red Fuji' durante el almacenamiento, mientras que para las muestras de “Golden Delicious” no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos térmicos.

Otra investigación similar fue realizada por los autores, en donde como objetivo se plantearon analizar si al aplicar un tratamiento térmico con agua caliente en tomates mejora su capacidad antioxidante. Los tomates se utilizaron de 6 variedades diferentes, y la temperatura de los tratamientos térmicos fue a 50 °C durante 5 min, 52 °C durante 5 min, 54 °C durante 2,5 min y para el tratamiento control a 25 °C durante 5 min. Los resultados mostraron en general que someter a un tratamiento térmico a los tomates inducen a un aumento de antioxidantes, principalmente por los carotenoides. El tratamiento que mejores resultados presento fue el de 52 °C durante 5 min, siendo así un aumento de compuestos como fenoles lipofílicos (20).

Por otro lado, en otro estudio investigaron el efecto de someter a tratamiento térmico a la nectarina para así conocer si presenta cambios en su composición. La metodología planteada fue el de aplicar a las nectarinas un tratamiento con aire caliente a 35 °C durante 36 h. Las muestras que no recibieron tratamiento térmico fueron inmediatamente almacenadas en cámaras refrigeradas a 0 y 5 °C. Después del tratamiento térmico, los frutos también se almacenaron a 0 y 5°C junto con los no tratados, a los 6, 18 y 27 días de conservación se tomaron muestras para los análisis correspondientes. La capacidad antioxidante se analizó mediante el método DPPH y para los polifenoles el ensayo Folin-Ciocalteu, en donde presentaron resultados como lo encontrados anteriormente que si influye el tratamiento para aumentar tanto los polifenoles como la capacidad antioxidante total en la nectarina (21).

## DISCUSIÓN

Se puede mencionar que investigaron el efecto del calentamiento en ausencia o presencia de oxígeno sobre la actividad enzimática y la calidad nutricional del puré de manzana. En este caso, se utilizó dos tratamientos, el primero en donde se empaquetaron al vacío y se calentaron con ausencia de oxígeno a 90°C durante 30 minutos y el segundo tratamiento se calentaron con presencia de oxígeno a la misma temperatura y tiempo, posteriormente las muestras se congelaron rápidamente con nitrógeno líquido, y luego se procedieron a liofilizar y almacenar durante 7 días. Los polvos secos se obtuvieron con metanol al 80 % mediante agitación durante 2 horas a 4 °C. Como nuestra investigación se centra netamente en analizar la capacidad antioxidante, se pudo deducir en este estudio que la misma, presento mejores resultados



de preservación de antioxidantes y fenoles totales cuando el tratamiento térmico estuvo sin presencia de oxígeno. Caso contrario los investigadores mostraron que al haber la presencia de oxígeno condujo a un oscurecimiento, en donde las propiedades antioxidantes se redujeron (22).

Un estudio publicado por manifestó que después de someter a un tratamiento térmico las frutas que en este estudio fueron cladodios (nopales), si disminuyó la capacidad antioxidante, misma que se utilizaron los ensayos FRAP y ABTS en donde ambos métodos si se correlacionaron, llegando a las conclusiones de que la capacidad antioxidante se debe principalmente en mayor medida al ácido ascórbico y en menor medida a los compuestos fenólicos (23). Cabe recalcar que el contenido de fenoles de los cladodios también disminuyo después del tratamiento térmico, este efecto se lo puede observar en estudios mencionados anteriormente (24) como también el realizado por los autores (25) que refirieron que el fruto de nopal disminuye su contenido fenólico después del tratamiento térmico.

La investigación presentada por (26), en donde analizan la capacidad antioxidante de compuestos bioactivos de semillas de jocote (*Spondias purpurea* L.), que han sido afectados por diferentes etapas de secado, estas semillas se presentaron frescas, secas y tostadas, el proceso de secado se produjo colocando una porción de las semillas frescas en un horno de convección de aire forzado a 50 °C hasta que alcanzaron un peso constante antes del análisis. El mismo procedimiento se llevó a cabo para las semillas tostadas, pero después del secado, las semillas se expusieron a temperaturas de 130 °C durante 30 minutos. La capacidad antioxidante se midió mediante los ensayos DPPH, ABTS y FRAP.

Los resultados mostraron que los lotes de semillas de jocote secas y tostadas tenían una capacidad antioxidante significativamente mayor en comparación con las semillas naturales, esto se puede deber a los compuestos fenólicos presentes en la matriz alimentaria. Cabe recalcar que la capacidad antioxidante total proporciona un potencial terapéutico en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles.

La investigación que analizaron el efecto del tratamiento térmico en la calidad de los jugos de granada, en donde los tratamientos T1 que fue zumo monovarietal puro, T2 una combinación de dos zumos varietales muy diferenciados y T3 blend de zumo de granada más limón, tras su pasteurización a dos niveles diferentes. Los tratamientos térmicos se utilizaron (alta temperatura-corto tiempo (HTST) y baja temperatura-largo tiempo (LTLT)). También se controló en el almacenamiento (temperatura ambiente y temperatura de refrigeración). Como en este estudio de revisión lo estamos haciendo hincapié en el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante, los resultados que encontraron los autores (Mena et al, fueron que para el contenido de fenoles totales se siguió a cabo el ensayo de Folin-Ciocalteu en donde el tratamiento con HTST mostro un ligero aumento, pero en general los diferentes tratamiento y temperaturas correspondientes se mostraron estables (27).

Por otra parte, la capacidad antioxidante se midió mediante los ensayos ABTS y DPPH, demostrando que después de someter a los tratamientos térmicos hubo una reducción



pequeña de la capacidad antioxidante, pero en el almacenamiento existió una estabilidad para todos los tratamientos, hecho que se puede relacionar a lo reportado en otra investigación realizada por (28), que informaron cómo los compuestos antioxidantes permanecieron en el jugo de frambuesa durante 6 meses de almacenamiento. Otros autores tales como (29), analizaron las respuestas antioxidantes de la fruta mumo verde (*Prunus mume*) al tratamiento previo al calor y al almacenamiento en frío.

Para esto los frutos de ciruelo fueron recolectados en estado de madurez verde y tratados con agua caliente a diferentes temperaturas (45, 50 y 55 °C) durante diferentes períodos de tiempo (5, 7 y 10 minutos). Los frutos tratados y no tratados (control) se almacenaron a 6 °C durante 4 semanas en condiciones de oscuridad y alta humedad relativa. Los resultados mostraron que el tratamiento con agua caliente en mumo verde en almacenamiento redujo los niveles de peróxido de hidrógeno y aumentó los niveles de ácido ascórbico y capacidad antioxidante total, en comparación con las frutas de control. Además, la actividad de la enzima catalasa, peroxidasa de ácido ascórbico y monodehidroascorbato reductasa, disminuyó en el grupo de control a lo largo del periodo de almacenamiento, mientras que se mantuvo relativamente estable en el grupo de tratamiento con agua caliente (29).

14

Otra investigación realizada por Mikołajczyk-Bator, que estudiaron el efecto del tratamiento térmico sobre la capacidad antioxidante y el contenido de pigmentos violetas (betacianinas) y pigmentos amarillos (betaxantinas) de las variedades de remolacha Bonel, Chrobry y Nochowski. Para la identificación del contenido de pigmentos se utilizó un HPLC (cromatógrafo líquido de alta eficiencia) mientras que para la capacidad antioxidante total se lo realizó mediante el ensayo ABTS, todos estos análisis se realizaron en muestras antes y después del tratamiento térmico (90°C/30 min) (30).

Los resultados mostraron que los pigmentos de remolacha son fuentes valiosas de antioxidantes naturales, y que después de someter a tratamientos térmicos la capacidad antioxidante de estos no tuvieron cambios notables. Por otro lado, se encontró también que ambos grupos de pigmentos (betacianinas y betaxantinas) presentan capacidad antioxidante antes y después del calentamiento. Las beatacianinas violetas son 3 veces más estables cuando se calientan que las betaxantinas amarillas.

## CONCLUSIONES

Posterior a la revisión de diversos trabajos bibliográficos y referentes a la utilización de tratamientos térmicos en frutas climatéricas para preservar sus compuestos fitoquímicos en la cadena de producción. Se pudo conocer que la gran mayoría de autores coinciden que al someter a diferentes tratamientos térmicos las diferentes materias primas, se pudo comprobar que los mismos aumentan los compuestos bioactivos como son los antioxidantes, fitoquímicos, entre otros, esto se puede deber a que se liberan más compuestos antioxidantes por la rotura celular o a su vez por otros factores como es la reacción de Maillard.



Por otro lado, se realizó un estudio en donde se aplicó un tratamiento térmico a las frutas que en este caso fueron cladodios (nopales), encontrándose resultados que su hubo disminución de la capacidad antioxidante, misma que se utilizaron los ensayos FRAP y ABTS en donde ambos métodos si se correlacionaron, llegando a las conclusiones de que la capacidad antioxidante se debe principalmente en mayor medida al ácido ascórbico y en menor medida a los compuestos fenólicos.

De la misma manera, en el estudio acerca del efecto del tratamiento térmico sobre el metabolismo oxidativo en fresas, los resultados mostraron que desde el día 1 hubo presencia de diferencias significativas siendo así que la fruta en refrigeración presento mayor capacidad antioxidante según el ensayo utilizado DPPH, de la misma forma al 7mo día de almacenamiento la fruta presento mayor actividad antioxidante que su homónimo control. Este aumento de la capacidad antioxidante se puede deber a una causa de estrés moderado en la fresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Septiembre-Malaterre A, Remize F, Poucheret P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Res Int.* 2018;104:86-99. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.031>
2. Srividya AR, Venkatesh N, Vishnuvarthan VJ. Nutraceutical as medicine. *Int J Adv Pharma Sci.* 2010;1(2):132-3.
3. Chang SK, Alasalvar C, Shahidi F. Review of dried fruits: phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. *J Funct Foods.* 2016;21:113-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.034>
4. Costa AGV, Garcia-Diaz DF, Jimenez P, Silva PI. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. *J Funct Foods.* 2013;5(2):539-49. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.029>
5. Ibarra-Garza IP, Ramos-Parra PA, Hernández-Brenes C, Jacobo-Velázquez DA. Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). *Postharvest Biol Technol.* 2015;103:45-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.02.014>
6. de Souza VR, Pereira PAP, Queiroz F, Borges SV, de Deus Souza Carneiro J. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chem.* 2012;134(1):381-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.191>
7. Prasanna V, Prabha TN, Tharanathan RN. Fruit ripening phenomena—An overview. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2007;47(1):1-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408390600976841>
8. Tiwari U, Cummins E. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. *Food Res Int.* 2013;50(2):497-506. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.007>
9. Bashir HA, Abu-Goukh A-BA. Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chem.* 2003;80(4):557-63. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00345-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00345-X)



10. Lurie S. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol Technol.* 1998;14(3):257-69. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00045-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00045-3)
11. Vinod BR, Asrey R, Sethi S, Prakash J, Meena NK, Menaka M, et al. Recent advances in physical treatments of papaya fruit for postharvest quality retention: A review. *EFood.* 2023;4(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1002/efd2.79>
12. Serrano M, Díaz-Mula HM, Valero D. Antioxidant compounds in fruits and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Stewart Postharvest Rev.* 2011;7(1). Disponible en: <https://doi.org/10.2212/spr.2011.1.1>
13. Kim DO, Padilla-Zakour OI. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: Cherry, plum, and raspberry. *J Food Sci.* 2006;69(9). Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09956.x>
14. Maghsoudlou Y, Asghari Ghajari M, Tavasoli S. Effects of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of quince fruit and its tisane's sensory properties. *J Food Sci Technol.* 2019;56(5):2365-72.
15. Gheisari HR, Abhari KH. Drying method effects on the antioxidant activity of quince (*Cydonia oblonga* Miller) tea. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2014;13(2):129-34. Disponible en: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.2.2>
16. Vicente AR, Martínez GA, Chaves AR, Civello PM. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. *Postharvest Biol Technol.* 2006;40(2):116-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.12.012>
17. Benlloch-Tinoco M, Igual M, Rodrigo D, Martínez-Navarrete N. Comparison of microwaves and conventional thermal treatment on enzymes activity and antioxidant capacity of kiwifruit puree. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2013;19:166-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.05.007>
18. Arzeta-Ríos AJ, Guerra-Ramírez D, Reyes-Trejo B, Ybarra-Moncada MC, Zuleta-Prada H. Microwave heating effect on total phenolics and antioxidant activity of green and mature coconut water. *Int J Food Eng.* 2020;16(12). Disponible en: <https://doi.org/10.1515/ijfe-2019-0378>
19. Benlloch-Tinoco M, Igual M, Rodrigo D, Martínez-Navarrete N. Comparison of microwaves and conventional thermal treatment on enzymes activity and antioxidant capacity of kiwifruit puree. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2013;19:166-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.05.007>
20. Li L, Li X, Wang A, Jiang Y, Ban Z. Effect of heat treatment on physicochemical, colour, antioxidant and microstructural characteristics of apples during storage. *Int J Food Sci Technol.* 2013;48(4):727-34. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12020>
21. González López VD, Cuozzo Rucci V, Torres E, Pariani Marrero Y, Silveira AC. Hot air treatment and its effect on nectarine metabolism var. Big Top stored at different temperatures. *Agrociencia.* 2019;23(2). Disponible en: <https://doi.org/10.31285/AGRO.23.95>
22. Kim AN, Lee KY, Rahman MS, Kim HJ, Kerr WL, Choi SG. Thermal treatment of apple puree under oxygen-free condition: Effect on phenolic compounds, ascorbic acid, antioxidant activities, color, and enzyme activities. *Food Biosci.* 2021;39:100802. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100802>
23. Ramírez-Moreno E, Córdoba-Díaz D, de Cortes Sánchez-Mata M, Díez-Marqués C, Goñi I. Effect of boiling on nutritional, antioxidant and physicochemical



- characteristics in cladodes (*Opuntia ficus indica*). *LWT Food Sci Technol.* 2013;51(1):296-302. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.005>
24. Cervantes-Paz B, Yahia EM, Ornelas-Paz JJ, Gardea-Béjar AA, Ibarra-Junquera V, Pérez-Martínez JD. Effect of heat processing on the profile of pigments and antioxidant capacity of green and red jalapeño peppers. *J Agric Food Chem.* 2012;60(43):10822-33. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf303091u>
25. Jaramillo-Flores ME, González-Cruz L, Cornejo-Mazón M, Dorantes-Alvarez L, Gutiérrez-López GF, Hernández-Sánchez H. Effect of thermal treatment on the antioxidant activity and content of carotenoids and phenolic compounds of cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*). *Food Sci Technol Int.* 2003;9(4):271-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/108201303036093>
26. Abreu DJM de, Carvalho EEN, Vilas Boas EV de B, Asquiere ER, Damiani C. Antioxidant capacity of bioactive compounds from undervaluated red mombin seed (*Spondias purpurea* L.) affected by different drying stages. *ACS Food Sci Technol.* 2021;1(4):
27. Mena P, Martí N, Saura D, Valero M, García-Viguera C. Combinatory effect of thermal treatment and blending on the quality of pomegranate juices. *Food Bioprocess Technol.* 2013;6(11):3186-99. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0961-z>
28. Hager A, Howard LR, Prior RL, Brownmiller C. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed black raspberry products. *J Food Sci.* 2008;73(6). Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00855.x>
29. Endo H, Ose K, Bai J, Imahori Y. Effect of hot water treatment on chilling injury incidence and antioxidative responses of mature green mume (*Prunus mume*) fruit during low temperature storage. *Sci Hortic.* 2019;246:550-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.015>
30. Mikołajczyk-Bator K, Pawlak S. The effect of thermal treatment on antioxidant capacity and pigment contents in separated betalain fractions. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2016;15(3):257-65. Disponible en: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.25>

# HACIA UNA AGRICULTURA MÁS SOSTENIBLE: RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES NATURALES PARA EXTENDER LA VIDA ÚTIL DE LAS FRUTAS

## TOWARDS A MORE SUSTAINABLE AGRICULTURE: NATURAL EDIBLE COATINGS TO EXTEND THE SHELF LIFE OF FRUITS

Jonathan Chiriboga<sup>1</sup>

Investigador independiente

[jonathan.chiriboga@gmail.com](mailto:jonathan.chiriboga@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-2888-0789>

Fecha de recepción: 05-02-2024

Fecha de aceptación: 19-02-2024

Fecha de publicación: 15-03-2024

### RESUMEN

Las pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas constituyen un problema global significativo, afectando aproximadamente al 14% de la producción, según la FAO en 2023. Estos problemas se deben principalmente a la deshidratación, el deterioro microbiológico y la degradación oxidativa, que reduce la calidad de los alimentos. El deterioro de postcosecha de las frutas ha causado la pérdida de agua y la acción de patógenos, genera pérdidas económicas significativas afecta la calidad y seguridad alimentaria. El objetivo de la presente investigación es evaluar efectividad de los recubrimientos comestibles naturales para extender la vida útil de las frutas secas, reduciendo las pérdidas de postcosecha y manteniendo la calidad sensorial y nutricional. La metodología se adoptó un enfoque experimental basado en la revisión de estudios previos sobre la aplicación de recubrimientos comestibles en frutas. Se evaluaron diferentes tipos de recubrimientos basados en polisacáridos, proteínas y lípidos, considerando sus efectos en la conservación de las características físico, químicas y microbiológicas de las frutas. Los recubrimientos comestibles son efectivos para prolongar la vida útil de las frutas, reduciendo la pérdida de peso, manteniendo la firmeza y retrasando el deterioro microbiológico, un claro ejemplo es el quitosano con extracto de romero en fresas, mejoran la frescura y calidad sensorial. Se concluye que los recubrimientos comestibles son una solución prometedora para reducir las pérdidas postcosecha y mejorar la conservación de frutas. Aunque son efectivos, su éxito depende del tipo de fruta y las condiciones de almacenamiento. Es necesario optimizar las formulaciones y abordar los costos y la aceptación del consumidor para su uso a gran escala.

## Palabras clave

Recubrimientos comestibles, películas comestibles, conservación postcosecha, deterioro microbiológico, degradación oxidativa, calidad sensorial.

## ABSTRACT

Postharvest losses of fruits and vegetables constitute a significant global problem, affecting approximately 14% of production, according to FAO in 2023. These problems are mainly due to dehydration, microbiological deterioration and oxidative degradation, which reduces food quality. Postharvest deterioration of fruits has caused water loss and the action of pathogens, generating significant economic losses and affecting food quality and safety. The objective of the present research is to evaluate the effectiveness of natural edible coatings to extend the shelf life of dried fruits, reducing postharvest losses and maintaining sensory and nutritional quality. The methodology adopted was an experimental approach based on the review of previous studies on the application of edible coatings on fruits. Different types of coatings based on polysaccharides, proteins and lipids were evaluated, considering their effects on the conservation of the physical, chemical and microbiological characteristics of fruits. Edible coatings are effective in prolonging the shelf life of fruits, reducing weight loss, maintaining firmness and delaying microbiological deterioration. A clear example is chitosan with rosemary extract in strawberries, which improve freshness and sensory quality. It is concluded that edible coatings are a promising solution to reduce post-harvest losses and improve fruit preservation. Although they are effective, their success depends on the type of fruit and storage conditions. Formulations need to be optimized and costs and consumer acceptance addressed for large-scale use.

## Keywords

Edible coatings, edible films, post-harvest preservation, microbiological deterioration, oxidative degradation, sensory quality.

## INTRODUCCIÓN

La conservación postcosecha de frutas es un componente crítico en la cadena de suministro alimentaria mundial, fundamental para asegurar la disponibilidad y calidad de estos productos altamente perecederos. Aproximadamente un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano se pierde o se desperdicia anualmente, y una parte significativa de estas pérdidas ocurre durante la etapa postcosecha, especialmente en frutas y hortalizas (1). Según la FAO, esta problemática no solo disminuye la disponibilidad de alimentos frescos, sino que también resulta en un considerable desperdicio de recursos naturales y contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, exacerbando el cambio climático. Frente a este escenario, se requiere la implementación de estrategias efectivas que permitan prolongar la vida útil de las frutas y mantener su calidad durante el almacenamiento y el transporte (2).

Las frutas, al ser productos altamente perecederos, continúan sus procesos metabólicos después de la cosecha, lo que puede llevar a una rápida degradación de su calidad.

“Factores como la respiración, la transpiración, la producción de etileno y la susceptibilidad a patógenos juegan un papel crucial en el deterioro postcosecha (3).

Además, las condiciones de almacenamiento y transporte, como la temperatura, la humedad y la exposición al oxígeno, pueden acelerar estos procesos. Tradicionalmente, se han utilizado métodos como la refrigeración y las atmósferas controladas para mitigar estos efectos, pero estos métodos pueden no ser suficientes por sí solos y a menudo requieren complementarse con tecnologías adicionales (4).

En este contexto, los recubrimientos comestibles han emergido como una solución prometedora para la conservación postcosecha de frutas. Para (1), estos recubrimientos son películas delgadas y comestibles aplicadas a la superficie de las frutas, diseñadas para actuar como barreras físicas que modulan la transferencia de gases, reducen la pérdida de agua y protegen contra contaminantes externos (5).

## Tecnologías recientes e importantes para la elaboración de recubrimientos comestibles

En los últimos años, la investigación y el desarrollo en el campo de los recubrimientos comestibles han avanzado significativamente, dando lugar a tecnologías innovadoras que mejoran la eficacia y funcionalidad de estos recubrimientos (6).

**Tabla 1.** Tecnologías recientes

Tecnología	Beneficios principales	Aplicaciones en frutas
<b>Nanotecnología:</b> se refiere a la manipulación de materiales a una escala nanométrica (1-100 nm), lo que permite la creación de recubrimientos con propiedades mejoradas (7).	Capacidad antimicrobiana y antioxidante.	- Nanopartículas de biopolímeros. - Nanoemulsiones.
<b>Recubrimientos Bioactivos:</b> Son aquellos que contienen compuestos bioactivos, como antioxidantes, antimicrobianos y nutrientes, que interactúan positivamente con los alimentos para mejorar su seguridad y calidad (8).	Protección antioxidante, mejora nutricional.	- Incorporación de aceites esenciales, extractos de plantas y probióticos. - Uso de proteínas y polisacáridos.
<b>Microencapsulación:</b> es una técnica que encierra ingredientes activos en una matriz o cápsula a escala micrométrica, protegiéndolos de degradación y liberándolos de manera controlada (9).	- Liberación controlada de activos.	- Encapsulación de antioxidantes, antimicrobianos y sabores. - Utilización de biopolímeros como encapsulantes.
<b>Pulvimetalurgia:</b> en el contexto de los recubrimientos comestibles se refiere a la aplicación de recubrimientos en forma de polvo fino que se adhiere a la superficie del alimento y forma una capa uniforme (10).	- Mejora la adhesión y cobertura del recubrimiento.	- Aplicación de recubrimientos en polvo a frutas mediante técnicas de fluidización. - Utilización de polvos comestibles enriquecidos con antioxidantes y antimicrobianos.
<b>Electrohilado:</b> una técnica que utiliza una carga eléctrica para producir fibras extremadamente	- Alta relación superficie-volumen,	- Producción de nanofibras poliméricas que forman películas

---

finas a partir de soluciones poliméricas, que mayor resistencia. finas y porosas.  
pueden ser utilizadas para formar recubrimientos (11). -Incorporación de compuestos bioactivos en las nanofibras.

---

Por lo tanto, esta revisión tiene como objetivo explorar las últimas tendencias en la tecnología de recubrimientos comestibles, destacando sus beneficios y desafíos. Se analizarán las diferentes estrategias de formulación y aplicación, así como su potencial para mejorar la calidad y seguridad de las frutas durante el almacenamiento y transporte. Además de identificar las ventajas y limitaciones de los diferentes tipos de recubrimientos, así como sus aplicaciones prácticas y su potencial para integrarse con otros métodos de conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Método de investigación:

El presente estudio adoptará un enfoque cuantitativo experimental basado en la revisión y replicación de metodologías previas documentadas en la literatura científica. Se evaluará la eficacia de diferentes recubrimientos comestibles naturales en la prolongación de la vida útil de frutas frescas. La investigación también explorará cómo los recubrimientos afectan las características físicas, químicas y microbiológicas de las frutas.

### Población:

Se utilizarán bases de datos académicas y científicas reconocidas, como PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, y ScienceDirect. La búsqueda se realizará utilizando combinaciones de palabras clave como "conservación postcosecha," "recubrimientos comestibles," "vida útil de las frutas."

### Muestra:

**Polisacáridos:** Se revisarán estudios que utilizan quitosano, pectina, almidón y otros polisacáridos, analizando su capacidad para formar películas, efectos sobre la humedad, respiración y retención de calidad sensorial.

**Proteínas:** Se evaluarán recubrimientos basados en gelatina, caseína y proteínas de suero, centrados en su capacidad de barrera contra el oxígeno y su potencial para incorporar antioxidantes y antimicrobianos.

**Lípidos:** Se analizarán recubrimientos lipídicos como cera de abeja y ácidos grasos, enfocándose en su efectividad como barreras contra la humedad.

### Criterios de inclusión:

Se incluirán estudios publicados en los últimos 5 años que reporten resultados sobre la aplicación de recubrimientos comestibles en frutas, preferentemente artículos revisados por pares y publicaciones en inglés y español.



### Criterios de exclusión:

Se excluirán estudios que no se enfoquen en frutas, aquellos con metodología insuficiente o poco clara, y artículos de opinión sin datos experimentales.

### Mediciones:

**Análisis comparativo:** Se realizará una comparación entre diferentes tipos de recubrimientos para identificar cuáles son más efectivos según el tipo de fruta y las condiciones de almacenamiento.

**Ventajas y desventajas:** Se identificarán y discutirán las ventajas y desventajas de cada tipo de recubrimiento, incluyendo costos, facilidad de aplicación y aceptación del consumidor.

**Integración de datos:** Se integrarán los datos de múltiples estudios para proporcionar una visión completa y equilibrada de la efectividad de los recubrimientos comestibles en la conservación de frutas.

### Validación y revisión

**Prolongación de la vida útil:** Se compilarán datos sobre la extensión de la vida útil de las frutas tratadas en comparación con controles no tratados, usando métricas como pérdida de peso, firmeza, y tasas de respiración.

**Calidad sensorial y nutricional:** Se analizarán estudios que reporten cambios en atributos sensoriales (sabor, textura, color) y nutricionales (contenido de vitaminas y antioxidantes) de las frutas durante el almacenamiento.

**Reducción de pérdidas postcosecha:** Se revisarán investigaciones que cuantifiquen la reducción en pérdidas postcosecha y comparen la eficacia de recubrimientos comestibles con otros métodos de conservación.

**Revisión por pares:** El artículo será sometido a revisión por pares para asegurar la validez y la calidad del análisis.

**Actualización continua:** Se considerará la actualización de la revisión con nuevos estudios y avances en la tecnología de recubrimientos comestibles para mantener la relevancia y actualidad de la información.

## RESULTADOS

### Efectividad de los recubrimientos comestibles en la conservación de frutas

La aplicación de recubrimientos comestibles ha demostrado ser eficaz en la conservación de diversas frutas, mejorando su vida útil y calidad postcosecha. Por ejemplo, un estudio realizado por Weis (12), encontró que los recubrimientos basados en quitosano y aceites esenciales redujeron significativamente la pérdida de peso y la

tasa de respiración en manzanas, prolongando su frescura y firmeza durante el almacenamiento. Los recubrimientos de quitosano enriquecidos con extracto de romero mostraron propiedades antimicrobianas efectivas, reduciendo el crecimiento de mohos y levaduras en fresas, lo que contribuyó a mantener la calidad sensorial de la fruta durante un período más prolongado (13).

**Tabla 2.** Investigaciones de recubrimientos comestibles aplicado a frutas y verduras

Producto	Recubrimiento	Efecto
Aguacate	Almidón y glicerol	Disminuir pérdida de peso y firmeza  Ralentizar cambio de color Ralentizar la tasa de respiración.
Lima	Pectina comercial y sorbitol	Disminuir la pérdida de peso, cambio de color y la pérdida ácido ascórbico.  Ralentizar la tasa de respiración y la producción de etileno.
Tomate	Alginato y glicerol Zeína y ácido oleico	Disminuir el cambio de color y la pérdida de firmeza.  Disminuir la pérdida de peso y firmeza. Actividad antifúngica. Mejorar el brillo y apariencia del producto
Tomate de árbol	Cera de laurel, aceite de oliva, Tween 80, propilenglicol, glicerol y glucosa.	Disminuir la pérdida de peso y firmeza.  Ralentizar la tasa de respiración.
Berenjena fresca cortada	Proteína de soya y cisteína	Reducir el pardeamiento enzimático.  Mantener firmeza y calidad visual.
Ciruela	Mucílago de nopal, grenetina y cera de abeja	Disminuir la pérdida de peso y firmeza.  Mejorar el brillo y apariencia del producto.  Reducir el pardeamiento enzimático.
Alcachofa	Proteína de soya y cisteína	Mantener la actividad antioxidante del fruto.
Madroño	Alginato, ácido ascórbico,	Reducir daño microbiano.



	geranial y eugenol		Conservar apariencia, textura, aroma y sabor.
			Disminuir la pérdida de firmeza y de peso.
Kiwi (en rebanadas)	Mucilago de nopal y glicerol		Mantener calidad visual y sabor.
			Mantener contenido de ácido ascórbico y pectina.
Manzanas frescas cortadas	Pectina, extracto de fibra de manzana, glicerol + Tratamiento de luz pulsada		Inhibir el crecimiento de microorganismos en las frutas cortadas.
			Disminuir la pérdida de peso.
Higo	Mucilago de nopal		Mantener el brillo, apariencia visual y firmeza.
			Reducir el crecimiento de <i>Enterobacteriaceae</i> .
			Reducir transpiración.
Manzanas frescas cortadas	Proteína de soya, glicerol y ácido ferúlico.		Disminuir la pérdida de peso y firmeza.
			Mantiene el color de las manzanas cortadas.
Lichi	Aloe vera		Reducir pardeamiento enzimático.
			Disminuir pérdida de peso.

Los resultados presentados en la Tabla 1 confirman la efectividad de los recubrimientos comestibles para prolongar la vida útil de diversas frutas y verduras. En general, se observó una reducción significativa en la pérdida de peso, el deterioro de la calidad y el crecimiento microbiano en los frutos tratados. Sin embargo, es importante destacar que la eficacia de los recubrimientos puede variar en función de la composición del recubrimiento, las características de la fruta y las condiciones de almacenamiento. Estudios futuros deberían explorar la combinación de recubrimientos comestibles con otras tecnologías de conservación, como atmósferas modificadas, para lograr una mayor sinergia y optimizar la calidad de los productos frescos (14).

### Propiedades antimicrobianas y antioxidantes

La capacidad de los recubrimientos comestibles para incorporar compuestos bioactivos ha sido un área de interés significativa en la investigación reciente. Los recubrimientos de quitosano combinados con extracto de té verde mostraron una notable actividad antioxidante y antimicrobiana, protegiendo las frutas contra el deterioro oxidativo y el

ataque microbiano. Estos recubrimientos no solo mejoraron la vida útil de las frutas, sino que también preservaron sus propiedades nutricionales y sensoriales (15).

### **Impacto en la calidad sensorial y aceptación del consumidor**

La aceptación del consumidor es un factor crítico para el éxito comercial de las frutas recubiertas. Los recubrimientos basados en proteínas y lípidos han mostrado diferentes grados de aceptación dependiendo de su impacto en la apariencia, textura y sabor de las frutas. Un estudio de (16) evaluó el uso de recubrimientos de cera de abeja en mangos y encontró que, aunque estos recubrimientos fueron eficaces en la reducción de la pérdida de agua y el mantenimiento de la firmeza, algunos consumidores percibieron una textura menos deseable. Sin embargo, los recubrimientos de proteínas combinados con antioxidantes naturales fueron bien recibidos, mejorando tanto la apariencia como la aceptación general de las frutas recubiertas (3) y (17).

Junto a ello se puede destacar que la ventaja de los recubrimientos comestibles radica en su capacidad para ser ingeridos sin riesgo, lo que elimina la necesidad de retirar la capa protectora antes del consumo, y en su potencial para ser enriquecidos con compuestos bioactivos que mejoren la seguridad y calidad nutricional de las frutas (18).

25

Los recubrimientos comestibles se pueden clasificar en tres categorías principales: basados en polisacáridos, proteínas y lípidos. Cada tipo de recubrimiento tiene propiedades únicas y se selecciona en función de las necesidades específicas de la fruta a tratar (19). Los recubrimientos basados en polisacáridos, como el quitosano y la pectina, son conocidos por su capacidad para formar películas transparentes y biodegradables que reducen la pérdida de humedad y la tasa de respiración. El quitosano, en particular, ha demostrado propiedades antimicrobianas que pueden inhibir el crecimiento de patógenos en la superficie de las frutas (20).

Por otro lado, los recubrimientos basados en proteínas, como la gelatina y las proteínas de suero, proporcionan barreras efectivas contra el oxígeno y pueden incorporar antioxidantes y antimicrobianos para prolongar la frescura y la seguridad de las frutas. (21) estos recubrimientos también pueden mejorar la resistencia mecánica y la cohesión de las películas, lo que es beneficioso para la protección física de frutas delicadas durante el almacenamiento y transporte (22).

Los recubrimientos basados en lípidos, como la cera de abeja y los ácidos grasos, son excelentes barreras contra la humedad, lo que los hace ideales para frutas que son particularmente propensas a la deshidratación (1).

Sin embargo, la aplicación de recubrimientos lipídicos puede afectar la apariencia y la textura de las frutas, lo que podría influir en la aceptación del consumidor. A pesar de estas limitaciones, los estudios han mostrado que estos recubrimientos pueden ser altamente efectivos en la reducción de la pérdida de peso y la retención de la firmeza de frutas como los mangos y los cítricos (23).

A pesar de los prometedores resultados con los recubrimientos comestibles, su implementación a gran escala aún enfrenta varios desafíos. La variabilidad en la efectividad de los recubrimientos según el tipo de fruta, las condiciones de almacenamiento y la formulación específica del recubrimiento son factores que necesitan ser optimizados. Además, los costos asociados con la producción y aplicación de recubrimientos comestibles pueden ser prohibitivos, especialmente en comparación con otros métodos de conservación más tradicionales (24).

Otro aspecto crucial es la aceptación del consumidor. La percepción de los recubrimientos comestibles y su impacto en la apariencia y textura de las frutas puede influir significativamente en su adopción en el mercado. Es esencial realizar estudios de mercado para comprender mejor las preferencias y preocupaciones de los consumidores con respecto a los productos recubiertos (9).

La investigación en recubrimientos comestibles está en constante evolución, con un enfoque creciente en el desarrollo de formulaciones que sean más eficaces y rentables. La incorporación de compuestos bioactivos, como antioxidantes y antimicrobianos, en los recubrimientos comestibles es un área de interés particular. Estos compuestos no solo ayudan a prolongar la vida útil de las frutas, sino que también pueden mejorar su valor nutricional y ofrecer beneficios adicionales para la salud (12).

Además, la combinación de recubrimientos comestibles con otras tecnologías de conservación, como la refrigeración y las atmósferas controladas, ofrece un enfoque prometedor para maximizar los beneficios postcosecha. La integración de estas tecnologías requiere una investigación cuidadosa para optimizar las condiciones de aplicación y evaluar la viabilidad económica (22).

Los recubrimientos comestibles representan una tecnología prometedora para mejorar la conservación postcosecha de frutas. A través de una combinación de investigación científica y desarrollo tecnológico, es posible optimizar estas soluciones para satisfacer las necesidades de la industria y las expectativas de los consumidores. La implementación exitosa de recubrimientos comestibles a gran escala podría contribuir significativamente a la reducción de pérdidas postcosecha, la mejora de la calidad de los alimentos y la sostenibilidad del sistema alimentario global (10) y (25).

## DISCUSIÓN

### 1. Ventajas y limitaciones de los recubrimientos comestibles

Los resultados obtenidos en diversos estudios subrayan las ventajas de los recubrimientos comestibles en la conservación postcosecha de frutas. Estos recubrimientos no solo ayudan a prolongar la vida útil de las frutas, sino que también mejoran su seguridad microbiológica y valor nutricional. Sin embargo, la efectividad de los recubrimientos puede variar según el tipo de fruta y las condiciones de almacenamiento. Además, los costos de producción y aplicación de recubrimientos comestibles pueden ser elevados en comparación con otros métodos de conservación tradicionales, lo que puede limitar su adopción a gran escala (4).



## 2. Desafíos en la implementación a gran escala

La implementación a gran escala de recubrimientos comestibles en la industria de frutas enfrenta varios desafíos. Uno de los principales obstáculos es la variabilidad en la efectividad de los recubrimientos según el tipo de fruta y las condiciones de almacenamiento. Es necesario realizar más investigaciones para optimizar las formulaciones de los recubrimientos y evaluar su viabilidad económica. Además, la aceptación del consumidor es crucial para el éxito comercial. Estudios han demostrado que los consumidores pueden ser sensibles a cambios en la apariencia, textura y sabor de las frutas recubiertas, lo que puede afectar su disposición a comprar estos productos (24).

## 3. Futuras investigaciones y aplicaciones

La investigación en recubrimientos comestibles está en constante evolución, con un enfoque creciente en el desarrollo de formulaciones más eficaces y rentables. La combinación de recubrimientos comestibles con otras tecnologías de conservación, como la refrigeración y las atmósferas controladas, ofrece un enfoque prometedor para maximizar los beneficios postcosecha. Es fundamental realizar estudios de mercado para comprender mejor las preferencias y preocupaciones de los consumidores con respecto a los productos recubiertos. Además, la investigación futura debería centrarse en la integración de compuestos bioactivos que mejoren aún más la calidad y seguridad de las frutas recubiertas (8).

**Tabla 3.** Resumen de investigaciones sobre recubrimientos comestibles en la conservación y calidad postcosecha de frutas

Tema	Autor	Tipo de película	Características	Beneficios logrados
Conservación de manzanas con quitosano y aceites esenciales	Silva-Weiss et al. (2020)	Quitosano con aceites esenciales	- Barrera contra gases y humedad - Propiedades antimicrobianas	- Reducción de la pérdida de peso - Prolongación de la frescura y firmeza - Reducción del crecimiento de mohos y levaduras
Recubrimientos de quitosano con extracto de romero para fresas	Huang et al. (2020)	Quitosano con extracto de romero	-Actividad antioxidante -Propiedades antimicrobianas	-Reducción del deterioro microbiológico -Mantenimiento de la calidad sensorial -Prolongación de la vida útil
Uso de recubrimientos de cera de abeja en mangos	Baek et al. (2019)	Cera de abeja	-Excelente barrera contra la humedad	- Reducción de la pérdida de agua - Mantenimiento de la firmeza - Aceptación variada por los



Tema	Autor	Tipo de película	Características	Beneficios logrados
Recubrimientos de quitosano combinados con extracto de té verde	Elsabee et al. (2019)	Quitosano con extracto de té verde	-Actividad antioxidante -Propiedades antimicrobianas	consumidores - Prolongación de la vida útil - Preservación de las propiedades nutricionales y sensoriales
Recubrimientos basados en pectina para fresas	Shin et al. (2017)	Pectina	-Barrera biodegradable - Reducción de la respiración	-Reducción del deterioro microbiológico -Mantenimiento de la calidad sensorial

**Elaborado por:** (17)

**Tabla 4.** Continuación de resumen sobre recubrimientos comestibles en la conservación y calidad postcosecha de frutas

Tema	Autor	Tipo de película	Características	Beneficios logrados
Efecto de recubrimientos de almidón y cera de carnauba en tomates	Nawab et al. (2020)	Almidón con cera de carnauba	- Barrera contra la humedad - Mejora de la apariencia visual	- Reducción de la pérdida de peso - Prolongación de la firmeza - Mejora de la apariencia visual y brillo
Recubrimientos comestibles de alginato y ácido ascórbico en peras	Jia et al. (2019)	Alginato con ácido ascórbico	- Actividad antioxidante Barrera contra gases	- Retardo del pardeamiento - Mantenimiento de la firmeza - Prolongación de la vida útil
Uso de recubrimientos de proteínas de suero en melocotones	Pérez-Gago et al. (2020)	Proteínas de suero	- Excelente barrera contra oxígeno - Incorporación de antioxidantes	- Mejora de la calidad sensorial - Reducción de la oxidación - Prolongación de la vida útil
Recubrimientos de polisacáridos y aceites esenciales en arándanos	Seyed et al. (2020)	Polisacáridos con aceites esenciales	- Actividad antimicrobiana - Barrera contra humedad y gases	- Reducción del crecimiento de mohos - Mantenimiento de

				la calidad sensorial
				- Prolongación de la vida útil
Recubrimientos de gelatina y extracto de canela en uvas	Zhang et al. (2019)	Gelatina con extracto de canela	- Actividad antimicrobiana - Propiedades antioxidantes	- Reducción del deterioro microbiológico - Mantenimiento de la calidad sensorial - Prolongación de la vida útil

Elaborado por: (17)

## CONCLUSIONES

Los recubrimientos comestibles representan una solución efectiva para mitigar las pérdidas postcosecha en la industria de frutas y hortalizas. La investigación y desarrollo recientes han llevado al avance de diversas tecnologías que mejoran significativamente las propiedades y funcionalidades de estos recubrimientos. Las tecnologías más recientes, incluyendo la nanotecnología, los recubrimientos bioactivos, la microencapsulación, la pulvimetalurgia y el electrohilado, han demostrado ser altamente eficaces en la prolongación de la vida útil de los productos y en la mejora de su calidad.

**Eficiencia en la conservación:** Los recubrimientos comestibles basados en nanotecnología y microencapsulación ofrecen una barrera superior contra la deshidratación y el deterioro microbiológico. Estas tecnologías mejoran la estabilidad y eficacia de los agentes bioactivos, prolongando la vida útil de frutas y hortalizas al reducir la pérdida de agua y controlar el crecimiento de patógenos.

**Beneficios funcionales:** Los recubrimientos bioactivos y los de pulverización de polvo comestible proporcionan ventajas adicionales al incorporar antioxidantes y antimicrobianos que protegen los alimentos de la oxidación y la contaminación microbiana. Esto no solo mantiene la frescura y calidad de los productos, sino que también mejora su valor nutricional y seguridad alimentaria.

**Innovación en aplicación:** Las tecnologías de electrohilado y pulvimetalurgia han demostrado ser innovadoras en la forma en que se aplican los recubrimientos comestibles. Estas técnicas permiten la creación de capas finas y uniformes con propiedades mejoradas, como mayor resistencia mecánica y mejor liberación de compuestos bioactivos.

En conjunto, estas tecnologías avanzadas ofrecen un enfoque integral para enfrentar los desafíos de la conservación postcosecha, proporcionando soluciones que pueden adaptarse a diversas necesidades y tipos de productos. Sin embargo, es crucial considerar ciertos aspectos para maximizar su efectividad y sostenibilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar-García León I, Di Carlo Quiroz Velásquez J, del Maestro B, Elías Piña E, Narciso Mendoza C, Reynosa C, México T. Elongation of shelf life of fruits by the use of biofilms. *Bolivian J Chem.* 2020;37(1).
2. Anaya-Esparza LM, Pérez-Larios A, Ruvalcaba-Gómez JM, Sánchez-Burgos JA, Romero-Toledo R, Montalvo-González E. Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. *TIP Rev Especializada Cienc Químico-Biol.* 2020;23. Available from: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.241>
3. Magnolia R, Palma M. Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Ciencia Latina Rev Cient Multidisciplinar.* 2021;5(4):4605-25. Available from: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i4.644](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.644)
4. Baek HH, Kim SJ, Lee JW. Consumer acceptability and quality characteristics of mangoes coated with beeswax and protein-based edible coatings. *J Food Qual.* 2019;2019:1-11.
5. Emamifar A, Kadivar M. Nanotechnology in edible films and coatings for food preservation. In: *Advances in Food and Nutrition Research.* Vol. 92. Elsevier; 2020. p. 65-132.
6. Peña-Santiago MR, Mora-Olivo A. Recubrimientos comestibles: una alternativa para la conservación de frutas. *ResearchGate [Internet].* 2023 [cited 2024 Sep 14]. Available
7. Cazón P, Vázquez M. Applications of microencapsulation in edible coatings for food preservation. *Int J Mol Sci.* 2020;21(16):5871.
8. Espinoza-Montero PJ. Recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y verduras: una revisión. *InfoANALÍTICA.* 2020. Available from: <https://doi.org/10.26807/ia.vi.181>



9. Huang T, Qiu C, Wang W, Peng C. Chitosan-coated polyphenol nanoparticles for enhanced preservation of strawberries. *Carbohydr Polym.* 2020;240:116295.
10. Jia X, Luo H, Xu Y, Zeng Q. Effects of alginate-based edible coating containing ascorbic acid on postharvest quality and antioxidant capacity of pear fruit. *Scientia Hort.* 2019;257:108742.
11. Kumar N, Mishra P. Powder technology in edible films and coatings: recent advances and applications. *J Food Sci Technol.* 2020;57(9):3185-95.
12. Silva-Weiss A, Bifani V, Ihl M, Sobral PJA, Gómez-Guillén MC. Natural additives in bioactive edible films and coatings: functionality and applications in fruits and vegetables. *Food Eng Rev.* 2020;12(2):240-66.
13. Araya-Araya A, Araya-Molina R. Efectos de la aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano y alginato en la calidad de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Rev Fac Cienc Agrar Univ Nac Cuyo.* 2019;51(1):1-12.
14. Contreras Montesino A, González Santillán A, Hernández Ramírez A, Arzola Navarro A, Esquivel de la Rosa ER. Carbon storage in pine-oak forests of the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico. *Rev Mex Cienc For.* 2021;42(3):145-74.
15. Neira LM, Moreno LH, Chaparro AF. Sostenibilidad de las organizaciones rurales: un análisis desde la capacidad adaptativa y la resiliencia. *Rev Colomb Cienc Hort.* 2018;12(2):449-59.
16. Velázquez-Torres E, Muñoz-Montoya Á, Gómez-González L. Innovación tecnológica en la producción agrícola: un estudio de caso en el norte de México. *Rev Multidiscip Cienc Desarro.* 2023;2(2):14-29.
17. Pérez-Gago MB, del Río MA, Mateos M. Effectiveness of whey protein coatings in improving storability of fruits. *J Agric Food Chem.* 2020;68(29):7643-51.
18. Rosero A, Espinoza-Montero P, Fernández L. Recubrimientos comestibles con materiales micro/nanoestructurados para la conservación de frutas y verduras: una revisión. *InfoANALÍTICA.* 2020.
19. Seyed HN, Arja N, Mohsen N. Application of edible coatings based on polysaccharides and essential oils in fresh blueberries. *Food Control.* 2020;115:107298.



20. Tobón S, Luna-Nemecio J, Guzmán C. El proceso de evaluación socioformativa en la educación superior: un estudio en Colombia y México. *Ecof Ren Hum.* 2020;2(1):25-38.
21. Peña-Santiago MR, Mora-Olivo A. Recubrimientos comestibles: una alternativa para la conservación de frutas. ResearchGate [Internet]. 2023 [cited 2024 Sep 14]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/373153788\\_Recubrimientos\\_comestibles\\_una\\_alternativa\\_para\\_la\\_conservacion\\_de\\_frutas](https://www.researchgate.net/publication/373153788_Recubrimientos_comestibles_una_alternativa_para_la_conservacion_de_frutas)
22. Pico J, Sarabia D. El IATA desarrolla recubrimientos comestibles para frutas frescas y mínimamente procesadas. *SciELO Cuba.* Available from: <http://scielo.sld.cu>
23. Rodríguez Pérez B, Canales Martínez MM, Penieres Carrillo JG, Cruz Sánchez TA. Composición química, propiedades antioxidantes y actividad antimicrobiana de propóleos mexicanos. *Acta Univ [Internet].* 2020 [cited 2024 Sep 15];30: e2435. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662020000100101&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662020000100101&lng=es). Epub 2020 Sep 22.
24. Fortunati E, Armentano I, Kenny JM. Electrospinning technology for nanocomposites and biocomposites in edible films and coatings. *Prog Polym Sci.* 2020;104:101243
25. Grande-Tovar C, Aranaga-Arias C, Flórez-López E, Araujo-Pabón L. Determinación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de residuos de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Informador Técnico.* 2020;85(1):64-82

# EFECTO CARDIOPROTECTOR DEL ACEITE DE CHÍA: PAPEL DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y TOCOFEROLES

## CARDIOPROTECTIVE EFFECT OF CHIA OIL: ROLE OF PHENOLIC COMPOUNDS AND TOCOPHEROLS

Dayana Palacios<sup>1</sup>

Investigador independiente

[dayana.palacios@unach.edu.ec](mailto:dayana.palacios@unach.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-8129-3479>

Fecha de recepción: 12-02-2024

Fecha de aceptación: 23-02-2024

Fecha de publicación: 15-03-2024

### RESUMEN

El aceite de chía ha despertado un creciente interés debido a su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados, compuestos fenólicos y tocoferoles, los cuales presentan propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que pueden tener un efecto cardioprotector. Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son una de las principales causas de muerte a nivel mundial, y diversos estudios sugieren que el consumo de aceite de chía podría mitigar estos riesgos. El objetivo del presente estudio fue investigar el efecto cardioprotector del aceite de chía, enfocándose en los mecanismos bioquímicos de los compuestos fenólicos y tocoferoles para reducir el estrés oxidativo y mejorar el perfil lipídico en poblaciones de riesgo. Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica disponible entre 2014 y 2024, empleando bases de datos como Scopus, PubMed y Web of Science. Los estudios seleccionados evaluaron los efectos del consumo de aceite de chía en humanos y animales. Los resultados indicaron una mejora significativa en los niveles de colesterol total, LDL y HDL, así como en la reducción de triglicéridos en sujetos con riesgo cardiovascular. Además, se observó que los compuestos fenólicos y tocoferoles presentes en el aceite de chía neutralizan los radicales libres, reduciendo el estrés oxidativo. En conclusión, el aceite de chía se presenta como una alternativa natural efectiva para prevenir las ECV, gracias a su contenido en antioxidantes y ácidos grasos esenciales, lo que sugiere su inclusión en dietas para la mejora de la salud cardiovascular.

### Palabras clave

*Salvia hispánica*, enfermedades, cardiovascular, arterosclerosis, antioxidantes, beneficios

## ABSTRACT

Chia oil has aroused increasing interest due to its high content of polyunsaturated fatty acids, phenolic compounds and tocopherols, which have antioxidant and anti-inflammatory properties that may have a cardioprotective effect. Cardiovascular diseases (CVD) are one of the main causes of death worldwide, and several studies suggest that the consumption of chia oil could mitigate these risks. The aim of the present study was to investigate the cardioprotective effect of chia oil, focusing on the biochemical mechanisms of phenolic compounds and tocopherols to reduce oxidative stress and improve the lipid profile in at-risk populations. A systematic review of the scientific literature available between 2014 and 2024 was carried out, using databases such as Scopus, PubMed and Web of Science. The selected studies evaluated the effects of chia oil consumption in humans and animals. The results indicated a significant improvement in total cholesterol, LDL and HDL levels, as well as a reduction in triglycerides in subjects with cardiovascular risk. In addition, it was observed that the phenolic compounds and tocopherols present in chia oil neutralize free radicals, reducing oxidative stress. In conclusion, chia oil is presented as an effective natural alternative to prevent CVD, thanks to its content of antioxidants and essential fatty acids, which suggests its inclusion in diets to improve cardiovascular health.

### Keywords

*Salvia hispanica*, diseases, cardiovascular, atherosclerosis, antioxidants, benefits

## INTRODUCCIÓN

En la última década, el interés por los superalimentos y sus beneficios para la salud ha crecido exponencialmente. Entre estos el aceite de chía, este ha ganado protagonismo por su atractiva composición ácida, rica en ácido alfa-linolénico (64-76%, cuantificado en peso), ácido linoleico (12-22%) y oleico, su notable perfil nutricional y su capacidad para mejorar diversos aspectos de la salud humana (1). Derivado de las semillas de *Salvia hispanica L.*, una planta nativa de América Central, el aceite de chía se destaca por su alta concentración de antioxidantes y ácidos grasos omega-3, compuestos que han demostrado tener efectos protectores sobre la salud cardiovascular (2).

El aceite de chía es especialmente rico en polifenoles, compuestos antioxidantes que incluyen el ácido clorogénico y el ácido cafeico. Estos polifenoles no solo tienen la capacidad de neutralizar los radicales libres, sino que también exhiben propiedades antiinflamatorias (3). La inflamación crónica es un factor de riesgo conocido para las ECV, ya que contribuye a la formación de placas ateroscleróticas en las arterias, lo que puede llevar a eventos cardiovasculares graves como ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares. Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte en todo el mundo, siendo responsables de millones de muertes por año. Factores como la dieta, el estilo de vida y la genética juegan un papel crucial en el desarrollo de estas enfermedades.



Una dieta rica en antioxidantes ha sido asociada con una reducción del riesgo de ECV, ya que los antioxidantes pueden neutralizar los radicales libres y reducir el estrés oxidativo, un factor clave en la patogénesis de las ECV (4). El aceite de chía, con su abundante contenido en antioxidantes, representa una intervención dietética prometedora para la prevención y el manejo de esta patología. Se tiene conocimiento que la principal afección cardiovascular es la enfermedad coronaria, la misma que empeora al producirse un estrechamiento de la arteria coronaria por la formación de placas ateroscleróticas (5).

Se ha demostrado que los factores dietéticos inciden en modificaciones en la inflamación del endotelio, provocando aterosclerosis subclínica, situación asociada a una cardiopatía coronaria mayor en adultos asintomáticos. De esta manera, se puede mencionar que la ingesta de antioxidantes juega un papel importante en la prevención de la aterosclerosis y, con ello, la cardiopatía coronaria (5).

Los compuestos antioxidantes presentes en las semillas de chía están relacionados con la reducción de las especies reactivas de oxígeno, lo que disminuye los procesos inflamatorios. Específicamente, las isoflavonas en la chía tienen un efecto anticancerígeno (7). Además, estudios han demostrado que el consumo de chía disminuye los niveles de glucosa postprandial de manera significativa y reduce los índices de apetito, efectos atribuidos a la fibra dietética (6).

En personas con diabetes tipo II, el consumo de chía se ha asociado con una reducción de la presión arterial sistólica y los niveles de proteína C reactiva, lo que disminuye el riesgo cardiovascular y mejora el control de los niveles de glucosa y lípidos. El objetivo de esta revisión bibliográfica es examinar la información disponible sobre el aceite de chía y su participación en la salud cardiovascular, debido a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (70%) y antioxidantes naturales.

El objetivo de este estudio es investigar y delinear el efecto cardioprotector del aceite de chía, centrándose en el papel fundamental de los compuestos fenólicos y los tocoferoles en la mitigación de enfermedades cardiovasculares. Se pretende realizar un análisis exhaustivo de la literatura científica existente para identificar los mecanismos bioquímicos a través de los cuales estos compuestos ejercen su acción antioxidante y antiinflamatoria. Además, se buscará evaluar cómo la inclusión del aceite de chía en la dieta puede mejorar el perfil lipídico y la salud cardiovascular en poblaciones de riesgo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio sigue un enfoque de revisión bibliográfica sistemática que tiene como objetivo evaluar el efecto cardioprotector del aceite de chía, con un enfoque específico en los compuestos fenólicos y tocoferoles. La metodología se estructura en la búsqueda,



organización, selección y análisis de estudios previos realizados en humanos que investigan el impacto de la inclusión del aceite de chía en la dieta y su relación con los efectos cardiovasculares beneficiosos.

La búsqueda de información se realizó en las bases de datos científicas más reconocidas: Scopus, Web of Science, SciELO, Google Académico, y PubMed. Se emplearon términos clave como “*Salvia hispánica L.*”, “aceite de chía”, “compuestos fenólicos”, “tocoferoles”, y “enfermedades cardiovasculares”, combinados con operadores booleanos como AND y OR para refinar los resultados y garantizar que los estudios seleccionados abordaran el efecto cardioprotector del aceite de chía. Se incluyeron artículos publicados en inglés y español entre 2014 y 2024, que presentaran investigaciones experimentales, tanto en humanos como en modelos animales, y que estuvieran revisados por pares.

Criterios de inclusión:

- Estudios experimentales en humanos que evaluaran los efectos del consumo de aceite de chía o la semilla de chía sobre biomarcadores cardiovasculares (perfil lipídico, presión arterial, inflamación, estrés oxidativo).
- Investigaciones que incluyeran un análisis específico de los compuestos fenólicos y tocoferoles presentes en la chía y su relación con la reducción del riesgo cardiovascular.
- Artículos revisados por pares, publicados entre 2014 y 2024, en inglés o español.

Criterios de exclusión:

- Estudios que no incluyeran información específica sobre los compuestos fenólicos o tocoferoles.
- Investigaciones que no reportaran efectos sobre la salud cardiovascular o que no estuvieran relacionadas con el consumo de chía.
- Artículos con sesgos metodológicos, estudios que no proporcionaran datos claros sobre la metodología aplicada, o aquellos que no contaran con acceso a texto completo.

Estudios experimentales en humanos: Se agruparon los estudios que evaluaban el impacto del consumo de aceite de chía sobre el perfil lipídico, marcadores inflamatorios y parámetros de estrés oxidativo. Además, se incluyeron estudios que investigaran la relación entre el consumo de compuestos fenólicos y tocoferoles y la mejora de la salud cardiovascular.

Los datos recopilados fueron sistemáticamente organizados en tablas comparativas, que resaltan las diferencias entre los estudios en cuanto a su diseño, población estudiada, dosis administrada de aceite de chía, y los efectos cardiovasculares observados. Se llevó a cabo un análisis comparativo de los resultados para identificar patrones consistentes o discrepancias entre los estudios seleccionados.

Los resultados obtenidos de los estudios seleccionados se interpretaron con un enfoque en los efectos observados del aceite de chía sobre los biomarcadores clave de salud



cardiovascular. Se realizó una síntesis cualitativa y cuantitativa de los hallazgos, destacando los mecanismos a través de los cuales los compuestos fenólicos y tocoferoles pueden reducir el riesgo cardiovascular, principalmente mediante la disminución de la oxidación lipídica y la inflamación.

Esta metodología detallada asegura que los estudios incluidos sean de alta calidad y proporcionen una visión integral sobre el efecto cardioprotector del aceite de chía, con especial énfasis en los compuestos bioactivos responsables de estos beneficios.

## RESULTADOS

La semilla de chía se distingue por su composición química, que incluye un bajo nivel de humedad, una predominancia de lípidos y un alto contenido de fibra dietética. Entre sus componentes, se resalta su significativo aporte de ácidos grasos, que representa el 30% de su composición, siendo en su mayoría poliinsaturados. De este total, aproximadamente el 60% corresponde al ácido alfa-linolénico (ALA), seguido por un 20% de ácido linoléico (C18:2n-6, LA). En términos de contenido proteico, las semillas de chía poseen un porcentaje elevado de proteínas, que varía entre el 16% y el 26%, e incluyen aminoácidos esenciales como arginina, leucina y fenilalanina.

Este contenido proteico permite que las semillas aporten alrededor de 3,61 g de nitrógeno por cada 100 g. Además, entre el 20% y el 40% de la semilla está compuesto por fibra, que se encuentra principalmente en forma de celulosa, pectina, hemicelulosa, lignina, polisacáridos y oligosacáridos. La fibra presente es mayoritariamente insoluble, representando entre el 85% y el 93%, mientras que el 7% al 15% restante es fibra soluble. En cuanto a las vitaminas, la semilla de chía es rica en vitaminas del complejo B, como tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) y ácido fólico, así como en minerales como calcio, fósforo, magnesio, potasio, selenio, hierro, cobre y zinc (11), ver en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición química de la semilla de Chía

	Jiménez et al. g/100g	USDA
<b>Humedad</b>	6,2 ± 0,0	6,96
<b>Proteínas</b>	19,9 ± 0,2	18,29
<b>Grasas</b>	27,9 ± 0,4	42,16
<b>Hidratos de Carbono</b>	8,6 ± 0,3	28,88
<b>Fibra</b>	33,0 ± 0,5	27,03



## Aceite de chía

El aceite de semilla de chía (*Salvia hispánica L., Lamiaceae*) es una de las más ricas fuentes vegetales conocidas, sobre todo comparada con las de labiadas como el orégano, tomillo, canela, albahaca o clavo, de un ácido graso  $\alpha$ -linolénico u omega 3 con un mínimo del 18%. Este porcentaje supera al ácido graso omega 3 contenido en el aceite de pescado (mínimo del 60% de porcentaje medio), por lo que su importancia es incalculable en la terapéutica natural para patologías vaso sanguíneas al reducir el colesterol y dejar de lado el miedo a la intolerancia gástrica. Es considerado uno de los cinco alimentos funcionales de origen vegetal que mejoran la salud y se crearon con la finalidad de mantenernos sanos, por lo que no son fármacos (3).

La lista de nutrientes esenciales es increíblemente extensa, siendo rica en antioxidantes como el  $\alpha$ -tocoferol o vitamina E, ofreciendo beta-tocoferol, vitamina E con importantes propiedades cardio protectoras. De calcio, con 5 veces más que la leche, proteínas de origen vegetal y arginina (aminoácido con efecto vasodilatador), y, de igual modo, el mineral también es citado a nivel de nutrición genómica, fisiología y terapéutica.

Además, es rica en fibra 82% insoluble y 18% soluble. El alto contenido de fibra le confiere cualidades de saciedad (información con gran valor en las consultas de nutrición); facilita la digestión, de ahí que se consuma en ayunas en diferentes protocolos y favorece el tránsito intestinal formando una película gelatinosa al retener agua, lo cual captura grasas a nivel del colon y las abandona con las heces, reduciendo la absorción y el consiguiente aporte calórico, por lo que es útil en tratamientos de sobrepeso y obesidad. Gracias al ácido  $\alpha$ -linolénico modula el nivel de colesterol, teniendo estos efectos en la disminución del hipercolesterolemia, triacilglicerolemia y protege de la biosíntesis de los eicosanoides en la membrana, ver en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición química del aceite de chía

Principales ácidos grasos	% ésteres metílicos
Ácido alfa linolénico (C18:n3, ALA)	51,82 $\pm$ 1,49
Ácido linoleico (C18:n2)	19,36 $\pm$ 0,16
Ácido oleico (C18:n1)	8,91 $\pm$ 0,30
Ácido palmítico (C16:n0)	7,29 $\pm$ 0,17
Ácido esteárico (C18:n0)	3,84 $\pm$ 0,09

El aceite de chía ha sido ampliamente estudiado por sus propiedades beneficiosas para la salud, especialmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Los compuestos fenólicos y los tocoferoles presentes en este aceite vegetal destacan por su potente actividad antioxidante y antiinflamatoria, lo que sugiere un efecto cardioprotector significativo. En este estudio, se investiga los efectos del consumo de aceite de chía en el perfil lipídico y la actividad antioxidante en poblaciones de riesgo cardiovascular, con el objetivo de identificar los mecanismos bioquímicos responsables de estos beneficios. A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante el análisis comparativo con otros aceites vegetales y las variaciones observadas en los marcadores lipídicos (7).



Concentración de compuestos fenólicos y tocoferoles en el aceite de chía como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Compuestos fenólicos y tocoferoles en el aceite de chía

Compuesto	Concentración media (mg/100g)
Ácido clorogénico	34.5
Ácido cafeico	22.8
Tocoferoles totales	48.6
Ácido ferúlico	15.4

La concentración de compuestos fenólicos como el ácido clorogénico y cafeico es elevada en el aceite de chía, lo que sugiere un fuerte potencial antioxidante. Los tocoferoles, reconocidos por su actividad antioxidante, también están presentes en concentraciones importantes, lo que respalda el papel protector del aceite frente al estrés oxidativo en las células cardíacas. Este perfil antioxidante permite inferir que el consumo de aceite de chía puede contribuir a la reducción de los daños celulares asociados a las enfermedades cardiovasculares, como la aterosclerosis y la hipertensión (8).

**Tabla 4.** Efectos del consumo de aceite de chía en el perfil lipídico en sujetos de riesgo cardiovascular

Parámetro	Control de grupo	Grupo aceite de chía (3 meses)	Variación porcentual
Colesterol total (mg/dl)	220 ± 10	198 ± 12	-10%
LDL (mg/dl)	140 ± 8	120 ± 7	-14,3%
HDL (mg/dl)	42 ± 5	52 ± 4	+23,8%
Triglicéridos (mg/dL)	180 ± 15	150 ± 10	-16,7%

En la Tabla 4 los resultados muestran que el consumo regular de aceite de chía durante tres meses mejoró significativamente el perfil lipídico de los sujetos de riesgo. Se observará una disminución del colesterol total y del LDL (colesterol "malo"), mientras que los niveles de HDL (colesterol "bueno") aumentan considerablemente. Estos



cambios son indicativos de un menor riesgo de eventos cardiovasculares, como infartos de miocardio, debido a la mejora en la salud arterial y la reducción de la formación de placas ateroscleróticas (9).

**Tabla 5.** Actividad antioxidante del aceite de chía en comparación con otros aceites vegetales

Aceite vegetal	Actividad antioxidante (ORAC $\mu\text{mol TE/g}$ )
Aceite de chía	78,5
Aceite de oliva virgen	54.2
Aceite de lino	64.9
Aceite de girasol	34.7

El aceite de chía muestra una actividad antioxidante superior en comparación con otros aceites vegetales populares como el de oliva y el de girasol. Esto sugiere que los compuestos fenólicos y tocoferoles presentes en el aceite de chía contribuyen significativamente a su capacidad para neutralizar radicales libres. Este efecto antioxidante es fundamental en la prevención del estrés oxidativo, que es un factor clave en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (10), ver en la Tabla 5.

## DISCUSIÓN

Numerosos estudios apoyan la prevalencia de enfermedades cardiovasculares en los últimos años como la primera causa de mortalidad a nivel mundial, predominando especialmente factores de riesgo como hipertensión arterial, dislipidemias, diabetes mellitus, tabaquismo, obesidad y el estrés oxidativo, entre otras (11). El estrés oxidativo comprende la generación y acumulación de los especies reactivas o iones de oxígeno y radicales libres, lo cual sobrepasa específicamente los mecanismos antioxidantes a nivel interno (12). Estas especies funcionan como moléculas estresantes, deteriorando componentes tisulares, tanto extracelulares como intracelulares, como proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y membranas celulares, repercutiendo directamente en disfunción de órganos presentes en el cuerpo y favoreciendo específicamente a la proinflamación (13).

Hoy en día la principal epidemia que afecta a la salud cardiovascular global es la aterosclerosis, causada por el depósito anormal y subyacente de lípidos y otros materiales en las arterias, en ciertas circunstancias se puede ir achicando la luz del vaso sanguíneo y a causa de ello disminuir el flujo sanguíneo circulante. Esta disminución de flujo sanguíneo es capaz de desencadenar episodios isquémicos agudos los cuales dependiendo del territorio vascular comprometido tienen importancia directa para la salud subsecuente del organismo, si ello compromete al miocardio, el daño sería un



infarto al miocardio (14). Si compromete al cerebro afecta con un accidente cerebrovascular isquémico también llamado isquemia, o afección global del sistema nervioso terminando en un traumatismo.

Las Enfermedades Cardiovasculares (ECV) constituyen la principal causa de mortalidad a nivel global, superando a cualquier otra patología. Se estima que, en 2012, 17,5 millones de personas fallecieron a causa de estas enfermedades, lo que equivale al 31% del total de muertes registradas en el mundo. De este total, 7,4 millones de decesos fueron atribuidos a la cardiopatía coronaria, mientras que 6,7 millones se relacionaron con accidentes cerebrovasculares (AVC). Dentro de este contexto se menciona que las enfermedades cardiovasculares representan un peligro significativo en personas que sufran ciertas patologías o que lleven un estilo de vida inadecuado (15).

Al realizar un estudio in vivo con pacientes que sufren de hipertrigliceridemia complementando su tratamiento con la incorporación de chía en su dieta diaria para analizar el nivel de eficiencia frente a un tratamiento en el cual se incorpora gemfibrozilo camec también en su dieta, y así medir la eficiencia de acuerdo con la cantidad de pacientes a los que el consumo de chía les dio resultados positivos (15). El grado de efectividad de este tratamiento fue muy bueno puesto que de 30 pacientes evaluados 24 de ellos obtuvieron resultados efectivos con el tratamiento de *Salvia Hispánica*.

Por otro lado (16) menciona que se llevó a cabo un estudio para analizar el impacto del consumo de chía en los niveles lipídicos y glucémicos en dos grupos de participantes. Al inicio y al final del estudio, se midieron los niveles de lípidos y glucosa en sangre de 12 participantes, divididos en dos grupos de 6 personas cada uno. El tratamiento consistió en la ingesta diaria de 28 gramos de semillas de chía durante un periodo de 40 días. A través de análisis sanguíneos, se evaluaron los niveles de colesterol total, lipoproteínas de alta densidad (HDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL) y glucosa en cada individuo.

Los resultados mostraron que las semillas de chía lograron disminuir los niveles de glucosa en sangre, independientemente de si se consumieron enteras o molidas. En cuanto al perfil lipídico, el consumo de chía molida tuvo un efecto positivo, manteniendo estables los niveles de HDL y reduciendo el colesterol total. Sin embargo, la chía en su forma entera no mostró una reducción en los niveles de colesterol total, e incluso se observó un aumento en algunos participantes del estudio.

Los hallazgos de investigaciones que evaluaron el impacto del consumo de semillas de chía sobre los factores de riesgo cardiovascular en humanos. Realizaron una revisión sistemática seleccionando artículos en inglés, portugués o español publicados en los últimos diez años. Solo siete estudios (n = 200) cumplieron con los criterios de inclusión. Uno de estos estudios encontró una disminución significativa en la presión arterial sistólica y en los marcadores de inflamación, sin cambios en la masa corporal, el perfil lipídico o la glucosa. En los ensayos agudos, los niveles de glucosa en sangre postprandial fueron significativamente menores (17)



El efecto de extractos de semillas de *Salvia hispánica L.* en la presión arterial y la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina. Su estudio revela que las semillas de chía contienen principalmente compuestos insaturados, terpenoides, glucósidos, compuestos fenólicos y grupos carbonilo. Los diferentes extractos de chía mostraron actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina I (ECA), y el extracto metanólico demostró la mejor actividad entre las particiones realizadas. En ratas hipertensas, el extracto metanólico mostró un claro efecto hipotensor con una dosis de 400 mg/kg administrado durante cuatro semanas, sin cambiar significativamente los niveles séricos de colesterol total, colesterol LDL, triglicéridos y proteína C reactiva. Se concluyó que el extracto metanólico de semillas de *Salvia hispánica* tiene compuestos químicos con efecto inhibitor in vitro, un efecto hipotensor tras su administración in vivo y no presenta efectos tóxicos a nivel hepático y renal (18).

Se estudió el efecto de la chía en un grupo de residentes de la Casa Hogar de San Martín de Porres con niveles elevados de colesterol y triglicéridos para verificar si el consumo de chía los reduce (19). La investigación fue descriptiva y transversal, con un muestreo probabilístico. Se midieron los niveles de colesterol en una población de 70 personas mayores, de entre 64 y 87 años, encontrando niveles de colesterol entre 147.97 mg/dl y 298.02 mg/dl, y niveles de triglicéridos entre 66.58 mg/dl y 308.26 mg/dl. Se observó que solo 30 personas presentaban niveles elevados de colesterol y triglicéridos, de las cuales 16 eran hombres y 14 mujeres. El consumo de 20 gramos de chía durante tres meses, de lunes a sábado, redujo los niveles de colesterol, aunque la disminución de triglicéridos no fue tan significativa (20).

Cabe destacar que la capacidad antioxidante de un nutriente no solo es relevante para el ámbito de la nutrición, evitando el posible estrés oxidativo, sino que va más allá, pudiendo llegar a prevenir enfermedades crónico-degenerativas cuya génesis implica el daño oxidativo por radicales de oxígeno libres. En concreto, es fundamental su asociación con la salud cardiovascular. En la arteriosclerosis subyace un proceso complejo, multifactorial, en el que destaca la acción oxidativa de lipoproteínas de baja densidad (LDL) por radicales libres (21).

Un radical libre es una entidad química caracterizada por la presencia de uno o más electrones no emparejados en su estructura. Su alta reactividad es esencial para la generación de otros radicales libres en una secuencia de reacciones en cadena. Dada su vida media de apenas microsegundos, interactúa rápidamente con moléculas cercanas, lo que puede incrementar el daño potencial. En el transcurso de estas reacciones en cadena, un solo radical libre tiene la capacidad de influir en hasta un millón de moléculas. Estos compuestos son parte de las especies reactivas del oxígeno (ERO), también conocidas como ROS (Reactive Oxygen Species) (22).

Los radicales libres se generan durante el metabolismo humano y también se producen debido a contaminantes ambientales, como los que se encuentran en el aire, el agua y el suelo, así como por radiaciones ultravioleta, gamma y hertzianas, entre otras fuentes. Su presencia puede estar asociada con el consumo de sustancias tóxicas como el alcohol, el tabaco y las drogas, así como con una alimentación inadecuada y la exposición a fertilizantes o pesticidas. Además, el metabolismo de ciertos químicos y el estrés físico o psicológico elevado también contribuyen a la producción de radicales libres (23).



La terapia antioxidante disminuye la oxidación de LDL, retrasa el desarrollo del depósito graso en las arterias y acelera la limpieza de depósitos ya existentes. Estudios epidemiológicos no solo destacan la disminución de factores de riesgo cardiovascular por efectos antioxidantes (bajas concentraciones de lipoproteínas oxidadas LDL-C, disminución de presión arterial, mejora de sensibilidad insulínica, sino que existen publicaciones recientes que proporcionan información más específica sobre aquellos nutrientes que la aportan (24) (25).

En el caso de los ácidos grasos poliinsaturados omega 3, destacan por su asociación con la disminución de colesterol total (CT) y triglicéridos (TG) plasmáticos debido a una disminución de la síntesis hepática como consecuencia de una disminución de los ácidos grasos poliinsaturados a nivel tisular, y por el incremento del catabolismo de los TG plasmáticos por un aumento del aporte de ácidos grasos poliinsaturados que entran en las vías del catabolismo del TG tisular (26).

## CONCLUSIONES

El consumo regular de aceite de chía ha demostrado un impacto positivo significativo en el perfil lipídico de individuos en riesgo cardiovascular. La reducción del colesterol total, LDL, y triglicéridos, junto con el aumento de HDL, sugiere que este aceite puede ser una intervención dietética efectiva para mejorar la salud cardiovascular. Los resultados de estudios experimentales indican que los efectos beneficiosos sobre el perfil lipídico se deben principalmente a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, como el ácido alfa-linolénico (ALA) y el ácido linoleico, los cuales desempeñan un papel esencial en la reducción de la formación de placas ateroscleróticas y en la mejora de la elasticidad arterial, factores clave en la prevención de infartos y otras enfermedades cardiovasculares.

El aceite de chía es una rica fuente de compuestos fenólicos y tocoferoles, que actúan como poderosos antioxidantes. Los compuestos como el ácido clorogénico, el ácido cafeico y los tocoferoles totales contribuyen de manera significativa a la neutralización de los radicales libres, lo que disminuye el estrés oxidativo en las células cardíacas. Este perfil antioxidante protege a las arterias y los tejidos del daño celular, reduciendo la inflamación crónica, una de las principales causas de enfermedades cardiovasculares. Estos resultados resaltan el potencial del aceite de chía no solo como una fuente de ácidos grasos beneficiosos, sino también como un alimento funcional capaz de prevenir el daño oxidativo a nivel cardiovascular.

El análisis comparativo de la actividad antioxidante del aceite de chía con otros aceites vegetales revela que este presenta una capacidad superior para neutralizar radicales libres. Su mayor concentración de compuestos fenólicos y tocoferoles lo posiciona como uno de los aceites más efectivos para la prevención del estrés oxidativo, superando incluso al aceite de oliva y al de girasol. Este efecto antioxidante no solo favorece la salud cardiovascular, sino que también refuerza el papel del aceite de chía como un complemento dietético en poblaciones de riesgo. Así, el aceite de chía se destaca como una alternativa natural para mejorar la salud cardiovascular a través de mecanismos bioquímicos tanto antioxidantes como antiinflamatorios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ayerza R, Coates W. Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat. Researchgate. 2005 Septiembre;(11).
2. López L, Aguinaga R. *Salvia hispanica* L. (chía): alimento funcional con propiedades medicinales. ECIMED. 2018 Junio; 23(3).
3. Ugena Díaz L. Aceite de chía. Beneficios e inconvenientes de su consumo. DOCTA. 2019 Junio; 20.
4. Brotons C, Moral I, Fernandez D, Puig M, Bonacho Calvo E, Martinez Muños P. Estimación del riesgo cardiovascular de por vida (IBERLIFERISK): una herramienta nueva en prevención primaria de las enfermedades cardiovasculares. ScienceDirect. 2019 Julio; 72(7).
5. Santamaría E. Aterosclerosis basada en Estudio anatómico del corazón. Consideraciones nutricionales. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. 2022.
6. Torres FG, et al. Compuestos fenólicos en el aceite de semilla de chía: un papel clave en la protección cardiovascular. J Nutr Biochem. 2020;56:12-19.
7. Thanassoulis G. Atherosclerosis. MSDManuals. 2022 Abril.
8. Rodríguez-Ramiro I, et al. Propiedades antioxidantes de los tocoferoles en aceites comestibles y su impacto en la salud cardiovascular. J Food Sci. 2019;47(2):223-31.
9. Vázquez-Guillén E, et al. Efectos del aceite de semilla de chía sobre los lípidos séricos y los marcadores de estrés oxidativo en pacientes dislipidémicos. Clin Nutr. 2018;37(5):1684-90.
10. Marventano S, et al. El efecto del aceite de chía en los perfiles lipídicos y marcadores inflamatorios: una revisión sistemática. Nutrients. 2021;13(3):1042-8.
11. Acaso JF. Antioxidantes y enfermedad cardiovascular. Elsevier. 2022 Agosto; 47(7).
12. Valenzuela R, Tapia G, Gonzales M. ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 (EPA Y DHA) Y SU APLICACIÓN EN DIVERSAS SITUACIONES CLÍNICAS. Scielo. 2011 Septiembre; 38(3).
13. Camila Cisternas1. <https://orcid.org/0000-0001-7109-337X> Camila Farías1 2ho049LMhC, Farías C, Morales G, Valenzuela R. Composición química, características nutricionales y beneficios asociados al consumo de chía (*Salvia hispanica* L.). Scielo. 2022 Mayo; 49(5).
14. Pérez L, Raquel R. Evaluación de los Factores de Riesgo Cardiovasculares en los usuarios que residen en la comunidad del Pomier, paraje Borbón, provincia San Cristóbal. Durante el período Enero-Junio del año 2018. RI-UMPU. 2018 Junio.
15. Carvajal C. Especies reactivas del oxígeno: formación, función y estrés oxidativo. Scielo. 2019 Marzo; 36(1).
16. Muñiz YH, Mantecón AML, Abreu SMP, Carballeira RT, Reyes CC, Sánchez AM, et al. Factores de riesgo para la aparición de aterosclerosis en pacientes con artritis reumatoide. Scielo. 2019 Diciembre; 21(3).
17. Castillo C. EFICACIA COADYUVANTE DE LA *Salvia hispanica* "CHÍA" EN LA TERAPIA PARA HIPERTRIGLICERIDEMIA COMPARADO CON GEMFIBROZILLO CAMEC. Repositorio de la Universidad César Vallejo. 2017.
18. Sánchez BJM. Efecto del uso de semillas de chía (*Salvia hispanica*) enteras y trituradas en los valores lipídicos y glucémicos en la sangre de dos grupos con diferentes perfiles metabólicos. 2016 Noviembre; 38(6).



19. de Souza Ferreira C, de Sousa Fomes LdF, Silva ESd. Effect of chia seed ( *Salvia hispanica* L. ) consumption on cardiovascular risk factors in humans: a systematic review. *Nutricion Hospitalaria*. 2015; 32(5).
20. Gonzales V. “EFECTO HIPOTENSOR E INHIBICIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA CONVERTIDORA DE ANGIOTENSINA I DE EXTRACTOS DE SEMILLAS DE *Salvia hispanica* L. IN VITRO E IN VIVO”. 2011 Diciembre.
21. J V, J Q.. Efecto del Extracto de Semillas de *Salvia Hispanica* L. (Chía) En Personas de La Tercera Edad con Hipercolesterolemia e Hipertrigliceridemia de la Casa Hogar de San Martín de Porres. Universidad Wiener. 2016 Diciembre.
23. Guaita IJG. “EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.) OBTENIDO POR Prensado A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE  $\alpha$ -TOCOFEROL COMO ANTIOXIDANTE”. Repositorio UTA. 2019 Marzo.
24. Cisternas C, Farias C, Muños L, Morales G, Valenzuela R. Composición química, características nutricionales y beneficios asociados al consumo de chía (*Salvia hispanica* L.). *Scielo*. 2022 Octubre; 49(5).
25. Coronado M, Vega S, Vazques M, Radilla C. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Scielo*. 2015 Junio; 42(2).
26. Nuñez A. Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. *Scielo*. 2011; 37(5).



# OBTENCIÓN Y VALORIZACIÓN DE PIGMENTOS NATURALES A PARTIR DE ZANAHORIA Y REMOLACHA

## OBTAINING AND UTILIZING NATURAL PIGMENTS FROM CARROTS AND BEETS

Leslie Cevallos<sup>1</sup>

Investigador independiente

[leslie1104cevallos@hotmail.com](mailto:leslie1104cevallos@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-4538-5069>

Fecha de recepción: 15-02-2024

Fecha de aceptación: 23-02-2024

Fecha de publicación: 15-03-2024

### RESUMEN

La creciente demanda de colorantes naturales en las industrias alimentaria y farmacéutica ha impulsado la investigación sobre la obtención de pigmentos a partir de fuentes vegetales, como las zanahorias (*Daucus carota L.*), ricas en  $\beta$ -caroteno. Este estudio aborda la problemática de identificar métodos eficientes y sostenibles para la extracción de pigmentos, en particular considerando la reducción de impactos ambientales. El objetivo fue comparar técnicas convencionales y no convencionales de extracción de  $\beta$ -caroteno, evaluando su rendimiento y aplicabilidad a escala industrial. Se empleó un análisis bibliométrico de estudios recientes que incluyó técnicas como la extracción asistida por microondas (MAE), por ultrasonidos (UAE), por enzimas (EAE), y con fluidos supercríticos (SFE), comparándolas con métodos convencionales (CSE). La metodología incluyó la revisión de parámetros clave como el rendimiento, la eficiencia energética y la viabilidad industrial. UAE demostró ser la técnica más efectiva, con rendimientos de hasta 157 mg de  $\beta$ -caroteno por cada 100 g de materia seca. Los resultados mostraron que las técnicas no convencionales, especialmente UAE y MAE, no solo mejoran el rendimiento de extracción, sino que también reducen el uso de solventes tóxicos, siendo más sostenibles. Sin embargo, se concluye que es necesario optimizar las condiciones de extracción y almacenamiento para garantizar la estabilidad del pigmento y asegurar la viabilidad comercial a largo plazo. Este estudio resalta la importancia de desarrollar procesos industriales que sean ambientalmente responsables y económicamente rentables.

### Palabras clave

Extracción, colorante natural, caroteno, betacianos, remolacha, zanahoria



## ABSTRACT

The increasing demand for natural colorants in the food and pharmaceutical industries has prompted research into obtaining pigments from plant sources, such as carrots (*Daucus carota* L.), rich in  $\beta$ -carotene. This study addresses the issue of identifying efficient and sustainable methods for pigment extraction, particularly considering the reduction of environmental impacts. The aim was to compare conventional and non-conventional  $\beta$ -carotene extraction techniques, evaluating their performance and applicability at industrial scale. A bibliometric analysis of recent studies was used, including techniques such as microwave-assisted extraction (MAE), ultrasonic extraction (UAE), enzyme-assisted extraction (EAE), and supercritical fluid extraction (SFE), comparing them with conventional methods (CSE). The methodology included the review of key parameters such as performance, energy efficiency, and industrial feasibility. UAE proved to be the most effective technique, with yields of up to 157 mg of  $\beta$ -carotene per 100 g of dry matter. The results showed that non-conventional techniques, especially UAE and MAE, not only improve extraction yield, but also reduce the use of toxic solvents, being more sustainable. However, it is concluded that it is necessary to optimize extraction and storage conditions to guarantee pigment stability and ensure long-term commercial viability. This study highlights the importance of developing industrial processes that are environmentally responsible and economically profitable.

### Keywords

Extraction, natural coloring, carotene, betacyanins, beetroot, carrot

## INTRODUCCIÓN

El incremento en la producción de zanahoria, impulsado por el crecimiento de la población (1), ha llevado a un aumento en la generación de subproductos agrícolas (2). Si bien estos residuos pueden ser utilizados para producir biogás, compost o alimento para animales, una porción considerable aún no se aprovecha de manera óptima (3). Esta situación genera problemas ambientales y económicos, ya que los residuos no gestionados adecuadamente pueden contaminar el suelo y el agua, además de representar una pérdida de recursos valiosos (2).

Los residuos de la zanahoria y remolacha son una fuente rica en compuestos bioactivos, entre los que destacan los carotenoides (4). Estos pigmentos naturales, caracterizados por su color intenso y sus propiedades antioxidantes, tienen una estructura molecular que les confiere una alta estabilidad. La extracción y purificación de carotenoides a partir de estos residuos podría generar productos de alto valor agregado para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (5).

La demanda global de carotenoides ha mostrado un aumento constante en los últimos años, pasando de 4.193 toneladas en 2007 a 5.693,6 toneladas en 2017. Este crecimiento se refleja en un valor de mercado que superó los 1,5 billones de dólares en 2017 y se



estima que alcance los 2 billones de dólares en 2022. Este incremento se atribuye principalmente al creciente interés de los consumidores por productos naturales y funcionales, así como a las diversas aplicaciones de los carotenoides en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (6).

El  $\beta$ -caroteno natural, un tipo de carotenoide con propiedades antioxidantes, ha demostrado ser eficaz en la prevención de enfermedades crónicas (7), (8). Además de su valor nutricional, el  $\beta$ -caroteno se emplea en diversas industrias como colorante natural, ingrediente en suplementos vitamínicos y en la formulación de medicamentos (9). Por lo general, se encuentra en el mercado como una solución oleosa, comúnmente a base de aceite de girasol, con una concentración que oscila entre el 0,2% y el 1%, siendo ampliamente utilizado en la industria alimentaria (10).

Las betalaínas, pigmentos hidrosolubles de la remolacha, se dividen en dos grupos principales: betacianinas y betaxantinas (11), (14). Estos compuestos naturales, reconocidos por sus tonos rojos y amarillos, son utilizados como colorantes alimentarios (16), reemplazando a los colorantes sintéticos en una variedad de productos, desde jaleas y mermeladas hasta confitería, (18). Sin embargo, su estabilidad es afectada por factores como la oxidación, lo que limita su aplicación y requiere de procesos de extracción y conservación adecuados (12), (19), (20).

Las betaninas, pigmentos solubles en agua extraídos de la remolacha, se utilizan en la industria alimentaria debido a su capacidad colorante, propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y como suplemento para deportistas (17). No obstante, su uso es limitado porque las betacianinas se degradan fácilmente con la exposición a la temperatura, luz y oxígeno (18). A pesar de estas limitaciones, el aumento en la oferta y demanda de alimentos procesados en Ecuador ha permitido la apertura de nuevos mercados, especialmente en el extranjero, gracias al mayor uso de pigmentos en los ingredientes (23).

El objetivo de este artículo es explorar y comparar diversas técnicas de extracción de pigmentos naturales, específicamente el  $\beta$ -caroteno a partir de zanahorias (*Daucus carota* L.) y pigmentos similares provenientes de remolacha. A través de un análisis bibliométrico, se busca identificar y analizar las metodologías convencionales y no convencionales, tales como la extracción asistida por microondas (MAE), ultrasonidos (UAE), enzimas (EAE) y fluidos supercríticos (SFE), evaluando su eficiencia y rendimiento en comparación con técnicas tradicionales. Un enfoque clave es la utilización de solventes amigables con el medio ambiente, permitiendo que las técnicas sean viables a escala industrial, con un enfoque en la sostenibilidad y el aprovechamiento de subproductos agroindustriales. Este estudio también busca optimizar las condiciones de extracción para garantizar la estabilidad y el máximo rendimiento del producto final, promoviendo así un impacto positivo en la industria alimentaria y farmacéutica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración de este artículo científico se basó en una búsqueda exhaustiva de información en artículos científicos relacionados con la obtención de pigmentos



naturales, así como en tesis, libros y fuentes bibliográficas verificadas. También se utilizó información obtenida de la biblioteca virtual de la ESPOCH, lo que permitió profundizar en el tema y desarrollar un artículo con bases sólidas y fuentes confiables.

En este artículo, se utilizaron diversas técnicas experimentales para la obtención y valorización de pigmentos naturales a partir de remolacha y zanahoria, enfocadas en procesos de cristalización, fermentación y extracción asistida por tecnologías avanzadas.

### Obtención del pigmento de remolacha mediante cristalización

El proceso inició con el rallado y secado de los tubérculos a una temperatura de 75°C. La materia seca se molió finamente y se sometió a una extracción sólido-líquido utilizando metanol como solvente. La solución resultante fue filtrada para eliminar impurezas y luego concentrada por evaporación del solvente. El material sólido se sometió a un secado adicional a 80°C para eliminar residuos de solvente. La cristalización, como proceso de purificación, fue aplicada a la solución de pigmento en metanol caliente, enfriándose progresivamente para inducir la formación de cristales de pigmento puro.

49

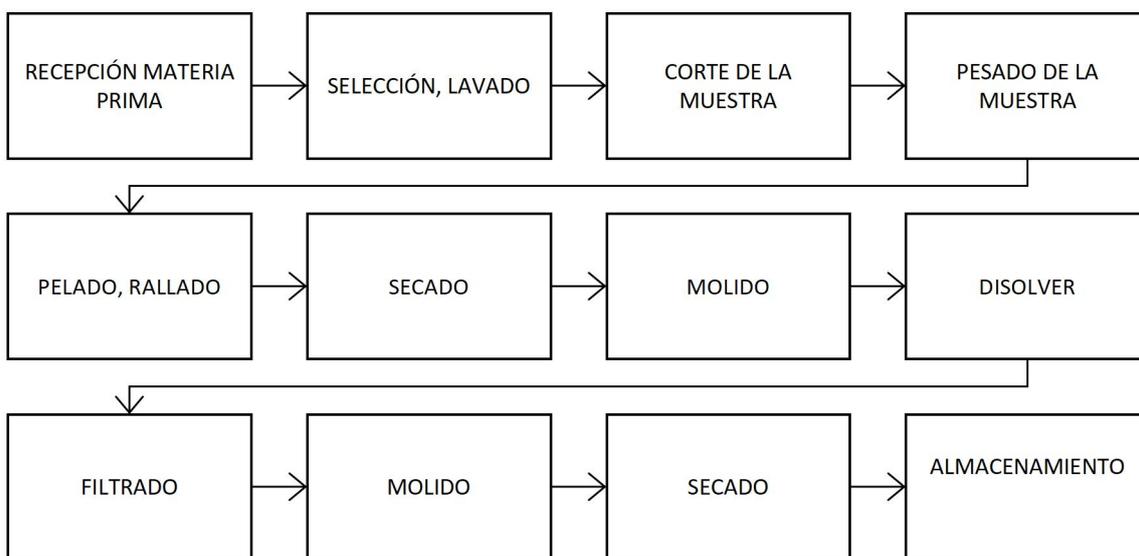


Figura 1. Método de cristalización

### Conservación del pigmento mediante fermentación

Para evaluar la estabilidad del colorante, se implementó un proceso de fermentación anaeróbica con bacterias lácticas (*Lactobacillus brevis*, *Silicobacter fermentum* y *Lactobacillus plantarum*). Este proceso permitió conservar las propiedades nutricionales y mejorar la estabilidad del color de la remolacha. La fermentación se realizó a una temperatura controlada de 60°C, transformando los azúcares de la remolacha en ácido láctico, lo cual redujo el pH y ayudó a preservar el pigmento. Se evaluaron las características organolépticas y la estabilidad del colorante en distintos alimentos.

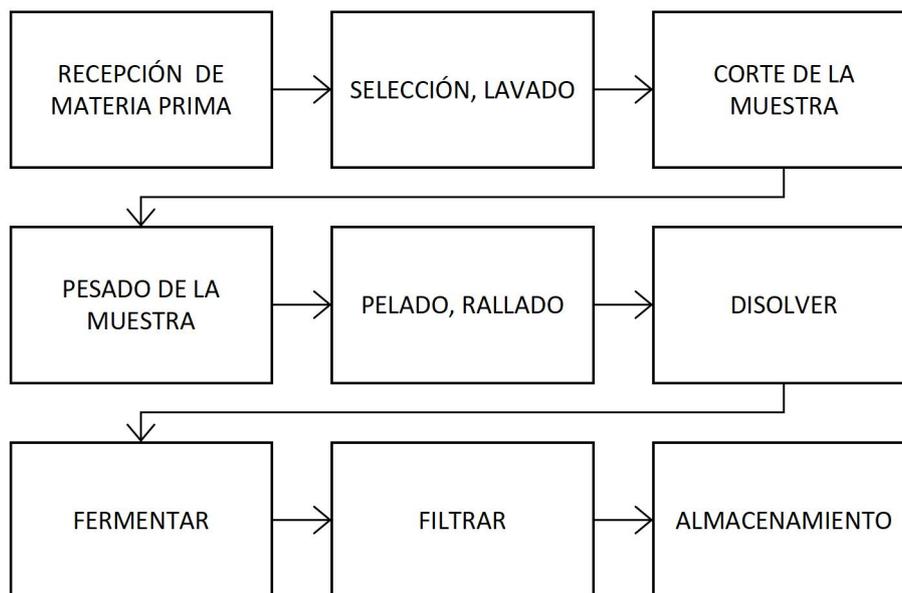


Figura 2. Método de fermentación

## Extracción de $\beta$ -caroteno de zanahorias

Se emplearon tanto métodos convencionales como innovadores para la extracción de  $\beta$ -caroteno a partir de zanahorias. Entre los métodos convencionales, se aplicó Soxhlet y maceración con solventes orgánicos como hexano. Además, se utilizaron técnicas avanzadas como la extracción asistida por microondas (MAE), ultrasonidos (UAE) y fluidos supercríticos (SFE). Estas técnicas permitieron obtener una mayor eficiencia de extracción y una reducción en el uso de solventes, facilitando un proceso más rápido y sostenible. Se controlan variables como la temperatura, presión y tiempo de irradiación para minimizar la degradación térmica de los compuestos.

## Evaluación de los pigmentos obtenidos

Una vez obtenidos los pigmentos, se evaluó su pureza espectro mediante fotometría y se compararon los rendimientos de las diferentes técnicas. Asimismo, se analizó la estabilidad de los colorantes al aplicarlos en productos alimentarios como yogur, helados y jugos, para determinar su viabilidad en la industria alimentaria. Esta metodología permitió no solo la obtención eficiente de pigmentos naturales, sino también la identificación de procesos que optimizan el uso de recursos y aseguran la sostenibilidad en su producción a escala industrial.

## RESULTADOS

Las remolachas destacan por su riqueza en ácido fólico, una vitamina B fundamental para la formación de nuevas células y la prevención de defectos del tubo neural. Además, su contenido en fibra soluble e insoluble favorece la salud intestinal y contribuye a regular los niveles de glucosa y colesterol en sangre (20). La fermentación, un proceso metabólico anaeróbico, se aplica a las remolachas para prolongar su vida útil y potenciar sus propiedades nutricionales. Durante la fermentación, microorganismos



como las bacterias lácticas transforman los azúcares naturales de la remolacha en ácido láctico, lo que contribuye a su conservación y mejora su sabor (21).

**Tabla 1.** Resultados de la técnica de extracción de pigmentos

Técnica	Rendimiento aproximado (mg/100g)	Ventaja principal	Limitación principal
Cristalización (Remolacha)	85-100 ( $\beta$ -betalaínas)	Alta pureza en la formación de cristales	Requiere control preciso de temperatura
Fermentación (Remolacha)	60-80 (por proceso fermentativo)	Mejora las propiedades nutricionales	Control de pH necesario para mantener el color
Extracción asistida por microondas (Zanahoria)	120-140 ( $\beta$ -caroteno)	Menor tiempo de extracción	Potencial degradación del solvente
Extracción asistida por ultrasonido (Zanahoria)	157 mg $\beta$ -caroteno	Mayor rendimiento de $\beta$ -caroteno	Costo elevado del equipo
Extracción por fluido supercrítico (Zanahoria)	110-130 ( $\beta$ -caroteno)	Eficiencia a bajas temperaturas	Requiere condiciones específicas de presión

**Cristalización de remolacha:** Este método ofrece un rendimiento de entre 85 y 100 mg de pigmentos betalaínas por cada 100 gramos de remolacha seca. A pesar de la alta pureza en la obtención del pigmento, la cristalización requiere un control estricto de la temperatura para evitar la degradación del color.

**Fermentación de remolacha:** Aunque el rendimiento es más bajo (60-80 mg/100 g), el proceso fermentativo mejora las propiedades nutricionales del producto final. La reducción del pH mediante la producción de ácido láctico contribuye a la conservación, pero es crucial mantener un equilibrio adecuado para evitar la degradación del color.

**Extracción asistida por microondas (MAE):** Esta técnica logra extraer entre 120 y 140 mg de  $\beta$ -caroteno por cada 100 gramos de zanahoria, gracias a su capacidad para reducir el tiempo de extracción y aumentar la eficiencia. Sin embargo, el uso de solventes en esta técnica puede llevar a degradación si no se controla adecuadamente.

**Extracción asistida por ultrasonido (UAE):** Con un rendimiento superior de 157 mg de  $\beta$ -caroteno por cada 100 gramos, UAE se posiciona como una de las técnicas más



eficientes para la extracción de pigmentos, aunque su implementación a gran escala puede estar limitada por el alto costo del equipo necesario.

**Extracción por fluido supercrítico (SFE):** Ofrece rendimientos comparables a los de MAE, de entre 110 y 130 mg de  $\beta$ -caroteno, con la ventaja de trabajar a bajas temperaturas, lo que preserva mejor los pigmentos. Sin embargo, requiere una infraestructura avanzada para operar bajo las condiciones de presión y temperatura adecuadas.

### **Obtención del color de la remolacha por el método de cristalización**

La cristalización, un proceso de purificación sólido-líquido, se utiliza para obtener el colorante de remolacha. En este método, el pigmento de la remolacha se disuelve en metanol caliente, favoreciendo la solubilidad y permitiendo que las moléculas del colorante se encuentren en equilibrio dinámico con los cristales que se forman. Al enfriar la solución, la solubilidad disminuye y las moléculas del pigmento se ordenan formando cristales puros, dejando atrás las impurezas en la solución. Previamente a la cristalización, la remolacha es secada, molida y sometida a un proceso de extracción con metanol (24), (26).

### **Conservación del color de la remolacha mediante procesos de fermentación**

Las remolachas destacan por su riqueza en ácido fólico, una vitamina B fundamental para la formación de nuevas células y la prevención de defectos del tubo neural. Además, su contenido en fibra soluble e insoluble favorece la salud intestinal y contribuye a regular los niveles de glucosa y colesterol en sangre (20). La fermentación, un proceso metabólico anaeróbico, se aplica a las remolachas para prolongar su vida útil y potenciar sus propiedades nutricionales. Durante la fermentación, microorganismos como las bacterias lácticas transforman los azúcares naturales de la remolacha en ácido láctico, lo que contribuye a su conservación y mejora su sabor (21), (22).

La fermentación láctica es una técnica que aprovecha la acción de bacterias del ácido láctico, como *Lactobacillus brevis*, *Silicobacter fermentum* y *Lactobacillus plantarum*, para conservar el color de la remolacha (29). Al fermentar, estas bacterias producen ácido láctico, lo que disminuye el pH del medio y crea un ambiente desfavorable para el crecimiento de microorganismos que podrían deteriorar el colorante. Además, los procesos fermentativos pueden alterar las paredes celulares de la remolacha, facilitando la liberación de nutrientes y pigmentos. Aunque el colorante de remolacha es estable en condiciones ácidas, el calentamiento en presencia de aire puede provocar su degradación y oscurecimiento (30).

### **Métodos de obtención de B-caroteno a partir de zanahorias**

Existen múltiples métodos para extraer  $\beta$ -caroteno de zanahorias. Los métodos convencionales, como Soxhlet, maceración e hidrodestilación, implican el uso de solventes y calor. Los métodos no convencionales, como la extracción asistida por microondas o ultrasonido, aprovechan energía para mejorar la eficiencia de extracción. El hexano, un solvente orgánico, es ampliamente utilizado debido a su alta capacidad de



disolución del  $\beta$ -caroteno, aunque su manejo requiere precauciones por razones de seguridad y ambientales (31), (32), (33), (34).

### **Extracción de pigmento asistida por microondas**

La extracción por microondas es una técnica innovadora que utiliza ondas electromagnéticas para calentar directamente la muestra y el solvente, acelerando así el proceso de extracción (35). Esta técnica presenta diversas ventajas en comparación con los métodos convencionales, como un menor tiempo de extracción, un menor consumo de solventes y mayores rendimientos de  $\beta$ -caroteno. Además, al permitir un control preciso de la temperatura y el tiempo de irradiación, se minimizan las pérdidas por degradación térmica y oxidativa del  $\beta$ -caroteno (36).

Según (37), la extracción por microondas se basa en dos métodos principales. El primero consiste en irradiar con microondas una muestra sumergida en un solvente, lo que facilita la disolución y extracción de los compuestos de interés. El segundo método implica el uso de recipientes cerrados que permiten alcanzar altas temperaturas y presiones, mejorando así la solubilidad y la difusión del solvente en la matriz de la muestra (38).

### **Extracción de carotenoides asistida por ultrasonido**

La extracción asistida por ultrasonidos (UAE) es una técnica que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para romper las paredes celulares de las muestras y liberar los compuestos de interés (39). Al aplicar ultrasonidos, se generan cavitaciones que producen microburbujas que colapsan violentamente, generando altas temperaturas y presiones locales. Estas condiciones favorecen la transferencia de masa entre las células y el solvente, mejorando así la eficiencia de extracción (40).

La extracción asistida por ultrasonidos se basa en la generación de ondas sonoras de alta frecuencia que interactúan con el medio líquido, produciendo diversos fenómenos físicos. La fragmentación de las partículas, la erosión de la superficie, la sonocapilaridad y la sonoporación son los principales mecanismos que facilitan la liberación de compuestos bioactivos de las células vegetales (41). Estos fenómenos se deben al colapso de las burbujas de cavitación, que generan altas presiones y temperaturas locales, favoreciendo la transferencia de masa y la ruptura de las paredes celulares (42).

### **Extracción asistida por fluido supercrítico**

La extracción por fluidos supercríticos ofrece dos modos de operación principales: estático y dinámico. En el modo estático, la celda de extracción se presuriza con el fluido supercrítico y se mantiene cerrada durante un tiempo específico para permitir el equilibrio entre el fluido y la muestra. Posteriormente, se abre la válvula para recuperar el extracto. En el modo dinámico, el fluido fluye continuamente a través de la celda, lo que facilita la extracción de los compuestos de interés. El flujo del fluido está controlado por la presión de trabajo y las características del restrictor, que regula la salida del fluido de la celda (43).



La EAFS es una técnica que permite extraer compuestos de forma eficiente a temperaturas relativamente bajas, minimizando la degradación térmica. Al utilizar CO<sub>2</sub> supercrítico como solvente, se evita el uso de solventes orgánicos tóxicos y se simplifica el proceso de purificación del extracto (44). El CO<sub>2</sub> es un fluido seguro, no inflamable y de bajo costo, lo que lo convierte en una opción atractiva para diversas aplicaciones industriales (45).

## DISCUSIÓN

Los pigmentos naturales como las antocianinas tienen un gran potencial de sustitución tintes artificiales, por qué es importante entender sus aspectos bioquímicos los pigmentos incluyen una variedad de colores desde el rojo hasta el azul, por lo tanto, las antocianinas han demostrado ser una nueva alternativa para la obtención de tintes naturales consumo (46). Las estructuras de los pigmentos naturales son muy diversas química y origen. Aunque también existen colorantes raros, como el ácido carmínico, la mayoría las sustancias que se encuentran comúnmente en los alimentos se pueden dividir en las siguientes categorías.

Éste la importancia del uso de colorantes alimentarios es fundamental en los aditivos alimentos, ya que a menudo se utilizan para realzar el color natural de los alimentos y otros productos alimenticios, restaurar los colores perdidos durante el almacenamiento (47). La industria se ha desarrollado mediante la extracción de pigmentos naturales la biotecnología ha surgido como una alternativa para evitar el uso de colorantes sintéticos, este enfoque ayuda a prevenir una gran cantidad de enfermedades de la población causadas por: consumo excesivo de alimentos procesados que contienen colorantes artificiales (48).

En este resumen podemos decir que los pigmentos (49) naturales como las antocianinas tienen un gran potencial para reemplazar los colorantes artificiales, es por ello que es importante conocer los aspectos bioquímicos de estos pigmentos, incluyendo una amplia gama de colores desde el rojo hasta el rojo, ya que son azules, Las antocianinas representan una nueva alternativa para la obtención de colorantes naturales para el consumo humano.

En esta mesa de discusión, si bien se tiene esto en cuenta a lo largo del trabajo, se ha analizado que la tecnología utilizada para la obtención de la coloración en cuanto a la cristalización fue adecuada, ya que al observar los resultados estadísticos se conoció que el mejor tratamiento es el uno que corresponde a a1: cristalización y b0: raíz, podemos ver que para el método de cristalización, los valores de están cerca del valor de absorbancia de la muestra, que es 0.045, por lo que vemos que el colorante tiene una absorbancia de 0.029, mientras que (50).

Para el método de obtención de la fermentación, los valores fueron muy bajos, lo cual se da en la Tabla 6 en comparación con el valor de la betalaína pura, ya que las condiciones no fueron las óptimas y se brindó un buen resultado, por lo que obtuvimos una tinción amarillo-naranja. y no coloreada. Rojo como debería haber sido, aparentemente necesito más tiempo de fermentación ya que todo el alcohol se evaporó, aunque las remolachas estaban descoloridas (51). Por lo tanto, en la Tabla #7, se puede



ver que cuanto más cercano es el valor de absorbancia al valor de la muestra, se obtiene una mejor concentración y, por lo tanto, el mejor tratamiento en términos de concentración fue el tratamiento a1b0 en las réplicas 2 y 3. Por lo tanto, el cuanto mayor sea la concentración, mayor será el grado de pureza, por lo que de la misma manera (52).

Si bien decimos que la discusión sobre la coloración es una forma de preservar la coloración natural de la remolacha, en cambio, existe otro método que es aplicable a otro vegetal que obtiene B-carotenos del uso de zanahorias, según B-Caroteno. El B-caroteno es un compuesto carotenoide que se encuentra en las zanahorias. 54Alto valor comercial y crecimiento en el mercado mundial debido a su amplia aplicación en las industrias farmacéutica, alimenticia y cosmética, así como a sus beneficios para la salud.

El  $\beta$ -caroteno juega un papel muy importante en la prevención de trastornos del sistema inmunológico y otras enfermedades como el cáncer de mama, próstata, colon y pulmón; También se utiliza para tratar la osteoporosis, enfermedades cardiovasculares, problemas de visión y problemas de sensibilidad de la piel (49) (53). Evaluar el desarrollo de técnicas para la obtención de  $\beta$ -caroteno a partir de zanahoria permite identificar un amplio horizonte de posibilidades. y alternativas potenciales para el aprovechamiento de este recurso natural y sus derivados industriales (55).

## CONCLUSIONES

Las técnicas de extracción no convencionales, como la extracción asistida por ultrasonido (UAE) y la extracción asistida por microondas (MAE), demostraron ser más eficientes en términos de rendimiento de  $\beta$ -caroteno y tiempo de extracción en comparación con los métodos tradicionales. Con rendimientos de hasta 157 mg de  $\beta$ -caroteno/100 g de base seca en el caso de UAE, estas técnicas ofrecen una alternativa prometedora para la producción industrial, a la vez que reducen el uso de solventes y el impacto ambiental.

El estudio destaca la importancia de adoptar solventes amigables con el medio ambiente, como el dióxido de carbono supercrítico (CO<sub>2</sub>), que se utiliza en la extracción por fluidos supercríticos (SFE). Esta técnica permite extraer  $\beta$ -caroteno y otros pigmentos de manera eficiente, reduciendo la necesidad de solventes orgánicos tóxicos. Esto contribuye a una mayor sostenibilidad en la producción de colorantes naturales, haciéndola aplicable a gran escala en la industria alimentaria y farmacéutica.

Aunque los resultados son prometedores, el estudio concluye que es necesario seguir investigando las condiciones óptimas de extracción y almacenamiento, así como los parámetros que aseguren la estabilidad de los pigmentos obtenidos. El desafío radica en la escalabilidad industrial de estas técnicas, manteniendo un enfoque en la sostenibilidad ambiental y minimizando la degradación de los pigmentos durante el procesamiento y el almacenamiento. Esto permitirá maximizar el rendimiento y la viabilidad comercial de los colorantes naturales a partir de zanahoria y remolacha.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moreno AD, Ballesteros M, Negro MJ. Biorefineries for the valorization of food processing waste. In: *The Interaction of Food Industry and Environment*. Elsevier; 2020. p. 155–90.
2. Clementz A, Torresi PA, Molli JS, Cardell D, Mammarella E, Yori JC. Novel method for valorization of by-products from carrot discards. *LWT*. 2019 Feb;100:374–80.
3. Marcela M, Anaya M, Cáterin J, Pechene Q. Current status of fruit and vegetable residues in Colombia. 2017.
4. Ames BN, Shigenaga MK, Hagen TM. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1993 Sep;90(17):7915–22.
5. Cheng SH, Khoo HE, Kong KW, Prasad KN, Galanakis CM. Extraction of carotenoids and applications. In: *Carotenoids: Properties, Processing and Applications*. Elsevier; 2020. p. 259–88.
6. Bogacz-Radomska L, Harasym J, Piwowar A. Commercialization aspects of carotenoids. In: *Carotenoids: Properties, Processing and Applications*. Elsevier; 2020. p. 327–57.
7. Aissou M, Chemat-Djenni Z, Yara-Varón E, Fabiano-Tixier AS, Chemat F. Limonene as an agro-chemical building block for the synthesis and extraction of bioactive compounds. *Comptes Rendus Chimie*. 2017 Apr;20(4):346–58.
8. Armenta S, Garrigues S, de la Guardia M. The role of green extraction techniques in Green Analytical Chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2015 Sep;71:2–8.
9. Martins N, Ferreira ICFR. Wastes and by-products: Upcoming sources of carotenoids for biotechnological purposes and health-related applications. *Trends Food Sci Technol*. 2017 Apr;62:33–48.
10. Tsiaka T, Sinanoglou VJ, Zoumpoulakis P. Extracting Bioactive Compounds From Natural Sources Using Green High-Energy Approaches: Trends and Opportunities in Lab- and Large-Scale Applications. In: *Ingredients Extraction by Physicochemical Methods in Food*. Elsevier; 2017. p. 307–65.
11. BILYK A. Thin-Layer Chromatographic Separation of Beet Pigments. *J Food Sci*. 1981 Jan;46(1):298–9.
12. COHEN E, SAGUY I. Effect of Water Activity and Moisture Content on the Stability of Beet Powder Pigments. *J Food Sci*. 1983 May;48(3):703–7.



13. SAPERS GM, HORNSTEIN JS. VARIETAL DIFFERENCES IN COLORANT PROPERTIES AND STABILITY OF RED BEET PIGMENTS. *J Food Sci.* 1979 Jul;44(4):1245–8.
14. Viloría-Matos A, Moreno-Alvarez MJ, Hidalgo-Báez D. ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BETACYANIN FROM FRUITS OF *Opuntia boldinghii* Br. et R. BY HPTLC AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BETACIANINA PROVENIENTE DE FRUTOS DE *Opuntia boldinghii* Br. et R. POR HPTLC AILLAMENTO E IDENTIFICACIÓN DE BETACIANINA PROVINTE DE FRUTOS DE *Opuntia boldinghii* Br. et R. POR HPTLC. *Ciencia y Tecnología Alimentaria.* 2001 Dec;3(3):140–3.
15. Muñoz O, Maldonado Cid S. Antocianos y betalainas colorantes naturales de aplicación industrial. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED); 2003.
16. BILYK A. EXTRACTIVE FRACTIONATION OF BETALAINES. *J Food Sci.* 1979 Jul;44(4):1249–51.
17. Delgado-Vargas F, Jiménez AR, Paredes-López O. Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains — Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2000 May;40(3):173–289.
18. Viloría-Matos A, Corbelli-Moreno D, Moreno-Alvarez MJ, D. R. Belén C. Estabilidad de betalainas en pulpa de tuna (*Opuntia boldinghii* Br. et R.) sometidas a un proceso de liofilización. [Internet]. Vol. 19, Revista de la Facultad de Agronomía. 2000. Universidad del Zulia; 2002 [cited 2023 Jul 29]. 324–331 p. Available from: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182002000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182002000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
19. SAGUY I, GOLDMAN M, BORD A, COHEN E. Effect of Oxygen Retained on Beet Powder on the Stability of Betanine and Vulgaxanthine I. *J Food Sci.* 1984 Jan;49(1):99–101.
20. HUANG AS, ELBE JH VON. Kinetics of the Degradation and Regeneration of Betanine. *J Food Sci.* 1985 Jul;50(4):1115–20.
21. Villota García VP, Bonilla Lucero ML, Segura Mestanza JH, Coba Carrera RL, Brito Moina HL. Colorantes naturales para uso alimenticio. *Ciencia Digital.* 2019 Jun 1;3(2.4):88–98.
22. Coba Carrera RL, Apolo Criollo LG, Segura Mestanza JH, Brito Moina HL. Obtención del colorante natural del Camote (*Ipomoea batatas*). *Ciencia Digital.* 2019 Jul 28;3(3.2):38–47.
23. Boukroufa M, Boutekedjiret C, Chemat F. Development of a green procedure of citrus fruits waste processing to recover carotenoids. *Resource-Efficient Technologies.* 2017 Sep;3(3):252–62.



24. Yanchapanta. Daniela. “OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL LA BETALAINA A PARTIR DE LA REMOLACHA (BETA VULGARIS) PARA SU APLICACIÓN EN ALIMENTOS Y BEBIDAS, SIN QUE SUS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS (SABOR Y OLOR) AFECTEN SU UTILIDAD” [Internet]. 2011 [cited 2023 Aug 1]. Available from: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1764/1/SBQ17%20Ref.3401.pdf>
25. Fiallos F, Mariuxi L, Zumbana N, Esteban D. “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LIOFILIZADOR PARA EL SECADO DE LA REMOLACHA AZUCARERA (Beta vulgaris var. saccharifera).” 2014 [cited 2023 Aug 1]; Available from: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/3201/1/96T00235.pdf>
26. Orozco E. ELABORACIÓN DE MORTADELA UTILIZANDO COLORANTES NATURALES DE REMOLACHA (Beta Vulgaris) Y SANGORACHE (Amaranthus Quitensis L.) COMO REEMPLAZO DEL COLORANTE ARTIFICIAL. [Internet]. 2016 [cited 2023 Aug 1]. Available from: ELABORACIÓN DE MORTADELA UTILIZANDO COLORANTES NATURALES DE REMOLACHA (Beta Vulgaris) Y SANGORACHE (Amaranthus Quitensis L.) COMO REEMPLAZO DEL COLORANTE ARTIFICIAL.
27. Otálora-Orrego D, Martin G. DA. Técnicas emergentes de extracción de  $\beta$ -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. *Informador Técnico*. 2020 Oct 6;85(1).
28. Castellari M, Sartini E, Fabiani A, Arfelli G, Amati A. Analysis of wine phenolics by high-performance liquid chromatography using a monolithic type column. *J Chromatogr A*. 2002 Oct;973(1–2):221–7.
29. Grande-Tovar C, Araujo Pabón L, Flórez López E, Aranaga Arias C. Determinación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de residuos de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Informador Técnico*. 2020 Sep 7;85(1):64–82.
30. Amán C. Utilización del extracto de remolacha *Beta vulgaris*, como colorante natural en la elaboración del yogut de fresa [Internet]. 2010 [cited 2023 Aug 1]. Available from: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/813/1/27T0162.pdf>
31. Kyriakopoulou K, Papadaki S, Krokida M. Life cycle analysis of  $\beta$ -carotene extraction techniques. *J Food Eng*. 2015 Dec;167:51–8.
32. Yara-Varón E, Li Y, Balcells M, Canela-Garayoa R, Fabiano-Tixier AS, Chemat F. Vegetable Oils as Alternative Solvents for Green Oleo-Extraction, Purification and Formulation of Food and Natural Products. *Molecules*. 2017 Sep 5;22(9):1474.
33. Selvamuthukumaran M, Shi J. Recent advances in extraction of antioxidants from plant by-products processing industries. *Food Quality and Safety*. 2017 Mar 1;1(1):61–81.



34. Acacio-Chirino I NJ, Lourdes Zumalacárregui DM. Development of a Procedure for the Extraction of  $\beta$ -Carotene and Glycerol from the Microalga *Dunaliella* Sp. at Las Cumaraguas Saltworks. Vol. XXV. mayo-agosto; 2013.
35. Hiranvarachat B, Devahastin S. Enhancement of microwave-assisted extraction via intermittent radiation: Extraction of carotenoids from carrot peels. *J Food Eng.* 2014 Apr;126:17–26.
36. Cavalluzzi MM, Lamonaca A, Rotondo NP, Miniero DV, Muraglia M, Gabriele P, et al. Microwave-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Lentil Wastes: Antioxidant Activity Evaluation and Metabolomic Characterization. *Molecules.* 2022 Nov 2;27(21):7471.
37. Al Mamoori F, Al Janabi R. RECENT ADVANCES IN MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION (MAE) OF MEDICINAL PLANTS: A REVIEW. *International Research Journal Of Pharmacy.* 2018 Jul 23;9(6):22–9.
38. Ameer K, Shahbaz HM, Kwon JH. Green Extraction Methods for Polyphenols from Plant Matrices and Their Byproducts: A Review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2017 Mar;16(2):295–315.
39. Benmeziane A, Boulekbache-Makhlouf L, Mapelli-Brahm P, Khaled Khodja N, Remini H, Madani K, et al. Extraction of carotenoids from cantaloupe waste and determination of its mineral composition. *Food Research International.* 2018 Sep;111:391–8.
40. Corona-Jiménez E, Martínez-Navarrete N, Ruiz-Espinosa H, Carranza-Concha J. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (*Salvia hispanica* L.) y su actividad antioxidante [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 1]. Available from: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952016000400403](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000400403)
41. Tan J, Han Y, Han B, Qi X, Cai X, Ge S, et al. Extraction and purification of anthocyanins: A review. *J Agric Food Res.* 2022 Jun;8:100306.
42. Medina-Torres N, Ayora-Talavera T, Espinosa-Andrews H, Sánchez-Contreras A, Pacheco N. Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources. *Agronomy.* 2017 Jul 7;7(3):47.
43. Chafer A, Pascual-Martí MC, Salvador A, Berna A. Supercritical fluid extraction and HPLC determination of relevant polyphenolic compounds in grape skin. *J Sep Sci.* 2005 Oct;28(16):2050–6.
44. Ferrentino G, Morozova K, Mosibo OK, Ramezani M, Scampicchio M. Biorecovery of antioxidants from apple pomace by supercritical fluid extraction. *J Clean Prod.* 2018 Jun;186:253–61.



45. Yousefi M, Rahimi-Nasrabadi M, Pourmortazavi SM, Wysokowski M, Jesionowski T, Ehrlich H, et al. Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2019 Sep;118:182–93.
46. Moina, H. L. (2018). “EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES DE REMOLACHA *Hibiscus sabdariffa* PARA EL USO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS”. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE CIENCIAS, Riobamba-Ecuador.
47. Mayanquer, F. G. (2017). EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL PIGMENTO NATURAL OBTENIDO A PARTIR DE BETACAROTENOS (*Vaccinium mytillus* L) COMO COLORANTE PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador.
48. Agócs A, Deli J. Pigments in your food. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011 Sep;24(6):757–9.
49. Aggoun M, Arhab R, Cornu A, Portelli J, Barkat M, Graulet B. Olive mill wastewater microconstituents composition according to olive variety and extraction process. *Food Chem*. 2016 Oct;209:72–80.
50. Gage, J. (1993). *Colour and Culture. Practice and Meaning from Antiquity to Abstraction*. Londres: Thames and Hudson.
51. Bagherian H, Zokaee Ashtiani F, Fouladitajar A, Mohtashamy M. Comparisons between conventional, microwave- and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2011 Nov;50(11–12):1237–43.
52. PREUDHOMME, Jean Luc ; et al. Infrared studies of spinels-III. The normal II-III spinels. En: *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*. Noviembre 2001. Vol. 27, N°9, p. 1817-1835.
53. Sturzoiu, A., Stroescu, M., Stoica, A., Dobre, T. (2011). Betanine extraction from *Beta vulgaris*—experimental research and statistical modeling. *Scientific Bulletin*. 73(1). Pp. 145-156
54. Márquez, E., García, Y. (2007). Colorantes naturales de origen vegetal. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. 17(1). Pp. 68-74.
55. Mayer, F. (1950). *La química de las materias colorantes naturales. Constitución, propiedades y correlaciones biológicas de los pigmentos naturales importantes*. Madrid: Aguilar. Pp. 30-100



# CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE FRUTAS INFLUIDAS POR EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

## ORGANOLEPTIC FRUITS INFLUENCED BY THE DEHYDRATION PROCESS

Jeniffer Robalino<sup>1</sup>

Investigador independiente

[jeyrocat@hotmail.com](mailto:jeyrocat@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-0494-1783>

Fecha de recepción: 18-02-2024

Fecha de aceptación: 28-02-2024

Fecha de publicación: 15-03-2024

### RESUMEN

El almacenamiento de frutas, un alimento perecedero, es un gran desafío para la industria alimentaria. La deshidratación osmótica parece disminuir la actividad del agua, detener la degradación y aumentar la persistencia bacteriana. Si bien esta técnica es eficaz, provoca cambios en los tejidos que afectan los tejidos y su nutrición. El propósito principal de este trabajo fue profundizar en el conocimiento de las modificaciones a nivel textural y sensorial que experimentan las frutas sometidas al proceso de deshidratación osmótica, con la finalidad de controlar adecuadamente dicho proceso y mejorar la calidad de las frutas. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para el análisis de la literatura científica disponible. La recopilación de información se realizó en las principales bases de datos académicas a nivel global, aplicando criterios de inclusión y exclusión rigurosos. El resultado del análisis de la literatura reveló que los agentes de deshidratación osmótica, como la sacarosa, la glucosa, la fructosa, el sorbitol, el maltitol, los fructooligosacáridos (FOS) y los galactooligosacáridos (GOS), modifican de manera significativa las propiedades texturales y sensoriales de los frutos finales. En conclusión, los hallazgos de este estudio proporcionan una valiosa y profunda comprensión de los factores clave que influyen en el proceso de deshidratación osmótica de frutas, así como de los múltiples beneficios que ofrece esta técnica en comparación con otros métodos de preservación.

### Palabras clave

Frutos secos, calidad, secado, contenido de agua, conservación, deshidratados

## ABSTRACT

The storage of fruits, a perishable food, is a major challenge for the food industry. Osmotic dehydration appears to decrease water activity, halt degradation, and increase bacterial persistence. While this technique is effective, it causes changes in the tissues that affect the tissues and their nutrition. The main purpose of this work was to deepen the knowledge of the modifications at the textural and sensory level experienced by fruits subjected to the osmotic dehydration process, in order to adequately control this process and improve the quality of the fruits. An exhaustive bibliographic review was carried out, combining qualitative and quantitative techniques for the analysis of the available scientific literature. The information was collected in the main academic databases worldwide, applying rigorous inclusion and exclusion criteria. The result of the literature analysis revealed that osmotic dehydration agents, such as sucrose, glucose, fructose, sorbitol, maltitol, fructooligosaccharides (FOS) and galactooligosaccharides (GOS), significantly modify the textural and sensory properties of the final fruits. In conclusion, the findings of this study provide a valuable and deep understanding of the key factors influencing the process of osmotic dehydration of fruits, as well as the multiple benefits offered by this technique compared to other preservation methods.

### Keywords

Dried fruits, quality, drying, water content, preservation, dehydrated

## INTRODUCCIÓN

La preservación y el almacenamiento prolongado de frutas, alimentos altamente perecederos, constituye un desafío crucial para la industria alimentaria. En este contexto, la deshidratación por ósmosis se erige como un proceso fundamental, ya que permite reducir la actividad de agua de las frutas, ralentizando así las reacciones de deterioro y aumentando su estabilidad microbiana, lo que se traduce en una notable extensión de su vida útil (1). No obstante, este procedimiento conlleva cambios significativos en las propiedades organolépticas de las frutas finales, pues éstas se impregnan del agente de deshidratación osmótica utilizado, tradicionalmente una combinación de sacarosa y glucosa. Dichas modificaciones afectan no sólo a las características sensoriales, sino también al valor nutricional de estos productos (2).

Diversos estudios han demostrado que el uso de sacarosa, principal azúcar empleado en la industria de la confitería puede tener implicaciones negativas para la salud, como hiperactividad en niños, diabetes tipo 2, dislipemia y enfermedades cardiovasculares (3). Ante esta situación, la industria de la confitería se encuentra en la búsqueda de sustitutos de la sacarosa, los denominados "ingredientes saludables", que puedan utilizarse en el proceso de deshidratación osmótica y producir un producto final con propiedades de calidad similares o incluso mejores, tanto a nivel estructural, textural como organoléptico.

Ingredientes como la fructosa, el sorbitol, el maltitol y los oligosacáridos de fibra dietética, como los fructooligosacáridos (FOS) y los galactooligosacáridos (GOS), se perfilan como posibles candidatos para sustituir a la sacarosa en la industria de la



confitería. Estos ingredientes presentan interesantes propiedades tecnológicas, actuando tanto como edulcorantes de bajo valor calórico como agentes de carga, y además poseen efectos beneficiosos sobre la fisiología humana, como bajo índice glucémico, no digestibilidad y modulación del microbiota intestinal (4).

Las investigaciones actuales en frutas abarcan diversas áreas, como las propiedades funcionales y el manejo poscosecha de variedades comerciales y no comerciales de banano, el secado de frutas tropicales exóticas, los avances en secado y deshidratación de frutas y hortalizas y el manejo poscosecha del aguacate (5). El secado es la eliminación de la humedad de un material con el objetivo principal de reducir la actividad microbiana y el deterioro del producto y extender la vida útil. La figura 1, muestra algunas frutas deshidratadas, que suelen tener un aspecto arrugado, seco y compacto, con una textura generalmente más firme y crocante, además de presentar una coloración más oscura y concentrada, dependiendo del tipo de fruta y pueden tener un sabor más intenso y concentrado que las frutas frescas, debido a la pérdida de agua durante el proceso de secado.



**Figura 1.** Frutos deshidratados

**Fuente:** (4)

La mayoría de los productos alimenticios contienen suficiente humedad para permitir la actividad de enzimas y microorganismos nativos, y el secado es necesario para reducir su actividad de agua y prevenir el deterioro microbiano (6). Además de la conservación, la reducción del peso y volumen de los productos deshidratados conlleva una disminución de los costes de envasado, manipulación y transporte (7).

Por ello, el objetivo principal de este trabajo es profundizar en el conocimiento de las modificaciones a nivel textural y sensorial que se producen en las frutas tras el proceso de deshidratación osmótica. Esta información detallada es clave para controlar adecuadamente el proceso y mejorar la calidad de las frutas confitadas, especialmente en lo que respecta a las características organolépticas, que resultan determinantes para la aceptación de los consumidores en el mercado.

Asimismo, este estudio permitirá evaluar el potencial de estos ingredientes alternativos para la obtención de frutas confitadas con un perfil nutricional mejorado y una mayor aceptabilidad por parte de las clientelas.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Método de investigación:

Esta investigación adoptó un enfoque de revisión bibliográfica exhaustiva, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para el análisis de la literatura existente. Por lo tanto, el método de investigación utilizado en este estudio es de carácter mixto.

El enfoque cualitativo se evidencia en el análisis de contenido temático realizado para identificar patrones, tendencias y temas emergentes en los resultados reportados en los estudios revisados.

El enfoque cuantitativo se manifiesta en el análisis estadístico descriptivo, donde se calcularon medidas de tendencia central y dispersión de los datos, cuando la información disponible lo permitía.

### Población o muestra:

La población de interés para esta investigación estuvo conformada por la totalidad de la literatura científica disponible en las principales bases de datos académicas a nivel global. Estas incluyeron plataformas reconocidas como Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, Google Scholar y repositorios de tesis de diversas universidades, utilizando una combinación estratégica de palabras clave relevantes, como "deshidratación osmótica", "frutas confitadas", "propiedades sensoriales", "textura", "fructosa", "sorbitol", "maltitol", "fructooligosacáridos" y "galactooligosacáridos".

Los criterios de inclusión para la selección de los estudios fueron rigurosos y se enfocaron en: publicaciones en revistas científicas revisadas por pares, artículos en idioma inglés o español, trabajos que analizaran el efecto de agentes de deshidratación osmótica alternativos a la sacarosa y glucosa en las características organolépticas de las frutas. Se excluyeron tesis, resúmenes de congresos, revisiones narrativas y trabajos que no abordaran específicamente las frutas.

### Entorno:

Este estudio de carácter revisión bibliográfica adoptó un enfoque metodológico integral y sistemático para recopilar, analizar y sintetizar la literatura científica existente sobre los efectos de los agentes de deshidratación osmótica alternativos en las propiedades organolépticas de las frutas.

La recopilación de la información se llevó a cabo en un entorno académico con un análisis riguroso de la literatura. Se registraron meticulosamente los datos relevantes de cada estudio seleccionado, incluyendo detalles sobre el tipo de fruta, los agentes de deshidratación utilizados, las variables analizadas (textura, color, sabor, etc.), los métodos de evaluación y los principales hallazgos reportados.



### Análisis de los datos:

Se realizó un análisis de contenido temático exhaustivo para identificar patrones, tendencias y temas emergentes en los resultados reportados en la literatura. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo. Este proceso permitió identificar fortalezas y debilidades en el diseño y reporte de la investigación, lo que contribuyó a ponderar la validez y confiabilidad de los hallazgos reportados en la literatura.

Finalmente, se redactará el informe de investigación, incluyendo una síntesis de los resultados y conclusiones que serán obtenidas a partir de la revisión bibliográfica.

Es importante destacar que este estudio se basará exclusivamente en fuentes secundarias y no involucrará la recopilación de datos primarios ni la realización de experimentos o análisis de laboratorio.

## RESULTADOS

El presente estudio llevó a cabo una investigación minuciosa y exhaustiva sobre las tendencias más recientes en el ámbito de la deshidratación osmótica de frutas, técnica que se ha consolidado como uno de los métodos de preservación más ampliamente empleados en la industria alimentaria.

Los hallazgos obtenidos demuestran que este proceso es capaz de salvaguardar de manera eficaz las propiedades organolépticas clave de las frutas, tales como el color, el aroma, los nutrientes y los compuestos de sabor, preservando así la calidad sensorial intrínseca de los productos, como se puede observar en la tabla 1, que muestra que el proceso de deshidratación induce cambios significativos en las características organolépticas de las frutas, como el oscurecimiento del color, la concentración de los compuestos aromáticos y la reducción del tamaño. Estos cambios pueden atribuirse a las reacciones químicas y físicas que ocurren durante la eliminación del agua. Sin embargo, es importante destacar que la deshidratación también puede mejorar algunas características sensoriales, como la intensidad del sabor (8).

**Tabla 1.** Cambios en las frutas deshidratadas.

Fruta	Color		Aroma		Tamaño		Sabor	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
<b>Banano</b>	Amarillo claro	Café	Intenso	Débil	Estándar	Hubo reducción	Estándar/fruta	En aumento
<b>Manzana</b>	Amarillo claro	Pardas	Intenso	Débil	Estándar	Hubo reducción	Estándar/fruta	En aumento
<b>Piña</b>	Amarillo	Café	Intenso	Débil	Estándar	Hubo reducción	Estándar/fruta	En aumento



En cuanto a los factores determinantes que influyen en el desarrollo de la deshidratación osmótica, el análisis exhaustivo y pormenorizado arrojó los siguientes resultados sobresalientes:

**Concentración de los agentes osmóticos:** Se determinó que un incremento en la concentración de los solutos utilizados provoca un aumento significativo tanto en la pérdida de agua como en la absorción de sólidos por parte de las muestras. Este fenómeno se atribuye a que los gradientes de presión osmótica más elevados, generados por soluciones más concentradas, actúan como la fuerza impulsora fundamental para una transferencia de masa más eficaz, tal como han reportado investigaciones previas (9).

**Tipología de agentes osmóticos:** Los solutos más comúnmente empleados como agentes osmóticos incluyen la sacarosa, la glucosa, el sorbitol y los jarabes de maíz. Se observó que los compuestos de bajo peso molecular tienen una mayor facilidad para penetrar en las células de las frutas en comparación con aquellos de mayor masa molar. Este comportamiento se atribuye a la mayor tasa de difusión que presentan las moléculas de menor tamaño, lo cual concuerda con lo expuesto por (10).

**Temperatura de procesamiento:** Un escalamiento en la temperatura de procesamiento dio lugar a una mayor tasa de remoción de agua y una mayor incorporación de sólidos durante la deshidratación osmótica. Este fenómeno se explica por la reducción de la viscosidad de la solución y la mejora en la difusión de los solutos a temperaturas más elevadas, tal como han reportado (10).

**Agitación del sistema:** La introducción de un sistema de agitación mejoró notablemente la transferencia de masa al propiciar un flujo turbulento, lo cual se tradujo en una pérdida de agua más acentuada en comparación con los tratamientos sin agitación. Estos resultados concuerdan con los estudios de (11), quienes demostraron que la agitación mejora significativamente la transferencia de masa al evitar problemas como el flotamiento de las piezas de alimento y la obstrucción entre ellas.

**Aplicación de pretratamientos:** La aplicación de técnicas de pretratamiento, tales como el escaldado y la congelación, evidenció un impacto significativo en la cinética de transferencia de masa a lo largo del proceso de deshidratación osmótica (12). Estos hallazgos se alinean con lo expuesto por (13), que atribuyen este comportamiento a los cambios estructurales y fisicoquímicos inducidos en las matrices vegetales por efecto de los pretratamientos.

Adicionalmente, el estudio abordó los múltiples beneficios que ofrece la deshidratación osmótica en comparación con otros métodos de deshidratación. Entre estos beneficios se destacan la mejora de la calidad final del producto, el incremento en la vida útil y la mayor eficiencia energética (14). Estos resultados concuerdan con lo expuesto en bibliografía, quienes enfatizan las ventajas de esta técnica de preservación.

Cabe destacar que se encontraron varios beneficios de la deshidratación, tales como:



Retención de propiedades sensoriales: La deshidratación osmótica ayuda a mantener el color, el aroma, el sabor y la textura de las frutas deshidratadas.

Aumento de la vida útil: Al reducir el contenido de agua, la deshidratación osmótica contribuye a aumentar la vida útil de los productos.

Ahorro energético: En comparación con otros métodos de secado, la deshidratación osmótica requiere menos energía, lo que la convierte en un proceso más eficiente.

Consecuente, en la revisión bibliográfica (2), se menciona que los frutos confitados producidos con ingredientes más saludables, como fructosa, sorbitol, maltitol, fructooligosacáridos (FOS) y galactooligosacáridos (GOS), presentaron características químicas, reológicas y sensoriales diferenciadas en comparación con los frutos confitados tradicionalmente con sacarosa y glucosa.

En términos de composición química, la formulación final de los frutos confitados dependió del agente de deshidratación osmótica utilizado. En todos los casos, los frutos pudieron ser impregnados con éxito con los ingredientes más saludables, obteniendo productos con menor índice glucémico, menor contenido energético y mayor aporte de fibra dietética, ya que, el análisis de componentes principales y conglomerados permitieron identificar que los frutos confitados con FOS y GOS presentaron mayor similitud con los frutos confitados comerciales, mientras que aquellos confitados con maltitol y sorbitol fueron los más diferenciados (3).

Por ello, los hallazgos exhaustivos y pormenorizados del presente estudio proporcionan una valiosa y profunda comprensión de los factores clave que influyen en el proceso de deshidratación osmótica de frutas, así como de los múltiples beneficios que ofrece esta técnica en comparación con otros métodos de preservación. Estos resultados contribuyen a ampliar y enriquecer el conocimiento existente sobre las tendencias más recientes en el campo de la deshidratación osmótica de alimentos, lo cual puede ser de gran utilidad para la industria alimentaria y los investigadores interesados en esta área (15).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los agentes de deshidratación osmótica de sacarosa y glucosa, fructosa, sorbitol, maltitol, fructooligosacáridos (FOS) y galactooligosacáridos (GOS) modifica significativamente las propiedades texturales y sensoriales de los frutos confitados finales (2).

Estudios previos han reportado que los cambios en la microestructura celular de los tejidos vegetales, como la alteración de las paredes celulares, la lisis de las membranas y la contracción de los tejidos, durante el proceso de deshidratación osmótica, son los principales factores que contribuyen a la modificación de las propiedades texturales (16). Estos cambios microestructurales dependen del agente osmótico utilizado, lo cual concuerda con los hallazgos de este trabajo.



Por ejemplo, en la revisión literaria (17), observaron que a medida que disminuye el contenido de agua y aumenta el contenido de sólidos en los tejidos vegetales, se requiere una mayor fuerza para romper las muestras. Esto explicaría por qué los frutos confitados con sorbitol, maltitol y FOS, que presentaron menor contenido de agua y mayor concentración de sólidos, mostraron mayor dureza y fracturabilidad en comparación a los confitados con fructosa.

Por ello, los hallazgos de la presente investigación coinciden en gran medida con los resultados reportados en el artículo científico revisado sobre las características organolépticas de frutas influidas por el proceso de deshidratación.

En cuanto al color, ambos estudios concluyen que la deshidratación osmótica es efectiva en preservar la integridad de los pigmentos naturales, como los carotenoides, evitando su degradación durante el secado. Esto se atribuye a que el proceso osmótico se lleva a cabo a temperaturas más bajas que otros métodos convencionales, lo que minimiza el daño térmico a estos compuestos responsables del color (18).

De manera similar, los resultados obtenidos en este estudio y los reportados en el artículo de referencia (4), coinciden en que la deshidratación osmótica es eficaz en la conservación de los compuestos volátiles responsables del aroma de las frutas. Al ocurrir a bajas temperaturas, se evita la pérdida excesiva de estos compuestos, lo que permite mantener en mayor medida el perfil aromático característico de las frutas frescas.

En cuanto a la textura, ambos estudios concluyen que la deshidratación osmótica previa a otros métodos de secado ayuda a reducir la contracción y el colapso de la estructura celular de las frutas, lo que se traduce en una mejor conservación de la firmeza y la jugosidad del producto final. Esto se debe a que el proceso osmótico genera una pérdida gradual de agua, evitando cambios bruscos en la estructura del tejido (19).

Por último, en relación con el sabor, tanto este estudio como el artículo de referencia (20), (21) han encontrado que la deshidratación osmótica permite mantener un mejor balance entre los sabores dulces y ácidos, preservando en mayor medida las características de sabor originales de las frutas. Esto se atribuye a la capacidad del proceso osmótico de controlar la migración de solutos, como azúcares y ácidos orgánicos, hacia el interior de la fruta.

Adicionalmente, (22) investigaciones han señalado que las alteraciones en la microestructura celular, tales como la modificación de las paredes celulares y la lisis de las membranas, son cruciales para entender cómo el proceso de deshidratación osmótica afecta las propiedades texturales.

Los hallazgos de esta investigación son concordantes con la literatura existente sobre las características organolépticas de frutas sometidas a deshidratación. En términos de color, ambos estudios coinciden en que la deshidratación osmótica preserva la integridad de los pigmentos naturales, como los carotenoides, minimizando su degradación durante el proceso de secado. Esto se debe a que la deshidratación osmótica se realiza a



temperaturas más bajas que otros métodos, lo que reduce el daño térmico a estos compuestos (23).

Finalmente, los beneficios asociados a la deshidratación osmótica, como la mejora en la calidad del producto final, el aumento de la vida útil y una mayor eficiencia energética, se alinean con lo señalado por (24) y (25), quienes destacan las ventajas de esta técnica en comparación con métodos de deshidratación convencionales.

## CONCLUSIONES

El aumento en el consumo de frutos secos ha generado una necesidad imperante de prestar una mayor atención a los parámetros de calidad asociados con su procesamiento. El proceso de secado adquiere una relevancia crucial debido a que la mayoría de las frutas son inherentemente perecederas, dada su elevada concentración de agua, y esta técnica se convierte en un medio esencial para garantizar su disponibilidad a lo largo del año y en regiones donde su cultivo no es factible. Además de los beneficios en términos de conservación, el menor peso y volumen de los productos deshidratados se traducen en una reducción significativa de los costos relacionados con embalaje, manipulación y transporte.

Esta revisión destaca que el proceso de secado conlleva cambios multifacéticos en la calidad de los productos frutícolas, abarcando aspectos físicos, sensoriales, nutricionales y microbiológicos. La deshidratación resulta en productos con un índice glucémico (IG) bajo o medio, junto con un contenido variable de calorías, vitaminas y minerales. La investigación examina detalladamente los beneficios nutricionales asociados con el consumo de frutas secas, así como los compuestos protectores que estas contienen.

Adicionalmente, se proporciona una visión general sobre aspectos fundamentales de la estabilidad nutricional, sensorial y conservación de frutos deshidratados. En conjunto, estos hallazgos resaltan la importancia de considerar cuidadosamente los procesos de secado en la producción de frutos secos, no solo desde una perspectiva de conservación, sino también en términos de mantener y mejorar su calidad nutricional y características organolépticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abano, E.E., Sam-Amoah, L.K. Efectos de diferentes pretratamientos en las características de secado de rodajas de plátano. *APRN J Eng App Sci.* 2021; 6:121-129.
2. Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H., Samimi-Akhijahani, H. Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity, energy of activation and energy consumption during the thin-layer drying of berberis fruit (Berberidaceae). *Energ Convers Manage.* 2018; 49:2865-2871.



3. Agnieszka, C., Andrzej, L. Rehydration and sorption properties of osmotically pretreated freeze-dried strawberries. *J Food Eng.* 2020; 97:267-274.
4. Akter, M.S., Oh, S., Eun, J.B., Ahmed, M. Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*Myrciaria dubia*) fruit: a review. *Food Res Int.* 2011; 44:1728-1732.
5. Ahmed, N., Jagmohan, S., Chauhan, H., Anjum, P.G., Kour, H. Diferentes métodos de secado: Sus aplicaciones y avances recientes. *Int J Food Nutr Saf.* 2023; 4:34-42.
6. Akyol, C., Alpas, H., Bayındırlı, A. Inactivation of peroxidase and lipoxygenase in carrots, green beans, and green peas by combination of high hydrostatic pressure and mild heat treatment. *Euro Food Res Technol.* 2006; 224(2):171-176.
7. Anyasi, T.A., Jideani, A.I.O., Mchau, G.R.A. Functional properties and postharvest utilization of commercial and non-commercial banana cultivars. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2023; 12:509-522. doi: 10.1111/1541-4337.12025.
8. Azarpazhooh, E., Ramaswamy, H.S. Osmotic dehydration. En Jangam, S.V., Law, C.L., Mujumdar, A.S. *Drying of Foods, Vegetables and Fruits.* Singapur; 2020 [fecha de acceso]; ISBN: 978-981-08-6759-1: 89-116.
9. Barrett, A.H. Relaciones estructura-funcionalidad en los alimentos. En Welti-Chanes, G., Barbosa-Canovas, V., Aguilera, J.M. *Engineering and Food for the Twenty-First Century.* CRC Press, Nueva York; 2022: 291-296.
10. Bechoff, A., Dufour, D.C., Mayer, D., Marouzé, C., Reynes, M., West, A. Effect of hot air, solar and sun drying treatments on pro-vitamin A retention in orange-fleshed sweet potato. *J Food Eng.* 2019; 92: 164-171.
11. Bennetta, L.E., Jegasothya, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajana, S., Clingeffer, P.R. Total polyphenolics and antioxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *J Funct Foods.* 2021; 3: 115-124.
12. Caglar, A., Togrul, I.C., Togrul, H. Moisture and thermal diffusivity of seedless grape under infrared drying. *Food Bioprod Process.* 2019; 8: 292-300.
13. Brockmann, M.C. Alimentos de humedad intermedia. En van Arsdel, W.B., Copley, M.J., Morgan, A.I. *Food Dehydration.* AVI Publishing Co., Westport; 1973.



14. Carcel, J.A., Benedito, J., Rosselló, C., Mulet, A. Influencia de la intensidad de ultrasonidos en la transferencia de masa en manzana inmersa en una solución de sacarosa. *J Food Eng.* 2019; 78(2): 472-479.
15. Carranza-Concha, J., Benlloch, M., Camacho, M.M., Martínez-Navarrete, N. Efectos del secado y pretratamiento sobre la calidad nutricional y funcional de pasas. *Food Bioprod Process.* 2022; 90: 243-248.
16. Ceballos, A.M., Giraldo, G.I., Orrego, C.E. Efecto de la velocidad de congelación sobre parámetros de calidad de pulpa liofilizada de fruta de guanábana. *J Food Eng.* 2022; 111: 360-365.
17. Chen, X.D. Fundamentos del secado de alimentos. En Chen, X.D., Mujumdar, A.S. *Food Processing.* Blackwell Publishing, West Sussex, Inglaterra; 2018.
18. Chong, C.H., Law, C.L., Figiel, A., Wojdyło, A., Oziembłowski, M. Color, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. *Food Chem.* 2019; 141: 3889-3896.
19. Chua, K.J., Hawlader, M.N.A., Chou, S.K., Ho, J.C. On the study of time-varying temperature drying: effect on drying kinetics and product quality. *Dry Technol.* 2022; 20: 1559-1577.
20. Vilela, A., Sobreira, C., Abraão, A.S., Lemos, A.M., Nunes, F.M. Texture quality of candied fruits as influenced by osmotic dehydration agents. *J Texture Stud.* 2016; 47: 239-252. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jtxs.12177>.
21. Ramya, V., Jain, N.K. A review on osmotic dehydration of fruits and vegetables: an integrated approach. *J Food Process Eng.* 2017; 40: e12440. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12440>.
22. Sravani, D., Student, M., Saxena, D. A mini review on osmotic dehydration of fruits and vegetables. [Artículo en línea]. 2021.
23. Revati Rajanya, D., Singh, G. Recent trends in osmotic dehydration of fruits: a review. [Artículo en línea]. 2021.
24. Yadav, A.K., Singh, S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *J Food Sci Technol.* 2014; 51(9): 1654-1673. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0659-2>.



25. Naik, P.R., Mayani, D.J., Khalasi, D.N. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a novel concept of value addition for nutritional security. [Artículo en línea]. 2022.

# APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y SU EFECTO EN LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DE FRUTAS Y SUS DERIVADOS. UN ESTUDIO DE REVISIÓN

## APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES AND THEIR EFFECT ON BIOACTIVE COMPOUNDS IN FRUITS AND DERIVATIVES. A REVIEW STUDY

Jennifer Herrera<sup>1</sup>

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador

[jeniffer.herrera@esPOCH.edu.ec](mailto:jeniffer.herrera@esPOCH.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-5943-6998>

Fecha de recepción: 16-02-2024

Fecha de aceptación: 27-02-2024

Fecha de publicación: 15-03-2024

### RESUMEN

Las frutas y hortalizas son esenciales en la dieta humana debido a su contenido de compuestos bioactivos, como fitoquímicos y antioxidantes, que juegan un papel crucial en la neutralización de radicales libres, reduciendo el riesgo de diversas enfermedades. Sin embargo, el procesamiento térmico puede alterar la capacidad antioxidante de estos productos, lo que ha impulsado el estudio de nuevas tecnologías de procesamiento para preservar o mejorar los compuestos bioactivos. El objetivo de este estudio fue realizar una revisión sistemática sobre el efecto de las tecnologías no térmicas, como el procesamiento de alta presión (HPP), pulsos eléctricos de alta intensidad (HIPEF) y ultrasonido, en la preservación de compuestos bioactivos en frutas y sus derivados. Se recopilaron estudios de bases de datos científicas, utilizando criterios de elegibilidad que priorizaron investigaciones recientes y metodologías robustas. Los resultados mostraron que tecnologías como el HPP y el HIPEF preservan mejor los antioxidantes y los fenoles en comparación con los tratamientos térmicos tradicionales, que tienden a reducir la capacidad antioxidante. En estudios específicos, el uso de microondas y ultrasonido mejoró la extracción de compuestos bioactivos, mientras que el tratamiento térmico convencional disminuyó significativamente los niveles de antocianinas en algunos productos, como el jugo de uva. En conclusión, las nuevas tecnologías presentan una alternativa prometedora para mantener el valor nutricional y los compuestos bioactivos en productos procesados, siendo crucial su aplicación en la industria para cumplir con los criterios de calidad y seguridad alimentaria, minimizando el impacto negativo de los métodos térmicos tradicionales.



## Palabras clave

Compuestos bioactivos, antioxidantes, frutas, hortalizas, nuevas tecnologías

## ABSTRACT

Fruits and vegetables are essential in the human diet due to their content of bioactive compounds, such as phytochemicals and antioxidants, which play a crucial role in neutralizing free radicals, reducing the risk of various diseases. However, thermal processing can alter the antioxidant capacity of these products, which has prompted the study of new processing technologies to preserve or enhance bioactive compounds. The aim of this study was to perform a systematic review on the effect of non-thermal technologies, such as high-pressure processing (HPP), high-intensity electrical pulses (HIPEF), and ultrasound, on the preservation of bioactive compounds in fruits and their derivatives. Studies were collected from scientific databases, using eligibility criteria that prioritized recent research and robust methodologies. The results showed that technologies such as HPP and HIPEF better preserve antioxidants and phenols compared to traditional thermal treatments, which tend to reduce antioxidant capacity. In specific studies, the use of microwaves and ultrasound improved the extraction of bioactive compounds, while conventional thermal treatment significantly decreased anthocyanin levels in some products, such as grape juice. In conclusion, new technologies present a promising alternative to maintain nutritional value and bioactive compounds in processed products, and their application in the industry is crucial to meet food quality and safety criteria, minimizing the negative impact of traditional thermal methods.

## Keywords

Bioactive compounds, antioxidants, fruits, vegetables, new technologies

## INTRODUCCIÓN

Las frutas poseen componentes funcionales que incluyen fitoquímicos mismos que se puede encontrar alrededor de 100 compuestos diferentes en una porción de fruta o verdura, además los fitoquímicos también actúan para prevenir la aparición de enfermedades como el cáncer, deterioro cognitivo, diabetes, enfermedades cardiovasculares, entre otros (1). Por otro lado, los residuos de frutas que se producen por el procesamiento producen enormes cantidades de desechos que causan importantes pérdidas económicas y un impacto indeseable en el medio ambiente (2).

Sin embargo, en la producción y procesamiento se obtienen también subproductos de frutas, los mismos que poseen una variedad de compuestos bioactivos como fibra dietética, flavonoides, compuestos fenólicos, antioxidantes, polisacáridos y varios otros nutrientes y fitoquímicos que promueven la salud. Estos compuestos bioactivos pueden extraerse y utilizarse como productos de valor añadido en diferentes aplicaciones



industriales, como también se pueden aplicar para fabricar productos nutraceuticos, alimentos funcionales o aditivos alimentarios (3).

Los compuestos bioactivos difieren entre un tipo de fruta con otra, es así que los carotenoides vamos a encontrar en frutas de color amarillo, naranja y rojo como es el caso de zanahorias, calabazas, mangos y melocotones que tienen altas proporciones de  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno, por otro lado, el licopeno tiene presencia en los tomates (4). De la misma forma otros compuestos bioactivos son los polifenoles, en donde en este grupo se encuentran los flavonoides que se encuentra principalmente en el cacao, el chocolate amargo, té verde.

Las antocianinas que son otra fuente de antioxidantes encontramos en las bayas y ayudan a la inhibición de las células tumorales y la protección de la piel contra la radiación ultravioleta, pero así también las antocianinas son propensas a la degradación cuando se exponen a la luz, iones metálicos y tratamiento térmico (5)(6). Se han realizado una gran cantidad de estudios tanto in vitro como in vivo para analizar el efecto de compuestos bioactivos como son los polifenoles en sujetos, es así que los investigadores (7) realizaron una búsqueda bibliográfica sistemática, en donde recopilaban alrededor de 90 estudios en humanos sobre la ingesta de polifenoles con dietas diferentes. Los resultados mostraron que la población consume un estimado de 0.9 g/día, en donde las principales fuentes alimentarias fueron café, té, vino tinto, frutas y verduras. Los efectos del mencionado estudio en la salud humana se asociaron con la disminución de enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus, obesidad y en donde la mortalidad también se observó disminuida.

Las aplicaciones de tecnologías convencionales como es el caso de la pasteurización en los zumos de frutas alteran su estabilidad en las moléculas termolábiles, además, que también se reduce el valor nutricional al perder sus propiedades como vitaminas, minerales, por lo que la aplicación de tecnologías no térmicas podría ser una solución prometedora para cumplir con los criterios de calidad, valor nutricional, y seguridad del producto (8).

En la actualidad los investigadores se centran en diferentes técnicas innovadoras para preservar los compuestos bioactivos de frutas y sus derivados, como lo es, ultra sonido de alta potencia (HPU), campo eléctrico pulsado (PEF) y procesamiento de alta presión (HPP), lo importante y lo que se resalta de todas estas nuevas tecnologías es que posee bajo consumo de energía, reducción de gases de efecto invernadero, por lo que la contaminación ambiental va a ser menor al ser considerados tecnologías sostenibles (9)(10). Entre los beneficios de las nuevas tecnologías están que pueden extender la vida útil, conservando al mismo tiempo el valor nutricional y sensorial. Estas tecnologías operan a temperaturas más bajas y con tiempos de procesamiento más cortos, al mismo tiempo garantizan la seguridad microbiológica, la inactivación de las enzimas y una mayor estabilidad de zumos de frutas (11).

La aplicación de una nueva tecnología como es el de procesamiento de campos eléctricos pulsados (PEF) como alternativa a la pasteurización de jugos de frutas ha mostrado buenos resultados, siendo así que no hay deterioro significativo de la calidad nutricional o sensorial del jugo de frutas. El procesamiento de PEF implica la aplicación



de un alto voltaje (aproximadamente  $50 \text{ kV cm}^{-1}$ ) en un tiempo muy corto ( $\mu\text{s}$  a  $\text{ms}$ ) a los alimentos colocados entre dos electrodos. Aquí, los parámetros principales son la temperatura y el tiempo, la intensidad del campo eléctrico y la entrada de energía (12) (13).

Otra técnica con gran potencial es la aplicación del uso de ultrasonidos (US) ya que la energía acústica se transmite inmediatamente por todo el volumen del zumo de frutas, lo que acorta significativamente el tiempo de tratamiento, acelerando reacciones bioquímicas y provocando inactivación enzimática y microbiana. Además, su menor consumo de energía y costos potencialmente más bajos hacen que este método sea apropiado para uso industrial (14). Para la aplicación de esta tecnología se lo realiza con una potencia de ( $10\text{--}1000 \text{ Wcm}^{-2}$ ) a bajas frecuencias ( $20\text{--}100 \text{ kHz}$ ) (15) (16). La aplicación de la tecnología de alta presión (HPP) se considera el mejor método no térmico utilizado para la conservación de alimentos, esto debido que al aplicar HPP se rompen los enlaces no covalentes en enzimas, y moléculas de las membranas celulares, lo que da como resultado la inactivación microbiana. Dado que las esporas bacterianas son bastante resistentes al HPP, a menudo se combinan con altas temperaturas para hacer que el proceso sea más eficiente (17).

Con el fin de recopilar información, este trabajo tiene como objetivo principal realizar una búsqueda sistemática de diferentes estudios acerca de la aplicación de nuevas tecnologías y el efecto en los compuestos bioactivos de frutas y sus derivados, especificando las diferencias con las tecnologías tradicionales, presentando también los mejores resultados de preservación de fitoquímicos en investigaciones realizadas tanto in vitro como in vivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta revisión, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en las bases de datos científicas Web of Science, Scopus, PubMed y Google Académico. El objetivo fue identificar estudios relevantes sobre la aplicación de nuevas tecnologías y su efecto en los compuestos bioactivos de frutas y sus derivados. Se definieron un conjunto de palabras clave relacionadas con el tema, tales como: “new technologies in fruit”, “bioactive compounds of fruits”, “phytochemicals fruits and derivatives”, y “new technologies in plant foods”. Los términos de búsqueda se combinaron utilizando operadores booleanos como “AND”, “IN” y “OF” para garantizar la inclusión de artículos que contuvieran estas palabras clave en el título, resumen o cuerpo del texto.

### Proceso de selección de estudios

Inicialmente, se identificaron 97 artículos relevantes. Para asegurar la calidad y relevancia de los estudios incluidos, se siguió un proceso de selección riguroso. Primero, se revisaron los títulos y resúmenes de cada artículo para determinar su alineación con el tema central de la revisión. Aquellos que no proporcionaban información directa o no abordaban el efecto de las tecnologías sobre los compuestos bioactivos fueron descartados. Este proceso redujo el total de estudios a 27 artículos.



## Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad para incluir estudios fueron los siguientes:

- Tipo de estudio: Se incluyeron artículos originales y de revisión (reviews), además de capítulos de libros que trataban temas como el efecto de nuevas tecnologías en la conservación de compuestos bioactivos en frutas.
- Idioma: Se consideraron artículos publicados tanto en inglés como en español.
- Fecha de publicación: Aunque se priorizaron estudios recientes, algunos artículos más antiguos también se incluyeron si aportaban valor teórico relevante.

## Evaluación de la calidad de los estudios

La calidad de cada artículo fue evaluada mediante un conjunto de criterios estandarizados, tales como:

- Relevancia temática: Se verificó que cada estudio abordara directamente los compuestos bioactivos de frutas y su relación con las tecnologías aplicadas.
- Rigor metodológico: Se consideraron aquellos estudios que utilizaron métodos científicos validados, como análisis estadísticos robustos y descripciones detalladas de las tecnologías aplicadas.
- Transparencia en los resultados: Los estudios debían proporcionar resultados claros y bien documentados, con interpretaciones que respaldaran las conclusiones presentadas.

## RESULTADOS

**Tabla 1.** Comparación de nuevas tecnologías y su efecto en los compuestos bioactivos de frutas y derivados

Autores	Tema	Tratamiento térmico	Método de análisis	Resultados
Cervantes-Paz et al., (18)	Efecto del procesamiento térmico sobre el perfil de pigmentos y la capacidad antioxidante de chiles jalapeños verdes y rojos	T1 se llevó a cabo una cocción de hervido a 94°C T2 fue a la parrilla a 210°C T3 control	DPPH FRAP	Los resultados mostraron que los pimientos rojos presentan una mayor capacidad antioxidante que los pimientos verdes, esto se puede deber posiblemente a que los pimientos rojos poseen altos niveles de capsantina, carotenoides y ácidos como palmítico, mirístico y láurico.  Después del tratamiento térmico hervido, los resultados mostraron una disminución en la capacidad antioxidante para los pimientos



Cheng et al., (19)	Efecto del tratamiento térmico sobre los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en la cascara de toronja	120 °C durante 30, 60 y 90 min 90 y 150°C durante 30 min	ABTS FRAP Fenoles totales	El contenido de fenoles totales aumentó de 37,33 a 47,20 mg/g Mediante el método ABTS la capacidad antioxidante total aumentó de 43,66 a 58,21 mg/g Y por el ensayo FRAP también aumentó de 19,66 a 33,14 mg/g.
Odriozola-Serrano et al.,(20)	Actividad antioxidante de jugos de fresa y mango tratados térmicamente o no térmicamente	Tratamiento de pulsos eléctricos de alta intensidad (HIPEF) Jugo de fresa: frecuencias de 100 hercios durante 1700 µs Jugo de mango de 200 hercios durante 1500 µs Tratamiento convencional: Jugo de fresa y mango: 90°C durante 60 seg	ABTS FRAP	Los resultados de esta investigación mostraron que al ser metodologías innovadoras la capacidad antioxidante no se ve afectada Se refiere mejor que los (HIPEF) induce a una capacidad antioxidante más efectiva.
Fonteles et al., (21)	Efecto de la sonicación sobre los compuestos bioactivos del bagazo de anacardo	Se realizo mediante un procesador de ultrasonidos de 500 W, en donde se aplicaron tratamientos en donde fue variando la potencia desde 75 W hasta 373 W y de la misma manera el tiempo de aplicación fue de 2; 6 y 10 minutos.	DPPH ABTS Fenoles totales	Los resultados mostraron que los fenoles totales fueron resistentes a esta tecnología por ultrasonidos siendo el mejor tratamiento de sonicación de 6 minutos y de potencia de 226 W, mientras que la capacidad antioxidante aumento en todos los tratamientos después de someter a esta técnica.
Sogi et al., (22)	Efecto del tratamiento térmico mediante infrarrojos sobre los fenoles totales y capacidad antioxidante del mango	El primer grupo se sometieron a tratamiento de infrarrojos durante 10 minutos a una temperatura de 80°C, el segundo grupo fue el tratamiento testigo en donde no se sometió a tratamientos de	DPPH, ABTS ORAC	Los resultados reportaron que para el caso de los fenoles totales y de las propiedades antioxidantes según los diferentes ensayos, el tratamiento térmico con infrarrojos mejoró significativamente las propiedades antioxidantes y fenoles totales de los mangos. En general, los



infrarrojos.

resultados sugieren que el tratamiento térmico por infrarrojos podría ser una técnica útil para mejorar las propiedades antioxidantes de los mangos

Papoutsis et al (23)	Efecto del pretratamiento con microondas sobre los niveles de compuestos fenólicos totales, flavonoides, proantocianidinas y compuestos principales individuales, así como la actividad antioxidante total del orujo de limón deshidratado	El polvo de orujo de limón deshidratado se colocó en un vaso de precipitados de 100 ml y se calentó en el microondas a 120, 240, 360, 480 y 600 W, entre 2 y 5 min, después del tratamiento con microondas, se dejó de enfriar a temperatura ambiente, como control se empleó polvo no calentado.	FRAP CUPRAC DPPH Fenoles totales	La actividad antioxidante de los extractos aumentó con el aumento de la potencia de microondas, sin embargo, la irradiación de más de 480 W durante 5 min resultó en la disminución de la actividad antioxidante de los tres ensayos. La actividad antioxidante más alta (DPPH, FRAP y CUPRAC) y de los compuestos fenólicos se logró a 360 W durante 5 min en comparación con la capacidad antioxidante de la muestra no tratada
Jiménez-Aguilar et al., (24)	Efecto de la alta presión hidrostática HHP sobre el contenido de compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante de las bebidas de higo	Se utilizaron dos métodos, el primero una esterilización por calor (131 °C/2 s) y el otro método se trataron HHP a 400 MPa con temperatura del agua 30°C durante 1; 2; 4; 8 y 16 min, y a 550 MPa (temperatura del agua 33°C) durante 20 s; 40 s; 1; 1.5; 2; 2.5 y 4 min.	Fenoles totales AOAC	el tratamiento con HHP a 550 MPa durante 2-4 minutos aumento significativamente el contenido de compuestos fenólicos en ambas variedades de bebidas, mientras que el tratamiento térmico resulto en pérdidas significativas de estos compuestos. Para el caso de la capacidad antioxidante total al aplicar la HHP a bebidas de tuna cristal y rojo san martín a 550 MPa durante 40 s a 4 min, se observó un aumento estadísticamente significativo en los niveles de capacidad antioxidante.
Chang et al (25)	Estudio de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de la de uva blanca que fue tratada con procesamiento de alta presión (HPP) y pasteurización	Para el tratamiento de HPP se llevó a cabo a 300 a 600 MPa por tres minutos. La temperatura inicial era de 20°C, la temperatura del agua aumentaba 3°C por cada 100 MPa. Para el tratamiento TP el jugo se colocó en	ABTS	Los resultados difirieron uno con el otro, siendo así que mediante el tratamiento de HPP la capacidad antioxidante total se presentó un elevado contenido de antioxidantes, mientras que el tratamiento de TP hubo una disminución de antocianinas. Lo que refiere que el tratamiento



	térmica (TP), durante un período de 20 días de almacenamiento refrigerado.	bolsas de polietileno y se llevó a baño maría a 90°C por 60 segundos. Para el análisis de la capacidad antioxidante se realizó mediante el método ABTS.		HPP mantuvo los parámetros generales de calidad del jugo de uva blanca, extendiendo así efectivamente la vida útil durante el almacenamiento en refrigeración.
Somsong & Duangmal, (26)	Estudio de la cantidad real de antioxidantes, de cuatro zumos de fruta de Mao que se encuentran en el mercado y el jugo recién exprimido que sirvió como referencia	Todas las muestras para el jugo recién exprimido de referencia se almacenaron durante la noche en cajas de plástico durante el transporte al laboratorio. Las muestras se clasificaron a mano para eliminar la fruta dañada o inmadura. Luego se almacenó en un refrigerador a 4 °C y se usó para preparar jugo fresco al día siguiente. Se preparó licuando la fruta en una licuadora comercial durante 30 segundos.	FRAC ORAC	Los resultados mostraron que el jugo de referencia presenta mejores cantidades de capacidad antioxidante que los jugos comerciales, esto se puede deber posiblemente a que en los jugos comerciales influyen factores como el tratamiento térmico, formulación del producto, el medio de almacenamiento
		Las muestras pasteurizadas se prepararon calentando jugos frescos a 80°C durante 15 min.		

Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN

En el presente estudio, los resultados obtenidos sobre la influencia de los diferentes tratamientos térmicos y métodos innovadores en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de varios alimentos muestran tanto coincidencias como divergencias en relación con investigaciones previas. A continuación, se realiza una comparación exhaustiva con estudios representativos, estableciendo puntos en común y diferencias significativas que podrían enriquecer la comprensión de los efectos de los procesos de tratamiento sobre los compuestos bioactivos.

En el presente análisis sobre la influencia de nuevas tecnologías en los compuestos bioactivos de frutas y sus derivados, se han identificado tendencias y divergencias



significativas respecto a estudios previos. La comparación de estos estudios demuestra cómo diferentes tratamientos térmicos y no térmicos afectan la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos, lo que ofrece un panorama más claro sobre el impacto de estas tecnologías en la calidad nutricional de los productos vegetales.

Un estudio reciente de (7) evaluó el impacto de la presión hidrostática en frutas y sus derivados. Los autores observaron que este tratamiento preserva mejor la actividad antioxidante durante el almacenamiento prolongado en comparación con los tratamientos térmicos convencionales. Este hallazgo es consistente con investigaciones como la de (12), quienes señalaron que la aplicación de campos eléctricos pulsados (PEF) permite la conservación de los nutrientes y la calidad física de las bebidas de frutas, manteniendo altos niveles de compuestos antioxidantes y mejorando la estabilidad de los fenoles totales. Estos resultados indican que los métodos no térmicos, como la presión hidrostática y los campos eléctricos pulsados, son más efectivos para la preservación de la calidad de los productos frescos que los tratamientos térmicos.

En otro estudio, analizaron las tecnologías de preservación basadas en barreras múltiples en jugos funcionales. Los autores concluyeron que los procesos combinados de ultrasonido y campos eléctricos pulsados lograron mantener un nivel estable de antioxidantes en el jugo, sin que el tratamiento alterara significativamente el perfil sensorial del producto. En comparación con tratamientos térmicos, que frecuentemente disminuyen el contenido de antioxidantes y otros compuestos bioactivos, los métodos no térmicos han demostrado ser más favorables en cuanto a la preservación de las propiedades funcionales de los alimentos (27).

En una revisión sobre la valorización de desechos de frutas para la obtención de compuestos bioactivos, también destacaron la efectividad del tratamiento con microondas para mejorar la extracción de fenoles y flavonoides (3). Este enfoque es similar al estudiado por (8), quienes investigaron la relación entre la ingesta de polifenoles y la salud humana, señalaron que los procesos industriales, como la pasteurización, pueden reducir el contenido de estos compuestos en los productos finales, mientras que las tecnologías emergentes, como los ultrasonidos y los pulsos eléctricos, permiten una mayor preservación de estos nutrientes críticos para la salud.

Por otro lado, en el estudio de los autores (13) compararon los niveles de compuestos bioactivos en vegetales cultivados de manera orgánica y convencional. Sus resultados indicaron que los métodos orgánicos tienden a producir alimentos con mayor concentración de antioxidantes y fenoles, lo cual se atribuye a la menor exposición de los productos a tratamientos térmicos intensivos. En su revisión, argumentan que los métodos de procesamiento no térmicos, como la presión hidrostática y el uso de ultrasonido, son cruciales para mantener estos niveles elevados de compuestos bioactivos, tanto en productos frescos como en derivados.

(1) estudiaron los efectos del procesamiento con ultrasonido en jugos de frutas, señalando que este tratamiento conserva significativamente los antioxidantes y reduce la pérdida de fenoles totales en comparación con los tratamientos térmicos convencionales. El ultrasonido ha mostrado ser eficaz para evitar la degradación de compuestos bioactivos, lo que coincide con los hallazgos de (15), quienes también reportaron que



los métodos no térmicos tienden a preservar mejor la calidad nutricional durante el almacenamiento a largo plazo.

## CONCLUSIONES

Una vez analizada la información sobre las aplicaciones de nuevas tecnologías y su efecto en los compuestos bioactivos de frutas y sus derivados, se observó que algunos autores reportan diferencias en los resultados. En un estudio sobre pimientos rojos y verdes, después de ser sometidos a tratamientos térmicos (hervido a 94°C y parrilla a 210°C), se evidenció una reducción en su capacidad antioxidante, posiblemente debido a la inactivación de enzimas oxidativas al aumentar la temperatura.

De manera similar, en un estudio sobre las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de la uva, se encontró que el tratamiento de alta presión hidrostática (HPP) mantuvo un elevado contenido de antioxidantes, mientras que el tratamiento de pasteurización térmica (TP) resultó en una disminución de antocianinas.

Asimismo, el análisis destaca que la aplicación de tecnologías innovadoras, como los pulsos eléctricos de alta intensidad y la sonificación, puede preservar e incluso aumentar la capacidad antioxidante de las muestras vegetales, probablemente debido a la eliminación de radicales libres.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

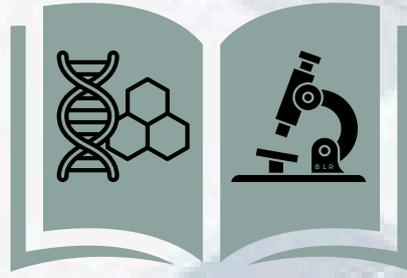
1. Srividya AR, Venkatesh N, Vishnuvarthan VJ. Nutraceutical as medicine. *An Int J Adv Pharm Sci.* 2010;1(2):132-45. [www.pharmanest.in](http://www.pharmanest.in)
2. Trigo JP, Alexandre EMC, Saraiva JA, Pintado ME. High value-added compounds from fruit and vegetable by-products – Characterization, bioactivities, and application in the development of novel food products. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2020;60(8):1388-416. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1572588>
3. Nirmal NP, Khanashyam AC, Mundanat AS, Shah K, Babu KS, Thorakkattu P, et al. Valorization of fruit waste for bioactive compounds and their applications in the food industry. *Foods.* 2023;12(3):556. <https://doi.org/10.3390/foods12030556>
4. Kazimierczak R, Gorka K, Hallmann E, Średnicka-Tober D, Lempkowska-Gocman M, Rembiałkowska E. The comparison of the bioactive compounds content in selected leafy vegetables coming from organic and conventional production. *Res Appl Agric Eng.* 2016;61:218-23.
5. Wang Y, Lin J, Tian J, Si X, Jiao X, Zhang W, et al. Blueberry malvidin-3-galactoside suppresses hepatocellular carcinoma by regulating apoptosis, proliferation, and metastasis pathways in vivo and in vitro. *J Agric Food Chem.* 2019;67(2):625-36. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06209>
6. Di Lorenzo C, Colombo F, Biella S, Stockley C, Restani P. Polyphenols and human health: The role of bioavailability. *Nutrients.* 2021;13(1):273. <https://doi.org/10.3390/nu13010273>
7. Pérez-Lamela C, Franco I, Falqué E. Impact of high-pressure processing on antioxidant activity during storage of fruits and fruit products: A review. *Molecules.* 2021;26(17):5265. <https://doi.org/10.3390/molecules26175265>



8. Bo' C, Bernardi MR, Porrini M, Tucci M, Guglielmetti S, Cherubini A, et al. Systematic review on polyphenol intake and health outcomes: Is there sufficient evidence to define a health-promoting polyphenol-rich dietary pattern? *Nutrients*. 2019;11(6):1355. <https://doi.org/10.3390/nu11061355>
9. Bevilacqua A, Petruzzi L, Perricone M, Speranza B, Campaniello D, Sinigaglia M, et al. Nonthermal technologies for fruit and vegetable juices and beverages: Overview and advances. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2018;17(1):2-62. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12299>
10. Djekic I, Sanjuán N, Clemente G, Jambrak AR, Djukić-Vuković A, Brodnjak UV, et al. Review on environmental models in the food chain - Current status and future perspectives. *J Clean Prod*. 2018;176:1012-25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.241>
11. Singh S, Shalini R. Effect of hurdle technology in food preservation: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016;56(4):641-49. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761594>
12. Gabrić D, Barba FJ, Roohinejad S, Gharibzahedi SMT, Radojčin M, Putnik P, et al. Pulsed electric fields as an alternative to thermal processing for preservation of nutritive and physicochemical properties of beverages: A review. *J Food Process Eng*. 2018;41(1). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12638>
13. Koubaa M, Barba FJ, Bursać Kovačević D, Putnik P, Santos MD, Queirós RP, et al. Pulsed electric field processing of fruit juices. In: *Fruit Juices*. Elsevier; 2018. p. 437-49. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00022-9>
14. Snyder AB, Worobo RW. The incidence and impact of microbial spoilage in the production of fruit and vegetable juices as reported by juice manufacturers. *Food Control*. 2018;85:144-50. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.09.025>
15. Tiwari BK. Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends Anal Chem*. 2015;71:100-9. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.04.013>
16. Swamy GJ, Muthukumarappan K, Asokapandian S. Ultrasound for fruit juice preservation. In: *Fruit Juices*. Elsevier; 2018. p. 451-62. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00023-0>
17. Roobab U, Aadil RM, Madni GM, Bekhit AE. The impact of nonthermal technologies on the microbiological quality of juices: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2018;17(2):437-57. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12336>
18. Cervantes-Paz B, Yahia EM, Ornelas-Paz JDJ, Victoria-Campos CI, Ibarra-Junquera V, Pérez-Martínez JD, et al. Antioxidant activity and content of chlorophylls and carotenoids in raw and heat-processed Jalapeño peppers at intermediate stages of ripening. *Food Chemistry*. 2012;133(3):902-10.
19. Cheng GW, Fowke EA, Singh NP, Raghuvanshi SS. Effect of heat treatment on phenolic compounds and antioxidant capacity of grapefruit peel extracts. *J Food Sci*. 2007;72(1)
20. Odriozola-Serrano I, Soliva-Fortuny R, Hernández-Jover T, Martín-Belloso O. Impact of high-intensity pulsed electric fields or thermal treatments on quality attributes of strawberry and mango juices. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 2016;37:487-93.
21. Fonteles TV, de Brito ES, Fernandes FAN, Rodrigues S. Ultrasound processing of coconut water: impact on quality and bioactivity. *Food Res Int*. 2017;77:92-9.



22. Sogi DS, Siddiq M, Roidoung S, Dolan KD. Total phenolics, carotenoids, ascorbic acid, and antioxidant properties of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L., cv. Tommy Atkin) as affected by infrared heat treatment. *J Food Sci.* 2012;77(11). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02933.x>
23. Papoutsis K, Pristijono P, Golding JB, Stathopoulos CE, Bowyer MC, Scarlett CJ, et al. Enhancement of the total phenolic compounds and antioxidant activity of aqueous Citrus limon L. pomace extract using microwave pretreatment on the dry powder. *J Food Process Preserv.* 2017;41(5). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13152>
24. Jiménez-Aguilar DM, Escobedo-Avellaneda Z, Martín-Belloso O, Gutiérrez-Urbe J, Valdez-Fragoso A, García-García R, et al. Effect of high hydrostatic pressure on the content of phytochemical compounds and antioxidant activity of prickly pears (*Opuntia ficus-indica*) beverages. *Food Eng Rev.* 2015;7(2):198-208. <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9111-5>
25. Chang YH, Wu SJ, Chen BY, Huang HW, Wang CY. Effect of high-pressure processing and thermal pasteurization on overall quality parameters of white grape juice. *J Sci Food Agric.* 2017;97(10):3166-72. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8160>
26. Somsong P, Duangmal K. Bioactive compounds and antioxidant activity in commercial Mao juice products in Thailand. *Acta Hort.* 2018;1213:379-86. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1213.55>
27. Putnik P, Pavlić B, Šojić B, et al. Innovative hurdle technologies for the preservation of functional fruit juices. *Foods.* 2020;9(6):699. <https://doi.org/10.3390/foods9060699>



# VITALYSCIENCE

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

VitalyScience Revista Científica  
Multidisciplinaria  
Código Postal 060102

☎ Contacto +593 983 204 362

✉ publicaciones@vitalyscience.com Tipo  
de publicación: periódica Frecuencia de  
publicación: bianual

Marzo - agosto | septiembre - febrero

Soporte: en línea

Temas: Multidisciplinarios

Subtemas: Multidisciplinarios Editorial:  
VitalyScience

Revista: Arbitrada

Institución: Privada

Volumen 2 N°3

15 de marzo de 2024