

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 Chiriboga¹

Investigador independiente

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
Nanotecnología: 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.
Recubrimientos Bioactivos: 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.
Microencapsulación: 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.
Pulvimetalurgia: 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.
Electrohilado: 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 pueden ser utilizadas para formar recubrimientos (11).

mayor resistencia.

finas y porosas.

-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.
Pimiento	Quitosano y ácido láctico	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
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
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. 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