

# Recubrimientos de frutas con biopelículas

M.C. Vázquez-Briones\* y J. A. Guerrero-Beltrán

Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla.

Ex hacienda Sta. Catarina Mártir S/N, San Andrés, Cholula, Puebla. C.P.72810. México.

---

## RESUMEN

El uso de recubrimientos comestibles es una tecnología que está ganando importancia para prolongar la vida útil de frutas frescas y mínimamente procesadas, debido a que actúan como una barrera contra la humedad. La pérdida de humedad en frutas, disminuye su firmeza y su peso provocando cambios en el sabor y la apariencia. Además presentan permeabilidad a gases, en fruta almacenada disminuye su respiración, evita pérdida de compuestos volátiles y retarda la oxidación enzimática. Éstos reducen la abrasión durante la manipulación de la fruta y son portadores de ingredientes funcionales (antimicrobianos y antioxidantes). Se elaboran a partir de lípidos, polisacáridos, proteínas o combinaciones. Actualmente es una investigación de gran alcance, debido a la necesidad del consumo de alimentos saludables. El propósito de esta revisión es presentar avances que se tienen en los últimos años de recubrimientos comestibles aplicados en frutas así como biopolímeros utilizados en su formulación.

**Palabras clave:** recubrimientos, películas comestibles, frutas recién cortadas.

## ABSTRACT

The use of edible coatings is a technology that is gaining importance to extend the shelf life of fresh and minimally processed fruits, because they act as a barrier against moisture, humidity reduce fruit loss weight and causes changes in texture, flavor and appearance; also exhibit gas permeability, decreases in stored fruit respiration, prevents loss of volatile compounds and retards enzymatic oxidation. These reduce abrasion during handling of the fruit and are carriers of functional ingredients (antimicrobial and antioxidants). It is formulated from lipids, polysaccharides and proteins, alone or in combinations. This technology is currently a wide area of research due to the actual need of healthy food free of synthetic additives. The aim of this review is to present advances in recent years of the use of different biopolymers used for edible coatings in fruits to increase its shelf life.

**Keywords:** coatings, edible films, fresh-cut fruits.

\* Programa de Doctorado  
en Ciencia de Alimentos  
Tel.: +52 222 229 2126  
Fax: +52 222 229 2727  
Dirección electrónica:  
maria.vazquezbs@udlap.mx

## Introducción

Los cambios en el estilo de vida que la gente experimenta en los últimos años, así como su mayor consciencia de la importancia de ingerir alimentos saludables, han causado un incremento en el consumo de alimentos listos para comer, en especial de frutas mínimamente procesadas (García, Ventosa, Díaz y Casariego, 2011). El consumir frutas presenta beneficios a la salud debido a los nutrientes presentes. La introducción de frutas frescas con procesamiento mínimo en los mercados es una forma de incrementar su consumo.

Aplicar recubrimientos comestibles en frutas a partir de fuentes renovables, como lípidos, polisacáridos y proteínas, así como mezclas de éstos, disminuyen su tasa de respiración, retrasan su pérdida de peso por deshidratación, prolongan su pérdida de firmeza y pigmentación, causado por microorganismos. Además se inhibe el pardeamiento enzimático y reacciones metabólicas asociadas con la maduración y se promueve la conservación de propiedades mecánicas y se conservan las características sensoriales ya que se retrasa la maduración y se incrementa la vida útil de la fruta. Lo anterior debido a que los recubrimientos proporcionan una barrera semi-permeable a los gases y al vapor de agua, además puede actuar como portadores de ingredientes funcionales como agentes antimicrobianos y antioxidantes.

El uso de recubrimientos comestibles es una tecnología que ha sido aplicada desde hace algunos años. Actualmente es una alternativa de investigación de gran alcance, debido a la necesidad del consumo de alimentos saludables como frutas con un mínimo procesamiento y libres de aditivos sintéticos. El objetivo de esta revisión es presentar los avances en el uso de biopolímeros utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles y su aplicación en frutas para incrementar su vida útil.

## Revisión bibliográfica

### 1. Frutas

Las frutas son infrutescencias o partes carnosas de órganos florales que han alcanzado un grado de madurez adecuado y que son aptas para el consumo. Botánicamente, un fruto es un ovario maduro o el ovario con sus partes adyacentes, es decir, el órgano portador de la semilla. Cualquiera que sea su origen, el fruto está compuesto principalmente por tejido parenquimatoso. Los tejidos se hallan deficientemente desarrollados

en la mayoría de los casos, aunque existen excepciones, como en la piña, donde el tejido estructural es amplio. Las frutas varían mucho en tamaño (moras y sandía), estabilidad (manzanas y peras), jugosidad (uvas y plátanos), semillas (manzanas y mangos), dureza de la piel (frambuesa e higos), textura (piñas y kiwis), acidez y contenido de azúcar (limones y melones) (Coenders, 2004).

### 1.1 Importancia del consumo de frutas

Actualmente los consumidores no tienen tiempo para preparar comida, por lo que buscan alimentos listos para comer. Las frutas son una alternativa a esta problemática (Bierhals, Chiumarelli y Hubinger, 2011).

Debido al aumento de obesidad y sus factores de riesgo, la Organización Mundial de la Salud (OMS, por sus siglas en inglés), el Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer (WFCR) y el Instituto Americano de Investigación del Cáncer (AICR), entre otros, han señalado que existe evidencia de que el consumo de al menos cinco porciones de frutas y verduras todos los días, disminuye el riesgo de diversas enfermedades no transmisibles, como la diabetes tipo 2, las enfermedades cardiovasculares y diversos tipos de cáncer (Mardones, Olivares, Araneda y Gómez, 2009).

La razón por la cual es necesario el consumo de frutas es por su valor nutritivo (aporte de vitamina C y A, fibra y minerales) (Jahan, Gosh, Begum y Saha, 2011). Un consumo adecuado de frutas trae beneficios a la salud (López-Guevara *et al.*, 2009), debido a la presencia de antioxidantes que disminuyen el estrés oxidativo previniendo o retardando algunas enfermedades (Saxena, Saxena, y Pradhan, 2012; Halliwell, 2012).

Un alimento conservado a diferencia de uno procesado es un producto que apenas cambia durante su elaboración, en el cual el método de conservación no modifica su individualidad como alimento. Existen varios métodos de conservación de frutas los cuales se basan en factores que afectan el crecimiento de los microorganismos y los cambios bioquímicos causados por enzimas. Dichos métodos pueden basarse en el control de temperatura, humedad, acidez o presencia de oxígeno, sin embargo el consumidor busca alimentos que conserven sus características nutricionales y sensoriales (Barbosa-Cánovas *et al.*, 2003).

### 1.2 Procesamiento mínimo

Las ventajas que exhiben las frutas con un procesamiento mínimo, es que presentan características organolépticas y nutricionales similares a las frutas frescas y son fáciles de manejar por el consumidor. Su mínimo procesamiento consiste en ope-

raciones de clasificación, lavado, pelado y reducción de tamaño (Kerdchoechuen, Laohakunjit, Tussavil, Kaisangsri y Matta, 2011), por lo cual se comercializan como productos para consumo directo o para preparaciones culinarias rápidas. Un mínimo de procesamiento en frutas como papaya, guayaba, piña, mango y melón puede ser considerado como una alternativa a la comida rápida, atendiendo la demanda de alimentos sanos y convenientes (Chiumarelli, Pereira, Ferrari, Sarantopoulos y Hubinger, 2010).

El daño a la calidad de frutas mínimamente procesadas aumenta durante el procesamiento, principalmente debido a la ruptura del tejido vegetal por daños mecánicos, por ejemplo durante las operaciones de pelado y cortado, que pueden acelerar procesos fisiológicos naturales. Esa ruptura desencadena procesos bioquímicos y físicos, que pueden provocar la degradación de color, textura, sabor y aroma del producto, así como alteraciones de origen microbiano disminuyendo la vida útil. Las frutas con procesamiento mínimo se consumen crudas, lo que obliga a extremar buenas condiciones de manipulación y a aplicar otras técnicas que permitan cierta inactivación microbiana (Zhan, Hu y Zhu, 2011).

## **2. Recubrimientos a base de biopolímeros para frutas**

Aunque pareciera que el uso de recubrimientos comestibles en alimentos es nuevo, desde hace mucho tiempo se ha aplicado. Durante los siglos XII y XIII se practicó en China la inmersión en cera de naranjas y limones para retardar la pérdida de agua. En el siglo XVI, en Inglaterra, el recubrimiento con manteca fue utilizado para prevenir la pérdida de humedad en alimentos. Actualmente recubrimientos comestibles son aplicados en una variedad de productos como: embutidos, chocolate, nueces, vegetales y frutas (Kroachta, Baldwin y Nisperos-Carriedo, 1994).

Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz continua delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo. El uso de recubrimientos comestibles en frutas frescas y mínimamente procesadas como cítricos, manzanas y pepinos procesados ha sido utilizado para mantener la calidad y prolongar su vida útil (Lin y Zhao, 2007).

Los recubrimientos comestibles en frutas crean una atmósfera modificada en el interior de éstas, reduciendo la velocidad de transpiración y retrasando el proceso de senescencia (Eum, Hwang, Linke, Lee y Zude, 2009), debido a que crean una barrera semipermeable a gases como  $O_2$ ,  $CO_2$  y vapor de agua. Esto retrasa el deterioro de la fruta causado por la deshidra-

tación, mejora las propiedades mecánicas, ayuda a mantener la integridad estructural del alimento y a retener compuestos volátiles.

La efectividad de un recubrimiento comestible en frutas depende del control de la humectabilidad, y de la capacidad de la matriz para mantener compuestos de diversa funcionalidad (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, sabores y olores) debido a que la pérdida de los componentes afecta el espesor del recubrimiento y su solubilidad en agua.

El uso de recubrimientos comestibles en frutas se basa en algunas características como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua y a microorganismos así como a su aceptabilidad sensorial.

Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material empleado como matriz estructural (conformación), masa molecular, distribución de cargas, condiciones bajo las cuales se preforman los recubrimientos (tipo de solvente, pH, concentración de componentes y temperatura), y el tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes o emulgentes) (Quintero, Pascual y Muñoz, 2010).

Los recubrimientos comestibles se elaboran a partir de una variedad de productos agrícolas y/o residuos de la industrialización de productos de alimentos como se comenta en el siguiente apartado (Campos, Gerschenson y Flores, 2011).

### **2.1 Biopolímeros para recubrimientos comestibles**

Los biopolímeros utilizados para los recubrimientos de frutas, al ser consumidos deben ser inocuos evitando causar riesgos a la salud del consumidor. Las soluciones formadoras de recubrimientos comestibles pueden incluir polisacáridos, compuestos de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos, la última permite aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre ellos (Quintero *et al.*, 2010). Dependiendo de las sustancias que los forman, los recubrimientos comestibles presentan ciertas propiedades mecánicas y de barrera al  $H_2O$ ,  $O_2$  y  $CO_2$ .

#### **2.1.1 Polisacáridos**

Los polisacáridos derivados de celulosa (metilcelulosa MC, hidroximetil celulosa HMC, hidroxipropil metilcelulosa HPMC y carboximetilcelulosa CMC), pectinas, derivados de almidón, alginatos, carragenina, quitosano y gomas, son capaces de constituir una matriz estructural, permitiendo obtener recubrimientos comestibles transparentes y homogéneos, sin em-

bargo, están limitados por su solubilidad en agua y pobre barrera a la humedad y propiedades mecánicas moderadas (Eum *et al.*, 2009). Para mejorar sus propiedades mecánicas se utilizan mezclas con diferentes biopolímeros (Chambi y Grosso, 2011), se adicionan materiales hidrófobos como aceites, ceras o se modifica la estructura del polímero mediante métodos químicos. Un polisacárido que forma recubrimientos mecánicamente resistentes, flexibles, totalmente transparentes y resistentes a grasas y aceites es la celulosa (Lin y Zhao, 2007).

A partir de almidones ricos en amilosa se forman recubrimientos con propiedades mecánicas adecuadas, sin embargo, debido al proceso de retrogradación puede ser afectada esta propiedad (Famá, Flores, Gerschenson y Goyanes, 2006).

Las gomas son polisacáridos de alto peso molecular, poseen propiedades coloidales, se dispersan en agua fría o caliente produciendo soluciones o mezclas con alta viscosidad. El alginato obtenido de algas marinas, tiene la capacidad de formar geles y soluciones viscosas a partir de las cuales se forman recubrimientos bastante frágiles con poca resistencia al agua (Campos *et al.*, 2011).

Las carrageninas son polisacáridos naturales presentes en algas rojas, forman coloides viscosos o geles en medios acuosos, por lo que han sido estudiadas en el área de alimentos como recubrimientos comestibles mezclándolas con compuestos que inhiben el pardeamiento enzimático, presentando una barrera semipermeable contra el aire para controlar la tasa de respiración inicial en frutas mínimamente procesadas (Lee, Park, Lee y Choi, 2003).

Gomas obtenidas a partir de exudados de plantas (arábiga, tragacanto y karaya), de semillas de plantas (garrofin y guar), así como por fermentación microbiana (xantana y gelana) han sido utilizadas como material para elaborar recubrimientos mezclándolas con almidón (Flores, Costa, Yamashita, Gerschenson y Grossmann, 2010; Soares, Lima, Oliveira, Pires y Soldi, 2005; Veiga-Santos, Oliveirab, Ceredac, Alvesd y Scamparini, 2005).

El quitosano es un polímero natural derivado de la desacetilación de la quitina [poli - $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-N-acetil-D- glucosamina], componente principal de las conchas de los crustáceos, polisacárido catiónico de alto peso molecular que exhibe propiedades antibacterianas y actividad antifúngica. Recubrimientos a base de quitosano presentan buenas propiedades mecánicas y permeabilidades selectivas al CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, este polímero se utiliza para mejorar la calidad y prolongar la vida útil de frutas frescas (Djioua *et al.*, 2010).

### 2.1.2 Proteínas

Las proteínas forman recubrimientos con barreras más débiles que los polisacáridos al vapor de agua por su naturaleza hidrofílica, pero por otro lado, desarrollan muy buenas propiedades de barrera al oxígeno, lo que ayuda a controlar el intercambio de gases entre el fruto y el medio ambiente (Baldwin, Nisperos, Hagenmaier y Baker, 1997), así como propiedades mecánicas que son muy favorables para recubrir alimentos (Lin y Zhao, 2007). La capacidad de diferentes proteínas para formar recubrimientos depende de su peso molecular, conformaciones, propiedades eléctricas y estabilidad térmica. Las proteínas de leche son la fuente más común para obtener recubrimientos (Campos *et al.*, 2011). Las proteínas y polisacáridos son biopolímeros hidrófilos y se han combinado para formar recubrimientos comestibles compuestos (Cheng-Pei, Be-Jen y Yih-Ming, 2010).

### 2.1.3 Lípidos

Los lípidos ofrecen una buena barrera de humedad debido a su naturaleza hidrofóbica, lo que reduce la pérdida de agua en frutas recubiertas, además, mejoran el brillo de los frutos, los protegen contra la oxidación y crecimiento microbiano, sin embargo, su naturaleza no polimérica limita su capacidad para formar recubrimientos cohesivos. No obstante, los lípidos en una matriz de polisacárido, proporcionan resistencia mecánica al recubrimiento comestible. Al incorporar lípidos a soluciones de hidrocoloides para formar recubrimientos, se mejoran las características de barrera al agua (Campos *et al.*, 2011).

## 2.2 Propiedades de los recubrimientos

Las propiedades que presentará el recubrimiento comestible dependerán del tipo de material utilizado en la formulación de la solución para elaborar el recubrimiento, de las condiciones de formación del recubrimiento, del tipo de plastificante, de la naturaleza del disolvente, de la velocidad de evaporación del disolvente y de su espesor. En la mayoría de los casos, la efectividad del recubrimiento cuando se aplica a frutas depende fundamentalmente de la permeabilidad al vapor de agua y a los gases así como a sus adecuadas propiedades mecánicas.

El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad en frutas es debido a que crean una barrera física a los gases, produciendo una atmósfera modificada ya que reducen la disponibilidad de O<sub>2</sub> e incrementan la concentración de CO<sub>2</sub> (Avena-Bustillos, Krochta y Saltveit, 1997).

La permeabilidad de una barrera se calcula a partir de una combinación de la Ley de Fick para la difusión, y la Ley de Hen-

ry para la solubilidad. La permeabilidad al vapor de agua es una medida de la facilidad con la que el vapor de agua puede penetrar en un material. Se ha observado que al aumentar la concentración del plastificante se presenta un incremento proporcional de la permeabilidad al agua en recubrimientos comestibles de quitosano con gelatina (Ioannis, Atsuyoshi y Sei-ichi, 1998).

El espesor de los recubrimientos comestibles es un parámetro importante, ya que afecta directamente las propiedades biológicas y la vida útil de la fruta cubierta. La eficacia del recubrimiento depende principalmente del control de la difusión de los componentes del revestimiento, la cual se ve afectada por el espesor de la película (Kroachta *et al.*, 1994). La mayoría de los recubrimientos comestibles son de naturaleza hidrofílica, encontrándose una relación con la permeabilidad al vapor de agua y el espesor de las películas (Gennadios, Weller y Gooding, 1994). A medida que el espesor del recubrimiento aumenta, se incrementa la resistencia a la transferencia de masa a través de ella, en consecuencia, la presión parcial de vapor de agua de equilibrio en la superficie inferior de la película se incrementa (McHugh, Avena-Bustillos y Krochta, 1993).

### **2.3 Formación de recubrimientos**

La primera etapa en la elaboración de películas comestibles es la disolución del material (biopolímero) correctamente en algún disolvente como agua, alcohol, soluciones de ácidos diluidos, o mezclas de disolventes; el material debe quedar dispersado. En algunos casos, es necesario calentar o ajustar el pH de la suspensión que contiene el biopolímero con el fin de disolver la macromolécula.

La segunda etapa consiste en adicionar una sustancia con propiedades plastificantes. Ésta proporcionará al recubrimiento un buen comportamiento mecánico en términos de flexibilidad y resistencia a la rotura, reduciendo la fragilidad. El plastificante más utilizado es el glicerol debido a su mayor estabilidad y compatibilidad con las cadenas biopoliméricas hidrófilas en comparación con el sorbitol, polietilenglicol y azúcares. El plastificante se asocia fisicoquímicamente con la estructura del biopolímero reduciendo la cohesión e interfiriendo con la asociación de las cadenas poliméricas facilitando su deslizamiento por lo que aumenta la flexibilidad del recubrimiento. Una vez dispersados los biopolímeros y adicionado el plastificante, es posible añadir otras sustancias como antimicrobianos, antioxidantes a la solución formadora de película, con el fin de conferir alguna propiedad funcional deseada (Abdollahi, Rezaei y Farzi, 2012).

La tercera etapa consiste en la eliminación del disolvente en exceso, por lo cual se debe realizar un proceso de secado controlado. La velocidad de secado y las condiciones ambientales determinarán el espesor final y las características estructurales del recubrimiento (Campos *et al.*, 2011).

### **2.4 Métodos para aplicar los recubrimientos en el fruto**

Para frutas con superficies irregulares, el método más adecuado es el de inmersión, debido a que se requiere un recubrimiento uniforme (Baldwin *et al.*, 1997). La fruta debe ser lavada y secada previamente, luego se sumerge directamente en la formulación del recubrimiento, posteriormente se deja drenar el material sobrante y se procede al secado, este método es muy aplicado en recubrimientos comestibles con cera en frutas enteras, garantizando un impregnado completo para formar una película membranosa delgada sobre la superficie de la fruta (Djioua *et al.*, 2010). En frutas con superficies lisas y uniformes, el método más utilizado es el de aspersión, ya que se obtienen recubrimientos más delgados y uniformes que los obtenidos por inmersión. La solución se aplica presurizada, mediante la regulación de la presión, para conseguir diferentes tamaños de gota. La aplicación del recubrimiento se realiza con aspersores de alta presión que permiten emplear menos material de recubrimiento. Otros métodos son la aplicación mecánica o manual con brochas (Bosquez, Vernon, Pérez y Guerrero, 2000).

### **2.5 Ejemplos de aplicación de recubrimientos en frutas**

La aplicación de recubrimientos comestibles mejora la vida de anaquel en frutos perecederos y con procesamiento mínimo, en este apartado se darán a conocer frutas que han sido recubiertas utilizando diferentes materiales.

#### **2.5.1 Quitosano**

Los recubrimientos de quitosano han sido aplicados en litchi, papaya, mango, pera, mandarina, fresa, frambuesa y carambola.

En frambuesa se ha observado que disminuye la pérdida de peso, retrasa cambios en el color, acidez titulable y pH durante el almacenamiento, además mejora la calidad de la textura en la fruta congelada y descongelada (Han, Lederer, McDaniel y Zhao, 2004; Han, Zhao, Leonard y Traber, 2004).

Se ha estudiado el quitosano con otros compuestos como el ácido oleico mejorando la actividad antimicrobiana del polímero y la permeabilidad al H<sub>2</sub>O. Recubrimientos con quito-

sano y ácido glutámico, retardan los cambios en las antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos, responsables de los principales cambios en litchi (Caro y Joas, 2005).

En plátano, recubrimientos de quitosano combinado con ácido giberélico reduce la pérdida de peso y mantiene el color, firmeza, acidez, sólidos solubles totales y contenido de ácido ascórbico, prolongando la vida útil de la fruta (Gol y Ramana, 2011).

Por otra parte el quitosano presenta un efecto antifúngico, por ejemplo del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal de la antracnosis en frutos de papaya (Ali, Muhammad, Sijam y Siddiqui, 2010). Además un tratamiento térmico a 50 °C durante 30 minutos previo al recubrimiento en mango, se ha aplicado para incrementar el efecto antimicrobiano del quitosano (Djioua *et al.*, 2010).

### 2.5.2 Almidón y gomas

Los recubrimientos comestibles a partir de almidones obtenidos de fuentes como arroz o yuca, han sido aplicados en toronja, piña, guayaba, pera y mango con la adición de ácido ascórbico, ácido cítrico, lactato de calcio, L-cisteína y fungicidas. Estos recubrimientos disminuyen la tasa de respiración, retrasan la pérdida de peso por deshidratación, prolongan la pérdida de firmeza y pigmentación causado por microorganismos, inhiben el pardeamiento enzimático y reacciones metabólicas asociadas con la maduración, promueven la conservación de propiedades mecánicas y conservan características sensoriales, retrasando la maduración e incrementando la vida útil de la fruta (Botrel, Soares, Camilloto y Fernández, 2010; Chiuramelli *et al.*, 2010; Bierhals *et al.*, 2011; Pereira, Chamhum, Zambolim y Rocha, 2012).

La actividad antifúngica del sorbato de potasio contra mohos como el *Penicillium expansum*, *Cladosporium herbarum* y *Aspergillus niger* que causan el deterioro en manzanas, se incrementa al adicionarlo en formulaciones de recubrimientos de almidón de papa y chícharo (Mehyar, Al-Qadiri, Abu-Blan y Swanson, 2011).

Diab, Biliaderis, Gerasopoulos y Sfakiotakis en 2001, aplicaron recubrimientos a base de pululano en fresas y kiwis presentando éstos una buena barrera a la humedad, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.

Recubrimientos de alginato y gelano en piña incrementan la vida útil de la fruta debido a que proporcionan excelente barrera al O<sub>2</sub>, (Azarakhsh, Osman, Ghazali, Tan y Mohd, 2012).

En mango, recubrimientos formulados con galactomano retrasan el ablandamiento y reducen la pérdida de peso, la actividad enzimática y la peroxidación lipídica (Aguilar *et al.*, 2011).

En manzana, recubrimientos a base de carragenina sola o con ácido ascórbico, reducen la pérdida de humedad, la oxidación y mantienen las características sensoriales de la fruta. Esta goma puede ser portadora de antimicrobianos como lisozima, nisina y extractos de uvas (Lin y Zhao, 2007).

### 2.5.3 Hidroxipropil metilcelulosa y ceras

Una mezcla de hidroxipropil metilcelulosa (HPMC), cera de abeja (BW) y goma laca en formulaciones de recubrimientos, extiende la vida útil de naranjas, mantiene su calidad nutricional y sensorial, además proporciona brillo a la fruta (Contreras-Oliva, Rojas-Argudo y Pérez-Gago, 2011). Una alternativa para disminuir la pérdida de peso y retrasar los cambios de firmeza, color, pH y acidez titulable en ciruela almacenada a temperatura ambiente es el recubrimiento a base de hidratos de carbono (Eum *et al.*, 2009).

Los derivados de celulosa proporcionan una buena barrera a la humedad, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, mantienen la frescura y firmeza en peras, manzanas, bayas y melocotones (Lin y Zhao, 2007).

Las ceras han sido aplicadas en cítricos, melones y peras otorgándoles brillo a las frutas y disminuyendo la pérdida de firmeza. En manzana, la goma laca proporciona esas mismas propiedades a la fruta, sin embargo cuando la fruta es sometida a cambios de temperatura al pasar de una cámara frigorífica a estantes de exhibición, se forma una capa cerosa blanca en la superficie de la fruta.

Recubrimientos de cera natural (candelilla) adicionando aditivos como aloe vera y ácido elálgico, en manzana, plátano y aguacate con procesamiento mínimo, incrementan la vida útil de las frutas (Saucedo-Pompa *et al.*, 2007).

En cereza y uvas, recubrimientos de Aloe vera disminuyen la pérdida de humedad, mantienen la firmeza, controlan la respiración y el desarrollo de maduración en las frutas, además de retrasar el pardeamiento oxidativo y reducir la proliferación de microorganismos (Martínez-Romero *et al.*, 2006; Valverde *et al.*, 2005).

### 2.5.4 Gluten de trigo, proteína de leche y soya

Proteínas vegetales como gluten de trigo con etanol, hidróxido de amonio y glicerol, en formulaciones de recubrimientos aplicados en fresa, conservan el sabor de la fruta por más tiempo (5 días), sin embargo, no presentan buenas propiedades de barrera al agua. Al adicionarle a la formulación cera de abeja, ácido esteárico y ácido palmítico reducen la pérdida de peso hasta un 50%, comparándola con recubrimientos sin lípidos (Tanada-Palmu y Grosso, 2005).



En pasas y cacahuete, recubrimientos de proteína de leche proporcionan una buena barrera al O<sub>2</sub> y a la humedad (Lin y Zhao, 2007).

Pérez-Gago, Serra, Alonso, Mateos y del Rio (2005), elaboraron un recubrimiento a partir de proteína de suero de leche, hidroxipropil metilcelulosa, como fase hidrófila y cera de abeja y carnauba como fase lipídica, para cubrir rebanadas de manzana, logrando una reducción en el oscurecimiento enzimático. Los autores atribuyen este efecto a la alta propiedad de barrera al oxígeno que presentan las proteínas.

Estos mismos autores demostraron que se incrementa el poder antioxidante del ácido ascórbico, cisteína y 4-hexilresorcinol en rebanadas de manzana, al adicionarlos en revestimientos de concentrado de proteína de suero y cera de abejas (Pérez-Gago, Serra, Alonso y del Rio, 2006).

Monedero, Fabra, Talens y Chiralt (2009), elaboraron recubrimientos de proteína de soya presentando éstos, barreras efectivas contra el O<sub>2</sub>, lípidos y compuestos aromáticos, pero no al vapor de agua. Su adición en la formulación con ácido oleico y cera de abeja reduce la permeabilidad al vapor de agua siendo una alternativa para extender la vida útil de frutas.

Recubrimientos formulados con una mezcla de proteína de soya y almidón de yuca, han mostrado retardar la pérdida de peso en fresas durante su almacenamiento e impiden la deshidratación de la fruta, debido al carácter anfifílico y emulgente de la proteína, conservan los atributos sensoriales como color, aroma, acidez y textura (Saavedra, Néstor y Algecira, 2010).

Los recubrimientos a base de proteína de soya en cerezas, presentan buena barrera al vapor de agua (Lim, Stathopoulos y Golding, 2011), mientras que en kiwi y manzana retardan el proceso de senescencia (Xu, Chen y Sun, 2001).

En nuez y manzana, han sido aplicados recubrimientos a base de zeína obtenida de gluten de maíz (Lin y Zhao, 2007). Esta proteína combinada con ácido oleico como plastificante, reduce la pérdida de peso durante el almacenamiento de peras (Scramin *et al.*, 2011).

## **2.6 Ventajas y desventajas de los recubrimientos en frutas**

Algunas desventajas que se presentan en los recubrimientos comestibles son: el espesor, cuando es muy grueso, puede llevar al desarrollo de sabores desagradables (Silva, Lins, Cabrini, Brasileiro y Salomão, 2012); la modificación de la atmósfera interna del fruto, la cual puede incrementar desórdenes asociados con una alta concentración de CO<sub>2</sub> o una baja de O<sub>2</sub>,

afectando parámetros sensoriales en la fruta (Quintero *et al.*, 2010). Además pueden inducir indirectamente cambios del sabor de la fruta debido al retraso de la maduración (Jafarizadeh, Osman, Tan y Abdul, 2012).

Son más las ventajas del uso de recubrimientos comestibles en la protección y conservación de frutas, por ejemplo: crean una atmósfera modificada entre la película y la superficie de las mismas, prolongan la degradación de pigmentos debido a la ausencia de CO<sub>2</sub> y como consecuencia el desarrollo de colores indeseables (Pérez-Guzmán, Saucedo-Veloz y Arana-Errasquín, 1999). Los recubrimientos forman una barrera en la superficie del fruto, modificando la composición gaseosa interna, lo cual disminuye la tasa de respiración y por lo tanto, prolongan la vida postcosecha del producto (Pérez y Báez, 2003), son biodegradables por lo que reducen el impacto al medio ambiente (Du, Olsen, Avena-Bustillos, Friedman y McHugh, 2011), los biopolímeros utilizados en las formulaciones pueden ser acarreadores de diferentes aditivos, tales como antimicrobianos, antioxidantes, nutraceuticos y agentes aromatizantes obtenidos de productos naturales (Ayana y Turhan, 2010; Campos *et al.*, 2011), proporcionan a la fruta mayor estabilidad durante el transporte y almacenamiento, pueden ser consumidos con la fruta ya que se elaboran utilizando materiales considerados GRAS, controlan el desarrollo microbiano, cambios fisiológicos y fisicoquímicos extendiendo la vida útil del fruto entero o con un mínimo de procesamiento.

## **CONCLUSIONES**

En esta revisión se explicó que los recubrimientos comestibles aplicados en frutas pueden ser formulados a base de polisacáridos, proteínas y lípidos así como mezclas de éstos y actuar como portadores de antioxidantes y antimicrobianos. El quitosano es el polímero más utilizado en la formulación de recubrimientos comestibles en frutas. En pera, fresa, frambuesa, cereza, uva, manzana, guayaba, plátano, ciruela, mango, carambola, papaya, cítricos, melones, kiwi, bayas, melocotones, pasas, cacahuates y nuez con un mínimo de procesamiento, los recubrimientos son una alternativa para incrementar su vida útil.

Se concluye en esta revisión que la formulación de recubrimientos comestibles, para ser aplicados en frutas con un mínimo de procesamiento y que éstas mantengan sus propiedades organolépticas y nutricionales, sin causar un daño a la salud del consumidor, son una alternativa de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

La autora María del Carmen Vázquez Briones Agradece al Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) y a la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz por el apoyo en los financiamientos otorgados para los estudios del posgrado.

## REFERENCIAS

- Abdollahi, M., Rezaei, M. y Farzi, G. (2012). Improvement of active chitosan film properties with rosemary essential oil for food packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(4), 847-853.
- Aguilar, P. R., Miranda A. M. R., Lima P.M.A., Mosca J. L., Moreira A.R. y Enéas-Filho J. (2011). Effect of a galactomannan coating on mango postharvest physicochemical quality parameters and physiology. *Fruits*, 66, 269-278.
- Ali, A., Muhammad, M., Sijam, K. y Siddiqui, Y. (2010). Potential of chitosan coating in delaying the postharvest anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) of Eksotika II papaya. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(10), 2134-2140.
- Avena-Bustillos, R., Krochta, J. y Saltveit, E. (1997). Water vapour resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. *Journal of Food Science*, 62, 351-354.
- Ayana, B. y Turhan, N. (2010). Gıda ambalajlamasında antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmler/ kaplamalar ve uygulamaları. *Gıda*, (35), 2, 151-158.
- Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, C. P. y Mohd, A. N. (2012). Optimization of alginate and gellan based edible coating formulations for fresh cut pineapples. *International Food Research Journal*, 19(1), 279-285.
- Baldwin, E. A., Nisperos, M. O., Hagenmaier, R. D. y Baker, R. E. (1997). Use of lipids in coatings for food products. *Food Technology*, 51(6), 56-64.
- Barbosa-Cánovas, G. V., Fernández-Molina, J. J., Alzamora, S. M., Tapiá, M. S., López-Malo, A. y Welti, J. Ch. (2003). Manual Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas. *FAO Agricultural Services Bulletin* 149.
- Bierhals, V. S., Chiumarelli, M. y Hubinger, M. D. (2011). Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh cut pineapple (*Ananas comosus* L. Merril cv 'Pérola'). *Journal of Food Science*, 76(1), E62-E72.
- Bosquez, M. E., Vernon, J. J., Pérez, L. y Guerrero, L. (2000). Películas y cubiertas comestibles para conservación en fresco de frutas y hortalizas. *Industria Alimentaria*, 22, 14-36.
- Botrel, A. D., Soares, F. F., Camilloto, P. G. y Fernández, B. R. (2010). Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. *Ciência Rural*, (40)8, 1814-1820.
- Campos, C., Gerschenson, L. y Flores, S. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), 849-875.
- Caro, Y. y Joas, J. (2005). Postharvest control of litchi pericarp browning (cv. Kwai Mi) by combined treatments of chitosan and organic acids. *Postharvest Biology Technology*, 38, 137-144.
- Chambi, H. y Grosso, C. (2011). Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-polysaccharide-based films. *European Food Research and Technology*, 232(1), 63-69.
- Cheng-Pei, C., Be-Jen, W. y Yih-Ming, W. (2010). Physicochemical and antimicrobial properties of edible aloe/gelatin composite films. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(5), 1050-1055.
- Chiumarelli, M., Pereira, L., Ferrari, C., Sarantopoulos, C. y Hubinger, M. (2010). Cassava starch coating and citric acid to preserve quality parameters of fresh cut "Tommy Atkins" mango. *Journal of Food Science*, 75(5), E297-E304.
- Coenders, A. (2004). *Química culinaria: frutas, frutos secos, gomas y legumbres*. España: Acribia, S.A.
- Contreras-Oliva, A., Rojas-Argudo, C. y Pérez-Gago, M. B. (2011). Effect of solid content and composition of hydroxypropyl methylcellulose lipid edible coatings on physicochemical, sensory and nutritional quality of 'Valencia' oranges. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(11), 2437-2445.
- Diab, T., Biliaderis, C. G., Gerasopoulos, D. y Sfakiotakis, E. (2001). Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 81, 988-1000.
- Djioua, T., Charles, F., Freire, M., Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M. y Sallanon, H. (2010). Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 45(4), 849-855.
- Du, W., Olsen, C., Avena-Bustillos, R., Friedman, M. y McHugh, T. (2011). Physical and antibacterial properties of edible



- films formulated with apple skin polyphenols. *Journal of Food Science*, 76(2), M149-M155.
- Eum, H., Hwang, D., Linke, M., Lee, S. y Zude, M. (2009). Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Sapphire'). *European Food Research and Technology*, 229(3), 427-434.
- Famá, L., Flores, S. K., Gerschenson, L. y Goyanes, S. (2006). Physical characterization of cassava starch biofilms with special reference to dynamic mechanical properties at low temperatures. *Carbohydrate Polymers*, 66(1), 8-15.
- Flores, S. K., Costa, D., Yamashita, F., Gerschenson, L. N. y Grossmann, M. V. (2010). Mixture design for evaluation of potassium sorbate and xanthan gum effect on properties of tapioca starch films obtained by extrusion. *Materials Science and Engineering*, 30, 196-202.
- García, M. A., Ventosa, M., Díaz, R. y Casariego, A. (2011). Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con Aloe vera en la calidad de zanahoria mínimamente procesada. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 21(3), 62-67.
- Gennadios, A., Weller, C. L. y Gooding, C. H. (1994). Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. *Journal of Food Engineering*, 21, 395-409.
- Gol, B. N. y Ramana, R. T. V. (2011). Banana fruit ripening as influenced by edible coatings. *International Journal of Fruit Science*, 11, 119-135.
- Halliwell, B. (2012). Free radicals and antioxidants: updating a personal view. *Nutrition Reviews*, 70(5), 257-265.
- Han, C., Lederer, C., McDaniel, M. y Zhao, Y. (2004). Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan based edible coatings. *Journal of Food Science*, 70, S172-8.
- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W. y Traber M. G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33, 67-78.
- Ioannis, S. A., Atsuyoshi, N. y Sei-ichi, A. (1998). Chitosan and gelatin based edible films: state diagrams, mechanical and permeation properties. *Carbohydrate Polymers*, 37(4), 371-382.
- Jafarizadeh, M. H., Osman, A., Tan, C. y Abdul, R. R. (2012). Effects of edible surface coatings (sodium carboxymethyl cellulose, sodium caseinate and glycerol) on storage quality of berangan banana (*Musa sapientum* cv. berangan) using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(3), 252-261.
- Jahan, S., Gosh, T., Begum, M. y Saha, B. K. (2011). Nutritional profile of some tropical fruits in Bangladesh: specially anti-oxidant vitamins and minerals. *Bangladesh Journal of Medical Science*, 10(2), 95-103.
- Kerdchoechuen, O. O., Laohakunjit, N. N., Tussavil, P. P., Kaisangsri, N. N. y Matta, F. B. (2011). Effect of starch based edible coatings on quality of minimally processed pumelo (*Citrus maxima* Merr.). *International Journal of Fruit Science*, 11(4), 410-423.
- Kroachta, M. J., Baldwin, A. E. y Nisperos-Carriedo, M. (1994). *Edible coatings and films to improve food quality*. Chapter 1. Edible films coating: Characteristics, formation, definitions, and testing methods. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, E.U.A. 1-21.
- Lee, J. Y., Park, H. J., Lee, C. Y. y Choi, W. Y. (2003). Extending shelf life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 36(3), 323-329.
- Lim, R., Stathopoulos, C. E. y Golding, J. B. (2011). Effect of edible coatings on some quality characteristics of sweet cherries. *International Food Research Journal*, 18(4), 1237-1241.
- Lin, D. y Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(3), 60-75.
- López-Guevara, S., Flores-Peña, Y., Ávila-Alpirez, H., Gallegos-Cabriales, E. C., Benavides-Torres, R. A., y Cerda-Flores, R. M. (2009). Beneficios y barreras percibidos por adolescentes mexicanos para el consumo de frutas y verduras. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(2), 174-178.
- Mardones, H. M., Olivares, C. S., Araneda, F. J. y Gómez, F. N. (2009). Etapas del cambio relacionadas con el consumo de frutas y verduras, actividad física y control del peso en estudiantes universitarios chilenos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(3), 304-309.
- Martínez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D. y Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 93-100.
- McHugh, T. H., Avena-Bustillos, R. y Kroachta, J. M. (1993). Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *Journal of Food Science*, 58(4), 899-903.

- Mehyar, G. F., Al-Qadiri, H. M., Abu-Blan, H. A. y Swanson, B. G. (2011). Antifungal effectiveness of potassium sorbate incorporated in edible coatings against spoilage molds of apples, cucumbers, and tomatoes during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 76(3), M210-M218.
- Monedero, F. M., Fabra, M. J., Talens, P. y Chiralt, A. (2009). Effect of oleic acid-beeswax mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films. *Journal of Food Engineering*, 91, 509-515.
- Pereira, S. D. F., Chamhum, S. L. C., Zambolim, L. y Rocha, A. (2012). Use of biofilm in the postharvest conservation of 'Pedro Sato' guava. *Revista Ceres, Viçosa*, 59(3), 305-312.
- Pérez, B. y Báez, R. (2003). Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. *Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos*, 345(6), 59-65.
- Pérez-Gago, M., Serra, M., Alonso, M. y del Rio, M. (2006). Color change of fresh cut apples coated with whey protein concentrate based edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 84-92.
- Pérez-Gago, M., Serra, M., Alonso, M., Mateos, M. y del Rio, M. (2005). Effect of whey protein and hydroxypropyl methylcellulose based edible composite coating on color change of fresh cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 36, 77-85.
- Pérez-Guzmán, A. E., Saucedo-Veloz, C. y Arana-Erassquin, R. (1999). Effect of individual seal packaging in plastic films on the quality of Dancy mandarins stored under refrigeration. *Food Science and Technology International*, 5(3), 215-22.
- Quintero, C. J. P., Pascual, F. V. y Muñoz, H. A. J. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 5, 93-118.
- Saavedra, H. N., Néstor, A. y Algecira, E. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 8(14), 172-182.
- Saucedo-Pompa, S., Jasso-Cantu, P., Ventura-Sobrevilla, J., Sáenz-Galindo, A., Rodríguez-Herrera, R. y Aguilar, N. C. (2007). Effect of candelilla wax with natural antioxidants on the shelf life quality of fresh cut fruits. *Journal of Food Quality*, 31(5), 823-836.
- Saxena, M., Saxena, J. y Pradhan, A. (2012). Flavonoids and phenolic acids as antioxidants in plants and human health. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 16(2), 130-134.
- Scramin, J. A., Britto, D., Forato, L. A., Bernardes-Filho, R., Colnago, L. A. y Assis, O. B. G. (2011). Characterisation of zein oleic acid films and applications in fruit coating. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2145-2152.
- Silva, D., Lins, L., Cabrini, E., Brasileiro, B. y Salomão, L. (2012). Influence of the use of acids and films in postharvest lychee conservation. *Revista Ceres*, 59(6), 745.
- Soares, R. M. D., Lima, A. M. F., Oliveira, R. V. B., Pires, A. T. N. y Soldi, V. (2005). Thermal degradation of biodegradable edible films based on xanthan and starches from different sources. *Polymer Degradation and Stability*, 90(3), 449-454.
- Tanada-Palmu, P. y Grosso, C. (2005). Effect of edible wheat gluten based films and coating on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36, 199-208.
- Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S. y Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 53, 7807-13.
- Veiga-Santos, P., Oliveirab, L. M., Ceredac, M. P., Alvesd, A. J. y Scamparini, A. R. P. (2005). Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: Effect of additives and deacetylated xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 19, 341-349.
- Xu, S., Chen, X. y Sun, D. W. (2001). Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 50, 211-6.
- Zhan, L., Hu, J. y Zhu, Z. (2011). Shelf life extension of minimally processed water caltrop (*Trapa acornis Nakano*) fruits coated with chitosan. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2634-2640.