

Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas

Roberta Magnolia Mora Palma

robmora_iag@hotmail.com

Maestría en Diseño e Innovación, División de Investigación y Posgrado,
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro;
Querétaro, México

Ana Angélica Feregrino Pérez

feregrino.angge@gmail.com

División de Investigación y Posgrado,
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro;
Querétaro, México

Margarita Contreras Padilla

margaconpad@gmail.com

Centro Académico de Innovación y Desarrollo de Productos,
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro;
Querétaro, México

RESUMEN

En los últimos años, debido a las pérdidas poscosecha, las investigaciones para conservar la calidad fisicoquímica, organoléptica y microbiológica de productos hortofrutícolas han cobrado interés. Con el fin de ofrecer soluciones innovadoras para extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas, para su consumo en fresco, se ha investigado el efecto de recubrimientos comestibles y sus diversos componentes. Estos recubrimientos comestibles, aplicados sobre el producto, tienen la función de mantener la calidad de productos hortofrutícolas; al retardar el transporte de gases (O_2 y CO_2) y agua, al retener compuestos volátiles de aroma y al servir como vehículo de compuestos antimicrobianos que a su vez le confieren la capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos en la superficie del alimento; y de esta manera se retrasa su proceso de maduración. Las tendencias de investigación en poscosecha atienden la demanda del consumidor, quien, hoy en día, prefiere adquirir alimentos más frescos, “naturales” y libres de aditivos sintéticos; además la preferencia del consumidor está ligada a una buena apariencia del producto al momento de compra. La valorización de residuos de la agroindustria ha cobrado interés en los últimos años, con el fin de minimizar el impacto ambiental y aprovechar ciertos componentes para usarlos en la elaboración de recubrimientos

comestibles. El presente trabajo es una revisión bibliográfica sobre algunas investigaciones recientes de recubrimientos comestibles, sus diversos componentes, su efecto en la conservación de productos hortofrutícolas, la importancia, ventajas de su aplicación y oportunidades para su elaboración.

Palabras clave: recubrimiento comestible; vida de anaquel; valorización de subproductos agroindustriales

Edible coatings to extend the shelf life of horticultural products

ABSTRACT

In recent years, due to post-harvest losses, the research to preserve the physicochemical, organoleptic and microbiological quality of fruit and vegetable products have gained interest. In order to offer innovative solutions for extend the shelf life on fruit and vegetable products, for its fresh consumption, the effect of edible coatings and its various components have been researched. These edible coatings, applied on the product, have the function of maintaining quality, by delaying the transport of gases (O₂ y CO₂) and water, by retaining volatile aroma compounds and by serving as a vehicle for antimicrobial compounds that give it the ability to inhibit the growth of microorganisms on the surface of the food; in this way its maturation process is delayed. Postharvest research trends meet consumer demand, who, nowadays, prefers to purchase fresher, "natural" food, free of synthetic additives; in addition, consumer preference is linked to a good appearance of the product at the time of purchase. The recovery of agro-industrial waste has gained interest in recent years, in order to minimize the environmental impact and take advantage of certain components to use them in the elaboration of edible coatings. The present research is a bibliographic review about some recent research of edible coatings, its various components, its effects in the conservation of fruit and vegetable products, importance and advantages of its use and opportunities for its elaboration.

Keywords: edible coatings; shelf life; quality; recovery of agro-industrial waste

Artículo recibido: 10. Junio. 2021
Aceptado para publicación: 16. Julio. 2021
Correspondencia: robmora_iag@hotmail.com
Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

1. INTRODUCCIÓN

A través de la historia y de los cambios necesarios de una moderna sociedad, los envases han jugado diferentes e importantes papeles, cubriendo nuevos requisitos y características (Solano-Doblado, 2018). Actualmente, el plástico es uno de los materiales más utilizados por la industria alimentaria para el envasado y almacenado de alimentos. Sin embargo, este se ha convertido en el enemigo número uno de la población mundial y del medio ambiente, dada su alta acumulación y su baja tasa de reciclaje. Aunque se han implantado medidas para el reciclado de plástico, muchos de estos materiales no pueden ser reutilizados, por esta razón los esfuerzos se han enfocado hacia la reducción de su uso. En base a la preocupación creciente del consumidor, por el desecho excesivo de plástico, la industria alimentaria está buscando nuevas alternativas para reducir el uso del plástico e incluso, de sustituir este material en la medida posible (Innofood, 2019).

Otro problema importante, que se encuentra en la industria de alimentos, está específicamente en la cadena hortofrutícola, ya que actualmente en América Latina se pierden y desperdician 127 millones de toneladas de alimentos al año, de los cuales el 55% corresponden a frutas y hortalizas (FAO, 2016). Las pérdidas poscosecha de productos hortofrutícolas se deben al deterioro microbiológico, fisiológico, factores de orden tecnológico como inadecuado proceso de recolección, empaques no apropiados e insuficientes vías para la transportación, entre otros, lo que se traduce a un corto período de almacenamiento (Almeida-Castro, 2011).

Las tendencias actuales de investigación e innovación en relación con poscosecha de frutas y hortalizas están marcadas por diferentes partes interesadas que demandan, y por lo tanto justifican, la investigación en este campo. Estos incluyen los consumidores, los productores agrícolas, empresas e instituciones públicas y privadas. Entre las partes interesadas los consumidores constituyen una parte fundamental. Una demanda importante de los consumidores en relación con los productos hortícolas es que los productos que consumen deben tener una elevada calidad sensorial (Valero, 2018).

Las investigaciones poscosecha se han centrado en desarrollar técnicas amigables con el medio ambiente, que permitan el uso de materiales naturales. Un ejemplo de esto, son los recubrimientos comestibles aplicados sobre frutas y hortalizas, para extender su vida de anaquel y ofertar productos de apariencia fresca, buena calidad y libres de patógenos (Fernández *et al.*, 2017). Estos recubrimientos comestibles tienen la capacidad de

controlar la transferencia de agua y gases (O₂ y CO₂), controlar la tasa de crecimiento microbiano y conservar las características de los alimentos; son elaborados con materiales como polisacáridos, lípidos, proteínas o mezclas de estos compuestos, los cuales confieren características específicas a cada uno de los productos (Velázquez-Moreira y Guerrero-Beltrán, 2014).

2. PREFERENCIAS DEL CONSUMIDOR

Los consumidores son, cada vez más exigentes y demandan productos de elevada calidad sensorial (Valero, 2018). Hoy en día los consumidores prefieren adquirir productos más “naturales”; libres de aditivos sintéticos, saborizantes y colorantes artificiales, libres de productos químicos para su conservación, mínimamente procesados, saludables, eco-amigables y principalmente frescos (Román *et al.*, 2017); el grado de maduración es un aspecto esencial, así como la conservación de su valor nutritivo (Directorio Poscosecha, 2019). Atributos extrínsecos, como son precio, marca y empaque, no afectan la percepción de calidad por parte de los consumidores. Caso contrario a los factores sensoriales, o atributos intrínsecos, la apariencia visual, el sabor, la frescura, el color, el aroma, la textura, la forma, la calidad nutricional, son atributos importantes para las frutas y verduras (Moser *et al.*, 2011; Schreiner *et al.*, 2013; Demattè *et al.*, 2014). Mientras que, los defectos en algún fruto si es de suma importancia en la actitud del consumidor al momento de compra, ya que está asociado al rechazo del producto (Jaeger *et al.*, 2016). La investigación en poscosecha, por lo tanto, está encaminada a mejorar aspectos de los productos hortícolas, garantizar su seguridad toxicológica y microbiológica, optimizar su calidad para su llegada al consumidor. Una parte importante de la investigación poscosecha está dirigida a la aplicación de nuevas tecnologías o la adaptación de las ya conocidas para lograr el objetivo de productos “frescos durante más tiempo” (Valero, 2018). Por otro lado, también las investigaciones se han centrado en la búsqueda de nuevos compuestos que eviten la contaminación de los alimentos (hongos, bacterias y levaduras) durante la manipulación y almacenamiento (Badawy y Rabea, 2009).

3. GENERALIDADES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

3.1 Definición y características de los recubrimientos comestibles

Se considera película o recubrimiento, cualquier tipo de material usado para envolver varios alimentos con el objetivo de prolongar su vida de anaquel y pueden ser consumidos junto con el alimento, además pueden proporcionar esterilidad superficial y prevenir

pérdidas de otros componentes importantes. Generalmente su espesor es inferior a 0.3 mm (Pavlath y Orts, 2009). Un recubrimiento comestible (RC) es definido como una capa delgada de material comestible formado por un revestimiento sobre el alimento, mientras que una película comestible (PC) es una capa preformada y delgada elaborada con material comestible, la cual una vez elaborada puede ser colocada sobre el alimento o entre los componentes del mismo (Krotcha y De Mulder-Johnston, 1997; McHugh, 2000). Las películas y recubrimientos comestibles son algunas veces presentadas como sinónimos, pero su aplicación es lo que los diferencia. Básicamente, las películas se forman solas y separadas del alimento, posteriormente se aplican sobre el alimento, y los recubrimientos comestibles, en cambio, son formados directamente sobre la superficie del alimento, por inmersión o aspersion (Otoni *et al.*, 2017).

El principal propósito de películas y recubrimientos comestibles es controlar la transferencia de gases (O_2 , CO_2 y etileno) (Figura 1), aromas y aceites del interior del alimento, evitan la pérdida de firmeza y humedad. Por lo tanto, controlan la maduración y su tasa de respiración, de esta manera preservan su calidad e incrementa su vida de anaquel y seguridad. Adicionalmente, pueden mejorar la apariencia y calidad del producto recubierto haciéndolo más llamativo para el consumidor por su brillo, color o bajo desarrollo de microorganismos sobre la superficie (Kumar y Bhatnagar, 2014; Henriques *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2016).

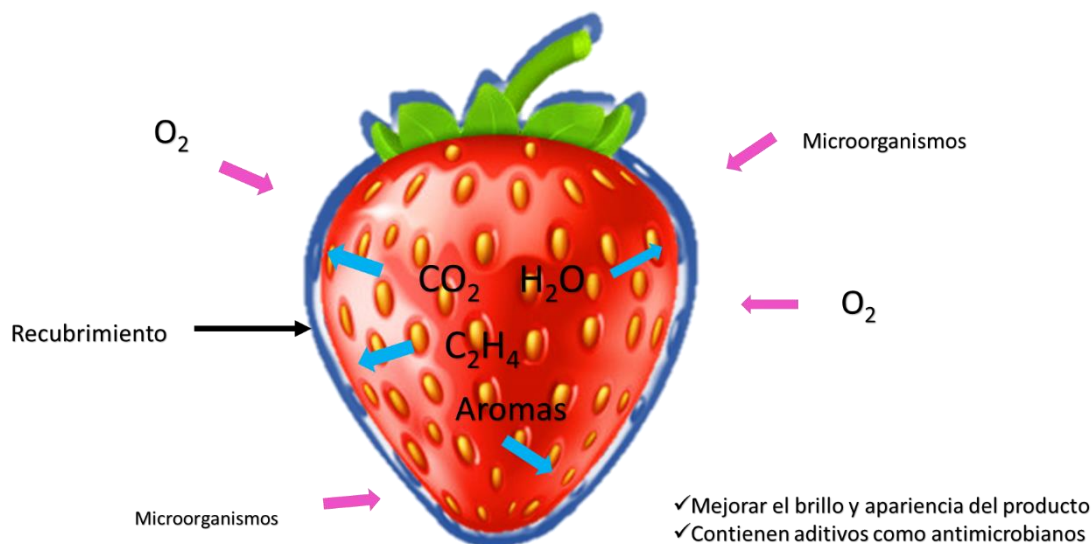


Figura 1. Función del recubrimiento comestible en productos hortofrutícolas.

Fuente: elaboración propia.

3.2 Composición de los recubrimientos comestibles

Los componentes de los recubrimientos comestibles, están divididos en tres categorías: hidrocoloides (proteínas y polisacáridos), lípidos y compuestos (Greener-Donhowe y Fennema, 1994). Aunque las proteínas y los polisacáridos son los más utilizados y considerados en las formulaciones básicas, es común que se utilicen algunos aditivos para reducir la fragilidad, para adherir agentes activos sobre la superficie, facilitar la adhesión, entre otros (Henriques *et al.*, 2016). Se pueden elaborar en combinación de tal forma que logren aprovechar las ventajas de cada grupo, dichas formulaciones pueden incluir conjuntamente plastificantes y emulsificantes que se utilizan de diversa naturaleza química con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales del recubrimiento (Fernández, 2015). A lo largo de la fabricación, las sustancias para formación de recubrimientos se disuelven en agua, alcohol y/o una combinación de agua y solventes alcohólicos (Bourtoom, 2008; Hassan *et al.*, 2018).

3.2.1 Polisacáridos

Los polisacáridos son cadenas largas lineales o ramificadas formadas por unidades glucosídicas, aunque también pueden contener unidades de fructano, entre otras. Además, poseen grupos hidroxilo por lo que son capaces de formar puentes de hidrógeno con el agua y en consecuencia hidratarse y disolverse total o parcialmente haciendo que la viscosidad de la fase acuosa aumente o inclusive se dé la formación de un gel (Gijón-Arreortúa, 2010). Los recubrimientos basados en polisacáridos tienen excelentes propiedades de barrera al oxígeno, pero son pobres en barrera contra la humedad debido a su naturaleza hidrofílica (Nisperos-Carriedo, 1994; Yang y Paulson, 2000); son incoloros, tienen una apariencia libre de grasa y un contenido calórico menor (Hassan *et al.*, 2018).

Dentro de los polisacáridos que han sido probados, para ser usados en películas y recubrimientos comestibles, se incluyen derivados de celulosa, almidón y sus derivados, quitosano, carrageninas, pectinas, alginatos y gomas como el agar de algas marinas y el mucílago de nopal, entre otros (Del-Valle *et al.*, 2005; Abraján-Villaseñor, 2008; Espino-Díaz *et al.*, 2010; Soliva-Fortuny *et al.*, 2012).

3.2.2 Proteínas

Las PC y RC a base de proteínas proveen una buena barrera a gases como el O₂ y el CO₂, pero con barreras más débiles al vapor de agua por su naturaleza hidrofílica, tienen una

gran susceptibilidad a los cambios de pH, tienen buena adherencia a superficies hidrofílicas y pueden proporcionar un valor nutricional agregado, además de poseer buenas propiedades mecánicas (Baldwin et al., 1995; Tharanathan, 2003; Baldwin y Hagenmaier, 2012). Los recubrimientos comestibles a base de proteínas combinados con otros ingredientes pueden mejorar para preservar la calidad del producto recubierto (Yousuf et al., 2018).

Las proteínas utilizadas para la formación de películas y recubrimientos son derivadas de diferentes fuentes de animales y plantas, tales como tejidos de animales, leche, huevo, granos y oleaginosas (Han y Gennadios, 2005; Vargas et al., 2008). Las proteínas más comunes para elaborar PC y RC son caseínas, colágeno, gelatina (grentina), proteínas de leche y derivadas de cereales, entre otras.

3.2.3 Lípidos

Los recubrimientos a base de lípidos son muy eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad y presentan una escasa permeabilidad al vapor de agua (Kester y Fennema, 1986). Normalmente los recubrimientos a base de lípidos son más frágiles y gruesos debido a su hidrofobicidad (Pérez-Gago y Rojas, 2002). Los lípidos, mezclados con proteínas y polisacáridos, producen recubrimientos con mayores resistencias mecánicas y de barrera. Además, las películas compuestas pueden tener una mayor permeabilidad a la humedad en comparación con las elaboradas de lípidos puros (Bravin et al., 2006).

Existe una amplia lista de compuestos lipídicos usados para la elaboración de PC y RC, la cual incluye lípidos neutros o triglicéridos, ácidos grasos y resinas, entre otros. Dentro de los compuestos hidrofóbicos más utilizados, se encuentran las ceras de origen animal (de abeja, de grasa de lana y lanolina), vegetal (carnuba y candelilla, entre otras), sintéticas, (ésteres, amidas, etc.) y minerales (Rhim et al., 2005; Kester y Fennema, 1986).

3.2.4 Combinados

Las PC y RC pueden producirse a partir de la mezcla de polisacáridos, proteínas y/o lípidos, lo que permite aprovechar las características funcionales distintas de cada compuesto, además de disminuir las ventajas de cada uno (Kester y Fennema, 1986). Algunas de las combinaciones que se utilizan son; proteínas y polisacáridos, proteínas y lípidos, carbohidratos y lípidos. El principal objetivo al hacer estas combinaciones es mejorar las propiedades mecánicas y de permeabilidad a gases y/o vapor de agua. Las

películas son aplicadas en forma de emulsión, suspensión o dispersión de los constituyentes no miscibles o en capas sucesivas (películas y/o recubrimientos multicapa) en la forma de solución en un solvente común. En recubrimientos compuestos el lípido puede estar emulsionado en la matriz del hidrocoloide, formando lo que se denomina recubrimientos emulsionados o separados de la matriz hidrocoloide formando doble capa, lo que se denomina recubrimiento bicapa (Navarro-Tarazaga, 2007).

3.2.5 Algunas investigaciones en recubrimientos comestibles

Diversas investigaciones se han centrado en estudiar diferentes compuestos, principalmente de origen natural, para aplicarlos como recubrimientos comestibles en diversas frutas y hortalizas. Algunas de estas investigaciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Investigaciones de recubrimientos comestibles aplicado a frutas y verduras.

Referencia	Producto	Recubrimiento	Efecto
Aguilar-Méndez, 2005	Aguacate	Almidón y glicerol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir pérdida de peso y firmeza ▪ Ralentizar cambio de color
Maftoonazad Ramaswamy et al., 2008	Lima	Pectina comercial y sorbitol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ralentizar la tasa de respiración. ▪ Disminuir la pérdida de peso, cambio de color y la pérdida ácido ascórbico.
Zapata et al., 2008	Tomate	Alginato y glicerol Zeína y ácido oleico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ralentizar la tasa de respiración y la producción de etileno. ▪ Disminuir el cambio de color y la pérdida de firmeza.
García et al., 2009	Pimiento	Quitosano y ácido láctico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir la pérdida de peso y firmeza. ▪ Actividad antifúngica. ▪ Mejorar el brillo y apariencia del producto
Andrade et al., 2014	Tomate de árbol	Cera de laurel, aceite de oliva, Tween 80, propilenglicol, glicerol y glucosa.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir la pérdida de peso y firmeza. ▪ Ralentizar la tasa de respiración. ▪ Mejorar el brillo y la apariencia del producto.
Ghidelli et al., 2014	Berenjena fresca cortada	Proteína de soya y cisteína	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducir el pardeamiento enzimático. ▪ Mantener firmeza y calidad visual.

Ordoñez-Bolaños et al., 2014	Pimiento	Almidón de yuca y aceite de tomillo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir la pérdida de peso, firmeza y cambio de color.
Salinas-Salazar, 2014	Ciruela	Mucílago de nopal, grenetina y cera de abeja	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir la pérdida de peso y firmeza. ▪ Mejorar el brillo y apariencia del producto.
Ghidelli et al., 2015	Alcachofa	Proteína de soya y cisteína	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducir el pardeamiento enzimático. ▪ Mantener la actividad antioxidante del fruto.
Guerreiro et al., 2015	Madroño	Alginato, ácido ascórbico, geranial y eugenol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducir daño microbiano. ▪ Conservar apariencia, textura, aroma y sabor.
Allegra et al., 2016	Kiwi (en rebanadas)	Mucilago de nopal y glicerol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir la pérdida de firmeza y de peso. ▪ Mantener calidad visual y sabor. ▪ Mantener contenido de ácido ascórbico y pectina.
Moreira et al., 2016	Manzanas frescas cortadas	Pectina, extracto de fibra de manzana, glicerol + Tratamiento de luz pulsada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inhibir el crecimiento de microorganismos en las frutas cortadas.
Allegra et al., 2017	Higo	Mucilago de nopal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir la pérdida de peso. ▪ Mantener el brillo, apariencia visual y firmeza. ▪ Reducir el crecimiento de <i>Enterobacteriaceae</i>. ▪ Reducir transpiración.
Alves et al., 2017	Manzanas frescas cortadas	Proteína de soya, glicerol y ácido ferúlico.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminuir la pérdida de peso y firmeza. ▪ Mantiene el color de las manzanas cortadas.
Ali et al., 2019	Lichi	Aloe vera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducir pardeamiento enzimático. ▪ Disminuir pérdida de peso.

Valorización de subproductos de la agroindustria para su uso en la elaboración de recubrimientos comestibles

La generación de residuos o subproductos agroindustriales en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial, ya que no son procesados o dispuesto adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental (Vargas-Corredor y Pérez-Pérez, 2018), estos productos pueden servir para consumo humano o animal y aplicación industrial (Rojas-Bravo, 2018). Además, cuentan con un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales y recuperación de condiciones ambientales alteradas (Anchundia *et al.*, 2016; Vargas-Corredor y Pérez-Pérez, 2018).

Un ejemplo de estos subproductos son la cáscara de plátano que representa un 30% de peso del fruto, este componente puede ser utilizado para la elaboración de películas y recubrimientos comestibles, por su resistencia a la tensión, baja opacidad, baja solubilidad y bajo espesor (Anchundia *et al.*, 2016).

El quitosano se encuentra principalmente en exoesqueletos (caparazones) de crustáceos, alas de insectos (cucarrones, cucarachas) paredes celulares (hongos y algas) y la industria pesquera generalmente desecha estos exoesqueletos de camarones disponiéndolos como residuos sólidos no aprovechables. Los recubrimientos a partir de quitosano, proveniente del exoesqueleto del camarón, es un excelente compuesto con actividad antimicrobiana, buenas propiedades mecánicas y baja permeabilidad a los gases (Cáceres *et al.*, 2017; Ubaque y Hernández, 2018), son una alternativa para prolongar la vida de anaquel de los alimentos.

Las cáscaras de naranja son residuos generados principalmente por la industria de jugos, debido a su gran volumen de generación y características ocasionan diversos problemas ambientales como la contaminación de suelo y agua. Por tal motivo, la valorización de cáscaras de naranja se ha convertido en un tema de interés para diversas investigaciones; tanto para la extracción de pectina, elaboración de carbón activado (Tovar-Arce, 2017), uso como fuente de generación de calor, biometanización y composta (Siles *et al.*, 2016). La pectina se ha utilizado para la elaboración de recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas frescos y mínimamente procesados (Valdés *et al.*, 2015).

El género *Opuntia* (Nopales) en México presenta la diversidad genética más amplia y el más alto consumo del mundo (Reyes-Agüero *et al.*, 2005). Las estadísticas disponibles confirman su importancia, la superficie plantada con nopal tunero actual alcanza 53, 876 ha, y es el sexto frutal más importante del país. Se estima que 200 mil familias obtienen ingreso del cultivo del nopal tunero, la producción anual alcanza 428,763 ton/año (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2013). Sin embargo, debido a la sobreproducción de nopal que hay en México, este tiene pérdidas poscosecha importantes, ya que un 53.26% de la producción de nopal se pierde y desperdicia (FAO, 2017). El mucílago de nopal se ha usado de manera exitosa, en diversos estudios, en la elaboración de recubrimientos comestibles, aplicados en fresa, guayaba, manzana, ciruela, mora de castilla y naranja (Del-Valle *et al.*, 2005; May-Gutiérrez, 2009; INIFAP, 2012; Salinas-Salazar, 2014; Ramírez *et al.*, 2013; Molina *et al.*, 2019), lo cual resulta un método efectivo para prolongar la vida de anaquel y preservar la calidad poscosecha de los alimentos.

En la industria láctea, los efluentes son caracterizados por desprender un alto grado de contaminante. Especialmente en las queserías, uno de los efluentes que más contaminación genera y no tiene un buen aprovechamiento es el lactosuero. Una alternativa más viable para solucionar este problema, surge la opción del empleo de películas o recubrimientos comestibles (Gastelo-Gastelo y Neciosup-Burga, 2016).

El aprovechamiento de estos residuos o subproductos de la agroindustria se ha convertido en un tema de gran interés por diversos beneficios ambientales y económicos, que promueven un desarrollo sostenible (Vargas-Corredor y Pérez-Pérez, 2018).

4. IMPORTANCIA Y VENTAJAS DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Aplicar recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas a partir de fuentes renovables es una alternativa de investigación de gran alcance, debido a la necesidad del consumo de alimentos saludables, con un mínimo procesamiento y libres de aditivos sintéticos (Vázquez-Briones, 2013).

Los recubrimientos comestibles son considerados una tecnología prometedora y respetuosa con el medio ambiente, ya que reduce la utilización del envasado tradicional como films plásticos, además son biopolímeros naturales y biodegradables, es decir, pueden ser obtenidos a partir de recursos naturales o extraídos a partir de los subproductos de las agroindustrias (Elsabee y Abdou, 2013), también son envases activos al

incorporarse en su matriz polimérica aditivos naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Begoña *et al.*, 2015).

Por esta razón, la colaboración del sector científico con la industria alimentaria es importante, debido a que en conjunto se pueden aplicar los conocimientos generados, en cuanto a la aplicación de recubrimientos comestibles, para obtener un beneficio económico gracias a la disminución de pérdidas en la producción por el rechazo del producto; mejorando la condición microbiológica y reduciendo riesgos a la salud (Ávila-Vega, 2010).

Dentro de las ventajas del uso de películas comestibles en frutas y hortalizas mínimamente procesadas están (Rojas-Graü *et al.*, 2009):

- Mejoran la retención del color, ácidos, azúcares y componentes del sabor.
- Reducen la pérdida de agua.
- Mantienen la calidad durante el almacenamiento.
- Disminuyen los desórdenes metabólicos durante el período de conservación.
- Permiten la adición de otros compuestos.
- Reducen el uso de envases sintéticos.

5. CONCLUSIONES

Se describieron las características de los componentes de los recubrimientos comestibles y su importancia en el sector hortofrutícola. Los recubrimientos comestibles son una tecnología poscosecha respetuosa con el medio ambiente y prometedora para incrementar la vida de anaquel de productos hortofrutícolas, manteniendo su calidad fisicoquímica, organoléptica y microbiológica. Es necesario la vinculación del sector científico con el sector industrial para direccionar estas investigaciones a solucionar los problemas por los que atraviesa la cadena hortofrutícola y de esta manera contribuir a disminución de pérdidas poscosecha. Los recubrimientos comestibles tienen potencial de desarrollo en la industria poscosecha y son una excelente alternativa para ofrecer productos de calidad a los consumidores. Existen regiones donde hay residuos con potencial para ser valorizados por sus componentes y obtener un producto con valor agregado, en este caso para que sean utilizados en la elaboración de recubrimientos comestibles.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo durante esta investigación. Roberta M. Mora Palma agradece al CONACYT por la beca otorgada.

7. REFERENCIAS

- Abraján-Villaseñor, M. A. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago de nopal (Opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, VA, España.
- Aguilar-Mendez, M. A. (2005). *Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate*. (Tesis Maestría). Instituto Politécnico Nacional, D. F., México. Recuperado de: https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/10573/1/PTA_M_200506_24_001.pdf
- Ali, S., Sattar-Khan, A., Nawaz, A., Akbar-Anjum, M., Naz, S., Ejaz, S. y Hussain, S. (2019). Aloe vera gel coating delays postharvest browning and maintains quality of harvested litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 157, 110960.
- Allegra, A., Ingleses, P., Sortino, G., Settanni, L., Todaro, A. y Liguori, G. (2016). The influence of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on the quality of 'Hayward' kiwifruit slices. *Postharvest Biology and Technology*, 120, 45-51.
- Allegra, A., Sortino, G., Inglese, P., Settanni, L., Todaro, A. y Gallotta, A. (2017). The effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on postharvest maintenance of 'Dottato' fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 135-141.
- Almeida-Castro, A., Reis, D. Santos, J. D., Vieira, T. y Mariana, da C. (2011). Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, (1), 049-060.
- Alves, M. M., Gonçalves, M. P. y Rocha, C. M. R. (2017). Effect of ferulic acid on the performance of soy protein isolate-based edible coatings applied to fresh-cut apples. *LWT- Food Science and Technology*, 80, 409-415.
- Anchundia, K., Santacruz, S. y Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Revista Chilena de Nutrición*, 43(4).
- Andrade J. C., Acosta, D. L., Bucheli, A. y Osorio, O. (2014). Desarrollo de un recubrimiento comestible compuesto para la conservación del tomate de árbol

- (*Cyphomandra betacea* S.), *Información Tecnológica*, 25(6), 57-66. Doi: 10.4067/S0718-07642014000600008
- Badawy M. y Rabea E. (2009). Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 51(1): 119 - 7.
- Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O. y Baker, R. A. (1995). Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30, 35-38.
- Baldwin, E. A. y Hagenmaier, R. D. (2012). Edible coatings and films to improve food quality: Introduction, 2nd edition, E. A. Baldwin, R. Hagenmaier, y J. Bai, Ed. Florida, EE. UU.: CRC Press, 2012.
- Begoña, D., Peña, G. y Sánchez, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología de Poscosecha*, 16(1), 8-17.
- Bourtoom, T., (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 237-248.
- Bravin, B., Peressini, D. y Sensidoni, A. (2006). Development and application of polysaccharide–lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products. *Journal of Food Engineering*, 76(3), 280-290.
- Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A. y Galotto, M. J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91, 751-756.
- Demattè, M.L., Pojer, N., Endrizzi, I., Corollaro, M.L., Betta, E., Aprea, E., Charles, M., Biasioli, F., Zampini, M. y Gasperi, F. (2014). Effects of the sound of the bite on apple perceived crispness and hardness. *Food Quality and Preference*, 38, 58–64.
- Directorio Poscosecha. (2019). Directorio para productores, envasadores y distribuidores. SPE3 - Especialistes en Serveis per a la Producció Editorial, s.l.
- Elsabee, M. Z. y Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings. *Materials Science and Engineering*, 33, 1819-1841. Doi: 10.1016/j.msec.2013.01.010
- Espino-Díaz, M., Ornelas-Paz, J., Martínez-Téllez, M., Santillán, C., Barbosa-Cánovas, G., Zamudio-Florez, P. B. y Olivas Guadalupe, I. (2010). Development and Characterization of Edible Films Based on Mucilage of *Opuntia ficus-indica* (L.). *Journal of Food Science*, 75, 347-352.

- FAO. (2016). *Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en América Latina y El Caribe*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2017). *Estimación de pérdidas y desperdicio de alimentos en Uruguay: alcance y causas*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fernández, N. (2015). *Efecto de barrera contra el vapor de agua de recubrimientos comestibles sobre el tomate (Solanum lycopersicum)*. (Tesis Licenciatura). Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
- Fernández, N. M., Echeverría D. C., Mosquera, S. A. y Paz, S. P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134-141. Doi: 10.18684/BSAA
- Gallegos Vázquez, C., Méndez Gallegos, S. de J. y Mondragón Jacobo, C. (2013). *Producción sustentable de la tuna en San Luis Potosí*. San Luis Potosí, México, Colegio de Postgraduados–Fundación San Luis Potosí Produce.
- García, M., Díaz, R., Casariego, A., Bolumen, S., De Hombre, R., González, I., Rodríguez, I. y Salgado, J. M. (2009). Preservación de pimientos con aplicación de coberturas de quitosano. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 19 (1).
- Ghidelli, C., Mateos, M., Rojas-Argudo, C. y Pérez-Gago, M. B. (2014). Extending the shelf life of fresh-cut eggplant with a soy protein-cysteine based edible coating and modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 81-87.
- Ghidelli, C., Mateos, M., Rojas-Argudo, C. y Pérez-Gago, M. B. (2015). Novel approaches to control browning of fresh-cut artichoke: Effect of a soy protein-based coating and modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 99, 105-113.
- Gijón-Arreortúa, I. (2010). *Propiedades de formación de películas de mezclas λ -carragenina-quitosano en relación con sus propiedades viscoelásticas*, (Tesis Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. de México, México. Recuperado de: https://www.ri.unam.mx/contenidos/propiedades-de-formacion-de-peliculas-de-mezclas-lambda-carragenina-quitosano-en-relacion-con-sus-propiedades-visco-131635?c=plqm2N&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0

- Greener-Donhowe, I. y Fennema, O. (1994). *Edible Films and Coatings Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods*, Edible coatings and films to improve food quality, United States of America: CRC Press.
- Guerreiro, A. C., Custódia-Gago, M. L., Faleiro-Maria, L., Miguel-Maria, G. C. y Antunes-Maria, D. C. (2015). The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 226-233.
- Han, J.H. y Gennadios, A. (2005). *Edible films and coatings: A review*, Elsevier Ltd, pp. 239-262.
- Hassan, B., Shazad-Ali, S. C., Abdullah, I. H., Khalid, M. Z. y Naseem, A. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095-1107.
- Henriques, M., Gomes, D. y Pereira, C. (2016). *Whey Protein Edible Coatings: Recent Development and Applications, Emerging and Traditional Technologies for Safe, Healthy and Quality Food*, 1st Ed. G. V. Barbosa-Cánovas. Ed. Switzerland: Springer, 2016.
- INIFAP. (2012). Mucílago de nopal, alternativa para aumentar la vida de anaquel de frutas altamente perecederas. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2012B032.aspx>
- Innofood. (2019). Alternativas al plástico. Disponible en: <https://www.innofood.es/alternativas-al-plastico/>
- Jaeger, S.R., Antúnez, L., Ares, G., Johnston, J.W., Hall, M. y Harker, F.R. (2016). Consumers' visual attention to fruit defects and disorders: A case study with apple images. *Postharvest Biology and Technology*, 116, 36-44.
- Kester, J. J. y Fennema, O. (1986). *Edible Films and Coatings: A Review*. *Food Technology*, 40(12), 47-59.
- Krochta, J. M. y De Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, 51, 61-74.
- Kumar, R. P., Agarwal, N. y Saini, M. (2016). Edible coating of fruits and vegetables: a review. *International Journal of Scientific Research and Modern Education*, 1(1), 188-204.

- Kumar, S. y Bhatnagar, T. (2014). Studies to enhance the shelf life of fruits using Aloe vera based herbal coating: A Review. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 5(3), 211-218.
- Maftoonazad, N. y Ramaswamy, H. S. (2008). Effect of pectin-based coating on the kinetics of quality change associated with stored avocados. *Journal Food Processing Preservation*, 32, 621–643.
- May-Gutiérrez, M. E. (2009). *Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (Opuntia spp.)*. (Tesis Maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, Qro, México.
- McHugh, T. H. (2000). Protein-lipid interactions in edible films and coatings. *Food/Nahrung*, 44(3), 148-151.
- Molina, F. A, Osorio, N. M, Yáenz, M. E, Rojas, J. O. y García, M. A. (2019). Recubrimientos de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y pectina con aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) en la conservación de naranjas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 29(2), 53-58.
- Moreira, M. R., Álvarez, M. V., Martín-Belloso, O. y Soliva-Fortuny, R. (2016). Effects of pulsed light treatments and pectin edible coatings on the quality of fresh-cut apples: a hurdle technology approach. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 261-268. Doi: 10.1002/jsfa.7723
- Moser, R., Raffaelli, R. y Thilmany-McFadden, D. (2011). Consumer preferences for fruit and vegetables with credence-based attributes: A review. *International Food and Agribusiness Management Review*, 14, 121–142.
- Navarro-Tarazaga, M. Ll. (2007). *Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas*. (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de València, VA, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1923/tesisUPV2699.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, Pp 1-223
- Nisperos-Carriedo, M. O. (1994). Edible coatings and films based on polysaccharides, Edible coatings and films to improve food quality, J. M. Krochta. United States of América: CRC Press.

- Ordoñez-Bolaños, D. Y., Zuñiga-Camacho, D., Hoyos-Concha, J. L., Mosquera-Sánchez, S. A. y Mosquera-Sánchez, L. P. (2014). Efecto del recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite de tomillo aplicado al pimiento (*Capsicum annuum*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 795-805.
- Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H. M. C., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. y McHugh, T. M. (2017). Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables – A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1-19.
- Pavlath, A. E. y Orts, W. (2009). Why, What, and How?, Edible Films and Coatings. New York, EE. UU: Springer.
- Pérez-Gago, M. y Rojas, M. D. (2002). Effect of Lipid Type and Amount of Edible Hydroxypropyl Methylcellulose-lipid Composite Coatings Used to Protect Postharvest Quality of Mandarins cv. *Fortune*, *Journal of Food Science*, 67(8), 2903-2910.
- Ramírez, J. D., Aristizábal, I. D. y Restrepo, J. I. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 20(3), 172-183.
- Reyes Agüero, J.A, Aguirre Rivera, J.R. y Hernández, H.M. (2005). Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (*Cactaceae*). *Agrociencia*, 39: 395–408.
- Rhim, J.W., Thomas, H. y Shellhammer, T. H. (2005). Lipid-based edible films and coatings. *Innovations in Food Packaging*. London, UK: Elsevier Ltd, pp. 362-383.
- Rojas Bravo, M. (2018). *Recubrimientos comestibles de almidón con cáscara de mango manila (Mangifera indica L. variedad manila) adicionados a rodajas de manzana (Malus domestica)*. (Tesis licenciatura). Benemérita universidad autónoma de Puebla. Puebla, Mexico.
- Rojas-Graü, M. A, Soliva-Fortuny, R. y Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: A review. *Trends of Food Science Technology*, 20, 438-447.

- Román, S., Sánchez-Siles, L. M. y Siegrist, M. (2017). The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 44-57. Doi: 10.1016/j.tifs.2017.06.010
- Salinas-Salazar, V. M. (2014). *Caracterización de películas comestibles a base de mucílago de nopal (Opuntia ficus indica) y evaluación como recubrimiento comestible en ciruela (Prunus salicina) para su conservación en fresco*. (Tesis Maestría), Universidad Nacional Autónoma de México, D. F., México. Pp 1-163
- Schreiner, M., Korn, M., Stenger, M., Holzgreve, L. y Altmann, M. (2013). Current understanding and use of quality characteristics of horticulture products. *Scientia Horticulturae*, 163, 63–69.
- Siles, J. A., Vargas, F., Gutiérrez, M. C., Chica, A. F. y Martín, M. A. (2016). Integral valorisation of waste orange peel using combustión, biomethanisation and co-composting technologies. *Bioresource Technology*. 211, 173-182. Doi: [10.1016/j.biortech.2016.03.056](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.056)
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L. y Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 30-42. Doi: [10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153](https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153)
- Soliva-Fortuny, R., Rojas-Graü, M. A. y Martín-Belloso, O. (2012). “Polysaccharide coatings”, *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, 2nd edition. Boca Raton, Fla., EE. UU: CRC Press, pp. 103-136.
- Tharanathan, R. N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future: a review. *Trends Food Science Technology*, 14, 71-78.
- Tovar-Arce, A. K. (2017). *Valoración integral de cáscaras de naranja mediante extracción de pectina y elaboración de carbón activado*. (Tesis Maestría). Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. Querétaro, México
- Ubaque C. A. y Hernández S. M. (2018). Extracción de Quitosano a partir de Exoesqueleto de Camarón para Elaborar recubrimientos para Alimentos. *Investigación Microbiológica Aplicada SENA*. Ed.: Editor del Servicio Nacional del Aprendizaje.

- Valdés, A., Burgos, N., Jiménez, A. y Garrigos, M. C. (2015). Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings. *Coatings*, 5, 865-886. Doi: 10.3390/coatings5040865
- Valero, D. (2018). Panorama Nacional de la Investigación en Postcosecha de Frutas y Hortalizas, Frutas y Hortalizas. Innovaciones pre- y postcosecha, España.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. J. y González-Martínez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48, 496-511.
- Vargas-Corredor, Y. A. y Pérez-Pérez, L.I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14, 59-72.
- Vázquez-Briones, M. C. y Guerrero-Beltrán, J. A. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas, *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 5-14.
- Velázquez-Moreira, A. y Guerrero-Beltrán, J. A. (2014). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(2), 5-12.
- Yang, L. y Paulson, A. T. (2000). Mechanical and water vapour barrier properties of edible gelatin films. *Food Research International*, 33(7), 563-570.
- Yousuf, B., Quadri O. S. y Srivastava, A. K. (2018). Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT- Food Science and Technology*, 89, 198-209.
- Zapata, P. J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D. y Serrano, M. (2008). Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 1287-1293. Doi: 10.1002/jsfa.3220