

Los bioplásticos como recubrimientos sustentables de frutas y hortalizas

M.D. MARIEZCURRENA-BERASAIN*,¹

D.L. PINZÓN-MARTÍNEZ,¹

A.T. GUTIÉRREZ-IBÁÑEZ,¹

E.D. ARCHUNDIA-VELARDE,¹

T.N. AMBRIZ VIDAL¹

Resumen

Uno de los principales retos que enfrenta la agricultura es el de prologar la vida de anaquel de los productos agrícolas (frutas y hortalizas), los cuales son altamente afectados por agentes como O₂, CO₂, luz y microorganismos, sin embargo también son afectados por la respiración, transpiración y producción de etileno del mismo producto; en ambos casos se ven afectadas las características sensoriales (color, olor, sabor y textura), las cuales, son consideradas el principal factor a tomar en cuenta a la hora de elegirlos. Este tipo de circunstancias generan pérdidas económicas al ser rechazado el producto, además de poner en riesgo la salud por contaminación microbiana. Dentro del mercado actual existe una infinidad de productos como son empaques y embalajes, mismos que son empleados por su fácil acceso y bajo costo de producción para la conservación de estos productos. Sin embargo, generan problemas ambientales al provenir del petróleo, ya que tardan miles de años en desintegrarse y afectan con ello la vida de la biodiversidad de los ecosistemas, donde es depositado. Algunas investigaciones indican que este tipo de cubiertas pueden transferir sustancias químicas tóxicas al producto y afectar la salud. Una alternativa novedosa para estos recubrimientos es la utilización de los denominados bioplásticos, bases poliméricas generadas a partir de compuestos naturales, que según su origen pueden cumplir las mismas funciones protectoras de los plásticos, sin general daños ambientales, ya que son de alta degradabilidad. Por tal motivo, el objetivo de este capítulo es hacer una revisión bibliográfica de bases poliméricas provenientes de desechos de la industria agropecuaria con potencial para desarrollar biopelículas o biorecubrimientos de productos como son frutas y hortalizas con lo que se generaría una producción agropecuaria sustentable.

Palabras clave: Vida de anaquel, frutas, hortalizas, biopelículas.

¹ Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo. Toluca, México. C. P. 50090, México.

* Autor de correspondencia: nekkane16@hotmail.com

Importancia de frutas y hortalizas en la alimentación humana

Las frutas y hortalizas son elementos básicos en toda canasta familiar, la OMS recomienda un consumo de 400 g/día de éstas. Estudios muestran el enorme impacto potencial del aumento en la ingesta de frutas y hortalizas, como medida de prevención en la incidencia de numerosas enfermedades no transmisibles que provocan aproximadamente 2.8 millones de muertes cada año (FAO, 2011).

Las frutas y las hortalizas juegan un papel importante en la alimentación diaria de los seres humanos, ya que desde el inicio de los tiempos estos alimentos se han caracterizado por ser los primeros que el hombre incluyó en su dieta. Son fuente de vitaminas y minerales, los cuales, ayudan en la regulación de varios procesos como el mantenimiento de huesos, músculos y tejido sanguíneo, así como en el fortalecimiento del sistema inmunológico (Pelayo, 2003). Las vitaminas y minerales son compuestos que el organismo humano no puede producir y deben ser proporcionados a través de los alimentos, en este caso por frutas y hortalizas, principalmente. Cuando la alimentación no satisface las necesidades de estos compuestos, se pueden desarrollar enfermedades por deficiencia. Los minerales son elementos químicos imprescindibles para el normal funcionamiento metabólico y se pueden dividir en macro y microminerales, como son el sodio, potasio, calcio, magnesio y en cantidades menores el cobre, yodo, hierro, cobalto, zinc y selenio (FAO, 2011).

El estilo de vida diaria y las demandas actuales del mercado han encaminado a los productores a cumplir con las exigencias de los consumidores. Con esto se tienen frutas y hortalizas todo el año, sin importar la estación. Dichos productos deben ser de buena calidad, tomando en cuenta que el empaque debe ser atractivo y contener un alimento que parezca recién cortado.

Por lo que hoy en día la conservación de alimentos juega un papel importante, ya que se deben aprovechar todas las ventajas de los productos y con ello, sus propiedades nutrimentales (Leyva *et al.*, 2011). Así como tecnologías de conservación de alimentos más acordes al medio ambiente.

Vida de anaquel en frutas y hortalizas

La vida de anaquel o vida útil de frutas y hortalizas, se define como el período a partir de la fecha de corte, durante el cual éstas mantienen una calidad aceptable. Lo cual, refiere a que el alimento se conserve apto para el consumo, desde el punto de vista sanitario y mantenga sus características sensoriales y funcionales por encima del grado límite de calidad previamente establecido como aceptable (Badui, 1999). Las tendencias actuales de los consumidores por ali-

mentos sanos y de conveniencia promueven un mayor consumo de frutas y hortalizas, donde destacan productos frescos. Sin embargo, por su naturaleza estos productos pueden ser muy susceptibles a diferentes alteraciones que afectan su calidad. El mejor procedimiento de conservación es la refrigeración con humedades relativas altas (80-95%), sin embargo, si el procedimiento no se realiza de una manera adecuada, las pérdidas de peso en los productos pueden ser mayores al 10 %. De igual manera, se puede disminuir la concentración de ácido ascórbico, caroteno y otros cambios, como la degradación de almidón y proteínas, así como el aumento de ácidos libres, como ocurre en la coliflor, lechuga y espinacas (Giraldo, 1999).

En el mundo actual, la adquisición de productos frescos no es una opción muy viable, ya que el tiempo que las familias destinan a las compras es también limitado. Por ello, el suministro de los alimentos que los consumidores requieren es imposible sin el uso de los medios de preservación y empaques para prolongar la vida de anaquel, las características particulares de cada fruta y hortaliza (Leyva *et al.*, 2011), así como la salud al consumidor.

Pérdidas económicas y a la salud humana

El manejo inadecuado en la conservación de frutas y hortalizas, puede repercutir severamente y generar cuantiosas pérdidas económicas e incluso en la salud humana. Las pérdidas de alimentos afectan la seguridad alimentaria, calidad, inocuidad, al desarrollo económico y al ambiente. Las causas exactas de las pérdidas de alimentos varían en las diferentes partes del mundo y dependen sobre todo de las condiciones específicas y situación de cada país. En términos generales, las pérdidas de alimentos están influenciadas por las elecciones tomadas en la producción de cultivos y sus patrones, la infraestructura y capacidad internas, las cadenas comerciales y los canales de distribución, así como, por las compras de los consumidores y las prácticas en el proceso de alimentos (FAO, 2012). Estas pérdidas conducen el desperdicio de recursos utilizados en la producción, como tierra, agua, energía e insumos. Producir comida que no va a consumirse supone emisiones innecesarias de CO₂ además de pérdidas del valor añadido de los alimentos producidos. En el ámbito económico, las pérdidas de alimentos que pueden evitarse tienen un impacto negativo directo en los ingresos, tanto de agricultores como de consumidores (FAO, 2012).

La imposibilidad de cumplir con estándares mínimos de inocuidad alimentaria puede llevar a estas pérdidas y en casos extremos, a impactos en la situación de seguridad alimentaria de un país. Factores como toxinas de origen natural, agua contaminada y uso de pesticidas pueden provocar que los alimentos no sean inocuos (FAO, 2012). Las condiciones antihigiénicas de manejo y alma-

cenamiento, junto con el adecuado control de temperatura, también dan origen a la descomposición rápida de frutas y hortalizas y afecta directamente la salud humana.

Importancia de las características sensoriales en la compra de productos de frutas y hortalizas

La aceptación de un alimento depende de muchos factores, entre los que destacan sus propiedades sensoriales como color, el primer contacto (vista), sabor, aroma, textura y hasta el sonido que se genera durante su consumo (Badui, 1999). Así, la selección de alimentos por parte de los consumidores está determinada por los sentidos de la vista, olfato, tacto y gusto. Lo anterior, junto con los reportes de diversas investigaciones científicas de los últimos decenios han demostrado que una dieta rica en frutas y hortalizas protege contra numerosos tipos de cáncer y disminuye la incidencia de las cardiopatías coronarias, lo que enfatiza la importancia del consumo habitual de estos alimentos. (Belitz, 1997). Por lo tanto, unido a un notable aumento de la disponibilidad de estos productos durante todo el año en el mercado mundial, se ha incrementado el consumo de frutas y hortalizas frescas, en los últimos 20 años (OMS y FAO, 2007).

Factores que afectan las características sensoriales de frutas y hortalizas

Un aspecto fundamental que se debe tener en cuenta en el manejo pos cosecha de frutas y hortalizas, es que éstas continúan vivas. En tal sentido, en la fruta u hortaliza cosechada continúa la respiración, maduración y en algunos casos, inicia procesos estructurales y bioquímicos. Así mismo, el producto cosechado está constantemente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración y a otros fenómenos fisiológicos (Arias y Toledo, 2000). Los factores capaces de provocar alteraciones importantes en las características sensoriales de frutas y hortalizas, pueden ser divididos en: biológicos (microorganismos y enzimas), factores físicos (luz y calor) y factores químicos (agua y oxígeno) (Leyva *et al.*, 2011).

Importancia del oxígeno y CO_2 en las características sensoriales de frutas y hortalizas

Bajos niveles de O_2 en el ambiente pueden inducir procesos de fermentación en las frutas y ocasionar la producción de malos olores y sabores, así como su dete-

rioro. Esto es común cuando la ventilación del ambiente en el cual se encuentran las frutas es deficiente. Estos cambios también son favorecidos por altas temperaturas (Arias y Toledo, 2000).

La acumulación de CO₂ puede retrasar el normal ablandamiento y pérdida del color verde de algunas frutas. En otros casos, se observa decoloración y deterioro internos por la acumulación de este gas en la atmósfera de almacenamiento; así como también, mal sabor y depresiones superficiales en la cáscara de la fruta (*pitting*) (FAO, 2012).

Importancia del crecimiento de microorganismos en frutas y hortalizas

Algunos de los microbios patógenos asociados con frutas y hortalizas frescas son *Salmonella* spp., *Shigella* spp., cepas patógenas de *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, virus de hepatitis A y parásitos, tales como el género *Cyclospora*, *Entamoeba* y *Giardia*. Algunos de estos patógenos están asociados al entorno agrícola, mientras que otros pueden proceder de trabajadores infectados o agua contaminada. Debido a la capacidad de los patógenos de sobrevivir y proliferar en los productos frescos, es importante que la industria de frutas y hortalizas pre cortadas, siga las buenas prácticas de higiene para garantizar la inocuidad microbiológica de sus productos. Las hortalizas tienen en general un pH entre 5 y 6, mientras que las frutas muestran un valor menor a 4,5. Por lo tanto, las bacterias crecen más rápido que los mohos y levaduras sobre la mayoría de las hortalizas, y viceversa en el caso de las frutas. La alteración de las frutas y hortalizas frescas se denomina enfermedad pos cosecha debido a que son partes vivas de las plantas y aunque éstas suelen poseer algunas defensas naturales contra la infección microbiana, en la práctica son de bajo impacto (Mossel *et al.*, 2003).

Respiración

Mediante la respiración las frutas y las hortalizas obtienen la energía necesaria para desarrollar una serie de procesos biológicos indispensables. El proceso respiratorio ocurre a expensas de las sustancias de reserva (azúcares, almidones, entre otras) las que son oxidadas, con el consiguiente consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono. Adicionalmente, la respiración genera calor (calor vital) que al ser liberado al medio que rodea la fruta, éste puede afectar al producto cosechado. En general, cuanto mayor es el ritmo respiratorio del producto, menor es su vida útil (Arias y Toledo, 2000).

Almacenamiento y producción de etileno en frutas y hortalizas

La refrigeración reduce la velocidad del metabolismo, mantiene el sabor, valor nutritivo y puede disminuir la incidencia de las podredumbres. Sin embargo, algunas frutas y hortalizas sufren lesiones debido al frío con la consiguiente pérdida de calidad. El aire debe circular dentro de la cámara refrigeradora y se requiere una humedad entre 90 y 95 % para evitar el secado de las frutas y hortalizas. Aunque, si se mantiene una humedad más alta, aumentará el número y tipo de microbios a pesar de la baja temperatura. El ajuste de la humedad relativa permite equilibrar la disminución del crecimiento microbiano y la pérdida de humedad del producto (Jay *et al.*, 2005).

Por otra parte el almacenamiento en una atmósfera modificada extiende la vida útil del producto, mientras se mantenga la temperatura baja. Por ejemplo en las manzanas bajo ciertos niveles de dióxido de carbono, se restringe el crecimiento de organismos aerobios como los mohos (Mossel *et al.*, 2003). La mayoría de las frutas se almacenan a 2 °C y otras requieren una temperatura ligeramente más elevada. El deterioro durante la comercialización es variable y puede llegar hasta el 50 % de las hortalizas y algunas frutas (Jay *et al.*, 2005).

El etileno es una sustancia natural (hormona) producida por las frutas. Aún a niveles bajos menores que 1 parte por millón (ppm), éste es fisiológicamente activo. Así mismo, ejerce una gran importancia sobre los procesos de maduración y senescencia de las frutas e influye en la calidad de las mismas. Por lo tanto, la formación de la zona de desprendimiento de la fruta del resto de la planta (abscisión), también es regulada por esta sustancia (Jay *et al.*, 2005).

Importancia de los empaques

El envasado de alimentos se ha usado a través de los tiempos para proteger los productos alimenticios de su entorno y para mantener su calidad (Granda *et al.*, 2013). Desde la antigüedad el envasado es una técnica fundamental para conservar la calidad, reducir al mínimo el deterioro y limitar el uso de aditivos. El envase preserva la forma y la textura del alimento que contiene, evita que pierda sabor o aroma, prolonga el tiempo de almacenamiento y regula el contenido de agua o humedad (Núñez, 2013). Los envases protegen a los alimentos de una serie de agentes externos procedentes del ambiente como el calor, humedad, luz, microorganismos, suciedad, gases, olores indeseables, insectos, partículas de polvo o emisiones de gases. Este mismo, permite a los fabricantes ofrecer información sobre las características del producto envasado, contenido nutricional, composición y constituye un buen vehículo para transmitir a los usuarios infor-

mación sobre estos puntos. Debe tener una forma, tamaño correcto y contar con una presentación atractiva a los ojos del consumidor (López, 2013).

Los envases hoy en día han llegado a tener un alto grado de perfeccionamiento, derivado de la extensa oferta de materiales para fabricarlos y de los alimentos. Sin embargo, la mayoría están hechos de plásticos sintéticos y tienen un uso generalizado, gracias a sus buenas propiedades mecánicas y su eficacia como barrera al oxígeno y al agua (Granda *et al.*, 2013).

La mercadotecnia, por su parte, ha generado una cerrada competencia en el sector porque un envase, además de contener, transportar y proteger el producto, debe mostrar una imagen que pueda venderse y ser atractivo al variado gusto de los consumidores. Ya que en muchos casos trascienden las fronteras (Araujo, 2014). Este crecimiento desmedido en la utilización de materiales sintéticos por parte de las industrias alimentarias, ha ocasionado severos daños de contaminación, debido a la poca biodegradabilidad con que cuentan tales empaques sintéticos (Granda *et al.*, 2013; Araujo, 2014).

Plásticos, el beneficios y perjuicios de su uso

Los materiales más comúnmente utilizados para el envasado de alimentos y bebidas son los plásticos derivados del petróleo, un material considerado no renovable (Rubio y Guerrero, 2012). Los cuales, constituyen toda una familia de materiales con diversos usos. Sus propiedades les permiten ser moldeados en infinidad de formas para generar miles de productos. El plástico ha reemplazado otros materiales, por su bajo costo, poco peso, permeabilidad, durabilidad e higiene (Téllez, 2012). Igualmente, generan una gran cantidad de residuos al ser un material de baja degradabilidad, que llega a tardar hasta miles de años en desintegrarse. La contaminación de este tipo de residuos se debe fundamentalmente al gran nivel de consumo y la incapacidad de la naturaleza de degradar estos productos rápidamente con lo que se ve afectada la biodiversidad del lugar donde son depositados (Núñez, 2013). Una alternativa a este problema es el reciclaje, sin embargo, no todos pueden reutilizarse y por otra parte, muchas empresas no tienen el hábito de reutilizar cuando es poco atractivo económicamente. Lo anterior, se origina por los altos costos que se generan cuando el material viene muy contaminado o mezclado (Téllez, 2012).

Los plásticos pueden transportar hacia el alimento ciertos compuestos no deseables, como por ejemplo plastificantes o aditivos (Nerín, 2009). Por ello resulta de gran interés el desarrollo de alternativas a los plásticos convencionales, considerando la utilización de biopolímeros una buena opción con aplicación en el campo de los envases (Núñez, 2013).

Biopolímeros en lugar de plásticos

En la búsqueda de nuevos materiales más amigables con el medio ambiente podemos encontrar los denominados biopolímeros, que son bases poliméricas se obtienen a partir de los residuos generados de la pesca, agricultura o ganadería. Desde un punto de vista ecológico el aprovechamiento de residuos resulta interesante, ya que se consigue obtener un rendimiento y valorizar estos desechos, reducir su cantidad y por lo tanto, los costes y problemas de su eliminación (López, 2013). La naturaleza de estos compuestos es muy variada, son principalmente de origen proteico (gelatina, proteína del suero de la leche, zeína, gluten, proteína de soja, entre otras fuentes), polisacáridos (celulosa, gomas, almidón, quitosano, agar, pectinas, entre otros) y lipídico (ceras, grasas, aceites) o los denominados sintéticos, que son polímeros obtenidos de las bases poliméricas antes mencionadas, pero son transformados por la acción de un microorganismo. Ejemplo, de compuestos como éstos últimos, se cuenta con los polihidroxi-alcanatos y el ácido poliláctico, ambos bioplásticos, que tienen la particularidad de ser productos de alta degradación (Rubio y Guerrero, 2012). Para que un biopolímero pueda ser denominado biodegradable debe de ser descompuesto por la acción de microorganismos, enzimas, luz solar o degradación química en bióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa. Igualmente, los productos resultantes pueden ser obtenidos en un periodo determinado. (Rubio y Guerrero, 2012; Núñez, 2013). Dentro de los biopolímeros comúnmente utilizados dentro de la agricultura, se pueden nombrar a dos principalmente: las películas y recubrimientos. Los cuales, son definidos en función de cómo son expuestos a las frutas y hortalizas.

Un recubrimiento o cobertura comestible es una capa formada como un revestimiento sobre el alimento, mientras que una película es una capa ya prefabricada que se aplica sobre el producto. De forma general puede decirse que los recubrimientos se aplican en forma líquida sobre el alimento, normalmente por inmersión del producto en una solución con capacidad filmogénica. Por otro lado, las películas son elaboradas como láminas sólidas y se aplican posteriormente sobre el alimento como una envoltura (Núñez, 2013). Las propiedades funcionales de las películas o recubrimientos son iguales a los de los empaques no biodegradables o sintéticos. Entre los principales usos se tiene que actúan como barrera a la humedad, al oxígeno, al dióxido de carbono, a la presencia de microorganismos y de agentes extraños al producto (Morin, 2010).

Principales componentes de biopelículas y recubrimientos comestibles

La elaboración de los envases comestibles requiere de al menos un componente capaz de formar una matriz estructural. Esta capacidad la poseen algunos biopolímeros y lípidos, por tanto, suelen ser la base de los envases comestibles. Muchas veces resulta imprescindible agregar aditivos como los plastificantes a la formulación de estos envases, puesto que sin ellos la película resultante sería excesivamente frágil y muy poco flexible. Además de los plastificantes se pueden incluir otros aditivos, tal vez no tan estrictamente necesarios como los anteriores, pero que su inclusión en la formulación, supone una mejora en las propiedades tecnológicas y funcionales de las envolturas (López, 2013).

Proteínas en las biopelículas y recubrimientos comestibles

Los materiales a base de proteínas consisten en redes macromoleculares continuas, de baja humedad y regularmente ordenadas. Para la elaboración de películas y recubrimientos comestibles a base de proteína se han utilizado de diferente origen, tanto animal como vegetal. Así, se pueden encontrar en la literatura películas de gelatina, caseína, proteína aislada o concentrada del suero lácteo, gluten de trigo y proteína de soya, entre otras (López, 2013; Araujo, 2014). Las interacciones entre proteínas necesitan ser numerosas y uniformes. La probabilidad de formación de enlaces intermoleculares depende de la forma de la proteína y de las condiciones de proceso. Los biopolímeros proteicos forman redes macromoleculares tridimensionales que se estabilizan mediante diversos tipos de enlaces (interacciones electrostáticas, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, enlaces covalentes y puentes disulfuro), los cuales, dependen de la composición aminoacídica de las proteínas participantes. Los enlaces se pueden favorecer durante el procesado, tanto por las soluciones en las que se encuentra, como por el tratamiento térmico y modo de secado. Así mismo, la forma de la proteína es de gran importancia para la formación de estas redes que conforman la matriz. Las proteínas de alto peso molecular y fibrilar como el colágeno, gelatina y las proteínas miofibrilares, pueden formar redes más amplias con buenas propiedades mecánicas. En cambio, las proteínas globulares, frecuentemente de bajo peso molecular, tales como las proteínas aisladas de soya y las proteínas sarcoplásmicas, usualmente necesitan desdoblarse antes de la formación de la red (Rubio y Guerrero, 2012; López, 2013; Araujo, 2014).

También se puede modificar la estructura de la proteína por desnaturalización y agregación, para ofrecer variaciones en las propiedades que generan al

constituir la red filmogénica. Todas estas variables y la gran diversidad de características de las distintas proteínas, permiten obtener un amplio abanico de posibilidades y propiedades de las películas constituidas a partir de estos biopolímeros. En general, si bien las películas a base de proteínas presentan buenas propiedades de barrera frente al oxígeno y dióxido de carbono, son susceptibles a la humedad (López, 2013).

Hidratos de carbono en las biopelículas y recubrimientos comestibles

Las películas de polisacáridos tienen buenas propiedades de barrera a los gases y pueden adherirse a superficies de frutas y vegetales seleccionados. Sin embargo, no son buena barrera para la humedad. Tienen varios orígenes: celulosa y derivados, almidones y derivados, pectina y arabinosilanos, gomas procedentes de algas (alginatos o carragenatos), gomas procedentes de microorganismos (pululano, xantano o gelan) y quitosano, proveniente de desechos de la industria pesquera (Morin, 2010; Núñez, 2013). Las propiedades de las películas formadas por dichas biomoléculas dependen de la estructura de las mismas, ya que el número de puentes de hidrógeno o el peso molecular, afectan a las propiedades finales de las películas. Los polisacáridos pueden ser lineales o ramificados y se componen de la repetición de un mismo monosacárido o varios (homoglucanos o heteroglucanos).

También, se pueden encontrar polisacáridos con carga neutra (ej. agar, metilcelulosa), carga negativa (alginato de sodio, carragenano, pectina) o carga positiva (quitosano), lo cual, se debe a los grupos químicos unidos a los monosacáridos (Morin, 2010; Núñez, 2013). Estas características estructurales determinan las diferencias entre un polímero y otro así como su incompatibilidad entre polisacáridos o entre diferentes componentes (ej. proteínas, minerales, ácidos y lípidos), e incluso determinan sus propiedades formadoras de películas y sus características de este tipo de materiales vienen determinadas también por la estructura del polisacárido, ya que influye el número de enlaces de hidrógeno intermoleculares establecidos entre las cadenas del polímero. El peso molecular del polisacárido también juega un papel importante en las propiedades finales de las películas. Los polímeros lineales de alto peso molecular y de carácter no iónico forman películas fuertes, como es el caso del agar y la metilcelulosa. En cambio, los polisacáridos más ramificados, con o sin carga iónica, forman películas más débiles (Núñez, 2013; López, 2013).

Lípidos y ceras en las biopelículas y recubrimientos comestibles

Se utilizan generalmente como agentes de recubrimiento para conferir brillo a productos de confitería o frutas. Las ceras son comúnmente ocupadas como recubrimiento de frutas y vegetales para retardar la respiración y la pérdida de humedad (Morin, 2010). La principal función de las cubiertas lipídicas es obstruir el transporte a la humedad debido a su baja polaridad. Por el contrario, la hidrofobicidad característica de los lípidos, da lugar a la formación de películas gruesas y frágiles. Consecuentemente, las películas a base de estas moléculas, deben de combinarse con proteínas y polisacáridos para mejorar las características mecánicas (Rubio y Guerrero, 2012). La mayor o menor eficacia para actuar como barrera depende de la composición química del lípido en cuestión, es decir, de la presencia de elementos polares, longitud de la cadena hidrocarbonada y el grado de insaturación o acetilación (López, 2013).

Por otro lado, las películas elaboradas a partir de lípidos (ceras, aceites, entre otros) y poliésteres (poli-D- β hidroxibutirato y ácido poliláctico) tienen buenas propiedades de barrera. Estas moléculas, permiten el vapor de agua pero, normalmente son poco flexibles y opacas. Además, las películas de lípidos tienden presentar enranciamiento y gran fragilidad (Núñez, 2013).

Biopelículas en frutas y hortalizas

Aplicar recubrimientos comestibles a frutas y hortalizas a partir de fuentes renovables, como lípidos, polisacáridos y proteínas, así como mezclas de estos, disminuye su tasa de respiración, retarda su pérdida de peso por deshidratación y prolonga las pérdidas de firmeza y prolongación causadas por microorganismos. Además, se inhibe el empardeamiento enzimático y otras reacciones metabólicas asociadas con la maduración. Igualmente, se promueve la conservación de las propiedades mecánicas y se conservan las características sensoriales, ya que se retarda la maduración y se incrementa la vida útil de la fruta. Lo anterior, debido a que los recubrimientos y películas proporcionan una barrera semipermeable a los gases y vapor de agua, además pueden actuar como portadores de ingredientes funcionales y agentes antimicrobianos o antioxidantes (Vázquez y Guerrero 2013).

Conclusiones

Las biopelículas o recubrimientos plásticos elaborados a partir de desechos agroindustriales son una alternativa sustentable que disminuye en gran medida

la pérdida económica y de la salud humana generadas por el deterioro de frutas y hortalizas aumentando la vida de anaquel de estas, sin perder sus propiedades sensoriales.

Literatura citada

- Araujo L., J A. 2014. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de quitosano a partir de exoesqueleto de camarón sobre las características físicas y microbiológicas del chorizo pamplona. Universidad Autónoma del Estado de México. México. 61p.
- Arias V., C J. y J. Toledo Hevia. 2000. Técnicas mejoradas de pos cosecha, procesamiento y comercialización. 136p.
- Badui D., S. 1999. Química de los Alimentos, Ed. Alhambra Mexicana. 736p.
- Belitz H. D.; W. Grosch. 1997. Química de los Alimentos, Ed. Acribia. 1134 p.
- FAO, 2011. De la huerta a la mesa: Promoción del consumo de frutas y vegetales a partir de huertas familiares.
- FAO, 2012. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. – *Alcance, causas y prevención*. Roma.
- Giraldo G., M I. 1999. Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos 106p.
- Granda R., D.; Y. Medina P.; M. Culebras R.; C. Gómez C. 2014. Desarrollo y caracterización de una película activa biodegradable con antioxidantes (alfa-tocoferol) a partir de las proteínas del lactosuero. *Vitae, Revista De La Facultad De Química Farmacéutica* ISSN 0121-4004 / ISSN 2145-2660. Volumen 21 número 1, págs. 11-19.
- Jay M.J.; Loessner J. M.; Golden A. D. 2005. *Modern Food Microbiology*, 7° ed. Springer, New York. 790p.
- Leyva López Nayely, Basilio Heredia1, J., Contreras Angulo Laura Aracely, Muy Rangel María Dolores, Campos Saucedo, Juan Pedro, González Lizárraga, Irma, 2011. Sales de calcio mejoran vida de anaquel y aceptabilidad general de papaya (*Carica papaya* L. var. Maradol) fresca cortada. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- López de L., A M. 2013. Tesis Doctoral. Diseño, desarrollo y aplicación de envases comestibles potencialmente bioactivos. Universidad Complutense de Madrid. España. 400p.
- Morin A., C S. 2010. Tesis de Grado. Elaboración y caracterización de películas comestibles a base de almidón de maíz ceroso y mucilago de nopal (*Opuntia ficus*) usando la tecnología de extrusión termoplástica. Universidad Autónoma de Querétaro. 83p.

- Mossel D. A. A.; Moreno B.; Struijk C. B. 2003. Microbiología de los alimentos. Ed. Acribia, Zaragoza cap. 537.
- Nerín De La P., C. 2009. Seguridad alimentaria en materiales en contacto con los alimentos. In: Nerín De La Puerta, Seguridad alimentaria e higiene de los alimentos (pp. 127-146). Madrid: Instituto Tomás Pascual Sanz para la nutrición y la salud.
- Núñez F., R. 2013. Tesis de Doctorado. Desarrollo de películas activas de gelatina con incorporación de lignina y su aplicación alimentaria. Universidad Complutense de Madrid. 15p.
- OMS y FAO, 2007. Codex Alimentarius. Frutas y Hortalizas. 1º Edición, Roma.
- Pelayo Z., C. 2003. Las frutas y hortalizas como alimentos funcionales. UAM. 20p.
- Rubio A., M. y Guerrero B. J. A. 2012. Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. Temas Selectos de Ingeniería de alimentos 6-2. 173-181.
- Téllez M., A. 2012. Tesis de Grado. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: Una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 120p.
- Vázquez B., M C.; y J A. Guerrero B. 2013. Recubrimiento de frutas con biopelículas Temas selectos de ingeniería de alimentos 7- 2: 5- 14.