

Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*)

Physical characterization of edible films based on banana peel (*Musa Paradisiaca*)

ABSTRACT

Edible films are an alternative to the traditional methods of food preservation. Agro-industry produces big amounts of by-products which could be utilized as raw materials for the production of valuable products. In the present work, banana peel powder and banana peel films were elaborated. Banana peel powder was characterized by the total starch and apparent amylose content together with solubility index and swelling power. Tension resistance, water vapor permeability, opacity, solubility and thickness were measured on the edible films of the present work. Banana peel powder showed appreciable amounts of starch ($38.11\% \pm 3.9$) an apparent amylose ($42.22\% \pm 2.18$). Therefore banana peel could be utilized on the elaboration of edible films. However, banana peel powder showed low values of solubility ($11.41\% \pm 0.27$) and swelling power ($4.83\% \pm 0.15$). Physical characteristics of edible films based on banana peel were similar to those produced with starch only, exceptuating water vapor permeability. Key words: edible films; acetylsalicylic acid; water vapor permeability.

Katherine Anchundia
Stalin Santacruz
José Coloma

Carrera de Ingeniería Agroindustrial
Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

Dirigir la correspondencia a:

Profesor

José Coloma

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Avenida circunvalación, Manta Ecuador., P.O. Box 13-05-2732.

Teléfono: 593 - 0980082417

E-mail: jose.coloma@uleam.edu.ec

Este trabajo fue recibido el 25 de Mayo de 2016
y aceptado para ser publicado el 5 de Septiembre de 2016.

INTRODUCCIÓN

El principal subproducto del procesamiento industrial del plátano es la cáscara, la cual representa aproximadamente 30% del peso del fruto (1), sin embargo es un material que se utiliza básicamente para la alimentación animal o en muchos casos no se utiliza, produciendo contaminación ambiental. La cáscara de plátano es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio (2). Además, se considera que puede ser una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas (3) y de compuestos fotoquímicos con actividad contra radicales libres (4).

La película comestible consiste en una capa delgada que se pre-forma sobre la superficie de los productos vegetales como una envoltura protectora (5). Se elaboran a partir de una gran variedad de proteínas (suero láctico, concentrados como componentes únicos o combinados) (6,7) de polisacáridos y grasas. El uso de almidón para la elaboración de películas comestibles tiene gran importancia debido a que es un material biodegradable, reusable, barato, comestible y fácilmente disponible, siendo la fracción de amilosa la responsable de la

habilidad del almidón para la formación del film (8). El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales se debe a que crean una barrera física a los gases, produciendo una atmósfera modificada con reducida disponibilidad de oxígeno e incremento de la concentración de dióxido de carbono (9,10). Es muy importante la humedad relativa de almacenamiento, ya que la permeabilidad al oxígeno se incrementa en gran medida mientras mayor sea la humedad relativa ambiental, por lo cual se debe controlar este factor para maximizar la efectividad de la película comestible (11).

Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas (puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, London, Debye, de cristalización o de valencia primaria (12). Su cohesión molecular les confiere buenas propiedades mecánicas, pudiendo ejercer de matriz estructural del recubrimiento (13).

El interés en el continuo desarrollo de películas comestibles a base de almidón, radica en su bajo costo, así como a su relativa facilidad de obtención y su capacidad de formación

de películas. En este sentido, fracciones de almidón de cereales, tubérculos y ciertas especies de leguminosas han sido utilizadas con este fin (14). Las películas elaboradas a partir de este carbohidrato son claras, flexibles, transparentes y presentan excelente barrera al oxígeno (15). Sin embargo, sus propiedades de barrera contra la humedad, no son tan buenas (16); además sus propiedades mecánicas son generalmente inferiores a las de películas sintéticas (17). En películas a base de almidón, la matriz o red es normalmente formada durante el secado de una dispersión gelatinizada debido a los puentes de hidrógeno que se establecen entre los grupos hidroxilo (18).

El almidón es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables (19). Debido a que el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, es necesario buscar nuevas fuentes de extracción, ya que con una producción mundial de 48.5 millones de ton/año, existe una demanda insatisfecha del mismo (20).

El ácido salicílico es un regulador endógeno del crecimiento de las plantas, se ha encontrado que genera un amplio rango de respuestas metabólicas y fisiológicas en plantas, afectando su crecimiento y desarrollo. El ácido salicílico es un compuesto natural y fenólico que exhibe un alto potencial para controlar pérdidas poscosecha en cultivos (21). Debido a la preferencia actual de los consumidores por adquirir alimentos frescos y seguros se ha originado la búsqueda de nuevos compuestos que eviten la contaminación de los alimentos (hongos, bacterias y levaduras) durante la manipulación y el almacenamiento (22). El ácido salicílico (AS) es visto como un inductor de resistencia sistémica adquirida y una de las importantes moléculas de señalización implicadas en la resistencia a enfermedades en las plantas (23, 24). Previos estudios revelan que el AS mantiene la firmeza del kiwi (25) y bananas (26) durante su almacenamiento. Sin embargo no se han realizado estudios de elaboración y caracterización de películas a base de cáscara de plátano que contengan AS, este último como un factor coadyuvante en la preservación de alimentos.

El objetivo principal de la presente investigación fue caracterizar físicamente películas comestibles elaboradas a partir de cáscara de plátano con adición de ácido salicílico para su posible utilización en la conservación de diversos productos hortofrutícolas y como alternativa de industrialización de la cáscara de plátano, el cual constituye un subproducto de origen natural subutilizado y ampliamente producido por el Ecuador.

MATERIAL Y MÉTODOS

La cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) fue recolectada en una empresa procesadora de chifles en la ciudad de Manta. Se realizó un examen visual para desechar producto en mal estado ya que la calidad de las cáscaras es fundamental para la elaboración de las películas. Posteriormente las cáscaras fueron lavadas con agua potable para retirar restos de suciedad y desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 2% (p/p) para luego ser sumergidas por 5 minutos en solución de ácido cítrico al 1% (p/p) con el fin de evitar el pardeamiento enzimático de las cáscaras de plátano durante el secado posterior. Finalmente se realizó el secado de las cáscaras en una estufa a 60 °C por 24 horas, seguida de molienda (molino Corona, México) y tamizado (serie de tamices ASTM) hasta llegar a un tamaño de partícula menor a 180 micrómetros.

Preparación de las películas

La película se elaboró mediante la disolución de harina de cáscara de plátano en agua destilada con calentamiento hasta 90 °C y agitación constante. Una vez alcanzada esta temperatura se adicionó el ácido acetilsalicílico manteniendo la temperatura durante 5 minutos. Finalmente se dejó enfriar la solución hasta 50 °C. Las muestras obtenidas fueron homogenizadas en ultraturrax (Polytron, Suiza) a 11.000 rpm por 4 minutos y transferidas luego a cajas Petri de 9 cm de diámetro. El secado de las películas se realizó introduciendo las cajas Petri en una cámara (SCI Finetech Co., Corea) a 30 °C con humedad relativa de 45% durante 24 horas.

El experimento se desarrolló bajo un diseño de 32 en donde el factor A corresponde a la concentración de cáscara de plátano (0.5, 1 y 1.5 %) y el factor B a la concentración de ácido acetilsalicílico (1.5, 2 y 2.5 mmol/L). Todos los análisis de caracterización de las películas se realizaron por triplicado.

Caracterización de la harina de cáscara de plátano

La harina de cáscara de plátano se caracterizó a través del análisis del contenido de almidón total, amilosa aparente, índice de solubilidad y poder de hinchamiento. Las medidas se realizaron por triplicado.

Contenido de almidón total

Para determinar la pureza de las muestras de cáscara de plátano se cuantificó su contenido de almidón total (AT) por el método de Goñi et al (27). Se pesaron 50 mg de muestra en tubos de centrifuga de 50 ml de capacidad. Se añadió 3 ml de agua destilada y 3 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 4 M, se mezcló y agitó vigorosamente a temperatura ambiente durante 30 minutos.

Posteriormente se añadió 5 ml de ácido clorhídrico (HCl) 2 M y 3 ml de tampón acetato sódico 0.4 M ajustándose el pH a 4.75. La mezcla se incubó en baño maría con agitación constante a 60 °C durante 45 min previo la adición de 0.060 g de amiloglucosidasa. Luego de la incubación las muestras se centrifugaron durante 11 min a 4000xg, se retiró el sobrenadante de las muestras trasladándose a matraces aforados de 50 ml. Las muestras se lavaron con 10 ml de agua destilada y se repitió el proceso de centrifugación.

Finalmente se evaluó el contenido de glucosa con el reactivo de glucosa-peroxidasa (GOD-PAD). Para ello, se mezcló 0.5 ml de la muestra problema con 1 ml del reactivo, se agitó e incubó por 30 min a 37 °C en baño maría. Se determinaron las absorbancias a 500 nm frente al blanco. El porcentaje de almidón total se calculó empleando la ecuación 1:

$$\% \text{ de almidón total} = \frac{\text{glucosa} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \times \text{volumen} \times \text{dilución} \times 100 \times 0,9}{1000 \times \text{peso de muestra seca (mg)}}$$

Donde:

Volumen: volumen de sobrenadantes recolectados luego de la centrifugación.

0.9: factor de corrección de porcentaje de glucosa a porcentaje de almidón.

Contenido de amilosa aparente

El contenido de amilosa aparente se determinó mediante el método descrito por Paredes-López et al., (28). Se mezclaron entre 70 y 80 mg de almidón con 10 ml de NaOH 1 M. Se calentó la mezcla en un baño maría a 100 °C por 30 min con agitación cada 5 min. Luego se transfirieron los tubos a una estufa a 100 °C por 1 hora. Posteriormente se tomaron 0.5 ml de la solución y se añadió aproximadamente 25 ml de agua

destilada y 1 ml de solución de yodo / yoduro de potasio (I₂/IK) y se aforó hasta 50 ml con agua destilada.

Finalmente, por medio de un espectrofotómetro (Jenway 2013, Reino Unido) se determinó la absorbancia a 635 nm y se calculó el valor azul y el porcentaje de amilosa aparente presente en el almidón, ecuaciones 2 y 3:

$$\text{Valor azul} = \frac{\text{Absorbancia}}{2 \times \text{g de solución} \times \text{mg de almidón}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de amilosa} = (28.414 \times \text{Valor azul}) - 6.218$$

Índice de solubilidad y poder de hinchamiento

Las propiedades funcionales del almidón tales como el índice de solubilidad y el poder de hinchamiento se determinaron mediante el método detallado por Sathe (29). En un tubo de centrifuga de 10 ml se prepararon 40 ml de una suspensión de almidón al 1% (p/p) en base seca la cual se calentó en baño maría a una temperatura de 60 °C por 30 minutos. Luego los tubos se centrifugaron a 4000 rpm durante 15 minutos; el sobrenadante se secó en una estufa a 100 °C durante 4 horas mientras que el sedimento se pesó con una balanza analítica. El índice de solubilidad y el poder de hinchamiento se determinaron por medio de las ecuaciones 4 y 5 respectivamente:

$$\text{Índice de solubilidad} = \frac{\text{peso de solubles}}{\text{peso muestra (b.s)}} \times 100$$

$$\text{Poder de hinchamiento} = \frac{\text{peso del sedimento}}{\text{peso muestra (b.s)} \times (100 - \% \text{solubilidad})} \times 100$$

Características físicas de las películas

Las características físicas de las películas evaluadas fueron resistencia a la tensión (RT), permeabilidad al vapor de agua (PVA), espesor, opacidad y solubilidad.

Resistencia a la tensión (RT)

La RT se determinó mediante un ensayo de tracción con un texturómetro (Shimadzu, Japón). Se elaboraron películas con dimensiones de 5 x 2 cm las cuales fueron cargadas al equipo. La velocidad de la cruceta se ajustó a 10 mm / s. Los resultados se obtuvieron directamente mediante el uso del software Trapecio X.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La determinación de la PVA se realizó de acuerdo con la norma E96-80ASTM (30) y Debeaufort et al., (31). Las muestras de película se utilizaron para sellar un agujero en la parte superior de una celda de plástico que contenía agua destilada. La celda se colocó en un desecador ubicado en el interior de una cámara de almacenamiento con condiciones controladas de 25° C durante 24 h. Tres pesos de la celda fueron tomados durante las 24 h de almacenamiento. La PVA se calculó mediante la ecuación 6:

$$\text{PVA} = \frac{\Delta m - l}{A - \Delta t - \Delta p}$$

Dónde:

$\Delta m / \Delta t$ = Pérdida de humedad por unidad de tiempo (g s⁻¹).

A = Área de la película expuesta a la transferencia de humedad (m²).

l = Espesor de película (m).

Δp = Diferencia de presión de vapor de agua entre los dos lados de la película (Pa).

Ecuación 7:

$$\Delta p = \frac{\Delta RH}{100} * \text{PVAP SAT}$$

Dónde:

ΔRH = Es el gradiente de humedad relativa entre la celda y el entorno.

PVAP SAT = Es la presión de vapor saturado de agua pura y es igual a 3160 Pa a 25 °C.

Espesor

El espesor de la película se obtuvo por medida directa en tres secciones diferentes de la películas (extremos y parte central), para ello se utilizó un micrómetro (Mitutoyo, Japón).

Opacidad

Mediciones de opacidad se realizaron según Gómez-Estaca et al., (32). Una porción de película se cargó en un espectrofotómetro (UV-VIS, Jenway, Reino Unido) y se determinó la absorbancia a 600 nm. La opacidad se determinó de acuerdo con la ecuación 8:

$$\text{Opacidad} = \frac{\text{Absorbancia}}{x}$$

Donde X es el espesor de la película en mm.

Solubilidad

La solubilidad en agua de la película se determinó de acuerdo con el método de Gontard (33) con ligeras modificaciones. Las películas se secaron hasta peso constante a 100 °C (peso inicial). Cada muestra se colocó en un vaso de precipitados que contenía 50 ml de agua destilada y se agitó por medio de un agitador orbital (mrc, Alemania) a temperatura ambiente durante 24 h. La película remanente (sin disolver), se colocó en una estufa a 100 °C durante 24 h luego de lo cual se determinó su peso (peso final). El porcentaje de solubilidad fue calculado mediante la ecuación 9:

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$$

Análisis estadísticos

Los resultados fueron analizados por medio de análisis de varianza (Anova) y un test de Duncan (5%), utilizando el paquete estadístico Infostat 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de almidón total

El contenido de almidón total (AT) de la cáscara de plátano fue 38.11% ± 3.9. La cáscara de plátano se muestra como una fuente interesante para la obtención de almidón. En un estudio realizado por Emaga et al (34) en cáscaras de plátano verde se obtuvieron valores similares con 40% de almidón. Monsalve J et al., (35) en su estudio de producción de etanol a partir de cáscara de banana determinaron un contenido de 39.89% de almidón total. Existe vasta información acerca del uso de almidón como recubrimiento comestible, por lo tanto, la cáscara de plátano por su contenido de almidón se convierte en un material interesante para ser utilizado como película comestible.

Contenido de amilosa aparente

El contenido de amilosa aparente en la cáscara de plátano fue 42.22% ± 2.18 siendo un valor muy similar al encontrado por Rivas-González (36) en la pulpa del plátano nativo cuyos valores fueron 39.96% ± 0.11; cabe destacar que a pesar de provenir de diferentes partes anatómicas de la fruta el contenido de amilosa aparente es similar en los dos casos. La presencia de amilosa otorga al almidón la capacidad de formación de película y el almidón de plátano macho contiene 35 % aproximadamente (37). García-Tejeda et al., (38) en su estudio acerca de la oxidación de plátanos encontraron que el contenido de amilosa fue 32.74% ± 0.31. El contenido de amilosa aparente es un parámetro de mucha importancia debido a que ayuda en la formación de las películas ya que proporciona fuerza y flexibilidad (39).

Índice de solubilidad y poder de hinchamiento

El índice de solubilidad y el poder de hinchamiento de la harina de cáscara de plátano fue 11.41% ± 0.27 y 4.83% ± 0.15, respectivamente. Santacruz et al., (40) analizaron el índice de solubilidad en almidón de papa y yuca encontrando valores de 40.42% y 33.20%, respectivamente. Con respecto al poder de hinchamiento Pacheco et al., (41) obtuvieron 39% en almidón de ñame. Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la cáscara de plátano tiene baja solubilidad y baja capacidad de retención de agua en comparación con almidones de otras fuentes.

Resistencia a la tensión (RT)

La resistencia a la tensión muestra valores que van desde 4.43 MPa hasta 12.28 MPa, sin embargo, no existe diferencia significativa entre los tratamientos de acuerdo a la prueba de Duncan al 5%. La tabla 1 muestra los resultados de las medias de los tratamientos. Laohakunjit et al., (42) evaluaron la tensión a la fractura de películas elaboradas con almidón de arroz sin plastificar y con 35% de glicerol como plastificante, encontrando valores de 8.95 MPa y 1.1 MPa respectivamente. Asimismo, Mali et al., (43) reportaron valores que van de 2.85 a 7.84 MPa en películas elaboradas con varias concentraciones de almidón de camote. Las diferencias encontradas pueden deberse a los aditivos utilizados para la elaboración del film y a la diferente fuente botánica del almidón.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La película elaborada con 0.5 % de cáscara de plátano y 2.5 mmol/L de ácido salicílico fue el que presentó la menor PVA con 2.41×10^{-11} g m/sm²Pa. Este valor es más bajo que los obtenidos por Kim (44) en almidón modificado quien reportó permeabilidades al vapor de agua entre 1.2×10^{-9} y 2.7×10^{-9} g m/sm²Pa La tabla 1 muestra los resultados de PVA en todos los tratamientos estudiados. La permeabilidad al vapor de agua es la propiedad más ampliamente estudiada en películas comestibles, debido a la importante función del agua en las reacciones de deterioro de los alimentos (45). Para la conservación de frutas y hortalizas mientras más bajos sean los valores de permeabilidad al vapor de agua de los recubrimientos, se podrían considerar mejores recubrimientos, ya que de esta manera el alimento no pierde peso por deshidratación y conserva sus características originales por más tiempo (46).

Espesor

Los resultados no mostraron una relación entre el contenido de cáscara de plátano y el espesor de las películas. El tratamiento formulado con 0.5% de cáscara de plátano presentó el menor espesor con 0.11 mm, mientras que la formulación con 1.5% de cáscara de plátano presentó 0.17 mm de espesor, siendo estos resultados estadísticamente diferentes. La tabla 1 muestra los resultados de todas las formulaciones.

El trabajo realizado por Zamudio et al., (47) mostró que el espesor de sus películas degradables de almidón de plátano fue de 0.118±0.007 mm; Santacruz et al., (40) investigaron películas comestibles de almidón de papa y yuca obteniendo valores de 0.15 y 0.13 mm respectivamente. Todos estos resultados son muy similares a los obtenidos en este trabajo de investigación en donde se presentan espesores entre 0.11mm y 0.17mm. La mayoría de los films comestibles son de naturaleza hidrofílica y se ha encontrado una relación dependiente positiva entre la permeabilidad al vapor de agua y el espesor de las películas (48). McHugh et al., (49) consideraron que a medida que el espesor del film 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 interior de la película se incrementa; de ahí la importancia de regular el espesor de película.

TABLA 1

Resistencia a la tensión, permeabilidad al vapor de agua (PVA), espesor, opacidad y solubilidad de películas a base de corteza de plátano y ácido acetilsalicílico.

TRATAMIENTOS	Resistencia a la tensión (MPa)	PVA x 10 ⁻¹¹ (gm/sm ² Pa)	Espesor (mm)	Opacidad (mm ⁻¹)	Solubilidad (g/100g)
0,5% CP + 2,5 mmol/L AAS	4,43 ^A	2,41 ^{A,B}	0,11 ^A	9,72 ^D	18,43 ^{B,C,D}
1,5% CP + 1,5 mmol/ AAS	4,67 ^A	2,87 ^{A,B}	0,14 ^{A,B}	7,14 ^{A,B,C}	13,24 ^{A,B}
1,5% CP + 2,5 mmol/L AAS	4,83 ^A	2,96 ^{A,B}	0,14 ^{A,B}	5,47 ^A	7,21 ^A
1,5% CP + 2 mmol/ AAS	5,70 ^A	3,47 ^{A,B}	0,16 ^B	7,70 ^{B,C}	14,98 ^{A,B,C}
0,5% CP + 2 mmol/L AAS	6,43 ^A	3,53 ^{A,B}	0,16 ^B	7,03 ^{A,B}	23,77 ^{C,D}
1% CP + 2,5 mmol/ AAS	6,93 ^A	3,58 ^{A,B}	0,16 ^B	6,99 ^{A,B}	22,62 ^{B,C,D}
1% CP + 2 mmol/L AAS	7,97 ^A	3,64 ^{A,B}	0,16 ^B	6,48 ^{A,B}	25,25 ^D
1% CP + 1,5 mmol/L AAS	10,80 ^A	3,71 ^{A,B}	0,16 ^B	8,27 ^{B,C,D}	27,57 ^D
0,5 %CP + 1,5 mmol/L AAS	12,28 ^A	4,03 ^B	0,17 ^B	8,90 ^{C,D}	24,23 ^{C,D}

Los valores corresponden a la media de 3 réplicas. En cada columna, las letras en superíndices distintas corresponden a valores estadísticamente diferentes (α = 0,05).

Opacidad

Las películas elaboradas mostraron valores de opacidad entre 5.47 mm⁻¹ y 9.72 mm⁻¹. Los valores más bajos se encontraron en las películas con mayor contenido de cáscara de plátano en su formulación. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en todos los tratamientos analizados. El trabajo realizado por Santacruz et al. (40) en películas comestibles a base de almidón y quitosano mostró que las películas con 1% (p/p) de almidón mostraban menores valores de opacidad (5.38 mm⁻¹) en comparación con películas 0.5% de almidón cuyo valor de opacidad fue mayor (6.75 mm⁻¹). Asimismo, en un estudio realizado por Muñoz (50) en películas comestibles a base de almidón de yuca y maíz mostró que los tratamientos que tenían la menor opacidad (valores de 2.97mm⁻¹ y 3.37mm⁻¹) eran los que contenían el mayor porcentaje de almidón (75%).

Solubilidad

La solubilidad de las películas formuladas tuvo valores entre 7.21% y 27.57%. Los tratamientos con 1.5% de cáscara de plátano presentaron los menores valores de solubilidad. La tabla 1 muestra los valores de solubilidad obtenidos en todas las formulaciones.

Según Gnanasambadam et al., (51) la solubilidad de la película es un factor importante que determina su biodegradabilidad cuando se utiliza como un medio para proteger los alimentos. Laohakunjit (42) señala que aunque se requiere una baja solubilidad de las películas durante el almacenamiento, una alta solubilidad podría ser ventajosa durante la cocción de productos envueltos en películas. Por eso es necesario conocer las características de las películas para poder posteriormente encontrarles una aplicación adecuada.

CONCLUSIONES

La cáscara de plátano demostró ser un material a considerar para la elaboración de películas comestibles ya que tiene importantes cantidades de almidón y amilosa aparente a pesar de su baja solubilidad y poder de hinchamiento.

Las características físicas de las películas comestibles elaborados tales como resistencia a la tensión, opacidad, solubilidad y espesor demostraron ser muy similares a los resultados reportados en estudios anteriores en recubrimientos de almidón puro. Sin embargo, se obtuvo un valor bajo en la permeabilidad al vapor de agua, el cual es uno de los parámetros más importantes a considerar en la elaboración de películas comestibles. Por lo tanto, la elaboración de películas comestibles a base de cáscara de plátano y ácido acetilsalicílico es viable y debe ser estudiada con mayor profundidad en pruebas de conservación de diversos alimentos.

RESUMEN

Las películas comestibles son una alternativa cada vez más estudiada como método de conservación de alimentos. La agroindustria genera una importante cantidad de residuos con gran potencial para ser transformados en productos con valor comercial. En el presente trabajo se elaboró harina de cáscara de plátano y películas a partir de la misma. Se caracterizó la harina de corteza de plátano a través de su contenido de almidón total, amilosa aparente, índice de solubilidad y poder de hinchamiento y a las películas se evaluó la resistencia a la tensión, permeabilidad al vapor de agua, opacidad, solubilidad y espesor. La harina de cáscara de plátano presentó un importante contenido de almidón (38.11% ± 3.9) y amilosa aparente (42.22% ± 2.18), determinándose

que es un material adecuado para elaborar recubrimientos comestibles. Sin embargo, presenta bajos valores de solubilidad (11.41% ± 0.27) y poder de hinchamiento (4.83% ± 0.15). Las características físicas de las películas comestibles elaboradas demostraron ser similares a los resultados obtenidos en recubrimientos de almidón puro, a excepción de la permeabilidad al vapor de agua.

Palabras clave: recubrimientos comestibles; ácido acetilsalicílico; permeabilidad vapor agua.

BIBLIOGRAFÍA

- González - Montelongo R. Lobo G. González M. *Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. Food Chem.* 2010; 119 (3): 1030 - 9.
- Emaga T. Andrianaivo R. Whatelet B. Techango J. Paquot M. *Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peel. Food Chem.* 2007; 103 (2), 590 - 600.
- Saif M. Hashinada F. *Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (Musa, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel. Faculty of Agriculture. Am J Biochem Biotechnol* 2005; 1 (3): 126 - 32.
- Arawande J. Komolafe E. *Antioxidative Potentials of Banana and Plantain Peel Extracts on Crude Palm Oil. Ethnobotanical Leaflets* 2010; 14:559 - 69.
- Del Valle V. Hernández - Muñoz P. Guarda A. Galotto. *Development of a cactus-mucilage edible coating (Opuntia Picus indica) and its application to extend strawberry (Fragaria ananassa) shelf-life. Food Chem.* 2005; 91:751-6.
- Phan T. Debeaufort F. Luu D. Voilley A. *Functional properties of edible agar-based and starch-based films for food quality preservation. J Agric Food Chem.* 2005; 53, 973-81.
- Chillo S. Flores S. Mastromatteo M. Conte A. Gerschenson L. Del Nobile M. *Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. J Food Eng.* 2008; 88: 159-68.
- Gutiérrez J. Morales N. Tapia M. Pérez E. Fama E. *Corn-Starch 80:20 "Waxy":Regular, "Native" and Phosphated, as Bio-Matrixes for Edible Films. Procedia Materials Sci.* 2015, 8: 304-10.
- Avena-Bustillos R. Krochta J. Saltveit E. *Water vapour resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. J Food Sci* 1997; 62:351-4.
- González-Aguilar G. Monroy-García I. Goycoolea-Valencia F. Díaz-Cinco M. Ayala-Zavala. *Chitosan edible films. An alternative to prevent microbial spoilage and retain the fresh papaya cut quality. Simposium nue* 2005; s/n.
- Bonilla, J., Atare's, L., Vargas, M., Chiralt, A., 2012. *Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: possibilities and limitations. J Food Eng.* 2012, 110, 208-13.
- Franssen L. Krochta J. *Edible Coatings containing natural antimicrobials for processed foods. En S. Soller, Naturals antimicrobials for the minimal processing of foods. Boca Ratón, Florida: CRC Press* 2003; s/n.
- Guilbert S. Biquet B. *Food packing and preservation: theory and practice. London* 1986. p. 371-94.
- Lui Z. Han J. *Film forming characteristics of starches. J Food Sci.* 2005; 70(1): E31- E36.
- Martín O. Soliva R. *Food packaging using edible coatings.*

- Rev. Tecnol. Higiene Alimentos. 2001; 325, 29-38.
16. Miller K. Krochta J. Oxygen and aroma barrier properties of edible films. *Trends Food Sci Technol* 1997; 8: 228- 37.
 17. Nielsen P. Bertelsen G. Lawther M. Olsen M. Nilsson N. Mortensen G. Petersen K. Potential of biobases material for food packaging. *Trends Food Sci Technol* 1999; 10: 52-68.
 18. Tapia-Blácido D, Sobral P. Menegalli F. Development and characterization of biofilms based on amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). *J Food Engine* 2005; 67: 215-23.
 19. Zhao J. Whistler R. Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. *Food Technol*. 1994; 104 -5.
 20. Faostat. Food and Agriculture Organization of the United Nations. London. Database. (2001).
 21. Asghari M. Soleimani M. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends Food Sci Technol*. 2010, 21: 502-9.
 22. Badawy M. Rabea E. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biol Technol*. 2009; 51(1): 119 - 7.
 23. Alvarez M. Salicylic acid in the machinery of hypersensitive cell death and disease resistance. *Plant Mol Biol*. 2000; 44: 429-42.
 24. Desveaux D. Subramaniam R. Despres C. Mess J. Levesque C. A "Whirly" transcription factor is required for salicylic acid-dependent disease resistance in *Arabidopsis*. *Develop Cell* 2004; 6: 229-40.
 25. Aghdam, M. S. Mostofi, Y. Motallebiazar, A. Ghasemneghad, M. & Fattahi Moghaddam, J. Effects of MeSA vapour treatment on the postharvest quality of Hayward kiwifruit. In 6th International Postharvest Symposium. Antalya, Turkey. (8-12 April 2009).
 26. Srivastava, M. K., & Dwivedi, U. N. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Sci*. 2000; 158: 87-96.
 27. Gofii I. Garcia-Alonso. Saura-Calixto F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index, *Nutri Res Carbohydrates* 1997; 17:427-37.
 28. Paredes-López O. Schevenin M. Hernández D. Carabez A. Amaranth starch isolation and partial characterization. *Starch/Stärke*. 1989; 41, 205- 7.
 29. Sathe S. Salunkhe D. Isolation, partial characterization and modification of the greath northern bean (*Phaseolus vulgaris*) starch. *J Food Sci*. 1981; 46 (4) 617 - 21.
 30. ASTM. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting D882-97. En: Annual book of ASTM. Philadelphia, PA. American Society for Testing and Materials. (1996), p 162-70.
 31. Debeaufort F. Quezada-Gallo J. Voilley A. Edible films and coatings: tomorrow's packaging: A review. *Critical Rev Food Sci*. 1998; 38(4):299-313.
 32. Gómez- Estaca J. Montero P. Fernández M. Gómez-Guillén M. Physical - chemical and film - forming properties of bovine - hide and tuna - skin gelatin. A comparative study. *J Food Engin*. 2009; 90: 480- 6.
 33. Gontard N. Guilbert S. Technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. En Mathlouthi, M (Ed). *Food Packaging Preservation* 1994; 159-81.
 34. Emaga T. Bindelle J. Agneesens R. Buldgen A. Wathélet B. Paquot M. Ripening influences banana and plantain peel composition and energy content. *Trop Anim Health Prod*. 2011; 43(1):171-7.
 35. Monsalve J. Medina V. Ruiz A. Ethanol production of banana Shell and cassava starch. *Dyna*. 2006; 150, p. 21-27.
 36. Rivas - González, M. Acetylated banana starch. Universidad autónoma de Queretano 2012; p 60-61.
 37. Romero-Bastida, C. A., L. A. Bello-Pérez, M. A. García, M. N. Martino, J. Solorza-Feria, and N. E. Zaritzky. Physicochemical and microstructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches. *Carbohydr, Polym*. 2005. 60: 235-44.
 38. García-Tejeda Y. Zamudio-Flores P. Bello-Pérez L. Romero-Bastida C. Oxidation of native banana. *Rev. Iberoam. Polímeros* 2011; 12, 125 - 35.
 39. Tharanathan, N. Biodegradable films composite coating; past, present and future. *Trends Food Sci Technol* 2003; 14:71 - 8.
 40. Santacruz S. Rivadeneira C. Castro M. Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids* 2015; 49, 89-4.
 41. Pacheco de Delahaye, E, & Techeira, N. Chemical and functional properties of native and modified ñame starch. (*Dioscorea alata*). *Interciencia* 2009; 34(4), 280-5.
 42. Laohakunjit N. Noomhorm A. Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film. *Starch/Stärke* 2004; 56: 348-56.
 43. Mali S. Grossman M. Garcia M. Martino M. Zaritzky N. Mechanical and thermal properties of yam starch films. . *Food Hydrocolloids* 2005; 19:157-64.
 44. Kim K. Park H. Mechanical Properties, Water Vapour Permeabilities and Solubilities of High Carboxymethylated Starch Based. *J Food Sci*. 2002; 218 - 22.
 45. Cerqueira M. Lima A. Texeira J. Moreira R. Vicente A. Suitability of novel galactomannans as edible coating for tropical fruits. *J Food Engi*. 2009; 372-8.
 46. Mendoza, L. Characterization of films forming solutions made with flour and barley starch. Instituto Politécnico Nacional. Morelos , México. 2012. p 72.
 47. Zamudio P. Bello-Pérez L. Vargas-Torres A. Hernández-Uribe J. Romer-Bastida C. Films prepared with oxidized banana starch: mechanical and barrier properties. *Starch / Starcke* 2007, 58: 274 - 82.
 48. Genadios A. Weller C. Hanna M. Fronning G. Mechanical and Barrier Properties of Egg Albumen Films. *J Food Sci*. 1996; 61 (3): 585-9.
 49. McHugh T. Avena-Bustillos R. Krochta J. Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapour permeability and explanation of thickness effects. *J Food Sci*. 1993; 58(4): 899-903.
 50. Muñoz J. Evaluation, characterization and optimization of a bioplastic from the combination of corn starch, cassava and glycerol in their physical properties and barrier. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano* 2014; p 22.
 51. Gnanasambadam R. Hettiarachchy N. Coleman N. Mechanical and barrier properties of rice bran films. *J Food Sci*. 1997; 62 (2), 395-8.