

ELABORACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE PARA FRUTAS FORMULADO A BASE DE UNA EMULSIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA Y ACEITE VEGETAL INOCUO PARA EL CONSUMIDOR

STEFANIE M. BONILLA B. ¹, DESIREÉ A. ÁLVAREZ M. ¹, JAIRO S. MENDIETA B. ¹, CARLOS J. VALDIVIEZO R. ²

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química.

e-mail: stefanie.bonillab@ug.edu.ec, desiree.alvarezm@ug.edu.ec, jairo.mendietab@ug.edu.ec

² Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas. e-mail: carlos.valdiviezor@ug.edu.ec

Recibido: abril 2017

Aprobado para publicación: julio 2017

RESUMEN

El desarrollo y la utilización de recubrimientos para frutas y hortalizas son prácticas llevadas a cabo desde muchos años atrás para alargar la vida útil post cosecha de estos productos alimenticios. Generalmente, los recubrimientos a base de ceras son los mayormente usados, con la característica de que los mismos influyen notablemente en el sabor del producto, y de ahí la necesidad de generar un método de conservación de frutas que no modifique las propiedades sensoriales de las mismas y resulte inocuo para el consumo humano. Actualmente existe un importante interés por el uso de recubrimientos comestibles con aplicaciones más específicas, en respuesta a la creciente demanda de los consumidores de productos de calidad y vida útil prolongada. Por ello, dentro de la presente investigación se desarrolló un recubrimiento comestible a base de una emulsión entre un polisacárido como el almidón de papa, por ser un componente abundante de bajo costo de producción, así como por su facilidad de formar películas; y un aceite vegetal como el aceite girasol para dar mayor adherencia al recubrimiento y reducir las pérdidas de humedad del fruto. Se ha establecido, además, una propuesta para la producción de un recubrimiento comestible para la preservación específica de fresas (frutillas), a partir de que las mismas son frutas no climatéricas, las cuales tienen una vida post cosecha muy corta debido a su alta actividad metabólica, lo que las hace susceptibles de deterioro; por consiguiente, se logró aumentar la vida útil del alimento en un 60 % durante el almacenamiento sin que esto repercuta en la alteración de sus características sensoriales e inocuidad alimentaria.

Palabras clave: recubrimientos comestibles, conservación, frutas, inocuidad alimentaria, fresa

ELABORATION OF AN EDIBLE COATING FOR FRUITS FORMULATED FROM AN EMULSION OF POTATO STARCH AND VEGETABLE OIL INOCUOUS FOR THE CONSUMER

ABSTRACT

The development and use of coatings for fruits and vegetables are practices that have been used for many years to extend the post-harvest shelf life of these food products. Wax-based coatings are the most commonly used, with the characteristic that they have a marked influence on the flavor of the product, and hence the need to generate a fruit preservation method that does not modify the fruit sensory properties and it is safe for human consumption. There is currently a significant interest in the use of edible coatings with more specific applications, in response to the growing demand from consumers for quality products and long shelf life. Therefore, within the present research, an edible coating based on an emulsion between a polysaccharide such as potato starch, an abundant component of low production cost, as well as for its ease of forming films; and a vegetable oil such as sunflower oil to give greater adherence to the coating and reduce moisture loss from the fruit was developed. It has also been established a proposal for the production of an edible coating for the specific preservation of strawberries (berries), since they are non-climacteric fruits, which have a very short post-harvest life. Due to their high metabolic activity, they are prone to deterioration. It was possible to increase the useful life of the food by 60% during storage without producing an alteration of its sensory characteristics and food safety.

Keywords: Edible cover, conservation, fruits, food safety, strawberry

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de recubrimientos comestibles es un tema de gran interés dentro del ámbito de la conservación de alimentos. De acuerdo con Krochta y De Mulder-Johnston (1997), una película comestible se define como aquella capa delgada de material comestible formada sobre un alimento como un recubrimiento, o depositada (lo que implica que debe ser preformada) sobre o entre los componentes de los alimentos. Su propósito es el de inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas, lípidos, pigmentos, entre otros (Aguilera, Barbosa, Simpson, Weti-Chanes, Bermúdez, 2011); servir como vehículo para aditivos alimentarios (antioxidantes, antimicrobianos, saborizantes, colorantes); y/o mejorar la integridad mecánica o características de manejo del alimento en cuestión. En algunos casos las películas comestibles con buenas propiedades mecánicas pueden llegar a sustituir las películas de empaque sintéticas. Tienen el potencial para reemplazar los envases convencionales en algunas aplicaciones.

Los consumidores en la actualidad exigen que los alimentos se mantengan frescos, sean mínimamente procesados y estén exentos de recubrimientos sintéticos, además buscan aquellos con sustancias de origen natural sin afecciones para su salud y que mantengan las características sensoriales naturales de los productos adquiridos (Ruiz, MADERA SANTANA, YOCUPICIO, 2015). El desarrollo y aplicación de recubrimientos comestibles se ha convertido en un tópico de gran interés para la industria alimentaria ya que ofrecen múltiples ventajas, tales como su biodegradabilidad, apariencia estética y propiedades de barrera diferencial, así como resistencia al estrés físico, lo que permite reducir o resolver muchos problemas relacionados con la transferencia de masa (vapor de agua y gases) causante de los cambios que deterioran los alimentos y reducen su calidad y vida útil durante el almacenamiento y el transporte (Boutoom, 2008).

Por otra parte, a pesar de tener una alta permeabilidad al vapor de agua, los polisacáridos son eficaces como barrera para el transporte de gases. Por esto, se han elaborado películas comestibles de almidón, las cuales se ha reportado que presentan buenas propiedades de barrera y una alta permeabilidad al vapor de agua (Bertuzzi ARMADA, CASTRO 2007). Sin embargo, las películas de biopolímeros (almidón, quitosano, agar, etc.) son rígidas y frágiles, por lo que requieren la incorporación de un plastificante que les imparta flexibilidad, reduzca las fuerzas intermoleculares y aumente la movilidad de la cadena, lo que incrementa la difusión de los gases. Por ello se busca que las películas

presenten un equilibrio entre la capacidad de barrera a los gases y sus propiedades mecánicas. Entre los plastificantes más comunes se encuentran el glicerol, sorbitol y polietilenglicol.

Según Karbowski, Debeaufort, Voilley (2007), el aumento de la vida útil de estos productos alimenticios está en efecto relacionado con la eficacia de la barrera de estos envases comestibles contra las transferencias de pequeñas moléculas. Esto es especialmente cierto para la transportación de agua entre compartimentos de diferentes actividades en el mismo alimento, lo que conduce a importantes cambios fisicoquímicos y por lo tanto al deterioro del producto.

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un recubrimiento comestible, aplicándolo sobre productos frescos y mínimamente procesados como son las frutas, en este caso la fresa. Se pretende con ello, prolongar la vida post cosecha del alimento, sin que esto implique la modificación de sus características organolépticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

Los materiales empleados en la elaboración de las películas fueron agua, almidón de papa comercial, aceite vegetal de girasol comercial RBD, glicerol grado alimenticio, pectina grado alimenticio, ácido ascórbico grado alimenticio.

MUESTRAS

Las muestras de fresas empleadas en el desarrollo de este trabajo correspondieron a la variedad *diamante*, del género *Fragaria vesca*, proveniente de un mismo cultivo localizado en la región de mayor producción, la misma que se concentra en la provincia de Pichincha-Ecuador, seleccionadas de acuerdo a su grado de madurez, ausencia de enfermedades criptogámicas, sin lesiones físicas ni mecánicas, sanas y limpias, según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4103, fresa; fruta; producto vegetal.

PREPARACIÓN DE LAS PELÍCULAS

Se formuló la composición del recubrimiento variando la concentración del almidón y se seleccionó la concentración en la que la película presenta mejores características de adherencia relacionadas con la formación de película (Formulación 3) y se procedió a evaluar de manera cualitativa su adherencia, color y brillo, aplicándola en fresas. De acuerdo con el estudio de Bósquez (2003), actualmente la mayoría de las películas y recubrimientos comestibles que se formulan contienen al menos un componente capaz de formar una matriz estructural con suficiente

cohesividad (proteína o polisacárido). Por lo tanto, en la presente formulación la matriz cohesiva fue formada con el almidón en diferentes concentraciones, siendo los demás componentes variables propias de la experimentación, respetando los límites permisibles establecidos en el Codex Alimentarius (2005), tal y como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Preparación del recubrimiento

Componentes	% p/p			
	F1	F2	F3	F4
Almidón de papa	0,50	1,00	1,50	2,00
Aceite girasol	1,00	1,00	1,00	1,00
Glicerol	2,00	2,00	2,00	2,00
Estabilizante	0,40	0,40	0,40	0,40
Antioxidante	0,15	0,15	0,15	0,15
Antimicótico	0,15	0,15	0,15	0,15
Agua	95,80	95,30	94,80	94,30
Pesos para 100 g de solución.				

Saavedra y Algecira (2010) y El porcentaje de acidez según el Official Methods of Analysis (A.O.A.C.), desde el día 2 para las fresas almacenadas a temperatura ambiente y del día 2 al 10 para aquellas almacenadas en refrigeración. El análisis sensorial se llevó a cabo en los días 2 y 7. (Día 0 corresponde al día de cosecha de las frutas y el día 1 tiempo en el cual se aplicó el recubrimiento).

PELÍCULA DE ALMIDÓN DE PAPA

La preparación del recubrimiento está basada en la técnica empleada por Saavedra y Algecira (2010), El total de agua a utilizar se divide en tres fracciones. En la primera se dispersó el almidón de papa que se llevó a calentamiento hasta su gelatinización, mientras se mantuvo en agitación constante. En la segunda fracción, se adicionó la cantidad de glicerol junto con el antioxidante y el antimicótico que posteriormente se incorporó gota a gota al gel del almidón ya formado. Estos componentes se dejaron en agitación constante durante 10 minutos. Posterior a esto se adicionó gota a gota la tercera porción de agua en la que previamente se había incorporado el estabilizante y el aceite girasol con el fin de formar la emulsión. Finalmente, se mantuvo la agitación constante por 30 minutos.

ACONDICIONAMIENTO DE LA FRUTA

El acondicionamiento y desinfección de la fruta fue realizado de acuerdo con Saavedra y Algecira (2010), disminuyendo adicionalmente la concentración de hipoclorito de sodio a 30 ppm.

APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO Y ALMACENAMIENTO

La aplicación del recubrimiento se realizó por inmersión de la fresa en la suspensión filmogénica durante 1 minuto. Después se colocaron las mismas en moldes permitiendo el escurrido de la fruta, seguido del secado del recubrimiento. Al siguiente día se procedió a separar cada una de las formulaciones empleadas en dos grupos de estudio: a) Temperatura ambiente 27 a 30°C, b) Temperatura 2 a 5°C, comparados siempre con las fresas patrón (fresas sin recubrimiento) con lo cual se tuvieron dos tratamientos para cada una de las temperaturas, es decir cuatro lotes de estudio.

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

A cada uno de los lotes se les realizó un seguimiento de las características, de pérdida de peso, sólidos solubles, pH según las técnicas empleadas por

ANÁLISIS SENSORIAL

Para el análisis sensorial de las muestras, se realizó un ensayo descriptivo cuantitativo, con la participación de veinte panelistas con juicio técnico para su evaluación. Cada panelista recibió una fresa por cada lote de muestras y se utilizó un formato de valoración en base a una escala de 0 a 5 puntos, siendo 0 la puntuación más baja y 5 la puntuación más alta, para describir las características de aspecto, aroma, sabor, color y textura. Las pruebas se realizaron al segundo día para las fresas almacenadas a temperatura ambiente, y los días 2 y 7 para las fresas almacenadas en refrigeración. Se utilizó la prueba Chi Cuadrado y T de Student para saber si existen diferencias significativas en los parámetros sensoriales entre las fresas con diferentes tipos de recubrimiento.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizó recuento microbiológico de mohos y levaduras con tres diferentes muestras;

1. Recubrimiento en condiciones ambientales y de

refrigeración, efectuándose siembras periódicas los días 1, 7 y 14.

2. Fresas a temperatura ambiente con y sin recubrimiento, los días 2 y 4.
3. Fresas en refrigeración con y sin recubrimiento, los días 3, 6, 9 y 12.

Se consideró que, en el reglamento sanitario de los alimentos basado en el Codex Alimentarius (CAC/GL-21(1997), está especificada la categoría de fruta y hortalizas frescas semiprocadas; siendo el límite máximo permisible para el recuento de mohos y levaduras de 10^3 ufc/g.

RESULTADOS

EVALUACIÓN DE LAS PELÍCULAS SOBRE FRESAS

La aplicación de los recubrimientos sobre las fresas y la temperatura de refrigeración en el almacenamiento presentaron resultados satisfactorios en cuanto a la apariencia, además de prolongar el período de vida útil de la fruta, manteniendo características aceptables respecto a la calidad de la fruta sin recubrimiento en un periodo de 15 días, sobre la base del buen aspecto físico durante el almacenamiento.

Las fresas almacenadas a temperatura ambiente presentaron daños microbiológicos por mohos y levaduras entre el día 4-5, probablemente por el desarrollo del moho *Botrytis cinerea* ya que, según Shao y otros (2015), es el moho que más afecta a la fresa, crece a temperaturas de 15-20°C y en condiciones de alta humedad relativa con valores entre 85-90% (Morales, 2005); esta es la razón por la cual los análisis se realizaron solo hasta el día 6, en aquellas que se encontraran libres de este ataque microbiológico. Las fresas almacenadas a 5°C no presentaron la patología mencionada.

pH

En la Figura 1 se puede observar que el valor del pH va aumentando en cada una de las pruebas, incrementándose rápidamente en aquellas frutas sin recubrimiento y con ligeros cambios en aquellas que poseen el recubrimiento. Al final del período de almacenamiento, todos los tratamientos mostraron un aumento en su pH respecto al inicial de la fruta sin recubrimiento (control). Las fresas recubiertas y almacenadas a una temperatura de 5°C, presentaron el menor aumento en el pH (0,08 unidades) y el mayor incremento se registró en las fresas sin recubierta y almacenadas a temperatura ambiente, siendo de 0,37 unidades. Por lo tanto, el recubrimiento disminuye los

cambios en pH, retardando la senescencia del producto. Los resultados obtenidos mediante la Prueba T de Student mostraron cambios estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en el pH de las fresas con y sin recubrimiento durante su almacenamiento en las dos temperaturas de evaluación.

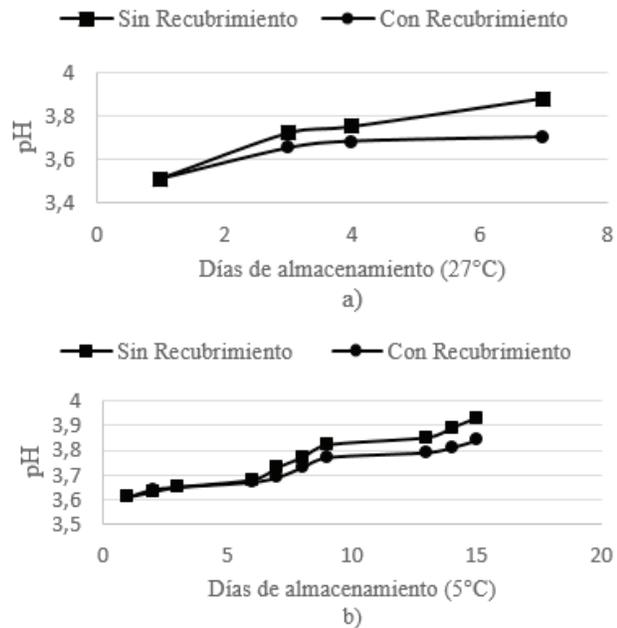


Figura 1. Resultados de pH vs tiempo de almacenamiento de muestras de fresa con y sin aplicación del recubrimiento: a) Temperatura ambiente; b) Temperatura de refrigeración

PORCENTAJE DE ACIDEZ

El contenido en ácidos orgánicos disminuye, ya que estos son convertidos en azúcares, cuando el fruto está maduro, el nivel de acidez está bajo (Gil Chaparro, Márquez, Sánchez, Vargas, 2001), lo cual puede observarse en la Tabla 2 (0,40% frente a 0,83%) y en la tabla 3 (1,00% frente a 0,92%). En las fresas sin recubrimiento el porcentaje de acidez es inferior comparado con aquellas con recubrimiento, ya que su maduración se acelera y aún más en condiciones ambientales 30°C con un porcentaje de 0,40%.

Los resultados obtenidos mediante la Prueba T de Student mostraron cambios estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en el porcentaje de acidez de las fresas con y sin recubrimiento durante su almacenamiento en las dos temperaturas de evaluación.

SÓLIDOS SOLUBLES

En la Tabla 2 se observa que, en condiciones ambientales, los sólidos solubles expresados en °Brix, partiendo de

8,7, finalizan en 5 en aquellas frutas sin recubrimiento, mientras que en aquellas que cuentan con recubrimiento finalizan en 6. Situación similar se observa en la Tabla 3, en condiciones de refrigeración, donde ocurre primeramente un incremento de los °Brix, seguido del respectivo descenso. En la Tabla 3, los datos finales reportados fueron en fresas sin recubrimiento, un incremento hasta 14 °Brix, el cual desciende posteriormente hasta 10 °Brix, y en fresas con recubrimiento se registró un incremento hasta 15°Brix y finalizó con 12 °Brix. Con estos resultados se observa que el recubrimiento no afecta la maduración de la fruta y favorece el descenso paulatino de los sólidos solubles.

Tabla 2. Análisis físico químico: condiciones ambientales

Tiempo (día)	Temperatura (°C)	Análisis Físico Químicos					
		Acidez (%)		Sólidos Solubles (°Brix)		Pérdida de peso (g)	
		SR	CR	SR	CR	SR	CR
1	27	1,02	1,02	8,70	8,70	13,70	13,70
3		0,32	0,77	7,80	8,00	11,60	13,40
4		0,51	0,50	5,50	8,00	11,25	13,20
7		0,40	0,83	5,00	6,00	3,40	6,96

SR: Sin Recubrimiento, CR: Con Recubrimiento.

Tabla 3. Análisis físico químico: condiciones de refrigeración

Tiempo (día)	Temperatura (°C)	Análisis Físico Químicos					
		Acidez (%)		Sólidos Solubles (°Brix)		Pérdida de peso (g)	
		SR	CR	SR	CR	SR	CR
1	5	0,64	0,64	8,50	8,50	35,40	22,13
2		0,70	0,70	8,50	8,50	33,40	20,60
3		0,72	0,70	9,00	10,00	32,80	19,92
6		0,85	0,75	9,00	10,00	29,30	18,50
7		0,90	0,86	10,00	11,00	28,30	17,80
8		1,02	0,90	10,00	15,00	27,10	16,90
9		0,83	1,01	10,00	15,00	26,10	15,80
13		0,97	1,15	14,00	14,00	22,20	13,10
14		1,08	0,96	10,00	12,00	20,60	11,90
15		1,00	0,92	10,00	12,00	19,10	10,80

SR: Sin Recubrimiento, CR: Con Recubrimiento

PÉRDIDA DE PESO

Se observa en la Tabla 2 que, en condiciones 27°C, las fresas sin recubrimiento poseen una pérdida total de 10,30 g de agua frente a 6,74 g de aquellas que poseen el recubrimiento. En condiciones de 5°C, se registró una pérdida de humedad de 7,10 g en aquellas sin recubrimiento y de 4,33 g en las frutas con recubrimiento. De lo observado se puede resumir que el caso más severo se presenta para condiciones de almacenamiento a 27°C, donde se observa la mayor pérdida de humedad durante el mismo tiempo transcurrido (siete días) en cada uno de los casos de estudio. El tratamiento estadístico realizado a los datos indicó que hay diferencias significativas ($p < 0,05$), en la pérdida de peso para los factores evaluados, recubrimiento y temperatura de almacenamiento.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

En los análisis microbiológicos que se muestran en la Figura 2 se hace referencia a fresas sin recubrimiento a diferentes condiciones de almacenamiento, obteniéndose como resultado que el crecimiento de mohos y levaduras en condiciones de refrigeración es mucho menor de 100 ufc/g a los seis días de análisis y que en condiciones ambientales a los cuatro días de almacenamiento es de 185 ufc/g. Por lo tanto, se observa que las condiciones de almacenamiento influyen directamente en el desarrollo microbiano de mohos y levaduras.

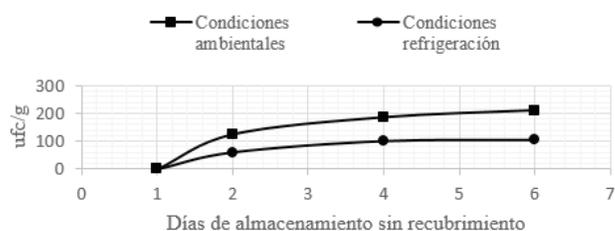


Figura 2. Crecimiento microbiológico en fresas sin recubrimiento (temperatura de refrigeración vs temperatura ambiente)

En la Figura 3 se demuestra que además de las condiciones de almacenamiento, la presencia del recubrimiento brinda protección a la fruta frente al deterioro microbiano por mohos y levaduras, tanto es así, que a los 12 días de almacenamiento en refrigeración el conteo microbiológico de mohos y levaduras en las frutas con recubrimiento es menor a 10 ufc/g y en el mismo período, bajo las mismas condiciones las frutas sin recubrimiento presentan un conteo de 180 ufc/g.

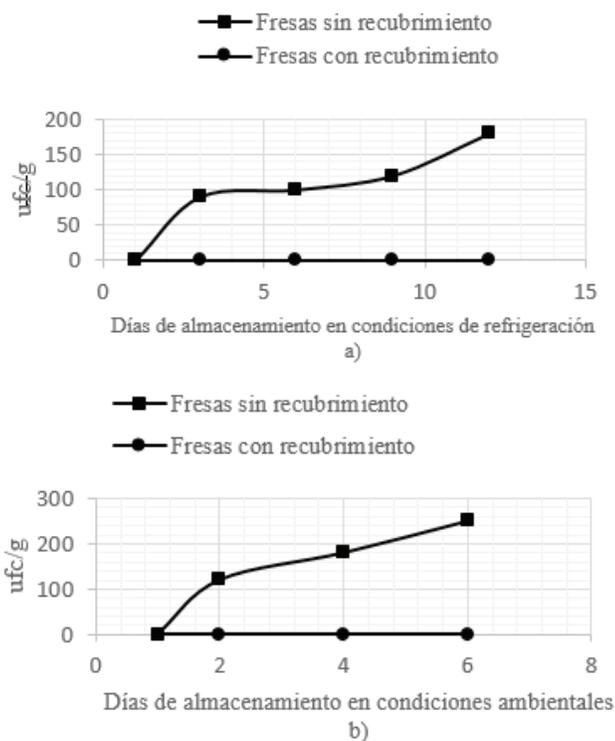


Figura 3. Crecimiento microbiológico en fresas con recubrimiento vs fresas sin recubrimiento. Condiciones de refrigeración a) Condiciones ambientales b)

Situación similar se repite en condiciones ambientales de almacenamiento. Se observó al sexto día que las fresas con recubrimiento no presentaron crecimiento microbiano de mohos y levaduras, lo que no ocurre con las fresas sin recubrimiento, las cuales presentaron conteo de 255 ufc/g.

ANÁLISIS SENSORIAL

En base a una escala de 1 a 5 puntos, siendo 1 la puntuación más baja y 5 la puntuación más alta, para describir las características sensoriales en cuanto a aspecto, aroma, sabor, color y textura, se presenta en cada figura el porcentaje alcanzado en la puntuación más alta 5. En la Figura 4 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de las fresas con recubrimiento y sin él en condiciones ambientales de almacenamiento. En la Figura 5 se presentan los resultados de aquellas fresas con recubrimiento y sin él, almacenadas en condiciones de refrigeración. En condiciones de refrigeración (5°C), el 30 % de los encuestados consideró que las fresas con recubrimiento tenían mejor aspecto físico que aquellas sin recubrimiento, situación similar se observa en condiciones ambientales (30°C), donde el 45 % consideró que las fresas con recubrimiento tenían mejor aspecto que aquellas sin recubrimiento. En condiciones de refrigeración (5°C), el 45 % de los encuestados consideró el olor de las frutas con

recubrimiento como muy bueno, frente al 35% de aquellas sin recubrimiento. En condiciones ambientales (30°C), el 35 % de los encuestados consideró que el olor de fresas sin recubrimiento era muy bueno, frente al 20 % de aquellas con recubrimiento.

El 50 % de los encuestados respondió positivamente a la fruta con recubrimiento en refrigeración, lo cual corrobora que el recubrimiento favorece que la fruta conserve su firmeza y no se vea deteriorada por la pérdida de agua y sequedad a la que es sometida durante el periodo de refrigeración. Las fresas tras su recolección; como continúan con sus reacciones metabólicas básicas, entre ellas la respiración; utilizan como sustrato los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa, con lo que se disminuyen los sólidos solubles del fruto, proceso que resulta activo durante todo el periodo de post recolección. Es así como el 15 % de los encuestados consideró que aquellas fresas con recubrimiento almacenadas en refrigeración (5°C), tenían sabor dulce a diferencia de aquellas sin recubrimiento en la misma condición de almacenamiento (10 %). Para el caso de las fresas sin recubrimiento almacenadas a temperatura ambiente, ninguno de los encuestados percibió un sabor dulce.

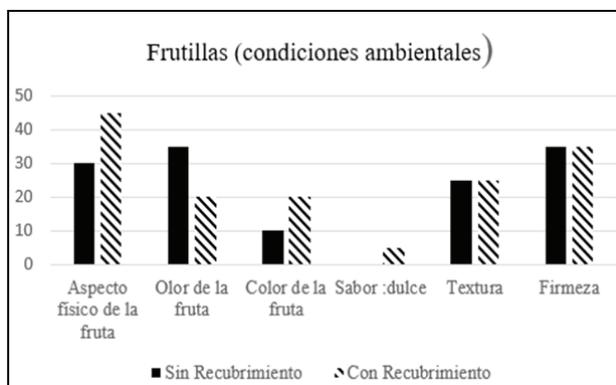


Figura 4. Análisis sensorial en condiciones ambientales

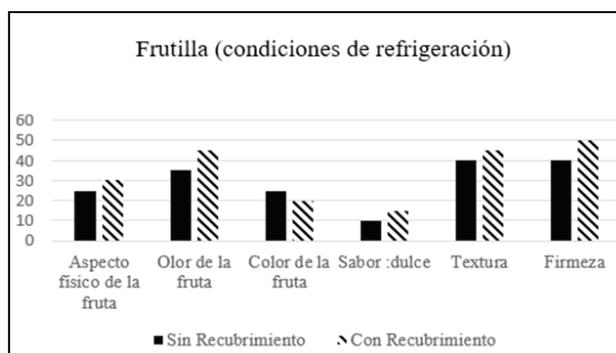


Figura 5. Análisis sensorial en condiciones de refrigeración

DISCUSIÓN

De los resultados anteriores se tiene que el recubrimiento aplicado en fresas en condiciones de refrigeración presentó efectos positivos: menor pérdida de peso que coincide con lo reportado en experimentaciones similares realizadas por Bósquez (2003), Saavedra y Algecira (2010), cambios de color más estables y mayor brillo. Según Ruiz y otros (2015) estos efectos probablemente estén relacionados con el pH menos alcalino, ya que los recubrimientos en su estudio tenían un pH promedio de 7,3 y el pH obtenido en la fase de experimentación fue 6,8. Aguilar (2005) obtuvo películas de almidón-glicerol a concentraciones de plastificantes menores al 0,3 % y a pH alcalinos (8,5), lo que disminuyó la resistencia a la ruptura y aumentó la difusión al vapor de agua. Pero al aplicar la película a menor pH (6,0) en aguacate, disminuyó la pérdida de peso y mejoró la valoración sensorial del producto recubierto con respecto al testigo.

Saavedra y Algecira (2010) obtuvieron resultados favorables en la evaluación sensorial al recubrir fresas “ventana” con 50:50 almidón de yuca y proteína aislada de soya a pH 10. Fazel, Azizi, Abbasi, Barzegar, 2012) observaron que el uso de glicerol en películas a base de almidón de papa reduce la resistencia a la tracción. De acuerdo con Meza (2006) los plastificantes son añadidos en las películas para incrementar la flexibilidad, la resistencia al corte y dureza; así como para reducir la quebrabilidad, razón por la cual ha sido incorporado en el presente estudio.

Según Ruiz (2015) la presencia de ácido cítrico en el recubrimiento de agar pudo tener un efecto sinérgico en su formulación, lo cual notó con una mejora en las propiedades de la misma. Famá Rojas, Gerschenson, Goyanes (2003), al utilizar sorbato como agente antimicrobiano en un recubrimiento de almidón de mandioca y glicerol, observaron un aumento de la elongación a la ruptura del polímero, lo que modifica la respuesta del recubrimiento a lo largo del tiempo de almacenamiento. Esta misma sinergia permite mantener los cambios en color de los frutos donde se emplean recubrimientos para mantener su calidad (Ayranci y Tunc, 2003). Estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio, donde el recubrimiento de la fresa favoreció a los atributos sensoriales como el aspecto, color, olor, sabor y propiedades físico químicas evaluados. Finalmente, en los resultados obtenidos del presente estudio, con el uso de almidón de papa como macromolécula con capacidad filmogénica en el recubrimiento, se observó que la inclusión de aceite vegetal, antioxidante y un antimicrobiano mejoró el desempeño desde el punto de vista fisicoquímico y sensorial sobre las fresas puestas a prueba,

esto debido a una mejora en las capacidades filmogénicas, como resultado de la interacción entre las macromoléculas que favorece una disminución en la pérdida de humedad, buena calidad sensorial y el mantenimiento de otros parámetros de calidad de la fruta en buenas condiciones.

La aplicación del recubrimiento permitió que se conserve mejor el producto en condiciones de refrigeración (5°C), con lo que se obtiene un valor de 15 días de vida útil, similar a los resultados obtenidos por Cruz, LÓPEZ-MATA, NAVARRO-PRECIADO, RODRIGO-GARCÍA (2012) y Falconí (2016). Sin embargo, es superior al de Acuña y Llerena (2001), quienes manifiestan que por lo general la fresa a temperatura de refrigeración dura hasta cuatro días en refrigeración. Los recubrimientos comestibles aplicados a temperatura ambiente reportaron valores entre cinco a seis días de vida útil, a diferencia de aquellas fresas en condiciones ambientales naturales presentaron deterioro entre tres y cuatro días, lo que verifica la eficacia del uso de recubrimientos en el manejo post cosecha de la fresa.

La Prueba de Chi cuadrado aplicada a los resultados obtenidos para las características sensoriales evaluadas -aspecto físico, color, olor, sabor y textura al tocar, de la fruta conservada con recubrimiento- demuestran que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fruta con recubrimiento y la fruta sin recubrimiento. Por lo tanto, se puede indicar que existen diferencias significativas en la conservación de la calidad sensorial de las fresas con recubrimiento en comparación con las frutas sin recubrimiento, lo que lleva a incrementar la vida útil de este producto, manteniendo características aceptables de calidad.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se llega a las siguientes conclusiones:

El recubrimiento elaborado y evaluado para la conservación de la fresa cumple con el objetivo perseguido en el presente estudio ya que el mismo resulta eficiente como conservante, desde el punto de vista físico químico, además de mantener las características organolépticas del producto. Los resultados obtenidos con el uso de este recubrimiento coinciden con los reportes sobre recubrimientos desarrollados por diversos autores citados en la presente investigación.

Desde el punto de vista microbiológico, el recubrimiento es estable tanto en condiciones ambientales (27°C) como en refrigeración (5°C) e inocuo para el consumo humano,

ya que el mismo protege a las fresas, lo que reduce la carga inicial de mohos y levaduras e impide su crecimiento durante el período de conservación.

Las propiedades físico químicas evaluadas en las fresas durante los dos regímenes de almacenamiento, presentaron diferencias significativas en cuanto al pH, °Brix, acidez titulable y pérdida de humedad.

Se logró conservar las fresas, con una buena calidad, por un período de 15 días con el recubrimiento de la formulación a base de almidón de papa y aceite vegetal. Esto significa que el uso del recubrimiento prolongó la vida útil de estas frutas por lo menos en un 60 %.

REFERENCIAS

- ACUÑA, O. & LLERENA, T. (2001). *Manual post cosecha de fresa*. (Gráficas Gumar) (1ra. Ed.) Quito, Ecuador. p. 29.
- AGUILAR., M. A. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. Tesis. CICATA-IPN, 51-96. México, D. F
- AGUILERA, J., BARBOSA G., SIMPSON R., WETI-CHANES, J., BERMÚDEZ D. (2011). *Food Engineering Interface*. New York.
- AYRANCI, E., TUNC, S. (2003). A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chemistry*, 80: 423-431.
- BERTUZZI, M. A., ARMADA M., CASTRO, E. (2007). Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of Food Engineering*, 80(3): 972-978.
- BÓSQUEZ, E. (2003). *Elaboración de Recubrimientos Comestibles Formulados con Goma de Mezquite y Cera de Candelilla para Reducir la Cinética*. Tesis de Doctorado no publicado, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. México.
- BOUTOMM, T., (2008), Edible films and coatings: characteristics and properties, *International Food Research Journal* 15(3): 237-248
- CODEX ALIMENTARIUS. (2005). Recuperado el 20 de septiembre de 2013 de: [HTTP://WWW.FAO.ORG/3/A-A0369S.PDF](http://www.fao.org/3/A-A0369s.pdf)
- CODEX ALIMENTARIUS. (CAC/GL-21(1997)). Recuperado el 20 de septiembre de 2013 de: [HTTP://WWW.FAO.ORG/3/A-A0369S.PDF](http://www.fao.org/3/A-A0369s.pdf)
- C., RODRIGO-GARCÍA, J. (2012). Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. México.
- FALCONÍ, J. (2016). “Empleo de Recubrimientos Comestibles en la Conservación de *Fragaria x Ananassa* (fresa)”. Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador
- FAMÁ, L., ROJAS, M., GERSCHENSON, L., GOYANES, S. (2003). Películas comestibles de aplicación industrial. *Jornadas Sam/Conamet/simposio materia*, Centro atómico Bariloche, Río Negro, Argentina, 898-901.
- FAZEL, M., AZIZI MH., ABBASI, S., BARZEGAR, M. (2012). Efectos del Glicerol y aceite Girasol en la película comestible a base de almidón de papa. *Iranian Revista de Ciencias de la Nutrición y Tecnología de Alimentos*, 6(4): 93-102.
- GIL J., CHAPARRO S., MÁRQUEZ R., SÁNCHEZ J., VARGAS M., (2001). Extracción de pectina del fruto de higo y su aplicación en un dulce de piña. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 18(2): 435-443.
- KARBOWIAK T., DEBEAUFORT F., VOILLEY A (2007). Influencia del proceso térmico en la estructura y propiedades funcionales de las películas comestibles basadas en emulsiones. *Hidrocoloides de alimentos*, Volume 21, 5–6, Páginas 879-888
- KROCHTA, J.M. Y DE MULDER-JOHNSTON C. (1997). Películas poliméricas comestibles y biodegradables: desafíos y oportunidades. *Tecnología de alimentos*. 51(2): 61-74.
- MEZA, A. (2006). “Desarrollo de películas y recubrimientos comestibles con potencial para el recubrimiento de fruta fresca”. Tesis Doctoral. UAM-Iztapalapa.
- MORALES, J. (2005). Cultivo de Fresa y Fresón. Cádiz, España. Recuperado el 20 de septiembre del 2013 de: <http://www.infojardin.com/huerto/cultivo-fresafreson-fresas-fresones.htm>.

- RUIZ M., J. N., MADERA SANTANA, T. J., YOCUPICIO, Y. (2015). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de agar y ácido cítrico. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. México. Número 65: 33-39.
- SHAO, X., CAO, B., XU, F., XIE, S., YU, D. & WANG, H. (2015). *Effect of postharvest application of chitosan combined with clove oil against citrus green mold*. Zhejiang, China. pp. 37
- SAAVEDRA, H. Y ALGECIRA, E. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Publicación científica en ciencias biomédicas - NOVA*, Colombia. 8(14): 171-182.

