

“Uso y Evaluación de dos Aceites Esenciales (Canela y Clavo de Olor) para Control de las Pudriciones Fungosas y Determinación de la Vida Útil mediante Películas Protectoras Comestibles en Papaya (Carica Papaya C.v.Hawaiana)”

Leovina Ingrid Martínez Martínez⁽¹⁾, Meily Ponce Lay⁽²⁾, Ing. Priscila Castillo Soto⁽³⁾

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

ilmartin@espol.edu.ec⁽¹⁾, meilypl@hotmail.com⁽²⁾, pcastil@espol.edu.ec

Resumen

La alta demanda de los consumidores por productos con características naturales y larga vida ha determinado el estudio de nuevas técnicas de preservación y, entre ellas, el estudio de la formulación y desarrollo películas con el fin de ser utilizadas como recubrimiento de alimentos para aumentar su vida útil. Los objetivos del presente trabajo fueron determinar el efecto de la aplicación de una película comestible (almidón de maíz, ácido esteárico, glicerol, agua) con diferentes concentraciones de aceites esenciales (clavo de olor y canela) sobre el control de las pudriciones fungosas de las Carica papaya cv. Hawaiana, caracterización de las películas comestibles con aceites esenciales y sin aceites esenciales, evaluar la vida útil entre las papayas con la película comestible con aceites esenciales y las papayas con película comestible sin aceites esenciales, que fue seleccionada de acuerdo a los resultados de menor índice de severidad, menor porcentaje de infección y menor porcentaje de desprendimiento.

Se seleccionó la película comestible con concentraciones de 0.04% de clavo de olor y 0.06% de canela para la evaluación de la vida útil de las papayas. Posteriormente se determinó que la película con aceites esenciales fue la que produjera menos cambios en los parámetros de maduración.

Palabras Claves: aceites esenciales, película comestible, papayas, parámetros de maduración.

Abstract

The elevated demand of consumers due to products with natural characteristics and long life has determined the research of new preservation techniques and, between them, the research of formulation and development of layers to be used as food recovering to increase its useful life. The objectives of this investigation were to determine the effect of the application of an edible layer (corn starch, stearic acid, glycerol, water) with different concentrations of special oils (cinnamon and clove) about the control of the fungal decay of Carica papaya cv. Hawaiian, characterization of edible layer with essential oils and without essential oils, to evaluate the useful life between papayas with edible layer and essential oils and papayas with edible layers without essential oils, which was selected according to the results with less index of severity, less percentage of infection and less percentage of detachment. The edible layer with concentrations of 0, 04% of clove and 0, 06% of cinnamon was selected for the evaluation of useful life of the papayas. After that it was determined that the layer with essential oils was the one which produced less change in the maturation parameters.

Key words: essential oils, edible layers, papayas, maturation parameters.

1. Introducción.

El consumidor exige cada vez más alimentos de mejor calidad y de mayor vida de anaquel. Esto ha fomentado la investigación en el campo de las películas comestibles y recubrimientos biodegradables [1]. La aplicación de películas comestibles sobre las frutas, retarda la velocidad de respiración y la pérdida de vapor de agua ya que genera un sistema similar al de una atmósfera modificada (existe una reducción en el intercambio gaseoso). Además pueden contribuir al control (directo o indirecto) de pudriciones causadas por m.o.s fitopatógenos [2]. Los aditivos pueden utilizar las películas comestibles como vehículo, los cuales pueden proporcionar al producto vegetal funciones más específicas como una actividad antimicrobiana, para evitar o reducir el crecimiento de microorganismos en su superficie [3]. Sin embargo, se ha observado que se requiere de aplicaciones pequeñas para que sus atributos de calidad no se vean afectados [4]. Dentro de los agentes antimicrobianos incorporados a las películas comestibles pueden considerarse a los aceites esenciales [5], estas han mostrado una actividad fungicida contra patógenos postcosecha en un amplio intervalo de hongos [6], además, induce mecanismos de defensa, tales como su característica hidrofóbica que les permite incorporarse a los lípidos de la membrana bacteriana, ocasionando trastornos en su estructura y permeabilidad, dando lugar a la fuga de iones y otros compuestos [7].

2. Obtención de las cepas de hongos.

Los frutos que fueron seleccionados con presencia de alguna lesión infecciosa, se lavaron con agua corriente, luego se desinfectaron por dos minutos con hipoclorito de sodio al 2.5% y se lavaron tres veces consecutivas con agua destilada estéril.

El aislamiento de los hongos se hizo en una cámara de flujo laminar se tomó del borde de la lesión porciones de 2 mm². de tejido vegetal. Estas porciones se sembraron en cajas Petri con medio de cultivo PDA, se ajustó el pH a 5.6 con ácido láctico al 0.2% [8].

La purificación del aislamiento se hizo una vez desarrollados los hongos, a los 7 días se procedió a separar 1 cm². de la cepa con un sacabocado, y se transfirió con la ayuda de pinzas a otra caja petri que contiene PDA [9].

La identificación de los hongos se realizó colocando una pequeña porción de la colonia sobre el portaobjeto y se cubrió con una laminilla para ser observado en el microscopio óptico con un objetivo de 40X [10].

3. Preparación de la película y adición de los aceites esenciales (clavo de olor y canela).

Se usó almidón de maíz, con una relación de 20 g. de almidón en 500 ml. de agua destilada. Se homogenizó el almidón en 100 ml. de agua fría y luego se agregó esta

mezcla a 400 ml. de agua hirviendo, bajo agitación por 5 minutos. Después se incorporó 11.3 ml. de glicerol al 90% (grado técnico) y a los 5 minutos se añadió 1.25 g. de ácido esteárico, en 10 minutos el ácido se disolvió y se procedió con la adición de los aceites esenciales de clavo de olor y canela en tres diferentes concentraciones cada uno (0.04%, 0.06%, 0.08%), se finalizó el proceso agitando por 5 min. Más.

4. Evaluación del índice de severidad y porcentaje de infección.

Las papayas se analizaron con diferentes tratamientos que fueron: de película con aceites esenciales, cera y blanco. Todas las muestras fueron a refrigeración (13°C).

Las muestras de fruta seleccionadas tuvieron un 60% de maduración, se lavaron con agua corriente, luego se desinfectaron por un minuto con hipoclorito de sodio al 2.5% y se enjuagaron tres veces con agua destilada [8].

Se obtuvo la concentración de cada cultivo, en una matraz volumétrico con PDA en donde se encontraban los hongos, se incorporó 100ml. de agua destilada estéril y enseguida se realizó el raspado del micelio con una varilla de vidrio estéril para remover las esporas. Después esta suspensión de esporas se filtró en una tela de gasa esterilizada. El conteo de esporas se ejecutó en una cámara de Neubauer para ajustar la concentración correspondiente [11].

Las soluciones con hongos se aplicaron en las papayas (inoculación) y después se colocaron los diferentes tipos de tratamientos (papayas con película y aceites esenciales, cera y blanco) por medio del método de la aspersión, se utilizó 4ml. de suspensión por cada papaya con diferentes tratamientos [9].

El porcentaje de infección se calculó cuando aparecieron los primeros síntomas de deterioro en las papayas causadas por los hongos encontrados, se dividió el número de frutos infectados entre el total y en el índice de severidad para facilitar la evaluación de este parámetro, se consideró la superficie total del fruto como el 100%, y se dividió longitudinalmente en cuatro partes iguales. Para el daño visual se estableció una escala arbitraria con cuatro categorías, en función del porcentaje de la superficie infectada exhibida por el fruto, esto fue: 0=sin daño; 1=1-5% daño ligero; 2=6-15% daño moderado; 3=16% daño severo [12].

Se utilizó la siguiente ecuación:

Índice de

$$\text{Severidad} = \frac{X_i(1) + X_i(2) + X_i(3) + X_i(4) + X_i(5)}{N}$$

Dónde:

X_i = Número de frutos enfermos por cada grado de daño 1, 2, 3, 4 y 5 = Grados de daño en la escala utilizada.

N = Total de frutos por unidad experimental

5. Caracterización de la película.

En esta etapa del estudio se trabajó con: la película comestible sin aceites esenciales y la película con aceites esenciales (seleccionada anteriormente), y se realizaron pruebas físicas para comparar los resultados entre sí.

Se evaluaron los siguientes parámetros:

- humedad (método MLB-BA-s-0411, el equipo determinador de humedad Kern modelo MLB)
- viscosidad (método M/98-350D0902, el equipo fue viscosímetro Brookfield modelo DV-II)
- espesor (equipo Micrómetro modelo DIN 863)
- textura (método AST-882-95a, equipo Texturómetro de Brookfield modelo CT31500115)

6. Evaluación de la vida útil de las papayas con película comestible.

En este proceso de evaluación de la vida útil se experimentó con tres tratamientos: papayas con películas dentro de las cuales tuvieron aceites esenciales (película seleccionada anteriormente), papayas con películas pero sin aceites esenciales, y papayas sin nada (blanco).

Se aplicó para la evaluación de la vida útil un software R y un diseño de análisis de varianza funcional, que a través del valor p permitió conocer si existen diferencias significativas para los distintos grupos de tratamientos. También se aplicó el estadístico de prueba T de student funcional para diferencia de medias suponiendo que las varianzas son desiguales, esta prueba ayudó a saber si las películas con aceites esenciales son mejores que aquellas que no tienen aceites.

Se procedió a evaluar los siguientes parámetros:

- sólidos solubles (método NMX-F-103-1982, el equipo ABBE Refractómetro desktop)
- pH (método fue AOAC 33.007, el equipo fue potenciómetro Thermo Scientific orion 5)
- textura (método fue AST-882-95a, el equipo fue Texturómetro de Brookfield modelo CT3)
- color se utilizó el catálogo de PANTONE Color Specifier.
- peso (método fue ISO 9001:2000, el equipo fue balanza GHAUS modelo Scout-Pro)

7. Análisis de resultados.

Una vez que se visualizó el crecimiento de los hongos, se pudo identificar tres: *Thanatephorus donk*, *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger*, entonces se procedió a sacar el porcentaje de infección e índice de severidad, en la tabla 5 se muestra un arreglo experimental para dichos cálculos.

TABLA 5.
Tratamientos y repeticiones para el cálculo de índice de severidad.

Thanatephorus, Rhizopus, Aspergillus				
Tratamientos				
Canela	Concentraciones	0.04	0.06	0.08
	Repeticiones	3	3	3
Clavo	Concentraciones	0.04	0.06	0.08
	Repeticiones	3	3	3
Blanco	Repeticiones	3		
Cera	Repeticiones	3		

Tratamientos 8, con 3 repeticiones para tener un total de 3X3=24. Son 24 tratamientos para cada hongo. Este esquema del cuadro se aplica a cada hongo (24 de *Aspergillus* x 24 de *Rhizopus* x 24 de *Thanatephorus* que da como resultado 72 tratamientos.)

Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012).

En la tabla 9, se muestra el porcentaje de infección, donde el tratamiento de 0.08% de clavo de olor con película comestible tiene una disminución del 88.9% respecto al control y en el tratamiento de 0.08% de canela se logró una disminución del 78%. Por lo tanto, esto indica que a mayor concentración de aceites esenciales se tendrá mejores resultados en este parámetro.

TABLA 9
Resultados del porcentaje de infección.

Tratamiento	% infección (Than)	% infección (Rhiz)	% infección (Asp)	Promedio
Blanco	100	100	100	100
Cera	100	66.7	100	88.9
Película con 0.04% Clavo de olor	33.3	33.3	66.7	44.43
Película con 0.06% Clavo de olor	33.3	0	66.7	33.33
Película con 0.08% Clavo de olor	0	0	33.3	11.1
Película con 0.04% Canela	0	66.7	100	55.56
Película con 0.06% Canela	0	66.7	66.7	44.46
Película con 0.08% Canela	0	33.3	33.3	22.2

Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012).

En la tabla 10 se muestra que el índice de severidad en las papayas con las concentraciones de 0.08% de clavo de olor y 0.08% de canela, presentaron menos papayas contaminadas y el área contaminada en cada papaya fue diminuta, lo que nos da como consecuencia un índice de severidad bajo (0.22 y 0.44). Bosques-Molina et al., (2010) reportó que a medida que aumentaba la concentración del aceite esencial (en este caso de tomillo) arriba de 0.06%, disminuía el índice de severidad del hongo.

TABLA 10
Resultados del índice de severidad

Tratamiento	Indc. severd (Than)	Indc. severd (Rhiz)	Indc. severd (Asp)	Promedio
Blanco	1.67	1.67	3	3
Cera	1	1.33	1	1,67
Película con 0.04% Clavo de olor	0.33	0.33	1	0.55
Película con 0.06% Clavo de olor	0.33	0	1	0.44
Película con 0.08% Clavo de olor	0	0	0.67	0.22
Película con 0.04% Canela	0	1	1.33	0.77
Película con 0.06% Canela	0	1	1	0.66
Película con 0.08% Canela	0	0.67	0.67	0.44

Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012).

Por otro lado las concentraciones de 0.08% de clavo de olor y 0.08% de canela en las películas comestibles presentaron desprendimiento durante la evaluación del índice de severidad. Por tal motivo se prefirieron las películas con aceites esenciales con concentraciones de 0.04% de clavo de olor y 0.06 de canela para evaluar la vida útil de las papayas porque no presentaron desprendimiento.

En las caracterización de las películas sin y con aceites esenciales (de 0.04% de clavo de olor y 0.06 de canela). Los resultados expuestos a continuación son similares a los estudios reportados por Alfonso-Arce, C (2011) en películas a base de quitosano y aceites esenciales de tomillo y romero.

TABLA 11
Resultados del porcentaje de humedad.

	Película comestible con aceite	Película comestible sin aceite	Temperatura
Humedad (%)	54.15	70.54	135
	35.4	67.54	136

Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012).

En la determinación de la humedad, se puede apreciar en la tabla 11 que en general el contenido de humedad es menor en las películas comestibles con aceites esenciales, estas causan la formación de enlaces covalentes entre los grupos funcionales del almidón, dando lugar a una disminución en la disponibilidad de los grupos hidroxilo, por lo tanto limita las interacciones del agua por enlaces de hidrógeno, lo cual resulta en una disminución del valor de contenido de humedad de las películas comestibles [13].

TABLA 12
Resultados de viscosidad de la película con aceites esenciales.

Expediente: C:PRUEBA 2A.DB					
Fecha del Test :	29/11/2011	Hora del Test :	13:31:05	eje:	LV3
Nombre del ejemplo:					
#	Viscosidad	velocidad	Torque	Temperatura	Intervalo de tiempo
	(mPas)	(RPM)	(%)	(°C)	(mm:ss.t)
1	434.91	80	29	32.8	00:30,1
2	403.41	80	26.9	32.7	00:30,4
3	373.42	80	24.9	32.6	00:30,0
4	398.91	80	26.6	32.6	00:30,4
5	350.93	80	23.4	32.6	00:30,0

mPas= mili pascal RPM= revoluciones por minuto
Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012).

TABLA 13
Resultados de viscosidad de la película sin aceites esenciales

Expediente: C:papayasse prueba 32.DB					
Fecha del Test :	29/11/2011	Hora del Test :	13:06:50	eje:	LV3
Nombre del ejemplo:					
#	Viscosidad	velocidad	Torque	Temperatura	Intervalo de tiempo
	(mPas)	(RPM)	(%)	(°C)	(mm:ss.t)
1	467.9	80	31.2	32.7	00:30,0
2	446.9	80	29.8	32.6	00:30,4
3	467.9	80	31.2	32.6	00:30,0
4	463.4	80	30.9	32.5	00:30,4
5	385.42	80	25.7	32.4	00:30,0

mPas= mili pascal RPM= revoluciones por minuto
Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012).

Según los datos observados en la tabla 12 y 13, se puede notar valores más bajos de viscosidad en las películas con aceites esenciales, este comportamiento se atribuye a la adsorción de las gotas de los aceites esenciales en la superficie del polímero lo que provoca una disminución de la concentración de la fase acuosa en la solución [14].

TABLA 14
Resultados de la evaluación del espesor en las muestras de películas sin aceites esenciales y con aceites esenciales

Cantidad de película en ml colocada en una caja petri de 8.8 cm. de diámetro.	Espesor de las películas sin aceites	Espesor de las películas con aceites.
10ml	26.3µm	25.4µm
15ml	39.6µm	38.1µm

µm= un micrómetro

Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012).

En la tabla 14, este comportamiento se debe a que en el momento que las películas fueron vertidas en las cajas petri, se vio una mejor distribución y una superficie más uniforme en las películas con aceites esenciales, dando como consecuencia unos espesores ligeramente más

delgados que las otras muestras de películas (sin aceites esenciales).

TABLA 15.
Resultados de la evaluación en el texturómetro para las muestras de películas sin aceites esenciales

Cantidad de película colocada en una caja petri.	Trabajo de dureza terminado
25.4 μm	0.608 mJ
38.1 μm	0.2245 mJ

mJ= mili Joule; donde mili= 10^{-3} μm= un micrómetro
Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012)

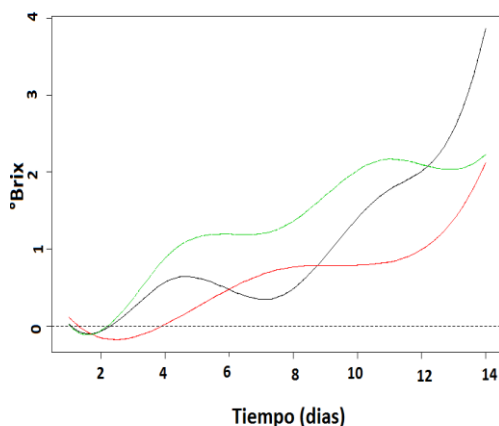
TABLA 16
Resultados de la evaluación en el texturómetro para las muestras de películas con aceites esenciales

Cantidad de película colocada en una caja petri.	Trabajo de dureza terminado
26.3 μm	0.0885 mJ
39.6 μm	0.2185 mJ.

mJ= mili Joule; donde mili= 10^{-3} μm= un micrómetro
Elaborado por: Leovina Martínez M. y Meily Ponce L. (2012)

Los resultados de trabajo de dureza terminado (mJ), se puede apreciar en las tablas 15 y 16 que las películas con aceites esenciales presentaron menos resistencia a la ruptura, este comportamiento se consideró como consecuencia de una fuerte interacción entre el polímero y los aceites esenciales que produjo un efecto de reticulación, lo que disminuyó el volumen libre y la movilidad molecular del polímero [13].

En el estudio de análisis de la vida útil, se puede ver en la tabla 17, el arreglo experimental para un tiempo predeterminado de 10 días, con tres repeticiones de papayas tratadas para cada día, dando como respuesta treinta papayas para un tratamiento, pero son 2 tratamientos más, se tendría noventa papayas tratadas en total.



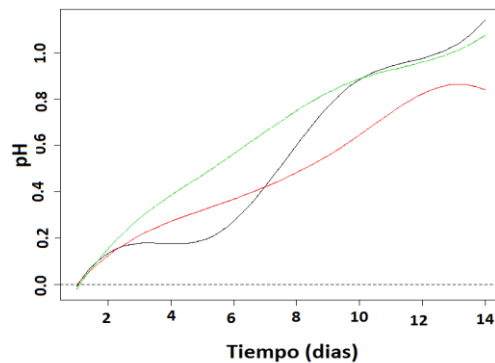
El color negro representa las papayas sin película, rojo para papayas con película sin aceites esenciales y verde para papayas con película y aceites esenciales.
Elaborado por: Leovina Martínez y Meily Ponce (2012)

GRÁFICO 3.1. Comportamiento de la ganancia de grados brix de las papayas con los tres tipos de tratamientos (grados brix vs tiempo).

En el gráfico 3.1, se observa que en las funciones medias o promedios de todos los tipos de tratamientos (películas comestibles con y sin aceites esenciales, y blancos), que el uso de las películas comestibles con aceites esenciales hace que las papayas siempre tenga más grados Brix. El análisis de varianza mostro diferencia significativas ($P < 0.05$) entretodos los tratamientos, a partir del día seis

Los valores altos de grados brix, que muestra las películas comestibles con aceites esenciales con respecto a los otros, se debe a que se produce la degradación hidrolítica de los carbohidratos de cadena larga; en donde es frecuente casi toda la conversión de almidón en azúcar (fructuosa, glucosa y sacarosa)[15].

En la prueba T, para diferencias de medias entre las papayas con películas comestibles y aceites esenciales, y sin aceites, valor p es casi uno para todo el período del experimento ($P > 0.10$), por lo tanto en ningún momento se rechaza la hipótesis nula, que postula que con la aplicación de aceites esenciales en las películas comestibles no se retrasa los niveles de grados Brix en las papayas por falta de una permeabilidad al oxígeno[5].



El color negro representa las papayas sin película, rojo para papayas con película sin aceites esenciales y verde para papayas con película y aceites esenciales.
Elaborado por Leovina Martínez y Meily Ponce (2012).

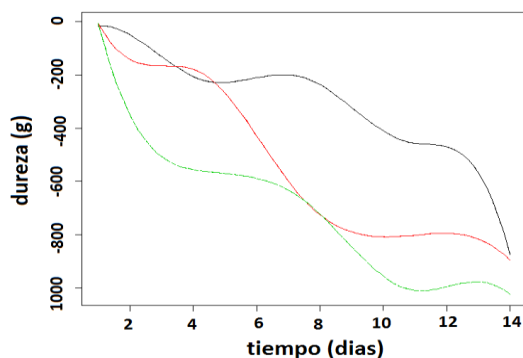
GRÁFICO 3.4. Comportamiento de la ganancia de pH (alcalino) de las papayas con los tres tipos de tratamientos (pH vs tiempo).

Las funciones medias o promedios para los tres tipos de tratamientos, se muestra en el gráfico 3.4 que el uso de las películas comestibles con aceites esenciales hace que las papayas siempre sean más alcalinas, donde finalmente en el día diez del experimento se ve superada por las papayas sin aplicación de películas. El análisis de varianza mostro diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los días cinco y ocho aproximadamente, es decir, al menos durante ese período de tiempo la aplicación de algún tipo de tratamiento es significativa.

Las papayas que tienen películas comestibles sin aceites esenciales y las papayas que no tienen tratamientos tienen valores bajos de pH, lo cual significa que son más ácidos. Por otro lado las papayas con películas comestibles y aceites esenciales presentaron más alcalinidad (valores bajos de pH), esto es

consecuencia de la disminución de los ácidos orgánicos durante la maduración debido a la respiración o su conversión en azúcar [16].

En la prueba T de student funcional para diferencia de medias, suponiendo que las varianzas son desiguales en películas comestibles con y sin aceites esenciales, no existe diferencia significativa ($P > 0.10$), por lo que en ningún instante de tiempo se rechaza H_0 , es decir el uso de los aceites esenciales en las películas no da mejores resultados en el momento de conservar el nivel de pH en las papayas.



El color negro representa las papayas sin película, rojo para papayas con película sin aceites esenciales y verde para papayas con película y aceites esenciales.

Elaborado por Leovina Martínez y Meily Ponce (2012).

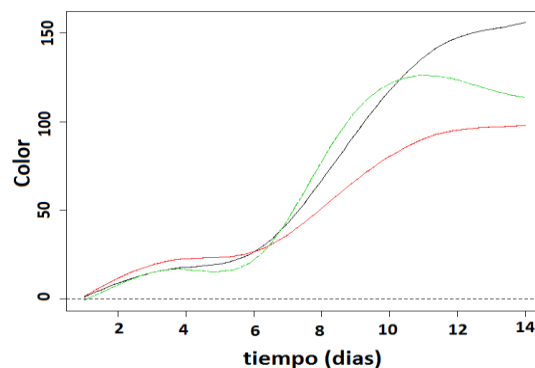
GRÁFICO 3.7. Comportamiento de la pérdida de dureza de las papayas con los tres tipos de tratamientos (dureza vs tiempo).

Por medio de las funciones promedios de los tres tipos de tratamientos es evidente en el gráfico 3.7 que al no usar películas comestibles la dureza de las papayas se mantienen aproximadamente hasta el día doce, donde después cae de tal manera que llega a tener igual efecto final que las papayas con películas sin aceites esenciales. El análisis de varianza mostro diferencia significativa ($P < 0.05$) para casi todo el experimento entre tratamientos, desde el día dos hasta el día trece.

Los valores bajos de dureza obtenidos por los frutos con películas comestibles con y sin aceites esenciales en relación con los blancos, se debe al aumento de la actividad enzimática que degradan la pared celular [17].

Las papayas sin tratamientos presentaron valores más altos de dureza que las papayas con películas comestibles, lo cual pudo haber sido generado en cierta medida por el menor tiempo de manipulación de estas papayas.

Con el fin de evaluar si existe una diferencia significativa en la disminución de dureza en las papayas con los dos tipos de películas comestibles, se utilizó el estadístico de prueba T de student funcional para diferencia de medias, suponiendo que las varianzas son desiguales. El valor p es mayor a 0.4 para todo el período del experimento ($P > 0.10$) por lo que en ningún momento se rechaza la hipótesis nula, que postula que la aplicación de aceites esenciales en las películas comestibles no mejora los niveles de dureza en las papayas.



El color negro representa las papayas sin película, rojo para papayas con película sin aceites esenciales y verde para papayas con película y aceites esenciales.

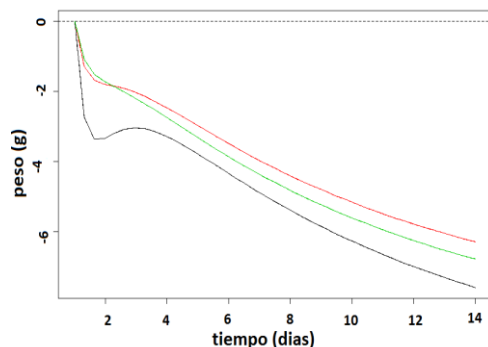
Elaborado por Leovina Martínez y Meily Ponce (2012).

GRÁFICO 3.11. Comportamiento de la ganancia de color de las papayas con los tres tipos de tratamientos (color vs tiempo).

En el gráfico 3.11, se puede notar que el color promedio de las papayas para los tres diferentes tratamientos no difieren en gran manera su valor, sino desde el séptimo día del experimento. A partir de esto la aplicación de las películas sin aceites esenciales produce menos cambio en el color de las papayas. Existe diferencia significativa únicamente entre los días nueve y diez del experimento, se puede decir que en el transcurso de esos días del experimento hubo un aumento en la coloración (amarillo) en las papayas tratadas con películas comestibles y aceites esenciales, y las papayas sin tratamientos. La manifestación del color amarillo durante la maduración del fruto de papaya, está relacionada con cambios en el contenido de pigmentos, principalmente por la degradación de la clorofila, como consecuencia de procesos oxidativos, así como por la síntesis, desensamblamiento y predominancia de otros pigmentos como los rojos y amarillos [18].

Por otro lado las papayas con películas comestibles sin aceites esenciales no sufrieron mucho cambio de coloración.

Con la intención de evaluar si existe diferencia significativa en el aumento de color en las papayas con los dos tipos de películas comestibles (películas comestibles con y sin aceites esenciales), se utilizó el estadístico de prueba T de student funcional para diferencia de medias, suponiendo que las varianzas son desiguales, no existe diferencia significativa ($P > 0.1$) para todo el experimento, por lo que se puede concluir que en ningún período del ensayo la aplicación de los aceites esenciales en las películas tiene un efecto positivo significativo sobre el color de la papaya.



El color negro representa las papayas sin película, rojo para papayas con película sin aceites esenciales y verde para papayas con película y aceites esenciales.

Elaborado por Leovina Martínez y Meily Ponce (2012).

GRÁFICO 3.14. Comportamiento de la pérdida de peso de las papayas con los tres tipos de tratamientos (peso vs tiempo).

En el gráfico 3.14, se observan que en promedio durante el primer día, el uso de aceites esenciales en la película no impresiona, pero mientras que transcurre el tiempo la diferencia comienza a crecer, en el día dos se puede ver una gran diferencia de pérdida de peso entre las muestras de las papayas con tratamientos y las que no llevan tratamientos. En consecuencia se produce diferencia significativa en todo momento, esto es igual a decir que se rechaza la hipótesis nula, que postula que los efectos de usar algún tipo de tratamiento son nulos.

Las pérdidas de peso en las frutas se deben principalmente a la pérdida de agua, resultado de sus procesos de transpiración (19).

La prueba T de student funcional para diferencia de medias, suponiendo que las varianzas son desiguales en la evaluación de los dos tipos de películas, existe diferencia significativa entre el primer y segundo día del experimento, por lo que solamente ahí se podría considerar que las películas con aceites esenciales es mejor que la que no tiene aceites. El comportamiento mencionado anteriormente, se debió a que en ese periodo de tiempo las papayas presentaron cambios de temperatura interna que generó un incremento en la transpiración que permitió el paso del vapor de agua, siendo menos afectadas las papayas con películas comestibles y aceites esenciales, debido que ofreció una buena barrera a la transferencia de vapor

8. Conclusiones.

- En los resultados de índice de severidad y porcentaje de infección las mejores opciones fueron 0.08% de clavo de olor y canela, pero se seleccionó las concentraciones de 0.04% de clavo de olor y 0.06% de canela para la película comestible, ya que no presentaron problemas de desprendimiento como las otras concentraciones mencionadas.
- Se puede decir que las películas comestibles con aceites esenciales fueron las que mostraron más cambios en grados Brix, pH, dureza, este comportamiento tiene que ver con la falta de una

barrera para el oxígeno, ya que gracias a la respiración de los frutos (consumo el oxígeno) se producen todos procesos metabólicos que conllevan a los cambios de los parámetros antes mencionados. Se asumió que la transmisión de O₂ tenía lugar a través de los canales hidrofóbicos de las películas comestibles como son los aceites esenciales, dado que las moléculas de O₂ son solubles en lípidos, formando canales de difusión del O₂.

- Las papayas con películas comestibles sin aceites esenciales fueron las que presentaron menos cambio en grados Brix, pH, color, peso en el transcurso del experimento. Este tratamiento ofreció una buena permeabilidad retardando los procesos metabólicos.

9. Agradecimiento

- A los Ingenieros: Miguel Quilambaqui, Carlos Burbano, por su colaboración y apoyo para con esta investigación.

10. Referencias

1. Yang, L. and Paulson, A.T (2000). Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. *Food Research International*, 33, 563-570.
2. Hagenmaier, R.D. y Shaw, P.E.1990. Moisture permeability of edible films made with fatty acid and (Hydroxypropyl) methylcellulose. *J. Agric. Food Chem.* 38: 1799-1803.
3. Rodríguez, S., Albertengo, L., Debbaudt, A., y Argullo, E. 2005. Uso de quitosano en alimentos In: *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. González-Aguilar, G; Gardea, A.; Cuamea-Navarro, F. Editores. Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Sonora, México p. 558.
4. Min, S., and Krochta, J. 2005. Inhibition of *Penicillium commune* by edible whey protein films incorporating lactoferrin, lactoferrin hydrolysate, and lactoperoxidase systems. *Food Microbiology and safety* 70:87-94.
5. Rojas, M. 2006. Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación. Tesis de Doctor. Universidad de Lleida. España. 76 p.
6. Daferera, D., Ziogas, B., and Polissiou, M. 2000. GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:2576-2581.
7. Bosquez-Molina, E., Bautista-Baños, S., y Morales-López, J. 2009. Aceites esenciales:

- bioconservadores con alto potencial en la industria alimentaria. *Industria Alimentaria* 31:12-24.
8. Saldarriaga-Cardona, A., Castaño Zapata J., Arango Isaza R., Caracterización del agente causante de la antracnosis en tomate de árbol, manzano y mora. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 32(123):145-156, 2008. ISSN 0370-3908.
 9. Quilambaqui Miguel, Distribución y Patogenicidad de Especies de *Fusarium* Asociadas al Declinamiento del Espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en Guanajuato, México. 2002.
 10. Botero Ospina María José, 1999, "Estudio de la interacción biológica de microorganismos, relacionados con *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. Sacc., agente causante de la antracnosis en tomate de árbol (*Solanum betacea* (Cav.) Sendt.)". Informe Parcial de Tesis M.Sc., Manizales, Colombia, 38p.
 11. Hernández Albiter Rocio Citlali, 2004, Evaluación del potencial anti fúngico de extractos vegetales crudos en la germinación de esporas de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. Tesis de Maestro en Ciencias con Especialidad en Desarrollo de Productos Bióticos, Yautepec, Morelos, Instituto Politécnico Nacional, 34p.
 12. Alvarado Hernández Alejandra maría, Efecto antifúngico in vitro e in situ del quitosano y aceites esenciales sobre *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr) Vuill, Tesis de Maestría en Ciencias, Yautepec, Morelos, Instituto Politécnico Nacional, 15, 48p.
 13. Alfonso Arce, Christian Camilo, 2011, Caracterización de películas comestibles de Quitosano y la afectación de las propiedades por aplicación de aceites esenciales, Tesis de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 21, 24p
 14. Sherman, P. 1968. General Properties of Emulsions and Their Constituents. En P.Sherman (Ed.), *Emulsion Science*. Londres, Inglaterra: Academic Press. pp.168, 332-333.
 15. Kays, S. 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press. Athens, GA.
 16. Wills, R. H. H., Mc Glasson, W. B., Graham, D., Lee, T. H. & Hall, E. G. 1989. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. 3rd edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. 176 pp.
 17. Primo-Yúfera, E. 1979. *Química Agrícola*. III. Alimentos. Editorial Alhambra, S.A. España.
 18. Wills R., Mcglasson B., Graham D., Joyce D. (ED.). 1998. *Fisiología y bioquímica*, pp. 29-51. In: *Introducción a la fisiología y manipulación postcosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. Acribia.
 19. Kader, A. A. (1986), *Biochemical and Physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables*. *Food Technology* 40, 99-100.102-104.

