

EFECTO DE RECUBRIMIENTO DE ALMIDÓN DE YUCA Y CERA DE ABEJAS SOBRE EL CHONTADURO

CASAVA STARCH AND BEE WAX COATING EFFECT ON THE CHONTADURO FRUIT

EFEITO DE REVESTIMENTO DE FÉCULA DE MANDIOCA E CERA DE ABELHA NO CHONTADURO

Zulma Lizeth Tosne¹, Silvio Andrés Mosquera², Héctor Samuel Villada³

RESUMEN

El chontaduro tiene alto valor nutritivo y es uno de los frutos más completos como alimento, sin embargo, es altamente perecedero lo que lo hace susceptible a sufrir daños que afectan su calidad y aceptación. Por lo anterior, se evaluó el efecto de un recubrimiento a base de almidón de yuca (variedad SM 707-17) modificado enzimáticamente y cera de abejas sobre la pérdida de peso, la firmeza, los grados Brix, la acidez titulable y la tasa respiratoria de frutos variedad roja en etapa pos cosecha, almacenados bajo condiciones ambientales (18°C y 77,7% de humedad relativa). Se usó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: T1 muestra testigo, T2 con 0,5% de cera de abejas, T3 con 1,5% de cera de abejas, T4 con 2,5% de cera de abejas, todos adicionados de almidón de yuca modificado (al 4%), glicerina y carboximetilcelulosa (CMC). Se realizaron 3 réplicas y los resultados se sometieron a un análisis de varianza ($\alpha=0,05$) usando el software SPSS 19, con un nivel de significancia ($p<0,05$) en las variables de respuesta, identificando T3 como el tratamiento con mayor incidencia, manteniendo las condiciones de calidad del chontaduro por un periodo adicional de 4 días.

Recibido para evaluación: 12 septiembre de 2013. **Aprobado para publicación:** 5 de marzo de 2014

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agroindustria. Ingeniera Agroindustrial. Popayán, Colombia
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agroindustria. Grupo Investigación CYTBIA. Mg. Ingeniería. Popayán, Colombia
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agroindustria. Grupo Investigación CYTBIA. Ph.D. Ingeniería Alimentos. Popayán, Colombia

Correspondencia: smosquera@unicauca.edu.co

ABSTRACT

The chontaduro has a high nutritive value and it is one of the more complete fruits as a food, it is highly perishable, making it susceptible to damage and affecting its quality and acceptance. Because of that, the effect of coating based on enzymatically modified cassava starch (variety SM 707-17) and bees wax effect was evaluated on the weight loss, firmness, Brix grades, titratable acidity and the respiratory rate of the red variety fruits in post harvest step, stored under environmental conditions (18°C of temperature and 77,7 % of relative humidity). A complete random design with four treatments and three replicates was used; the treatments were: T1 control sample without no treatment, T2 with 0,5 % bees wax, T3 with 1,5 % bees wax, T4 with 2,5 % bees wax, all treatments were added with modified cassava starch (4% concentration), glycerin and carboximetilcelulose (CMC). The results were analyzed by an ANOVA ($\alpha=0,05$) using the SPSS 19 software, with a level of significance ($p<0,05$) in the response variables, identifying T3 as the treatment with the higher incidence, maintaining the quality conditions of chontaduro for 4 additional days.

RESUMO

O chontaduro tem alto valor nutritivo e é um dos frutos mais completos como alimento, no entanto, é altamente perecível, o que torna suscetível a danos que afetem a sua qualidade e aceitação. Portanto, avaliou-se o efeito de um revestimento a base de amido de mandioca modificado enzimaticamente (variedade SM 707-17) e cera de abelha na perda de peso, firmeza, graus Brix, a acidez titulável e ritmo respiratório de frutos variedade vermelho em fase pós-colheita, armazenada sob condições ambientais (18°C e 77,7% de umidade relativa). Usou-se um design inteiramente casualizado com quatro tratamentos: T1 mostra testemunha, T2 com 0,5 de cera de abelhas, T3 com 1,5 de cera de abelha, T4 com 2,5 de cera de abelhas, adicionados de amido de mandioca modificado (ao 4%), glicerina e carboximetilcelulose (CMC). Três (3) réplicas foram feitas e os resultados foram submetidos à análise de variância ($\alpha=0,05$) utilizando o software SPSS 19, encontrando diferenças ($p<0,05$) nas variáveis de resposta, identificando o T3 como o tratamento com maior incidência, mantendo a qualidade das condições do Chontaduro, por um período adicional de 4 dias.

INTRODUCCIÓN

El fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes*) es uno de los alimentos de mayor valor nutritivo ya que contiene aminoácidos esenciales (6,24 g/100 g de materia seca), proteínas (33%), grasas insaturadas (4,6%), vitaminas A, B, C y minerales [1], siendo las etapas de cosecha, pos cosecha y comercialización las que más afectan su calidad y aceptación.

Los recubrimientos son una matriz continua, líquida y delgada conformada por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos, más aditivos y compuestos antimicrobianos [2], que

PALABRAS CLAVE:

Bactris gasipaes, Manihot esculenta Crantz, Maturação pupunha, Vida útil de pupunha.

KEYWORDS:

Bactris gasipaes, Manihot esculenta Crantz, Chontaduro ripening, Chontaduro shelf life.

PALABRAS CLAVE:

Bactris gasipaes, Manihot esculenta Crantz, pós-colheita

se aplican sobre el alimento para evitar el intercambio de agua y de gases, mejorar la integridad mecánica y ralentizar los cambios químicos que pueden afectar el color, aroma o valor nutricional [3].

El almidón usado en recubrimientos se modifica para romper algunas o todas las moléculas y realzar o inhibir propiedades como consistencia, viscosidad, poder aglutinante, estabilidad a cambios en el pH y temperatura y mejorar su gelificación, dispersión o fluidez [4,5], se han observado buenos resultados con glicerol en aguacates [6], en tomate de mesa [7], en papayas [8], en plátanos (*Musa paradisiaca*) al mezclarse con ácido ascórbico (6 g/L) y N-acetil cisteína (8 g/L) [9], en guayaba (*Pisidium guajava*) en combinación con aloe vera (*Persea americana*) y cera de carnauba [10]. Otra buena alternativa es la cera de abejas que contiene ácidos libres, ésteres y otros componentes naturales que aportan propiedades emulsificantes, plasticidad y olor agradable [11] usada con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) sobre ciruelas [12] y sobre mango en combinación con cera de carnauba [13].

Es evidente que se deben buscar alternativas para la conservación de la calidad de frutos, como la aplicación de recubrimientos naturales que permitan extender el tiempo de vida útil y mejorar la estabilidad y calidad durante el almacenamiento. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de almidón de yuca (*Manihos esculenta* Crantz) modificado y cera de abejas sobre la pérdida de peso, firmeza, grados Brix, acidez titulable y tasa respiratoria, bajo condiciones ambientales.

MÉTODO

El proyecto se desarrolló en la Planta Piloto de Vegetales y el Laboratorio de Reología, Empaque y Textura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, ubicada en el Municipio de Popayán,

Departamento del Cauca, a una altura de 1.880 msnm, temperatura de 19°C y humedad relativa de 77,75%.

Materiales

Frutos. Se utilizaron chontaduros variedad roja en grado de madurez 5 (color rojo intenso), producidos en el corregimiento de Cuatro Esquinas en el Municipio de El Tambo (Cauca) a una altitud de 1.269 msnm, con temperatura que oscila entre 22 y 28°C, precipitaciones anuales entre 1.500 y 2.500 mm/año y humedad relativa entre 70 y 80%.

Almidón de yuca modificado. Se utilizó almidón de yuca variedad SM 707-17, modificado enzimáticamente con alfa-amilasa, con un grado de modificación del 10% D.E. (Dextrosa Equivalente). Adicionalmente, se empleó Glicerina USP TK 45Y con pureza del 99,9% como agente plastificante, cera de abejas en estado sólido adquirida en la Cooperativa de Apicultores del Cauca (COOAPICA) como componente hidrofóbico y carboximetilcelulosa (CMC) como ligante, espesante, emulsificante y estabilizante que mejora el brillo y apariencia [14].

Diseño experimental

Se evaluaron 4 tratamientos con un diseño experimental completamente al azar, con 3 réplicas y 3 repeticiones para cada tratamiento, asignando los 4 tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales, con una variación en la concentración de cera de abejas, mientras que los porcentajes de almidón de yuca (4%), glicerina (2%) y CMC (0,5%) se mantuvieron constantes de acuerdo a lo sugerido por [7]. Las formulaciones se presentan en el cuadro 1:

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza empleando el software estadístico SPSS versión 19 y posteriormente se aplicó la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 1. Características de los tratamientos

Tratamiento	% de almidón de yuca	% de glicerina	% de Carboximetil-celulosa (CMC)	% de cera de abejas
T1 (testigo)	0	0	0	0
T2	4	2	0,5	0,5
T3	4	2	0,5	1,5
T4	4	2	0,5	2,5

Procedimientos

La cosecha se realizó de forma manual y de los racimos obtenidos se seleccionaron 324 frutos para las tres (3) réplicas, considerando diámetro entre 30 y 40 mm, longitud entre 31 y 50 mm y peso entre 30 y 48 g, con superficie lisa, de forma ovoide y sin daños causados por hongos y/o bacterias [13]. Los chontaduros se lavaron por inmersión con agua potable durante 30 minutos para retirar las impurezas y suciedad superficial y se desinfectaron con Tego 51 a una concentración de 0,5% [16]. La cera de abejas se fraccionó por macerado y se llevó a baño María hasta alcanzar el punto de fusión entre 62 y 65 °C.

Preparación y aplicación del recubrimiento. La mezcla se sometió a baño María hasta 70°C por 15 minutos con agitación constante y, posteriormente, se dejó enfriar hasta 19°C. Se cubrieron los chontaduros por inmersión durante 30 segundos y se dejaron secar a temperatura ambiente de 19°C [16].

Medición de variables

Se realizó por triplicado, durante 16 días, cada dos días, a las 8:00 am, descartando las muestras utilizadas en cada medición, valorando las siguientes variables de respuesta:

Pérdida de peso. Mediante el registro de la variación en el peso en Balanza analítica LEXUS, referencia MIX-SL 600 con precisión de 0,1 g, usando las siguientes expresiones (ecuaciones 1 y 2):

$$PP (g) = (P_i - P_f) \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

PP(g) = Pérdida de peso (g)

P_i = Peso inicial (g)

P_f = Peso final (g).

$$\% PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

% PP = Pérdida de peso (en porcentaje)

P_i = Peso inicial (g)

P_f = Peso final (g)

Tasa de respiración. En un equipo pettenkofer para medir la tasa respiratoria al capturar del CO₂ liberado por los frutos y obtener la intensidad de respiración en mg CO₂/kg/h así (ecuación 3):

$$IR = \frac{(V_b - V_m) * N * 22 * 60}{W * t} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

V_m = Volumen de ácido oxálico para titular la muestra (mL)

V_b = Volumen de ácido oxálico para titular el blanco (mL)

N = Normalidad del ácido oxálico (meq/L)

22 = Peso miliequivalente del CO₂ (g/meq)

60 = Factor de conversión para el tiempo (min/h)

t = Tiempo de barrido (min)

W = Peso de la muestra (Kg).

Firmeza. Se midió en la máquina universal de ensayos SHIMADZU referencia EZ-L para medir la penetración y fuerza ante la compresión ejercida por los frutos. Se midió sobre el eje ecuatorial de los frutos, a una velocidad de celda de 3 mm/min usando un punzón con punta cónica de 4,63 mm de diámetro, expresando los resultados como fuerza máxima ante la penetración (Newtons).

Grados Brix. Con refractómetro Atago con escala 0-32 °Brix para medir la concentración de sólidos solubles totales, mediante la refracción de la luz al pasar por los cristales de azúcar. Se obtuvo la muestra a 20°C para evitar la corrección de los sólidos solubles [17].

Acidez titulable. Como porcentaje de ácido cítrico usando la ecuación 4:

$$\% \text{ acidez} = B * N * K * 100 / W \quad (\text{Ec. 4})$$

En donde:

B = NaOH consumido en la titulación (mL)

N = Normalidad del NaOH (0,1N)

K = constante de acidez del ácido predominante en la fruta (ácido cítrico) = 0,064

W = Peso o volumen de la muestra (mL).

RESULTADOS

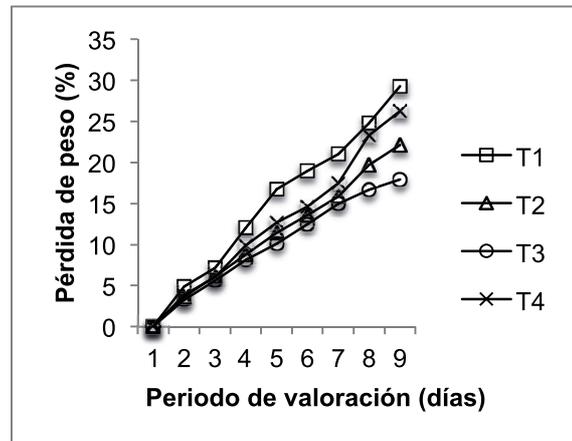
El seguimiento se realizó durante 16 días pero los frutos de la muestra testigo (T1) se deterioraron y contaminaron con hongos el día 12, sin embargo, fueron tenidos en cuenta para el ANOVA. Para el análisis de los resultados se consideraron cinco momentos: los tres primeros en los días 8, 10 y 12 al observarse el pico climatérico en los tratamientos T1, T2, T3, y los otros dos en los días 14 y 16 al presentar cambios drásticos en la fisiología de los chontaduros.

Pérdida de peso

La pérdida de peso es consecuencia de la transpiración por la migración de agua desde los espacios intercelulares hasta la cutícula, la disolución y difusión de las moléculas de agua a través de la membrana cuticular y la desorción en la superficie exterior [18]. En esta investigación los frutos disminuyeron su peso en todos los tratamientos (figura 1): el Análisis de Varianza del día 8 mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) indicando que el recubrimiento incidió sobre la pérdida de peso: la prueba de Tukey generó tres grupos, el primero con T3 y T2 cuyas medias no difirieron significativamente ($p\text{-valor} = 0,341$) indicando que la pérdida de peso fue similar; el segundo con T4 y T2 con un nivel de significancia de 0,385 y el tercero con T1.

En los días 10 y 12, hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) y la prueba de Tukey arrojó dos grupos, el primero con T2, T3, T4 (pérdida de peso de 13,55%, 12,46% y 14,62% en el día 10 y de 15,85%, 14,96% y 17,50% en el día 12, respectivamente) y el segundo con T1 (18,93% y 21,03%) porcentajes menores porque la aplicación del componente hidrofóbico (CA) aumentó la resistencia de la cutícula a la difusión de agua, aportando una barrera adicional ante la deshidratación [12].

Figura 1. Pérdida de peso durante el periodo de evaluación.



Periodo de valoración (días): 1 = Día 0; 2 = Día 2; 3 = Día 4; 4 = Día 6; 5 = Día 8; 6 = Día 10; 7 = Día 12; 8 = Día 14; 9 = Día 16.

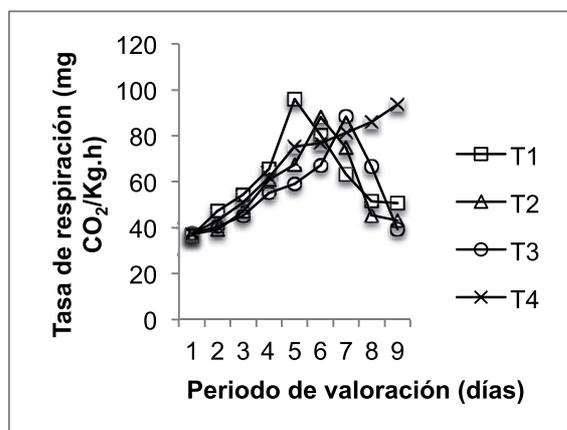
Para los días 14 y 16 también hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) y la prueba de Tukey formó 3 grupos: el primero con T3 que presentó una menor pérdida de peso, el segundo con T2 y el tercero con T4 y T1 que perdieron mayor peso, indicando comportamiento similar. El tratamiento T3 con 1,5% de cera de abejas redujo las pérdidas de peso casi en un 50% frente a la muestra testigo, situación que difiere con los frutos de T4, debido a que se pudo iniciar la anaerobiosis interna con pérdida de estructura celular que indujo la deshidratación y la consecuente pérdida de peso [10] y por la reducción en la difusión de agua al aumentar el contenido en lípido que no mejora las propiedades de barrera, tal como sucedió en ciruelas [12], por lo que se puede indicar que en este caso hubo saturación del sistema a partir de 2,5% de CA, por exceso del lípido o por un defecto de emulsificante (CMC) que crearon una atmósfera modificada generando la fermentación interna en los chontaduros.

Tasa de respiración

El patrón de respiración corresponde al de un fruto climatérico, alcanzando el pico en los días 8, 10 y 12 para T1, T2 y T3 respectivamente (figura 2), mientras que en T4 no se evidenció debido a que el porcentaje de CA generó una protección al fruto que pudo afectar el intercambio gaseoso.

El ANOVA del día 8 arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) por lo cual se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la hipótesis alterna (H_a) indicando que la aplicación del recubrimiento incidió sobre la tasa de

Figura 2. Tasa de respiración durante los días de evaluación.



Periodo de valoración (días): 1= Día 0; 2= Día 2; 3= Día 4; 4= Día 6; 5= Día 8; 6= Día 10; 7= Día 12; 8= Día 14; 9= Día 16.

respiración, por esta razón, se aplicó la prueba de Tukey que formó 4 grupos: el primero con T3, el segundo con T2, el tercero con T4 y el último con T1, resultados que permiten inferir que los valores promedio entre los tratamientos aplicados fueron totalmente distintos, debido a que en cada uno de ellos el proceso evolutivo de respiración transcurrió hasta el día 8 a velocidades diferentes, en los frutos sin recubrimiento fue mayor la intensidad respiratoria alcanzando el pico climatérico con una tasa de 96,06 mg CO₂/Kg.h a causa del deterioro de la estructura de los frutos y a la presencia de contaminación microbiana, superado por [17] quienes manifestaron que el chontaduro puede llegar a alcanzar los 80 mg CO₂/Kg.h en etapas de almacenamiento.

El análisis estadístico para los días 10 y 12 ratifica las diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T3 ($p < 0,05$) y entre los frutos con y sin recubrimiento, con lo que se puede corroborar la efectividad del tratamiento T3 debido a que la formulación combinada entre CA y almidón de yuca modificado creó una barrera contra los gases sin ocurrencia de anaerobiosis.

El Análisis de Varianza de día 14 mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) y la prueba de Tukey conformó 4 grupos, cada uno con un tratamiento, lo que evidencia que los valores promedio fueron distintos, posiblemente porque los procesos metabólicos de respiración se dieron a velocidades diferentes ya que en la primera fase se alcanza un consumo elevado de nutrientes que posteriormente disminuye; sin embargo, los frutos con el T4 fueron los únicos que no presentaron tal comportamiento, por el contrario, incre-

mentaron aún más la respiración, pasando de 81,24 mg CO₂/Kg.h en el día 12 a 86,11 mg CO₂/Kg.h en el día 14, sugiriendo que hay una elevada actividad debido a que el proceso de respiración se desvió hacia una ruta anaerobia [7].

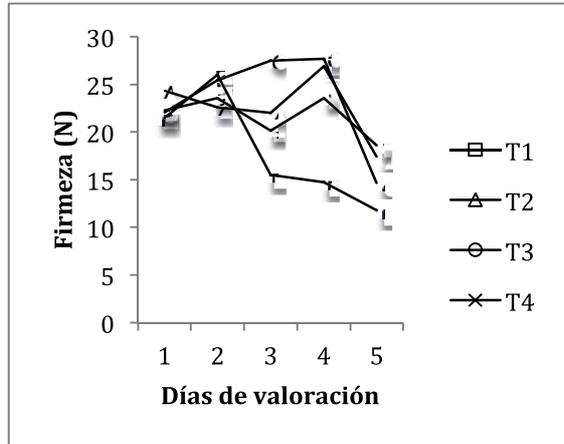
En el día 16 hubo diferencias significativas y la prueba de Tukey formó tres grupos: el primero con T3 y T2, el segundo con T1 y el tercero con T4, lo que significa que T1 y T4 difieren significativamente entre sí y de los demás tratamientos ya que el efecto fue negativo a diferencia de T3 y T2. T4 siguió presentando un incremento pasando de 86,11 mg CO₂/Kg.h en el día 14 a 93,73 mg CO₂/Kg.h en el día 16, siendo éste el valor más elevado, probablemente, a que se generó una barrera excesiva de protección al fruto, que pudo afectar el intercambio gaseoso y limitar la presencia de O₂ necesario para una respiración aeróbica en el interior del fruto, no apreciándose el pico climatérico.

Este resultado presentó un comportamiento similar al obtenido en aguacate [19], con la diferencia de que para efectos de la presente investigación las consecuencias fueron negativas al no generar una atmósfera equilibrada que aunque retardó la intensidad respiratoria al lograr su valor máximo de CO₂ liberado, en el día 16 con 93,73 mg CO₂/Kg.h, comparado con 96,06 mg CO₂/Kg.h liberados en el día 8 para el tratamiento testigo, provocó daño metabólico en el producto generando anaerobiosis debido a que en T4 se formó una atmósfera enriquecida en CO₂ acompañada de defectos físicos en la fase final de seguimiento (día 16) como decoloración del epicarpio, pardeamiento de los tejidos de la pulpa y un apreciable olor a fermentado, lo que sugiere el requerimiento de entre 1 y 3% de oxígeno para prevenir la respiración anaeróbica, con cierta permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono con el fin de evitar fenómenos de anaerobiosis interna que podrían inducir desórdenes fisiológicos y pérdida rápida de la calidad y vida útil en los productos [11].

Firmeza

En la figura 3 se aprecia que la firmeza disminuyó con el tiempo, siendo más notoria para los frutos testigo (T1) que presentaron menor resistencia.

El análisis de varianza del día 8 no arrojó diferencias significativas ($p = 0,090$) por lo que se aceptó la hipótesis nula (H₀) indicando que la aplicación de los recubrimientos no incidió sobre la firmeza de los frutos, sin embargo, cabe resaltar que los frutos de T1 tuvieron menor

Figura 3. Firmeza durante los días de evaluación.

Período de valoración (días): 1= Día 0; 2= Día 4; 3= Día 8; 4= Día 12; 5= Día 16.

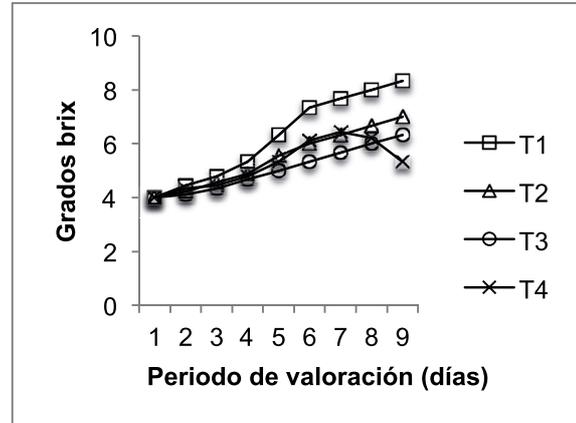
firmeza (15,5011 N) que los recubiertos (T2,T3,T4) con valores superiores a 20 N. El análisis estadístico para el día 12 arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) por lo que se aplicó la prueba de Tukey obteniendo 2 grupos: el primero con T1 y T4 y el segundo con T2,T3 y T3, con firmeza de 14,7550 N en T1, 26,9006 N en T2, 27,6828 N en T3 y 23,5428 N en T4.

En el día 16 no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) indicando que la variación de la firmeza fue similar, sin embargo, los frutos recubiertos presentaron mayor firmeza en comparación con los frutos testigo, posiblemente porque la aplicación de los recubrimientos crea una atmósfera que redujo la actividad enzimática de pectinesterasas y galacturonas que se activan durante la maduración y causan la degradación de los componentes de las paredes celulares y consecuente ablandamiento de la pulpa [12].

Grados Brix

En la figura 4 se observa que los grados Brix mostraron incremento hasta el día 16 para los tratamientos T1, T2 y T3, mientras que para el tratamiento T4 el incremento se presentó solamente hasta el día 12, luego del cual disminuyó.

El ANOVA para los días 8,10,12 y 14 mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) y al aplicar la prueba de Tukey se obtuvieron dos (2) subconjuntos: los frutos recubiertos (T2,T3,T4) formando el primero y los frutos testigo (T1) el segundo, lo cual significa que la aplicación de los recubrimientos

Figura 4. Grados Brix durante los días de evaluación.

Período de valoración (días): 1= Día 0; 2= Día 2; 3= Día 4; 4= Día 6; 5= Día 8; 6= Día 10; 7= Día 12; 8= Día 14; 9= Día 16.

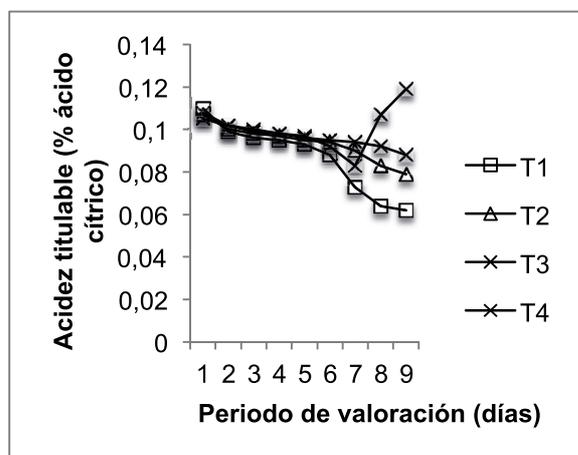
incidió sobre el comportamiento de este parámetro, sin embargo, para T2 y T3 se incrementó en menor proporción con valores de 6,67 y 6,00 °Brix respectivamente en el día 14, comparado con 8,00 °Brix reportados para T1, debido a que las protopectinas se hidrolizan a pectinas solubles que pudieron contribuir al aumento de la concentración de los SST [20], tendencia relacionada con el retraso de la maduración por el efecto barrera otorgado por T3 respecto a T2 (0,5% CA) y el testigo, debido al mayor contenido en cera de abejas (1,5%), mientras que en T4 (2,5% CA) se presentó una leve tendencia a disminuir a partir del día 14, con un descenso progresivo hasta el día 16.

El análisis estadístico para el día 16 arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) y la prueba de Tukey generó 3 subconjuntos: T4 en el primero con 5,33 °Brix, T2 y T3 en el segundo con 7,00 y 6,33 °Brix respectivamente y, finalmente, T1 con 8,33 °Brix, ratificando la efectividad de T3, infiriendo que se superó un límite crítico de cera que condujo a un proceso interno de fermentación con degradación de almidón en azúcares mucho más rápida, al usarlos como sustratos en el metabolismo fermentativo de la fruta para la síntesis de otros compuestos como acetaldehídos y etanol [10].

Acidez titulable (% ácido cítrico)

En la figura 5 se observa que hasta el día 10 hubo disminución similar en todos los tratamientos, debido al proceso metabólico que está en correspondencia con su estado de madurez por el consumo de ácidos orgánicos que se incrementa al no existir reservas de almidón [20].

Figura 5. Acidez titulable durante los días de evaluación.



Periodo de valoración (días): 1 = Día 0; 2 = Día 2; 3 = Día 4; 4 = Día 6; 5 = Día 8; 6 = Día 10; 7 = Día 12; 8 = Día 14; 9 = Día 16.

El ANOVA de los días 8 y 10 no encontró diferencias significativas ($p > 0,05$) indicando comportamiento similar y que la aplicación de los recubrimientos no incidió sobre la acidez de los frutos. A partir del día 12 se presentaron diferencias significativas y se formaron 3 subconjuntos: el primero con T1 cuyos frutos evidenciaron una disminución marcada del contenido de ácido por el uso como sustrato respiratorio durante la maduración y porque en la respiración son generados ácidos orgánicos que luego se volatilizan [10]. El segundo con T2 y T3 con efecto similar, mientras que T4 formó el tercer subconjunto al evidenciarse una leve tendencia decreciente, con posterior incremento durante los días 14 y 16 en los cuales cada tratamiento se diferenció en un grupo, evidenciando diferencias significativas entre todos los tratamientos, posiblemente porque los valores promedio obtenidos fueron completamente diferentes, posiblemente porque en los frutos de T2 y T3 se retrasó la volatilización de ácidos orgánicos frente a los de T1 con la mayor disminución (0,062%), mientras que en T4 se incrementó drásticamente alcanzando valores de 0,119% hasta el día 16, por una posible desviación en el metabolismo de los frutos al pasar a la vía fermentativa [21] y al posible desarrollo de microorganismos que toman como sustrato los azúcares aumentando a su vez la concentración de ácidos orgánicos (láctico, acético y succínico), en lugar de descender como es normal en la evolución de la madurez [10], además, en el climaterio ocurren reacciones que ocasionan la liberación de ácidos orgánicos que incrementan la acidez [22].

CONCLUSIONES

El recubrimiento de T3 retardó el proceso de deterioro de los frutos de chontaduro sin afectar las características organolépticas y físico-químicas de los frutos, permitiéndoles alcanzar un tiempo de conservación de hasta 16 días, a diferencia de los frutos control (T1) que solo alcanzaron una vida útil de 12 días.

La aplicación del recubrimiento con cera de abejas al 1,5% (T3) tuvo efecto positivo al reducir la pérdida de peso y de firmeza, retrasar el desarrollo de la madurez y la tasa de respiración, manteniendo las características físicas, lo que se traduce en un valor agregado que puede facilitar e impulsar los procesos pos cosecha, beneficiando a los productores e intermediarios y brindando al consumidor final un producto de mayor calidad.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey demuestran que aplicaciones con CA son muy eficientes como barrera al vapor de agua y gases, sin embargo, el uso en porcentaje superior al 2,5% (T4) no mejoró las características físico-químicas evaluadas, dificultando el aspecto y brillo de los mismos, además de inducir procesos metabólicos de anaerobiosis interna que afectaron la calidad y conservación.

En futuras investigaciones se puede contemplar la evaluación en frutos de chontaduro almacenados bajo condiciones de refrigeración, la cuantificación de la producción de etileno, la evaluación de la permeabilidad al vapor de agua y las propiedades mecánicas del recubrimiento, así como la tensión de tracción máxima, la tensión a la rotura y el porcentaje de elongación máximo con el fin de conocer más detalladamente su comportamiento reológico. Se puede determinar por cromatografía, el contenido de CO_2 y O_2 interno y también las concentraciones de etanol y acetaldehído en zumo de frutos recubiertos, para evaluar la repercusión del incremento de cera de abejas en la concentración de estos parámetros y la atmósfera interna del fruto, los cuales fue evidente que influyeron sobre la calidad de los chontaduros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca por el suministro de los recursos necesarios para el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Perspectivas de cosechas y situación alimentaria [en línea]. 2009. Disponible: <http://www.fao.org/docrep/012/ak340s/ak340s00.htm>. [citado 18 de Junio de 2012].
- [2] QUINTERO, J. y FALGUERA, V. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 2010, 1(5), p. 93-118.
- [3] SÁNCHEZ, L., VARGAS, M., GONZÁLEZ, M.C., CHÁFER, M. y CHIRALT, M. Incorporación de productos naturales para la conservación de alimentos. Valencia (España): VIII Congreso SEAE Bullas, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos, Instituto Universitario de Ingeniería de alimentos para el desarrollo, 2008.
- [4] ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Roma (Italia): Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2005, 134 p.
- [5] VELASCO, R., LUNA, W., MERA, J. y VILLADA, H. Producción de dextrinas a partir de almidón nativo de yuca por ruta seca en una agroindustria rural. *Información Tecnológica*, 2008, 19(2), p. 15-22.
- [6] AGUILAR, M.A., MARTÍN, S., ESPINOZA, N., SÁNCHEZ, M., CRUZ, A., y RAMÍREZ, M. Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Superficies y Vacío. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales*, 2012, 25(1), p. 1-7.
- [7] BARCO, L., BURBANO, A., MOSQUERA, S.A, VILLADA, H. y NAVIA, D. Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca (*Monihot sculenta* Crantz) modificado sobre la maduración del tomate de mesa bajo condiciones ambientales. *Revista Lasallista de Investigación*, 2011, 8(2), p. 96-103.
- [8] ALMEIDA, A., REIS, J., SANTOS, D., VIEIRA, T. y DA COSTA, M. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2011, 2(1), p. 49-60.
- [9] PALACIN, J. Yuca, ácido ascórbico, N-acetil-cisteína en la calidad del plátano (*Musa paradisiaca*). Medellín (Colombia): Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, 2012.
- [10] ACHIPIZ, S.M., CASTILLO, A.E., MOSQUERA, S.A., HOYOS, J.L. y NAVIA, D.P. Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 2013, edición especial no. 2, p. 92-100.
- [11] BÓSQUEZ, E. Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de frutas [en línea]. 2008. Disponible : http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA025_RECUBRIMIENTOS.pdf. [citado 22 de Junio de 2012].
- [12] NAVARRO, M., MASSA, A. and PÉREZ, M. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). *LWT- Food Science and Technology*, 2011, 44, p. 2328- 2334.
- [13] DANG, K., SINGH, Z. and SWINNY, E. Edible coatings influence fruit ripening, quality and aroma biosynthesis in mango fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(4), p. 1361-1370.
- [14] VALLE, S., LOPEZ, O., REYES, M., CASTILLO, J. y SANTOS A. Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. *Revista Chapingo*, 2008, 14(3), p. 235-241.
- [15] SINISTERRA, M., ARDILA, X. y CERON, R. Manual para el manejo post-cosecha y comercialización del chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K). Popayán (Colombia): CORPOTAMBO, PRO-NATTA, SENA Regional Cauca, 2003.
- [16] OLARTE, J. Propuesta y documentación para la implementación de buenas prácticas de manufactura en las plantas piloto de alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca [Tesis Ingeniería Agroindustrial]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agroindustria, 2005.
- [17] SERRANO, M., UMAÑA, G. y SÁENZ, M. Fisiología post-cosecha, composición química y capacidad antioxidante de frutas de pejibaye (*Bactris gasipaes Kunth*) CV. Tuirá Darién cosechadas a tres diferentes edades. *Revista Agronomía Costarricense*, 2011, 35(2), p. 75-87.
- [18] ALVAREZ, R. Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su

- impacto mediante aproximación metabolómica y evaluación de la calidad post-cosecha. Medellín (Colombia): Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica, 2012, 207 p.
- [19] PINEDA, L. y SOLÍS, D. Efecto de la aplicación de un recubrimiento de almidón hidrolizado de yuca (*manihot sculenta* crantz) sobre la maduración del aguacate (*Persea americana* Miller) variedad Hass. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agroindustria, 2011, 57 p.
- [20] AVILA, H., CUSPOCA, R., FISCHER, G., LIGARRRETO, G. y QUICAZÁN, M. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2°C. Revista Facultad Nacional Agronomía, 2007, 60(2), p. 4179- 4193.
- [21] CORTEZ, J., YAH, A., DUCH, E. y DE LOURDES, M. Industrialización de la Pitahaya (*Hylocereus undatus*): Una nueva forma de comercialización. Revista Mexicana de Agronegocios, 2005, 9(16), , p. 498-509.
- [22] CASTRICINI, A. Aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de mamões (*Carica papaya* L.) 'Golden'. Rio de Janeiro (Brasil): Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Seropédica, 2009, 117 p.