

Efecto del recubrimiento de papaya (*Carica papaya* L.) con biofilm de almidón de mandioca en la etapa poscosecha

Effect of cassava starch biofilm coating on postharvest quality of papaya (*Carica papaya* L.)

Manuel Rodríguez González¹ , Mailen Abreu Rodríguez¹ , Nerelys Cabrera Julien^{1*}  y Daisy Deniz Jiménez¹ 

¹ Universidad de Sancti Spiritus, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sancti Spiritus, Cuba.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del almidón de mandioca como recubrimiento (biofilm) en la conservación y calidad del fruto de la papaya cv. "Maradol" durante la etapa poscosecha. Se evaluó la reducción de la actividad metabólica, la pérdida de agua y el aumento del período de comercialización. Se empleó un arreglo factorial 4 x 4 en un diseño completamente al azar, con 4 concentraciones (0, 1, 2 y 3% m/v de almidón en 100 mL de agua, gelatinizado a 75°C durante 30 min) y 4 tiempos de evaluación (4, 8, 12 y 16 días poscosecha). Se evaluaron las propiedades físico-químicas: pérdida de masa fresca, apariencia externa, índice de color de la cáscara, pH, sólidos solubles y acidez titulable. A los 16 días, todos los frutos con recubrimiento presentaron una pérdida de masa fresca de 1,9 a 2,6 veces menor que el control, y un color amarillo en 25 a 50% de la superficie de la cáscara, en comparación con 50 a 75% en los controles. El pH disminuyó conforme aumentó la acidez titulable, y se observaron menores niveles de sólidos solubles que en los frutos control durante todo el período. Los resultados demostraron que el uso de la biopelícula fue efectivo, destacándose la concentración del 3% como alternativa para la conservación, al incrementar el tiempo de vida útil durante los 16 días poscosecha, con estadios de madurez inferiores al control y mejor apariencia externa.

Palabras clave: biofilms, calidad poscosecha, almidón de mandioca, conservación.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of cassava starch coating (biofilm) on the conservation and quality of papaya fruit cv. "Maradol" during the post-harvest stage. The study evaluated the reduction of metabolic activity, water loss, and the extension of the commercialization period. A 4 x 4 factorial arrangement was used in a completely randomized design, with 4 concentrations (0, 1, 2, and 3% w/v of starch in 100 mL of water, gelatinized at 75°C for 30 min) and 4 evaluation times (4, 8, 12, and 16 days post-harvest). The physicochemical properties evaluated were: fresh mass loss, external appearance, peel color index, pH, soluble solids, and titratable acidity. After 16 days, all coated fruits showed a fresh mass loss 1.9 to 2.6 times lower than the control, and yellow coloration in 25 to 50% of the peel surface, compared to 50 to 75% in control fruits. The pH decreased as titratable acidity increased, and lower levels of soluble solids were observed compared to control fruits throughout the period. The results demonstrated that the cassava starch biofilm was effective, with the 3% concentration standing out as an alternative for conservation, increasing shelf life during the 16-day post-harvest period, showing lower maturity stages than the control and better external appearance.

Keywords: biofilm postharvest quality, cassava starch, conservation.

*Autor para correspondencia:

cnerelys@gmail.com

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Contribución de autores:

Todos los autores contribuyeron con el análisis de los datos obtenidos y con la redacción del informe final.

Financiamiento:

Universidad de Sancti Spiritus y Proyecto Agro-futuro

Periodo de publicación:

Julio-Diciembre de 2024

Historial:

Recibido: 13/07/2023;

Aceptado: 06/11/2024

Editor responsable:

Arnaldo Esquivel Fariña 
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Licencia:

Artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons CC-BY 4.0

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es una de las frutas tropicales más apreciadas por los consumidores debido a sus propiedades nutricionales, agradable aroma, sabor y textura. En Cuba, la fruta se consume preferentemente fresca y ofrece una amplia gama de productos y subproductos en la industria alimentaria. En el país predomina el cultivar Maradol-roja, de origen cubano, que se caracteriza por su alta productividad, excelente sabor, maduración temprana, forma oblonga, pulpa roja y un peso promedio de 1,6 a 2,2 kg.

Un problema significativo que enfrentan los productores de este cultivo es la elevada pérdida poscosecha, estimada entre 40 y 50% del total producido. Diversas tecnologías pueden aplicarse para reducir estas pérdidas e incrementar el aprovechamiento del fruto, manteniendo sus características nutricionales y valor agregado para satisfacer las exigencias del consumidor actual (Ferregueti, 2016).

Este fruto, cuando se almacena a temperatura ambiente, tiene una vida útil estimada de seis a ocho días. Posteriormente, presenta pérdidas de turgencia y susceptibilidad al ataque de patógenos debido a su elevado contenido de humedad, textura sensible al daño mecánico y altas tasas de transpiración y respiración, características propias de un fruto climatérico (Zucchini, Miranda, Bresolin, Foschini y Ferreira, 2017).

La vida útil puede verse reducida por la acción de factores bióticos y abióticos durante las etapas pre y poscosecha, lo que ocasiona pérdidas cuantitativas y/o cualitativas. Estos factores afectan negativamente su comercialización e incrementan el índice de pérdidas en la etapa poscosecha (Carvalho, Kist, Santos, Treichel, y Filter, 2017).

Actualmente, la creciente demanda del mercado por frutos de mejor calidad exige mayor atención durante la cosecha y el manejo poscosecha, considerando las buenas prácticas que garanticen el mantenimiento de la calidad hasta llegar al consumidor (Sasaki et al., 2018).

Los recubrimientos o biofilms comestibles tienen la función de inhibir o reducir la actividad metabólica, las pérdidas de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, lípidos y aromas, entre otros componentes, mejorando la apariencia externa y prolongando el período de comercialización de los productos. Los biofilms son películas de espesor variable constituidas por diferentes sustancias naturales, como polisacáridos, proteínas y lípidos, que al polimerizarse crean una barrera entre el alimento y el ambiente, sin riesgos para la salud del consumidor (Barros et al., 2019).

Existe un gran interés en el desarrollo de biofilms comestibles o biodegradables, principalmente debido a la demanda de alimentos de alta calidad y las preocupaciones ambientales sobre el desecho de materiales no renovables. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del almidón de mandioca en la conservación y calidad de la papaya durante la etapa poscosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló entre febrero y marzo de 2023, en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez", Cuba. Los frutos (cv. Maradol) utilizados presentaban tamaño uniforme y un peso medio entre 800 y 1.000 g, con estado de maduración 1 según la clasificación de Ceagesp (2015). Se utilizó un arreglo factorial 4 x 4 en un diseño completamente al azar, con cuatro concentraciones (0, 1, 2 y 3% m/v de almidón en 100 mL de agua, gelatinizado a 75°C durante 30 min con agitación constante y enfriado a 25°C), cuatro tiempos de evaluación (4, 8, 12 y 16 días poscosecha) y cuatro réplicas por tratamiento.

Todos los frutos fueron colocados en la misma posición y mantenidos a una temperatura ambiente media de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa de 40-50%. La temperatura fue monitoreada tres veces al día mediante un termómetro, debido a su efecto en la maduración del fruto. Los tratamientos fueron:

Tratamiento A: control (sin recubrimiento)

Tratamiento B: biofilm de almidón de mandioca al 1% en 100 mL de H₂O (m/v)

Tratamiento C: biofilm de almidón de mandioca al 2% en 100 mL de H₂O (m/v)

Tratamiento D: biofilm de almidón de mandioca al 3% en 100 mL de H₂O (m/v)

La cosecha se realizó en horas de la mañana (06:00 a 09:00 am). Los frutos fueron recolectados con tamaño uniforme y un peso medio entre 800 y 1.000 g, en estado de maduración 1 (correspondiente a frutos con hasta 15% de la corteza amarilla, con una edad media de 130 a 135 días después de la apertura floral). La cosecha se realizó manualmente, y los frutos fueron transportados inmediatamente, acondicionados en cajas plásticas y envueltos individualmente en papel periódico para evitar daños mecánicos.

Los frutos fueron lavados con detergente neutro y posteriormente sumergidos en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5% durante tres minutos para su desinfección. Se dejaron secar al aire libre, según lo recomendado por Pereira et al. (2006). A continuación, fueron sumergidos durante un minuto en la solución correspondiente de almidón de mandioca. Después de la aplicación de los tratamientos, el exceso de suspensión fue drenado en recipientes plásticos y los frutos fueron dispuestos según el diseño experimental en condiciones ambientales.

Evaluación de propiedades físico-químicas

Se realizaron análisis físicos de pérdida de masa fresca (PMF), apariencia externa (AE) e índice de color de la cáscara (CC). La PMF se determinó por el método gravimétrico, pesando cada unidad experimental de forma individual en una balanza semianalítica ($d=0,001$ g). Se estableció la diferencia entre la masa inicial y la

masa en cada período de almacenamiento, expresando el resultado en porcentaje. La AE se evaluó mediante el porcentaje de área deteriorada del fruto usando una escala visual de 0 a 5 grados según Aghdam, Sevillano, Flores y Bodbodak (2013). En la apariencia externa se observaron depresiones, manchas y manifestaciones de enfermedades:

Grado 1: sin deterioro

Grado 2: hasta 5% de área deteriorada

Grado 3: hasta 10% de área deteriorada

Grado 4: hasta 15% de área deteriorada

Grado 5: más del 15% de área deteriorada

El CC se evaluó visualmente mediante una escala del estado 1 al 5, según la clasificación de Ceagesp (2015). Esta escala varía según el porcentaje de coloración amarilla de la corteza, que caracteriza el proceso de maduración:

Estado 1: hasta 15% de la corteza amarilla

Estado 2: entre 15 y 25% de la corteza amarilla

Estado 3: entre 25 y 50% de la corteza amarilla

Estado 4: entre 50 y 75% de la corteza amarilla

Estado 5: entre 75 y 100% de la corteza amarilla

El potencial de hidrógeno (pH) se determinó utilizando un potenciómetro (pHmetro) digital, previamente calibrado con soluciones estándar de pH 7,0 y 4,0. Se analizó una muestra de 20 mL de jugo de fruta diluida en 80 mL de agua destilada, que fue homogeneizada y filtrada (Instituto Adolfo Lutz (I.A.L.), 2008).

Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron mediante un refractómetro digital (modelo RTD-45, rango 0-85%, precisión 0,1 °Brix) en una porción de pulpa de cada fruto. Se depositó una pequeña cantidad del jugo homogeneizado sobre la superficie del prisma para su lectura directa, según la metodología de Pereira *et al.* (2006). Se utilizó una muestra de 20 mL de jugo de fruta diluida en 80 mL de agua destilada, que fue homogeneizada y filtrada (I.A.L., 2008).

La acidez titulable (AT) se determinó por el método titulométrico con solución de hidróxido de sodio (NaOH 0,1 M), utilizando la disolución previamente preparada. Se transfirieron 10 mL de la mezcla a un matraz y se completó hasta un volumen de 90 mL, añadiendo de tres a cinco gotas de fenolftaleína al 1,0%. Los resultados se expresaron en gramos de ácido cítrico.

Procesamiento estadístico

Los datos de las variables estudiadas fueron procesados con el paquete estadístico SPSS versión 23.0 para Windows.



Para determinar la normalidad de los datos se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y para la homogeneidad de varianza, la prueba de Levene. Cuando existió normalidad y homogeneidad, se realizó un análisis de varianza factorial (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$). En los casos de rechazo de la hipótesis de normalidad y homogeneidad de varianza, donde existe una distribución libre que no requiere establecer supuestos sobre las poblaciones, se aplicó la prueba no paramétrica para dos muestras independientes mediante el test de Mann-Whitney, con un nivel de significación de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pérdida de masa fresca aumentó gradualmente en todos los tratamientos después de la cosecha (Figura 1). Los tratamientos con biofilm difirieron significativamente del control, presentando menor PMF durante los 16 días evaluados. A los ocho días de almacenamiento, los frutos con recubrimiento mostraron una PMF de 1,2 a 1,6 veces menor que el control, diferencia que se incrementó hasta 1,9 a 2,6 veces a los 16 días. Esto se justifica por una reducción en la permeabilidad al vapor de agua provocada por el recubrimiento con almidón. Los tratamientos con concentraciones de 2% (C) y 3% (D) no difirieron estadísticamente entre sí durante los primeros ocho días de almacenamiento. Sin embargo, a los 12 días se observó una diferencia significativa entre ellos. El tratamiento D mostró mejores valores de retención de vapor de agua, siendo la pérdida de peso directamente relacionada con la tasa de transpiración de los productos frescos.

El análisis de estimación curvilínea realizado para cada tratamiento mostró que el modelo lineal ($y = a + bx$) es el que mejor se ajusta, con tendencia positiva y una relación muy fuerte (coeficiente de determinación $R^2 > 96\%$ y p -valor $< 0,05$ en la tabla ANOVA). Se destaca el tratamiento A (control) donde la PMF tuvo una media de 2,02% cada cuatro días. En los tratamientos con biofilm, la PMF fue inferior al 1% cada cuatro días, variando desde 0,48% (D) hasta 0,77% (B).

Los resultados de esta investigación coinciden con los estudios realizados por Pego, Ambrósio, Nascimento, Fachi y Krause (2015), quienes concluyeron que el uso de biofilms con almidón de mandioca mantiene la PMF entre 3,5 y 5%, lo que ralentiza la maduración en frutos de papaya debido a la reducción de las tasas metabólicas, prolongando la vida útil poscosecha entre 4 y 12 días. La PMF puede estar relacionada con la degradación de las membranas celulares, que funcionan como barreras selectivas al movimiento de compuestos entre las células y tienen un papel fundamental en el control regulador de los eventos bioquímicos y fisiológicos celulares. Las membranas pierden fluidez y actividad enzimática, y la alteración de los receptores membranales puede ocasionar la pérdida de masa fresca.

Según Carvalho y Lima (2008), la pérdida de masa fresca es consecuencia de reacciones metabólicas como la respiración y transpiración, que conducen a la pérdida de turgencia y al ablandamiento de los tejidos, reduciendo consecuentemente la calidad del producto. Los mismos autores afirman que una PMF entre 5 y 6% es suficiente

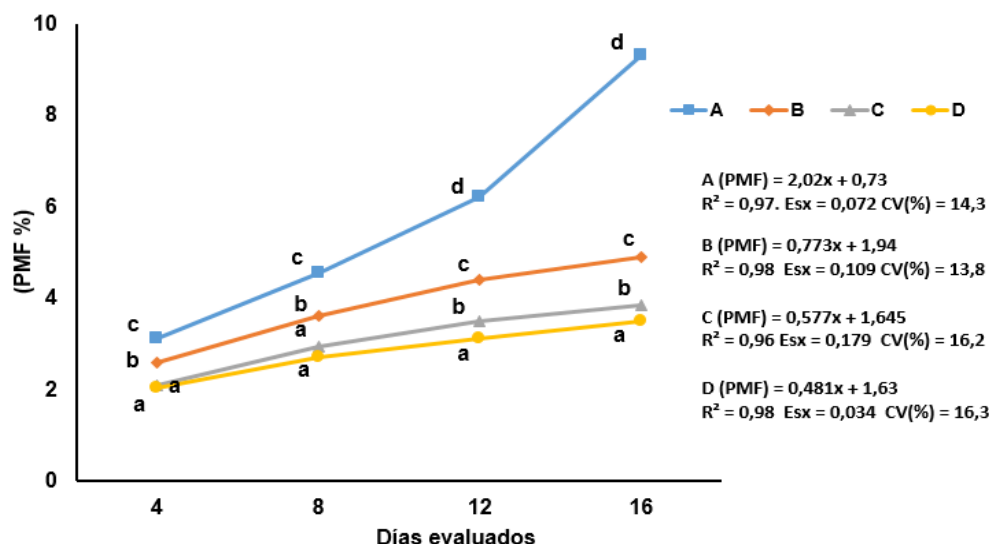


Figura 1. Pérdida de masa fresca (PMF) en los frutos con y sin revestimiento durante el período evaluado. Letras no comunes difieren según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaboración propia

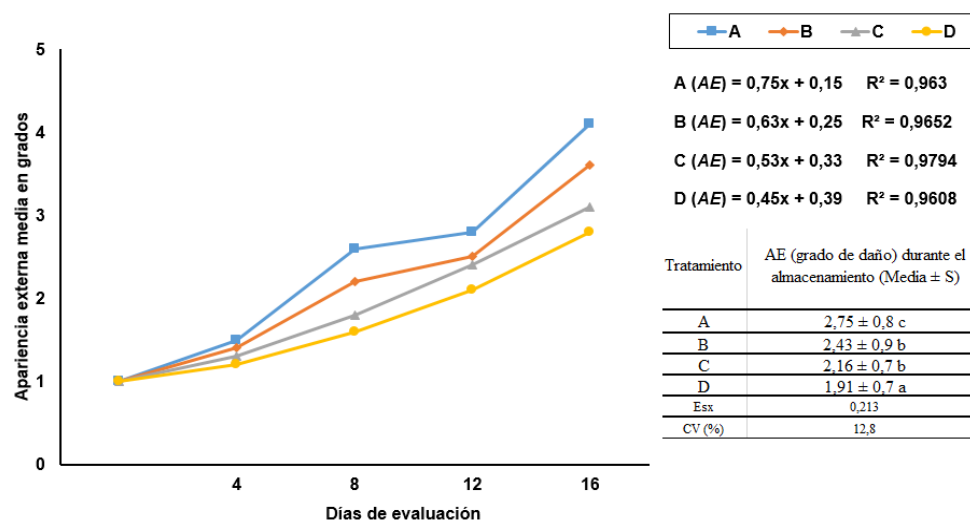


Figura 2. Apariencia externa en función del tiempo el período evaluado. Letras no comunes difieren según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaboración propia.

para depreciar la calidad de los frutos y hacer que estos no sean aptos para el consumo.

Los frutos del tratamiento A (control) resultaron inaceptables para el consumo a partir de los 12 días de almacenamiento, mientras que los frutos recubiertos con almidón de mandioca mantuvieron un porcentaje de pérdida inferior al 6% a los 16 días, considerándose aún aptos para el consumo. La papaya se comercializa por unidad de peso, por lo que su pérdida impacta negativamente en el resultado final.

Se observó un aumento en el deterioro de los frutos del tratamiento control en función del tiempo, siendo menor en los tratamientos con biofilm, como se muestra en la Figura 2. Las ecuaciones funcionales resultantes para cada

tratamiento constituyen un modelo empírico que permite a investigadores y productores predecir el nivel de deterioro de los frutos tratados con biofilm de almidón de mandioca y almacenados en condiciones ambientales.

El análisis de regresión mostró que el modelo lineal ($y = a + bx$) es el que mejor se ajusta, con tendencia positiva y una relación muy fuerte (coeficiente de determinación $R^2 > 0,96$ y p -valor $< 0,05$ en la tabla ANOVA), indicando una relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 95%. Estas funciones permiten estimar la apariencia externa (AE) según el porcentaje de almidón utilizado como biofilm. El tratamiento D, que difiere significativamente del resto, mostró un incremento en la AE de 0,45 grados en el nivel de daño cada cuatro días, mientras que en el control fue

de 0,75 grados.

El análisis de las medias del nivel de grado mostró diferencias significativas entre los tratamientos, destacándose el tratamiento D con 1,43 veces menos grados de daño en promedio respecto al control, y entre 1,13 y 1,27 veces menos que los otros tratamientos con biofilm. El tratamiento D presentó el menor deterioro durante el período evaluado.

Según Hewajulige et al. (2006), el recubrimiento de papaya cv. Rathna con biofilm de almidón reduce significativamente la incidencia y severidad de enfermedades en los frutos, proporcionando frutos firmes después de la maduración, durante 14 a 21 días de almacenamiento a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C).

El color es uno de los atributos visuales más importantes en la papaya, siendo su coloración amarilla un indicador del estado de maduración y calidad. El índice de color de la corteza de los frutos, evaluados inicialmente en estado de maduración 1, tiende a aumentar en función del tiempo. En la Figura 3 se observa que el tratamiento D (biofilm al 3%) presenta el menor índice de madurez, con una media 1,44 veces inferior respecto al tratamiento control, que mostró mayor maduración durante el almacenamiento bajo estas condiciones. A los 12 días, el tratamiento control presentaba entre 50 y 75% de la superficie de la corteza amarilla, mientras que el tratamiento con biofilm solo mostraba entre 25 y 50% de coloración amarilla, lo que podría atribuirse a una menor tasa de respiración, que a su vez retrasa la maduración y la senescencia (Kathiresan y Lasekan, 2019).

El uso de polímeros a base de almidón de mandioca forma redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas, lo cual les confiere buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases (O₂ y CO₂), conservando la calidad del fruto. Por su parte, el tratamiento control, a los 16 días de almacenamiento, ya presentaba entre 75 y 100% de la superficie de los frutos amarilla, con pigmentos oscuros característicos de la aparición de hongos, depresiones en la corteza y pérdida

del valor comercial.

En la Figura 3 se muestran las ecuaciones resultantes de las curvas descritas por cada tratamiento, donde se destaca el tratamiento testigo. La variable dependiente (índice de color de la corteza) se incrementa en una unidad por cada incremento de la variable independiente (tiempo), con una relación muy fuerte (R² superior a 0,95 y un p-valor en la tabla ANOVA inferior a 0,05). Por lo tanto, existe una relación estadística significativa entre las variables en estudio para un nivel de confianza del 95%, mientras que en el tratamiento D la variación es solo de 0,58 unidades de maduración por cada unidad de tiempo.

Castricini (2009) observaron resultados similares con una concentración de almidón del 3% y atribuyeron este comportamiento al efecto positivo del almidón de mandioca, que reduce la transformación de la clorofila y, consecuentemente, produce una mayor concentración de CO₂ y menor de O₂ y etileno en la pulpa del fruto, ayudando a reducir las tasas metabólicas. Los estados de maduración preferidos por los consumidores para comprar esta fruta son el 2 y 3.

En esta investigación se observó (Tabla 1) que todos los tratamientos tienen una tendencia a disminuir el pH, situación que es típica de un proceso de maduración. Las alteraciones en los valores del pH de los frutos resultan de la producción de ácidos orgánicos durante la maduración en la etapa poscosecha. El tratamiento control (A) presentó los menores valores de pH durante todo el período, siendo de 1,06 a 1,10 veces menor, con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos a lo largo del período de evaluación. Se destaca el tratamiento D con los menores valores y variaciones a lo largo del período, siendo 1,02 veces menores, sin diferencias significativas entre las evaluaciones realizadas en el cuarto y octavo día. Los tratamientos B y C, con 1 y 2% de concentración de biofilm, no presentan diferencias significativas entre ellos en cada día de evaluación.

Resultados similares obtuvieron Nunes, Neto, Nascimento, de Oliveira, y Mesquita (2017) con el uso de biofilm

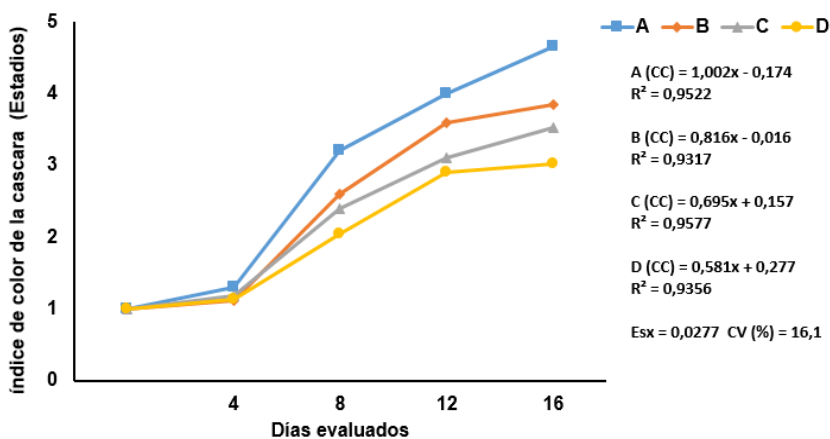


Figura 3. Índice de color de la corteza de la fruta en función del tiempo el período evaluado. Fuente: Elaboración propia

Tabla .1 Valores de pH de la fruta bomba con y sin biofilm de almidón de mandioca

Tratamientos	Días de evaluación				
	4 días	8 días	12 días	16 días	Media ± S
A	5,23 aD	4,98 aC	4,81 aB	4,62 aA	4,91 ± 0,2 a
B	5,43 bB	5,12 bA	5,08 bA	5,02 bA	5,28 ± 0,1 b
C	5,47 bC	5,20 bB	5,15 bA	5,08 bA	5,23 ± 0,1 b
D	5,45 bB	5,43 cB	5,38 cA	5,33 cA	5,42 ± 0,1 c
Ext	0,073	0,217	0,124	0,231	0,108
CV (%)	14,8	15,4	16,8	16,2	15,3

Letras no comunes minúscula en la columna y mayúscula en la línea difieren según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). (Media ± S): Media ± desviación estándar; Ext: error estándar; CV (%): coeficiente de variación. Fuente: elaboración propia.

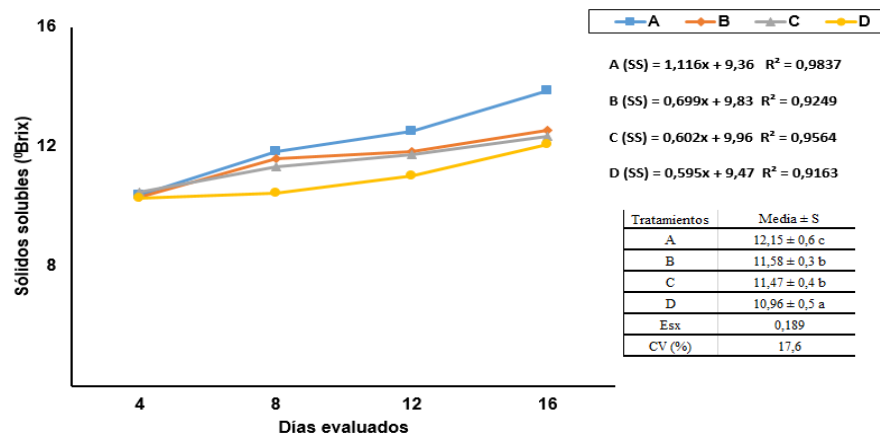


Figura 4. Sólidos solubles totales (°Brix) en función del tiempo el período evaluado. *Letras no comunes difieren según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).* Fuente: Elaboración propia.

de almidón de mandioca en papaya var. 'Formosa', con valores que variaron entre 5,34 y 5,44, sin variaciones significativas a lo largo del tiempo.

Los SST son un indicador de la acumulación de azúcares durante la maduración. Durante este proceso, el contenido de SST tiende a aumentar. Este comportamiento se observó en la muestra control, variando de forma discreta. En la Figura 4 se muestra la interacción entre la variable dependiente (SST) y la independiente (tiempo de almacenamiento). A partir del análisis de regresión, se encontró que el modelo que más se ajustó fue el lineal ($y = a + bx$), con tendencia positiva y un coeficiente de determinación superior ($R^2 = 0,91$). En el tratamiento control se observó un incremento de 1,11 °Brix por cada unidad de tiempo de almacenamiento. Se destaca el tratamiento D, en el cual se incrementó 0,59 °Brix por día de evaluación. En los otros dos tratamientos, el incremento fue del orden de 0,69 (B) y 0,60 (C) °Brix. Esta tendencia se explica porque el uso de los biofilms reduce la tasa de respiración y, con ello, el proceso de maduración.

En la Figura 4 también se observan los valores medios de SST durante todo el período evaluado, donde se destaca que el tratamiento D difiere significativamente del resto con un nivel de significación inferior al prefijado ($p \leq 0,05$). Según los resultados de la prueba de Tukey, las medias

de SST se agrupan en tres grupos: el primero incluye el tratamiento D, con valores de °Brix 1,11 veces menores que el control; el segundo grupo incluye los tratamientos B y C, que no difieren entre sí; y el tercer grupo corresponde al control. El coeficiente de variación indica que los factores ambientales y el manejo del experimento no influyeron en los resultados de cada uno de los tratamientos.

Las frutas con biofilm presentaron menores valores de sólidos solubles que los frutos control durante todo el período evaluado. Esta tendencia podría estar relacionada con el retraso del proceso de maduración en los frutos recubiertos. Resultados similares fueron obtenidos por Castricini (2009) en muestras control de papaya con biofilm de almidón de mandioca al 3%, en igual período y condiciones de almacenamiento.

El tiempo de almacenamiento influyó significativamente en la variable acidez titulable (Figura 5). El tratamiento control tuvo el mayor incremento de la acidez titulable durante el tiempo de almacenamiento. Se destacó que en los tratamientos que utilizaron biofilm, el contenido de ácido cítrico tuvo el menor incremento. Al hacer un análisis del comportamiento medio de la AT durante el tiempo de almacenamiento, el tratamiento control superó en 1,25 a 1,48 veces a los tratamientos con biofilm, factor que está asociado al estado de madurez que tenían los

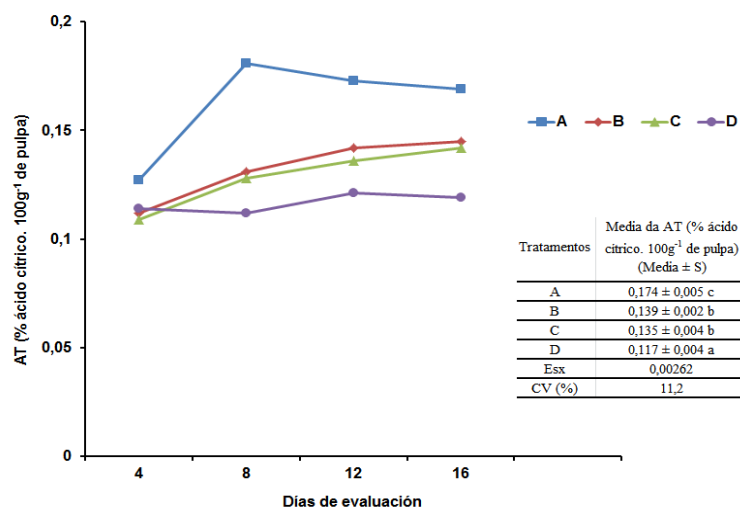


Figura 5. Evaluación de la acidez titulable del fruto de la papaya en función del tiempo de almacenamiento. Letras no comunes difieren según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Fuente: Elaboración propia

frutos de este tratamiento. Como resultado de la prueba de rangos múltiples de Tukey, las medias se agruparon en tres grupos: grupo 1, donde está el control (A) con el valor más alto, que difiere significativamente de los demás tratamientos; grupo 2, con los tratamientos B y C que no difieren entre sí; y grupo 3, con el tratamiento D con el menor valor, que difiere del resto.

Según Fernandes Chitarra y Bosco Chitarra (2005), durante el período de almacenamiento ocurre un aumento en la acidez de la pulpa, que se debe probablemente a la formación del ácido galacturónico, como consecuencia de la hidrólisis de la pectina por las enzimas pectinmetilesterasa y poligalacturonasa. De acuerdo con Oliveira (2014), la acidez titulable (AT) aumenta a medida que el pH disminuye con la maduración de los frutos al desarrollar películas a base de almidón de mandioca aplicadas en papaya. Por su parte, López Enríquez, Cuatin Ruano, Andrade y Osorio Mora (2016) indicaron que la aplicación de biofilms no solamente limita la pérdida cuantitativa de agua, sino que también se relaciona con la apariencia del fruto (arrugamiento), la textura y la calidad nutricional; los resultados de esta investigación coinciden con este planteamiento. Perdonés, Sánchez-González, Chiralt y Vargas (2012) indicaron que una de las funciones del uso del biofilm es mantener la vida útil mediante la disminución de la pérdida de peso, la preservación del color, el aroma, el sabor y el valor nutricional de los alimentos

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la investigación mostraron que el tratamiento con almidón de mandioca al 3% conservó las propiedades en términos de reducción de la pérdida de peso, mejor apariencia externa e índice de color de la cáscara, respecto al control, durante el período de almacenamiento.

Los tratamientos donde se utilizó el biofilm resultaron ser las mejores alternativas para la conservación de la papaya

durante el almacenamiento. El biofilm retardó los cambios en variables fisicoquímicas como: pérdida de masa fresca (PMF), redujo los valores de sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable (AT) y mejoró la apariencia externa, con lo cual se mantiene la calidad del fruto hasta por 16 días. Por lo tanto, el recubrimiento comestible se convierte en una alternativa de conservación de papayas, retardando el proceso de senescencia del fruto

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Sancti Spíritus y al proyecto Agrofuturo por el financiamiento del estudio y a la estructura productiva que nos aportó los frutos. Agradecen también a los revisores pares y a los editores de esta revista por sus comentarios, que ayudaron a mejorar este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aghdam, M. S., Sevillano, L., Flores, F. B., & Bodbodak, S. (2013). Heat shock proteins as biochemical markers for postharvest chilling stress in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 160, 54-64.

Barros, W. K. F. C., de Castro Carvalho, F. L., Barbosa Júnior, L. B., De Sousa, R. R., Cardoso Veras, F. H., Da Silva Sousa, P. H., e De Souza Lobo, R. F. (2019). Utilização De Revestimentos Alternativos Na Conservação Pós-Colheita De Mamão ‘Sunrise Solo’. *Agri-Environmental Sciences*, 5.

Carvalho, A. V., é Lima, L. C. O. de (2000). Modificações de componentes da parede celular e enzimas de kiwis minimamente processados submetidos ao tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e CaCl2. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22(3), 386-390.

Carvalho, C. D., Kist, B. B., Santos, C. D., Treichel, M., é Filter, C. F. (2017). *Anuário brasileiro da fruticultura*. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 88 p.

- Castricini, A. (2009) Aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de mamões (Carica papaya L.) Golden. (2009) (Tese Doutorado em Fitotecnia) Instituto de Agronomia Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/tede/555>
- Fernandes Chitarra, M. I. e Bosco Chitarra, A. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio* (Vol. 1). Lavras: Universidade Federal de Lavras (UFLA).
- López Enríquez, D. F., Cuatin Ruano, L. Y., Andrade, J. C., y Osorio Mora, O. (2016). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (Physalis peruviana L.). *Acta agronómica*, 65(4), 326-333.
- Ferregueti, G. (2006). Produção de mamão para o mercado externo e interno. *Campo Grande: Caliman Agrícola SA*.
- Hewajulige, I. G. N., Sivakumar, D., Sultanbawa, Y. & Wijesundara, R. L. C. (2006). Effect of chitosan coating of postharvest life of Papaya (Carica papaya L.) var Rathna grown in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 18.
- Instituto Adolfo Lutz (I.A.L.) (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Secretaria de Estado da Saúde, Instituto Adolfo Lutz
- Kathiresan, S., & Lasekan, O. (2019). Effects of glycerol and stearic acid on the performance of chickpea starch-based coatings applied to fresh-cut papaya. *CyTA-Journal of Food*, 17(1), 365-374.
- Nunes, A. C. D., Neto, A. F., Nascimento, I. K., de Oliveira, F. J., & Mesquita, R. V. C. (2017). Armazenamento de mamão'formosa'revestido à base de fécula de mandioca. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(1), 254-263.
- Oliveira, T. A. (2014). *Desenvolvimento de filmes à base de fécula de mandioca e aditivos naturais e sua aplicação na conservação de mamão* (Doctoral dissertation, Tese (Mestrado)–Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 111f).
- Pego, J., Ambrósio, M., Nascimento, D., Fachi, L. R., e Krause, W. (2015). Conservação pós-colheita de mamão 'sunrise solo'com revestimento comestível a base de fécula de mandioca. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21).
- Perdones, A., Sánchez-González, L., Chiralt, A., & Vargas, M. (2012). Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest biology and technology*, 70, 32-41.
- Pereira, M. E. C., Silva, A. S. D., Bispo, A. S. D. R., Santos, D. B. D., Santos, S. B. D., e Santos, V. J. D. (2006). Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*, 30, 1116-1119.
- Sasaki, F. F. C., Pereira, M. E. C., de Moraes, P. L. D., de Almeida, G. V. B., Terao, D., Oster, A. H., e Cerqueira, T. S. (2018). Manejo pós-colheita e desenvolvimento de tecnologias para aplicação em pós-colheita para redução do uso de agrotóxicas em mamão. *Simpósio do papaya brasileiro, Vitória. ES*.
- Zucchini, N. M., Miranda, M., Bresolin, J., Foschini, M. e Ferreira, M.(2017). Avaliação do potencial de coberturas nanoestruturadas de cera de carnaúba na conservação pós-colheita de mamão. En *Anais da 9ª Jornada Científica Embrapa São Carlos*, 26 e 27 de Outubro de 2017. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste e Embrapa Instrumentação