

# ESTUDIO DE LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS EN "IV GAMA" CON LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO BIODEGRADABLE-ACTIVO

AROCA, KARLA; REGALADO, ORNELLA; ACOSTA, SANDRA\*

Escuela Superior Politécnica del Litoral. ESPOL, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Grupo BIOEM, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral. P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

## Resumen

Muchas frutas tratadas con Gamma IV presentan problemas de pardeamiento enzimático debido a la acción de la polifenol oxidasa, es el caso del banano de seda (*Musa acuminata Gros Michel*) y de la manzana local "Emilia" (*Malus communis*). En este trabajo se estudiaron los efectos de la aplicación de una película biodegradable con ácido cítrico añadido. La película se hizo utilizando materiales locales tales como almidón de yuca y gelatina bovina en una dispersión de sólidos totales al 2% con una proporción de almidón - proteína de 50:50, usando glicerol como plastificante; También se añadió ácido cítrico a la dispersión en una proporción de 10% (p / p) (R / AC-10%) y una relación de 15% (p / p) (R / AC - 15%). La fruta sin piel y cortada en rodajas se revistió por aspersión con la dispersión preparada, a continuación la fruta recubierta en rodajas sin piel se almacenó a 12°C. Después de 24 horas el fruto almacenado se caracterizó por parámetros de calidad tales como, humedad, °Brix, textura, color, índice de oxidación, contenido de vitamina C, acidez. Además, el fruto fue sometido a un análisis microbiológico para asegurar su inocuidad, asegurando que es seguro para consumo. Los resultados demostraron que la película biodegradable no tiene ningún efecto sobre la calidad de la fruta, además se alcanzaron los mejores resultados cuando se utilizó la película biodegradable R / AC10% debido a que retrasa un

15% el pardeamiento enzimático al aplicar la fórmula del índice de oxidación, con respecto al control. Además, la fruta mostró mejores características organolépticas en el análisis sensorial.

**Palabras clave:** almidón de yuca, banano de seda, gelatina de bovino, manzana nacional Emilia, recubrimiento comestible.

## APPLICATION OF ACTIVE BIODEGRADABLE COATING ON "IV GAMA" FRUITS

### Abstract

Many fruits treated with Gamma IV show problems of enzymatic browning due to the action of polyphenol oxidase, it is the case of silk-banana (*Musa acuminata Gros Michel*) and the local apple "Emilia" (*Malus communis*). In this work it has been studied the effects of applying a biodegradable film with added citric acid. The film was made using local materials such as cassava starch and bovine gelatin in a 2% total solids dispersion with a 50:50 starch - protein ratio, using glycerol as plasticizer; also, citric acid was added to the dispersion in 10% (w/w) ratio (R/AC -10%), and 15% (w/w) ratio (R/AC- 15%). The skinless and sliced fruit was sprinkle-coated with the made dispersion, then the skinless-sliced-coated fruit was stored at 12°C. After 24 hours the stored fruit was characterized for quality parameter such as, moisture, °Brix, texture, color, oxidation index, vitamin C content, acidity. Furthermore, the fruit was subjected to microbiological analysis to assure its innocuity, making sure it is safe to consume. The results shown that the biodegradable

\*Correspondencia: \*Acosta Sandra Teléfono: +(593) 991872695/4-2269355 . e-mail: cacosta@espol.edu.ec.

film does not have any effect on the fruit quality, in addition the best results were reached when using the R/AC10% biodegradable film due to it retards 15% the enzymatic browning, when applying the oxidation index formula, with respect to the control. Furthermore, the fruit shown better organoleptic characteristics in the sensorial analysis.

**Keywords:** cassava starch, silk banana, bovine gelatin, national Emilia apple, edible coating.

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de nuevas tecnologías en la conservación de frutas responde a la necesidad de cumplir con las exigencias del mercado, de que éstas sean saludables y mínimamente procesadas. Al momento de adquirir los productos encontramos diferentes tratamientos para su consumo, siendo la IV gama una de las que más agrada a los consumidores, pues es cuando las hortalizas y frutas frescas están limpias, peladas, troceadas y listas para el consumo. Estos alimentos deben cumplir con el objetivo de conservar sus características nutritivas y sensoriales, que es lo que espera el consumidor y es aquí donde nos enfrentamos a uno de los más grandes problemas de calidad que es inactivar enzimas, con el fin de evitar la reacción de pardeamiento enzimático (oscurecimiento) producida por los compuestos fenólicos que contiene los frutos y que dan lugar a la pérdida de calidad. [1] En este trabajo se eligieron 2 frutas típicas del Ecuador, como son el banano de la especie *Musa acuminata Gros Michel* y la manzana nacional Emilia de la especie *Malus communis*, de bajo valor económico y de producción todo el año, que sufren de pardeamiento enzimático al ser cortadas, por la acción de las polifenoloxidasas, lo que ocasiona que deban ser consumidas de inmediato.

El banano tiene en Ecuador una producción de aproximadamente 7 millones de toneladas métricas por año. De este valor, más del 70% de toneladas producidas son exportadas y el resto es consumo local. El consumo del banano se hace fresco en razón de que esta fruta sufre de cambios fisiológicos en la post cosecha, que inician con un aumento de la intensidad de la respiración y pérdida de peso, que refleja en el incremento en la oxidación de la fruta, acelerando el proceso de maduración. En cuanto a los cambios químicos, el de mayor importancia es la hidrólisis del almidón, y el incremento de los ácidos

cítrico, málico y oxálico que se producen durante la maduración, también hay un incremento de los compuestos fenólicos en la pulpa, que aparecen cuando se la corta y se expone al oxígeno del ambiente, dando mal aspecto y determinando su tiempo de vida útil. [2-4]

En cuanto a la manzana, el total de la producción local es de 4.000 toneladas anuales y se espera que en los próximos años se incremente la producción. [5] Las manzanas una vez cosechadas sufren un incremento en la tasa de respiración, con la consecuente pérdida de peso de la fruta; todos estos cambios se reflejan a nivel intracelular, incrementando la actividad enzimática y el consecuente ablandamiento de la fruta. [6-8] En cuanto a los cambios químicos, los ácidos orgánicos como el málico, decrecen con la maduración. Además los compuestos fenólicos que aparecen por la acción de las enzimas, limitan su vida útil. [9,10]

Una vez que las frutas son peladas y cortadas, en la pulpa inicia el proceso de oxidación enzimática, por lo que su consumo debe ser inmediato, antes de perder las condiciones óptimas, por lo que la aplicación de películas o recubrimientos se considera como una tecnología alternativa y respetuosa con el medio ambiente, con la expectativa de conservación e incremento del tiempo de vida útil. La aplicación del recubrimiento sobre la fruta busca retrasar la migración de vapor de agua, oxígeno, evitar el ingreso de gases y otros compuestos que deterioren el alimento, además de cubrirlas para evitar el ataque de microorganismos o daños en su superficie. Estos recubrimientos de origen natural y comestibles pueden ser elaborados a partir de polisacáridos, proteínas, lípidos etc., a las que se puede incorporar compuestos como: antioxidantes, agentes antimicrobianos, colorantes, aromas, vitaminas, hormonas y nutrientes para transformarlas en recubrimientos matrices con características de activos. [11-13]

En el presente trabajo se elaboró un recubrimiento a partir de la mezcla de almidón de yuca y gelatina, adicionándole ácido cítrico al 5% (R/AC-5%) y al 10% (R/AC-10%), para que adquiriera propiedades de activo y se espera que una vez colocado el recubrimiento por aspersión sobre las rodajas de fruta (banano y manzana) en IV Gama, se retarde la reacción de pardeamiento enzimático y contribuya

a la extensión de la vida útil a temperatura de refrigeración (12°C) antes de ser consumidas; siendo el objetivo general analizar el resultado obtenido con el recubrimiento biodegradable-activo, en qué porcentaje de ácido cítrico se obtienen los mejores resultados retrasando el pardeamiento.

## II. METODOLOGÍA

### 1. Materias primas

El almidón de yuca es de origen Ecuador, marca La Pradera. La gelatina de bovino utilizada fue de marca Merck de 240°Blom. El Glicerol utilizado como agente plastificante fue de marca Merck. El ácido cítrico utilizado fue de grado reactivo 99,5% de pureza de la marca Scharlau. Los bananos utilizados para el experimento fueron de la variedad Seda (*Musa acuminata Gros Michel*) y de grado de madurez entre 3 a 4 (pintón, ligeras líneas verdes) y de un peso promedio de 200 g, las manzanas utilizadas para el experimento fueron de la variedad nacional Emilia (*Malus communis*) y de grado de madurez 3 (amarilla y 1/3 de vetas rojas) y un peso promedio de 160 g. Ambas frutas fueron compradas a un mayorista en el mercado de abastos de Montebello en Guayaquil en septiembre y octubre del mismo origen.

### 2. Elaboración del recubrimiento biodegradable activo

**Dispersión de gelatina de origen bovino.** Se realizó una dispersión, calentándola en placa calefactora a 80°C durante 30 minutos con agitación constante.

**Dispersión de almidón de yuca.** Se realizó una dispersión, calentándola en un baño maría (Thermo Scientific, 18902A, Alemania) a ebullición por 30 minutos con agitación constante.

Se dejaron enfriar las dos dispersiones al 2% de sólidos totales hasta aproximadamente  $40 \pm 5^\circ\text{C}$  se procedió a mezclarlas en la proporción 50:50, se adiciono 30% de glicerol como plastificante (p/p) y finalmente el ácido cítrico al 5% o al 10% p/p, luego se homogenizó a 12.400 rpm por 4 minutos (Ultra-Turrax Blue IKA- T25).

#### Método de aplicación del recubrimiento

Los bananos y las manzanas fueron pelados y cortados en rodajas de 1,5 cm de espesor como se observa en la Fig. 1 y Fig. 2. Luego el recubrimiento

fue aplicado por aspersión (Aspersor manual por spray) sobre las frutas unas con el R/AC-5% y otras con R/AC-10%. Se repitió este procedimiento por dos ocasiones, dejando secar cada vez que se adicionó, utilizando para ello aire frío a 6°C., y una vez seca, la fruta fue guardada en refrigeración para los análisis de calidad a dos tiempos inicial (Ti= recién aplicado el recubrimiento y Tf = a las 24 horas guardadas en refrigeración). También se cortó fruta a la que no se le aplicó el recubrimiento, trozos que fueron analizados como muestras de control.



Fig. 1 Corte del banano



Fig. 2 Corte de la manzana

### 3. Pruebas de calidad

**3.1 Humedad.** El método de análisis utilizado fue el gravimétrico con la medición de la pérdida de peso con estufa de vacío, empleando una balanza analítica con tres dígitos de precisión Universal Memmert (b200.0310 modelo SM-200. Alemania). Los análisis se realizaron por duplicado.

**Procedimiento:**

Los recipientes son previamente secados en estufa y enfriados. Posteriormente se coloca entre 2-3 g de muestra que previamente habrá sido pelada y licuada. Las muestras se llevan a la estufa de vacío a  $66 \pm 2$  °C por 24 horas. Una vez enfriadas a la temperatura ambiente en desecador, son pesadas hasta peso constante. El contenido en agua de la muestra se calcula por diferencia de peso y se expresa en % de humedad (g de H<sub>2</sub>O/100 g de muestra) *ver Ec. 1:*

Ec. 1

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{P_0 - P_f}{P_0} \times 100\%$$

En donde:

P0: Peso de cápsula + varilla + arena + muestra húmeda.

Pf: Peso de cápsula + varilla + arena + muestra seca.

P0: Peso de la muestra húmeda.

**Sólidos solubles.** El método de análisis fue el *Official Methods of Analysis* AOAC 18th 932.14C. Se utilizó un Refractómetro de Abbé, que reporta en grados Brix, colocando una gota de la muestra pelada y licuada. Los análisis se realizaron por duplicado. Los valores no pueden ser menores a 21° Brix para los bananos y de 6° Brix para la manzana, lo que indica que están aptos para consumo.

**Medición de la firmeza o textura.** Se utilizó un texturómetro CT Brookfield®, la manzana se cortó en pedazos de 28 mm de grosor y el banano de 15 mm de grosor sin piel. Los gráficos nos indican la cantidad de fuerza (N) necesaria para deformar la superficie de la pulpa a una velocidad constante de 0,5 mm/s durante 30 segundos. El punzón utilizado fue el TA 41 de 6,5mm para evaluar el banano y el punzón TA 44 de 4mm para evaluar la manzana. Los análisis se realizaron por duplicado.

**Cambio de coloración.** Se realizó observaciones cada 15 minutos, a las frutas en refrigeración a 12°C. Se utilizó el sistema de coordenadas CIE L\*a\*b\* por el programa *Work with Color. Color Converter*. [14]

**Índice de oxidación (IO).** Se aplicó las Ec. 2 y 3 para determinar el índice de oxidación en las muestras, durante el periodo de almacenamiento desde las 0 horas hasta las 24 horas. Los análisis se realizaron por duplicado. El método fue utilizado por otros investigadores a partir de las coordenadas de CIE L\*a\*b\*. Aplicando la comparación directa por el método de coordenadas CIE L\*a\*b\*. [15]

Ec. 2

$$IO = \frac{100(x - 0,31)}{0,17}$$

Ec. 3

$$x = \frac{(a + 1,75 L)}{5,645 L + (a - 3,012 b)}$$

En donde:

L: Coordenada L\* luminosidad

a: Coordenada a\* saturación

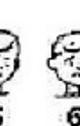
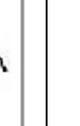
b: Coordenada b\* brillo

**Evaluación sensorial.** La prueba aplicada fue la de aceptación/rechazo, que mide preferencias con nivel de agrado o desagrado usando la escala hedónica de 7 niveles, se realizó a 30 personas para cada fruta de ambos sexos entre 18 y 25 años estudiantes universitarios que consumen fruta con regularidad. La tabla se muestra en la Fig. 3.

**EVALUACIÓN SENSORIAL**

Edad: \_\_\_\_\_ Género: Femenino ( ) Masculino ( )

DEGUSTE LAS SIGUIENTES MUESTRAS DE **MANZANA / BANANO** E IDENTIFIQUE LA QUE MÁS LE GUSTE Y COLOQUE EN LA TABLA EL NÚMERO QUE LE CORRESPONDA A SU EVALUACIÓN.

						
1	2	3	4	5	6	7
ME GUSTA EXTREMAMENTE	ME GUSTA BASTANTE	ME GUSTA LIGERAMENTE	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME DISGUSTA LIGERAMENTE	ME DISGUSTA BASTANTE	ME DISGUSTA EXTREMAMENTE

MUESTRAS	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES:
Z4X9		_____
N724		_____

Fig. 3 Hoja de evaluación sensorial

**Acidez.** Se aplicó el *Official Methods of Analysis* AOAC 19th 942.15A. Donde se determinó la acidez total por titulación con un álcali normalizado, con fenoltaleína como indicador. Los resultados se expresan en porcentaje de ácido cítrico. Los análisis se realizaron por duplicado Aplicando la norma mexicana NMX-F-102-S-1978, que indica un valor máximo de 0,50% para banano y 0,58% para manzanas. [16]

**Contenido de vitamina C.** Se aplicó el método MMQ-HPLC-07 de volumetría de óxido-reducción y valoración con el 2,6 diclorofenolindofenol hasta cambio de color a rosado. Los resultados se dan en mg/100 g de muestra. Los análisis se realizaron por duplicado. Los valores en la Norma mexicana NMX-

F-102-S-1978 indican valores no menores de 8,7 mg/100 g para el banano y 4,6 mg/100 g para las manzanas. [17]

**Microbiología.** Se aplicó normas vigentes

a) Coliformes totales. Se utilizó el método *Official Methods of Analysis* AOAC 19th 991.14, se basa en la prueba de Eijkman modificada para detectar la fermentación de la lactosa con producción de gas. Para esta técnica se utilizó el medio de cultivo caldo verde brilla y se encubo a 37°C por 48 horas [18]

b) Mohos y levaduras. Se utilizó el método *Official Methods of Analysis* AOAC 19th 997.02, se determinó la presencia o ausencia. Para este ensayo se utilizó el medio agar PDA y se encubo a 30°C por 5 días. [19]

c) Aerobios mesófilos. Se utilizó el método *Official Methods of Analysis* AOAC 19th 966.23, este método se basa en el conteo de la cantidad de microorganismos por gramo o por centímetro cúbico de alimento. Para este ensayo se utilizó el medio agar nutritivo (PCA) y se encubó a 37°C por 3 días [20, 21]

**Método de análisis estadístico.** Se usó el software Minitab® 17.1.0. Se compararon los tratamientos y el control de las variables con un nivel de confianza del 95%, y con un análisis de varianza (ANOVA). Se determinó diferencias significativas con un valor  $p \leq 0.05$ . Los resultados estadísticos en las tablas se dan: (a, b, c, diferentes superíndices dentro de una columna indican diferencias significativas entre recubrimientos para un mismo tiempo de almacenamiento.) (x, y, diferentes superíndices entre dos columnas indican diferencias significativas entre los diferentes tiempos de almacenamiento para un mismo recubrimiento).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1.1 Humedad

Los datos de humedad se realizaron en la pulpa del banano a Ti (0 horas) y Tf (24 horas), S/R y con R/AC-5% y R/AC-10%, los resultados obtenidos se muestran en Tabla 1, los resultados indican que no existe diferencia significativa entre el control y los recubrimientos a Tf, lo que indica que la fruta no perdió turgencia.

Para las manzanas los resultados obtenidos en humedad indican que existen diferencias significativas a Tf entre los tratamientos usados. Cabe indicar que con el R/AC-10% no se evidenció diferencias significativas en los dos tiempos de

control, lo que nos indica que con éste recubrimiento hubo una mejor protección de la manzana evitando la pérdida de agua, como se observa en la Tabla 1, así como también lo demostraron otros investigadores. [22]

**Tabla 1:** Porcentaje de pérdida de Humedad en banano y manzana S/R y con R/AC-5% y con R/AC-10% a dos tiempos de control.

	Humedad (%)			
	Banano (Ti)	Banano (Tf)	Manzana (Ti)	Manzana (Tf)
Control	76.04 (0.11) <sup>(a)(x)</sup>	74.35 (0.13) <sup>(a)(x)</sup>	87.35 (0.08) <sup>(a)(x)</sup>	84.22 (0.16) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	74.60 (0.68) <sup>(a)(x)</sup>	74.27 (0.43) <sup>(a)(x)</sup>	87.92 (0.04) <sup>(b)(x)</sup>	87.19 (0.15) <sup>(b)(y)</sup>
R/AC-10%	75.37 (0.53) <sup>(a)(x)</sup>	74.65 (0.61) <sup>(a)(x)</sup>	86.88 (0.04) <sup>(c)(x)</sup>	86.61 (0.05) <sup>(c)(x)</sup>

#### III.1.2 Sólidos solubles (°Brix)

En la medida de los grados °Brix, por los datos obtenidos en banano se evidenció que no existe diferencia significativa entre el control y los recubrimientos a un mismo tiempo de ensayo, pero si hay diferencias significativas entre el Ti y el Tf como se observa en la Tabla 2. Todos los bananos del ensayo terminaron a las 24 horas con valores alrededor de 24° Brix. Esto puede deberse al proceso de respiración de la fruta y la degradación del almidón en azúcares, coincidiendo con lo reportado por otros investigadores. [23,24]

Para los sólidos solubles en la manzana se encontró que a Ti, ninguno de los tratamientos presentó diferencias significativas, pero a Tf solo el control cambio, lo que nos indica que cualquiera de los tratamientos puede ser aplicado sin presentar valores anormales que indique deterioro de la fruta. Ninguna de las muestras de manzana con el recubrimiento superaron el valor cercano a 12° Brix, que presento la muestra control. En la Tabla 2, se observa en los datos obtenidos valores similares a los encontrados por otros investigadores que trabajaron con recubrimientos. [25]

**Tabla 2:** Sólidos solubles (°Brix) de banano y manzana S/R y con R/AC-5% y con R/AC-10% a dos tiempos de control.

	Sólidos Solubles			
	Banano (Ti)	Banano (Tf)	Manzana (Ti)	Manzana (Tf)
Control	20.10 (0.28) <sup>(a)(x)</sup>	24.00 (0.35) <sup>(a)(y)</sup>	9.75 (0.07) <sup>(a)(x)</sup>	11.35 (0.50) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	20.85 (0.35) <sup>(a)(x)</sup>	24.02 (0.07) <sup>(a)(y)</sup>	9.80 (0.14) <sup>(a)(x)</sup>	10.15 (0.21) <sup>(b)(x)</sup>
R/AC-10%	21.15 (0.21) <sup>(a)(x)</sup>	24.05 (0.07) <sup>(a)(y)</sup>	10.15 (0.07) <sup>(a)(x)</sup>	11.10 (0.14) <sup>(a)(x)</sup>

### 1.3 Firmeza

Por los resultados obtenidos en los bananos se puede observar que sí existen diferencias significativas entre el control y los tratamientos a Ti y a Tf y entre ellos como se muestra en la *Tabla 3*. Estos resultados indican que la firmeza disminuyó en los bananos con el tiempo, con el mismo comportamiento para los dos recubrimientos como ya fue demostrado por otros investigadores. El proceso de ablandamiento de las frutas puede ser explicado por el metabolismo de las paredes celulares de las plantas que aumentan con el tiempo, es el proceso de cambio estructural que ocurre durante la diferenciación y desarrollo en los órganos de las frutas que hace que la firmeza disminuya, demostrado también por otros investigadores. [23] También otros investigadores encontraron valores bajos 0.5N pero en bananos maduros Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) y los 14 días de almacenamiento, donde el tiempo puede ser el factor de la diferencia de valores. En trabajos con mango se encontró que los recubrimientos y sales antioxidantes adicionadas después del corte mejoraban la firmeza de la fruta. [26,33]

Según los datos encontrados para las manzanas sí existen diferencias significativas entre el control y los tratamientos a Ti y Tf y entre ellas como se muestra en la *Tabla 3*, estos resultados nos ayudan a determinar que los dos tratamientos tienen igual comportamiento, lo que nos indica que si se retardo la pérdida de firmeza, esto fue indicado por otros investigadores. [25,33]

**Tabla 3:** Firmeza en banano y manzana S/R y con R/AC-5% y con R/AC-10% a dos tiempos de control.

	Firmeza (N)			
	Banano (Ti)	Banano (Tf)	Manzana (Ti)	Manzana (Tf)
Control	8.23 (0.70) <sup>(a)(x)</sup>	2.87 (0.65) <sup>(a)(y)</sup>	20.22 (1.65) <sup>(a)(x)</sup>	3.12 (1.18) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	7.57 (0.32) <sup>(b)(x)</sup>	5.09 (0.37) <sup>(b)(y)</sup>	24.55 (0.44) <sup>(b)(x)</sup>	22.17 (1.00) <sup>(b)(y)</sup>
R/AC-10%	7.62 (0.46) <sup>(c)(x)</sup>	5.32 (0.48) <sup>(c)(y)</sup>	26.24 (0.74) <sup>(c)(x)</sup>	22.95 (0.94) <sup>(c)(y)</sup>

### 1.4 Color

Para el registro del cambio de color en el banano se midió la coordenada de luminosidad L\* y en la saturación a\* se encontró que no existe diferencia significativa a Ti entre recubrimientos y el control,

pero si hay diferencias significativas a Tf. Estos datos son similares a los encontrados por otros investigadores. [23] En la coordenada de brillo b\* no existen diferencias significativas a Ti entre el control y los recubrimientos, pero no hay diferencias significativas a Tf, también se puede observar que el control presentó cambios entre los tiempos de observación pero los tratamientos no. Como se observa en la *Tabla 4*, estos resultados indicaron que los recubrimientos que contienen ácido cítrico aplicado sobre los bananos, mantuvieron mayor luminosidad y brillo a Tf que el control, esto parece indicar que se perdió la intensidad del color con el tiempo independiente de la cantidad de ácido cítrico que contiene el recubrimiento, datos parecidos a los encontrados por otros investigadores. [23, 24]

**Tabla 4:** Coordenadas de color CIE L\*a\*b\* en bananos S/R Y con R/AC-5% y R/AC-10%, a dos tiempos.

Muestras	Coordenada L*	
	Ti	Tf
Control	87.17 (0.39) <sup>(a)(x)</sup>	86.00 (0.81) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	87.13 (0.31) <sup>(a)(x)</sup>	87.58 (0.52) <sup>(b)(x)</sup>
R/AC-10%	87.00 (0.21) <sup>(a)(x)</sup>	87.63 (0.48) <sup>(b)(x)</sup>
Muestras	Coordenada a*	
	Ti	Tf
Control	-0.67 (0.60) <sup>(a)(x)</sup>	-4.00 (0.84) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	-0.17 (0.58) <sup>(a)(x)</sup>	-2.50 (0.89) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-10%	-0.33 (0.78) <sup>(a)(x)</sup>	-3.50 (0.65) <sup>(a)(y)</sup>
Muestras	Coordenada b*	
	Ti	Tf
Control	54.83 (0.90) <sup>(a)(x)</sup>	66.83 (0.42) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	54.25 (0.87) <sup>(a)(x)</sup>	56.75 (0.83) <sup>(b)(x)</sup>
R/AC-10%	54.00 (0.58) <sup>(a)(x)</sup>	55.75 (0.51) <sup>(b)(x)</sup>

En cuanto a los cambios en la coloración para las manzanas se puede concluir por los datos obtenidos en la coordenada de luminosidad L\* que no existe diferencia significativa entre los recubrimientos a Ti, pero sí hay diferencias entre los dos recubrimientos a Tf. Para la coordenada de saturación a\* si hay diferencias significativas entre los recubrimientos y la fruta S/R a los dos tiempos. Con la coordenada b\* no se presentó variaciones entre los tratamientos, ni entre los tiempos. Estos resultados nos indican que con los R/AC-5% y con R/AC-10%, en las manzanas se mantuvo la luminosidad y el brillo a través del tiempo. Datos parecidos a los obtenidos por otros

investigadores, que indican que el procesamiento mínimo de la fruta afecta a la apariencia y disminuye la vida útil. [27,33] Otros investigadores encontraron que el uso de recubrimientos y antioxidantes colocado sobre fruta, dio como resultado ligeros cambios de color a los 12 días a 4°C. [34] Los datos obtenidos se observan en la *Tabla 5*.

**Tabla 5:**Coordenadas de color CIE L\*a\*b\* en manzanas S/R Y con R/AC-5% y R/AC-10%, a dos tiempos.

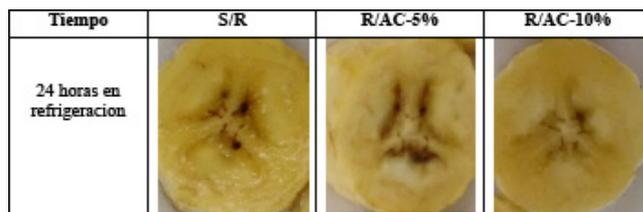
Coordenada L*		
Muestras	Ti	Tf
Control	82.25 (0.93) <sup>(a)(x)</sup>	86.92 (0.79) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	81.33 (0.98) <sup>(ab)(x)</sup>	80.50 (0.80) <sup>(b)(y)</sup>
R/AC-10%	84.25 (0.42) <sup>(ac)(x)</sup>	81.58 (0.22) <sup>(b)(y)</sup>
Coordenada a*		
Muestras	Ti	Tf
Control	4.50 (0.38) <sup>(a)(x)</sup>	-3.17 (0.24) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	5.00 (0.48) <sup>(ab)(x)</sup>	6.25 (0.36) <sup>(b)(y)</sup>
R/AC-10%	0.50 (0.82) <sup>(ac)(x)</sup>	4.92 (0.15) <sup>(c)(y)</sup>
Coordenada b*		
Muestras	Ti	Tf
Control	60.00 (2.19) <sup>(a)(x)</sup>	59.42 (1.55) <sup>(a)(x)</sup>
R/AC-5%	60.13 (2.00) <sup>(a)(x)</sup>	62.50 (1.90) <sup>(a)(x)</sup>
R/AC-10%	59.25 (0.49) <sup>(a)(x)</sup>	60.17 (0.38) <sup>(a)(x)</sup>

### 1.5 Índice de oxidación

Los valores obtenidos con la aplicación de la Ec. 2 y 3 con respecto a la reacción enzimática que se producen por la generación de pigmentación se muestra en la *Tabla 6*, por la aplicación del método de las coordenadas de CIE L\*a\*B\*. Donde se observa por los datos estadísticos obtenidos que no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos a Ti pero sí a Tf. En el análisis se puede establecer que los bananos S/R y los R/AC-5% presentaron mayor incremento en el índice de pardeamiento con respecto al banano con R/AC-10%, esto puede ser debido a la modificación del oxígeno disponible y cambios en la activación de la membrana celular, que modifican la actividad de la enzima polifenol-oxidasa y su contacto con los sustratos, datos similares a los encontrados por otros investigadores. [23,28,29]

En la Fig. 4, se muestra el pardeamiento de los bananos cortados y refrigerados a las 24 horas, donde se observa que a un mismo tiempo el % de pardeamiento en el área total de observación es

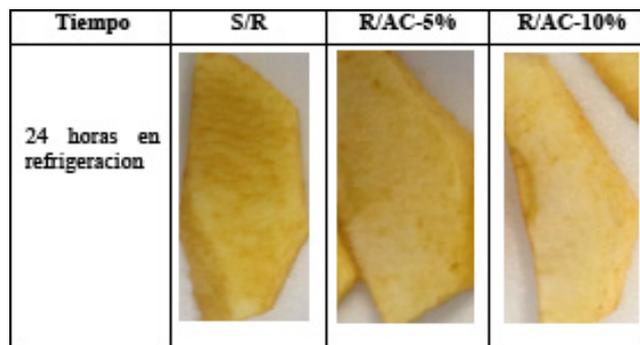
menor en los bananos con R/AC-10%, esto ya fue demostrado por otros investigadores que aplicaron recubrimientos en manzana [30]. Los valores obtenidos con la aplicación de la Ec. 2 y 3 con respecto a las manzanas y la reacción enzimática que se produce por la generación de pigmentación se muestra en la *Tabla 6*, donde se observa por los datos estadísticos que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y la manzana S/R. Al igual que con los bananos el R/AC-10% presentó valores más bajos y esto se verifica con lo observado y se muestra en la Fig. 5.



**Fig 4.** Oxidación en Banano S/R y con R/AC-5% y con R/AC-10% a las 24 horas.

**Tabla 6:** Índice de Oxidación en Banano y manzanas S/R y con R/AC-5% y con R/AC-10% a dos tiempos de control.

	Índice de Oxidación			
	Banano (Ti)	Banano (Tf)	Manzana (Ti)	Manzana (Tf)
Control	91.57 (16.24) <sup>(a)(x)</sup>	127.21 (17.95) <sup>(a)(y)</sup>	120.33 (21.65) <sup>(a)(x)</sup>	150.54 (17.16) <sup>(a)(y)</sup>
R/AC-5%	101.03 (17.04) <sup>(a)(x)</sup>	117.94 (19.10) <sup>(b)(y)</sup>	139.06 (20.96) <sup>(b)(x)</sup>	163.75 (19.76) <sup>(b)(y)</sup>
R/AC-10%	90.08 (4.82) <sup>(a)(x)</sup>	92.24 (4.97) <sup>(b)(x)</sup>	118.00 (20.47) <sup>(c)(x)</sup>	130.11 (20.22) <sup>(c)(y)</sup>



**Fig 5.** Oxidación en Manzana S/R y con R/AC-5% y con R/AC-10% a las 24 horas.

## 1.6 Evaluación sensorial

Al realizar la prueba hedónica para medir sabor, los consumidores dieron como resultado una vez aplicada la estadística los valores de varianza (F) de 0,47 para banano y 0,59 para las manzanas. Esto indica que no hay diferencias significativas entre los dos recubrimientos tanto para bananos como para manzanas en IV gama, aplicando para ellos los valores dados en la norma mexicana y la FAO. [16,17] Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 7.

Posteriormente, se calculó los diferentes valores de F mediante una prueba ANOVA de un solo factor, se estableció que no hay diferencia significativa entre

las muestras y se procedió a escoger la muestra ganadora mediante la media de aceptación. Para ello se tomó la que más se acerque al valor de 2, en la escala hedónica considerado como "me gusta bastante". Las muestras que correspondieron al R/AC-10%, la más cercana al valor, estos resultados fueron iguales para los bananos y manzanas en IV gama. Otros investigadores demostraron que en la evaluación sensorial de trozos de mango recubiertos con almidones frente a empaçado al vacío o en bolsas de diferentes plásticos, los trozos con recubrimiento biodegradable tuvieron mejor aceptación a los 24 días de almacenamiento refrigerado. [31]

**Tabla 7:** Tabla de diferencia significativa entre los tratamientos en evaluación sensorial de bananos.

Muestras	Nivel de confianza ( $\alpha$ )	(F)	Comparativo	Valores F de Fisher	Diferencia significativa entre los tratamientos
Banano	0.05	0.47	>	4.001	No
Manzana	0.05	0.59	>	4.034	No

## 1.7 Análisis químico y microbiológico

Los análisis químicos y microbiológicos se realizaron a Tf, (24 horas) una vez obtenido los resultados de la evaluación sensorial en las muestras con el R/AC-10%, tanto para los bananos y las manzanas, los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 8, dando como resultado que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites permitidos.

Los análisis microbiológicos se realizaron para los controles en levaduras, mohos y aerobios mesófilos los resultados obtenidos en los bananos y manzanas en IV gama, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP), lo que nos indica que el R/AC-10% fue una protección ante agentes microbianos, los valores pueden observarse en la Tabla 9.

**Tabla 8:** Parámetros químicos en banano y manzana en IV gama con R/AC-10% a las 24 horas.

Parámetros	Resultado Banano	Límite para Banano	Resultado Manzana	Límite para Manzana
Acidez %	0.34	0.50	0.48	0.58
Vitamina C mg/100g	8.0	8.7	4.1	4.6

**Tabla 9:** Resultados microbiológicos en banano y manzana en IV gama con R/AC-10% a las 24 horas.

Parámetros	Resultado Banano	Resultado Manzana	Límite máximo permitido (LMP)
Levaduras y Mohos UFC/g	6.0 x 10 <sup>2</sup>	1.0 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>
Aerobios Mesófilos UFC/g	3.2 x 10 <sup>4</sup>	3.8 x 10 <sup>4</sup>	15 x 10 <sup>4</sup>

#### IV. CONCLUSIÓN

Al recubrimiento biodegradable de almidón de yuca y gelatina de bovino al 2% de sólidos totales usando la proporción de 50:50, y como plastificante el glicerol al 30%, se le incorporo a esta matriz ácido cítrico al 5% y al 10% p/p, estas dispersiones fueron aplicadas por el método de aspersion sobre rodajas de banano y manzana en IV gama, y posteriormente almacenadas por 24 horas a temperatura de refrigeración, mostraron resultados positivos en la conservación de las frutas, evitando el oscurecimiento que se produce por acción de las polifenoloxidasas, mientras que las frutas sin recubrimiento iniciaron este proceso de oxidación enzimática a los 15 minutos de cortadas.

En las manzanas y bananas bañadas con los recubrimientos que contienen ácido cítrico, se observó que se retrasaron en su proceso de respiración, degradación y oxidación, lo que se relaciona con los valores obtenidos en contenido de vitamina C, sólidos solubles y acidez, mismos que se encuentran dentro de rango de aceptación para consumo, además en el parámetro de calidad, en la firmeza presentaron valores más altos que las muestras sin recubrimiento a tiempo final del ensayo (24 horas), siendo 88% más firme con el R/AC-10% y 77% con el R/AC-5% en los bananos, con un comportamiento mejor en las manzanas, donde a tiempo final solo perdieron entre el 6,5 con el R/AC-5% y 10% con el R/AC-10%, lo que relaciono directamente con los valores de color e índice de oxidación, donde se determinó que el recubrimiento con R/AC-10%, dio mayor protección contra su oscurecimiento. Con valores de alrededor del 20% menor que el control en el caso de las manzanas y alrededor del 40% menos oscurecimiento que el control de los bananos, siendo mejor el recubrimiento con esta fruta.

La estadística aplicada a los resultados del panel sensorial realizado para las frutas, indicó que no existe significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre ambos recubrimientos, aunque los panelistas fueron capaces de discriminar entre los tratamientos, encontrando que fue de mayor agrado la fruta con el R/AC-10%.

#### REFERENCIAS

[1] De Ancos B, GonzálezPeña D, Colina-Coca

C, Sánchez-Moreno C, USO DE PELÍCULAS/ RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LOS PRODUCTOS DE IV Y V GAMA. [Revista on-line]. 2015. [fecha de acceso 7 de septiembre de 2016]; 16(1): 8-17. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864002>.

[2] Mejía Gutiérrez LF. Evaluación del Comportamiento Físico y Químico Pos cosecha del Plátano Dominic Harton (*Musa Aab Simmonds*) Cultivado en el Municipio de Belalcazar (Caldas). [Tesis de Maestría]. Santa Fe Bogotá: Universidad Nacional De Colombia;2013.

[3] Pelissari FM, Grossmann MVE, Yamashita F, Pineda EAG. Antimicrobial, mechanical, and barrier properties of cassava starch-chitosan films incorporated with oregano essential oil. *J.Agric.Food Chem.* 2009;57(16): 7499-7504

[4] Quinde Z, Ullrich SE, Baik B-K. Genotypic variation in color and discoloration potential of barley-based food products. *Cereal Chem.* 2004;81(6): 752-8.

[5] Guerra M, Casquero PA. Evolución de la Madurez de Variedades de Manzana y Pera en Almacenamiento Frigorífico Conjunto con Absorbedor de Etileno [internet]. 2005. [citado el 6 de Sept. de 2016]; 16(4):11-16. Disponible desde: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642005000400003>

[6] Departamento de Agricultura-FAO. Gobierno de Chile: [internet]. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para América latina y el Caribe [citado el 6 de Sept. de 2016]. Disponible desde: <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055s02.htm>

[7] Verma LR, Joshi VK. Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: Handling, Processing, Fermentation and Waste Management. 1 st.ed. Nueva Deli-India. Indus Publishing Company; 2000.

[8] Rees D, Farrell G, Orchard J. Crop Post-Harvest: Science and Technology, Perishables. 1ra Edición. The University of Greenwich, U.K. 2012. Wiley-Blackwell; 2012.

[9] Cruz-Morfin R, Martínez-Tenorio Y, López-Malo A. Biopolímeros y su integración con polímeros convencionales como alternativa de empaque de alimentos. [internet]. 2013. [citado el 6 de Sept. de 2016]; 7(2): 42-52. Disponible desde: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Cruz-Morfin-et-al-2013.pdf>.

[10] Jiménez A, Fabra MJ, Talens P, Chiralt A. Edible and Biodegradable starch films: A review. *Food Bioprocess Technol.* 2012;5(6): 2058-2076.

[11] Saxena A, Bijay P, Kumar M. Shahi VK. Membrane-Based Techniques for the Separation and Purification of Proteins: An Overview, *Adv. Colloid*

Interface Sci. 2009;145(1-2): 1-22.

[12] Gil MI, Allende A, Martínez-Sánchez A. Factores que afectan al contenido de compuestos bioactivos en alimentos de IV Gama. En: libro de Ponencias: V Congreso Iberoamericano de Tecnología poscosecha y Agro exportaciones Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Colombia; Universidad de Cartagena; 2007.p.725-761.

[13] Romero Bonivento L, Estrada Berrocal Y. Elaboración de una película comestible a base de colágeno incorporado con nisina como agente antimicrobiano para reducir la pérdida de humedad y oxidación de las grasas en filetes de carne de cerdo en refrigeración. [tesis de grado]. Colombia. Universidad de Cartagena; 2011.

[14] Work with Color (2014). Color Converter. [database on the Internet]. USA. [cited 2015 Sept 6]. Available from: <http://www.workwithcolor.com/color-converter-01.htm>

[15] Maskan M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. J. Food Eng. 2001;48: 169-175.

[16] Dirección General de Normas FDA. Norma Mexicana NMX-F-102-S-1978. México. [internet]. Ciudad de México D.F., México. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. [citado el 6 de Sept. de 2016]. Disponible desde: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-102-S-1978.PDF>

[17] Shuep W. Análisis de vitaminas en alimentos. Editor Depósito de Documentos de la FAO. Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. Análisis de Vitaminas en Alimentos. USA. p.5-10

[18] NTE INEN 1529-8. Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E. Coli. [internet]. 1990. Disponible desde: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.8.1990.pdf>

[19] NTE INEN 1529-11. Control microbiológico de los alimentos mohos y levaduras viables. Detección. [internet]. 1978. Disponible desde: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.11.1998.pdf>

[20] Ministerio de Salud. Norma Peruana 362. Norma Sanitaria sobre criterios microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de consumo humano. [internet]. 1997. Disponible desde: <http://190.187.112.90/promamazonia/SBiocomercio/Upload/Lineas/Documentos/362.pdf>

[21] NTE INEN 1529-5. Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios Mesófilos. [internet]. 2006. Disponible desde: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1529.5.2006.pdf>

[22] Acosta S, Chiralt A, Santamarina P, Rosello J, González-Martínez Ch. Chafer M. Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. Food Hydrocolloids. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.05.008

[23] Márquez CJ, Palacín RJ, Fuentes L. Effect of cassava-starch coatings with ascorbic acid and N-acetylcysteine on the quality of harten plantain (*Musa paradisiaca*). [Revista on-line]. 2015. [Consultado 6 Septiembre 2016];68(2). Disponible en: DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v68n2.50985>

[24] Barco PL, Burabano AC, Medina M, Mosquera SA, Villada HS. Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*). [Revista on-line]. 2009. [Fecha publicación virtual: 2014-10-01 consultado: 25 de Agosto de 2016];7(2): 70-76. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n2/v7n2a10.pdf>

[25] López DF, Cuatin LY, Andrade JC, Osorio O. Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana L.*). [Revista on-line]. 2016 noviembre 30. [fecha de acceso 7 de septiembre de 2016]; 65(4): 326-333. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n4.50191>

[26] Molina R, Vicente AA, Aguilar CN. Advances in preservation of fruits and vegetables with bioactive coatings. [Revista on-line]. 2015. [consultado 7 de septiembre de 2016]; 33(2): 45-58. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1822/41595>

[27] Artes F, Castañer M, Gil MI. El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Food Sci. Technol. 1998;4(6): 377-389

[28] Maldonado Taipe NF. Desarrollo y estudio de un recubrimiento comestible a base de carragenina para piña de IV gama. [tesis pre-grado].Ecuador: Universidad Politécnica Nacional; 2016

[29] Pérez-Gago MB, Serra M, Del Río MA. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. Postharvest Biol. Technol. 2006;39(1): 84-92

[31] Dussán-Sarria S, Torres-León C, Hleap-Zapata J. Efecto de un recubrimiento comestible y de diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de mango Tommy Atkins mínimamente

procesado. [Revista on-line]. 2014. [Consultado 6 Septiembre 2016];25(4). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000400014>

[32] Chiumarelli, M. y Hubinger M., Stability, Solubility, Mechanical and Barrier Properties of Cassava Starch-Carnauba Wax Edible Coatings to Preserve Fresh-cut Apples. *Food Hydrocolloids* 28 (1), 59-67 (2012).

[33] Siddiq M, Sogi D.S., Dolan K.D. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes as affected by different pre-treatments. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.01.017>

[34] Robles- Sánchez R., Rojas-Grau M.J., Odriozola-Serrano I., González-Aguilar G., Martin-Belloso O. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.021>