

Efecto de recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite de tomillo aplicado al pimiento (*Capsicum annuum*)*

Effect of coating of starch from cassava modified and thyme oil applied to the pepper (*Capsicum annuum*)

Diana Yamile Ordoñez Bolaños¹, Danyely Zuñiga Camacho², José Luis Hoyos Concha³, Silvio Andrés Mosquera Sánchez^{4§} y Lyda Patricia Mosquera Sánchez⁵

¹Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Las Guacas. Popayán, Cauca, Colombia. (dianita.o@hotmail.com). ²Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Las Guacas. Popayán, Cauca. (manyecz@hotmail.com). ³Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Las Guacas. Popayán, Cauca. Calle 5 Núm. 4-70. (jlhoyos@unicauca.edu.co). ⁴Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Las Guacas. Popayán, Cauca. Tr 9A Núm. 57N-370. (smosquera@unicauca.edu.co). ⁵Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Las Guacas. Popayán, Cauca. Cra 1 E No. 8A-55. (pms22@gmail.com). [§]Autor para correspondencia: smosquera@unicauca.edu.co.

Resumen

El pimiento (*Capsicum annuum*) tiene gran potencial agroindustrial debido a sus propiedades nutricionales y composicionales pero es susceptible al deterioro por sus condiciones de manipulación que ocasionan pérdidas de calidad del producto y disminución de su valor comercial, razón por la cual se evaluó el efecto de un recubrimiento de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) modificado y aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) sobre la pérdida de peso, firmeza, tasa de respiración, color de la epidermis y crecimiento bacteriano bajo condiciones ambientales de Popayán (Cauca, Colombia) a 1 880 msnm, temperatura media de 18 °C y humedad relativa de 77.75%. Se aplicó un diseño en bloques completamente al azar con cinco tratamientos y tres réplicas: T1: muestra testigo, T2: 4% almidón y sin aceite, T3= 4% almidón y 500 ppm de aceite, T4= 4% almidón y 1 000 ppm de aceite y T5= 4% almidón y 2 000 ppm aceite, agregando además 2% (v/v) de glicerina y 0.02% de Tween 80. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza seguido de una prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$). La aplicación del recubrimiento resultó en cambios significativos en las propiedades de barrera del producto en menores pérdidas de peso y de firmeza y así como

Abstract

The pepper (*Capsicum annuum*) has great agro-industrial potential due to its nutritional and compositional properties but is susceptible to deterioration by their handling conditions that cause loss of product quality and decrease its market value, which is why the effect was evaluated a coating of starch from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) modified and essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) on weight loss, firmness, respiration rate, skin color and bacterial growth under ambient conditions of Popayan (Cauca, Colombia) to 1 880 m, average temperature of 18 °C and relative humidity of 77.75%. T3= 4% starch and 500 ppm of oil, T4= 4% starch and 1 000 ppm of 4% starch and without oil: a design was applied in a randomized complete block with five treatments and three replications: T1: control sample, T2 oil and T5= 4% starch and 2 000 ppm oil, plus adding 2% (v/v) glycerol and 0.02% Tween 80. Results of an analysis of variance followed by Tukey test ($\alpha=0.05$) were subjected. Applying the coating resulted in significant changes in the barrier properties of the product and less weight loss of firmness and deterioration as well as decrease. T3, T4 and T5 treatments were more effective in determining the variables evaluated.

* Recibido: febrero de 2014
Aceptado: mayo de 2014

disminución del deterioro. Los tratamientos T3, T4 y T5 fueron los más eficaces en la determinación de las variables evaluadas.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, *Thymus vulgaris*, *Manihot esculenta* Crantz, maduración.

Introducción

Situación del sector colombiano. El cultivo de frutas, hortalizas y plantas aromáticas y medicinales es escaso para abastecer el mercado local y la demanda internacional (por el bajo nivel de asociatividad de los productores, la dispersión en la producción (1 a 1.5 ha), volatilidad en los precios, resistencia de los agricultores al cambio y la penetración de nuevas tecnologías y deficiente manejo pos cosecha, sin embargo, el sector experimenta una tasa de crecimiento del área cosechada y del volumen de producción superior al 8% en productos que representan 92% de la producción nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012) cuya economía se ha caracterizado por el crecimiento de las importaciones 8.4% anual y disminución de las exportaciones 15% anual (Asociación Hortofrutícola de Colombia, 2012), mientras que en el entorno local el mercado se ha incrementado y ampliado desde los centros de abasto hasta los supermercados, siendo el departamento líder en área y volumen cosechados Cundinamarca con el 28% del total, en tanto que el Cauca participa con 4% en área y 1% en volumen, ubicándose entre los 8 más representativos (Asociación Hortofrutícola de Colombia, 2012).

Los criterios de calidad del pimentón son: forma y tamaño apropiadas, coloración brillante, de paredes gruesas y firmes, libre de daños y con el cáliz y pedúnculo de un color verde fresco y turgente (Fernández *et al.*, 1997), propiedades afectadas por inadecuado manejo durante y después de la cosecha causando deshidratación que se manifiesta en flacidez, marchitamiento, pérdida de peso y aparición de *Alternaria*, *Erwinia carotovora*, *Fusarium* y *Botrytis cinerea* (Carrasco, 2002).

Producción de almidón de yuca. La producción de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia es de aproximadamente 10.460 t año, 69.9% de las cuales son de almidón agrio y 30.1% de almidón nativo, renglón en el que el Departamento del Cauca participa con 27.2% ubicándose entre los cinco primeros (Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca, 2012). El almidón es una excelente materia prima para cambiar la textura y consistencia de los alimentos y su funcionalidad depende del

Keywords: *Capsicum annuum*, *Thymus vulgaris*, *Manihot esculenta* Crantz, maturation.

Introduction

Colombian sector. Cultivation of fruits, vegetables and medicinal and aromatic plants is insufficient to supply the local market and international demand (for the low level of association of producers, the dispersion in output (1 to 1.5 ha), price volatility, farmers resistance to change and the penetration of new technologies and poor post-harvest handling, however, the sector experienced a growth rate of harvested area and production volume of more than 8% in products that represent 92% of national production (Ministry of Agriculture and Rural Development, 2012) whose economy has been characterized by the growth of imports and 8.4% annual decline in exports 15% annually (Horticultural Association of Colombia, 2012), while in the locale market has increased and expanded from supply centers to supermarkets, being the department leader in harvested area and volume, Cundinamarca with 28% of the total, while the Cauca participates in area with 4% and 1% by volume, ranking among the 8 most representative (Horticultural Association of Colombia, 2012).

The quality criteria of paprika are appropriate shape and size, bright color, thick and solid walls, free of damage and the calyx and peduncle of a fresh green and turgid, affected properties (Fernández *et al.*, 1997.) Improper handling during and after harvest onset of dehydration causing flaccidity, wilting, weight loss and appearance of *Alternaria*, *Erwinia carotovora*, *Fusarium*, and *Botrytis cinerea* (Carrasco, 2002).

Production of cassava starch. The production of cassava starch (*Manihot esculenta* Crantz) in Colombia is approximately 10 460 t year, 69.9% of which are sour starch and 30.1% of native starch, wherein the line del Cauca Department participates with 27.2% ranking among the first five (Regional Centre for Productivity and Innovation del Cauca, 2012). Starch is an excellent raw material to change the texture and consistency of the food and their functionality depends on the molecular weight of the amylose and amylopectin as well as the molecular organization of these within the granule, which can be modified for property desirable for the water retention, enhance stability, improve mouthfeel and sheen, to gel, disperse or opacifiers (Montes *et al.*, 2008).

Application of coatings. On Colombia has not developed the coating industry from natural sources they may have, such as starch which is a tropical biodegradable, edible and

peso molecular de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos dentro del gránulo, la cual puede ser modificada para obtener propiedades deseables para la retención de agua, aumentar la estabilidad, mejorar la sensación al paladar y el brillo, gelificar, dispersar o conferir opacidad (Montes *et al.*, 2008).

Aplicación de recubrimientos. En Colombia no se ha desarrollado la industria de recubrimientos a partir de fuentes naturales que mantengan, como por ejemplo el almidón tropical que es un polímero biodegradable, comestible y abundante, que actúa como barrera contra gases y lípidos, mejora la textura, se adhiere fácilmente a la superficie del producto y permite estabilidad durante el embarque y almacenamiento (Acosta *et al.*, 2007). Otros componentes usados son los aceites esenciales que son mezclas de compuestos aromáticos solubles en alcohol y poco solubles en agua que se caracterizan por su actividad antimicrobiana, por ejemplo, extractos de romero al 0.03% más oxígeno puro y quitosano en peras cortadas (Xiao *et al.*, 2010), de tomillo al 0.1% y de limón mexicano al 0.5% en papayas almacenadas (Bosquez *et al.*, 2010), aceite y extracto de *Salvia pisidica* como antioxidantes y antimicrobianos (Ozkan *et al.*, 2010), aceites de los géneros *Origanum* (orégano), *Thymus vulgaris* (tomillo) y *Cinnamomum verum* (canela) (Acevedo *et al.*, 2010).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del recubrimiento de almidón modificado de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) sobre la pérdida de peso, desarrollo del color, textura, tasa de respiración y crecimiento microbiano del pimiento bajo condiciones ambientales predominantes en la zona de estudio.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en los laboratorios de microscopía electrónica, microbiología y la planta piloto de vegetales de la Universidad del Cauca, ubicados en Popayán (Cauca, Colombia) a 1 880 msnm, temperatura media de 18 °C y humedad relativa de 77.75%.

Almidón de yuca modificado. Variedad SM 707-17 modificado enzimáticamente con alpha amylasa *Bacillus amyloliquefaciens* Ban 240 L (Sigma Aldrich), con grado de modificación de 10% de dextrosa equivalente (DE).

filling polymer, which acts as a barrier against gases and lipids, improves texture, attaches easily to the surface of the product and allows stability during shipment and storage (Acosta *et al.*, 2007). Others used components are essential oils which are mixtures of aromatic compounds soluble in alcohol and slightly soluble in water are characterized by their antimicrobial activity, for instance extracts of rosemary at 0.03% pure oxygen and sliced pears chitosan (Xiao *et al.*, 2010), 0.1% of thyme Mexican lime and 0.5% in stock papayas (Bosquez *et al.*, 2010), oil and extract of *Salvia pisidica* as antioxidants and antimicrobials (Ozkan *et al.*, 2010), oils of the genera *Origanum* (Oregano), *Thymus vulgaris* (thyme) and *Cinnamomum verum* (cinnamon) (Acevedo *et al.*, 2010).

The objective of the research was to evaluate the effect of modified starch coating cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) on weight loss, development of color, texture, respiration rate and microbial growth of pepper under prevailing environmental conditions in the study area.

Materials and methods

The research was conducted in the laboratory of electron microscopy, microbiology and pilot plants at the Universidad del Cauca plant, located in Popayan (Cauca, Colombia) at 1880 meters above sea level, average temperature of 18 °C and relative humidity of 77.75%.

Cassava modified starch. Variety SM707-17 amended with alpha amylase enzyme *Bacillus amyloliquefaciens* Ban 240 L (Sigma Aldrich), with modification degree of 10% dextrose equivalent (DE).

Plant material. Coming from the El Diviso at St. Mary Township Timbío Vereda (Cauca, Colombia).

Inputs thyme essential oil with purity of 99% as an antimicrobial agent; glycerin with purity of 99.9% as plasticizer (Amaya *et al.*, 2010.) Tween 80 which confers stability to the emulsions and improve coating adhesion (Dantas and Silva, 2010).

The procedures followed were:

Isolation of macro and microscopic identification of *Alternaria* and *Fusarium*. Seed pepper samples and incubation for 5-7 days at 28 °C (Rivas, 2011) were incubated,

Material vegetal. Proveniente de la finca El Diviso en la Vereda Santa María del Municipio de Timbío (Cauca, Colombia).

Insumos. Aceite esencial de tomillo con pureza de 99% como agente antimicrobiano; glicerina de con pureza 99.9% como agente plastificante (Amaya *et al.*, 2010); Tween 80 que confiere estabilidad a las emulsiones y mejora la adhesión del recubrimiento (Dantas y Silva, 2010).

Los procedimientos seguidos fueron:

Aislamiento e identificación macro y microscópica de *Alternaria* y *Fusarium*. Se incubaron muestras de pimiento para siembra e incubación por 5-7 días a 28 °C (Rivas, 2011), luego se observaron la textura, topografía y color del anverso y reverso de las colonias usando microscopía óptica de alta resolución. Para la determinación del efecto fungicida del aceite sobre *Alternaria* y *Fusarium* se definieron 4 tratamientos variando la concentración de aceite esencial de tomillo (T1= 0 ppm, T2= 500 ppm, T3= 1 000 ppm y T4= 2 000 ppm) (Soto *et al.*, 2006).

Acondicionamiento de la hortaliza

Selección. Se seleccionaron 220 pimientos en grado de madurez 3 (Figura 1), enteros, firmes, sanos, libres de daños físicos, mecánicos, fisiológicos o fitopatológicos, limpios y de aspecto fresco.

Limpieza y desinfección. Se lavaron con agua potable y se sumergieron en solución de Tego 51 al 0.5%-1% durante 15 min para desinfección y se secaron.

Preparación del recubrimiento. Se mezclaron 4% de almidón de yuca, 2% (v/v) de glicerina y 0.02% Tween 80 con aceite esencial de tomillo según los tratamientos (cuadro 1); se llevó a baño María entre 65 y 70 °C/15 min y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente (Barco *et al.*, 2011).

Aplicación del recubrimiento. Los pimientos se recubrieron por inmersión durante 30 seg, se secaron a temperatura ambiente y se almacenaron.

Diseño experimental. En bloques completamente al azar, donde los bloques fueron los días de evaluación, con tres replicas por tratamiento y variación en la concentración de aceite esencial de tomillo. Las mediciones se realizaron durante 17 días, a la misma hora (8 am) bajo condiciones

then texture, topography and color the front and back of the observed colonies using high-resolution optical microscopy. In order to determine the effect of the oil fungicide on *Alternaria* and *Fusarium* 4 treatments were defined by varying the concentration of essential oil of thyme (T1= 0 ppm, T2= 500 ppm, 1 000 ppm= T3 and T4= 2 000 ppm) (Soto *et al.*, 2006).

Conditioning of the vegetable

Selection. 220 S and peppers in selected maturity 3 (Figure 1), whole, firm, healthy, free from physical, mechanical, physiological or plant disease, clean and fresh looking.

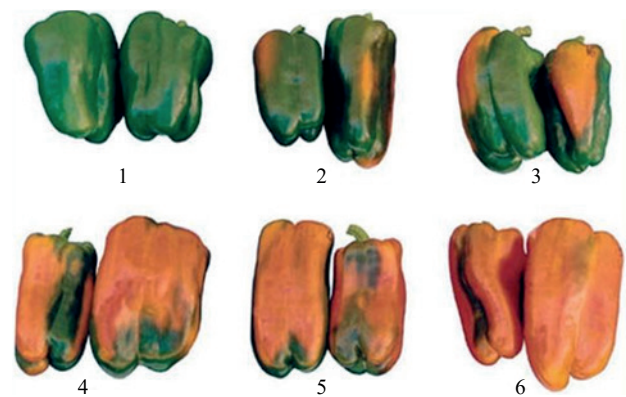


Figura 1. Tabla de color por estados de madurez para clasificar el pimentón.

Figure 1. Chart color to classify maturity stages of paprika.

Cleaning and disinfection. We washed with water and immersed in a solution of 0.5% Tego 51 -1% for 15 min for disinfection and dried.

Preparation of coating. 4% cassava starch, 2% (v/v) glycerol and 0.02% Tween 80 with thyme essential oil were mixed according to the treatments (Table 1); bath was between 65 and 70 °C/15 min and allowed to cool to room temperature (Boat *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Concentración de almidón y de aceite esencial usados en los tratamientos.

Table 1. Starch concentration of essential oil and used in the treatments.

Tratamiento	Concentración de almidón	Concentración de aceite (ppm)
T1	0%	0
T2	4%	0
T3	4%	500
T4	4%	1 000
T5	4%	2 000

ambientales de Popayán y los resultados se sometieron a análisis de varianza por el método de Tukey con una probabilidad 95%, empleando el programa estadístico SPSS versión 17. Se consideraron las siguientes variables:

Pérdida de peso promedio. Se registró el peso de las muestras durante el tiempo y se obtuvo la pérdida con la siguiente expresión (Barco *et al.*, 2011):

$$PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: PP= pérdida de peso promedio; P_i = peso inicial; P_f = peso final.

Tasa de respiración. Se empleó un respirómetro que captura el CO_2 liberado por el pimiento y permite expresar la intensidad de respiración en $\text{mg CO}_2 \text{ kg h}$ (Achipiz *et al.*, 2013) así:

$$I.R = \frac{(V_b - V_m) * N * 22 * 60}{W * t} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde: V_m = volumen de ácido oxálico para titulación de la muestra (mL); V_b = volumen de ácido oxálico para titulación del blanco (mL); N = normalidad del ácido oxálico (meq/L); 22= peso miliequivalente del CO_2 (g/meq); 60= factor de conversión para el tiempo (min h); t = tiempo de barrido (min); W = peso de la muestra (g).

Firmeza. Con la máquina universal de ensayos penetrando sobre la zona ecuatorial del material vegetal a una velocidad de celda de 5 mm/min.

Color de la cáscara. Mediante registro fotográfico usando el programa MATLAB® para procesar las imágenes obtenidas (Barco *et al.*, 2011).

Crecimiento microbiano. Se aislaron pequeños trozos de las muestras con intervalos de 4 días para incubarlas y hacer seguimiento fotográfico para determinar macro y microscópicamente el momento de aparición de los organismos.

Resultados y discusión

Los pimientos de T1 se evaluaron hasta el día 12 y los de T2 (con almidón) hasta el 14 debido al deterioro de tejidos y a la contaminación microbiana, mientras que los de T3, T4 y T5 se mantuvieron en buenas condiciones de calidad comercial hasta el día 17.

Coating. Peppers were dipped coated for 30 seconds, dried at room temperature and stored.

Experimental design. In randomized block, where the blocks were testing days, with three replicates per treatment and variation in the concentration of essential oil of thyme. Measurements were made for 17 days, at the same time (8:00 am) under ambient conditions of Popayan and the results subjected to analysis of variance by the Tukey method with a 95% probability, using SPSS version 17. The following variables were considered:

Average weight loss the weight of the samples was recorded during the time and the loss to the following expression (Barco *et al.*, 2011.) was obtained:

$$PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Where: PP= average weight loss; P_i = initial weight; P_f = final weight.

Breath rate. using a breath-ohmmeter that captures the CO_2 released by the pepper and allows expressing the intensity of respiration in $\text{mg CO}_2 \text{ kg h}$ was used as well (Achipiz *et al.*, 2013).

$$I.R = \frac{(V_b - V_m) * N * 22 * 60}{W * t} \quad (\text{Ec. 2})$$

Where: V_m = volume of oxalic acid for sample titration (mL), V_b = volume of oxalic acid for titration of blank (mL), N = normality of oxalic acid (meq/L); 22= meq weight of CO_2 (g/meq); 60 = conversion factor for time (min h) t = sweep time (min), W = weight of sample (g).

Firmness. With universal testing machine, penetrate on the equatorial zone of the plant material at the rate of cell of 5 mm/min.

Shell color. Through photographic record using the MATLAB® program to process the images obtained (Barco *et al.*, 2011).

Microbial growth. Bits of samples at intervals of 4 days to incubate were isolated and photographic make up to determine macro and microscopically the time of appearance of organisms.

Pérdida de peso. Se fue incrementando debido a factores ambientales que activaron la transpiración y el marchitamiento, siendo menos notorio en los pimientos recubiertos debido a las propiedades de barrera del recubrimiento (Achipiz *et al.*, 2013). El Anova del día 12 (Cuadro 2) arrojó diferencias significativas ($p < 0.05$) y la prueba de Tukey generó dos grupos: el primero con T1 y el segundo con T2, T3, T4 y T5 cuyas pérdidas de peso fueron similares y menores que los frutos sin recubrir (Figura 2). El Anova de los días 14 y 17 (Cuadro 2) no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos indicando que el aceite esencial no incidió sobre la pérdida de peso, siendo el almidón de yuca el causante de la barrera semipermeable al vapor de agua.

Results and discussion

T1 peppers were evaluated until day 12 and T2 (starch) to 14 due to tissue damage and microbial contamination, while T3, T4 and T5 were maintained in good condition to commercial grade 17th.

Weight loss. Was increasing due to environmental factors and activated wilting perspiration, being less noticeable in peppers coated due to the barrier properties of the coating (Achipiz *et al.*, 2013). The Anova day 12 (Table 2) showed significant differences ($p < 0.05$) and Tukey's test

Cuadro 2. Resultados del análisis de varianza (Anova).

Table 2. Results of analysis of variance (ANOVA).

	Suma cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig
Resultados pérdida de peso día 12					
Entre grupos	145.208	4	36.302	11.924	0.001
Dentro del grupo	30.443	10	3.044		
Total	175.651	14			
Resultados pérdida de peso día 14					
Entre grupos	0.039	3	0.013	3.731	0.061
Dentro del grupo	0.028	8	0.004		
Total	0.067	11			
Resultados tasa de respiración día 12					
Entre grupos	1290361.215	14	322590.304	442.838	0.000
Dentro del grupo	7284.611	10	728.461		
Total	1297645.826	14			
Resultados tasa de respiración día 14					
Entre grupos	82138.718	3	27379.906	190.261	0.000
Dentro del grupo	1151.259	8	143.907		
Total	83290.977	11			
Resultados tasa de respiración día 17					
Entre grupos	254.240	2	127.120	22.830	0.002
Dentro del grupo	33.408	6	5.568		
Total	287.648	8			
Resultados firmeza día 8					
Entre grupos	34.410	4	8.603	36.929	0.000
Dentro del grupo	2.329	10	0.233		
Total	36.740	14			
Resultados firmeza día 17					
Entre grupos	0.034	2	0.017	5.320	0.047
Dentro del grupo	0.019	6	0.003		
Total	0.054	8			
Resultados porcentaje de color día 8					
Entre grupos	46.992	4	11.748	7.863	0.004
Dentro del grupo	14.941	10	1.494		
Total	61.933	14			

Cuadro 2. Resultados del análisis de varianza (Anova) (Continuación).
Table 2. Results of analysis of variance (ANOVA) (Continuation).

	Suma cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig
Resultados porcentaje de color día 12					
Entre grupos	5.063	4	1.266	1.551	0.261
Dentro del grupo	8.163	10	0,816		
Total	13.226	14			
Resultados porcentaje de color día 17					
Entre grupos	0.008	2	0.004	1.187	0.368
Dentro del grupo	0.020	6	0.003		
Total	0.028	8			

Estudios reportan que un recubrimiento con 4% de almidón de yuca en tomate retardó la pérdida de peso (4.64%) frente al testigo (8.44%) después de 22 días (Barco *et al.*, 2011), mientras que en guayaba el recubrimiento con 4% almidón más cera de carnauba y aloe vera fue el más efectivo, en razón a que perdió 22.21% de peso respecto a la muestra testigo con 40.13% luego de 18 días (Achipiz *et al.*, 2013).

Tasa de respiración. Las muestras alcanzaron el pico climatérico en el día 4 y a partir del 5 se observó una disminución gradual en la tasa de respiración porque las células mueren y no hay consumo de O₂ para convertirlo en CO₂ (Achipiz *et al.*, 2013). Con la determinación del área bajo la curva se obtuvo la tasa de respiración acumulada, encontrando que los pimientos sin recubrir se desarrollaron más rápidamente (11 333 mg CO₂ kg h) que los recubiertos (T2 con 1 0231 mg CO₂ kg h) y los adicionados de almidón y aceite (T3, T4 y T5 con 9 738, 9 597 y 9 538 mg CO₂ kg h), debido a que la respiración requiere como sustrato el oxígeno que se ve disminuido por la barrera física que ejercen los recubrimientos contra gases y vapor de agua (Márquez *et al.*, 2009).

El Anova para los días 12 y 14 (Cuadro 2) arrojó diferencias significativas ($p < 0.05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula (H₀) indicando que la aplicación del recubrimiento incidió sobre la tasa de respiración; se aplicó la prueba de Tukey que para el día 12 ordenó los tratamientos en tres grupos: el primero con la muestra testigo (T1) con menor intensidad respiratoria y deterioro rápido de tejidos por proliferación de microorganismos, el segundo con T2 y el último con T3, T4 y T5. Para el día 14 se generaron dos grupos, el primero con T2 y el segundo con T3, T4 y T5, indicando que el aceite esencial de tomillo incidió sobre la tasa de respiración debido a que posee propiedades antimicrobianas y antioxidantes (López *et al.*, 2012).

generated two groups: the first with T1 and the second with T2, T3, T4 and T5 whose weight losses were similar and lower than the uncoated fruit (Figure 2). The Anova of 14 and 17 (Table 2) showed no significant differences ($p > 0.05$) between treatments indicating that the essential oil did not affect the loss of weight, the cassava starch causing the vapor barrier semipermeable water.

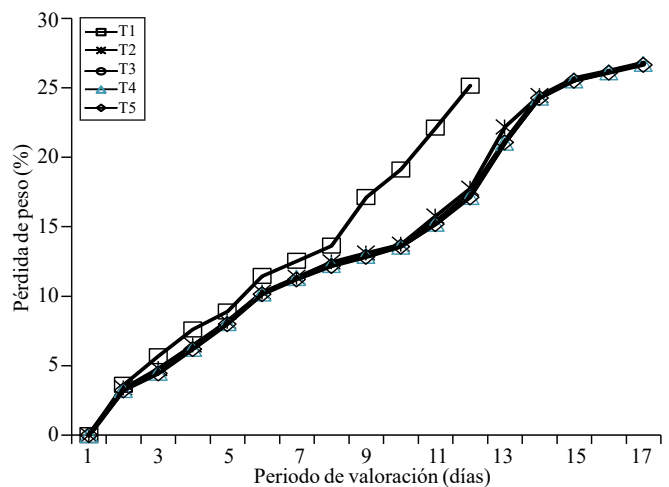


Figura 2. Pérdida de peso (%) del pimentón durante el periodo de valoración bajo condiciones ambientales.

Figure 2. Loss of weight (%) of paprika during the measurement period under ambient conditions.

Studies report that a coating with 4% cassava starch in tomato slowed weight loss (4.64%) compared to the control (8.44%) after 22 days (Barco *et al.*, 2011), while in the lining with guava 4% starch plus carnauba wax and aloe vera was the most effective, because he lost weight 22.21% relative to the control sample with 40.13% after 18 days (Achipiz *et al.*, 2013).

Respiration rate. Samples reached the climacteric peak on day 4 and 5 from a gradual decrease in respiration rate was observed because the cells die and no consumption of O₂ to

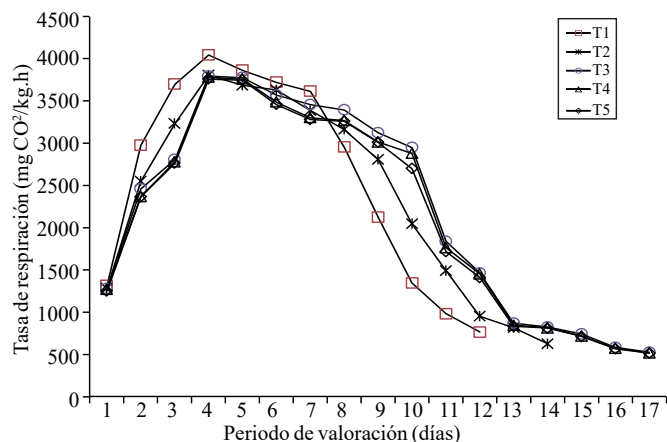


Figura 3. Comportamiento de la tasa de respiración (mg CO₂ kg h) del pimentón durante el tiempo de valoración bajo condiciones ambientales.

Figure 3. Behavior respiration rate (mg CO₂ kg h) of paprika during the time of valuation under ambient conditions.

El Anova para el día 17 (Cuadro 2) mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) para T3, T4 y T5 y se aplicó la prueba de Tukey que generó dos grupos: el primero con T4 y T5 y el segundo con T3, indicando que la combinación de almidón y aceite de tomillo mejoró las propiedades de barrera a los gases y su actividad antimicrobiana, efecto reportado en fresas con quitosano (2%) y aceite esencial (0.1%) que aporta hidrofobicidad y permite unir los lípidos contenidos en la membrana de los hongos, ocasionando trastornos en su estructura y permeabilidad, dando así lugar al escape de iones y otros componentes intracelulares (López *et al.*, 2012) que pueden disminuir la intensidad respiratoria.

Firmeza. Disminuyó en todos los tratamientos aunque no predominó un patrón (Figura 4). El Anova para el día 8 (Cuadro 2) arrojó diferencias significancias ($p < 0.05$), por lo cual se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la hipótesis alterna (H_a) que indica que la aplicación del recubrimiento incidió sobre la firmeza; la prueba de Tukey generó dos grupos: el primero con T1 y 2.69 N y el segundo con T2, T3, T4 y T5 con 6.01 N, 6.49 N, 6.33 N y 6.85 N respectivamente, indicando que el recubrimiento disminuyó la pérdida de firmeza al actuar como barrera ante el oxígeno (Pérez *et al.*, 2010), fenómeno relacionado con la disminución de la tasa de respiración encontrada en los tratamientos con recubrimiento.

El Anova para el día 17 (Cuadro 2) no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) indicando que la variación de la firmeza fue similar en el transcurso de los días de evaluación

convert CO₂ (Achipiz *et al.*, 2013). With the determination of the area under the curve the accumulated respiration rate was obtained and found that the peppers uncoated developed more rapidly (11 333 mg CO₂ kg h) that the coated (T2 with 1 0231 mg CO₂ kg h) and the added starch oil (T3, T4 and T5 with 9 738, 9 597 and 9 538 mg CO₂ kg h), because the breathing requires oxygen as substrate is diminished by the physical barrier coatings exert against gases and water vapor (Márquez *et al.*, 2009).

The ANOVA for 12 and 14 (Table 2) showed significant differences ($p < 0.05$), so the null hypothesis (H_0) indicating that the application of the coating had an impact on the rate of respiration was rejected; Tukey test for 12th that ordered treatments was applied in three groups: the first with the control sample (T1) with lower respiratory rate and rapid deterioration of tissues by growth of microorganisms, the second and the last T2 T3, T4 and T5. By day 14, both groups were generated, with the first and the second T2, T3, T4 and T5, indicating that the essential oil of thyme had an impact on the rate of breathing because it has antimicrobial and antioxidant properties (López *et al.*, 2012).

The ANOVA for 17 (Table 2) showed significant differences ($p < 0.05$) for T3, T4 and T5 and the Tukey test we generated two groups was applied: the first with T4 and T5 and the second with T3, indicating that the combination of starch and thyme oil improved barrier properties to gases and their antimicrobial activity, effect reported in strawberries with chitosan (2%) and essential (0.1%), giving hydrophobicity and allows joining the oil contained in the membrane lipids fungi, causing disturbances in the structure and permeability, thus giving rise to the escape of ions and other intracellular components (López *et al.*, 2012) which can decrease the respiration rate.

Firmness. Decreased in all treatments but not predominant pattern (Figure 4). The Anova for day 8 (Table 2) showed significances differences ($p < 0.05$), so the null hypothesis (H_0) is rejected and the alternative hypothesis (H_a) that indicates that the application of the coating had an impact on the firm accepted; Tukey test generated two groups: the first with T1 and 2.69 N and the second T2, T3, T4 and T5 with 6.01 N, 6.49 N, 6.33 N and 6.85 N respectively, indicating that the coating decreased the loss of firmness act as a barrier to oxygen (Pérez *et al.*, 2010) relating to the decrease in respiration rate found phenomenon coating treatments.

y que la concentración de aceite en los tratamientos T3, T4 y T5 no influyó sobre la fuerza ante la compresión de los pimientos, indicando que la concentración de almidón es inversamente proporcional a la pérdida de firmeza.

Color. La disminución del color verde en los pimientos fue notoria, partiendo de un porcentaje de color verde entre 56.1 y 57.55 y finalizando entre 11.17 % y 11.56 % el día 17.

Los resultados mostraron diferencias significativas para el día 8 ($p < 0.05$) (Cuadro 2) indicando que el recubrimiento incidió sobre la pérdida de color y la prueba de Tukey generó dos subconjuntos: el primero con T1 y el segundo con T2, T3, T4 y T5. El ANOVA para los días 12 y 17 (Cuadro 2) no observó diferencias significativas ($p > 0.05$) indicando que el recubrimiento no incidió sobre la pérdida de color, conllevando a la desaparición de los pigmentos clorofilicos y la aparición progresiva de carotenoides cetónicos de coloración roja, resultados similares a los obtenidos por Carrasco *et al.* (2002) en pimientos verdes recubiertos con carboximetilcelulosa y ácido esteárico, en pimientos recubiertos con proteína de suero, caseinato de sodio, glicerol y emulsión de cera de abejas a 10 °C durante 20 días (Lerdthanangku y Krochta, 2006).

Inhibición de *Alternaria* y *Fusarium*. Las muestras de T1 y T2 tuvieron presencia de *Alternaria* y *Fusarium* a los 12 y 14 días respectivamente, las de T3 el día 16 posiblemente porque la concentración no fue suficiente, y en las de T4 y T5 no se observó debido a que el principal compuesto fenólico encontrado en el aceite es el carvacrol que penetra la membrana celular causando una desestabilización y pérdida de ATP (entre otros componentes intracelulares) que causan la muerte del hongo (Hassani *et al.*, 2012) en concentraciones superiores a 1 000 ppm (Soto, 2006).

Los aceites esenciales de tomillo y orégano en concentraciones de 5 000 y 1 0000 ppm respectivamente redujeron el desarrollo de la enfermedad en tomate inoculados con *B. cinerea* y *A. arborescens* (Plotto *et al.*, 2003) y para controlar *R. stolonifer* y *E. coli DH5a* a temperaturas entre 12 y 25 °C (Ramos *et al.*, 2010). De igual manera, la adición 3% de aceite esencial de limón mejoró la actividad antifúngica del recubrimiento de quitosano en frío (5 °C) en fresas inoculadas con una suspensión de esporas de *Botrytis cinerea* (Perdones *et al.*, 2012) y el recubrimiento compuesto de quitosano y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) demostró la eficacia de la aplicación de un, sobre el crecimiento de *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger* en la superficie de uvas (*Vitis labrusca L.*) (Timoteo *et al.*, 2012).

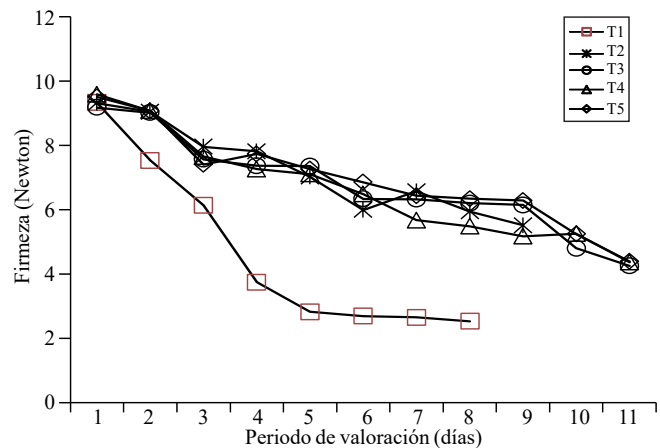


Figura 4. Comportamiento de la firmeza (Newton) del pimentón durante el periodo de valoración bajo condiciones ambientales.

Figure 4. Behavior firmness (Newton) of paprika during the measurement period under ambient conditions.

The ANOVA for 17 (Table 2) showed no significant differences ($p > 0.05$) indicating that the variation in firmness was similar during the days of assessment and that the oil concentration in the T3, T4 and T5 did not affect the compression force against the peppers, indicating that the starch concentration is inversely proportional to the loss of firmness.

Color. Decreased in green peppers was notorious, from a percentage of green between 56.1 and 57.55 and between 11.17% and ending 11.56% on day 17.

The results showed significant differences for day 8 ($p < 0.05$) (Table 2) indicating that the coating had an impact on the loss of color and the Tukey test generated two subsets: the first and the second T1 with T2, T3, T4 and T5. ANOVA for days 12 and 17 (Table 2) found no significant differences ($p > 0.05$) indicating that the coating did not impact on the loss of color, leading to the disappearance of chlorophyll pigments and the gradual emergence of carotenoids ketone red color, similar to those obtained by Carrasco *et al.* (2002) results coated green peppers carboxymethylcellulose and stearic acid, in peppers coated whey protein, sodium caseinate, glycerol and beeswax emulsion at 10 °C for 20 days (Lerdthanangku and Krochta, 2006).

Inhibition of *Alternaria* and *Fusarium*. Samples T1 and T2 had the presence of *Alternaria* and *Fusarium* at 12 and 14 days, respectively, those of T3 on 16 possibly because the concentration was not enough, and the T4 and T5 was not observed because the main phenolic compound found

Conclusiones

La aplicación del recubrimiento de almidón modificado de yuca y aceite esencial de tomillo en concentraciones de 1 000 y 2 000 ppm permitió prolongar la vida pos cosecha del pimentón al retardar la pérdida de peso, firmeza y color, así como el deterioro por acción de microorganismos, incrementando de esta manera el tiempo de comercialización.

El aceite esencial de tomillo no incidió sobre la pérdida de peso, de firmeza y de color pero si lo hizo sobre la aparición de contaminación microbiana y sobre la tasa de respiración al ejercer un efecto de barrera en combinación con el almidón de yuca modificado que aporta buenas propiedades contra la migración de vapor de agua, resultados que motivan la obtención de aceites esenciales y almidón a partir de materiales encontrados en la región.

La aplicación del recubrimiento es una alternativa viable desde el punto de vista técnico pero presenta interrogantes en lo referente a la viabilidad económica debido a que el proceso de modificación del almidón no se encuentra estandarizado y no se han calculado los costos del mismo, lo que significa un reto en trabajos próximos teniendo en cuenta la importancia del sector en la economía nacional y la disponibilidad de materia prima de diversas fuentes vegetales.

Agradecimientos

Los autores(as) agradecen a la Universidad del Cauca por facilitar los recursos necesarios para alcanzar los objetivos trazados en el proyecto, y al profesor Leonairo Pencué por sus valiosos aportes.

Literatura citada

- Acevedo, E.; Borboa, J.; Cruz, M.; García, J.; Ortega, M.; Ponce, J. y Rueda, E. 2010. Evaluación de la actividad antibacteriana *in vitro* de aceites esenciales contra *clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis*. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora. Sonora, México. 539-547 pp.
- Acosta, H.; Villada, H. S. y Grass, J. F. 2007. Caracterización fisicoquímica, térmica y microscópica del almidón nativo y agrío de yuca en Colombia. Universidad del Cauca. Primera edición. Popayán, Cauca, Colombia. 94 p.

in oil is carvacrol penetrating the cell membrane causing destabilization and loss of ATP (among other intracellular components) that kill the fungus (Hassani *et al.*, 2012) in concentrations above 1 000 ppm (Soto, 2006).

The essential oils of thyme and oregano in concentrations of 5 000 and 10 000 ppm, respectively reduced the development of disease in tomato inoculated with *B. cinerea* and *A. arborescens* (Plotto *et al.*, 2003) and to control *R. stolonifer* and *E. coli* DH5a at temperatures between 12 and 25 °C (Ramos *et al.*, 2010). Similarly, adding 1 to 3% of lemon oil improved antifungal activity chitosan coating cold (5 °C) in strawberries inoculated with a spore suspension of *Botrytis cinerea* (Perdones *et al.*, 2012) and chitosan coating compound and essential oil of oregano (*Origanum vulgare* L.) demonstrated the effectiveness of the application of a, on the growth of *Aspergillus niger* and *Rhizopus stolonifer* surface grape (*Vitis labrusca* L.) (Timothy *et al.*, 2012).

Conclusions

The application of the coating of modified cassava starch and thyme essential oil at concentrations of 1 000 and 2 000 ppm allowed prolong the postharvest life of paprika to slow weight loss, firmness, color, and deterioration by microorganisms, thereby increasing the time to market.

Thyme essential oil did not impact on weight loss, firmness and color but if it did on the occurrence of microbial contamination and the rate of respiration in exercising a barrier effect in combination with modified cassava starch which provides good properties against water vapor migration, motivating results obtaining essential oils and starch from materials found in the region.

The application of the coating is a viable alternative from the technical point of view but raises questions regarding the economic viability because the starch modification process is not standardized and costs have not been calculated, which means a challenge in future work taking into account the importance of the sector in the national economy and the availability of raw materials from various plant sources.

End of the English version



- Achípez, S. M.; Castillo, A. E.; Mosquera, S. A.; Hoyos J. L. y Navia, D. P. 2013. Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajaba*). Colombia. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. 10:71-79.
- Amaya, P.; Peña, L.; Mosquera, A.; Villada, H. y Villada, D. 2010. Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Colombia. Dyna. 77(162):6773.
- Asociación Hortofrutícola de Colombia (ASOHOFRUCOL). 2012. In: IV congreso nacional hortofrutícola. Bogotá, Colombia 3, 4, 12 p.
- Barco, L.; Burbano, A.; Mosquera, S.; Villada, H. y Navia, D. 2011. Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca (*Monihot esculenta* Crantz) modificado sobre la maduración del tomate de mesa bajo condiciones ambientales. Colombia. Rev. Lasallista de Investigación. 8(2):96-103.
- Bosquez, E.; Ronquillo-De Jesús, E.; Bautista, S.; Verde, J. R. and Morales, J. 2010. Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. Postharvest Biol. Technol. 57(2):132-137.
- Carrasco, E.; Villarreal, M. y Cisneros, L. 2002. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad sensorial de pimentones verdes (*Capsicum annum* L.) durante el almacenamiento. Venezuela. Ar. Latinoam. Nut. 52(1):84-89.
- Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca. 2012. Asociatividad: factor clave para el fortalecimiento de la cadena productiva de la yuca en el Cauca. http://crepic.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=287:asociatividad-factor-clave-para-el-fortalecimiento-de-la-cadena-productiva-de-la-yuca-en-el-cauca&catid=1:noticias&Itemid=29.
- Dantas, T. e Silva, H. 2010. Development of a new propolis microemulsion system for topical applications. Rev. Bras. Farmacognosia. 20(3):368-375.
- Fernández, J.; Liverotti, O. y Sánchez, G. 1997. Manejo pos cosecha de pimiento. Control de calidad de frutas y hortalizas. Corporación del Mercado Central de Abastos de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 6-8 p.
- Hassani, A.; Fathi, Z.; Ghosta, Y.; Abdolahi, A.; Meshkatsadat, M. H. and Marandi, R. J. 2012. Evaluation of plant essential oils for control of postharvest brown and gray mold rots on apricot. J. Food Saf. 32(1):94-101.
- Lerdthanangkul, S. and Krotcha, J. 2006. Edible coating effects on postharvest quality of green bell peppers. J. Food Sci. 61(1):176-179.
- López, M.; Ruiz, S.; Navarro, C.; Ornelas, J.; Estrada, M.; Gassos, L. y Rodrigo, J. 2012. Efecto de recubrimientos comestibles de Quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. México. Rev. Cienc. Biol. Salud. 14(1):33-41.
- Márquez, C.; Cartagena, J. y Pérez, M. 2009. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). Colombia. Vitae. 16(3):304-310.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2012. Congreso general Asohfrucol. Medellín, Colombia. 53 p.
- Montes, M.; Salcedo, M.; Zapata, J.; Carmona, J. y Paternina, S. 2008. Evaluación de las propiedades modificadas por vía enzimática del almidón de ñame (*D. trifida*) utilizando α -amilasa (terminal[®] 1201, tipo I). Colombia. Rev. Vitae. 15(1):51-60.
- Ozkan, G.; Sagdic, O.; Suleyman, R.; Unal, O. and Albayrak, S. 2010. Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extract from *Salvia pispidica*. LWT Food Sci. Technol. 43(1):186-190.
- Perdones, A.; Sánchez, L.; Chirlat, A. and Vargas, M. 2012. Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. Postharvest Biol. Technol. 70:32-41 pp.
- Pérez-Gago, M. B.; González-Aguilar, G. A. e Olivas, G. I. 2010. Edible coatings for fruits and vegetables. Stewart Postharvest Review. 6(3):1-14.
- Plotto, A.; Roberts, R. and Roberts, D. 2003. Evaluation of plant essential oils as natural Postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Acta Horticulturae. 737-745.
- Ramos, M.; Bautista, S.; Barrera, N.; Bosquez, E.; Alia, I. y Estrada, C. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. Rev. Mex. Fitopatol. 28(1):44-57.
- Rivas, S. 2011. Prácticas de laboratorio de microbiología: cultivo y aislamiento de hongos. Universidad del Cauca. Primera edición. Popayán, Cauca, Colombia. 84 p.
- Soto, E.; Moreno, J.; Estarrón, M.; García, J. y Obledo, E. 2006. Composición química y actividad fungicida del aceite esencial de *Thymus vulgaris* L. contra *Alternaria* Citri. México. Rev. Dig. Cientif. Tecnol. 4:1-8.
- Timóteo, N.; Athayde, A.; Vasconcelos, C.; Verissimo, C.; De Melo, S.; Sousa, R.; Montenegro, T. and De Souza, E. 2012. Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis aobrusca* L.). Food Microbiol. 32:345-353.
- Xiao, C.; Zhu, L.; Luo, W.; Song, X. and Deng, Y. 2010. Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. Food Chem. 121(4):1003-1009.