

Conservación de uchuva (*Physalis peruviana*) mediante la aplicación de un recubrimiento a base de quitosano y áloe vera, utilizando el método de aspersión

Conservation of Uchuva (*Physalis Peruviana*) by applying a coating based on chitosan and aloe vera, using the spray method

Recibido: 07- 12 - 2016 Aceptado: 20-05-2017

Ana Muñoz¹
Angie Barbosa²
Daniela Bustos³
Yenifer Ramírez⁴
Yesenia Vásquez⁵
Jaqueline García⁶
Marcelo Guancha⁷

Resumen

El objetivo de esta investigación fue estimar la vida útil de la uchuva por efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de quitosano y áloe vera utilizando el método de aspersión. La Norma Técnica Colombiana (NTC 4580) se empleó para comparar las características físicas de las uchuvras, utilizando como indicadores de deterioro, pérdida de peso, carotenoides totales e índice de color. Las muestras evaluadas se mantuvieron a dos condiciones de almacenamiento; bajo refrigeración (4 °C) y a temperatura ambiente de la ciudad de Cali (28 °C), durante un periodo de 21 y 6 días, respectivamente. Cuatro muestreos se realizaron para cada temperatura y los resultados obtenidos se utilizaron para definir la cinética de deterioro. La cinética fue de orden cero, siendo la pérdida de peso el indicador que limitó el tiempo de vida útil. Las variables como pH, acidez e índice de madurez no mostraron diferencia significativa a un nivel de significancia $p < 0,05$. Finalmente, el modelamiento cinético para la pérdida de peso presentó un incremento de 1 día para las muestras almacenadas a temperatura ambiente y de 2 días para las muestras refrigeradas a 4 °C.

Palabras clave: Recubrimiento; vida útil; uchuva; áloe vera; quitosano.

Abstract

The objective of this research was to estimate the useful life of the uchuva by the application of a coating based on chitosan and aloe vera using the spray method. The Colombian Technical Standard (NTC 4580) was used to compare the physical characteristics of uchuvras, using

¹ Colombiana. Tecnóloga. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro ASTIN.

² Colombiana. Tecnóloga. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro ASTIN.

³ Colombiana. Tecnóloga. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro ASTIN.

⁴ Colombiana. Tecnóloga. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro ASTIN.

⁵ Colombiana. Tecnóloga. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro ASTIN.

⁶ Colombiana. Espc. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro ASTIN. Grupo de Investigación GIDEMP.

⁷ Colombiano. M.Sc. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Centro ASTIN. Grupo de Investigación GIDEMP.

as indicators of deterioration, weight loss, total carotenoids and color index. The evaluated samples were maintained under two storage conditions; Under refrigeration (4 °C) and at room temperature of the city of Cali (28 °C), during a period of 21 and 6 days respectively. Four samples were taken for each temperature and the results obtained were used to define the deterioration kinetics. The kinetics were of zero order, with weight loss being the indicator that limited the shelf life. Variables such as pH, acidity and maturity index did not show a significant difference at a significance level of $p < 0.05$. Inally, the kinetic model for weight loss showed a 1-day increase for samples stored at room temperature and 2 days for samples refrigerated at 4 °C.

Keywords: coating; shelf life; uchuva; aloe vera; chitosan.

Introducción

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una fruta tropical nativa de la región andina, perteneciente a la familia de las *Solanaceae*s (Carvalho, Villaño, Moreno, Serrano, & Valero, 2015; Caballero, Ortiz, Maldonado, & Rivera, 2011), se caracteriza porque sus frutos están envueltos por un cáliz o capacho (Caballero et al., 2011), siendo Colombia y Sudáfrica los mayores productores (Carvalho et al., 2015). Es una de las frutas exóticas más prometedoras debido a su composición nutricional ya que contiene altos niveles de minerales como hierro, fósforo, vitaminas A y C, así como carotenoides (Carvalho et al., 2015; Mendoza, Rodríguez, & Millan, 2012). Se le atribuyen propiedades medicinales, tales como: purificar la sangre, disminuir la albúmina de los riñones, fortalecer el nervio óptico, limpiar las cataratas y aliviar las afecciones de garganta (Novoa, 2006).

La uchuva se exporta en fresco a Europa con el cáliz debido a que este incrementa su vida útil (Carvalho et al., 2015), sin embargo, el cáliz dificulta su transporte, manipulación, conteo y exhibición (Balaguera-López, Martínez, & Herrera-Arévalo, 2014). En Colombia y EE.UU se comercializa el fruto sin el cáliz (Balaguera-López et al., 2014) lo que genera una disminución del periodo de vida útil debido a que se acelera el proceso de maduración, la producción de etileno, pérdida de peso y se incrementa el índice de madurez (Balaguera-López et al., 2014). En consecuencia, para incrementar la vida útil del fruto sin el cáliz es necesario buscar alternativas que permitan reducir los procesos de degradación y favorezcan la comercialización; una de ellas es la aplicación de recubrimientos sobre la superficie de las frutas, los

cuales en diversas investigaciones se han utilizado para incrementar el período de almacenamiento y preservar la calidad proporcionando una barrera que permite disminuir la velocidad de intercambio de oxígeno, dióxido de carbono y agua, así como la protección contra agentes microbianos (Andrade, Skurtys, & Osorio, 2012; Kaviani, Shariati, Joshevska, Tomovska, & Vanaei, 2015; Rojas-Graü, Soliva-Fortuny, & Martín-Belloso, 2009).

Algunos compuestos que se han utilizado para la obtención de recubrimientos son biopolímeros como almidones, derivados de celulosa, quitosano, proteínas y lípidos entre otros (Elsabee & Abdou, 2013). En este trabajo se planteó el uso del quitosano como alternativa para obtener recubrimientos debido a sus propiedades antifúngicas y antimicrobianas, su característica de ser comestible y su perfil no tóxico (Elsabee & Abdou, 2013; Vieira et al., 2016). Particularmente los recubrimientos de quitosano tienen una permeabilidad selectiva a los gases (CO_2 y O_2) pero una alta permeabilidad al vapor de agua, lo que limita su uso en alimentos con alto contenido de humedad (Elsabee & Abdou, 2013), por lo tanto, dentro de las alternativas para mejorar las propiedades de barrera de recubrimientos a base de quitosano, usualmente se utilizó en mezcla con otros hidrocoloides como los constituyentes del gel de áloe vera, el cual se compone aproximadamente de 99,5% de agua, el 0,5% restante lo integran polisacáridos y otros componentes (Sepulcre, Benítez, Achaerandio, & Pujol, 2015). El polisacárido más importante del gel de áloe vera es el glucomanano, que es una estructura química formada por glucosa y manosa, que le da la propiedad de retener agua (Dominguez et al., 2012; Sepulcre et al., 2015). Por lo anterior su incorporación en recubrimientos con quitosano permitiría disminuir la permeabilidad al vapor de agua e incrementar la resistencia mecánica (Khoshgozaran-Abras, Azizi, Hamidy, & Bagheripoor-Fallah, 2012).

En frutas y verduras las propiedades físicas y químicas dependen del espesor y homogeneidad del recubrimiento, razón por la cual el método de aspersión es la técnica más adecuada, este consiste en incrementar el área superficial del líquido a través de la formación de pequeñas gotas que se forman en un conjunto de boquillas y permiten una distribución uniforme de la solución del recubrimiento sobre la superficie del alimento y un control del espesor (Andrade et al., 2012). Por el contrario, en métodos como el de inmersión no se puede controlar el espesor debido a la falta de homogeneidad, por el escurrimiento natural que ocurre durante el secado sobre la superficie del fruto; además las cantidades de solución de revestimiento no se pueden controlar fácilmente, debido a que el fruto se tiene

que sumergir en la solución de este (Andrade et al., 2012). Un espesor alto restringe el intercambio gaseoso durante la respiración del tejido vegetal causando acumulación de gases de desecho que traen como efecto la muerte de los tejidos internos del alimento (Guancha, Caicedo, Ruiz, & Valencia, 2016). Por lo anterior, en este trabajo se evaluó el efecto del uso de un recubrimiento de quitosano y aloe vera utilizando el método de aplicación por aspersión sobre el cambio de color, carotenoides totales, pH, acidez total, contenido de sólidos solubles y pérdida de peso en uchuva durante el almacenamiento a temperatura ambiente (TA~28 °C) y en refrigeración (4 °C).

Materiales y Métodos

Materiales

Se utilizó quitosano comercial suministrado por la empresa Polímeros Naturales S.A.S.. El gel mucilaginoso empleado fue extraído de hojas de penca de sábila (*áloe barbadensis miller*) adquiridos en un supermercado, las cuales se seleccionaron según atributos de sanidad, se lavaron y desinfectaron con hipoclorito de sodio a una concentración de 100 mg/L y se estabilizó según protocolo realizado por Kaviani y colaboradores (Kaviani et al., 2015). Se utilizó glicerol como plastificante, y vinagre grado alimenticio. La uchuva (*Physalis peruviana* L.) empleada para la evaluación presentó un diámetro aproximado de 2,5 cm (con peso entre 4 a 5 g) obtenida de una finca del municipio de Silvia (Cauca, Colombia), en estado adecuado para el procesamiento o consumo en fresco. Las uchuvas se desinfectaron con hipoclorito de sodio a una concentración de 100 mg/L y se lavaron con agua destilada, procediendo a su secado a TA y se almacenaron a 4 °C.

Preparación y aplicación del recubrimiento

Se prepararon soluciones de quitosano en vinagre (1%, v/v) a 3,5%, las cuales se mezclaron con Aloe vera estabilizado en proporciones de 80:20. Se utilizó como plastificante glicerol al 1,0% con respecto al total de la mezcla (Guancha et al., 2016). Para cada ensayo se seleccionaron lotes de 400 uchuvas. A 200 unidades se les aplicó el recubrimiento utilizando un aerógrafo metálico previamente esterilizado acoplado a un compresor de aire, el tamaño de la boquilla utilizada fue de 0,5mm, la presión del compresor se conservó a 2,0 bar y se mantuvo una distancia aproximada de 40 cm entre la boquilla y el producto, quedando las restantes (200 unidades

como control – sin recubrimiento). Se realizaron 3 ciclos de aplicación, cada ciclo consistió en la aplicación del recubrimiento y un secado por 10 min. Finalmente, las muestras se almacenaron en bandejas, las cuales se repartieron en lotes de 25 unidades. 4 bandejas con recubrimiento (CR) y 4 bandejas sin recubrimiento (SR) se llevaron a refrigeración y se mantuvieron almacenadas durante 21 días a 4 °C, la misma cantidad (CR y SR) se dejó almacenada a 28 °C (temperatura promedio de la ciudad de Cali) durante 8 días. Los parámetros fisicoquímicos se determinaron cada 7 días para las muestras refrigeradas, y cada 2 días para las muestras almacenadas a TA. Las temperaturas y los tiempos se tomaron de acuerdo con las recomendaciones reportadas en (Balaguera-López et al., 2014; Pinzón, Reyes, Álvarez-Herrera, Leguizamo, & Joya, 2015).

Determinación de parámetros fisicoquímicos

El porcentaje de pérdida de peso se determinó durante el almacenamiento por diferencia de peso para cada temperatura de estudio en el intervalo establecido, utilizando una balanza analítica (Guancha et al., 2016) y se realizó por quintuplicado para cada ensayo. Para establecer el contenido de carotenoides totales las muestras de uchuva se homogenizaron en un extractor de jugos, posteriormente se pesa 0,50 g de muestra en un tubo de ensayo de vidrio de 15 mL, se adicionan 7 mL de una mezcla 3:4 (hexano:etanol). Las muestras obtenidas se cubren con papel aluminio y se agita durante 1 h en baño de hielo utilizando un agitador orbital. Finalmente, se adiciona 1 mL de agua destilada y se agita durante 20 min adicionales. Para las medidas de absorbancias se toma 3 mL de la fase orgánica y se mide la absorbancia utilizando como blanco hexano en un espectrofotómetro. La concentración (µg/g) se determina utilizando un coeficiente de extinción molar de 2560 a 450 nm (Ordóñez-Santos, Martínez-Álvarez, & Vázquez-Riascos, 2014; Ordóñez-Santos, Vázquez-Odériz, & Romero-Rodríguez, 2011). Los cálculos de carotenoides totales se determinan de acuerdo con la ecuación 1 (Cuesta, Andrade, Moreno, & Concellón, 2013). El proceso se realiza por quintuplicado para cada muestra.

$$C[\mu\text{g/g}] = \frac{A_{450\text{nm}} \text{Volumen final}(\text{ml}) 10^4}{2560 \text{peso muestra}(\text{g})} \quad (1)$$

Donde, C es la concentración de carotenoides, $A_{450\text{nm}}$ absorbancia a una longitud de onda de 450 nm, 2560 es el coeficiente de extinción molar de β-caroteno en hexano.

A las muestras con recubrimiento y control (sin recubrimiento) que se utilizaron para determinar la pérdida de peso también se les determina el color superficial empleando un colorímetro Minolta CR-400 (D65, 2°, Y=89,5; x=0,3176; y=0,3347). Los datos se recolectaron en el espacio de color CIELab y los valores de L (brillantez), a (oscila entre rojo y verde) y b (oscila entre amarillo y azul) se registraron durante cada ensayo por triplicado. Además, se estimó el Índice de Color IC=[1000*a]/[L*b] (Ordóñez-Santos, Hurtado-Aguilar, Ríos-Solarte, & Arias-Jaramillo, 2014).

Los sólidos solubles totales se determinan por triplicado para cada una de las muestras usando un refractómetro digital Atago PR-101 y se expresan como °Brix. La acidez titulable se determinó por triplicado por valoración con NaOH 0,1 N hasta pH 8,1, utilizando 5 mL de jugo extraído de la muestra diluida en 50 mL de agua destilada, los resultados se expresan g equivalentes de ácido cítrico por 100 g peso fresco. El índice de madurez (IM) se determina por la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable.

Modelamiento cinético

La variación del color, pérdida de peso y contenido de carotenoides en los alimentos con el tiempo responde a modelos cinéticos de orden cero o de primer orden (García, Chacón, & Molina, 2011). Por lo tanto, las anteriores variables de respuesta se pueden modelar de acuerdo con la ecuación 2 (Ghidouche, Rey, Michel, & Galaffu, 2013; Valencia, Cortés, & Román, 2013):

$$-\frac{dC}{dt} = kC^n \quad (2)$$

Donde, C es la variable de respuesta (parámetros fisicoquímicos), t es el tiempo, k es la constante de velocidad y n el orden de la reacción. El modelo se determina de acuerdo al valor del coeficiente de correlación (R^2) más alto para un orden de reacción determinado.

Análisis estadístico

Para determinar diferencias significativas con las muestras CR y SR para cada una de las temperaturas se utilizó una correlación del 95% (Tukey, p <0,05).

Resultados y discusión

Propiedades fisicoquímicas (acidez, °Brix, pH e índice de madurez (IM))

En la Tabla 1 se muestran los resultados del porcentaje de acidez, °Brix e índice de madurez para cada uno de los tratamientos (a 4 °C y a TA, a muestras con recubrimiento (CR) y sin recubrimiento (SR)).

En el pH, %Acidez, °Brix e IM no se observaron diferencias significativas a (P<0,05) durante el almacenamiento y no se observaron diferencias entre los tratamientos (CR y SR). Es decir que el recubrimiento no es un factor que influye sobre el pH, acidez, °Brix e IM. Sin embargo, los resultados de °Brix oscilaron entre 13,40 ± 0,10 y 15,43 ± 0,12 para las muestras almacenadas a 4 °C y entre 13,90 ± 0,20 y 15,70 ± 0,61 para las muestras almacenadas a temperatura ambiente los cuales coinciden con los reportados en la NTC 4580 (ICONTEC, 1999) cuyos valores oscilan entre 14,1 y 15,1 correspondientes a estados de madurez comprendidos entre 4 y 6 (ICONTEC, 1999). Por el contrario, los resultados del IM oscilaron entre 10,64 y 12,37 para las muestras almacenadas a 4 °C y entre 10,97 y 16,66 para muestras almacenadas a temperatura ambiente, valores que están por encima de los mínimos recomendados para el IM según la NTC 4580 (ICONTEC, 1999) cuyo límite máximo es 9.

Modelamiento cinético

Los parámetros utilizados para el modelamiento cinético fueron el porcentaje de pérdida de peso, carotenoides totales e índice de color (IC). Para determinar el modelo cinético de cada uno de los parámetros de estudio, se evaluaron modelos de cero, primero y segundo orden. Con respecto al porcentaje de pérdida de peso no se observaron cambios a un nivel de significancia de p<0,05 durante el almacenamiento CR y SR a las dos temperaturas de estudio. Sin embargo, los resultados revelan velocidades superiores de pérdida de peso para las muestras sin recubrimiento. En la Figura 1 se muestran los resultados de la pérdida de peso para las muestras CR y SR para las dos temperaturas evaluadas. Los resultados muestran que el modelamiento cinético de orden cero es el que mejor se ajusta a los datos debido a que presenta los coeficientes de regresión más altos ($R^2>0,90$), es decir que presenta una velocidad de pérdida de peso constante.

Tabla 1. Resultados de propiedades fisicoquímicas

Tratamiento	Día	CR			SR			IM	
		%Acidez	°Brix	Ph	%Acidez	°Brix	pH	CR	SR
4 °C	0	0,943±0,030	13,40±0,10	3,947±0,012	0,943±0,030	13,40±0,10	3,980±0,040	14,40	14,40
	7	1,327±0,020	13,87±0,12	3,937±0,006	1,374±0,007	14,07±0,06	3,883±0,006	10,64	10,43
	14	1,190±0,034	14,50±0,00	3,993±0,015	1,267±0,013	14,10±0,10	3,950±0,010	12,37	11,32
	21	1,242±0,717	13,97±0,06	3,955±0,007	1,382±0,798	15,43±0,12	3,985±0,007	11,44	11,36
TA	0	0,964±0,007	13,90±0,20	4,082±0,006	0,964±0,007	13,90±0,20	4,137±0,025	14,61	14,61
	2	0,875±0,007	14,40±0,26	4,363±0,006	0,969±0,007	13,73±0,06	4,363±0,006	16,66	14,37
	4	1,216±0,111	15,70±0,61	4,637±0,015	0,9600,000±	14,30±0,62	4,640±0,053	13,11	15,09
	6	1,024±0,000	15,33±0,15	4,420±0,036	1,045±6,015	11,27±0,49	4,503±0,032	15,17	10,97

Medias ±desviación estándar. SR: Sin recubrimiento, CR: con recubrimiento

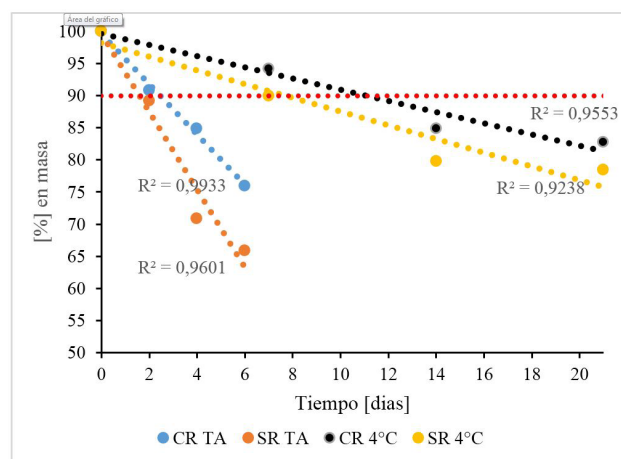


Figura 1. Variación de pérdida de peso en el tiempo para uchuva

De acuerdo con lo reportado por Pinzón y colaboradores (Pinzón, Reyes, Álvarez-Herrera, Leguizamó, & Joya, 2015) cuando las muestras superan pérdidas mayores o iguales al 10% del peso, desaparece la frescura de frutas y verduras. En la Figura 1 el almacenamiento a 4 °C favoreció el incremento de la vida útil de las uchuvas ya que el rango aceptable se mantiene por mayor tiempo en comparación con las muestras almacenadas a TA. Además, es evidente el efecto del recubrimiento dado que el rango aceptable se incrementa para las dos temperaturas de estudio. En la Tabla 2 se muestran los resultados de los parámetros del modelamiento cinético para el factor de pérdida de peso.

Con respecto a los resultados de la constante k (valor absoluto), esta es mayor para las muestras SR (6,049, 1,071) en comparación con las muestras CR (3,910, 0,871) lo que se traduce en una mayor velocidad de pérdida. Hay que tener en cuenta que si el límite de la pérdida de peso es el 10% para

el tratamiento a TA se incrementaría de 1,7 a 2,6 días por efecto de la adición del recubrimiento (aproximadamente 1 día). Para el tratamiento a 4 °C el incremento del tiempo sería de 9,3 a 11,5 días.

Tabla 2. Resultados del modelamiento cinético de pérdida de peso

Tratamiento		R²	K	Tiempo [días]
TA	CR	0,993	-3,910	2,6
	SR	0,960	-6,049	1,7
4 °C	CR	0,955	-0,871	11,5
	SR	0,924	-1,071	9,3

En la Figura 2 se muestran los resultados de la variación de los carotenoides totales con el tiempo de almacenamiento para cada una de las temperaturas de estudio (a) y del modelamiento cinético (b). No se presentan diferencias significativas a un nivel de significancia de $P < 0,05$ para las muestras almacenadas a TA. Por el contrario, para las muestras almacenadas a 4 °C se observan diferencias significativas en el tercer muestreo (día 14) entre las muestras CR y SR.

De acuerdo con la Figura 2(a) para las muestras almacenadas a 4 °C se estima un incremento en el contenido de carotenoides totales con el tiempo. Sin embargo, para el día 14 se observa un punto de inflexión para las muestras SR. Así mismo para las muestras almacenadas a temperatura ambiente el punto de inflexión se presenta en el día 2. Por lo anterior, estos puntos de inflexión se toman como valor límite para realizar el modelamiento cinético, el cual se presenta en la Figura 2(b) y se muestra como la variación del porcentaje del contenido de carotenoides en función del tiempo de almacenamiento. El punto de inflexión se presenta cuando el contenido de carotenoides totales se ha

incrementado un 34,7% para las muestras almacenadas a 4 °C y en 69,2% para las muestras almacenadas a temperatura ambiente. Los resultados revelan que el modelamiento cinético de orden cero es el que mejor se ajusta a los datos ya que presenta los coeficientes de regresión más altos ($R^2 > 0,80$) para las muestras almacenadas a 4 °C, para las muestras almacenadas a TA la regresión se realizó solo para tener un criterio de comparación dado que solo existen dos puntos cuando se presenta la inflexión. En la Tabla 3 se muestran los resultados de los parámetros del modelamiento cinético para carotenoides totales.

Con respecto a los resultados de la constante k , esta es mayor para las muestras SR (34,63 y 2,48) en comparación con las muestras CR (26,74 y 1,28), lo que se traduce en una mayor velocidad en el incremento de carotenoides totales. Teniendo en cuenta el punto de inflexión menor (34,7% para el tratamiento a temperatura ambiente) el tiempo de vida útil se incrementó de 1,0 a 1,3 días por efecto de la adición del recubrimiento. Para el tratamiento a 4 °C el tiempo se incrementó de 13,97 a 27,19 días.

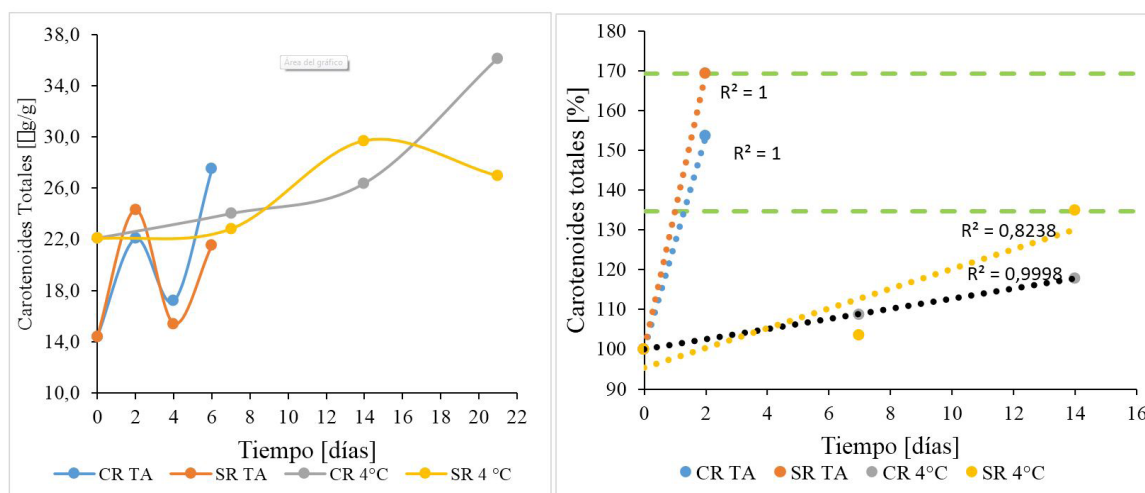


Figura 2. Resultado de la variación de carotenoides totales (a) Variación de carotenoides totales con el tiempo de almacenamiento (b) Modelamiento cinético

Tabla 3. Parámetros de modelamiento cinético para carotenoides totales

Tratamiento		R^2	K	Tiempo [días]
TA	CR	1,0000	26,74	1,30
	SR	1,0000	34,63	1,00
4 °C	CR	0,9998	1,28	27,19
	SR	0,8238	2,48	13,97

De acuerdo con lo reportado por Cajamar (2014), la variación del IC comprendidos entre 2 y 20 indican colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso. En este trabajo el IC varió entre 5,99 y 6,58 para muestras CR y entre 5,23 y 8,38 para muestras SR a temperatura de almacenamiento de 4 °C. Así mismo, para almacenamiento a TA el IC varió entre 7,15 y 10,22 para muestras SR y 7,38 y 8,75 para muestras CR. Estos valores son cercanos a los reportados por Pinzón y colaboradores (Pinzón et al., 2015) cuyo valor promedio a 4 °C es 7,54 que corresponden a frutos de color amarillo con alta luminosidad. También se reporta que valores del IC mayores a 8 son frutos de color

amarillo naranja, sobre maduros y de baja luminosidad; dichos valores se presentan para muestras SR.

Por otro lado, la Figura 3 muestra la variación del IC en porcentaje con el tiempo de almacenamiento (a) y el modelamiento cinético (b) para las temperaturas de estudio. No se observan diferencias significativas a un nivel de significancia de $P < 0,05$ para las muestras almacenadas a temperatura ambiente. Por el contrario, para las muestras almacenadas a 4 °C se presentan diferencias significativas en el tercer muestreo (día 14) entre las muestras CR y SR. De acuerdo con la Figura 3(a) para las muestras almacenadas a 4 °C se observa un incremento en el contenido de IC con

el tiempo. Sin embargo, para el día 14 se observa un punto de inflexión para las muestras CR. Así mismo, para las muestras almacenadas a temperatura ambiente el punto de inflexión se presenta en el día 2 para la muestra SR y en el día 4 para la muestra CR. Por lo anterior, estos puntos de inflexión se toman como valor límite para realizar el modelamiento cinético el cual se presenta en la Figura 3(b) y se muestra como la variación del porcentaje del IC en función del tiempo de almacenamiento. El punto de inflexión menor se presenta cuando el IC es de 12,47% para las muestras almacenadas a temperatura ambiente SR y del 10,00% para las muestras almacenadas a 4 °C CR. Los resultados revelan que el modelamiento cinético de orden cero es el que mejor se ajusta a los datos debido a que

presenta los coeficientes de regresión más altos ($R^2 > 0,80$). En la Tabla 4 se muestran los resultados de los parámetros del modelamiento cinético para el IC.

Con respecto a los resultados de la constante k esta mayor a las muestras SR (6,419 y 4,293) en comparación con las muestras CR (3,227 y 0,715) lo que se traduce en una mayor velocidad en el incremento de IC. Teniendo en cuenta el punto de inflexión de 12,47% para el tratamiento a temperatura ambiente se incrementó de 2,0 a 4,0 días por efecto de la adición del recubrimiento (aproximadamente 2 días). Para el tratamiento a 4 °C el tiempo se incrementó de 3,03 a 18,19 días (15 días aproximadamente).

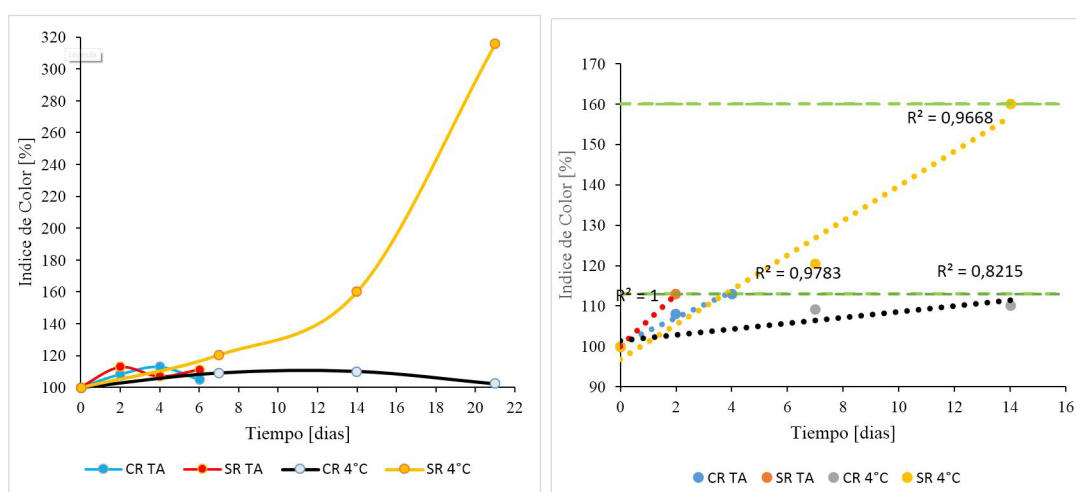


Figura 3. Resultado de la variación de IC (a) Variación de IC con el tiempo de almacenamiento (b) Modelamiento cinético

Tabla 4. Parámetros modelamiento cinético IC

Tratamiento		R^2	K	Tiempo [días]
TA	CR	0,9783	3,227	4,03
	SR	1,0000	6,419	2,03
4 °C	CR	0,9998	0,715	18,19
	SR	0,8238	4,293	3,03

Conclusiones

La cinética de pérdida de color en uchuva puede ser modelada a través de una cinética de orden cero para parámetros como pérdida de peso, carotenoides totales e índice de color a 4 °C y temperatura ambiente. Además, la aplicación de recubrimiento a base de quitosano y áloe vera en uchuva en las condiciones de este trabajo, permite incrementar la conservación de carotenoides totales, el IC y reduce la velocidad de pérdida de peso.

Dentro de las variables críticas para determinar el tiempo de vida útil en uchuva se encuentra la pérdida de peso ya que de acuerdo con los resultados de este trabajo se observa que una pérdida del 10% en peso indica no aceptabilidad del producto, aunque las variables como carotenoides totales e índice de color se mantengan en los rangos establecidos.

Las propiedades de PH, °Brix, acidez, IM evaluadas no muestran diferencias significativas entre los frutos con y sin recubrimiento, por tanto no se recomienda usarlas para

evaluar la incidencia del recubrimiento en frutos como la uchuva.

Los resultados del modelamiento cinético no son concluyentes, por lo que se recomienda para posteriores investigaciones incrementar el número de mediciones y garantizar mayor homogeneidad de las muestras a evaluar.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló gracias al apoyo del Centro Astin-SENA, al Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos (GIDEMP) especialmente a Carolina Caicedo y al Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la facultad de Ingeniería y Administración de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira por facilitarnos la realización de los ensayos colorimétricos.

Bibliografía

- Andrade, R. D., Skurtys, O., & Osorio, F. A. (2012). Atomizing Spray Systems for Application of Edible Coatings. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 323–337. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00186.x>
- Balaguera-López, H. E., Martínez, C. A., & Herrera-Arévalo, A. (2014). Papel del cáliz en el comportamiento poscosecha de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 181–191. doi: <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3212>
- Caballero P, L.A., Ortiz G, L., Maldonado O, Y. & Rivera, M.E. (2011). Valoración de las características físicas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) comercializada en el municipio de Pamplona. *Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 9(1), 49–55.
- Cajamar. (2014). Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria.
- Carvalho, C. P., Villaño, D., Moreno, D., Serrano, M., & Valero, D. (2015). Alginate Edible Coating and Cold Storage for Improving the Physicochemical Quality of Cape Gooseberry (*Physalis Peruviana* L.). *Journal of Food Science and Nutrition*, 1(1), 7.
- Cuesta, L., Andrade, M. J., Moreno, C., & Concellón, A. (2013). Contenido de compuestos antioxidantes en tres estados de maduración de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*). Cultivado a diferentes alturas (msnm). *Universidad Tecnológica Equinoccial*, 4(1) 32–49.
- Dominguez, R., Arzate, I., Chanona, J., Welti, J., Alvarado, J., & Calderón, G. (2012). El gel de áloe vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 1, 23–43.
- Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings : A review. *Materials Science & Engineering C*, 33(4), 1819–1841. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.01.010>
- García, C., Chacón, G., & Molina, M. (2011). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Ingeniería*, 21(2), 31–38.
- Ghidouche, S., Rey, B., Michel, M., & Galaffu, N. (2013). A Rapid tool for the stability assessment of natural food colours. *Food Chemistry*, 139(1–4), 978–985. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.064>
- Guancha Chalapud, M., Caicedo, C., Ruiz, E., & Valencia, M. (2016). Propiedades de conservación: recubrimiento a base de quitosano y áloe vera aplicado en papa criolla (*Solanum phureja*). *Informador Técnico*, 80(1), 9–19. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.325>

- Mendoza, J.H., Rodríguez, A., & Millán, P. (2012). Caracterización físicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. *Biotecnología En el sector agropecuario Y agroindustrial*, 10(2), 188–196.
- ICONTEC. (1999). NTC 4580 Frutas frescas. Uchuva, especificaciones.
- Kaviani, M., Shariati, M. a., Joshevska, E., Tomovska, J., & Vanaei, M. (2015). Effects of Chitosan and Aloe Vera Gel Coating on Quality Characters of Pistachio. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 2(1). doi: <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2015.02.00042>
- Khoshgozaran-Abras, S., Azizi, M. H., Hamidy, Z., & Bagheripoor-Fallah, N. (2012). Mechanical, physicochemical and color properties of chitosan based-films as a function of Aloe vera gel incorporation. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 2058–2062. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.10.020>
- Novoa, R. H. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12°C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 77–86.
- Ordóñez-Santos, L. E., Martínez-Álvarez, G. M., & Vázquez-Riascos, A.M. (2014). Effect of processing on the physicochemical and sensory properties of mammee apple (*Mammea americana* L.) fruit. *Agrociencia*, 48(4), 377–385.
- Ordóñez-Santos, L. E., Hurtado-Aguilar, P., Rios-Solarte O.D. & Arias-Jaramillo, M.E. (2014). Concentración de carotenoides totales en residuos de frutas tropicales *. *Producción + Limpia*, 9(1), 91–98. doi: <https://doi.org/10.22507/pml.v9n1a7>
- Ordóñez-Santos, L. E., Vázquez-Odériz, M. L., & Romero-Rodríguez, M. A. (2011). Micronutrient contents in organic and conventional tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 46(8), 1561–1568. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02648.x>
- Pinzón, E. H., Reyes, A. J., Álvarez-herrera, J. G., Leguizamo, M. F., & Joya, J. G. (2015). Comportamiento del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L), bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 26–35. doi: <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.10>
- Rojas-Graü, M. A., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 438–447. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.05.002>
- Sepulcre, F., Benítez, S., Achaerandio, I., & Pujol, M. (2015). LWT - Food Science and Technology Aloe vera as an alternative to traditional edible coatings used in fresh- cut fruits : A case of study with kiwifruit slices. *LWT - Food Science and Technology*, 61, 184–193. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.036>
- Valencia, F., Cortes, M., & Roman, M. (2013). Cinética del color durante el almacenamiento de caramelos blandos de uchuva adicionados de calcio y sin sacarosa. *Revista Lasallista de Investigacion*, 9(2), 11–25.
- Vieira, J. M., Flores-lópez, M. L., Jasso, D., Rodríguez, D., Sousa, M. C., Vicente, A. A., & Martins, J. T. (2016). Postharvest Biology and Technology Effect of chitosan – Aloe vera coating on postharvest quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 116, 88–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.01.011>