

Efecto de la temperatura de almacenamiento en el contenido total de Carotenoides de frutos de Palma Coroba (*Attalea macrolepis* Burret)

Effect of storage temperature on the total content of Carotenoids of Coroba palm fruits (*Attalea macrolepis* Burret)

Douglas R. Belén Camacho
Universidad Nacional
Experimental Simón Bolívar
Carabobo, Venezuela

María José Moreno Álvarez
Universidad Nacional
Experimental Simón Bolívar
Carabobo, Venezuela
morenoalvarezmj@gmail.com

David García Pantaleón
Universidad Nacional
Experimental Simón Bolívar
Carabobo, Venezuela

Carlos Medina Martínez
Universidad Nacional
Experimental Simón Bolívar
Carabobo, Venezuela

Resumen— El objetivo de este estudio fue evaluar el contenido total de carotenoides durante el almacenamiento de frutos maduros de palma coroba (*Attalea macrolepis*), a diferentes temperaturas. La concentración de carotenoides mostró cambios significativos ($p < 0,05$). A 20 y 30 °C, inicialmente, hubo biosíntesis de carotenoides con un comportamiento cinético de orden cero; la temperatura de 10°C inhibió esta reacción. Luego, hubo degradación acorde con una cinética de primer orden en cada caso. La temperatura de 10°C, es recomendable para el almacenamiento del fruto de la coroba debido a que, en esta condición, la pérdida de carotenoides fue menor.

Palabras Clave: Caicara del Orinoco, cinética química, coroba, pigmentos naturales.

Abstract— The aim of this study was to evaluate the total content of carotenoids during the storage of ripe fruits of coroba palm (*Attalea macrolepis*), at different temperatures. Carotenoids concentration showed significant changes ($p < 0.05$). Initially, at 20 and 30°C, there was carotenoid biosynthesis with a zero-order kinetic behavior; at 10°C this reaction was inhibited. Then, there was degradation according to the first-order kinetics in each case. A temperature of 10°C is recommended for the storage of coroba fruit because, in this condition, the loss of carotenoids was less.

Keywords: Caicara del Orinoco, chemical kinetics, coroba, natural pigments.

Enviado: 22/09/2019

Aceptado: 04/06/2020

Publicado: 30/06/2020

Sumario: I Introducción, II Materiales y Métodos, III Resultados y Discusión, IV. Conclusiones.

Como citar: Belén, Douglas., Moreno, Mario., García, David., Medina, Carlos. (2020). Efecto de la temperatura de almacenamiento en el contenido total de Carotenoides de frutos de Palma Coroba (*Attalea macrolepis* Burret). *Revista Tecnológica Espol*, 32(1). Recuperado a partir de <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/695>

<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/695>
<https://doi.org/10.37815/rte.v32n1.695>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

I. INTRODUCCIÓN

Los alimentos son sistemas de composición compleja debido a la diversidad de sustancias presentes en ellos. Estas sustancias intervienen en reacciones químicas desde el origen del alimento, dado por los fenómenos que se llevan a cabo en las fuentes de materias primas, también durante el procesamiento y el almacenamiento. Los compuestos presentes son susceptibles a transformaciones químicas que pueden resultar beneficiosas o adversas, influyendo considerablemente en la calidad de los productos [1], [2], [3].

En este sentido, reviste interés conocimiento y dominio de la intensidad con que se desarrollan los cambios químicos, los factores influyentes en su realización y el mecanismo que permite la conversión de una sustancia en otra. De tal manera que se apliquen eficientemente las condiciones de procesamiento y almacenamiento garantizando al consumidor productos con valor nutricional adecuado, propiedades sensoriales aceptables, vida útil prolongada y, fundamentalmente, inocuos [4] [5]. Todas estas garantías son indispensables en un entorno de seguridad alimentaria.

Las frutas y las hortalizas presentan en su composición metabolitos que se han asociado con efectos benéficos para la salud humana y, además, influyen las características fisicoquímicas y sensoriales de los alimentos. Ejemplo de estos compuestos son los carotenoides, los cuales imparten color natural y experimentan actividades biológicas relevantes. Entre ellas destacan su acción antioxidante y provitáminica, ambas de utilidad en la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer, cardiovasculares y daños degenerativos asociados con la edad [6],[7], [8],[9] [10], [11], [12].

Los carotenoides son considerados uno de los grupos de pigmentos naturales que inciden considerablemente en la calidad de los productos vegetales, dada su relación con el color y por la contribución nutricional asociada a ellos; la mayoría de las coloraciones amarillas, naranjas y rojas en hojas, flores y frutos de las plantas se deben a la presencia de estos colorantes. Se han identificado más de 750 carotenoides en la naturaleza, encontrándose distribuidos en las plantas, principalmente, algas, hongos y bacterias; los animales no producen estos compuestos, pero están presentes en su estructura debido a la ingesta de alimentos que los proveen, siendo responsables de la pigmentación en aves y crustáceos, entre otros [13], [14], [15].

Químicamente son, en su mayoría, tetraterpenoides formados por la unión de ocho unidades de isopreno, por lo que su fórmula molecular es $C_{40}H_{56}$, y presentan en su estructura un sistema de dobles enlaces C-C conjugados, el cual es el responsable de la propiedad cromófora de la molécula, y permite la existencia de isomería *cis-trans*; la configuración *trans* es la que predomina en la naturaleza, aunque también puede encontrarse casos con la configuración *cis* [6], [16], [17], [18], [10], [20].

La estructura insaturada les imparte reactividad a los carotenoides, siendo la oxidación y la isomerización las principales reacciones deteriorantes de estos pigmentos, afectando sus funciones sensoriales y biológicas, las cuales son altamente favorecidas por las condiciones térmicas de almacenamiento y procesamiento de los alimentos [1], [4],

[21], [22]. En este sentido, reviste interés el conocimiento del efecto de la temperatura en el contenido de carotenoides de un alimento ya que es un factor decisivo en el establecimiento de las condiciones de almacenamiento y procesamiento que inhiban la velocidad de reacción de estas sustancias.

La coroba es una palma que habita de forma natural en el municipio Cedeño del estado Bolívar (República Bolivariana de Venezuela), botánicamente identificada como la especie *Attalea macrolepis* Burret [23]. Su fruto es aprovechado como alimento, formando parte de la tradición culinaria de la región de cultivo. La fracción comestible es el mesocarpio o pulpa, el cual presenta un color blanco en estado inmaduro y se torna amarillo-naranja con la madurez.

En la composición del mesocarpio en madurez de consumo, se han determinado niveles de carotenoides totales de 87,05 y 94,78 mg/kg de mesocarpio fresco, atribuyéndosele el color característico a estos pigmentos; los estudios realizados han evaluado la estabilidad de dichos componentes en el almacenamiento congelado y el secado de la pulpa [24], [25], pero no se ha estudiado el comportamiento en frutos enteros durante el almacenamiento refrigerado aplicado como método de conservación.

En ese orden de ideas, se realizó este trabajo con el objetivo de evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento, de frutos enteros, en el contenido total de carotenoides del mesocarpio de la palma coroba.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Muestra

Se empleó una muestra de aproximadamente 100 kg de frutos maduros de palma coroba (*Attalea macrolepis*), recolectados aleatoriamente en una plantación natural ubicada en el municipio Cedeño, estado Bolívar (Venezuela).

B. Almacenamiento

Los frutos fueron limpiados manualmente frotándolos con una tela suave y colocados en bandejas metálicas sin ningún recubrimiento, las cuales fueron almacenadas en cavas acondicionadas para mantener la temperatura, en cada caso, a: 10°C (M1), 20°C (M2) y 30°C (M3; variación de temperatura $\pm 1^\circ\text{C}$). Se colocaron dos bandejas por temperatura conteniendo 10 kg de frutos cada una.

C. Determinación de carotenoides totales

Diariamente se tomaron al azar, cantidades iguales de cada bandeja, muestras de los frutos almacenados, se pelaron y se les separó el mesocarpio con ayuda de un cuchillo manual y se procedió luego a determinar el contenido total de carotenoides [19], midiendo la absorbancia de los extractos a 450 nm con un espectrofotómetro UV-Visible marca Agilent modelo 8453 y utilizando como patrón β -caroteno (Sigma). Las determinaciones se efectuaron por triplicado.

D. Parámetros cinéticos

Se evaluó el comportamiento del contenido total de carotenoides en función del tiempo de almacenamiento

para definir el orden de la reacción en cada caso y a partir de éste, se calcularon los parámetros: constante de velocidad (k) y tiempo de media reacción ($t_{1/2}$). El efecto de la temperatura en la velocidad de la reacción se evaluó a través del modelo de Arrhenius:

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde, k es la constante de velocidad de reacción, A el factor pre-exponencial, E_a la energía de la activación de la reacción, R la constante universal ($8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$), y T la temperatura ($^{\circ}\text{K}$) a la cual ocurre la transformación. Para determinar los parámetros A y E_a , se graficó el ($\ln K$) en función del inverso de T , con base a la ecuación logarítmica [5] [26] [27]:

$$\ln k = \ln A - E_a/RT \quad (\text{Ec. 2})$$

E. Análisis estadístico

Los resultados de las determinaciones se presentaron como valores promedios ($n = 3$) con sus respectivas desviaciones estándar y se les realizó un análisis de varianza ($p < 0,05$) y comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$), para un diseño experimental lineal totalmente aleatorizado, considerando como única fuente de variación la temperatura de almacenamiento (tres tratamientos), siendo la variable de medición el contenido total de carotenoides. Se obtuvieron las ecuaciones de las líneas de tendencia de las gráficas de dispersión obtenidas aplicando el programa Microsoft Office Excel 2007, considerado como el más adecuado porque presentó mayor valor de R^2 .

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Carotenoides en mesocarpio de la palma coroba durante el almacenamiento

El efecto de la temperatura de almacenamiento en el contenido total de carotenoides en el mesocarpio del fruto maduro entero de la palma coroba se muestra en la Fig. 1. Aunque en todos los casos se observa un descenso en dicha concentración, hay comportamiento diferente en los primeros dos días (48 h). En ese lapso, a 20°C y a 30°C , hubo un aumento en la proporción de estos pigmentos mientras que a 10°C ese incremento no se presentó. En las primeras 48 h, a 30°C la variación fue desde $14,54 \text{ mg}/100 \text{ g}$ de mesocarpio fresco, hasta un máximo de $15,77 \text{ mg}/100 \text{ g}$. Luego, el contenido total de carotenoides experimentó descensos hasta el final del estudio (15 días = 360 h), donde presentó un valor de $10,58 \text{ mg}/100 \text{ g}$.

En el tratamiento a 20°C , el aumento estuvo desde el valor inicial ($14,54 \text{ mg}/100 \text{ g}$) hasta $15,27 \text{ mg}/100 \text{ g}$, en el mismo lapso que a 30°C . A continuación, experimentó descensos hasta el valor final de $11,4 \text{ mg}/100 \text{ g}$. En cambio, a 10°C el comportamiento fue siempre en descenso, desde el valor inicial $14,54 \text{ mg}/100 \text{ g}$ hasta el final de $11,89 \text{ mg}/100 \text{ g}$. El aumento en el contenido de carotenoides durante los primeros dos días de almacenamiento a 20°C y 30°C , presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto al valor inicial en cada temperatura, pero la diferencia de los niveles de carotenoides entre las temperaturas no fue significativa ($p > 0,05$), mientras que los valores obtenidos al final del almacenamiento presentó diferencias

significativas ($p < 0,05$) en ambas temperaturas, respecto al contenido inicial en cada caso, también entre los niveles finales determinados.

Por otra parte, a 10°C la diferencia entre el contenido inicial y el contenido final también fue significativa ($p < 0,05$), siendo significativa ($p < 0,05$) respecto al valor final determinado a 30°C , pero no fue significativamente diferente ($p > 0,05$) al contenido final determinado a 20°C .

Los cambios evidenciados en el contenido total de carotenoides del mesocarpio maduro de la coroba, reflejan el efecto de la temperatura en la síntesis y degradación de éstos. El aumento inicial observado a 20°C y a 30°C en las primeras 48 h, es una manifestación del desarrollo de actividad metabólica en el fruto como consecuencia de una continuación del proceso de maduración postcosecha, mientras que la temperatura de 10°C fue lo suficientemente baja para inhibir la síntesis de los carotenoides (Fig. 1). Durante la maduración de frutas, ocurren cambios químicos y bioquímicos entre los que se encuentran la biosíntesis de carotenoides [13], [28], [30], [31], [32].

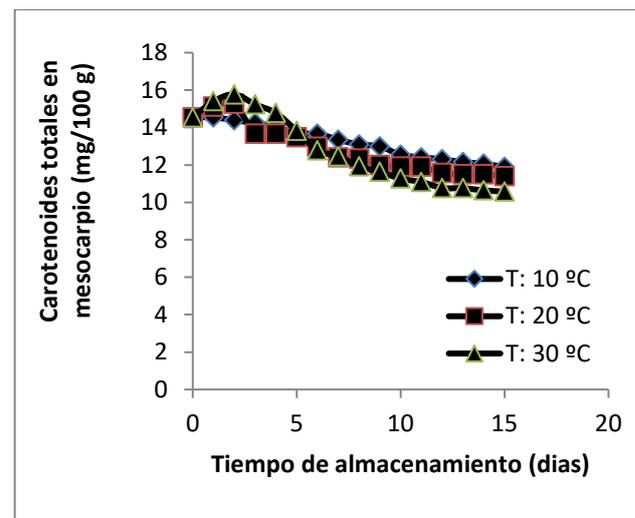


Fig. 1 Carotenoides totales durante el almacenamiento.

B. Cinética de la variación en el contenido total de carotenoides

De acuerdo al comportamiento mostrado a 20°C y 30°C , se infiere que, en estas condiciones, la variación en el contenido total de carotenoides se debe a una reacción que al menos contempla dos fases: la primera, dada por la biosíntesis de carotenoides; y la segunda, en la que experimentan transformación o degradación. De tal manera que, en general, la reacción involucrada en la variación de los carotenoides totales en esta situación puede obedecer a una reacción múltiple en serie [33] o consecutiva [27] representada por la ecuación química general:



Donde, P representa a algún precursor de carotenoides, C es carotenoides y D es productos de la transformación de los carotenoides. Un modelo parecido ha sido propuesto para la biosíntesis de licopeno (un carotenoide) en frutos de tomate³⁴. La velocidad de la primera reacción puede expresarse como²⁷:

$$-(d[P]/dt) = k_1[P]^{\alpha} \quad (\text{Ec. 5})$$

En cambio, la segunda parte que contempla la reacción de transformación de los carotenoides (C) en los productos de la degradación (D), puede representarse por la ecuación cinética siguiente:

$$(d[C]/dt) = k_1[P]^{\alpha} - k_2[C]^{\beta} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde k_1 y k_2 son las constantes de velocidad de cada una de las reacciones indicadas. El modelo de velocidad para la reacción planteada (Ec. 6) se adapta al comportamiento de la variación de los contenidos totales de carotenoides a 20 °C y 30 °, ya que es similar al descrito en otras investigaciones [27] para la concentración del producto estable intermedio.

Para establecer un orden aparente para la cinética de la reacción experimentada en los primeros dos días a 30 °C, se procedió a graficar concentración de carotenoides en función del tiempo de almacenamiento (Fig. 2). El comportamiento presentado es característico de una cinética de orden cero ($R^2 = 0,9498$). Esta deducción coincide con los resultados mostrados para la formación de β -caroteno durante la maduración de tomates [34]. La ecuación cinética deducida para describir el comportamiento planteado es:

$$C = 0,615t + 14,622 \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde C es el contenido total de carotenoides en el tiempo t. De acuerdo al orden establecido, el valor de la constante cinética (k) fue 0,615 mg/100 g x d (equivalente a 6,15 mg/kg x d) y el tiempo de media reacción ($t_{1/2}$) fue 11,82 d, el cual corresponde a la transformación del compuesto que da origen a los carotenoides involucrados.

La cinética en los primeros días del almacenamiento a 20 °C es mostrada en la Fig. 3. Al igual que a 30 °C, la formación de los carotenoides siguió un modelo cinético de orden cero ($R^2 = 0,95$), siendo la ecuación cinética para este caso:

$$C = 0,365t + 14,588 \quad (\text{Ec. 8})$$

En el presente caso (20 °C), el valor de k fue 0,365 mg/100 g x d (equivalente a 3,65 mg/kg x d) y el tiempo de media reacción fue 19,92 d. Los valores de k y $t_{1/2}$ indican que la reacción de formación de carotenoides a 30 °C fue más rápida que la se llevó a 20 °C, al presentar valor de k más alto y $t_{1/2}$ más bajo. En este sentido, se confirma el efecto de la temperatura en la velocidad de las reacciones, la cual se ve favorecida con el aumento en la temperatura.

Después del segundo día en almacenamiento a 20 °C y 30 °C, el contenido en carotenoides totales mostró descensos consistentes con una cinética de primer orden (Fig. 4 y Fig. 5); para esta evaluación se consideró como tiempo cero a partir del día 2, que fue hasta donde aumentó la concentración de carotenoides. A 20 °C, la degradación de los carotenoides siguió el modelo exponencial ($R^2 = 0,8871$):

$$C = 14,189e^{-0,02t} \quad (\text{Ec. 9})$$

El valor de la constante de velocidad (k) a dicha temperatura fue 0,02 d⁻¹ y el tiempo de media reacción ($t_{1/2}$) fue 34,66 d.

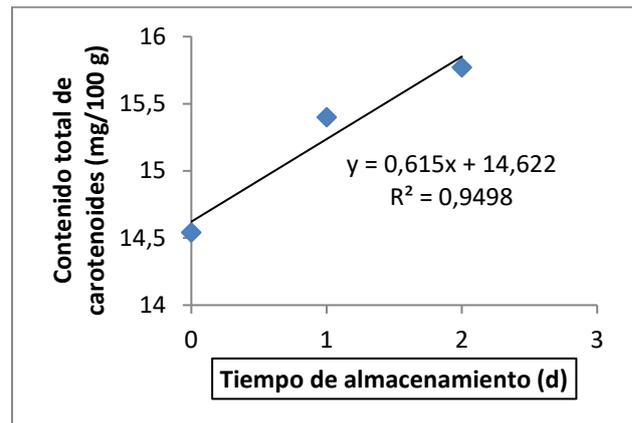


Fig. 2 Carotenoides totales los primeros dos días de almacenamiento a 30 °C

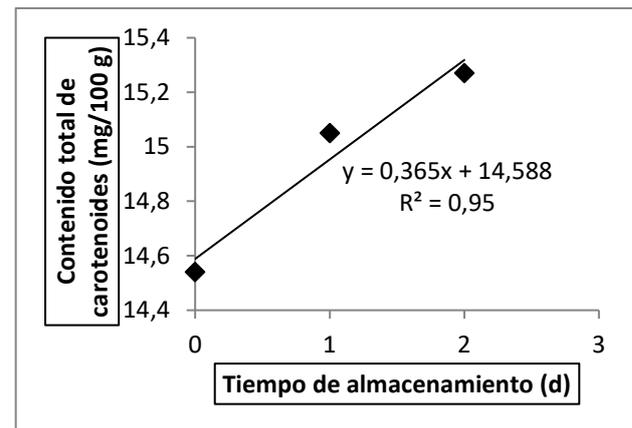


Fig. 3 Carotenoides totales los primeros dos días de almacenamiento a 20 °C

A 30 °C, la degradación de los carotenoides siguió el siguiente modelo cinético ($R^2 = 0,9292$):

$$C = 15,161e^{-0,032t} \quad (\text{Ec. 10})$$

En este caso, la constante de velocidad (k) presentó el valor 0,032 d⁻¹ y el tiempo de media reacción ($t_{1/2}$) fue 21,66 d.

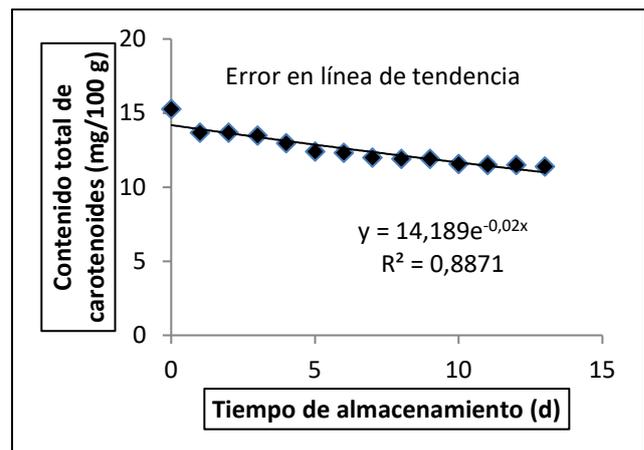


Fig. 4 Degradación de carotenoides a 20 °C

La variación del contenido total de carotenoides a 10 °C (Fig. 6) también siguió un modelo cinético de primer orden ($R^2 = 0,9864$), definido por la ecuación:

$$C = 14,768e^{-0,015t} \quad (\text{Ec. 11})$$

A esta temperatura, la constante de velocidad mostró el menor valor ($0,015 \text{ d}^{-1}$) y el tiempo de media reacción fue mayor al determinado a las otras dos temperaturas ($46,21 \text{ d}$).

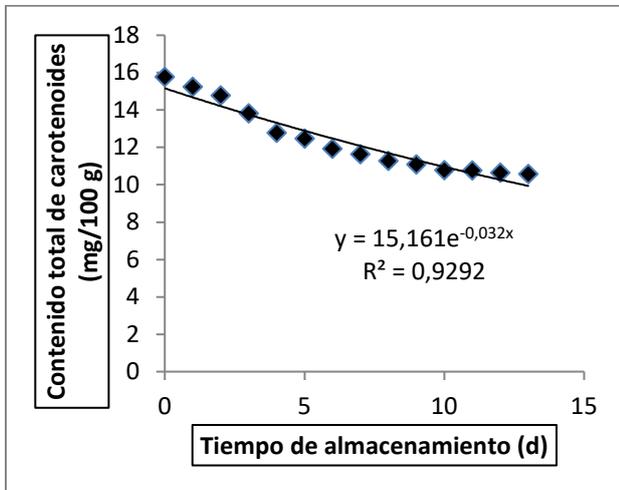


Fig. 5 Degradación de carotenoides a 30 °C

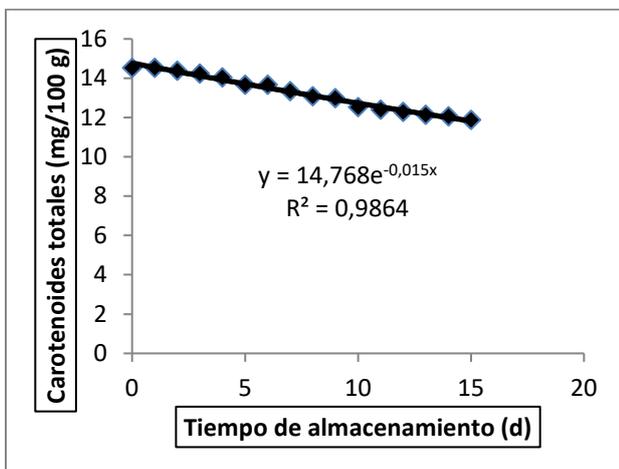


Fig. 6 Degradación de carotenoides a 10 °C

El resumen de los parámetros cinéticos que describen la degradación de los carotenoides totales del mesocarpio evaluado se muestra en la Tabla 1. La disminución en la temperatura de almacenamiento redujo la velocidad de degradación de los pigmentos, lo cual es consistente con los argumentos teóricos señalados en la bibliografía consultada [27], [33], [35]. En este sentido, desde el punto de vista fisicoquímico, el almacenamiento del fruto maduro de la palma coroba a 10 °C puede incrementar la vida útil en relación al aporte en carotenoides. Sin embargo, es conveniente evaluar la incidencia en la calidad total del fruto.

La cinética de la degradación de carotenoides en otros sistemas alimentarios también ha mostrado un comportamiento de primer orden. En bebidas a base de naranja, pomelo y pulpa del fruto de *Opuntia boldinghii*,

un catus, almacenadas en condiciones de refrigeración (7 °C), el contenido total de carotenoides totales descendió de acuerdo a un modelo cinético de primer orden, presentado en valores de k y $t_{1/2}$ en los rangos de $0,0105 - 0,0245 \text{ d}^{-1}$ y $28,3 - 66,0 \text{ d}$, respectivamente [36].

En mesocarpio de frutos maduros de palma coroba previamente desecados en un colector solar y almacenados a temperatura ambiente, protegidos de la luz [25], el contenido total de carotenoides mostró descensos consistentes con una cinética de primer orden, con valor de $k = 0,0208 \text{ d}^{-1}$ y $t_{1/2} = 33,3 \text{ d}$; estos resultados son cercanos a los obtenidos en el presente estudio a 20 °C.

TABLA I
PARÁMETROS CINÉTICOS DE LA DEGRADACIÓN DE LOS CAROTENOIDES TOTALES DEL FRUTO DE LA PALMA COROBA DURANTE EL ALMACENAMIENTO

T (°C)	Orden aparente	Ecuación cinética	R ²	k (d ⁻¹)	t _{1/2} (d)
30	1	$C = 15,161e^{-0,032t}$	0,93	0,032 ^a	21,6 ^c
20	1	$C = 14,189e^{-0,02t}$	0,89	0,020 ^b	34,6 ^b
10	1	$C = 14,768e^{-0,015t}$	0,99	0,015 ^c	46,21 ^a

-Superíndices en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

El efecto de la temperatura fue estimado mediante la ecuación de Arrhenius, para lo cual se graficó el $\ln k = f(1/T)$, con la temperatura de almacenamiento T expresada en °K; el resultado se presenta en la Fig. 7. Los parámetros deducidos para la ecuación de Arrhenius fueron: factor pre-exponencial $8690,6 \text{ d}^{-1}$ y energía de activación $7,6 \text{ kcal/mol}$ (7600 cal/mol , equivalente a $63,19 \text{ kJ/mol}$). Otros autores reportaron para β -caroteno valores de A y E_a de $36,6 \text{ h}^{-1}$ (equivalente a $878,4 \text{ d}^{-1}$) y $26,2 \text{ kcal/mol}$ (equivalente a $217,8 \text{ kJ/mol}$), respectivamente; las diferencias respecto al presente estudio pueden estar asociadas al hecho que utilizaron β -caroteno en un medio lipídico mientras que en el estudio con la palma coroba se ha utilizado el fruto entero, lo que conlleva a diversidad de reacciones en los distintos carotenoides presentes y que en un conjunto dan un efecto global [35].

Cabe señalar que se han reportado valores diversos de k y E_a para la degradación del β -caroteno, dependiendo del producto donde se encuentre, así como de las condiciones de procesamiento y almacenamiento. En el caso de la energía de activación, se han indicado valores de $64,2 \text{ kJ/mol}$ en la degradación de este caroteno en hojuelas de batata sometidas a fritura y 66 kJ/mol para rodajas de zanahoria deshidratadas [37]. El efecto de la temperatura de almacenamiento, en un rango desde 10 °C hasta 30 °C, sobre la constante de velocidad de la degradación de los carotenoides del mesocarpio de la coroba, queda definido por la ecuación:

$$k = 8690e^{(-3800/T)} \quad (\text{Ec. 12})$$

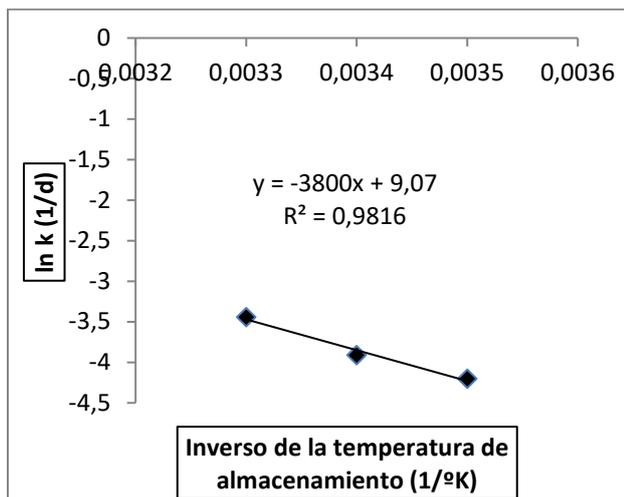


Fig. 7 Efecto de la temperatura en la velocidad de degradación de carotenoides del mesocarpio de la coroba

IV. CONCLUSIONES

El estudio realizado ha permitido corroborar que la fracción comestible del fruto de la palma coroba, representada por el mesocarpio o pulpa, es una fuente importante de carotenoides. La biosíntesis de estos pigmentos, de gran importancia nutricional y tecnológica, continúa luego de la postcosecha siempre que la temperatura de almacenamiento sea 20 °C o más. El aumento de la temperatura favorece la velocidad de degradación de los carotenoides presentes en el fruto de la coroba, por lo que el almacenamiento del fruto debe realizarse en condiciones de refrigeración (temperatura 10 °C o menos) para garantizar una pérdida mínima de estos metabolitos. Sin embargo, el metabolismo postcosecha exhibido permite recomendar mantener los frutos al menos 48 h a temperatura ambiente (cerca a 30°C), lo cual incrementará el contenido total de carotenoides e inmediatamente almacenar a 10 °C, en caso de no procesarse a continuación del tratamiento señalado. El almacenamiento a 10 °C puede mantenerse hasta un máximo de 15 días.

REFERENCIAS

- [1] Badui Dergal, S. Química de los alimentos, 5ta ed. Pearson Educación S. A. México (2012).
- [2] Melo de AB, da Silva, MA. Química de alimentos. Rede e-Tec, UFRPE, Recife, Brasil (2011).
- [3] Marcano D. La Química en los alimentos. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales-Fundación Polar. Caracas. (2010).
- [4] Lupano CE. Modificaciones de componentes de los alimentos: Cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. Editorial de la Universidad de La Plata, Argentina, 217 p (2013).
- [5] Galic, K Gabric. D D. Shelf life of packaged bakery goods- a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 49, 405 a 426 (2009).
- [6] Voutilainen S, Nurmi T, Mursu J, Rissanen TH. Carotenoids and cardiovascular health. The American Journal of Clinical Nutrition, 83, 1265 a 1271 (2006).
- [7] Kumar R, Hariran S, Won S. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. Food Research International, 76, 735-750 (2015).

- [8] Beltrán B, Estévez, R, Cuadrado C, Jiménez S, Olmedilla B. Base de datos de carotenoides para valoración de la ingesta dietética de carotenos, xantofilas y de vitamina A; utilización en un estudio comparativo del estado nutricional en vitamina A de adultos jóvenes. Nutrición Hospitalaria, 27, 1334 a 1343 (2012).
- [9] Carranco ME, Calvo M, Pérez F. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 61, 233 a 241 (2011).
- [10] Khoo HE, Nagendra K, Kong K, Jiang Y, Ismail A. Carotenoids and their isomers: Color pigments in fruits and vegetables. Molecules, 16, 1710 a 1738 (2011).
- [11] Vitale A, Bernatene E, Pomilio A. Carotenoides en quimiopreención: licopeno. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, 44, 195 a 238 (2010).
- [12] Cornelli U. Antioxidant use in nutraceuticals. Clinics in Dermatology, 27, 175 a 194 (2009).
- [13] Yuan H, Zhang J, Nageswaran D, Li L. Carotenoid metabolism and regulation in horticultural crops. Horticulture Research, 2 (2015). Disponible en: <http://doi:10.1038/hortres.2015.36>. Consultado: 11/04/2017.
- [14] Eldahshan OA, Nasser A. Carotenoids. Journal of Pharmacognosy and Phitochemistry, 2, 225 a 234 (2013).
- [15] Cazzonelli CI. Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. Functional Plant Biology, 38, 833 a 847 (2011).
- [16] Estévez Santiago R. Biomarcadores de luteína, zeaxantina y otros carotenoides en la relación dieta y salud ocular. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia, Madrid, p (2016).
- [17] Mezzomo N, Ferreira S. R.. Carotenoids functionality, sources, and processing by supercritical technology: a review. Journal of Chemistry, Volume 2016, 16 p (2016). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3164312>. Consultado: 12/04/2017.
- [18] Ruiz-Sola MA, Rodríguez-Concepción M. Carotenoids biosynthesis in arabidopsis: a colorful pathway. The Arabidopsis BookK, e0158 (2012). Disponible en: <http://doi.10.1199/tab.0158>. Consultado el: 08/10/2015.
- [19] Moreno Alvarez MJ, Belén DR, García D, Mendoza L. Evaluación del contenido de carotenoides totales en cáscaras de algunas variedades de naranjas venezolanas. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), 23, 298 a 305 (2006a).
- [20] Rodríguez-Amaya. DB A guide to carotenoid analysis in food. OMNI Research-ILSI Press, Washington DC, (2001).
- [21] Chen J, Shi J, Xue S, Ma Y. Comparison of lycopene stability in water-and oil-based food model systems under thermal-and light-irradiation treatments. LWT-Food Science and Technology, 42, 740 a 747 (2009).
- [22] Meléndez-Martínez AJ, Vicario I, Heredia FJ.. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 57 (2007) Disponible en: http://alan-revista.org/ediciones/2007-2/pigmentos_carotenoides.asp. Consultado el: 06/03/09.