

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea* S.) EN POSCOSECHA

ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PHENOLIC COMPOUNDS CONCENTRATION OF TREE TOMATO (*Cyphomandra betacea* S.) IN POSTHARVEST

Carlos J. Márquez^{1*}, Claudia M. Otero², Benjamín A. Rojano³ y Jairo A. Osorio⁴

Recibido para publicación: Enero 25 de 2014 - Aceptado para publicación: Junio 11 de 2014

RESUMEN

El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) es un fruto de consumo masivo en Colombia, debido a sus especiales características organolépticas y nutricionales. Frutos de tomate de árbol fueron evaluados durante 15 días en su etapa de postcosecha para establecer la evolución de la actividad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos. La capacidad antioxidante fue analizada por el método ABTS. Se encontró para el día sexto de postcosecha un valor promedio máximo equivalente a 9,8 μmol de Equivalentes Trolox por gramo de fruta fresca. Los fenoles totales se determinaron por el método de Folin Ciocalteu, encontrando la mayor concentración de compuestos fenólicos para el día octavo de postcosecha, siendo de 1,23 miligramos de ácido gálico por gramo de fruta fresca. La concentración de compuestos fenólicos fue creciente a partir del día uno de postcosecha, luego permaneció constante hasta el día 11, mostrando un decrecimiento en la etapa de sobremaduración correspondiente a los días 12 a 14. Como conclusión, se pudo establecer que la actividad antioxidante en la etapa de postcosecha del tomate de árbol no presentó diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%. Los resultados obtenidos, no presentaron correlación positiva entre la capacidad antioxidante y la concentración de fenoles totales, no obstante se pudo concluir que el tomate de árbol se clasifica como una fruta de alta actividad antioxidante y muy buena concentración de compuestos fenólicos con respecto a otros frutos reportados en diversas investigaciones, aspectos que potencia el consumo de ésta especie como un alimento nutraceutico.

Palabras clave: Fenoles, fitoquímicos, frutales, nutraceutico, radicales.

ABSTRACT

The Tree tomato (*Cyphomandra betacea* S.) is a fruit of mass consumption in Colombia, due to their special organoleptic and nutritional characteristics. Tree tomato fruits were evaluated for fifteen days during post-

¹Ingeniero Agrícola, Doctor en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. *Autor para correspondencia: Calle 59ª No 63-20. Medellín Colombia. Teléfax: 57-4-4309067 . Correo electrónico: cjmarque@unal.edu.co

²Ingeniera Química, Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

³Químico, Doctor en Ciencias Químicas, Medellín, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

⁴Ingeniero Agrícola, Doctor Scientia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

harvest stage to establish the evolution of antioxidant activity and concentration of phenolics compounds. The antioxidant capacity was analyzed by the ABTS method. It was found for the sixth day postharvest an average maximum value equivalent to 9.8 μmol of Trolox equivalents per gram of fresh fruit. Total phenols were determined by Folin Ciocalteu method, finding the highest concentration of phenolic compounds for the eighth day post-harvest, with 1.23 milligrams of gallic acid per gram of fresh fruit. The concentration of phenolic compounds was growing from day one of postharvest, then remained constant until day 11, showing a decrease to days 12 to 14 on ripening stage. In conclusion, it was established that the antioxidant activity in post harvest stage of tree tomato didn't present significant differences with a confidence level of 95%. The results obtained presented no positive correlation between antioxidant capacity and total phenolic concentration, however it was possible to conclude that tree tomato fruit is classified as a high antioxidant activity and good concentration of phenolic compounds compared to other fruits reported in various researches, aspects that power consumption of this species as a nutraceutical food.

Key words: phytochemical, fruit, nutraceuticals, radicals, phenols

INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol es una fruta de interés comercial nacional e internacional debido a la alta aceptación que posee en países como España, Holanda, Suecia, Alemania y Francia entre otros; además, ha sido clasificado como fruto promisorio exportable por sus altos niveles de comercialización y excelsas características sensoriales, por lo que las proyecciones de siembra, producción y comercialización cada vez son mayores. En Colombia para el 2012 se establecieron 8.414 hectáreas en tomate de árbol, con una producción de 71.415 toneladas y rendimientos promedio de 15,6 t ha⁻¹. Los departamentos de mayor producción son Cundinamarca y Antioquia con 26.486 y 22.826 toneladas respectivamente, seguidos en menor cantidad por Boyacá, Nariño, Santander y Risaralda (Ministerio de agricultura y desarrollo rural 2014).

El tomate de árbol es una excelente fuente de sustancias nutricionales y fitoquímicos que presentan actividad antioxidante como pro-vitamina A, Vitamina B₆, Vitamina E, ácido ascórbico, licopenos, y flavonoides, entre otros. Además presenta baja concentración en

carbohidratos de alto peso molecular (Ordóñez et al. 2005).

Las frutas y hortalizas son alimentos que aportan metabolitos secundarios de potencial antioxidante, como carotenos, licopenos, flavonoides, sustancias aliláceas, entre otros, los cuales benefician la buena salud de quienes los consumen. Los compuestos polifenólicos son un grupo cercano a 8.000 sustancias que pueden ser clasificados de acuerdo con su estructura. Entre los más importantes están los flavonoides, que poseen una estructura básica C₆-C₃-C₆, como las antocianinas, catequinas y epicatequinas. El subgrupo de los fenilpropanoides que incluye los derivados del ácido hidroxicinámico, como cafeíco, ferúlico, sinápico y p-cumárico; estilbenoides, como el resveratrol y derivados del ácido benzoico, como el gálico y algunos ácidos elágicos, entre otros (Zapata et al. 2014).

Los compuestos con propiedades antioxidantes son sustancias que tienen la propiedad de neutralizar los radicales libres, disminuir el daño oxidativo y así prevenir o retardar la aparición de diversas enfermedades de complejo diagnóstico (Velioglu et al. 1998).

El daño oxidativo en las células se encuentra asociado al deterioro de los tejidos debido en especial a la afectación de las sustancias lipídicas, ácidos nucleicos y proteínas, los cuales son causados principalmente por reacciones con el oxígeno (García et al. 2004; Huang et al. 2005).

Estudios in vivo e in vitro muestran una importante relación entre las propiedades antioxidantes de frutas y vegetales ricas en compuestos polifenólicos, ácido ascórbico (vitamina C), carotenoides y vitamina E (Murillo 2006; Strail et al. 2007) y efectos positivos en la prevención de enfermedades (Hollman et al. 1996; Kalt y Dufour 1997; Yang et al. 2001).

Los métodos más ampliamente usados para evaluar la actividad antioxidante en frutos, usan los radicales ABTS y DPPH. El DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa, mientras que el ABTS tiene que ser generado tras una reacción química, enzimática o también electroquímica. Con el ABTS se puede evaluar la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica, mientras que el DPPH solo puede ser usado en medio orgánico. El radical ABTS tiene además la ventaja de que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico, mientras que el DPPH presenta un solo pico de absorbancia a 515 nm, por los argumentos expuestos se seleccionó el método ABTS para la determinación de la actividad antioxidante en el tomate de árbol (Re et al. 1999; Repo y Encina 2008).

El objetivo de la investigación fue evaluar la actividad antioxidante y la concentración de

compuestos fenólicos en frutos de tomate de árbol durante su etapa de postcosecha, con el fin de determinar si existe variación en estas características durante este periodo y encontrar el momento en que el fruto expresa su mayor actividad antioxidante y la mejor concentración de fenoles totales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron tomates de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) comunes anaranjados, de un cultivo industrial localizado en el municipio de Entrerrios Antioquia, ubicado a 2.300 msnm con una temperatura promedio de 16 °C. Los frutos fueron cosechados con grado de madurez del cero por ciento, recolectados e inmediatamente transportados en contenedores de poliestireno a los laboratorios de Frutas y Hortalizas y de Análisis de Alimentos, de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, para las respectivas evaluaciones, se seleccionaron por sus características homogéneas en color correspondiente al grado uno y calibre B de acuerdo a la clasificación de la Norma Técnica Colombiana, NTC-4105 (Icontec 1997).

Actividad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos

Preparación de la muestra

Se evaluaron seis Unidades Experimentales (U.E.) para cada día de postcosecha. Se preparó una solución del 2% p/v de pulpa de tomate de árbol tomada de la zona ecuatorial. Para ello, la pulpa se licuó durante tres minutos con etanol grado analítico marca Merck® en un equipo Osterizer Modelo-4665®. Posteriormente, se filtró en papel Whatman No. 1 y se centrifugó a

3.700 rpm durante 10 min a 23 °C en un equipo INDULAB®. El sobrenadante fue recuperado y se utilizó como muestra directamente para las pruebas de actividad antioxidante total por el método ABTS y para la determinación de la concentración de compuestos fenólicos totales.

Actividad antioxidante por ABTS

El compuesto ABTS (2,2'-Azino-bis (3 – Etil Benzotiazolin)-6-Sulfonato de amonio) marca Sigma-Aldrich® fue preparado en solución de concentración 7 mM y mezclado con una solución de persulfato de potasio (K₂S₂O₈) de concentración 2,45 mM marca Carlo Erba®, para formar el radical catiónico ABTS. Esta mezcla se realizó en relación 1:1 v/v y se dejó en reposo durante 16 horas en la oscuridad, se diluyó con etanol grado analítico marca Merck®, hasta ajustar absorbancia a 0,7 a una longitud de onda 734 nm. Esta solución presentó disminución en la absorbancia cuando el radical ABTS fue reducido por las especies donantes de hidrógeno o de electrones (sustancias antioxidantes contenidas en las frutas). Se realizaron cinco diluciones de la muestra previamente preparada de

pulpa de fruta, se tomó de cada una, 1 mL y se adicionaron 4 mL de la solución del radical ABTS. Se mezclaron y agitaron por 30 s en un agitador Mixtral LR-19314® y se realizó la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm, en un espectrofotómetro JENWAY modelo 6405 UV-Vis®, luego de 30 min de reacción en la oscuridad, de igual manera se procedió para la referencia donde la muestra fue remplazada por etanol grado analítico marca Merck®. Los resultados se expresaron de acuerdo con sus iniciales en inglés cómo Capacidad Antioxidante en Equivalentes Trolox (TEAC), correspondiente a μmol de Equivalentes Trolox /100 g fruta fresca, indicando la habilidad de la muestra de atrapar el radical ABTS, en relación con una solución estándar de trolox cómo compuesto de referencia, bajo las mismas condiciones experimentales (Re et al. 1999).

Para el cálculo de la capacidad antioxidante, se leyó el cambio en la absorbancia de las cinco diluciones de la muestra respecto a la referencia, luego de 30 min de reacción a una longitud de onda de 734 nm y se calculó el correspondiente porcentaje de inhibición con la aplicación de la ecuación 1.

$$\text{Porcentaje de inhibición} = 1 - \left(\frac{A_{\text{muestra}} - A_{\text{blanco}}}{AR} \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

A_{muestra} = Es la absorbancia de la muestra (con el radical presente)

A_{blanco} = Es la absorbancia del blanco (con etanol adicionado)

AR = Absorbancia de referencia (que contiene el radical y el solvente de la muestra)

Se graficó la concentración de las diluciones contra su respectivo porcentaje de inhibición y se hizo una regresión simple para hallar la concentración capaz de inhibir la mitad de los radicales libres, denominada IC50 correspondiente a la inhibición del 50% de los radicales presentes. Se calculó el IC50 en mg de fruta fresca/litro de solvente, para cada U.E. y día de postcosecha.

Los resultados de la capacidad antioxidante se expresaron en Equivalentes Trolox, para lo cual se realizó una curva patrón preparando varias concentraciones entre 0 μM y 18 μM , las cuales se hicieron reaccionar con el radical ABTS y se leyó absorbancia después de 30 min a una longitud de onda de 734 nm, se calculó el porcentaje de inhibición de cada una de las soluciones de trolox preparadas. Se realizó una curva del porcentaje de inhibición versus concentración de las soluciones de trolox y se calculó el IC50 en μmoles de trolox/litro de solvente.

Con el IC50 de la fruta expresado cómo mg de fruta fresca/litro de solvente y el IC50 del trolox en μmoles de trolox/litro de solvente, se calculó y expresó la capacidad antioxidante en Equivalentes Trolox por 100 g de fruta fresca (TEAC), mediante la ecuación 2.

$$\text{TEAC} = \frac{\text{IC50 d trolox}}{\text{IC50 del fruto}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

IC50 de trolox = concentración (moles de trolox/litro de solvente) a la cual el antioxidante trolox inhibe el 50% de los radicales libres presentes.

IC50 del fruto = concentración (mg de fruta/litro de solvente) a la cual los antioxidantes de la fruta inhiben el 50% de los radicales libres presentes (Re et al. 1999).

Concentración de compuestos fenólicos

Se cuantificaron de acuerdo con la reacción que presentaron los compuestos fenólicos con el reactivo Folin-Ciocalteu, el cual se reduce en solución alcalina de carbonato de sodio saturada (Na_2CO_3), formando un color azul, cuya absorbancia se lee a 760 nm. Se tomaron

50 μL de la muestra preparada, se adicionaron 50 μL de Na_2CO_3 de concentración del 20% (p/v) marca Merck®, 800 μL de agua destilada y 100 μL del reactivo Folin-Ciocalteu marca Merck®, se dejó una hora en reposo a condiciones de laboratorio (23 °C y 65% HR), se leyó absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro JENWAY modelo 6405 UV-Vis®. Para la curva de referencia, se utilizó ácido gálico ($\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{COOH}$), en concentración de 5 a 100 mgL^{-1} , el contenido de fenoles totales fue expresado cómo mg de ácido gálico $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3(\text{COOH})$ por 100 g de fruta fresca (Kalt 1999).

Diseño experimental

Para realizar las pruebas de actividad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos totales, se utilizaron 90 tomates de árbol, seis por día, por un periodo de 15 días postcosecha, constituyéndose cada uno en una unidad experimental (U.E.). Los frutos fueron cosechados en madurez fisiológica y transportados de inmediato en contenedores de poliestireno a los laboratorios para los respectivos análisis, las condiciones de almacenamiento fueron de 65% de humedad relativa $\pm 5\%$ y 23 °C ± 3 °C, allí se seleccionaron completamente al azar las 6 U.E. para cada día de experimentación.

Con los datos obtenidos diariamente de actividad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos totales para los frutos de tomate de árbol durante los 15 días de postcosecha, se hizo el cálculo del promedio aritmético y de la desviación estándar. Se aplicó el Análisis de Varianza (ANDEVA), para ver si existía diferencia significativa entre los días en postcosecha, con un nivel de confianza

del 95% y se graficaron las medias, de igual forma se hizo un análisis de correlación entre la actividad antioxidante y la concentración de compuestos fenólicos totales para evaluar el grado de relación entre las dos variables, utilizando el programa estadístico Statgraphic Plus versión 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad antioxidante

La tabla 1 muestra los resultados de la actividad antioxidante, el valor promedio, el valor máximo, el valor mínimo, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentaje, para los quince días de evaluación de los frutos en postcosecha.

La figura 1 muestra el comportamiento de la

actividad antioxidante con respecto a los días postcosecha, la cual no presentó diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%, lo que quiere decir que la actividad antioxidante del tomate de árbol evaluada con el método ABTS es independiente del grado de madurez del fruto, no obstante, para el día seis de postcosecha se encontró un valor promedio máximo de 9,81 μmol de Equivalentes Trolox/g de fruta fresca.

Compuestos fenólicos

La tabla 2 presenta los valores promedio obtenidos de fenoles totales, el valor máximo, el valor mínimo, la desviación estándar y el coeficiente de variación expresado en porcentaje, para los frutos de tomate de árbol durante quince días de postcosecha.

La figura 2 presenta los resultados promedio

Tabla 1. Capacidad antioxidante expresada en Equivalentes Trolox (μmol /gramo de fruta fresca) para el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) durante los 15 días de postcosecha

Tiempo (días)	Nº de muestras	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
0	6	8,79	10,36	7,23	0,83	9,51
1	6	8,12	9,68	6,55	0,99	12,27
2	6	6,93	8,50	5,36	0,37	5,43
3	6	8,78	10,35	7,21	1,00	11,45
4	6	9,25	10,82	7,68	0,40	4,41
5	6	9,78	11,35	8,22	1,06	10,40
6	6	9,81	11,37	8,24	0,71	6,73
7	6	8,03	9,60	6,46	0,62	7,79
8	6	7,65	9,22	6,09	0,52	6,81
9	6	8,39	9,96	6,82	0,42	5,07
10	6	7,94	9,51	6,37	0,93	11,26
11	6	9,62	11,19	8,06	0,84	9,19
12	6	8,69	10,26	7,12	0,51	5,87
13	6	8,27	9,84	6,71	0,37	4,48
14	6	8,11	9,68	6,54	0,42	5,17

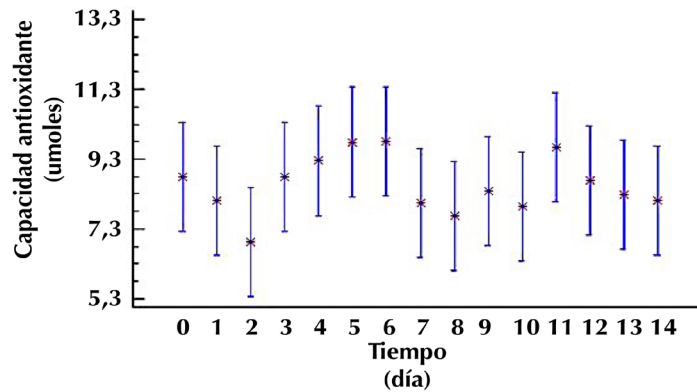


Figura 1. Actividad antioxidante medida por el método ABTS y expresada en µmol de Equivalentes Trolox/g de fruta fresca, para frutos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) almacenados a 23°C y 65% de HR en promedio. Los símbolos de color rojo representan la media y las barras verticales azules los valores ± de los intervalos de confianza a un 95% para $n=6$

Tabla 2. Fenoles totales en mg ácido gálico/g fruta fresca para el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) durante los 15 días de postcosecha

Tiempo (días)	Nº de muestras	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
0	6	0,15	0,19	0,12	0,014	9,04
1	6	0,14	0,15	0,13	0,004	2,69
2	6	0,87	1,00	0,73	0,054	6,27
3	6	1,01	1,19	0,84	0,071	6,99
4	6	0,99	1,20	0,79	0,082	8,29
5	6	0,96	0,99	0,94	0,010	1,08
6	6	1,06	1,21	0,90	0,062	5,88
7	6	1,04	1,10	0,98	0,023	2,24
8	6	1,22	1,30	1,14	0,030	2,48
9	6	1,05	1,27	0,83	0,089	8,49
10	6	0,90	1,07	0,73	0,067	7,45
11	6	0,89	0,98	0,80	0,036	4,02
12	6	0,72	0,77	0,67	0,020	2,85
13	6	0,81	0,86	0,76	0,021	2,62
14	6	0,83	0,89	0,77	0,025	3,08

para la concentración de compuestos fenólicos totales, para cada día de postcosecha, con intervalos de confianza de un 95% para seis unidades experimentales.

La figura 3 presenta la correlación entre la actividad antioxidante y la concentración de fenoles totales.

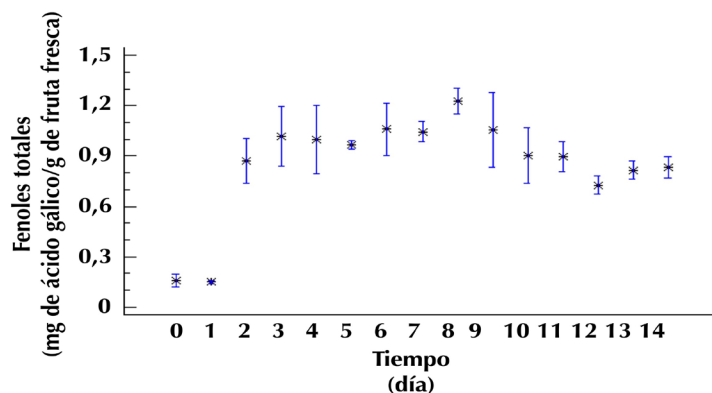


Figura 2. Concentración de compuestos fenólicos totales expresada en mg de ácido gálico por gramo de fruta fresca, para frutos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) almacenados a 23°C y 65% de HR en promedio. Los símbolos de color rojo representan la media y las barras verticales azules los valores \pm de los intervalos de confianza a un 95% para $n=6$

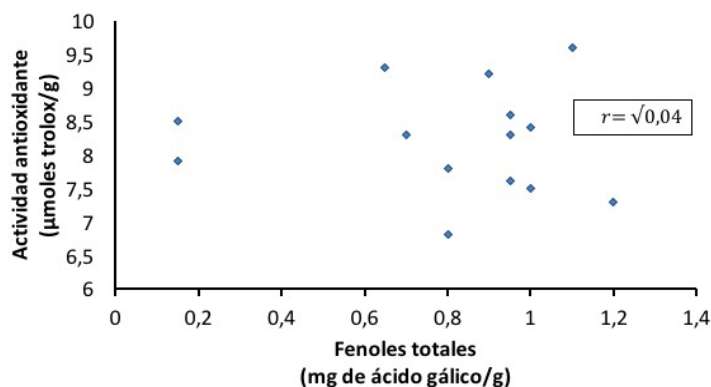


Figura 3. Correlación entre la actividad antioxidante y la concentración de fenoles totales para los frutos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) durante los 15 días de postcosecha

DISCUSIÓN

De la figura 1 se puede observar que los valores promedio de la actividad antioxidante se mantuvieron muy similares para todos los días postcosecha. Este comportamiento se evidencia con el ANDEVA, ya que no mostró diferencias significativas entre las medias con los días de maduración, aspecto que se relaciona con la estabilidad de la actividad antioxidante de los frutos de tomate de árbol durante este periodo.

Algunos investigadores manifiestan que las frutas que poseen valores de actividad antioxidante expresada en Equivalentes Trolox (TEAC) superiores a uno, son buena fuente de antioxidantes y confirman que estos vegetales han sido frecuentemente recomendados para estudios epidemiológicos, bioquímicos y nutricionales (García et al. 2004).

A partir de la evaluación de la actividad antioxidante de 28 frutas usando el radical ABTS expresando los resultados en TEAC,

García et al. (2004) encontraron que las frutas con menores valores de actividad antioxidante en μmol de equivalente Trolox/g de fruta fresca fueron, el aguacate con 1 μmoles , seguida por el higo y la pera con valores de 3 y 4 μmoles . También reportaron para fresa 163 μmoles , para arándano 187 μmoles y para la mora 192 μmoles , estas últimas como las frutas que tuvieron mayor poder antioxidante. Con los resultados encontrados para el tomate de árbol de 9,81 Equivalentes Trolox/g de fruta fresca, se pudo establecer que éste fruto presentó una actividad antioxidante intermedia (García et al. 2004).

Determinaciones de la actividad antioxidante por el método de ABTS de los 7 frutos de mayor consumo en Brasil, reportaron que la mora (*Morus nigra*), uva (*Vitis vinifera*), açai (*Euterpe oleracea* M.), guayaba (*Psidium guajaba*), piña (*Ananas comosus* L.), graviola (*Annona muricata*) y maracuyá (*Pasiflora* sp) tuvieron un poder antioxidante de 7,1; 9,2; 9,4; 3,4; 4,8; 2,0 y 2,7 μmoles de Equivalentes Trolox/g de fruta fresca, respectivamente.

Estos valores son menores a los obtenidos en el presente trabajo de investigación para el tomate de árbol en madurez de consumo correspondiente a los días 10 y 11 de postcosecha. Periodo en el cual se encontraron valores de 7,94 y 9,62 μmoles de Equivalentes Trolox/g de fruta fresca respectivamente, aspecto que posiciona al tomate de árbol como un fruto de gran potencial respecto a su capacidad antioxidante (Kuskoski et al. 2005).

En la presente investigación los valores encontrados de la actividad antioxidante en 9,81 μmoles Equivalentes Trolox/g de fruta

fresca, para el día seis de postcosecha y de 9,62 Equivalentes Trolox/g de fruta fresca para el día 11 de postcosecha, fueron superiores a los reportados por Ordóñez et al. (2005) quienes utilizaron también la técnica ABTS, lo anterior probablemente debido al cultivar, a las condiciones fenotípicas y a la presencia de componentes polares como la vitamina C y antocianinas además de compuestos no polares como carotenoides (licopenos, carotenos) y vitamina E.

En la figura 2 se puede observar que hay un crecimiento acelerado de los compuestos fenólicos totales en los primeros ocho días, presentando para el día nueve su máximo contenido correspondiente 1,22 mg ácido gálico/g fruta fresca, este valor coincide con las mejores características sensoriales de color, aroma y sabor del fruto de tomate de árbol durante su periodo de postcosecha (Otero 2008).

El incremento en el contenido de fenoles totales puede ser atribuido probablemente a la concentración de sustancias como antocianinas y leucoantocianinas que aparecen con la madurez del vegetal (Re et al. 1999; Strail et al. 2007). Luego del octavo día de postcosecha se presentó una tendencia decreciente debido a la oxidación de algunas sustancias fenólicas por la acción de la isoenzima polifenoloxidasas, la cual aumenta su concentración con la madurez del fruto. Esto posiblemente causó la degradación de algunos de los compuestos fenólicos presentes y la disminución de sustancias activas con la sobremadurez del vegetal (Bautista et al. 2005).

Algunos Investigadores afirman que el contenido de fenoles totales depende de varios factores, como: la variedad, la estacionalidad, el índice de madurez, las condiciones vegetativas del cultivo (especialmente del contenido de nutrientes y la intensidad de radiación solar), el estado de salud de la fruta, los métodos de almacenamiento, entre otros (Repo y Encina 2008). Kuskoski et al. (2005) determinaron el contenido de fenoles totales por el método de Folin Ciocalteu a las frutas de mayor consumo en Brasil en grado de madurez de consumo; sus resultados fueron expresados en mg de ácido gálico/100 g de fruta fresca, encontrando para: la guayaba (*Psidium guajava*), la piña (*Ananas comosus* L.), el cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) y el maracuyá (*Passiflora sp*), contenido de fenoles totales de 83; 21,7; 20,5 y 20 mg. Dichos valores fueron inferiores al alcanzado por el tomate de árbol después del segundo día postcosecha de 87 mg de ácido gálico/100 g de fruta fresca. Los autores afirman que los frutos que superaron al tomate de árbol en cuanto a su concentración de compuestos fenólicos, fueron aquellos, cuyos contenidos de antocianinas totales, fueron mayores al valor promedio reportado para el tomate de árbol de 7,4 mg de antocianinas/100 g de fruta fresca, como la mora (*Morus nigra*) con 118 mg, uva (*Vitis vinifera*) con 117 mg, acaí (*Euterpe Oleracea*) con 136 mg, fresa (*Fragaria vesca* var.) con 132 mg, acerola (*Malpighia glabra* L.) con 580 mg y mango (*Mangifera indica* L.) con 544 mg de ácido gálico/100 g de fruta fresca (Osorio et al. 2007).

Algunos investigadores plantean que no existe correlación de la actividad antioxidante con respecto a la concentración de compuestos fenólicos totales durante la postcosecha

de los frutos (Strail et al. 2007; García et al. 2004). Mientras autores como Murillo (2006) han encontrado correlación directa entre la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales (Kuskoski et al. 2005; Márquez et al. 2007).

De acuerdo a la figura 3 se puede evidenciar que no se encontró relación directa entre la actividad antioxidante y la concentración de fenoles totales durante la etapa de postcosecha para los frutos de tomate de árbol, el coeficiente de correlación encontrado fue de ($r = \sqrt{0,04}$), con lo cual se infiere que no existe dependencia entre las variables, por lo tanto probablemente la actividad antioxidante involucre compuestos del tipo flavonoides, antocianinas, licopenos, carotenos y vitaminas especialmente la C, entre otros (Moo et al. 2014).

La estabilidad de la capacidad antioxidante fue evaluada para algunas frutas tropicales frescas almacenadas durante seis meses en congelación a temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y procesadas en bebidas almacenadas durante 10 días a temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, encontrando estabilidad con respecto a la actividad antioxidante (Reque et al. 2014).

Entre otros usos del tomate de árbol y su importante potencial antioxidante, se destaca la aplicación de éste fruto como agente protector para la oxidación lipídica de carne de res cocida (Castro et al. 2013).

CONCLUSIONES

El tomate de árbol presentó el máximo valor de su actividad antioxidante en el día seis de postcosecha, no se encontraron diferencias

significativas para los valores promedio de ésta variable durante los días posrecolección con un nivel de confianza del 95%. La máxima concentración de compuestos fenólicos para el tomate de árbol se encontró en el día nueve de postcosecha, correspondiente con la madurez de consumo del fruto.

No se encontró correlación entre la actividad antioxidante y la concentración de fenoles totales para el tomate de árbol durante el periodo de postcosecha. De acuerdo a los resultados encontrados, el tomate de árbol se puede clasificar como un fruto de alta actividad antioxidante y buena concentración de compuestos fenólicos totales.

REFERENCIAS

- Bautista, R., Arévalo, M., Saucedo, C. y Martínez, D. 2005.** Proceso de maduración de chicozapote (*Manilkara sapota* Royen) tipo fino. Revista Chapingo México, D.F. 11(2):387-391.
- Castro, H., Benelli, P., Ferreira, S. and Parada, F. 2013.** Supercritical fluid extracts from tamarillo (*Solanum betaceum* S.) epicarp and its application as protectors against lipid oxidation of cooked beef meat. The Journal of Supercritical Fluids 76:17-23.
- García, M., De Pascual, T., Santos, B. and Rivas, G. 2004.** Evaluation of the antioxidant properties of fruits. Food Chem 84:13-18.
- Hollman, P., Hertog, M. and Katan, M. 1996.** Analysis and health effects of flavonoids. Food Chem. 57: 43-46.
- Huang, D., Ou, B. and Prior, R. 2005.** The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal Agricultural Food Chemistry 53:1841-1856.
- Instituto colombiano de normas técnicas. 1997.** Icontec. NTC – 4105p.
- Kalt, W. and Dufour, D. 1997.** Health functionality of blueberries. Hortechnolog 7:216-221.
- Kalt, W. 1999.** Antioxidant capacity, phenolics and antocyanin after fresh storage of small fruits. En: J. Agric Food Chem 47:4638-4644.
- Kuskoski, M., Asuero, A., Troncoso, A. y Mancinifilho, J. 2005.** Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Ciencia y tecnología de alimentos 25(4):1-12.
- Márquez, L., Torres, F. y Pretell, V. 2007.** Antocianinas totales, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpas de frutas. Revista oficial de la Universidad Antenor Orrego 18(2):209-213.
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Bogotá, D.C. 2014.**
- Moo, H., Estrada, V., Estrada, I., Cuevas, R., Ortiz, L., Vargas E., Vargas M., Betancur, D. and Saur, E. 2014.** Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. FoodChemistry 152:508-515.

- Murillo, F. 2006.** Actividad antioxidante "in Vitro" de las bebidas de frutas. Universidad de Panamá, Instituto de Alimentación y Nutrición (IANUT), Laboratorio Bioquímica de Alimentos y Nutrición.
- Ordóñez, R., Vattuone, M. and Isla, M. 2005.** Changes in carbohydrate content and related enzyme activity during (*Cyphomandra betacea* Sendt) fruit maturation. *Postharvest Biology and Technology* 35:293-301.
- Osorio, C., Franco, M., Castaño, M., González, M., Heredia, F. and Morales, A. 2007.** Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8:353-359.
- Otero, E. 2008.** Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y micro estructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S) en poscosecha. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Reque P., Steffens, R., Jablonski, A., Flôres, S., Rios, A. and De Jong, E. 2014.** Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruit and juice: Anthocyanin stability and antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis* 33:111-116.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice, C. 1999.** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26:1231-1237.
- Repo, R. y Encina, C. 2008.** Determinación de la actividad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev. Soc. Quim. Perú* 74:108-124.
- Strail, P., Klejdus, B. and Kubán, V. 2007.** Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta* 71:1741-1751.
- Velioglu, Y., Mazza, G., Gao, L. and Omah, BD. 1998.** Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 46:4113-4117.
- Yang, C., Landau, J., Huang, M. and Newmark, H. 2001.** Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annu. Rev. Nutr* 21:381-406.
- Zapata, S., Piedrahita, A. y Rojano, B. 2014.** Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspect. Nutr. Humana* 16:25-36.