

Efecto del ácido cítrico sobre la madurez del tomate de árbol

Effect of citric acid on tree tomato maturity

M.J. Moreno-Álvarez², M.G. Pinto, D. García Pantaleón y
D.R. Belén-Camacho

Universidad Simón Rodríguez, Carrera de Ingeniería de Alimentos,
núcleo Canoabo, Laboratorio de Biomoléculas, Canoabo, estado
Carabobo, carretera nacional vía Urama, Venezuela.

Resumen

El tomate de árbol *Cyphomandra betacea* Sendth, pertenece a la Familia Solanaceae, es un fruto que se caracteriza por su importante contenido de vitamina A. En Venezuela su utilización está restringida a su consumo como fruto fresco. En el proceso de comercialización del fruto existen importantes pérdidas por falta de un adecuado manejo. En esta investigación se estudió el efecto que produjo el ácido cítrico en el periodo post-cosecha para prolongar un mayor tiempo de comercialización empleando frutos provenientes de la Colonia Tovar, estado Aragua, Venezuela y cosechados en el mes de abril del 2002. Para ello se destinaron Tratamientos I, II y III con 0,5, 1 y 2% de ácido cítrico, respectivamente y control (agua destilada). Se evaluaron parámetros físicos químicos (pH, acidez titulable, °Brix e índice de madurez), bioquímicos (antocianinas, carotenoides y clorofilas) y fisiológicos (CO₂) en función del tiempo, con la finalidad de determinar cual es el mejor tratamiento. Los tratamientos evaluados presentaron diferencias significativas (P<0,05). El mejor resultado se obtuvo mediante el uso de ácido cítrico al 2% ya que logró mantener las mayores concentraciones de pigmentos con pocas variaciones en el tiempo, menores valores de índice de madurez; además logró disminuir con mayor efectividad la tasa de respiración en un 16,5%, aumentando así el tiempo de vida útil del fruto en 6 días con respecto a los frutos considerados como controles.

Palabras clave: tomate de árbol, ácido cítrico, respiración, maduración.

Abstract

Tree tomato (*Cyphomandra betacea* Sendth) is a fruit with very high contents of vitamin A. In Venezuela it is used for consumption as fresh fruit. The commercial process generates important losses by inadequate handling after harvested. In this research, effect of citric acid application at post harvest period for enlarging a higher commercialization time was evaluated by using fruits from Colonia Tovar, Aragua state, Venezuela. These fruits were harvested in April, 2002. Three immersion treatments with different proportions of citric acid were used: treatments I, II and III (with 0.5%, 1%, 2% (w/v respectively), and a control without citric acid (distilled water). Physical and chemical (pH, labeled acidity, °Brix and ripening index), biochemical (anthocyanine, carotenoid and chlorophyll) and physiological (CO₂ produced) parameters were evaluated in function of time, with the purpose of determining the best treatment. Treatments showed significant differences ($P < 0.05$). Treatment III presented the highest pigment concentrations with low variations on time, a respiration rate of 16.5% lower than control, by increasing the useful life time of fruit in comparison to those considered as control.

Key word: Tree tomato, citric acid, respiration, maturation.

Introducción

El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt), pertenece a la Familia Solanaceae, es nativo de la región andina del Perú, cultivado en forma comercial en Nueva Zelanda, Colombia y Ecuador (4, 28). Requiere para su cultivo de climas frescos y suelos húmedos, por ello en Venezuela se cultiva en las regiones andinas y en la Colonia Tovar (10, 21). En el proceso de comercialización de la fruta fresca existen importantes pérdidas por falta de un adecuado manejo, ya que ésta madura con gran rapidez durante su transporte y distribución a los centros de comercialización. De igual manera, algunos factores tales como las prácticas de cultivo, el clima y composición del suelo, influyen considerablemente en el rendimiento y caracterís-

Introduction

Tree tomato (*Cyphomandra betacea* Sendt), Solanaceae family, come from Peru, cultivated as a commercial way in New Zealand, Colombia and Ecuador (4, 28). For its cultivation, it requires of fresh climates and humid soils. So, in Venezuela it is cultivated at Colonia Tovar and Andine region (10, 21). In commercialization process of fresh fruit there is important losses because of lack of an adequate management, since its ripening is faster during transportation and distribution to commercialization centers. In the same way, some factors as cultivation practice, climate and soil composition, influencing on yield and the physical and chemical characteristics (6, 11). El-Zeffawi *et al.* (11), pointed out the necessity of establishing some

ticas físicas químicas (6, 11). El – Zeftawi *et al.*, (11), señalan la necesidad de establecer algunas medidas prácticas para evaluar su maduración en la poscosecha, cambios pigmentarios y aceptabilidad del consumo como fruta fresca, por lo que se requiere la utilización de algunos métodos o técnicas orientadas hacia la conservación del fruto, aumentando así el período o tiempo de maduración poscosecha y controlando los cambios pigmentarios ocurridos durante dicho período.

La utilización del ácido cítrico en prácticas de conservación de los alimentos es muy variada, al respecto algunos autores lo señalan como agente anti-pardeamiento en «slices» de frutas (24) y en la reducción de la tasa de respiración en zanahorias recién cortadas (19,27). Dorko (9) determinó que inhibe procesos respiratorios y presenta una actividad antioxidante. Se ha descrito que el ácido cítrico inhibe la actividad de la fosfofructokinasa (PFK) purificada (3,7) la cual cataliza la fosforilación de la fructosa 6-fosfato a fructosa 1,6 bifosfato en la vía sendero glicólica del metabolismo respiratorio y se ha indicado que esta enzima juega un papel importante en el control de la glicólisis (20,26).

Hernández y Moreno-Álvarez (15) evaluaron algunos métodos de secado y tratamientos con inmersión en diferentes concentraciones de ácido cítrico sobre la cuantificación de los carotenoides totales provenientes del pericarpio del *C. betacea*, y determinaron que el ácido cítrico presentó un efecto protector sobre la degradación

practice measures for evaluating ripening in post-harvest, pigment changes and consumption acceptability as fresh fruit. Thus, the use of some methods or techniques guided to the fruit conservation, by increasing the post-harvest ripening time and by controlling the pigment changes occurred during this period.

Use of citric acid in conservation of foods practices is so varied, some authors says that it is an anti-brownish agent in fruit slices (24) and on respiration rate reduction in carrots recently cuts (19, 27). Dorko (9) determined that citric acid inhibits purified phosphofructokinase (PFK) activity, which catalyzes the fructose phosphorylation 6-phosphate to fructose 1.6 bi phosphate in the glycolic way of respiratory metabolism; this enzyme play an important role on glycol control (20, 26).

Hernandez and Moreno-Alvarez (15) evaluated some dried methods and immersion treatments in different concentrations of citric acid on the total carotenoid quantification from *C. betacea* pericarp and determined that citric acid showed a protector effect on carotenoid degradation. In the consulted literature, there is no information about the effect of citric acid on fruits and its role as ripening retardant in post harvest handling of entire fruits; for this reason, this research has as purpose the evaluation of different concentrations of citric acid in the maturity process of entire fruits. Analysis of physical, chemical, biochemical and physiological parameters were carried out for

de los carotenoides. En la literatura consultada, no se encuentra información sobre el efecto del ácido cítrico sobre frutos y su papel como retardante de maduración en manejos poscosecha; razón por cual en esta investigación se planteó como objetivo evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico en los procesos de madures de frutos enteros. Para ello se efectuaron análisis de parámetros fisicoquímicos, bioquímicos y fisiológicos que permitieran determinar el tratamiento más adecuado para aumentar la vida útil del tomate de árbol, durante el periodo poscosecha.

Materiales y métodos

Etapas preliminares

Se seleccionaron frutos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt variedad roja) en estado pintón, mediante un muestreo de selección dirigida, utilizando como criterio adicional que no presentaron daño físico aparente, que pertenecieran a una misma variedad (roja), provenientes de la Colonia Tovar, estado Aragua, Venezuela y cosechados en el mes de abril del 2002. El peso total del lote fue de 10,00 $\pm$ 0,12 kg. El peso promedio de los frutos fue de 74,37 $\pm$ 0,30 g. Los diámetros promedios meridionales y ecuatoriales fueron de 60,56 mm y 46,09 mm, respectivamente. El transporte de frutos al laboratorio de Biomoléculas, Distrito Bejuma, municipio Canoabo, Venezuela se realizó en cajas de cartón previamente acondicionadas para tal fin (la distancia del sitio de muestreo al lugar de estudio son aproximadamente 90 kilómetros), bajo condiciones

estableciendo the more adequate treatment for increasing the useful life of the tree tomato during the post harvest time.

Materials and methods

Preliminary stages

Tree tomato (*Cyphomandra betacea* Sendt, red variety) fruits (partially ripe state) were selected by a sent selection sampling by using as additional criterion, the absence of apparent physic damage, the belonging of a same variety (red), from Colonia Tovar, Aragua state, Venezuela, harvested in April 2002, The total weight was of 10.00 $\pm$ 0.12 kg. Mean weight of fruits was 74.37 $\pm$ 0.30 g. Mean meridian and equatorial diameters were of 60.56 mm and 46.09 mm, respectively. Transportation of fruits to the Bio molecules Lab., Distrito Bejuma, Canoabo municipality, Venezuela was made in a cardboard box previously conditioned for that (distance from sampling location to study place is of 90 km approximately), by following conditions established in other researches by Hernandez and Moreno-Alvarez (15). From fruits taken to the laboratory, a second selection was made by a trained panel that guarantee all tomatoes belonged to the same class of intermediate ripening stage (partially ripe). Fruits were cleaned with water, by rubbing the surface in a manual way with the purpose of eliminating any powder rest and other substances could be added. After, fruits were dried with absorbent paper.

Physical and chemical analysis of fruits

establecidas en otras investigaciones por Hernández y Moreno-Álvarez, (15). De los frutos llevados al laboratorio se realizó una segunda selección mediante un panel entrenado que garantizara que todos los tomates pertenecían a la misma clase de estado de madurez intermedia (pintón). Los frutos se lavaron con agua corriente, frotando la superficie manualmente con el fin de eliminar resto de polvo y otras sustancias extrañas que pudieran estar adheridas. Posteriormente, se procedió a secarlos con papel absorbente.

Análisis físico químico de los frutos

Se determinó la acidez titulable, expresada como g de ácido cítrico/100 g de pulpa fresca mediante metodología AOAC (2). Los sólidos solubles (SST) se expresaron como °Brix y se evaluaron utilizando un refractómetro Baush & Lomb modelo ABBE-3L. El pH se determinó empleando potenciometría común HANNA Instruments, modelo pHep® 1. El índice de madurez se calculó mediante relación SST/acidez. El contenido de carotenoides se evaluó mediante curva de calibración Y: $0,029 + 38,138 X$ a 440 nm con un espectrofotómetro marca Baush & Lomb, modelo Spectronic 20, mediante la metodología descrita por Hernández y Moreno-Álvarez (15) y se expresaron como mg de carotenoides totales.g⁻¹ de pericarpio. El contenido de clorofila total se evaluó según procedimiento establecido por Alborno (1) y se expresaron como mg clorofila.mL⁻¹. Para la evaluación del contenido de antocianinas totales se utilizó el procedimiento descrito por García *et al.* (13), para ello se peso 1 g

Labeled acidity was determined, expressed as g of citric acid/100 g of fresh pulp through AOAC methodology (2). Soluble solids (SS) were expressed as °Brix and were evaluated by using a refractometer Baush & Lomb ABBE-3L model. pH was established by using common potentiometry by spectrophotometry with Hanna instruments model pHep® 1. Ripening index was calculated through the relationship SS/acidity. Carotenoids content was evaluation by the calibration curve Y: $0.029 + 38.138 X$ to 440 nm with a spectrometer Baush & Lomb model Spectronic 20 through methodology described by Hernandez and Moreno-Alvarez (15) and were expressed as mg of total carotenoids.g⁻¹ of pericarp. Total chlorophyll was evaluated by procedure established by Alborno (1) and was expressed as mg chlorophyll.mL⁻¹. Total anthocyanine content evaluation was accomplished by procedure described by Garcia *et al.*, (13). A g of pulp was weighed and extracted in 100 mL of acidified methanol with HCl to 1% v/v by triplicate. Extracts were filtered at vacuum in porcelain funnel (PIREX® USA, No 36060.15 mL, ASTM 10-15 M) in a complete obscurity. Filtrate was taken to a final volume of 100 mL in an volumetric ball. Total anthocyanine content was determined to 520 nm by Spectronic 20 (Baush & Lomb) according to procedure described by Diaz *et al.* (8) expressed as g of pelargonidine – 3 – glucoside ($E^{1\text{cm}} 1\%: 31.600 \text{ L.cm}^{-1} \text{ mol}$ and pm: 433.2 g mol^{-1}).kg of pulp⁻¹. All parameters evaluated were evaluated by triplicate.

de pulpa y se extrajo en 100 mL de metanol acidificado con HCl al 1% v/v por triplicado. Los extractos se filtraron al vacío en embudos de porcelana (PIREX® USA, No 36060.15 mL, ASTM 10-15 M) en completa oscuridad. El filtrado se enrasó a un volumen final de 100 mL en un balón aforado. El contenido de antocianinas totales se determinó a 520 nm empleando un Spectronic 20 (Baush & Lomb) según el procedimiento descrito por Díaz *et al.*, (8), expresado como g de pelargonidina – 3 – glucósido ($E^{1\text{ cm}}_{1\%}$: 31.600 L.cm⁻¹ mol y pm: 433,2 g.mol⁻¹).kg de pulpa⁻¹. Todos los parámetros evaluados se analizaron por triplicado.

Evaluación de los diferentes tratamientos de inmersión con ácido cítrico

Se efectuaron tratamientos de inmersión durante 30 minutos en diferentes soluciones de ácido cítrico (Tratamiento I 0,5%, Tratamiento II 1%, Tratamiento III 2% y Tratamiento IV Control (agua destilada). Se utilizó un total de 96 frutos distribuidos a razón de 24 por tratamiento y se dispusieron separadamente en envases de vidrio de 4 L de capacidad (previamente esterilizados) con 500 mL de ácido cítrico en diferentes proporciones, utilizando 3 repeticiones de 8 unidades cada una por tratamiento; en el tratamiento IV, la inmersión de los frutos se realizó en 500 mL de agua destilada. Una vez transcurridos el tiempo de inmersión, se procedió a someter a los frutos a un secado al ambiente para así continuar con el procedimiento experimental, bajo una humedad relativa de 80% y una temperatura de 30°C, (simulando las condiciones de almacenamiento sin refri-

Immersion treatments different evaluation with citric acid

Immersion treatments were made during 30 minutes in different citric acid solutions (treatment I 0.5%, Treatment II 1%, Treatment III 2% and Treatment IV Control (distilled water). A total of 96 fruits distributed at a reason of 24 by treatment and it were located separately in glass bottle of 4 L capacity (previously sterilized) with 500 ml of citric acid in different proportions, by using 3 replications of 8 units by treatment; in the treatment IV, fruits were immersed in 500 ml of distilled water. Once time immersion occurred, fruits were dried to environment for continuing with the experimental procedure, under relative moisture of 80% and a temperature of 30°C (by simulating the storage conditions without refrigeration used for commercialization of these fruits by craft expenders in Carabobo and Aragua states, Venezuela). After 24 hours it were evaluated: labeled acidity, °Brix and ripening index, chlorophyll, carotenoid and anthocyanins by laws and procedures established previously in the evaluation of prime matter. Same evaluation was accomplished at 48, 96, 144, 192 and 240 h by using a fruit by replicate for a total of three by treatment.

Fruit respiration evaluation

In a parallel experiment 3 fruits were immersed (each one by duplicate) for being used during respiration process in the same solutions at the same time of previous experiment. For the beginning of process, KOH was

geración efectuados para la comercialización de estos frutos por los expendedores artesanales en los estados Carabobo y Aragua, Venezuela). Transcurridas las primeras 24 horas, se evaluó: pH, acidez titulable, °Brix e índice de madurez, clorofilas, carotenoides y antocianinas mediante normas y procedimientos establecidos con anterioridad en la evaluación de la materia prima. La misma evaluación se realizó a las 48, 96, 144, 192 y 240 h utilizando un fruto por replica para un total de tres por tratamiento.

Evaluación de la respiración de los frutos

En un experimento paralelo se sumergieron 3 frutos (cada uno por duplicado) para ser utilizados durante el proceso de respiración en las mismas soluciones y por el mismo tiempo que el experimento anterior. Para el inicio del proceso, se preparó KOH al 2% con la finalidad de atrapar el CO₂ que lleva el aire y eliminarlo. Posteriormente, se acondicionó el frasco cuya función es de cámara de humedad relativa saturada, con agua destilada con azúcar al 20% (libre de CO₂). Los frutos se colocaron en el frasco de vidrio, debidamente identificado y con su respectiva tapa. Al frasco lavador de gases final, se les incorporó una solución de NaOH al 10%. Terminado el montaje, se encendió la bomba de oxígeno y se reportó la hora de inicio. Se tomaron alícuotas a las 24, 48, 96, 144, 192 y 240 horas con la finalidad de determinar los mg CO₂.kg.h⁻¹, utilizando el método de valoración por retroceso, se tomaron alícuotas del frasco de NaOH al 10% haciendo diluciones de 1:20; 10 mL de

prepared to 2% with the purpose of preparing CO₂ conducted by air and eliminate it. After, the bottle that serves as relative moisture chamber was conditioned by using distilled water with sugar to 20% (CO₂ free). Fruits were placed at glass bottle, previously identified and closed. To the final gases washer bottle, a solution of NaOH to 10% was added. Once the work finished, oxygen bomb was turned on and the beginning time was reported. Aliquots were taken at 24, 48, 96, 144, 192 and 240 hours with the purpose of determining the mg CO₂.kg.h⁻¹, by using the back-titration method. Aliquots were taken from NaOH bottle to 10% making dilutions to 1:20; 10 mL of this solution was valued with HCl 0.05 N by using phenolphthalein, mL quantity of HCl used shows the alkalinity. The same sample continues valuating in presence of methyl orange until color change, showing the medium acidification. This procedure was made by triplicate according to protocol described by Pinto (23).

Statistical analysis

Results of each of treatments were evaluated by analysis of variance of 1 way and Tukey test (P<0.05) by using the statistical program SAS (25).

Results and discussion

Physical chemical analysis and pigments in tomato tree fruits

Results of the physical and chemical evaluation of tomato tree fruits are shown in table 1 being similar the parameters: moisture, pH,

esta solución fue valorada con HCl 0,05 N utilizando como indicador fenolftaleína, la cantidad de mL de HCl gastada indican la alcalinidad. La misma muestra se continúa valorando en presencia de naranja de metilo hasta el viraje de color, indicando así la acidificación del medio. Dicho procedimiento se efectuó por triplicado según el protocolo descrito por Pinto (23).

Análisis estadísticos

Los resultados de cada uno de los tratamientos se evaluaron mediante análisis de varianza de una vía y prueba de Tukey ($P < 0,05$) utilizando el paquete estadístico SAS (25).

Resultados y discusión

Análisis físico químico y de pigmentos en los frutos de tomate de árbol

Los resultados de la evaluación físico química de los frutos de tomate de árbol se presentan en el cuadro 1, siendo similares los parámetros: humedad, pH, acidez, sólidos solubles e índice de madurez a los señalados por Moreno-Álvarez *et al.* (21) y Hernández y Moreno-Álvarez (15) para frutos cosechados en la misma localidad geográfica. Se determinaron valores de 0,026 mg de carotenoides totales.g⁻¹ pericarpio, 0,42 g pelargonidina 3-glucósido.kg⁻¹ y 0,22 mg clorofila total.mL⁻¹. Vascones (28), señala que este fruto es una fuente no tradicional que puede llegar a proporcionar una gran variedad de sustancias colorantes que no muestran los riesgos de toxicidad que presentan los colorantes artificiales; así mismo, se considera una fruta rica en

acidity, soluble solids and ripening index to those reported by Moreno-Alvarez *et al.* (21) and Hernandez and Moreno-Alvarez (15) for fruits harvested in the same geographical location. Values of 0.026 mg of total carotenoids.g⁻¹ pericarp, 0.42 g pelargonidine 3 glucoside.kg⁻¹ and 0.22 mg of total chlorophyll.mL⁻¹ were determined. Vascones (28) establish that this fruit is a no traditional source that could proportion a great variety of coloring substances that does not shows the toxicity risks that artificial colorants have; thus, it is a fruit rich in minerals, especially in calcium, phosphorus and iron. This fruit is characterized for containing adequate levels of vitamin A, B6, C and E (17), the last one gives the property of being antioxidant.

Physical and chemical parameters evaluated during essay

In the table 2 it is showed the results of the physical and chemical evaluations during the essay. pH values for each treatment oscillate between 3.8-4.1, whereas the labeled acidity showed a mean value of 2.07 g citric acid/100 g pulp. It have established that the total acidity in tomatoes increase during development and reach a maximum at incipient red stage, after decrease in a gradual way with more advanced maturation stages, its pH increase and sometimes it remains constant if the total acidity variation it is no significative (14). Fruits analyzed at first essay day do not showed significative differences in physical and chemical characters evaluated, which indicate that samples were homogenous ($P > 0.05$). After second

Cuadro 1. Evaluación físico química y de pigmentos en frutos de tomate árbol¹.**Table 1. Physical and chemical evaluation of pigments in tree tomato fruits.**

Parámetro	Valor
Acidez (%) [*]	2,12 ± 0,20
pH	3,80 ± 0,10
Sólidos solubles(SST)	11,0 ± 0,1
Clorofilas totales +	0,220 ± 0,01
Carotenoides totales **	0,026 ± 0,01
Antocianinas totales ++	0,42 ± 0,01
Índice de madurez.(SST/Acidez)	5,18 ± 0,06

¹Valor promedio de tres repeticiones

± SD

^{*} g de ácido cítrico/100 g de pulpa).

+ mg Clorofila total/mL.

^{**} mg/g pericarpio.

++ g pelargonidina-3-glucósido/kg.

minerales, especialmente en calcio, fósforo y hierro. Este fruto se caracteriza por contener adecuados niveles de vitamina A, B6, C y E (17), esta última le da la propiedad de ser antioxidante.

Parámetros físicos químicos evaluados durante el ensayo

En el cuadro 2 se presenta los resultados de las evaluaciones físicos químicos durante el ensayo. Los valores de pH para cada tratamiento oscilan entre 3,8-4,1, mientras que la acidez titulable presentó un promedio de 2,07 g ácido cítrico/100 g de pulpa. Se ha señalado que la acidez total en tomates se incrementa durante el desarrollo y alcanza un máximo en el estado de rojo incipiente y después disminuye gradualmente con estados más avanzados de maduración, por lo que su pH va en aumento y en algunas oca-

evaluation, fruits showed significative differences. 48 hours after, significative differences were detected ($P<0.05$) between treatments by forming two homogeneous groups, the first one with treatment I, III and control, and the other one, with treatment II. From 96 hours all treatments were homogeneous; these results must be associated to ripening maximum degree reached by tomatoes at this time. A different behavior for other fruits has been established and it has been understood as increases on organic acid synthesis of tricarboxylic acids cycle (16).

Significative differences were determined for soluble solids parameters at 48 hours ($P<0.05$), by showing the formation of three homogeneous groups formed by

Cuadro 2. Resultados obtenidos de la caracterización físico-química de los frutos sometidos al tratamiento de inmersión en soluciones de ácido cítrico a diferentes concentraciones[†].

Table 2. Results obtained of the physical and chemical characterization of fruits submitted to immersion treatment in citric acid solutions to different concentrations[†].

P	Tiempo de análisis para cada tratamiento en horas											
	24				48				96			
	T1	T2	T3	C	T1	T2	T3	C	T1	T2	T3	
pH	3,8±0,1 ^a	3,8±0,1 ^a	3,8±0,1 ^a	3,8±0,1 ^a	3,8±0,1 ^b	4,0±0,1 ^a	3,8±0,1 ^b	3,8±0,1 ^b	3,9±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	
SSST	7,0±0,1 ^a	7,0±0,1 ^a	7,0±0,1 ^a	7,0±0,1 ^a	8,0±0,2 ^b	7,0±0,1 ^c	7,0±0,1 ^c	9,0±0,1 ^a	9,0±0,1 ^b	8,0±0,1 ^c	8,0±0,1 ^c	
A	3,31±0,06 ^a	3,31±0,06 ^a	3,31±0,06 ^a	3,31±0,10 ^a	2,79±0,10 ^a	2,53±0,10 ^c	2,58±0,10 ^b	2,01±0,10 ^d	2,63±0,10 ^a	2,43±0,10 ^b	2,17±0,10 ^c	
I. M.	2,11±0,10 ^a	2,11±0,10 ^a	2,11±0,10 ^a	2,11±0,06 ^a	2,81±0,10 ^c	2,79±0,10 ^c	2,93±0,10 ^b	4,48±0,06 ^a	3,42±0,10 ^c	3,29±0,10 ^d	3,69±0,10 ^b	

P: Parámetros.

Números en el subíndice indican el tratamiento realizado

T 1: Ácido cítrico al 0,5 %.

T 2: Ácido cítrico al 1%.

T 3: Ácido cítrico al 2%.

C: Control (no se pudo evaluar después de las 144 h, debido al deterioro de los frutos)

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas (Tukey, < 0,05)

SST: Sólidos solubles expresado como °Brix.

A: Acidez titulable (g de ácido cítrico/ 100 g de pulpa)

I. M.: Índice de madurez (°Brix/acidez titulable)

+ Valores promedios de tres determinaciones

Cuadro 2. Resultados obtenidos de la caracterización físico-química de los frutos sometidos al tratamiento de inmersión en soluciones de ácido cítrico a diferentes concentraciones⁺ (Continuación).

Table 2. Results obtained of the physical and chemical characterization of fruits submitted to immersion treatment in citric acid solutions to different concentrations⁺ (Continuation).

P	Tiempo de análisis para cada tratamiento en horas									
	144			192			240			T3
	C	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	
pH	4,0±0,1 ^a	3,9±0,1 ^b	4,0±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	4,1±0,1 ^a	4,0±0,1 ^a	4,1±0,1 ^a	4,1±0,1 ^a
SST	10,0±0,1 ^a	9,0±0,1 ^a	8,0±0,1 ^b	9,0±0,1 ^a	10,0±0,1 ^a	8,0±0,1 ^b	9,0±0,1 ^b	11,0±0,1 ^a	9,0±0,1 ^b	11,0±0,1 ^a
A	1,91±0,10 ^d	2,53±0,10 ^a	2,12±0,10 ^b	2,12±0,10 ^b	2,12±0,10 ^a	2,07±0,10 ^b	1,97±0,10 ^c	1,91±0,10 ^a	1,50±0,10 ^b	1,81±0,10 ^c
I. M.	5,24±0,06 ^a	3,76±0,10 ^b	3,77±0,10 ^b	4,26±0,10 ^a	4,72±0,06 ^a	3,86±0,10 ^b	4,71±0,10 ^a	5,76±0,06 ^c	6,92±0,06 ^a	6,08±0,06 ^b

P: Parámetros.

Números en el subíndice indican el tratamiento realizado

T 1: Ácido cítrico al 0,5%.

T 2: Ácido cítrico al 1%.

T 3: Ácido cítrico al 2%.

C: Control (no se pudo evaluar después de las 144 h, debido al deterioro de los frutos)

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas (Tukey, < 0,05)

SST: Sólidos solubles expresado como °Brix.

A: Acidez titulable (g de ácido cítrico/ 100 g de pulpa)

I. M.: Índice de madurez (°Brix/acidez titulable)

+ Valores promedios de tres determinaciones

siones permanece constante si la variación en la acidez total no es muy significativa (14). Los frutos analizados en el primer día del ensayo no presentaron diferencias significativas en los parámetros físicos químicos evaluados, lo que indicó que las muestras eran homogéneas ($P > 0,05$). En cambio presentaron diferencias significativas después de la segunda evaluación. Transcurridas las 48 horas se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos formándose dos grupos homogéneos, uno constituido por los tratamientos I, III y el control y el otro formado por el tratamiento II. A partir de las 96 horas, todos los tratamientos fueron homogéneos; estos resultados deben estar asociados a que los tomates alcanzaron en ese lapso el grado máximo de madurez. Se ha establecido un comportamiento diferente para otras frutas y se ha interpretado como aumentos en la síntesis de ácidos orgánicos del ciclo de los ácidos tricarbónicos (16).

A partir de las 48 horas se determinaron diferencias significativas para el parámetro sólidos solubles ($P < 0,05$), evidenciándose la formación de tres grupos homogéneos constituidos por los tratamientos 1 y 2%, el tratamiento 0,5% y el control. De igual manera, se detectó que el control presentó los valores más altos con respecto a los tratamientos; hecho similar se observó a las 144 horas. Estos resultados sugieren que el ácido cítrico ocasionó una inhibición en la producción de sólidos solubles, resultados que se corroboran al observar el comportamiento del fruto control, el cual aumentó en forma progresiva en el tiempo

treatment 1 and 2%, treatment 0.5% and control. At the same time, control showed the higher values respect to treatments, and at 144 hours this fact was noted again. These results suggest that citric acid caused an inhibition on soluble solids production which was corroborated when the control fruit behavior was observed. The control fruit size increased in a progressive way to reach to senescence period. Hernandez-Gil and Bautista (16) says that one of changes related to fruit ripening is the carbohydrates degradation, especially the starch conversion to sugars which have as a consequence an effect on fruit flavor and texture. Soluble acids obtained during this research shown a progressive increase when fruits ripe, which can be attributed to starch degradation because the enzyme activity that hydrolyzes starch increases too (18).

In relation to labeled acidity content, the formation of 4 groups was observed for treatment corresponding to 48 and 96 hours respectively. From 144 hours, the total senescence of control fruits was observed by forming 2 groups in where only 2 of them shown homogeneity (I and III).

In relation to ripening index, when passing of 48 and 96 hours respectively, 4 homogeneous groups were detected. Besides, fruits considered as control showed labeled acidity higher relationship, which indicates that immersion treatment on citric acid solutions can delay the ripening process. Ripening is a no reversible process because is accompanied by a transformation

hasta llegar al periodo de senescencia. Hernández-Gil y Bautista (16), señalan que uno de los cambios asociados a la maduración de los frutos es la degradación de los carbohidratos, principalmente la conversión del almidón en azúcares, lo cual trae como consecuencia un efecto sobre el sabor y la textura de los frutos. Los sólidos solubles obtenidos durante esta investigación mostraron un aumento progresivo a medida que los frutos maduraban, este aumento puede ser atribuido a la degradación del almidón debido probablemente a un aumento en la actividad de las enzimas que hidrolizan el almidón (18).

En lo que respecta al contenido de acidez titulable, se observó la formación de 4 grupos para los tratamientos correspondientes a las 48 y 96 horas, respectivamente. A partir de las 144 horas, se evidenció la senescencia total de los frutos control formando así dos grupos entre los cuales solo dos de los tratamientos presentan homogeneidad (I y III).

En lo que respecta al índice de madurez, al transcurrir las 48 y 96 horas respectivamente, se lograron detectar cuatro grupos homogéneos. Adicionalmente, se evidenció que los frutos considerados como controles presentaron las relaciones SST/Acidez titulable más altos, lo que indicó que el tratamiento de inmersión en soluciones de ácido cítrico logró retardar el proceso de maduración. La maduración es un proceso no reversible ya que viene acompañada por un conjunto de transformaciones de sustancias pécticas, las cuales acondicionan el ablandamiento de los frutos,

joint of peptic substances which conditioned the fruits softening, pigmentation changes, flavor and odor fruits changes, reserve materials transformation (polysaccharides), and also have as a consequence the volatile substances production such as ethylene, ester and the respiratory activity changes (22).

Biochemical parameters evaluated during the essay

Biochemical parameters evaluated at 24 hours did not present significative differences ($P>0.05$) which corroborates that samples were homogeneous. However, significative differences were noticed at rest of evaluations ($P<0.05$).

Statistical study made to the anthocyanine evaluations at 48 hours permitted the determination of significative differences ($P<0.05$). The formation of 2 groups was evidenced in where the citric acid to 0.5% and the control constitute a homogeneous group whereas acid at 1% and 2% create homogeneity in them. When passing 96 hours it can be observed the formation of two groups and three treatments of them shows homogeneity (citric acid at 0.5 and 2% and the control) and the other two differs in them. In the evaluation of 144 hours, three groups were detected and only two are homogeneous (citric acid at 0.5 and 2%) by keeping the lower pigment concentrations in fruit without any treatment (control). It could be inferred that with citric acid immersion treatment at 2% it was obtained a higher stability and a lower oxidation of anthocyanic pigments by keeping the higher

cambios en la pigmentación, cambios en el sabor y olor de los frutos, transformaciones de materiales de reserva (polisacáridos); además, también trae como consecuencia la producción de sustancias volátiles tales como etileno, ésteres y cambios en la actividad respiratoria (22).

Parámetros bioquímicos evaluados durante el ensayo

Los parámetros bioquímicos evaluados a las 24 horas no presentaron diferencias significativas ($P>0,05$), lo que corrobora que las muestras eran homogéneas. Sin embargo, se determinaron diferencias significativas en el resto de las evaluaciones ($P<0,05$).

El estudio estadístico efectuado a las evaluaciones de antocianinas a las 48 horas permitió determinar diferencias significativas ($P<0,05$). Se evidencia la formación de 2 grupos, donde el ácido cítrico al 0,5% y el control forman un grupo homogéneo, mientras que el mismo ácido al 1% y 2% forman homogeneidad entre sí. Al transcurrir 96 horas se puede observar igualmente la formación de dos grupos, de los cuales tres tratamientos presentan homogeneidad (ácido cítrico al 0,5 y 2% y el control) y los otros dos difieren uno del otro. En la evaluación de 144 horas se detectaron 3 grupos, de los cuales solo dos tratamientos son homogéneos (ácido cítrico al 0,5 y 2%), manteniendo así las menores concentraciones del pigmento en los frutos sin tratamiento alguno (control). Se podría inferir que con el tratamiento de inmersión en ácido cítrico al 2%, se logró obtener una mayor estabilidad y menor oxi-

concentration in fruit which differs from other essays Anthocyanic compounds shows a color change so marked with pH variations, pigment pass to quinoidal shape or anhydride base and carbinol base. This compound is an uncolored chromanol, stable but easily to damage through time (12).

Carotenoid content in fruits evaluation in different treatments and the control at 48 hours showed significative differences ($P<0.05$). The formation of 3 groups was evidenced in where 2 of treatments showed homogeneity (citric acid at 0.5 and 1%). Results obtained in the evaluation at 96 hours determined the formation of 4 homogeneous groups ($P<0.05$). During time of 144 hours two groups were determined and two of treatments were homogeneous (citric acid to 1 and 2%). Along the analysis it was observed that the higher carotenoids concentrations were located in fruits treated with citric acid at 2%, and fruits considered as controls resulted with the lower values for these compounds. Through citric acid use for dehydrated and posterior pigment extraction it can be established a reducer medium and consequently, an antioxidant system that protect carotenoids for degradation by using of high temperatures, oxygen absence and enzymes action (5). These studies suggest that citric acid used to high concentrations is capable of acting as antioxidant on pigments degradation by keeping in that way the high stability on time. Guadarrama (14) says that carotenoids synthesis can be

dación de los pigmentos antociánicos, manteniendo así la mayor concentración en el fruto a diferencia de los otros ensayos. Se ha señalado que generalmente los compuestos antocianicos presentan muy marcado cambio de color con las variaciones de pH. A medida que aumenta el pH, el pigmento pasa a la forma quinoidal o base anhidra y luego base carbinol. Este compuesto es un cromenol incoloro, bastante estable pero se descompone lentamente con el tiempo (12).

La evaluación del contenido de carotenoides en los frutos sometidos a los diferentes tratamientos y el control a las 48 horas, arrojaron diferencias significativas ($P < 0,05$), se evidenció la formación de tres grupos, para los cuales dos de los tratamientos arrojaron homogeneidad (ácido cítrico al 0,5 y 1%). Los resultados obtenidos en la evaluación a las 96 horas, permitió determinar la formación de cuatro grupos homogéneos ($P < 0,05$). Durante el tiempo de 144 horas se logró determinar dos grupos, para los cuales dos de los tratamientos fueron homogéneos (ácido cítrico al 1 y 2%). A lo largo de los análisis se observó que las mayores concentraciones de carotenoides se encontraban en los frutos tratados con ácido cítrico al 2%, y los frutos considerados como controles resultaron con los menores valores de estos compuestos. Se ha observado que mediante la utilización de ácido cítrico para la deshidratación y posterior extracción del pigmento se establece un medio reductor, y consecuentemente, un sistema antioxidante que protege a los carotenoides de la degradación por el uso de altas temperaturas, ausencia de

accelerated with ascorbic acid, citric acid and abscisic acid applications by found high quantities of them at initial stages of fruit senility.

Chlorophyll content decreased from 24 hours, being impossible to determine after 48 hours (table 3) as a consequence of ripe fruit advance from partially ripe stage to over ripe state. One of more evident changes during fruit ripening is the degradation of the green color of epidermis caused by the chlorophyll pigment which can represent the first visual sign of ripening beginning (14). According to Pantastico (22) in ripening advanced states (ripe and over ripe), there are little quantities of chlorophyll also and although the green color is not watch able, is indicating the presence of little quantities at internal tissues of fruit which are difficult to measuring. Fennema (12) says that when chlorophyll is present in an acid medium, as in tomato fruits in maturing process it could loss the central magnesium of porfirinic group and could be a phaeophytin which can produce a color change.

From 144 hours the biochemical and physical and chemical parameters of fruits considered as controls can not be evaluated because its damage state advanced. At 48 hours the chlorophyll content can not be detected in no one of treatment evaluated.

Physiological parameters evaluated during the essay

In the figure 1 the production curves of CO_2 .kg.h⁻¹ for fruits treated with citric acid immersion and its res-

oxígeno y acción de enzimas (5). Estos estudios sugieren que el ácido cítrico usado a altas concentraciones es capaz de actuar como antioxidante sobre la degradación de los pigmentos, manteniendo así la mayor estabilidad en el tiempo. Por su parte Guadarrama (14), señala que la síntesis de los carotenoides puede ser acelerada con aplicaciones de ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido abscísico, encontrando incluso grandes cantidades del mismo en los estados iniciales de la senilidad de los frutos.

El contenido de clorofila disminuyó bruscamente a partir de las 24 horas, no pudiéndose determinar después de transcurrir las 48 horas (cuadro 3), consecuencia de que el fruto avanzó en maduración desde el estado pintón hasta el estado sobre maduro. Uno de los cambios más evidentes durante la maduración de los frutos es la degradación del color verde de la epidermis debido a la presencia de pigmentos clorofílicos, lo cual puede representar el primer signo visual del inicio de la maduración (14). Según Pantástico (22), en estados avanzados de maduración (el maduro y sobre maduro) también se encuentran pequeñas cantidades de clorofila, que aunque no sea observable el color verde a simple vista, esta indicando la presencia de pequeñas cantidades en los tejidos internos del fruto los cuales son difícilmente medibles. Fennema (12), destaca que cuando la clorofila se encuentra presente en un medio ácido, como en frutos de tomate en maduración, podría perder el magnesio central del grupo porfirínico y llegar a ser una feofitina, lo cual

pective control are shown. Behavior observed in fruits during the study shows a rapid increase in respiration during their ripening in where the production rate of $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ reach the climateric peak and after decrease in a simultaneous way. In climateric fruits such as the tree tomato, the rate is minimal at ripening stage and keeps on constant even after harvesting (11). When citric acid concentration increases, the diminishing of respiration rate is higher by reaching a value of $1.18 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ by using citric acid at 2% (240 hours) whereas at control fruit it was observed a respiration rate of $7.15 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ at 144 hours, by getting a decrease of 16.5%. It was evidenced that useful life of fruits increased six days more respect to controls, which was corroborated when comparing the ripening indexes and through the evaluation of trained panel. In this point fruit is comestible until constant time of process (144 hours).

Conclusions

It was determined that treatments with citric acid permitted the increase on useful life of tree tomato; this report occurs at the first time for this climacteric fruit: with an immersion treatment in citric acid solution at 2% p/v, a high stability and a little pigments oxidation was obtained (anthocyanine and carotenoid). The high decrease on fruit respiration rate is observed by citric acid applying at 2% which demonstrate that with this treatment

Cuadro 3. Caracterización bioquímica de los frutos sometidos al tratamiento de inmersión en soluciones de ácido cítrico a las diferentes concentraciones⁺

Table 3. Biochemical characterization of fruits submitted to immersion treatments in citric acid solutions to different concentrations.

Tratamiento	Antocianinas*				
	24	48	96	144	192
Ácido cítrico0,5%	0,42±0,01 ^a	0,34±0,01 ^b	0,31±0,01 ^a	0,29±0,01 ^a	0,21±0,01 ^b
Ácido cítrico1%	0,42±0,01 ^a	0,42±0,01 ^a	0,25±0,01 ^b	0,24±0,01 ^b	0,21±0,01 ^b
Ácido cítrico2%	0,42±0,01 ^a	0,41±0,01 ^a	0,34±0,01 ^a	0,29±0,01 ^a	0,24±0,01 ^a
Control	0,42±0,01 ^a	0,33±0,01 ^b	0,32±0,01 ^a	————	————

* g de pelargonidina 3- glucósido/kg. ** mg/ g de pericarpio *** mg clorofila total/mL
⁺Valores promedios de tres determinaciones. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (Tukey, P<0,05).
 — : Valores no determinados por el deterioro del fruto =: Valores no detectados en el análisis

Cuadro 3. Caracterización bioquímica de los frutos sometidos al tratamiento de inmersión en soluciones de ácido cítrico a las diferentes concentraciones[†] (Continuación).

Table 3. Biochemical characterization of fruits submitted to immersion treatments in citric acid solutions to different concentrations (Continuation).

Tratamiento	Carotenoides**					Clorofilas***				
	24	48	96	144	192	24	48	96		
Ácido cítrico	0,026±0,001 ^a	0,013±0,001 ^b	0,007±0,002 ^c	0,006±0,002 ^a	0,003±0,002 ^b	0,22±0,01 ^a	=	=		
Ácido cítrico 1%	0,026±0,001 ^a	0,016±0,001 ^b	0,013±0,001 ^b	0,008±0,002 ^a	0,010±0,001 ^a	0,22±0,01 ^a	=	=		
Ácido cítrico 2%	0,026±0,001 ^a	0,023±0,006 ^a	0,015±0,001 ^a	0,013±0,001 ^a	0,011±0,001 ^a	0,22±0,01 ^a	=	=		
Control	0,026±0,001 ^a	0,009±0,001 ^c	0,003±0,002 ^d	—	—	0,22±0,01 ^a	=	=		

* g de pelargonidina 3- glucósido/kg. ** mg/ g de pericarpio *** mg clorofila total/mL
+Valores promedios de tres determinaciones. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (Tukey, P<0,05).
— : Valores no determinados por el deterioro del fruto =: Valores no detectados en el análisis

y llegar a ser una feofitina, lo cual puede producir un cambio de color.

A partir de las 144 horas no se logró evaluar los parámetros bioquímicos y físico químicos de los frutos considerados como controles debido a su avanzado estado de deterioro. A las 48 horas no se logró detectar contenidos de clorofila, en ninguno de los tratamientos evaluados.

Parámetros fisiológicos evaluados durante el ensayo

En la figura 1 se muestra las curvas de producción de $\text{CO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ para los frutos sometidos a tratamientos de inmersión con ácido cítrico y su respectivo control. El comportamiento observado en los frutos durante el estudio muestra un rápido incremento de la respiración durante la maduración del mismo, donde la tasa de producción de $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ asciende

respiratory rate in a 16,5% respect to the control by increasing the useful time life in 6 days. Citric acid solutions show an optimum antioxidant activity by inhibiting the respiratory process. Results obtained in this study will permit to producers and sale people of tree tomato fruits increases on commercialization of fruits margins with important values of vitamin A.

Acknowledgements

Authors want to express their acknowledgements by the cofinancing to this project UNESR-FONACIT Pem-2001002271.

End of english version

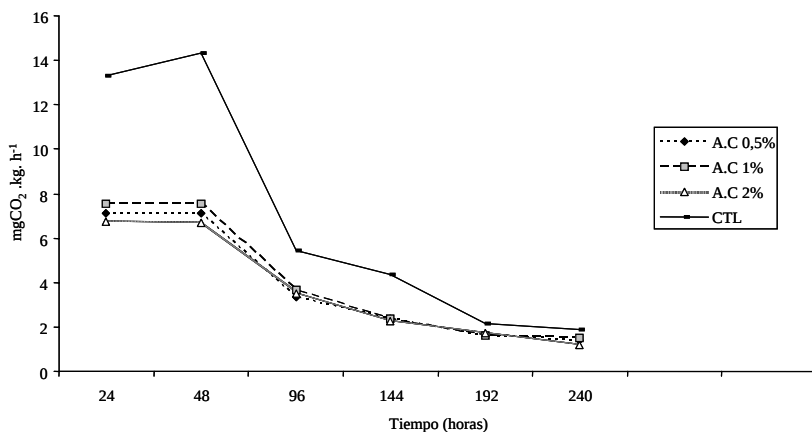


Figura 1. Curva de Producción de $\text{CO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ para frutos sometidos a los tratamientos de inmersión en soluciones de ácido cítrico.

Figure 1. Production curve of $\text{CO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ for fruits submitted to immersion treatments into citric acid solutions.

crece en forma simultánea. En frutos climatéricos, tales como el tomate de árbol, esa tasa es mínima en la madurez y permanece más bien constante aún después de la cosecha (11). Se observó que a medida que va aumentando la concentración del ácido cítrico la disminución de la tasa de respiración del fruto es mayor, alcanzando así un valor de $1,18 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ mediante el uso de ácido cítrico al 2% (240 horas), mientras que en los frutos controló presentó una tasa de respiración de $7,15 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ a las 144 horas, logrando así una disminución en un 16,5%. Se pudo evidenciar que la vida útil de los frutos aumentó seis días más con respecto a los controles, hecho corroborado al comparar los índices de maduración y medianamente la evaluación del panel entrenado. En este punto el fruto es comestible hasta el periodo constante del proceso (144 horas).

Conclusiones

Se determinó que los tratamientos con ácido cítrico permitieron aumentar la vida útil del tomate de árbol, siendo la primera vez que se reporta este hecho para este fruto climatérico. Con un tratamiento de inmersión en solución de ácido cítrico al 2% p/v, se logra obtener la mayor estabilidad y menor oxidación de los pigmentos (antocianinas y carotenoides). La mayor disminución en la tasa de respiración del fruto se presenta mediante la aplicación del ácido cítrico al 2%, lo cual demuestra que con este tratamiento se logra inhibir la tasa respiratoria en un 16,5%

con respecto al control, aumentando el tiempo de vida útil en 6 días. Las soluciones de ácidos cítricos presentan actividad antioxidante óptima inhibiendo los procesos respiratorios. Los resultados presentados en este estudio permitirán a los productores y expendedores de frutos de tomate de árbol aumentos en los márgenes de comercialización de un fruto con importantes valores de vitamina A.

Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento por el cofinanciamiento a este Proyecto UNESR-FONACIT Pem-2001002271.

Literatura citada

1. Albornoz, M. 1980. Productos Naturales. Sustancias y Drogas Extraídas de las Plantas. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 616pp.
2. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington D C, EEUU. 1298 pp.
3. Ashihara, H. and S. Stupavska. 1984. Comparison of activities and properties of pyrophosphate and adenosine triphosphate – dependent phosphofructo – kinase of black gram (*Phascolus mango*) seeds. J. Plant. Physiologic. 116:244-252.
4. Asilan, L., F. Leal y D. Bautista. 1989. Manual de fruticultura, cultivo y producción. Editorial Americana S.A. 1^{ra} ed. Caracas, Venezuela. 1474 pp.
5. Badu, S. 1997. Química de los Alimentos. Editorial Alhambra. México. 645pp.
6. Casimir, D.J., J.F. Kefford and F.B.

- Whitfield. 1981. Technology and flavor chemistry of passion fruit juices and concentrates. Food Technology. 27:243-245.
7. Dennis, D.T. and T.P. Coultate. 1966. Phosphofructokinase a regulatory enzyme in plants. Biochem. Biophys. Res. Commun. 25:187-191.
8. Díaz, L., F. Ureta., M. Ruiz. 1985. Estudio sobre los pigmentos antociánicos y otros compuestos fenólicos en vinos tintos. Alimentos. 10:13-18.
9. Dorko, C. 1994. Antioxidants used in foods. Food Techn. 48 (4): 33-34.
10. Duran, M. y M.J. Moreno-Álvarez. 2000. Evaluación de algunas mezclas de solventes en la extracción de carotenoides de tamarillo (*Cyphomandra betacea* Sendt). Cienc. Tecnol. Aliment. 3: 34-38.
11. El-Zeftawi, B.M., L. Brohier, F.H. Dooley, R. Goubran, R. Colmes and B. Scott. 1988. Some maturity indices for tamarillo and pepino fruits. Hortie Scien. 63: 163-169.
12. Fennema, O.R. 1985. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Editorial Reverte. España. 899p
13. García, I., M.J. Moreno-Álvarez y D. Hidalgo-Báez. 2002. Composición química de la vid Palieri. Rev. Fac. Agro. (LUZ). 19 (4): 332-337.
14. Guadarrama, A. 1983. Algunos cambios químicos durante la maduración de frutos de sémeruco (*Malpighia punicifolia* L.). Rev. Fac. Agron. (UCV) 13: 111-128.
15. Hernández, G. y M.J. Moreno-Álvarez. 2000. Efecto del secado y del ácido cítrico sobre la cuantificación de los carotenoides en *Cyphomandra betacea* Sendt. Cien. Tecn. Alimen. 2 (5) 228-233.
16. Hernández-Gil, R. y D.Bautista. 1977. Crecimiento y cambios bioquímicos durante el proceso de maduración de la mora (*Rubus glaucus* Benth). Rev. Agron. Trop. 27(2):225-233.
17. INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION. (INN). 2001. Cuadro de composición de alimentos para uso práctico. Publicación N° 54. Serie Cuadernos Azules. Caracas, Venezuela. 97pp.
18. Kader, A. 1986. Biological and physiological basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. Food Technology. 40:99-106.
19. Kato-Nouguchi, H. and A.E. Watada. 1997. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. Hort Science. 32:136-145.
20. Kennedy, R.A. and M.E. R u m p h o , T . C . F o x . 1992. Anaerobics metabolism in plants. Plant Physiol. 100:1-6.
21. Moreno-Álvarez, M.J., N. Giran, K. Serrano, D. García y D.R. Belén. 2003. Evaluación microbiológica y fisicoquímica de néctares pasteurizados elaborados con pulpa de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt). Arch. Lat. Nutr. 53 (3):282-286.
22. Pantastico, E.R. 1979. Fisiología de la post recolección, manejo y utilización de frutas, vegetales y hortalizas tropicales. University of the Philippines. 663pp.
23. Pinto, M. 2003. Evaluación del efecto de la aplicación del ácido cítrico en la madurez del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt). Tesis. Universidad Simón Rodríguez, Laboratorio de Biomoléculas, Canoabo, Venezuela. 94pp.
24. Santerre, C.R., J.N. Cash. and D.J. Vannorman. 1988. Ascorbic acid/citric acid combinations in the processing of frozen apple slices. J. Food. Sci. 53 :1713-1717.
25. SAS. 1992. User's guide. SAS statgraphics. Version 6.0. Statistical Analysis System Institute. EEUU.

26. Turner, J.F. and H. Turner. 1980. The regulation of glycolysis and pentose phosphate pathway. En: Davies D D, editors. The biochemistry of plants. New York. p. 281-316.
27. Watada, A.E. and D.A. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. Postharvest Biology Technology. 9:115-125.
28. Vascones, C. 1998. Valor Nutricional del Tomate de árbol. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia y Tecnología. Alfa & Sigma. Gaceta técnica sobre tópicos en Tecnología de alimentos y post-cosecha. (Publicación periódica en línea). Se consigue en URL:[http:// www.geocites.com / wallstree/9737/Alfa & Sigma.7.pdf](http://www.geocites.com/wallstree/9737/Alfa%20y%20Sigma.7.pdf). (Fecha de consulta 25/04/2003).