

CAMBIOS EN ÁCIDO ASCÓRBICO, LICOPENO Y β -CAROTENO DURANTE LA MADURACIÓN DE FRUTOS DE GUAYABA

D. Muy-Rangel¹; M. Alcántara-Aguilar¹; J. Siller-Cepeda¹; M. Báez-Sañudo¹

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Culiacán. Carretera El Dorado km 5.5 Culiacán, Sinaloa. México. C. P. 80129. Correo-e: mdmuy@ciad.edu.mx (*Autor responsable).

RESUMEN

Se evaluaron los niveles de ácido ascórbico, β -caroteno, licopeno y la concentración de carotenoides totales en frutas de guayaba del cv. Hawaii-74 y del clon Java. Los frutos fueron cosechados en estado de madurez fisiológica y almacenados a 20 °C y \pm 85 % de humedad relativa para simular condiciones de mercadeo. El contenido de ácido ascórbico se incrementó durante el almacenamiento en ambas tipos de guayabas, alcanzando el cv. Hawaii-74 y el clon Java al final del estudio, valores de 130 y 230 mg·100 g⁻¹ de peso fresco (p.f.), respectivamente. Al momento de corte, se cuantificó la mayor concentración de β -caroteno, con valores de 56.4 y 42.2 μ g·100 g⁻¹ de p.f. en los frutos del cv. Hawaii-74 y del clon Java, respectivamente. El β -caroteno se degradó durante el almacenamiento; los frutos del cv. Hawaii-74 perdieron el 98.7 % a los 10 días, mientras que los frutos del clon Java lo perdieron totalmente al segundo día de almacenamiento. Durante la maduración, el contenido de licopeno incrementó solamente en el cv. Hawaii-74, alcanzando 8.2 mg·100 g⁻¹ al día 10. El 97.5 % del total de los carotenoides presentes en estos frutos de guayaba es debido al contenido de licopeno.

PALABRAS CLAVES ADICIONALES: *Psidium guajava* L., vitamina C, carotenoides, calidad, poscosecha.

CHANGES IN ASCORBIC ACID, LYCOPENE AND β -CAROTENE CONTENT DURING MATURATION OF GUAVA FRUITS

SUMMARY

We evaluated levels of ascorbic acid, β -carotene, lycopene, and total carotenoid concentration in guava fruits from the cultivar Hawaii-74 and the clone Java. Fruits were harvested at the physiological maturity state and stored at 20 °C and \pm 85 % relative humidity to simulate marketing conditions. Ascorbic acid content increased throughout storage in both types of guava, where cv. Hawaii-74 and clone Java reached values of 130 and 230 mg·100 g⁻¹ of fresh weight (f.w.), respectively, at the end of the study. The highest concentration of β -carotene was quantified at harvest, with values of 56.4 and 42.2 μ g·100 g⁻¹ of f.w. in the fruits of cv. Hawaii-74 and clone Java. β -carotene degraded during storage; fruits of cv. Hawaii-74 lost 98.7 % at 10 days, while fruits from clone Java lost it entirely at the second day of storage. During maturation, lycopene content increased only for cv. Hawaii-74, reaching 8.2 mg·100 g⁻¹ by day 10. Ninety five percent of carotenoids present in these guava fruits was due to lycopene content.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Psidium guajava* L., vitamin C, carotenoids, quality, postharvest.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales características de las frutas y hortalizas frescas es su aporte de minerales y vitaminas a la dieta. La vitamina C (ácido ascórbico) ocupa el primer lugar en importancia cuantitativa, seguida por los precursores de vitamina A.

La fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) se distingue por su alto contenido de ácido ascórbico (vitamina C). Algunos cultivares sobrepasan los 500 mg·100g⁻¹ de peso fresco, superando de cinco a diez veces el contenido de las frutas cítricas (Mata y Rodríguez, 1990; Laksminarayana

y Moreno, 1978). Los frutos de guayaba también aportan cantidades importantes de potasio, nitrógeno, fósforo (Pérez, 1997), fibra dietética, precursores de vitamina A (carotenoides) y pectinas (Wilson, 1980; Yadava, 1996). Además, los frutos de guayaba constituyen una buena fuente de β -caroteno, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina y niacina (Salunkhe y Desai, 1984). El β -caroteno es considerado importante porque se convierte biológicamente en vitamina A. Un gramo de β -caroteno equivale a 1'666,666 UI de vitamina A, y una molécula de β -caroteno es precursora de dos moléculas de vitamina A (AQV, 1969; Multon, 1988; Marmion, 1993). En un estudio con diversos

cultivares de guayaba, Wilson (1980) reportó promedios de vitamina A, caroteno y xantofilas de 250 UI, 0.69 mg·100 g⁻¹ y 0.13 mg·100 g⁻¹, respectivamente; además, mencionó que aproximadamente el 50 % del color en los frutos de pulpa rosa se debe a la presencia de licopeno.

La fruta de guayaba ha sido propagada en todo el mundo, por lo que existen numerosas cultivares que varían entre sí, en forma, propiedades sensoriales y de composición. Algunos cultivares presentan características silvestres con frutos pequeños de abundantes semillas (Mata y Rodríguez, 1990), mientras que otras son clones o cultivares mejorados, con elevadas características de producción, precoces, con frutos grandes, partenocárpicas (frutos sin semilla) y abundante materia comestible (Ochse *et al.*, 1976; Muy-Rangel *et al.*, 1999). En Sinaloa, México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuenta con genotipos mejorados de guayaba con características partenocárpicas (clon Java), de tamaños atractivos (cv. Luknow) y frutos con pulpa de color rosa ('Hawaii-74'), que han sido comercializados recientemente con excelentes resultados (Muy-Rangel *et al.*, 1999). Actualmente, se desconocen las propiedades nutricionales de vitaminas y antioxidantes en estos nuevos genotipos. El interés en conocer algunos atributos de calidad nutricional de las frutas de guayaba y como cambian durante su maduración, se encuentra asociado a la importancia que tienen para la dieta durante su consumo en fresco. Así mismo, y considerando que ambos cultivares poseen elevados atributos para su industrialización (tamaño, bajo o ausente contenido de semillas y color de pulpa rosa), es importante generar información sobre sus propiedades para que sean tomadas en cuenta durante su procesamiento. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue conocer el contenido de ácido ascórbico (vitamina C), β -caroteno, licopeno y carotenoides totales al momento de corte de frutos de guayaba del cv. Hawaii-74 y del clon Java, cuando estos son cosechados en su estado de madurez fisiológica, y cuantificar los cambios que ocurren durante su maduración cuando son almacenados a 20 °C por 10 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 50 frutos de guayaba por duplicado para cada cultivar los cuales se cosecharon manualmente en el mes de julio de 1999, en una huerta comercial ubicada en el municipio de Navolato, Sinaloa, México. Se estudiaron frutas de guayaba del cultivar Hawaii-74 (fruta con pulpa rosa con semillas y peso promedio 127.0 g) y el clon Java (fruta con pulpa blanca, sin semillas y peso promedio de 100 g). Los frutos se cosecharon en un estado de madurez fisiológica (considerando el cambio de color de la cáscara de verde opaco a verde-amarillo y la turgencia del fruto) y fueron trasladados a los laboratorios. Los frutos fueron homogeneizados con respecto a tamaño, color externo y libres de plagas y enfermedades. Cinco frutos de cada

cultivar por duplicado fueron tomados al azar, y el mesocarpio fue analizado el día cero por su contenido de ácido ascórbico, β -caroteno, licopeno y carotenoides totales. Los frutos restantes fueron almacenados por 10 días a 20 °C y 85 % de humedad relativa para simular condiciones de mercadeo durante su maduración. Cada dos días, se tomaron al azar del almacenamiento, cinco frutos por duplicado de cada cultivar para cuantificar las variables mencionadas anteriormente, hasta finalizar el estudio (10 días).

Contenido de Ácido Ascórbico

Se determinó siguiendo la técnica propuesta por Doner y Hicks (1981). Se pesaron 10 g de muestra y se homogenizaron con 50 ml de solución extractora (30 g de HPO₃ en 80 ml de ácido acético glacial y 0.5 de EDTA; esta mezcla se aforó a 1000 ml con agua grado HPLC y se refrigeró a 5 °C). La mezcla se filtró a través de una tela de organza, papel whatman No. 1 y papel orgánico. Del filtrado se inyectó 0.1 ml en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) Varian 9050 (Walnut Creek, CA.), utilizando una columna bondesil amonio de 25 cm de longitud x 4.7 mm de diámetro marca Varian. Se empleó una fase móvil compuesta de acetonitrilo y buffer de fosfatos en una proporción de 75:25, inyectada a una velocidad de flujo de 1.5 ml·min⁻¹ y con un tiempo de corrida de 10 min. La lectura se tomó a una longitud de onda de 268 nm y el tiempo de retención para el ácido ascórbico fue a los 5.25 minutos. Se realizó una curva de curva de calibración con ácido ascórbico como estándar de referencia (Sigma Chemical Co.) de 0 a 0.2 mg·ml⁻¹. Adicionalmente, se utilizó fenilalanina (Sigma Chemical Co.) como estándar interno a una concentración de 4.48 mg·ml⁻¹ y su tiempo de retención fue 4.087 minutos.

Contenido de Carotenoides Totales

La extracción se realizó utilizando la metodología descrita por Tomas (1975), con algunas modificaciones. Todo el proceso se realizó en la oscuridad y con solventes grado analítico a 4 °C. La muestra de guayaba se trituro en un homogeneizador Ultra Turrax T25 (Alemania) hasta obtener un puré. Posteriormente, se realizó la extracción de pigmentos mediante la mezcla de hexano y acetona (1:1.2). El extracto fue filtrado al vacío y el sedimento se sometió a una segunda extracción. La combinación de las dos fracciones obtenidas fue separada utilizando un embudo de decantación. Se midió el volumen de la fase con el pigmento y se leyó a una absorbancia de 446 nm en un espectrofotómetro UV-Visible Cary 1E Varian con celdas de sílice de 1 cm. Los resultados se calcularon en miligramos de carotenoides 100 g de muestra utilizando el coeficiente de absorción para carotenoides de 2,500.

Contenido de Licopeno

Se realizó por el método descrito por Anónimo (1995). La muestra de guayaba se trituro con un homogeneizador Ultra Turrax T25 (Alemania), hasta obtener puré. Se pesa-

ron 1.25 g de muestra dentro de un tubo con rosca para centrífuga. Se adicionaron 25 ml de mezcla extractora compuesta de éter de petróleo, etanol absoluto, acetona (50:25:25) e hidroxitolueno butilado (BHT, 0.5 g·litro⁻¹ de mezcla). Las muestras fueron centrifugadas a 10,000 rpm durante 16 min para la separación de fases se utilizó una centrífuga Beckman J2-M1. Cinco ml de la fase colorida fueron diluidos en 13 ml de una solución de BHT (4.0 g·litro⁻¹) en éter de petróleo y etanol absoluto (80:20) y aforados a 500 ml. Se registró la absorbancia a 472 nm en un espectrofotómetro UV-Visible Cary 1E Varian con celdas de sílice de 1 cm. Los resultados se calcularon en miligramos de licopeno por cada 100 gramos de muestra, usando el valor de 3,450 como el coeficiente de absorción para licopeno.

Cuantificación de β -caroteno

El contenido de β -caroteno se determinó por cromatografía de líquidos mediante la técnica descrita por Mejía *et al.* (1988) y Kopas-Lane y Warthesen (1995). Para la cuantificación del pigmento se utilizó un estándar de β -caroteno tipo II (Sigma Chemical Co.) del cual se realizó una curva estándar de comparación y los resultados se reportaron en mg·100 g⁻¹. Cinco gramos de fruta se homogenizaron con 5.0 g de Na₂SO₄ anhidro (como agente de secado), 0.5 g de MgCO₃ (como agente de neutralización) y 30 ml de una mezcla de metanol y tetrahidrofurano (THF) (50:50) ambos grado HPLC y estabilizados con 0.01 % de BHT. Todo se realizó en luz roja y con solventes a 4 °C. El extracto fue filtrado al vacío utilizando papel Whatman No. 5, repitiendo tres veces el proceso de extracción. Todas las fracciones de los extractos se aforaron a 100 ml, de la cual se tomó 10 ml y se secó con nitrógeno ultra alta pureza. Los pigmentos secos fueron resuspendidos en un ml de metanol y se filtraron en una membrana con tamaño de poro de 0.45 mm. Se inyectaron 200 ml del filtrado en el cromatógrafo Varian HPLC, equipado con una bomba ternaria Varian 9,012 y un detector UV-Vis Varian 9,050, se tomó la lectura a una longitud de onda de 460 nm y un tiempo de retención de 9.5 min. Se empleó una columna Varian Res-elut 5mm C₁₈ (4.6 mm x 15.0 cm) y una fase móvil de acetonitrilo:metanol:tetrahidrofurano (58:35:7) a una velocidad de flujo de 1.5 ml por minuto.

Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar. Para conocer la diferencia entre variedades de guayaba se utilizó la prueba de "t" y para el efecto de tiempo entre un mismo genotipo se realizó análisis de varianza. En ambas comparaciones se utilizó una probabilidad de error del 5 % (Minitab 12.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de Ácido Ascórbico (vitamina C)

Al momento de cosecha los frutos de guayaba presentaron en promedio de ácido ascórbico de 13 mg·

100 g⁻¹ de peso fresco, el cual se incrementó de manera significativa durante el periodo de estudio. Durante los primeros seis días de almacenamiento no se observaron diferencias significativas en esta variable entre los cultivares estudiados. Para el octavo día, los frutos de ambos materiales incrementaron significativamente su contenido, observándose diferencias entre ellos. Al décimo día, los frutos del clon Java alcanzaron un valor máximo de 230 mg·100 g⁻¹, superando en un 43.4 % al contenido de ácido ascórbico de las frutas del cultivar Hawaii-74 (Figura 1). Pérez (1997) reportó el mismo comportamiento en la síntesis de ácido ascórbico de frutos de guayaba de los mismos genotipos evaluados durante la cosecha de invierno.

Los resultados de ácido ascórbico encontrados en los frutos de los materiales estudiados duplican el aporte diario de vitamina C recomendado en la dieta humana (Mata y Rodríguez, 1990). Además, el clon Java se hace más atractivo para el consumidor y la industria de alimentos por no presentar semillas.

Estudios realizados por Muy-Rangel *et al.* (1999), indica que los frutos de guayaba del clon Java presentaron mayor contenido de sólidos solubles en comparación con los frutos de guayabas del cv. Hawaii-74, pudiendo las primeras ofrecer mayor cantidad de precursores (glucosa y galactosa) para la formación del ácido ascórbico. Srivastava y Narasimhan (1967), reportaron que algunos componentes obtenidos de la hidrólisis de las pectinas son sustratos utilizados para la formación del ácido ascórbico conocida como vitamina C.

De igual forma, Yusof *et al.* (1988), reportaron un incremento de ácido ascórbico de 41 a 130 mg·100 g⁻¹ en frutas

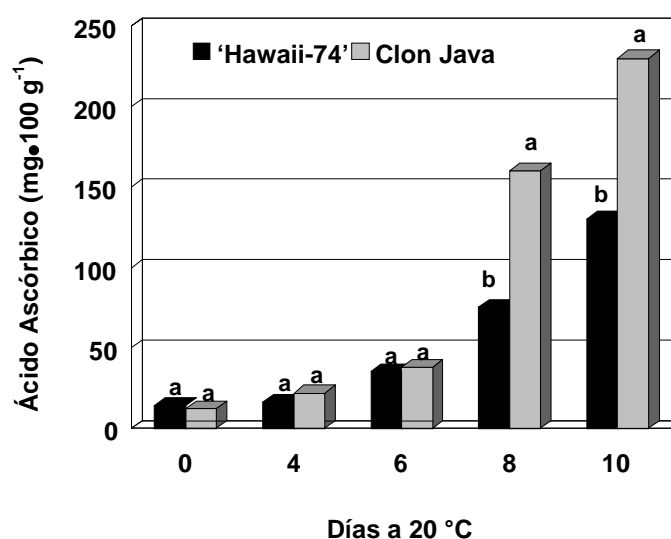


Figura 1. Contenido de ácido ascórbico en frutos de guayaba 'Hawaii-74' y clon Java durante simulación de mercadeo a 20 °C. Valores con la misma letra entre genotipos en cada días de almacenamiento son iguales de acuerdo a la prueba de "t" a una $P \leq 0.05$

de guayaba vietnemesa durante el proceso de maduración, aunque posterior a su máxima madurez (madurez comercial), se observó una degradación de esta vitamina. En nuestro estudio, aún después de 10 días de almacenamiento bajo condiciones de simulación de mercadeo, no se observó una degradación de esta vitamina.

Contenido de carotenoides totales y licopeno

Las frutas de guayaba del cv. Hawaii-74 presentaron un incremento de un 600 % en la síntesis de carotenoides totales durante su maduración bajo condiciones de simulación de mercadeo, sucediendo lo contrario con las frutas del clon Java, que disminuyeron en un 91 % (Cuadro 1). El contenido de licopeno presentó un comportamiento similar a la síntesis de carotenoides totales y se incrementó durante la maduración. Este compuesto fue el principal pigmento presente en las guayabas que desarrollaron un color de pulpa rosa ('Hawaii-74'). Al final del estudio, las guayabas 'Hawaii-74' alcanzaron 8.2 mg·100 g⁻¹ de licopeno, representando un 97 % del contenido total de carotenoides (Cuadro 1). Por el contrario, los frutos del clon Java que son materiales de escasa coloración, mostraron un contenido muy bajo de licopeno al inicio del estudio, y este tendió a disminuir durante su maduración, no detectándose su contenido al sexto día de almacenamiento.

Wilson (1980), encontró en diversos cultivares de guayaba valores promedio de carotenos de 0.69 mg·100 g⁻¹ y de xantofilas con 0.13 mg·100 g⁻¹. La suma de estos dos grupos de pigmentos muestran un total de 0.82 mg·100 g⁻¹ de carotenoides. Esos valores son inferiores al contenido inicial de carotenoides totales encontrado en nuestro estudio en los frutos de ambos genotipos, y superiores al contenido de los frutos del clon Java después del segundo día de almacenamiento. Las diferencias observadas entre cultivares, así como los cambios, durante la maduración, hacen difícil las comparaciones directas. Shi y Le Maguer (2000), estudiando frutos de guayabas con pulpa rosa, reportaron intervalos en el contenido de licopeno entre 5.23 y 5.5 mg·100 g⁻¹, pero no le dieron seguimiento durante la maduración. Nuestro estudio muestra que el cv. Hawaii-74

de pulpa rosa presentó valores similares a los reportados por ellos al día seis, sin embargo, estos continuaron incrementando durante la maduración hasta alcanzar valores de 8.2 mg·100 g⁻¹ al día 10.

Cuantificación de β-caroteno

Al momento de corte, las frutas de guayaba del cv. Hawaii-74 mostraron un valor promedio de 56.4 mg·100 g⁻¹ contra 42.2 mg·100 g⁻¹ de las frutas del clon Java (Cuadro 1). Contrario a lo observado con licopeno, el contenido de β-caroteno se degradó en ambos cultivares durante su maduración, observándose una degradación cercana al 90 % en las guayabas 'Hawaii-74' a los 10 días de almacenamiento, y una ausencia total en los frutos del clon Java después del segundo día de almacenamiento. La ausencia del β-caroteno en el clon Java en estados avanzados de madurez no es tan sorprendente dado que los niveles de carotenoides totales encontrados son muy bajos.

Se ha reportado que los carotenoides sufren cuantiosas pérdidas en vegetales durante su almacenamiento, debido a la conversión de *trans* β-caroteno a isómeros *cis* que resultan ser mas inestables, siendo el β-caroteno el pigmento mas sensible (Shi y Le Maguer, 2000). La degradación es ocasionada en el carbono a del doble enlace del anillo de ionona, permitiendo una apertura del mismo y una oxidación por el mecanismo de β-oxidación (Kopas-Lane y Warthesen, 1995).

Valores de β-caroteno en frutos de guayaba, de 60.07 y 79.00 μg·100 g⁻¹ han sido reportados (Anónimo, 1996). Esos valores son ligeramente superiores a los encontrados en nuestro estudio. Por el contrario, Padula y Rodríguez-Amaya (1986), evaluaron la presencia de carotenoides individuales como β-caroteno, α-caroteno, γ-caroteno, zeionoxantina y licopeno en guayabas brasileñas de los cultivares IAC-4, Pernambuco y Ceará, todas ellas de pulpa color rosa intenso. Ellos reportaron que el licopeno fue el principal pigmento con 6.2 mg·100 g⁻¹ (86 % del total de los carotenoides) y la máxima concentración de β-caroteno encontrada fue de 11.9 mg·100 g⁻¹, sin embargo, no especifican el estado de madurez. Sus valores de β-caroteno son inferiores a los encontrados en el

CUADRO 1. Contenido de carotenoides totales, licopeno y β-caroteno en frutos de guayaba cv. Hawaii-74 y clon Java durante simulación de mercadeo a 20 °C².

Días a 20 °C	Carotenoides Totales (mg·100 g ⁻¹)		Licopeno (mg·100 g ⁻¹)		β-caroteno (μg·100 g ⁻¹)	
	'Hawaii-74'	Clon Java	'Hawaii-74'	Clon Java	'Hawaii-74'	Clon Java
0	1.4±0.16 ^a	1.90±0.71	0.6±0.09	0.3±0.03	56.4±2.31	42.2±1.75
2	2.0±0.08	0.52±0.22	1.2±0.11	0.2±0.08	42.1±3.22	ND
4	3.1±0.12	0.33±0.09	2.4±0.17	0.1±0.07	26.2±1.74	ND
6	5.5±0.91	0.27±0.06	5.3±1.15	ND ^b	15.5±2.03	ND
8	6.7±1.33	0.19±0.02	6.3±0.82	ND	9.1±1.96	ND
10	8.4±0.95	0.17±0.05	8.2±1.21	ND	5.3±0.78	ND

²Media de cinco repeticiones.

^bNo detectado.

^aDesviación estándar.

Cambios en ácido...

cultivar Hawaii-74 en los primeros 6 días de almacenamiento. Anónimo (1996) y Padula y Rodríguez-Amaya (1986) mencionaron que para comparar el contenido de pigmentos entre cultivares de guayaba, es necesario no generalizar la concentración de pigmentos y especificar el cultivar. De acuerdo a nuestros resultados, es importante también especificar el grado de madurez al momento del análisis.

CONCLUSIONES

El contenido de ácido ascórbico (vitamina C) se incrementó durante la maduración en las frutas de guayaba del cultivar Hawaii-74 y del clon Java almacenadas bajo condiciones de simulación de mercadeo. Los frutos de ambos genotipos aportan cantidades considerables de esta vitamina en la dieta del hombre. Los frutos del clon Java obtuvieron mayor contenido de esta vitamina, aunado a la característica de ofrecer un 100 % de pulpa. El principal pigmento en los frutos de guayaba estudiados correspondió a licopeno, representando un 97.5 % del total de carotenoides. Durante la maduración de los frutos del cultivar Hawaii-74 se observó un incremento significativo en el contenido de licopeno, haciendo que estos frutos sean atractivos por su coloración, además de proveer con un alto contenido de antioxidantes. Caso contrario ocurrió con los frutos del clon Java, en los cuales se presentaron bajos niveles de licopeno y estos tendieron a degradarse durante su maduración. El contenido más alto de β -caroteno fue al momento del corte en ambos cultivares. Durante la maduración este compuesto se degradó totalmente a los dos días en los frutos del clon Java, y se perdió en un 90 % después de 10 días en los frutos del cv. Hawaii-74. Nuestro estudio muestra que el contenido de vitamina C, licopeno y β -caroteno varía entre los materiales de guayaba, así como durante su maduración, por lo que se considera necesario especificar el cultivar de guayaba y el grado de madurez cuando se realice una tabla nutrimental de esta fruta.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del Sistema de Investigación del Mar de Cortés por el apoyo del proyecto con clave 2436P-B9509 del cual formó parte esta investigación. Así mismo, la ayuda de M.C. Adriana Sañudo Barajas y M.C. José Basilio Heredia.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1995. Lycopene in Tomato Products. LycoRed Protocols No. MU-107, No. MU-103. Lycored Natural Products Industries, LTD. Beer-Sheva, Israel.
- ANÓNIMO. 1996. Nutritionist IV. First data bank division the flearst corporation IIII Bayhill drive. San Bruno, California 94066. USA.
- ANÓNIMO. 1969. Asociación de Químicos de Vitaminas I.N.C. Métodos de Análisis de Vitaminas. Editorial Academia. Barcelona, España. pp. 91-112.
- DONER, L. W.; HICKS, K. B. 1981. High-performance liquid chromatographic separation on ascorbic acid, erythorbic acid, dehydroascorbic acid, dehydroerythorbic acid and deketogluconic acid. *Analytical Biochemistry* 115: 225-230.
- KOPAS-LANE, L. M.; WARTHESEN, J. J. 1995. Carotenoids photostability in raw spinach and carrots during cold storage. *Journal of Food Science* 60(4): 773-776.
- LAKSMINARAYANA, S.; MORENO, R. M. 1978. Estudio preliminar para determinar la existencia de las variaciones de guayaba mexicana. *Revista Chapingo (Nueva Época)* 10: 37-46.
- MARMION, D. M. 1993. Handbook of U.S. colorants foods, drugs, cosmetics, and medical devices. 3a edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. pp. 122-255.
- MATA, B.; RODRÍGUEZ, M. 1990. El Cultivo y Producción del Guayabo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Editorial Trillas. D. F., México. pp. 120-160.
- MEJÍA, L. A.; HUDSON, E.; GONZÁLEZ DE MEJÍA, E.; VÁZQUEZ, F. 1988. Carotenoids content and vitamin A activity of some common cultivars of Mexican peppers (*Capsicum annuum*) as determine by HPLC. *Journal of Food Science* 53(5): 1448-1451.
- MULTON, J. L. 1988. Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. pp. 275 - 287.
- MUY-RANGEL, D.; PÉREZ-RUBIO, V.; BÁEZ-SAÑUDO, M.; GARCÍA-ESTRADA, R.; SILLER-CEPEDA, J. 1999. Calidad poscosecha en cultivares mejorados de guayaba (*Psidium guajava*). *Horticultura Mexicana* 7(3): 410-418.
- OCHSE, J. J.; SOULE, JR.; DIJKMAN, M. J.; WEHLBURG, C. 1976. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales. Volumen 1. Editorial Limusa. D. F., México. pp. 753-757.
- PADULA, M.; RODRÍGUEZ-AMAYA, D. B. 1986. Characterization of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of Brazilian guavas (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry* 20: 11-19.
- PÉREZ, R. V. 1997. Caracterización de la calidad poscosecha en frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) cosechados durante la temporada de verano e invierno. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Culiacán. Culiacán, Sinaloa. México.
- SALUNKHE, D. K.; DESAI, B. B. 1984. Guava. Postharvest Biotechnology of Fruits. Vol. II. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 39-45.
- SHI, J.; LE MAGUER, M. 2000. Lycopene in tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Biotechnology* 20(4): 203-334.
- SRIVASTAVA, H.C.; NARASIMHAN, P. 1967. Physiology studies during the growth and development of different varieties of guavas (*Psidium guajava* L.). *J. Hort. Sci.* 42: 97-104.
- TOMAS, P. 1975. Effect of post-harvest temperature on quality, carotenoids and ascorbic content of Alphonso mangoes on ripening. *J. Food Sci.* 40(3): 704.
- WILSON, C.W. 1980. Guava. pp. 279-299. In: Tropical and Subtropical Fruits (composition, properties and uses). Nagy, S.; Shaw, P. E. (eds.) AVI. Publ. USA.
- YADAVA, U. L. 1996. Guava (*Psidium guajava* L.): An exotic tree fruit with potential in the southeastern United States. *HortScience* 31(5): 789-794.
- YUSOF, S.; MOHAMED, S.; ABU, B.A. 1988. Effect of fruit maturity on the quality and acceptability of guavas puree. *Food Chemistry* 30(8): 45-58.