

CARACTERIZACIÓN DE LA NARANJILLA (*Solanum quitoense*) COMUN EN TRES ESTADOS DE MADUREZ

Andrade-Cuvi, María José¹, Moreno-Guerrero, Carlota¹, Guijarro-Fuertes, Michelle¹, Concellón, Analía^{2,3}

¹Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Laboratorio de Química y Microbiología de Alimentos. Av. Occidental y Mariana de Jesús, Quito-Ecuador. acmj2221@ute.edu.ec. ²Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA). CCT La Plata, CONICET-UNLP. Calle 47 esq. 116. CP 1900. La Plata, Argentina. ³Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC-PBA).

Palabras clave: firmeza, actividad respiratoria, color, capacidad antioxidante.

RESUMEN

La naranjilla (*Solanum quitoense*) es un fruto climatérico andino, conocido por un alto contenido de fenoles, capacidad antioxidante y vitamina C. Es una de las frutas exóticas más apetecidas en los mercados nacionales así como en los internacionales, debido a su sabor y color, que la hacen atractiva en comparación con otros productos. El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización de la naranjilla común en tres estados de madurez: inmadura, madura y sobremadura. Se determinó que la mayor actividad respiratoria se presentó en los frutos maduros. Durante el avance de la maduración se produjo un incremento del color amarillo-naranja y pérdida del color verde, por lo que disminuyó el parámetro Hue, y aumentó la luminosidad del fruto maduro para luego disminuir en el sobremaduro. También disminuyó la resistencia a la penetración. La naranjilla común sobremadura presentó menor acidez total y mayor contenido de sólidos solubles que los frutos maduros e inmaduros, además presentó mayor concentración de fenoles totales. La capacidad antioxidante de los frutos sobremaduros fue 50% mayor a los frutos inmaduros y maduros. Si se utiliza naranjilla común madura o sobremadura para la elaboración de productos procesados, debido al color verde de la pulpa, se consigue un mayor dulzor y capacidad antioxidante constituyendo una buena alternativa nutricional para el consumidor. Dada la alta demanda de consumo del producto fresco a nivel local, restan aún estudios comparativos entre variedades e híbridos de naranjilla con el fin de conocer el comportamiento poscosecha de este fruto para fomentar su transporte a mercados distantes.

CHARACTERIZATION OF COMMON NARANJILLA (*Solanum quitoense*) IN THREE STATES OF MATURITY

Keywords: firmness, respiratory activity, color, antioxidants.

ABSTRACT

The naranjilla (*Solanum quitoense*) is an Andean climacteric fruit, known for its high content of phenolic compounds, antioxidant capacity and vitamin C. It is one of the most desirable exotic fruits in domestic and international markets, due to its flavor and color, making it attractive in contrast with other products. The aim of this study was to perform the characterization of the common naranjilla in three maturity stages: immature, ripe and overripe fruit. The highest respiratory activity occurred in mature fruit. During maturation there was an increase of yellow-orange and loss of green color, so the Hue parameter decreased and increased the brightness but of the ripe fruit and then decreased in the overripe. Also, penetration resistance decreased. The overripe common naranjilla had the lowest total acidity and highest soluble solids content and total phenolic content. The antioxidant capacity of the ripe fruits was 50% higher than the immature and mature fruits. If ripe or overripe common naranjilla is used to making processed products, due to the green color of the pulp, an increased sweetness and antioxidant capacity is achieved making it a good nutritional alternative for the consumer. The high demand for consumption of fresh produce at the local market, creates the needs to study

the contents of different naranjilla varieties and hybrids in order to know the postharvest behavior of this fruit to promote transport to distant markets.

INTRODUCCIÓN

La naranjilla (*Solanum quitoense*) es una planta arbustiva que produce frutos de pulpa color verde, ricos en minerales y vitamina C. El jugo tiene sabor dulce agrio, la fruta se consume fresca o bien en helados, mermeladas, conservas en general y una variedad de postres y confites. Es una de las frutas exóticas más apetecidas en los mercados nacionales así como en los internacionales, debido a su sabor y color, que la hacen atractiva en comparación con otros productos. Es un ingrediente exótico para salsas de platos gourmet, "chutneys", ensaladas de frutas y vegetales. Las principales zonas de cultivo en el Ecuador se ubican en las estribaciones externas de la cordillera y llanura amazónica: Baños, Baeza, valle del río Quijos, Reventador, Puyo, Archidona, Loreto, Lago Agrio, Sucúa, Zamora, Lita, Nanegalito, Los Bancos, Chiriboga, Pallatanga (figura 1A).

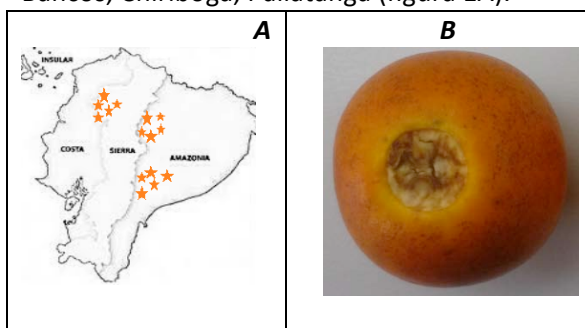


Figura 1. A) Zonas de cultivo de naranjilla en el Ecuador y B) Naranjilla común madura

En el Ecuador existen variedades "Híbrido Puyo", "Baeza", "Bola", "Septentrional", entre otras. La llamada naranjilla "común" vulgarmente denominada "naranjilla para jugo" es de color verde tanto su epidermis como su pulpa (figura 1B) y es una fruta muy aromática en el momento de la cosecha.

Además de sus características organolépticas, la naranjilla también tiene buenas propiedades antioxidantes, en este sentido se han estudiado las características

físico-químicas de una variedad de naranjilla ecuatoriana (Viteri, et al., 2009) y se han identificado carotenoides y compuestos fenólicos como: ácido clorogénico y derivados, glicósidos de flavonoles, determinando que es un fruto con un buen potencial nutricional e industrial. La naranjilla también posee vitamina C.

Para determinar el grado de madurez en la naranjilla normalmente se utiliza una escala de 1 a 5 (figura 2), según el desarrollo de color en la cáscara, donde 1= 100% verde (alcanzando su madurez fisiológica completa); 2 = 25% o ¼ de color amarillo-naranja; 3 = un 50% de color amarillo-naranja; 4 = un 75% de color amarillo-naranja y 5 = correspondiente a la madurez total de la fruta en un 100%, presenta toda la fruta en su cáscara de color amarillo (figura 2).



Figura 2. Grados de madurez de naranjilla

En países que cultivan la naranjilla como Costa Rica, Colombia, Venezuela, los trabajos de investigación se han dirigido a la caracterización química, propiedades antioxidantes y constituyentes volátiles de naranjilla, pero en todos los casos se han empleado frutos con madurez de consumo, sin atender a los distintos estados de maduración que la misma posee. El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización de la naranjilla común en tres estados de madurez.

MATERIALES Y METODOS

Material Vegetal: Frutos de naranjilla (*Solanum quitoense*) común fueron cosechados manualmente en la Provincia de Pastaza (Ecuador) e inmediatamente se trasladaron al laboratorio de Química Analítica

de la Universidad Tecnológica Equinoccial (Quito) donde se limpiaron y clasificaron según ausencia de defectos y grado de madurez (según el color superficial). Los frutos se dividieron en tres grupos, correspondientes a la clasificación mencionada previamente (figura 2): grado 3 (inmaduros), 4 (maduro) y 5 (sobremaduro). El estado 5 se logró por maduración (14 días a temperatura ambiente) de frutos de grado 4. En cada grupo se realizaron las determinaciones que se detallan a continuación:

Color superficial: se midió en la piel de los frutos la luminosidad (L) y el ángulo de tono (Hue) utilizando un colorímetro Konica Minolta (Chroma Meter CR400) usando la escala CIEL*a*b*.

Resistencia a la penetración: se utilizó un penetrómetro manual (TR di TURONI), con una punta de 3 mm de diámetro y fue tomada diametralmente. Los resultados se expresaron en N.

Sólidos Solubles (SS): se extrajo el jugo de la fruta y se cuantificaron los SS utilizando con un refractómetro manual (B&C), 0-32°Brix.

Acidez Titulable (AT): se determinó por potenciometría a través de una titulación con NaOH 0.2 N en la mezcla de 5 ml de jugo con 50 ml de agua destilada, hasta pH 8,2.

Ratio (SS/AT): se determinó como la relación entre el contenido de sólidos solubles y la acidez titulable.

Tasa de respiración: las frutas se introdujeron durante 2 h en una cámara hermética de 1L; al tiempo 0 y luego de dos horas se determinó la concentración de gas de CO₂ de la cámara mediante un analizador de gases Checkpoint O₂/CO₂, PBI Dansensor. Los resultados se expresaron como mg CO₂/ kg.h.

Fenoles totales (FT): Se tomaron 2 g de tejido congelado, se trituraron y homogenizaron en 6 mL de etanol. Se agitó durante 60 min a 4 °C y luego se separó el sobrenadante por filtración. El extracto se usó para la cuantificación de FT mediante su reacción con el reactivo Folin-Ciocalteu según Cuesta et al., (2013) y midiendo la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro. Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico/g tejido en base seca.

Capacidad antioxidante (CA): Se extrajo el tejido según se describe para FT; la capacidad antioxidante se evaluó por 2 métodos: reacción con el radical estable 2,2'-azino-bis(3-tilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico) (ABTS•+) en etanol y usando el radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•) en etanol según Cuesta et al., (2013), midiendo la absorbancia a 734 y 515 nm, respectivamente. Los resultados se expresaron como umol Trolox/g tejido en base seca.

Materia seca: láminas del tejido se secaron en estufa a 105 °C hasta peso constante.

Análisis estadístico: se utilizó un diseño experimental AxB. Los resultados se procesaron mediante un análisis de varianza y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey con una significancia de 0.05 usando el software estadístico INFOSTAT.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los frutos de naranjilla cosechados inmaduros presentaron un valor de AT de 13,71 meqH⁺/Kg (tabla 1), disminuyendo a medida que avanzaba el proceso de maduración, alcanzando en el estado sobremaduro un valor de 9,93 meqH⁺/Kg. Sin embargo, las naranjillas maduras presentaron mayor contenido de SS, siendo 17 y 10% más que los frutos sobremaduros e inmaduros, respectivamente. Es así entonces que el ratio fue aumentando con la maduración. Una vez

que la fruta es retirada de la planta, los ácidos orgánicos disminuyen al ser usados como sustratos de los procesos respiratorios y los SS aumentan con la maduración. Resultados similares han sido reportados en guayaba (Solarte, et al., 2010). El procesamiento de la

naranjilla se realiza con la fruta madura, debido al color verde de la pulpa, por lo que el incremento de SS favorece el dulzor de la pulpa en estados avanzados de madurez (Acosta, et.al., 2009).

Tabla 1. Acidez titulable, sólidos solubles y ratio (AT/SS) en tres estados de madurez de naranjilla (*Solanum quitoense*) común. Letras distintas indican diferencias significativas en un test de Tukey a un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Parámetro	Estado de madurez			Δ Tukey
	Inmaduro	Maduro	Sobremaduro	
Acidez titulable (meqH ⁺ /Kg)	13,71±0,25 ^a	12,51±0,22 ^b	9,93±0,10 ^c	0,094
Sólidos solubles (%)	8,01±0,38 ^b	8,98±0,05 ^a	7,37±0,17 ^c	0,113
Ratio	3,21±0,15 ^c	3,88±0,52 ^b	4,09±0,11 ^a	0,150

Otro aspecto importante en la caracterización de un alimento es su color, ya que defectos en la apariencia influyen en la decisión de consumo (Nielsen, 2009; Fennema, 2000; Sinha, et al., 2012). Durante la maduración de la naranjilla se produce un cambio de verde a amarillo, producido por la degradación de clorofila y síntesis de carotenoides (Mejía-Gutierrez, 2013). Los β-carotenos son compuestos predominantes en naranjilla (Acosta, O., et.al., 2009). Los carotenoides son compuestos estables que no se ven afectados incluso en estados avanzados de senescencia (Ordoñez-Moreno, 2005). Es así que los valores de Hue (figura 3A) fueron mayores en los frutos inmaduros que en aquellos cosechados maduros y sobremaduros. Resultados similares se reportaron en uvilla (García-Pesantez, 2014).

Mientras que los valores de L* (figura 3B) de los frutos maduros fueron 8 y 10 unidades mayores que en los frutos inmaduros y sobremaduros, respectivamente.

El proceso de maduración de los frutos incluye una serie de reacciones que producen cambios en el color, forma, textura, entre otros. La medición de la firmeza o dureza de la fruta es una de las características más utilizadas para definir el tiempo de consumo de un producto y se ve influenciado por el tipo

de fruta, la variedad y el estado de madurez. La naranjilla común presentó un valor cercano a 5 N de firmeza o resistencia a la penetración que disminuyó durante la maduración, alcanzando valores de 0,4N en los frutos sobremaduros (figura 3C).

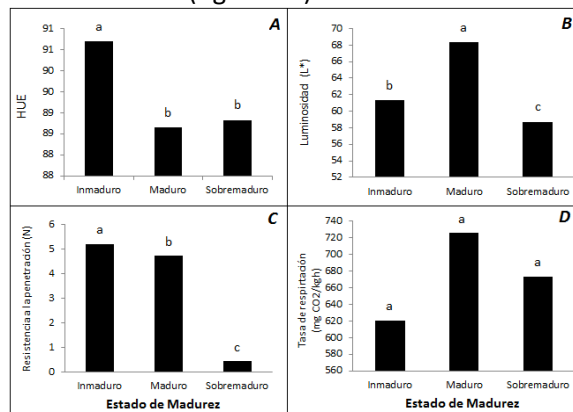


Figura 3. Variación de A) Hue, B) Luminosidad, C) resistencia a la penetración y D) tasa de respiración de naranjilla (*Solanum quitoense*) común en tres estados de madurez. Letras distintas indican diferencias significativas en un test de Tukey a un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Se han realizado diversos estudios sobre la firmeza de frutos tropicales dada su alta percibibilidad, no se encontró diferencia significativa entre variedades de mango pero sí entre estados de madurez en papaya y plátano (Torres, et al., 2012) y en pitahaya (Osuna-Enciso, et al., 2011), al igual que los resultados

del presente trabajo de investigación. Los cambios que ocurren durante la maduración pueden ser no tan fáciles de percibir, como la tasa de respiración (Umaña, et al., 2011). Se conoce que tanto en frutos climatéricos como no-climatéricos se percibe una disminución de la respiración a lo largo del crecimiento del mismo. Sólo en aquéllos del tipo climatérico se observa, durante la maduración, un máximo conocido como pico climatérico (Ordoñez-Moreno, 2005). La actividad respiratoria de la naranjilla presentó un máximo en los frutos maduros (figura 3D). Esto indicaría que los estadios de madurez aquí analizados se hallan en las fases: pre-climaterio, climaterio y post-climaterio, respectivamente.

Los compuestos fenólicos son compuestos bioactivos que se caracterizan por su actividad antimutagénica, anticarcinógena, antiinflamatoria, antimicrobiana y antioxidante (García Alonso, 2005). En naranjilla se observó un incremento en el contenido de FT (tabla 2) conforme aumentaba la madurez del fruto. Resultados similares fueron reportados por Cuesta, et al., (2013) en tomate de árbol, especies de *Vaccinium* (Yuan, et. al., 2011) y en uvilla (Repo de Carrasco y Encina-Zelada, 2008).

La CA de un fruto está dada por el contenido de compuestos bioactivos como ácido ascórbico y compuestos fenólicos, de naturaleza hidrofílica y carotenoides de naturaleza lipofílica, entre otros. En el presente trabajo sólo se analizó la CA hidrofílica. En concordancia con lo observado anteriormente en el contenido de FT, los frutos sobremaduros presentaron una capacidad antioxidante hidrofílica 50% mayor (tabla 2) que los frutos maduros e inmaduros, medida por dos métodos diferentes (empleando ABTS^{••} o DPPH[•]). Resultados similares fueron encontrados en uvilla (Repo de Carrasco y Encina-Zelada, 2008) y arazá (Cuéllar y Anzola, 2012). Por otro lado, se propone que en el estado sobremaduro, podría producirse un fenómeno de concentración de compuestos con actividad antioxidante debido a la deshidratación del tejido (Cuesta, L., 2013). Estos resultados indican que productos madurados fuera de la planta, al presentar mayor CA, constituyen una alternativa para el uso como materia en la elaboración de productos procesados sin tener que ser desechados.

Tabla 2. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante medida por los métodos que emplean los radicales estables ABTS^{••} y DPPH[•] en naranjilla (*Solanum quitoense*) común en tres estados de madurez. Los resultados se expresaron en base seca. Letras distintas indican diferencias significativas en un test de Tukey a un nivel de significancia de P < 0,05.

Parámetro	Estado de madurez			Δ Tukey
	Inmaduro	Maduro	Sobremaduro	
Fenoles totales (mg/g tej)	5,76±0,20 ^c	6,23±0,30 ^b	7,61±0,29 ^a	0,216
Capacidad antioxidante				
# ABTS ^{••} (μmol/g tej)	13,42±0,84 ^b	13,80±1,77 ^b	26,32±0,99 ^a	1,020
# DPPH [•] (μmol/g tej)	9,21±1,24 ^c	11,16±1,34 ^b	21,75±1,29 ^a	1,039

CONCLUSIONES

Durante el avance de la maduración de naranjilla común (*Solanum quitoense*) se produjo un avance del color amarillo-naranja el cual se percibió a través de una disminución del valor del hue y aumento de la luminosidad hacia el estado maduro. También se observó una disminución de la resistencia a la

penetración, de la acidez y ratio. La mayor actividad respiratoria se presentó en los frutos maduros, mientras que en los frutos sobremaduros presentaron mayor concentración de fenoles totales y capacidad antioxidante. Si se utiliza naranjilla común madura para la elaboración de productos procesados, debido al color verde de la pulpa,

se favorece el dulzor y la actividad antioxidante del producto final. También podría utilizarse el fruto en estados avanzados de madurez ya que potenciaría estas cualidades, constituyendo una alternativa para el consumidor. Dada la alta demanda de consumo del producto fresco a nivel local, es necesario el estudio comparativo entre variedades e híbridos de naranjilla con el fin de conocer el comportamiento poscosecha de este fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Ó., Pérez, A.M. & Vaillant, F. (2009). Chemical characterization, antioxidant properties, and volatile constituents of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivated in Costa Rica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 59(1), 88-94
- Cuéllar, F.A. & Anzola, C. (2012). Comparación de la capacidad antioxidante del arazá (*Eugenia Stipitata* Mc Vaugh) durante la maduración. Vitae, 19(1), S385-S387.
- Cuesta, L. (2013). Evolución del contenido de compuestos antioxidantes en tres estados de maduración de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) cultivado a diferentes alturas (m.s.n.m.). Tesis. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito-Ecuador
- Cuesta, L., Andrade, M.J., Moreno, C. & Concellón, A. (2013). Contenido de compuestos antioxidantes en tres estados de maduración de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) cultivado a diferentes alturas (m.s.n.m.). Enfoque UTE, 4(1), 32-49.
- Fennema, O. (2000). Química de los Alimentos. Zaragoza: ACRIBIA S.A.
- García Alonso, F.J. (2005). Evaluación in vivo e in vitro de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia-España.
- García-Pesantez, D.A. (2014). Cambios físico-químicos durante el proceso de maduración de uvilla (*Physalis peruviana*) orgánica. Tesis. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito-Ecuador.
- Mejía-Gutierrez, L.F. (2013). Evaluación del comportamiento físico y químico poscosecha del plátano dominico Harton (*Musa AAB Simmonds*) cultivado en el municipio de Belalcazar (Caldas). Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Nielsen, S. (2009). Análisis de los Alimentos. Zaragoza: ACRIBIA, S.A.
- Ordoñez-Moreno, A. G. (2005). Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefón como agente madurador. Tesis. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador
- Osuna-Enciso, T., Ibarra-Zazueta, M.E., Muy Rangel, M.D., Valdez-Torres, B., Villareal-Romero, M. & Hernández-Verdugo, S. (2011). Calidad poscosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez. Fitotécnica Mexicana. 34(1), 63-72
- Repo de Carrasco, R., & Encina-Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de la Sociedad Química del Perú, 74(2), 108-124.
- Sinha, N., Sidhu, J., Barta, J., Wu, J., & Cano, P. (2012). Handbook of fruits and fruit processing. Iowa: Wiley-Blackwell.
- Solarte, M. E., Hernández, M.S., Morales, A. L., Fernandez-Trujillo, J.P. & Melgarejo, L.M. (2010). Caracterización Fisiológica y Bioquímica Del Fruto De Guayaba Durante La Maduración
- Torres, R., Montes, E.J., Pérez, O.A. & Andrade, R.D. (2012). Influencia del Estado de Madurez sobre las Propiedades Viscoelásticas de Frutas Tropicales (Mango, Papaya y Plátano). Información Tecnológica. 23(5), 115-124
- Umaña, G., Loría, C.L. & Gómez, J.C. (2011). Efecto del grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las

características fisicoquímicas de la papaya híbrido pococí. Agronomía Costarricense.
Viteri, P., Vasquez, W., Leon, F., Viera, W., Posso, M., Hinojosa, A., Revelo, M. & Ochoa, J. (2009). INIAP Quitoense-2009 Naranjilla de jugo (*Solanum quitoense* Lam.) injerta en patrones de solanaceas silvestres resistentes a *Fusarium oxysporum* y a *Meloidogyne incognita*. Quito-Ecuador

Yuan, W., Zhou, L., Deng, G., Wang, P., Creech, D. & Li, S. (2011). Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity of *Vaccinium* L. in Texas, USA. *Pharmaceutical Crops*, 2, 11-23.