

Actividad antioxidante del jugo de *Passiflora edulis* Sims (Gulupa) durante la poscosecha

Antioxidant activity of *Passiflora edulis* Sims (purple passion fruit) juice in the postharvest period

Dr. Germán Franco, Dr. José R. Cartagena V., DrC. Guillermo Correa L.,
DrC. Benjamín Rojano, Ing. Ana M. Piedrahita C.

Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

RESUMEN

Introducción: las especies reactivas de oxígeno (ERO), afectan al organismo humano con patologías como las enfermedades cardiovasculares y las crónicas no transmisibles. La incidencia de éstas es menor si en la dieta diaria se incluye un alto consumo de frutos y hortalizas; por esta razón, es importante conocer sus propiedades fitoquímicas.

Objetivo: determinar la capacidad antioxidante del jugo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) en poscosecha.

Métodos: se cosecharon frutos en madurez fisiológica y se mantuvieron al ambiente (20 °C y 70 % de HR) por 21 días, tiempo en el que se midió la actividad antioxidante con los métodos radical catiónico ABTS•+ y el poder antioxidante de reducción del Fe⁺³ (FRAP), el contenido de ácido ascórbico por HPLC y los carotenoides por espectrofotometría ultravioleta-visible (UV-Vis).

Resultados: se apreció una tendencia ascendente en la actividad antioxidante a través del tiempo en poscosecha, con énfasis en el día 14, lo que conduce a manifestar que es la época recomendable para el consumo. El ácido ascórbico (vitamina C), se expresó de manera inestable, pero el aumento hacia el final del almacenamiento fue evidente, mientras que los carotenoides presentaron un incremento constante.

Conclusiones: la actividad antioxidante del jugo de gulupa, puede estar dada por los contenidos de ácido ascórbico y carotenoides. Es importante la definición del tiempo de consumo después de la cosecha del fruto, para aprovechar al máximo su valor como alimento nutracéutico. Estos aspectos son útiles para fortalecer la posición de la gulupa en el mercado de exportación.

Palabras clave: compuestos bioactivos, alimentos saludables, micronutrientes, frutos andinos, pasifloras.

ABSTRACT

Introduction: reactive oxygen species (ROS) affect the human body with pathologies such as cardiovascular and chronic non-communicable diseases. The incidence of these diseases is lower when the daily diet includes a high intake of fruits and vegetables. This is the reason why it is important to be acquainted with their phytochemical properties.

Objective: determine the antioxidant capacity of the juice of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) in the postharvest period.

Methods: physiologically mature fruits were harvested and kept in the open (20 °C and 70 % RH) for 21 days. During that period, antioxidant activity was measured with ABTS•+ radical cation assay and Fe⁺³ ferric reducing ability of plasma (FRAP), whereas ascorbic acid content was determined by HPLC and carotenoids by ultraviolet-visible (UV-Vis) spectrophotometry.

Results: antioxidant activity showed an upward trend during the postharvest period, reaching its peak on day 14. It is therefore advisable to consume the fruit around that day. Ascorbic acid (vitamin C) was expressed in an unstable manner, but increase was evident by the end of the storage period. Carotenoid content showed a steady increase.

Conclusions: antioxidant activity of purple passion fruit juice may be due to the contents of ascorbic acid and carotenoids. It is important to define the most suitable time for consumption during the postharvest period, to obtain the maximum nutraceutical benefit. These notions are useful to strengthen the position of purple passion fruit in the export market.

Key words: bioactive compounds, health foods, micronutrients, Andean fruits, passion fruits.

INTRODUCCIÓN

Existe la tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas por ser componentes importantes de la alimentación humana, su aporte en vitaminas, minerales, fibra y por el papel nutracéutico representan una ayuda para mantener una buena salud,¹ esto también es motivado por la creciente preocupación por una dieta equilibrada, con menor cantidad de carbohidratos, grasas, aceites y con una mayor participación de vegetales. Este cambio se da debido a las menores necesidades calóricas de la vida moderna, caracterizadas por un mayor confort y sedentarismo; otro factor que determina esta tendencia, es la importancia de la dieta en la salud y longevidad.²

Las especies de pasifloras reciben diferentes usos; en una revisión del género relacionada con la morfología, microscopía, usos tradicionales, fito-constituyentes, farmacología, aplicaciones en medicina y toxicología, se encontró en maracuyá

(*Passiflora edulis* Sims), presencia de glicósidos, fenoles, alcaloides, carotenoides, L ácido ascórbico, antocianinas, lactonas, aromas, aceites esenciales aminoácidos, carbohidratos, minerales, enzimas y triterpenos.³

Los antioxidantes, tienen la capacidad de mitigar el efecto de las especies reactivas de oxígeno (ERO), sin que ellos mismos se conviertan en un radical destructivo;⁴ están presentes en numerosos alimentos y protegen al hombre frente a la acción de los radicales libres (sustancias dañinas producto del metabolismo normal del organismo), causantes del deterioro de las células, el envejecimiento y de algunas enfermedades como el cáncer que se presentan cuando hay un exceso de radicales libres y los antioxidantes no pueden contrarrestar su acción.⁵ Años atrás, se suponía que el proceso de oxidación en las células, se podía detener tomando antioxidantes, pero en la actualidad, a la luz de investigaciones recientes no se ha observado el efecto que se les atribuye, sobre todo en la forma de suplementos multivitamínicos o medicamentos debido a que no ayudan a detener los procesos de envejecimiento y degeneración celular, aconsejándose que sólo se prescriban cuando hay carencias diagnosticadas de vitaminas. Sin embargo, los antioxidantes siguen siendo importantes para el organismo, pero es suficiente con ingerir los que contienen los alimentos.^{6,7}

Los principales antioxidantes presentes en los vegetales son los carotenoides, polifenoles y las vitaminas antioxidantes. Los carotenoides son pigmentos accesorios que en la fotosíntesis actúan como sustancias fotoprotectoras, se les atribuye la propiedad de capturar el oxígeno singlete, inhiben la propagación de ERO y otros radicales libres y son complemento alimenticio.^{8,9} Los compuestos fenólicos son responsables de funciones estructurales y protectoras en la planta.¹⁰ Los frutos y las hortalizas se conocen como buenas fuentes de vitaminas antioxidantes, tales como E, C, y β caroteno.¹¹

El contenido de antioxidantes en los vegetales está determinado por numerosos factores que intervienen en la síntesis de estos compuestos, como la especie, variedad, condiciones de cultivo, zona geográfica, factores fisiológicos y la maduración. La actividad de los sistemas enzimáticos antioxidantes en algunas especies se reduce a medida que avanza el proceso de maduración,¹²⁻¹³ como se ha notado en naranja dulce (*Citrus sinensis* L),¹⁴ mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw),¹⁵ acai (*Euterpe oleraceae* Mart),¹⁶ guayaba del Perú (*Psidium cattleianum* Sabine)¹⁷ mientras que en otras especies se incrementa como en pimentón (*Capsicum annuum* cv. Kulai),¹⁸ tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill),¹⁹ mora (*Rubus glaucus* Benth), maracuyá (*Passiflora edulis* S), guayaba (*Psidium guajava* L) y papayuela (*Carica cundinamarcensis* J).²⁰ Es probable entonces que el sistema de defensa antioxidante juegue un papel importante en la maduración y senescencia de frutos.^{12, 13}

Establecer la capacidad antioxidante total en un sólo estado de maduración del fruto, se emplea para conocer este atributo en especies de interés económico, en este sentido diferentes especies frutícolas se han evaluado, calificándose al maracuyá amarillo y la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss), con baja capacidad antioxidante, en tanto que la curuba (*Passiflora mollissima* (H.B.K.) L. H. Bailey), fue categorizada en la escala más alta y la guayaba con capacidad antioxidante media.²¹

Esta investigación tuvo como objetivo valorar la capacidad antioxidante de la gulupa durante la poscosecha, al medir contenidos totales y específicos en este fruto, con el fin de agregarle valor a sus atributos de comercialización.

MÉTODOS

Ubicación

El cultivo experimental se plantó en el municipio de Rionegro, vereda Llanogrande departamento de Antioquia, Centro de Investigación La Selva, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, (Colombia), localizado en la zona de vida ecológica Bosque Húmedo Montano Bajo, en latitud norte 6° 7' 49'' y longitud oeste 75° 24' 49'' a 2.090 msnm, con temperatura promedio anual de 17 °C, precipitación promedio anual de 1,917 mm, humedad relativa (HR) promedio de 78 %, brillo solar promedio de 1,726 horas/año, evapotranspiración promedio de 1,202 mm.

Material biológico

El trabajo de campo se hizo en un área experimental donde se estableció al azar una población compuesta por 10 materiales de gulupa, provenientes de los departamentos de Antioquia, Putumayo y Nariño (Colombia), que hacen parte del banco de germoplasma de la nación colombiana, administrado por Corpoica que reporta baja variabilidad genética, determinada con marcadores moleculares AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphism) y SSRs (Secuencias Simples Repetidas).²²

Para la obtención de los frutos, se marcaron con hilos de colores, flores que estuvieran en la fases homógama con y sin hercogamia tomándose la rotulación mencionada como día cero de edad del fruto,²³ en tanto que la época de cosecha se realizó a los 91 días.²⁴

Procedimiento experimental

Para todos los análisis se hicieron muestreos destructivos cada siete días a partir del día de cosecha (91 días después de floración DDF), con seguimiento hasta el día 21 siguiente a la cosecha. La unidad de muestreo para cada época la constituyeron 10 frutos, que se tomaron al azar en los materiales seleccionados conformando una muestra balanceada e independiente en cuanto al tamaño del fruto. Los frutos se transportaron en caja de poliestireno expandido que contenía hielo seco con temperatura interna de 4 °C aproximadamente y se almacenaron a 20 °C de temperatura y 70 % de humedad relativa. Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín a los 7, 14 y 21 días después de cosecha.

Para la obtención del jugo, los frutos se cortaron por la zona ecuatorial y para los análisis de carotenoides y ácido ascórbico, se separó con espátula la cáscara de la pulpa e inmediatamente se retiraron las semillas; para los análisis por ABTS•+ (radical catiónico Ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6-sulfónico) y FRAP (poder antioxidante de reducción férrica) , se utilizó el jugo con las semillas.

Para precisar la capacidad antioxidante por los métodos ABTS•+, FRAP y análisis por HPLC (cromatografía líquida de alta eficiencia), fue necesario realizar un tratamiento inicial de la muestra que consistió en pesar alrededor de 5 g de pulpa (arilo y semilla) y adicionar 20 mL de agua Tipo 1. Esta solución se preparó en un homogeneizador Ultra-Turrax Brand: IKA-WERK®, una vez acondicionada la solución, se filtró con papel Watman No 1, constituyéndose el filtrado en la muestra para analizar.

Evaluación de la capacidad antioxidante por el método del radical catiónico ABTS•+

El protocolo se basa en la capacidad de los compuestos antioxidantes para atrapar el radical catiónico ABTS•+, al donar un electrón o un protón, lo que causa la decoloración del radical, el cual se genera por la reacción de oxidación del ABTS (3,5 mM) con persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) (1,25 mM). Después de 24 h de reacción se ajustó la absorbancia con buffer fosfato pH 7,4 hasta 0,7 unidades, a una longitud de onda de 732 nm. Para la evaluación se adicionaron 990 μ L de la solución ABTS con 10 μ L de la solución muestra. La mezcla de reacción se dejó en reposo y en oscuridad por 30 min. Posteriormente se midió la absorbancia a 732 nm. Los resultados se expresaron como valores de TEAC (capacidad antioxidante equivalente al Trolox®) (μ mol de Trolox®/100 g de fruto fresco), mediante la construcción de una curva patrón con varias concentraciones de antioxidante Trolox®. De los 10 frutos de cada muestreo se extrajo el jugo que fue homogeneizado para tomar tres muestras para la determinación.²⁵

Evaluación de la capacidad antioxidante por la determinación de la capacidad reductora de Fe^{+3} : Ensayo FRAP

Con esta técnica se estima el potencial antioxidante de una muestra de acuerdo con su capacidad para reducir el Fe^{+3} presente en un complejo con la 2,4,6-tri (2-piridil)-s-triazina (TPTZ) hasta la forma ferrosa (Fe^{+2}), que muestra un máximo de absorbancia a una longitud de onda entre 590 - 595 nm. Se llevó a cabo en un buffer de ácido acético-acetato de sodio (pH 3,4), que contenía TPTZ y cloruro de hierro ($FeCl_3$). Se utilizaron 900 μ L de ésta solución, 50 μ L de muestra y 50 μ L de la solución buffer. Luego de 30 min de reacción se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 590 nm. Para cada muestra se tuvo en cuenta la lectura de la absorbancia del blanco sin cromóforo. La curva de referencia se construyó con ácido ascórbico como patrón primario. La actividad de las muestras en estudio, se expresó como valor FRAP (g de ácido ascórbico por cada 100 g de muestra). De los 10 frutos de cada muestreo se extrajo el jugo que fue homogeneizado para tomar tres muestras para la determinación.²⁶

Determinación de ácido ascórbico

Se estableció por HPLC. El extracto acuoso se filtró (tamaño de poro 0,45 μ m) y se hicieron diluciones en agua supra-pura, antes de la inyección al cromatógrafo. Se empleó un cromatógrafo líquido Shimadzu® modelo LC-20AD, equipado con un auto inyector SIL-20A /HT, un módulo de comunicación CBM-20A y un (PDA) SPD-M20A, calibrado a 245 nm. La cuantificación del ácido ascórbico se realizó con una columna C-8 (5 μ m, 250 mm x 4,6 mm). Como fase móvil se usó ácido fórmico 0,1 %. La razón de flujo de la fase móvil fue de 0,8 mL min^{-1} , a 35 °C y en condiciones isocráticas (utilización del mismo solvente). La identificación y cuantificación se hizo con curvas de calibración elaboradas con diferentes concentraciones de ácido ascórbico. De los 10 frutos de cada muestreo se extrajo el jugo que fue homogeneizado para tomar tres muestras para la determinación.²⁷

Determinación de carotenoides

Se realizó por espectrofotometría Ultravioleta-Visible (UV-Vis). Para ello se tomó en un tubo de ensayo 1 g de muestra, se adicionaron 5 mL de acetona fría se dejó reposar alrededor de 15 min en refrigerador (4 °C), pasado este tiempo se agitó en vórtex por 2 min. La mezcla se centrifugó a 1370 gravedades durante 10 min, el sobrenadante se recolectó en otro tubo de ensayo. El precipitado se re-extrajo con

5 mL de acetona fría y se repitió todo el proceso anterior. Ambos extractos acetónicos se mezclaron, luego se filtraron en papel Whatmann No. 42 y se determinó la absorbancia a 449 nm. La concentración de carotenoides se obtuvo mediante la curva de calibración respectiva, con β -caroteno como sustancia patrón. El equipo empleado para la preparación de la muestra fue una centrífuga de capacidad media y alta velocidad Hermle Labnet® modelo Z366; para la determinación de la absorbancia a 449, 590 y 732 nm se utilizó un espectrofotómetro Multiskan Spectrum Thermo Scientific® modelo V1.2. Los datos se obtuvieron por medio del SkanIt Software 2.4.2 RE forMultiskanSpectrum.²⁸

RESULTADOS

Actividad antioxidante determinada por el método del radical catiónico

ABTS•+. Bajo las condiciones de almacenamiento definidas, se notó un comportamiento con tendencia general ascendente a través de los 21 días en poscosecha durante los cuales se realizó el seguimiento al fruto; el valor determinado en la cosecha fue de 393 μmol , para finalizar en 410 μmol el día final del almacenamiento (figura 1).

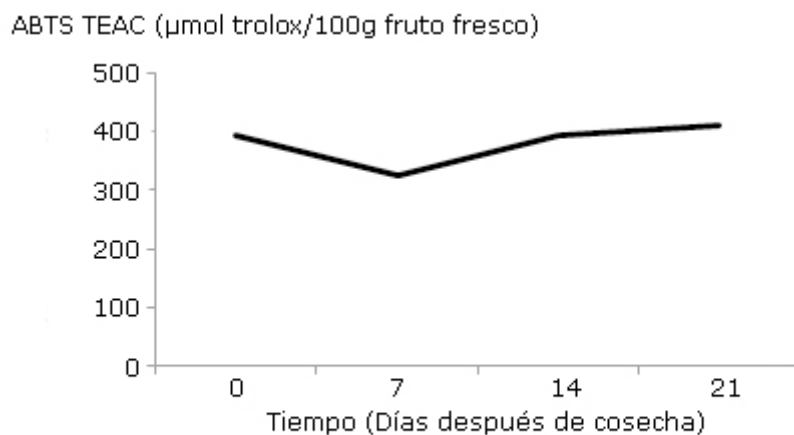


Fig. 1. Variación de la capacidad antioxidante total del jugo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims), determinada por ABTS.

Actividad antioxidante determinada por la capacidad reductora de Fe^{+3} : ensayo FRAP

A diferencia de lo observado en la capacidad total antioxidante determinada por ABTS donde el sentido fue ascendente, en este caso, se apreció una trayectoria creciente hasta el día 14 de vida en poscosecha, cuando se registraron 40,4 mg ácido ascórbico (figura 2), con un descenso posterior en la actividad total antioxidante a partir de este día para presentar un valor final de 36,0 mg ácido ascórbico hacia el día 21 de almacenamiento.

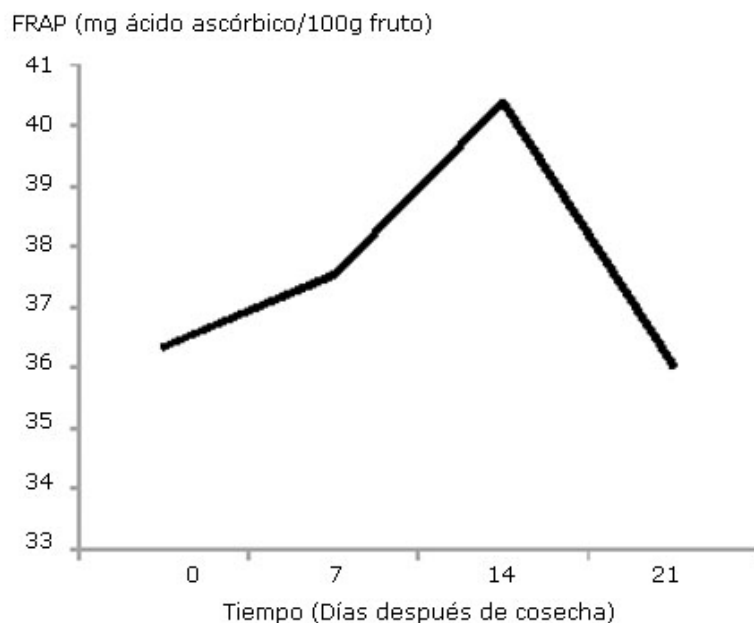


Fig. 2. Variación de la capacidad antioxidante total de jugo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims), determinada por determinada por FRAP.

Ácido ascórbico

Hubo disminución hasta 24,4 mg de ácido ascórbico en el día siete de almacenamiento, para luego mostrar tendencia ascendente hasta alcanzar un valor de 32,4 mg de ácido ascórbico, en el día 21 de poscosecha, superior al determinado en el séptimo día (figura 3), pero inferior al valor encontrado en el momento de la cosecha.

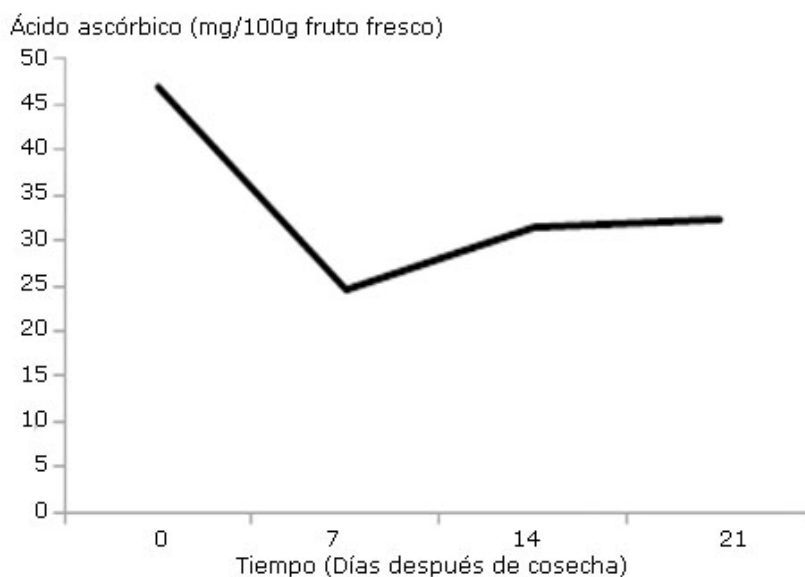


Fig. 3. Variación del contenido de ácido ascórbico en jugo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims).

Carotenoides

Se presentó un aumento del 17,6 % en el período de evaluación, con incremento constante de 3,4 mg de β -caroteno, a la cosecha, hasta llegar a 4,0 mg de β -caroteno (figura 4).

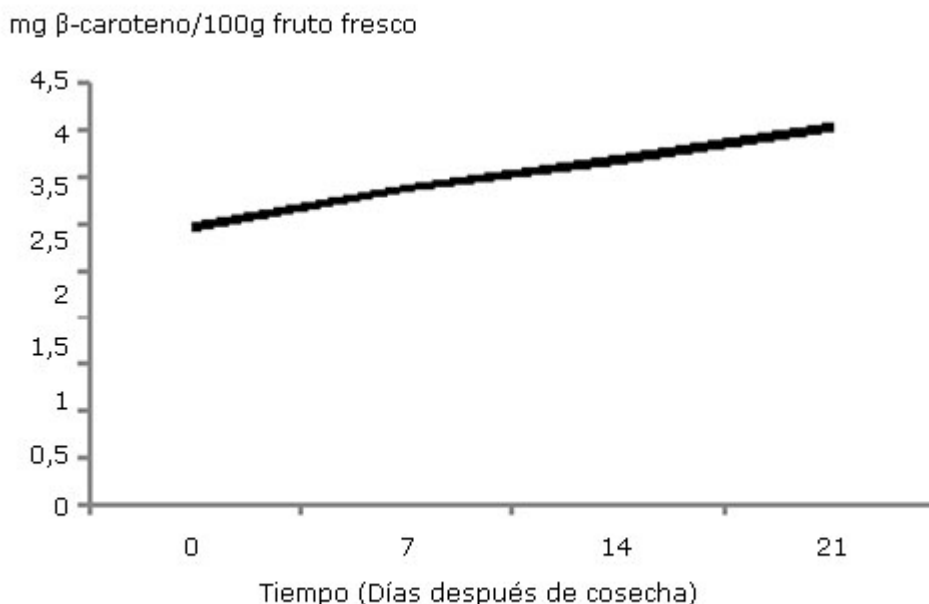


Fig. 4. Variación de los carotenoides totales en jugo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims).

DISCUSIÓN

Actividad antioxidante determinada por el método del radical catiónico ABTS•+

Lo registrado está en concordancia con los resultados observados en otras especies como tomate,¹⁹ frambuesa (*Rubus idaeus* L) y fresa híbrida (*Fragaria x ananassa*),²⁹ que al almacenarlas a temperatura ambiente (25 °C), registraron aumento en su actividad antioxidante, mientras que en frutos de guinda (*Prunus cerasus* L) y grosella (*Ribes rubrum* L),²⁹ permanecía estable y en contraposición a la mayor actividad verificada en estados inmaduros del fruto de acai,¹⁶ la actividad antioxidante luego descendió a medida que se expresaba la maduración similar a lo evidenciado en cerezo silvestre (*Prunus avium* L) que disminuyó durante el almacenamiento en poscosecha.²⁹ Se destaca que en pulpa comercial de maracuyá se observó un valor de 2,3 μ mol TE/g peso fresco,³⁰ cifra inferior a la hallada en esta investigación para todas las épocas evaluadas, pero menor a los datos suministrados para otras pasifloras relacionadas con gulupa como curuba (*P. mollissima* (H. B. K.) L. H. Bailey y *P. tarminiana* Coppens & V. E. Barney) que tienen alta capacidad antioxidante (ABTS), con valores de 131 y 144 μ mol TE/g peso fresco.³¹

Actividad antioxidante determinada por la capacidad reductora de Fe⁺³: ensayo FRAP

Los valores hallados fueron menores a lo indicado en extracto y néctar de gulupa con 146,72 mg ácido ascórbico/100 g en extracto y 123,6 mg ácido ascórbico/100 g en néctar, al utilizar el método FRAP.³² Por otra parte, el descenso en la actividad total antioxidante expresada en el contenido de ácido ascórbico a partir del día 14 de vida en poscosecha, es similar en su tendencia a los resultados obtenidos con el método FRAP en naranja dulce¹⁴ y en mortiño,¹⁵ pero difiere de lo informado para tomate,³³ guayaba del Perú,¹⁷ maracuyá, mora, guayaba y papayuela,²⁰ al afirmarse que los antioxidantes totales tienden a incrementarse a medida que el fruto madura.

Lo mencionado conduce a manifestar, según las condiciones de experimentación, que alrededor de los 14 días de vida en poscosecha es la época más recomendable para el consumo, si se tiene en cuenta un factor importante como es la apariencia física del fruto, debido que por este tiempo, se da inicio al arrugamiento de la cáscara causado por la pérdida de agua por transpiración; además, se debe considerar que la actividad antioxidante declina hacia el día 21 después de cosechado el fruto.

Ácido ascórbico

Los valores son coherentes con lo manifestado para los primeros días de poscosecha en frutos de gulupa.³⁴ Se señalan como altos los registros de 30–40 mg/100 g de peso seco de frutos, para ácido ascórbico observados en maracuyá, pero se advierte que otras pasifloras como la curuba tienen mayor cantidad de ácido ascórbico, mientras que en granadilla es menor.²¹ La reducción observada en la cantidad del ácido ascórbico, se explica al considerar que los ácidos son sustratos respirables³⁵ y al ser la gulupa un fruto climatérico,³⁴ podrían ser utilizados en ese proceso, o convertirse en azúcares.

El nivel del ácido ascórbico varía en función del ambiente al presentar valores diferentes dependiendo de la localidad,³⁴ afirmación que resulta de los estudios realizados en varios municipios del departamento de Cundinamarca (Colombia) y que al compararlos con los de esta investigación, discrepan en su cuantía, pues son menores los medidos en plantaciones ubicadas en los municipios de Granada y Tena (Cundinamarca) y similares a las establecidas en el municipio de Chía, en la misma región. Es decir, el sistema de producción y el ambiente influyen en la concentración de ácido ascórbico en el jugo del fruto de gulupa, por lo que se debe evaluar en cada zona de cultivo, con el objeto de cuantificar la capacidad antioxidante según el ambiente donde se desarrolle la plantación. De acuerdo a los resultados obtenidos, se destaca al fruto de gulupa, como una buena fuente de vitamina C; si se tiene cuenta que el consumo diario se tasa en 50 mg.³⁵

Llama la atención que en guayaba del Perú, el ácido ascórbico disminuye en la fase temprana del proceso de maduración, para luego incrementarse hacia el final de la misma,¹⁷ similar a lo ocurrido para gulupa en esta investigación y a las tendencias vistas en el proceso de maduración en dátil (*Phoenix dactylifera* L)³⁶ y tomate.¹⁹ En contraste, otros investigadores evidenciaron que el contenido de ácido ascórbico tiende a aumentar continuamente durante la maduración del pimentón,³⁷ mora, maracuyá, guayaba y papayuela.²⁰

Carotenoides

Los resultados tuvieron una disposición parecida a la observada en la maduración de frutos de tomate,^{19,33} dátil³⁶ y uchuva (*Physalis peruviana* L)³⁸ y similar a lo

señalado para otros frutos ricos en este metabolito como guayaba.³⁹ En maracuyá amarillo se determinó un contenido de β -caroteno de $525 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fruto fresco⁴⁰ y un contenido de carotenoides totales de $743 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fruto fresco,⁴¹ valores inferiores a los encontrados en esta investigación. En gulupa el incremento en el contenido de carotenoides puede estar relacionado con la mayor actividad antioxidante del fruto como respuesta al estrés oxidativo tal como ocurre en mortiño.¹⁵

Al comparar los valores de carotenoides obtenidos, con los señalados para otras especies de frutales distintas a las pasifloráceas, como mango (*Mangifera indica* L), naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), papaya (*Carica papaya* L), aguacate (*Persea americana* Mill),⁴² kiwi (*Actinidia* sp.)⁴² y uchuva,³⁸ se encuentra que son superiores los de gulupa, pero inferiores a los de zanahoria (*Daucus carota* L) y a los de algunas variedades de guayaba.³⁹ En suma, la gulupa se puede posicionar más en el mercado de exportación, si se resalta su capacidad antioxidante, debido a los contenidos de vitamina C y carotenoides.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jacoby E, Keller I. La promoción del consumo de frutas y verduras en América Latina: Buena oportunidad de acción intersectorial por una alimentación saludable. Rev. Chil. Nutr. 2006;33(S1):226-231.
2. López AF. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. En: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 151. Roma; 2003. 185 p.
3. Dhawan K, Dhawan S, Sharma A. *Passiflora*: a review update. Journal of Ethnopharmacology. 2004;94(1):1-23.
4. Noctor G, Foyer CH. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. 1998; Plant Biology. 49(1):249-279.
5. Landa M. Antioxidantes. Fundación Eroski [citado 4 Dic 2011]; 2004. Disponible en: http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/complementos_dieteticos/2004/06/23/104746.php .
6. Schmidt F, Papaleo C. ¿Adiós a los antioxidantes? Deutsche Welle. [citado 3 Ene 2013]; 2013. Disponible en: <http://www.dw.de/adi%C3%B3s-a-los-antioxidantes/a-16547635>.
7. Wenner M. The myth of antioxidants. [citado 22 May 2013]; Scientific American. 2013;308(2):62-67. Disponible en: www.nature.com/scientificamerican.
8. Rodríguez-Amaya DB. Carotenoides y Preparación de Alimentos: La Retención de los Carotenoides Provitamina A en Alimentos Preparados, Procesados y Almacenados. John Snow, Inc. Boston; 1999. p.105
9. Mínguez MI, Pérez A, Hornero D. Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples colorantes naturales. Revista CTC Alimentación. 2005;26:108-113.

10. Soto ML, Moure A, Domínguez H, Parajó JC. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review. *Journal of Food Engineering*. 2011;105(1):1-27.
11. Bliss RM. Datos útiles sobre los antioxidantes alimentarios. United States Department of Agriculture, USDA [citado 2 Feb 2013]; 1997. Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/is/espanol/pr/2007/071106.es.htm>.
12. Rodrigo J, Álvarez E, De la Rosa LA, Mercado G, Herrera B. Valoración de la capacidad antioxidante y actividad polifenol oxidasa en duraznos de diferentes áreas de producción. I Simpósio Ibero-Americano de Vegetais Frescos Cortados, San Pedro, SP, Brazil. 2006;p.111-116.
13. Chaves G, Montiel GM, Sgroppoy SC, Avanza JR. Capacidad antioxidante de pimientos morrones. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2000. [citado 20 abr 2013]; 2013. Disponible en: http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2000/8_exactas/e_pdf/e_049.pdf.
14. Huang R, Renxue X, Liming H, Yunmei L, Mingyuan M. Antioxidant activity and oxygen-scavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation. *Scientia Horticulturae*. 2007;113(2):166-172.
15. Gaviria C, Hernández JD, Lobo M, Medina CI, Rojano BA. Cambios en la actividad antioxidante en frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw.) durante su desarrollo y maduración. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 2012; 65(1):6487-6495.
16. Gordon A, Gil AP, Correa LM, Cordeiro de Freitas S, Araujo CM, Donangelo CM, et al. Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açaí fruits (*Euterpe oleraceae* Mart.) during ripening. *Food Chemistry*. 2012;133(2):256-263.
17. Villacorta V, Osorio LF, Rojano A. Cambios en la actividad antioxidante durante el desarrollo de frutos de *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 2013;66(1):6939-6947.
18. Chung KT, Mohd Ali Z, Zainal Z. Changes in ethylene production, carbohydrase activity and antioxidant status in pepper fruits during ripening. *Scientia Horticulturae*. 2012;142:23-31.
19. Ilahy R, Hdider C, Lenucci MS, Tlili I, Dalessandro G. Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011;24(4-5):588-595.
20. Rodríguez L, López L, García M. Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). *Alimentos Hoy*. 2010;19(21):35-42.
21. Vasco C, Ruales J, Kamal-Eldin A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*. 2008;111(4):816-823.
22. Ortiz DC, Bohórquez A, Duque MC, Thome JM, Cuellar D, Mosquera T. Evaluating purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *edulis*) genetic variability in individuals from commercial plantations in Colombia. *Genet. Resour. Crop Ev.* 2012;59(6):1089-1099.

23. Ángel C, Nates G, Ospina R, Melo C, Amaya M. Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims f. *Edulis*. *Caldasia*. 2011;33(2):433-451.

24. Franco G, Cartagena JR, Correa GA. Informe. Análisis de crecimiento del fruto de gulupa (*Passiflora edulis* Sims), en las condiciones ecológicas del bosque húmedo montano bajo de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. 2013; p.12

25. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice A. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*. 1999;26(9-10):1231-1237.

26. Iris F, Benzie F, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*. 1996;239(1):70-76.

27. Kelebek H, Selli S, Canbas A, Cabaroglu T. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kosan. *Microchemical Journal*. 2009;91(2):187-92.

28. Biswas AK, Sahoo J, Chatli MK. A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of β -carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. *Food Science and Technology*. 2011;44(8):1809-1813.

29. Piljac J, Šamec D. Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. *Food Research International*. 2011;44(1):345-350.

30. Kuskoski EM, Asuero AG, Troncoso AM, Mancini J, Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*. 2005;25(4):726-732.

31. Contreras-Calderón J, Calderón-Jaimes L, Guerra-Hernández E, García-Villavona VB. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*. 2011;44(7):2047-2053.

32. Rodríguez M, García C. Poscosecha, procesamiento y análisis nutracéutico de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) y curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). En: Libro de ponencias: Primer Congreso Latinoamericano de *Passiflora*. Resumen. Neiva, Huila, Colombia; Corporación centro de investigación para la gestión tecnológica de pasiflora del departamento de Huila, Asociación hortofrutícola de Colombia. 2010. p. 107

33. Zapata LM, Gerard L, Daviesy C, Schvab M. Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 2007;35(18):173-193.

34. Flórez LM, Pérez LV, Melgarejo LM, Hernández S. Manual calendario fenológico y fisiología del crecimiento y desarrollo del fruto de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) de tres localidades del departamento de Cundinamarca. En: Melgarejo LM, editor. *Ecofisiología del cultivo de la gulupa (Passiflora edulis Sims)*. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá; 2013. p 33-51.

35. Wills RH, Lee TH, McGlasson WB, Hall EG, Graham D. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Zaragoza: Acribia; 1984. p.195

36. Awad A, Al-Qurashi AD, Saleh AA, Mohamed SA. Antioxidant capacity, antioxidant compounds and antioxidant enzyme activities in five date cultivars during development and ripening. *Scientia Horticulturae*. 2011;129(4):688-693.
37. Keat C, Ali M, Zainal Z. Changes in ethylene production, carbohydrase activity and antioxidant status in pepper fruits during ripening. *Scientia Horticulturae*. 2012;142:23-31
38. Fischer G, Martínez O. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana*. 1999;16(1-3):35-39.
39. González IA. Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) colombiana. [Tesis Magíster en Ciencias – Química]. Bogotá D. C.; Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Química; 2010.
40. Holden JM, Eldridge AL, Beecher GR, Buzzard IM, Bhagwat S, Davis CS, et al. Carotenoid Content of U.S. Foods: An Update of the Database. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1999;12(3):169-196.
41. Burgos JT, Calderón FR. Determinación del contenido de carotenoides totales en ocho especies de frutas y verduras comercializadas en la zona metropolitana de San Salvador. [Tesis Licenciatura en Química y Farmacia]. El Salvador, Centro América: Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia. San Salvador; 2009.
42. Montefiori M, McGhie TK, Hallett C, Costa G. Changes in pigments and plastid ultra-structure during ripening of green-fleshed and yellow-fleshed kiwifruit. *Scientia Horticulturae*. 2009;119(4):377-387.

Recibido: 10 de Julio de 2013.

Aprobado: 20 de marzo de 2014.

Dr. Germán Franco. Corpoica C. I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia.
Correo electrónico: gfranco@corpoica.org.co