

Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto Liofilizado de Palma Naidi (Açaí Colombiano) (*Euterpe oleracea* Mart)

Polyphenols and Antioxidant Activity of the Freeze-Dried Palm Naidi (Colombian Açaí) (*Euterpe oleracea* Mart)

Benjamín Alberto Rojano¹; Isabel Cristina Zapata Vahos²; Andrés Felipe Alzate Arbeláez³; Ana Juleza Mosquera Martínez⁴; Farid Bernardo Cortés Correa⁵ y Laura Gamboa Carvajal⁶

Resumen. *Euterpe oleracea* es una palmera indígena autóctona de América del Sur. El fruto conocido como açaí en Brasil y palma naidi en Colombia, es de gran valor económico para los pueblos nativos. Para los análisis se usó una pulpa liofilizada, proveniente del Pacífico colombiano. Entre los muchos hallazgos, se presenta un alto porcentaje de minerales (6,94%), específicamente sodio, hierro y potasio. La palma naidi es rica en compuestos polifenólicos, tipo antocianinas (268,5 mg Cianidin-3-Glucosido/ 100 g de liofilizado) donde el 95% de las antocianinas corresponden al Cianidin-3-Glucosido (255,1 mg/ 100 g de liofilizado) y de otros compuestos fenólicos como los ácidos fenólicos: ferúlico (10,27 mg/100 g de liofilizado), caféico (7,06 mg/100 g de liofilizado), p-coumárico (2,81 mg/100 g de liofilizado) y menor cantidad clorogénico 0,30 mg/100 g de liofilizado). Los polifenoles contribuyen a la capacidad antioxidante del naidi; medida por las técnicas ABTS, DPPH y FRAP y específicamente un valor ORAC (Hidrofílico (Oxygen Radical Absorbance Capacity) de 98142,0 Micromol Tx/100 g de liofilizado; además un valor ORAC Lipofílico de 3194,1 Micromol Tx/ 100 g de liofilizado. Un valor ORAC total igual a 101336,1 Micromol Tx/ 100 g de liofilizado.

Palabras clave: Radicales libres, recursos fitogenéticos, alimentos funcionales, alimentos nutraceuticos, valor ORAC.

Abstract. *Euterpe oleracea* Mart is a native palm tree native of South America. The fruit known as açaí in Brazil and naidi palm in Colombia and is of great economic value to the native peoples. For the analysis was used freeze-dried pulp, from the Colombian Pacific. This fruit has a high percentage of minerals (6.94%), specifically sodium, potassium and iron. Naidi palm is rich in polyphenolic compounds, especially anthocyanins (268.5 mg cyanidin-3-glucoside per 100 g of freeze dried) and phenolic acid as ferulic (10.27 mg/100 g of freeze dried), caffeic (7.06 mg/100 g of freeze dried), p-Coumaric (2.81 mg/100 g of freeze dried) and fewer chlorogenic (0.30 mg/100 g of freeze dried); which provides high antioxidant activity by the techniques ABTS, DPPH and FRAP and specifically H-ORAC value (Hydrophilic Oxygen Radical Absorbance Capacity) of 98142.0 Micromol Tx /100 g of freeze dried and L-ORAC value (Lipophilic Oxygen Radical Absorbance Capacity) was 3194.1 Micromol Tx /100 g of freeze dried. Total ORAC 101336.1 Micromol Tx /100 g of freeze dried.

Key words: Free radicals, phytochemical resources, functional foods, nutraceutical foods, ORAC's value.

El açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) es conocido en Colombia como palma naidi y es de tronco individual nativa de Suramérica; se encuentra tanto en bosques a nivel del mar como en zonas permanentemente inundadas de altitudes de 1.200 msnm. El fruto de açaí presenta forma globosa, coloración marrón y un diámetro de 1,1 cm aproximadamente; es consumido en una variedad de bebidas y es empleado como

ingrediente en la preparación de alimentos por las poblaciones nativas del Amazonas en países como Brasil, Venezuela, Ecuador, Surinam y Colombia (Dos Santos *et al.*, 2008). El fruto de açaí es un producto cuyo mercado mundial está en pleno crecimiento comercializándose en los mercados de Estados Unidos, Europa, Japón y Brasil como mayor productor y exportador (Pacheco *et al.*, 2007).

¹ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias - Escuela de Química. A.A. 3840, Medellín, Colombia. <brojano@unal.edu.co>

² Ingeniera Química. Estudiante de Doctorado Biotecnología - Universidad de Antioquia -Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. A.A. 1226, Medellín, Colombia. <icristinazv@hotmail.com>

³ Tecnólogo Químico. Estudiante de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia - Facultad de Química Farmacéutica. A.A. 1226, Medellín, Colombia. <afalzatea@unal.edu.co>

⁴ Ingeniera Química. Estudiante de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <ajmosque@gmail.com>

⁵ Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Minas - Escuela de Química y Petróleos. A.A. 3840, Medellín, Colombia. <fbcortes@gmail.com>

⁶ Químico. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias - Escuela de Química. A.A. 3840, Medellín, Colombia. <lgamboac@yahoo.es>

Recibido: Junio 07 de 2011; aceptado: Agosto 11 de 2011.

En Colombia, la mayor producción se encuentra en la región del Pacífico en los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Chocó. Sin embargo, la agroindustria del açaí es incipiente y el fruto se transforma artesanalmente en jugos, mermeladas y algunos vinos. La mayor explotación se realiza con la comercialización del palmito con algunos indicadores menores en los mercados internacionales. Recientemente, se ha prestado mucha atención a la capacidad antioxidante del açaí y su posible papel como "alimento funcional"; siendo muy apreciado por su alto contenido de pigmentos tipo antocianina, especialmente el cianidin 3-glucósido, que se acumulan en los frutos y le imparten una gama de colores que van desde el rojo hasta el púrpura (Hogan *et al.*, 2010; Coisson *et al.*, 2005; Siró *et al.*, 2008; Rufino *et al.*, 2011). El alto contenido de compuestos polifenólicos ubican el açaí como una de las cinco frutas con mayor potencial antioxidante; por lo cual se le imparten diversas propiedades antiinflamatorias y farmacológicas asociadas a enfermedades producidas por especies reactivas de oxígeno (ERO's) inductoras de leucemia, y cáncer de colon, entre otras (Kang *et al.*, 2011; Del Pozo *et al.*, 2006; Pacheco *et al.*, 2008).

Las propiedades nutraceuticas de la palma naidi o açaí colombiano, obtenidas mediante el estudio de la composición de polifenoles, la actividad antioxidante y el contenido de minerales, comparado con reportes de açaí brasileros y venezolanos, permitirá establecer el verdadero potencial agroindustrial de este recurso natural, como una alternativa económica de las zonas de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra liofilizada. En un liofilizador Labconco® con 400 Pa y una temperatura de trabajo de -80 °C se obtuvieron aproximadamente 1,0 kg de liofilizado a partir de 10,0 kg de pulpa de la fruta de palma naidi, provenientes del municipio de Guapi (Cauca, Colombia) de las cosechas de marzo de 2010. Al material liofilizado se le realizaron análisis de humedad: gravimetría a 103 °C, basado en ISO 6496, cenizas: según método AOAC 942.05 y minerales: según espectrofotometría de absorción atómica, basado en la norma técnica colombiana NTC 5151 (ICONTEC, 2003). Los minerales determinados fueron: Fe, Cu, Na, P, Mg, Mn, Zn y Ca.

Capacidad antioxidante y componentes activos

Reactivos para ensayos antioxidantes y High Purity Liquid Chromatography (HPLC). El radical libre DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo), fosfato ácido

de sodio, MeOH, 2,2-Azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS), ácido acético, tricloruro de hierro, 2,2'-Azinobis (2-amidinopropano) diclorhidrato (AAPH), ácido clorogénico, caféico, ferúlico, p-coumárico metil β-ciclodextrina y fluoresceína fueron comprados a Aldrich Chem. Co (Millwaukee, WI); persulfato de potasio, reactivo de Folin-Ciocalteu, ácido gálico, ácido ascórbico fueron obtenidos de Merck® (Alemania). El agua usada en los experimentos fue grado HPLC. Todos los experimentos espectrofotométricos se realizaron en un lector de placas Multiskan Spectrum UV-Vis Thermo Scientific®, Finlandia. La disminución en la intensidad de la fluorescencia medida en el ensayo ORAC fue realizada en un espectrofluorímetro Perkin Elmer® LS-55, Beaconstield, UK. Los estudios cromatográficos por HPLC se llevaron a cabo en un cromatógrafo líquido Shimadzu®, de la serie Prominence UFLC.

Preparación de extractos. 0,2000 g de açaí liofilizado fueron extraídos con 20 mL de agua acidificada al 1% con ácido acético y homogenizados con un Ultra-Turrax Brand: IKA-WERK®, luego la muestra fue mezclada en un agitador por 16 h y centrifugada a 3.000 rpm y 25 °C por 20 min. Posteriormente se extrajo con n-hexano y la porción acuosa fue usada para la mayoría de los ensayos antioxidantes. El extracto hexánico se disolvió en una mezcla 1:1 de acetona:agua con 7% de metil β-ciclodextrina, a esta solución se le realizó ORAC lipofílico (Rautenbach y Venter, 2010). Los extractos se almacenaron a -20 °C durante el periodo de estudio.

Determinación de fenoles totales. Se realizó por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). Se construyó una curva patrón usando como estándar ácido gálico. Se diluyó el extracto a una concentración en la cual el contenido de fenoles se encontrara dentro del intervalo de la curva patrón. Los resultados se expresan como mg de ácido gálico / 100 g de liofilizado. Las lecturas de las absorbancias se realizaron a 760 nm.

Determinación de antocianinas totales. Se hizo mediante el método diferencial de pH. Las absorbancias fueron medidas a 530 nm y 700 nm en buffers de pH 1,0 y 4,5; usando la expresión $A = [(A_{530} - A_{700}) \text{ pH } 1,0 - (A_{530} - A_{700}) \text{ pH } 4,5]$, y el Cianidin-3-glucósido con un coeficiente de extinción molar de 26900, como referencia. Los resultados son expresados como mg equivalentes de Cianidin-3-glucósido por 100 g de liofilizado (Gaviria *et al.*, 2009).

Análisis de antocianinas por HPLC-DAD. Se efectuó mediante la inyección directa de la muestra,

previamente filtrada a través de 0,45 micras de nylon de tamaño de poro del filtro, en un HPLC-DAD utilizando un cromatógrafo de líquidos Shimadzu® LC-20AD/T HPLC equipado con un detector de SPD 6AUV (Kyoto, Japón), dotado de un autoinyector y un detector de matriz de fotodiodos (PDA) y se usó una columna C18 (5 micras) 250 x 4,6 mm (Restek®, Bellefonte, USA.) como fase estacionaria. Los disolventes utilizados fueron de grado HPLC acetonitrilo / ácido fórmico / agua (3:10:87) como solvente A y acetonitrilo / ácido fórmico / agua (50:10:40) como disolvente B. El perfil de elución fue el siguiente: mínimo 0, un 94% A, 6% B, 10 min, 80% A, 20% B, 20 min, 60% A, 40% B, 30 min, 50% A, 50% B, 35 min, 94% A, 6% B. Las antocianinas fueron identificadas y cuantificadas por los tiempos de retención cromatográficos, los espectros UV-Vis y las curvas de calibración de estándares (Garzón *et al.*, 2010; Schauss *et al.*, 2006).

Componentes fenólicos por HPLC. Determinación de ácido clorogénico, caféico, ferúlico y p-coumárico. El extracto acuoso se filtró (tamaño de poro 0,45 µm) y se hicieron diluciones en agua bidestilada. Las condiciones cromatográficas fueron: fase móvil acetonitrilo/agua acidificada (ácido fosfórico pH = 2,5), (400:600 v/v). Los compuestos fenólicos fueron eluidos a las siguientes condiciones: flujo de 1 mL/min, 25 °C y condiciones isocráticas. El espectro UV-visible fue recorrido de 200 a 600 nm para todos los picos; la identificación y cuantificación de los compuestos se hizo con curvas de calibración para cada uno de los ácidos fenólicos (Kelebek *et al.*, 2009).

Evaluación de la capacidad antioxidante por el método del DPPH. Se empleó el método de Brand *et al.*, 1995, con algunas modificaciones (Rojano *et al.*, 2008a). Se evaluó la capacidad de las muestras para atrapar el radical DPPH, por medio de la disminución en la absorbancia leída, luego de 30 min de reacción a una longitud de onda de 517 nm. Para cada muestra estudiada se calculó el porcentaje de inhibición del radical y los resultados se expresan como valores TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante Trolox®.

Evaluación de la capacidad antioxidante por el método del radical catiónico ABTS^{•+}. El radical se generó por una reacción de oxidación del ABTS con persulfato de potasio. Se evaluó la capacidad de las muestras para atrapar el radical ABTS, por medio de la disminución en la absorbancia leída, luego de 30 min de reacción, a una longitud de onda de 732 nm. Los

resultados se expresan como valores TEAC mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante Trolox®.

Ensayo FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power). Se utiliza para evaluar la capacidad antioxidante de una muestra de acuerdo a su capacidad para reducir el hierro férrico (Fe⁺³) presente en un complejo con la 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) hasta la forma ferrosa (Fe⁺²), que presenta un máximo de absorbancia a una longitud de onda entre 590-595 nm. El ensayo se llevó a cabo en un buffer ácido acético-acetato de sodio (pH 3,4), que contenía TPTZ y FeCl₃. Se utilizaron 900 µL de ésta solución, 50 µL de muestra y 50 µL de agua destilada. Luego de 60 min de reacción se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 593 nm. Para cada muestra se tuvo en cuenta la lectura de la absorbancia del blanco sin cromóforo, de la misma manera que en las pruebas anteriores. La curva de referencia se construyó usando ácido ascórbico como patrón primario. Las actividades de las muestras se expresaron como AEAC (Ascorbic Acid Equivalent Antioxidant Capacity: mg de ácido ascórbico/100 g de liofilizado (Benzie y Strain, 1996; Rojano *et al.*, 2008b).

Ensayos ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) Hidrofílico y Lipofílico. En el procedimiento se empleó Trolox como estándar y condiciones controladas de temperatura a 37 °C y pH 7,4. Las lecturas se realizaron a una λ de excitación 493 nm y *slit* de excitación 10, λ de emisión 515 nm y *slit* de emisión 15, con atenuador del 1% y sin placa atenuadora. Para el desarrollo de la técnica se utilizaron soluciones de fluoresceína 1x10⁻² M en PBS (75 mM) AAPH 0,6 M en PBS (75 mM). La muestra contiene 21 µL de fluoresceína, 2,899 µL de PBS, 30 µL del extracto ensayado y 50 µL de AAPH. Como referencia se uso Trolox. El efecto protector del antioxidante se calculó usando las diferencias de áreas bajo la curva de decaimiento de la fluoresceína entre el blanco y la muestra, se comparó contra la curva del Trolox, y se expresa en micromoles equivalentes de Trolox por 100 g de liofilizado (Micromol de Tx/ 100 g de liofilizado), de acuerdo a la siguiente ecuación (1).

$$ORAC = \frac{(AUC - AUC^{\circ})}{(AUC_{Trolox} - AUC^{\circ})} f[Trolox] \quad (1)$$

Donde AUC es el área bajo la curva de la muestra, AUC[°] área bajo la curva para el control, AUC_{Trolox} área bajo la curva para el Trolox, f es el factor de dilución de los extractos (Prior *et al.*, 2005; Wu *et al.*, 2004a; Romero *et al.*, 2010).

Análisis estadístico. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Las regresiones fueron calculadas con un nivel de significancia del 95% ($P < 0,05$), usando el programa Statgraphics Plus versión 5.0 (Statistical Graphics Corp., Rockville, MD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Minerales. El cuerpo humano necesita el 78% de los minerales para sus funciones metabólicas como

fortalecer la sangre, músculos, huesos y el sistema inmune. En la Tabla 1, se presenta un porcentaje significativo de cenizas (6,94%), que se caracteriza por un contenido alto de muchos minerales como Na, Mg, Ca, Fe y P; estos componentes mayoritarios le aportan al liofilizado de açaí elementos nutricionales benéficos para mantener una buena salud; estos resultados son superiores a los reportados para açaí venezolanos y brasileros (Sanabria y Sangronis, 2007; Franco, 1992).

Tabla 1. Minerales de la palma naidi (*Euterpe oleracea* Mart), expresados en unidades/100 g de liofilizado.

Cenizas	6,94 ± 0,05 g
Zn	0,099 ± 0,003 mg
Fe	2,97 ± 0,01 mg
Cu	0,10 ± 0,01 mg
Mn	0,30 ± 0,01 mg
Na	3,67 ± 0,05 mg
Mg	2,18 ± 0,02 mg
Ca	3,07 ± 0,05 mg
P	3,47 ± 0,02 mg

Compuestos fenólicos y actividad antioxidante. Los compuestos fenólicos y polifenólicos son antioxidantes usados en la industria de alimentos por su capacidad conservadora, porque retardan el desarrollo del olor rancio, disminuyen la posibilidad de generación de compuestos tóxicos, evitan la decoloración de los pigmentos, no permiten los cambios en la textura, disminuyen la pérdida de valor nutricional causada por la degradación de los ácidos grasos esenciales y por la destrucción de las vitaminas A, E y D. En los frutos de

açaí colombiano (*Euterpe oleracea* Mart.), el contenido de fenoles totales (3172,3 mg de ácido gálico/ 100 g de liofilizado) y de las antocianinas totales (268 ± 11,5 mg de Cianidin 3- glucósido/ 100 g de liofilizado) (Tabla 2), son mayores o iguales que los registrados para frutos de otras especies con alta actividad antioxidante, como las diversas bayas y frutillas especialmente fresas, moras, uvas, frambuesas, agraz y mortiño entre otros (Vasco *et al.*, 2008; Gaviria *et al.*, 2009; Capocasa *et al.*, 2008).

Tabla 2. Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del liofilizado de la palma naidi (*Euterpe oleracea* Mart).

Ensayos	Unidades/ 100 g de liofilizado
ORAC hidrofílico	98142,0 ± 3289 Micromol Tx
ORAC lipofílico	3194,1 ± 218 Micromol Tx
FRAP	3834 ± 56 mg de Ácido ascórbico
Fenoles	3172,3 ± 56,3 mg de Ácido gálico
Antocianinas	268,5 ± 11,5 mg de Cianidina-3-Glucósido
ABTS	40330 ± 1965 Micromol Tx
DPPH	12420 ± 465 Micromol Tx
Ácido caféico	17,04 ± 2,05 mg
Ácido clorogénico	0,73 ± 0,05 mg
Ácido p-Coumárico	6,73 ± 0,03 mg
Ácido ferúlico	25,00 ± 1,06 mg

Gallori *et al.*, 2004, encontraron en extractos hidroalcohólicos de açai brasileiro 50 mg de Cianidin 3- glucósido/100 g de pulpa seca. Los valores hallados por Sanabria y Sangronis (2007) para antocianinas y fenoles totales de açai venezolanos son mucho menores. De igual manera, Bobbio *et al.*, 2000, reportan 263 mg de Cianidin 3- glucósido/ 100 g de pulpa seca, valores similares a los encontrados en este trabajo. En la Figura 1, se muestra el cromatograma por HPLC-DAD para las antocianinas, encontrando el mayor contenido de estos compuestos a un tiempo de retención de 24,5 min correspondiente al Cianidin 3-glucósido. La presencia en un porcentaje tan alto de este compuesto (95%) está acorde con los estudios de Bobbio *et al.*, 2000 y Polo *et al.*, 2004, para açai provenientes del Brasil. La palma naidi es rica en ácidos fenólicos tipo cinámico, especialmente: ferúlico, caféico, p-coumárico y menor cantidad clorogénico, los cuales contribuyen a la capacidad antioxidante del açai (Tabla 2). Estos resultados concuerdan con los de Del Pozo *et al.*, 2006, quienes identifican diversos compuestos fenólicos para pulpas de açai brasileiro con valores entre 4 a 212

mg/L, y el más abundante de igual manera es el ácido ferúlico.

La actividad antioxidante de un alimento es la expresión de los diferentes componentes polifenólicos, los cuales se comportan mediante diferentes mecanismos de acción reductora en sus interacciones con las especies reactivas de oxígeno (EROs). Los métodos ABTS, FRAP y DPPH actúan mediante mecanismos de transferencias de electrones SET (Single Electron Transfer), además se realizan en varios medios y a diferentes pH. En la Tabla 2, se encuentra que para estas metodologías el liofilizado de açai colombiano, presenta una actividad antioxidante mayor o similar a la informada por Prior *et al.*, 1998; Kalt *et al.*, 2001; Capocasa *et al.*, 2008 y Wang y Ballington, 2007, para frutas tipo bayas y frutillas, como las uvas, moras, fresas y agraz o arándanos. Por ejemplo, Gaviria *et al.*, 2009, reportan para frutos frescos de mortiño (*Vaccinium meridionales* Swartz) valores de: 2404 TEAC por DPPH de, 8694 TEAC por ABTS y 581 AEAC por FRAP; los cuales están en el orden de los valores obtenidos para açai colombiano, cuando se expresan como productos secos (80% de humedad).

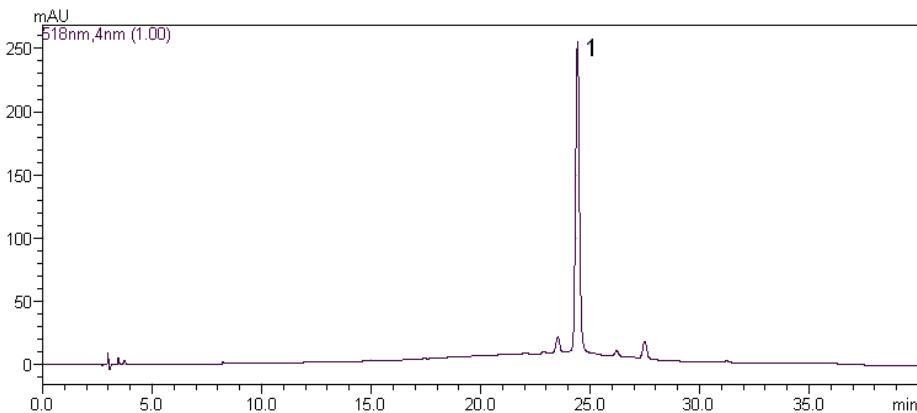


Figura 1. Cromatograma HPLC-DAD de las antocianinas del liofilizado de palma naidi (*Euterpe oleracea* Mart) 1= Cianidin-3-glucósido.

El método ORAC mide la capacidad antioxidante mediante un mecanismo de transferencia de protones HAT (Hydrogen Atom Transfer) es la técnica avalada por el United States Department of Agriculture (USDA), para medir el potencial antioxidante total de alimentos y suplementos nutricionales. Los valores ORAC hidrofílico y ORAC lipofílico encontrados en el liofilizado de açai colombiano son: 98142,0 y 3194,1 Micromol Tx/ 100 g de liofilizado, respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos por Schauss *et al.*, 2006 para diversos liofilizados de açai brasileiros. El ORAC

total es la suma de los ORAC hidrofílicos y lipofílicos y es igual a 101336.1 Micromol Tx/ 100 g de liofilizado, de la misma manera valores mayor o iguales que los medidos para açai de otras latitudes y otras frutas (Zulueta *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2004b).

CONCLUSIONES

El liofilizado de palma naidi o açai colombiano, tiene una composición en minerales y polifenoles que le aportan todas las condiciones para ser considerado

un alimento o aditivo alimentario con un alto potencial nutraceutico; por esto se puede usar para fortificar y enriquecer alimentos, especialmente en dulcería, panadería, cárnicos y lácteos. La actividad antioxidante, expresada como valor total ORAC (101336,1 Micromol Tx/ 100 g de liofilizado) del açai colombiano son similares a las muestras brasileras y venezolanas; esto se debe a la composición en compuestos polifenólicos, especialmente al alto contenido de antocianinas; en este caso particular, se encontró una fruta que tiene como mayor componente el Cianidin-3-glucósido (255,1 mg/100 g of liofilizado) y ácido ferúlico (25 mg/100 g of liofilizado) como mayor ácido fenólico.

La palma naidi enriquecida en Cianidin -3-glucósido y otros polifenoles, permitirá su uso como aditivo alimentario en la industria láctea y cárnica como colorante y antioxidante para evitar la peroxidación lipídica en yogures y productos cárnicos procesados (Coisson *et al.*, 2005; Jayawardana *et al.*, 2011). En este trabajo, se presentan algunos componentes bioactivos nutraceuticos de la palma naidi, los cuales le imparten un alto valor agregado para competir en los mercados internacionales y fomentar la agroindustria colombiana en la zona del Pacífico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ingeniero Jorge Yoria de la firma CORPOCAMPO por el apoyo en el trabajo y al Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

BIBLIOGRAFÍA

Benzie, I.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70-76.

Bobbio, F.O., J.I. Druzian, P.A. Abrao, P.A. Bobbio and S. Fadelli. 2000. Identification and quantification of anthocyanins from the açai fruit (*Euterpe oleracea* Mart.). *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 20(3): 388-390.

Brand, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology* 28(1): 25-30.

Capocasa, F., J. Scalzo, B. Mezzetti and M. Battino. 2008. Combining quality and antioxidant attributes in

the strawberry: The role of genotype. *Food Chemistry* 111(4): 872-878.

Coisson, J.D., A.F. Travaglia, A.G. Piana, A.M. Capasso and B.M. Arlorio. 2005. *Euterpe oleracea* juice as a functional pigment for yogurt. *Food Research International* 38(8-9): 893-897.

Del Pozo, D., S. Percival and S. Talcott. 2006. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) polyphenolics in their glycoside and aglycone forms induce apoptosis of HL-60 leukemia cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(4): 1222-1229.

Dos Santos, G.M., M.G. Arraes, P.H. De Sousa, J.M. Da Costa, R.W. Figueiredo e G.M. Do Prado. 2008. Correlation between antioxidant activity and bioactive compounds of açai (*Euterpe oleracea* Mart) comercial pulps. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58(2): 187-192.

Franco, G. 1992. Tabela de composição química de alimentos. Novena edición. Atheneu, Río de Janeiro. 307 p.

Gallori, S., A.R. Bilia, M.C. Bergonzi, W.L.R. Barbosa, and F. F. Vincieri. 2004. Polyphenolic constituents of fruit pulp of *Euterpe oleracea* Mart. (acai palm). *Chromatographia* 59(11/12): 739-743.

Garzón, G.A., C.E. Narváez, K.M. Riedl and S.J. Schwartz. 2010. Chemical composition, anthocyanins, non-anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) from Colombia. *Food Chemistry* 122(4): 980-986.

Gaviria, C.A., C.I. Ochoa, N. Sánchez, C. Medina, M. Lobo, A.J. Mosquera, A. Tamayo y B. Rojano. 2009. Actividad antioxidante e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale* SW). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 8(6): 519-528.

Hogan, S., H. Chung, L. Zhang, J. Li, Y. Lee, Y. Dai and K. Zhou. 2010. Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin-rich extract from açai. *Food Chemistry* 118(2): 208-214.

International Organization for Standardization (ISO). 1999. ISO 6496. Animal feeding stuffs - Determination of moisture and other volatile matter content. ISO, Geneva, Switzerland. 7 p.

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2003. NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. ICONTEC, Bogotá. 17 p.
- Jayawardana, B.C., T. Hirano, K.H. Han, H. Ishii, T. Okada, S. Shibayama, M. Fukushima, M. Sekikawa and K. Shimada. 2011. Utilization of adzuki bean extract as a natural antioxidant in cured and uncured cooked pork sausages. *Meat Science* 89(2): 150-153.
- Kalt, W., D. Ryan, J. Duy, R. Prior, M. Ehlenfeldt and V. Kloet. 2001. Interspecific variation in anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity among genotypes of highbush and lowbush blueberries (*Vaccinium* section *cyanococcus* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(10): 4761-4767.
- Kang, J. Ch. Xie, Z. Li, S. Nagarajan, A. Schauss, T. Wub and X. Wu. 2011. Flavonoids from acai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and their antioxidant and anti-inflammatory activities. *Food Chemistry* 128(1): 152-157.
- Kelebek, H., S. Serkan, C. Ahmet and C. Turgut. 2009. 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* 91(2): 187-92.
- Pacheco, L.A., P. Hawken and S.T. Talcott. 2007. Phytochemical, antioxidant and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) as affected by clarification, ascorbic acid fortification and storage. *Food Research International* 40(5): 620-628.
- Pacheco, L.A, S.T. Talcott, S. Safe, and T.S. Mertens. 2008. Absorption and biological activity of phytochemical-rich extracts from açai (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp and oil *in vitro*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(10): 3593-3600.
- Polo, D.D., C.H. Brenes and S.T. Talcott. 2004. Phytochemical composition and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea* Mart.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(6): 1539-1545.
- Prior, R.L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, Ch. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer and C. Mainland. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(7): 2686-2693.
- Prior, R.L., X. Wu and K. Schaich. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(10): 4290-4302.
- Rautenbach, F. and I. Venter. 2010. Hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity of commonly consumed South African fruits, vegetables, grains, legumes, fats/oils and beverages. *Journal of Food Composition and Analysis* 23(7): 753-761.
- Rojano, B., C. Gaviria y J. Sáez. 2008a. Determinación de la actividad antioxidante en un modelo de peroxidación lipídica de mantequilla inhibida por el isoespintanol. *Vitae* 15(2):1-9.
- Rojano, B., J. Sáez, G. Schinella, J. Quijano, E. Vélez and A. Gil. 2008b. Experimental and theoretical determination of the antioxidant properties of isoespintanol (2-Isopropyl-3,6-dimethoxy-5-methyl phenol). *Journal of molecular Structure* 877(1-3): 1-6.
- Romero, M., B. Rojano, J. Mella, C.D. Pessoa, E. Lissi and C. López. 2010. Antioxidant capacity of pure compounds and complex mixtures evaluated by the ORAC-Pyrogallol red assay in the presence of Triton X-100 micelles. *Molecules* 15(9): 6152-6167.
- Rufino, M., J. Pérez, S. Arranz, R.E. Alves, E. De Brito, M. Oliveira and F. Saura. 2011. Açai (*Euterpe oleracea*) 'BRS Pará': A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. *Food Research International* 44(7): 2100-2106.
- Sanabria, N. y E. Sangronis. 2007. Caracterización del açai o manaca (*Euterpe oleracea* Mart.): un fruto del Amazonas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 57(1): 94-98.
- Schauss, A.G., X. Wu, R.L. Prior, B. Ou, D. Huang, J. Owens, A. Agarwal, G.S. Jensen, A.N. Hart and E. Shanbrom. 2006. Antioxidant capacity and other bioactivities of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleracea* Mart. (açai). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(22): 8604-8610.
- Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid

reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16: 144-158.

Siró, I., E. Kápolna, B. Kápolna and A. Lugasi. 2008. Functional food product development, marketing and consumer. A review. Appetite 51(3): 456-467.

Vasco, C., J. Ruales and A. Kamal. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. Food Chemistry 111(4): 816-823.

Wang, S.Y. and J.R. Ballington. 2007. Free radical scavenging capacity and antioxidant enzyme activity in deerberry (*Vaccinium stamineum* L.). LWT - Food Science and Technology 40(8): 1352-1361.

Wu, X., L. Gu, J. Holden, D.B. Haytowitz, S.E. Gebhardt, G. Beecher and R.L. Prior. 2004a. Development of a database for total antioxidant capacity of foods: a preliminary study. Journal of Food Composition and Analysis 17(3-4): 407-422.

Wu, X., G.R. Beecher, J.M. Holden, D.B. Haytowitz, S.E. Gebhardt and R.L. Prior. 2004b. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(12): 4026-4037.

Zulueta, A., M. Esteve and A. Frígola. 2009. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. Food Chemistry 114(1): 310-316.