

Determinación de betalaínas en la tuna (*Opuntia robusta*)

Determination of betalains in la tuna (*Opuntia robusta*)

Ciria Zenaida León Romani¹

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue determinar la concentración de betalaínas en el fruto de la tuna (*Opuntia robusta*), morada y anaranjada, provenientes de los valles interandinos del Perú. Se obtuvieron 254,00 mgEB/100 g de betalaínas (como betanina) y 85,40 mgEI/100 g (como betaxantina) del análisis de tuna morada o purpura; y 110,00 mgEB/100 g (como betanina) y 79,10 mgEI/100 g (como betaxantina) para la tuna de color anaranjado. En ambos casos la medición fue llevada a cabo por el método espectrofotométrico. En cuanto a sus características físico-químicas, la tuna morada o púrpura presentó un pH de 6,07 y 13,8 grados brix; la tuna anaranjada presentó un pH= 6,08; y 14,1 grados brix. Con respecto a las composiciones proximales, la tuna morada presenta: humedad 77,4 g/100 g; cenizas 0,4 g/100 g, fibra bruta 3,5 g/100 g; proteínas 0,9 g/100 g; lípidos 0,1 g/100 g y carbohidratos 17,7 g/100 g. La tuna de color anaranjado, en cambio, presenta: humedad 79,4 g/100 g; cenizas 0,6 g/100 g, fibra bruta 3,9 g/100 g; proteínas 0,9 g/100 g; lípidos 0,1 g/100 g y carbohidratos 14,9 g/100 g. El contenido de minerales para la tuna morada y la de color anaranjado son los siguientes, respectivamente: fósforo 286,6 mg/100 g; 251,3 mg/100 g, calcio 38,6 mg/100 g; 39,6 mg/100 g, hierro 0,4 mg/100 g; 0,3 mg/100 g; zinc 0,3 mg/100 g; 0,2 mg/100 g y potasio 30,1 mg/100 g; 26,1 mg/100 g. De los resultados obtenidos se concluye que la tuna posee gran cantidad de betalaínas y minerales, siendo la tuna morada la que presenta mayor concentración de betalaínas en su forma de betanina y betaxantina con respecto a la tuna anaranjada. Así mismo en ambos colores de tuna se reportan minerales como: fósforo, calcio, hierro, zinc y potasio.

Palabras clave: Tuna (*Opuntia robusta*), betalaínas, betaninas, betaxantinas.

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the concentration of betalains on the fruit of prickly pear (*Opuntia robusta*) from the inter-Andean valleys of Peru. 254.00 mgEB / 100g of betalains (as betanin) and 85.40 mgEI / 100g (as betaxanthin) were obtained for the purple prickly pear and 110.00 mgEB / 100g (as betanin) and 79.10 mgEI / 100g (as betaxanthin) for the orange prickly pear, measured in both cases by the spectrophotometric method. Regarding its physicochemical characteristics, the purple or purple prickly pear had a pH of 6.07 and 13.8 degrees brix; while the orange prickly pear pH = 6.08; and 14.1 degrees brix. Regarding the proximal compositions, the purple prickly pear presents: humidity 77.4 g / 100g; ash 0.4 g / 100g, crude fiber 3.5 g / 100g; protein 0.9g / 100g; lipids 0.1 g / 100g and carbohydrates 17.7 g / 100g. The orange prickly pear, on the other hand, presents: humidity 79.4 g / 100g; ash 0.6g / 100g, crude fiber 3.9g / 100g; protein 0.9g / 100g; lipids 0.1 g / 100g and carbohydrates 14.9 g / 100g. The mineral content for purple and orange prickly pear are as follows, respectively: phosphorus 286.6 mg/100g; 251.3 mg/100g, calcium 38.6 mg/100g; 39.6 mg/100g, iron 0.4 mg/100g; 0.3 mg/100g, zinc 0.3 mg/100g; 0.2 mg/100g and potassium 30.1 mg/100g; 26.1. mg/100g. From the results obtained, it is concluded that prickly pear has a large amount of betalains and minerals, with purple prickly pear having the highest concentration of betalains in its form of betanin and betaxanthin compared to orange prickly pear. Likewise, in both colors of prickly pear, minerals such as phosphorus, calcium, iron, zinc and potassium are reported.

Keywords: Tuna (*Opuntia robusta*), betalains, betanin, betaxantinas.

¹Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química. Av. Juan Pablo II 306-308, Callao, Perú.

INTRODUCCIÓN

La tuna es el fruto del nopal *Opuntia robusta*, pertenece a la familia de las cactáceas y crece en regiones áridas y semiáridas (Pimienta-Berrios y del Castillo, 2012). En el mundo se conocen aproximadamente 300 especies. Son originarias del continente americano y se encuentran ampliamente distribuidos desde México hasta el sur de Chile. También pueden encontrarse en Sudáfrica y países de la cuenca del Mediterráneo (Butera et al; 2012).

Tanto los frutos como los cladodios (pencas) de la tuna son fuentes de compuestos bioactivos entre los que destacan la fibra dietética, que incluye hidrocoloides como los mucílagos, pigmentos de diversos colores como las betalainas, y en menor proporción carotenoides (frutos color naranja); también minerales como calcio, potasio y vitaminas como la C; aminoácidos libres (en particular prolina, glutamina, taurina), y polifenoles (Stintzing, Herbach y Mosshammer; 2011).

La *Opuntia robusta* existe en abundancia en las zonas alto andinas del Perú (sobre los 2000 msnm), no necesita mayores cuidados para su cultivo y desarrollo. Las pencas del nopal son un alimento delicioso, tanto para su consumo en crudo como ligeramente asadas. También sirven como forraje para el ganado. Contiene proteínas y minerales, como calcio y potasio en gran cantidad; son ligeramente laxantes, contribuyen a disminuir los niveles de colesterol y glucosa, facilitan la eliminación de parásitos y sirven como tónico cardíaco. A finales del siglo XX, resurgió el interés en la tuna como fuente alimenticia y de productos de salud. Esto ha incrementado su consumo no solo en su estado fresco, sino también deshidratado, como un complemento indicado en la medicina naturista.

La tuna es una fruta que está siendo considerada como un alimento de importancia nutraceutica y funcional, ya que posee constituyentes conocidos como funcionales y promotores de

salud (Piga, 2010). Varios autores han reportado que las betalainas presentes en la tuna poseen actividad antioxidante, por lo que su consumo se asocia a la protección contra enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (Stintzing et al, 2012).

Químicamente, las betalainas son alcaloides derivados de la tirosina que pueden ser de dos tipos: Las betacianinas que son de color rojo-violáceo y las betaxantinas anaranjadas – amarillentas, ambas con el núcleo fundamental del ácido betalámico (Castelar, 2003). El ácido betalámico es el cromóforo común a todos los pigmentos betalámicos, las betacianinas tienen un residuo ciclo-DOPA, mientras que las betaxantinas tienen aminoácidos o aminas adicionadas en dicha posición (Castelar, 2003). Las betacianinas son glicósidos mayormente de la betanidina. Por ejemplo, el pigmento de la betarraga es el betanidin-5-O- β -D-glucósido. Su uso está autorizado por el Codex Alimentarius Commission (2004) y la comercialización en Estados Unidos de N.A. y la Unión Europea con el nombre de “rojo remolacha” (Zou, 2005).

Es posible adquirir este compuesto como concentrado (producidos por concentración al vacío) de jugo de remolacha o beterraga al 60-65% de sólidos totales o polvos producidos por liofilización o spray-dry con un 0,3 al 1% de pigmentos (Moreno, 2008). Existe abundante literatura sobre las actividades biológicas de este compuesto, particularmente sobre su actividad antioxidante que han vinculado con la actividad anti cáncergenica observada. Si bien la betarraga ha sido incluida entre los diez vegetales con mayor poder antioxidante, hay también evidencia creciente que señala a los principios activos de la *Opuntia robusta* (Zou, 2005) como antioxidantes igual de potentes. La investigación sobre las betalainas en la tuna (*Opuntia robusta*) permitirá promover la preservación de las especies más relevantes, por sus propiedades curativas, y generar fuentes de ingresos para los productores locales.

En cuanto a las betalaínas aisladas, se ha descrito su actividad como captador de radicales libres, por ejemplo, la actividad de la betanina, la betacianina y la indicaxantina para captar el ácido hipocloroso (HClO) el antioxidante más potente producido por neutrófilos humanos. También se comprobó que los eritrocitos humanos incorporaban betalaínas dietarias, sugiriendo que podían protegerlos, evitando su hemólisis oxidativa (Azeredo, 2008). Asimismo, se ha demostrado que a pesar de su hidrofiliidad, tanto la betanina como la indicaxantina se pueden asociar a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) humanas in vitro o in vivo aumentando su resistencia a la oxidación (Azeredo, 2008).

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo aplicada y experimental.

La población está constituida por la tuna o nopal *Opuntia robusta* en sus diversas variedades. Las muestras las constituyeron la tuna morada o purpura y tuna de color anaranjado, debido a que poseen betalaínas. Otras variedades como las tunas de color blanco no poseen este antioxidante.

Para realizar la investigación se requirió de materiales de laboratorio como: crisoles, buretas, pipetas, placas Petri, tubos de ensayo, matraces, papel de filtro, balón Kjeldalh, cartuchos de celulosa, embudo de separación, soporte universal, vasos de precipitado, pipetas volumétricas, lunas de reloj, pinzas para bureta, frascos de vidrio.

Los reactivos utilizados fueron soluciones de: ácido clorhídrico, hidróxido de calcio, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, sulfato cúprico anhidro, sulfato de potasio, indicador anaranjado de metilo, hexano, etanol.

Los equipos utilizados para los análisis fueron: mufla, desecador, estufa, balanza analítica,

equipo de destilación, equipo Soxhlet, espectrofotómetro, balanza analítica marca Mettler, potenciómetro, equipo de absorción atómica.

El extracto de tuna para el análisis de betalaínas, se obtuvo siguiendo el método propuesto por Stintzing, et al, (2005): Las tunas se lavaron, secaron, luego se pelaron y cortaron en rodajas. Se procedió a la inactivación enzimática a 100 °C por cinco minutos luego de los cuales se sometieron a una extracción con agua acidulada con ácido cítrico al 0,2%, en una relación de 1:2. Posteriormente se procedió a la precipitación de la goma con etanol (1:2), filtración y su conservación en refrigeración.

La determinación de betalaínas se realizó de acuerdo a Castellanos y Yahia, 2008, utilizando un espectrofotómetro UV – Vis Lambda 25 (Perkin Elmer, EUA), aplicando la siguiente ecuación.

$$BC \frac{[mg]}{g} = [A (DF) (MW) Vd / \epsilon L W^d]$$

Donde:

Bc = Contenido de betalainas

A = Es la absorción a 535 nm para betacianinas y 483 nm para betaxantinas.

DF = Es el factor de dilución.

Vd = Volumen de dilución (mL).

Wd = Es el peso del producto deshidratado (g).

L = Es la longitud de la cubeta (1cm).

MW y ϵ = Son el peso molecular y el coeficiente de absorptividad molar [Betacianinas = 550 g/mol, = 60000 L / (mol cm) en agua y Betaxantinas = 48000 L / (mol cm)].

Determinación de la humedad

Se realizó según el método AOAC Official Method 930.04:1995 (The Association of Official Analytical Chemist) y AOAC Official Method 920.36:1995.

Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se siguió el método AOAC Official Method 930.05:1995 y AOAC Official Method 920.09:1995.

Determinación de fibra bruta, según el método AOAC Official Method 930.10:1995 (The Association of Official Analytical Chemist) y AOAC Official Method.

Determinación de proteínas

Según el método AOAC Official Method 984.13:1995 (The Association of Official Analytical Chemist).

Determinación de grasas

Las grasas fueron analizadas por el método AOAC Official Method 930.09:1995 (The Association of Official Analytical Chemist) conocido como método Soxhlet.

Determinación de carbohidratos

El término carbohidratos total es definido por Agriculture Handbook del USDA.

Composición de los Alimentos (1975), como el valor obtenido restando de 100 la suma del contenido de humedad, cenizas, proteína y grasas.

RESULTADOS

Tabla 1

Composición proximal de la tuna "Opuntia robusta" (g/100 g de parte comestible)

Concepto	Tuna morada o púrpura	Tuna anaranjada
Humedad	77,4	79,4
Proteína	0,9	0,9
Grasas	0,1	0,1
Fibra	3,5	3,9
Carbohidratos	17,7	14,9
Cenizas	0,4	0,6

Tabla 2

Contenido de betalainas en tuna "Opuntia robusta" (mg/100 g de parte comestible)

Concepto	Tuna morada o púrpura	Tuna anaranjada
Betacianinas (mgEB)	254,00 ± 0,2	110,00 ± 0,3
Betaxantinas (mgEI)	85,40 ± 0,1	79,10 ± 0,2

Tabla 3

Características físicas de la tuna

Longitud (cm)	Forma	Peso/Tuna (g)	Cáscara (%)	Pepas (%)	Peso de pulpa libre (g)
7...10	Ovoidal	140	40	10	75,6

Tabla 4

Medición de grados Brix y pH de la tuna

Concepto	Tuna morada o púrpura	Tuna anaranjada
°Brix	13,8 ± 0,2	14,1 ± 0,2

Tabla 5
Contenido de minerales (mg/100 g) en la tuna

Concepto	Tuna morada o púrpura	Tuna anaranjada
Fosforo	286,6	251,3
Calcio	38,6	39,6
Hierro	0,4	0,3
Zinc	0,3	0,2
Potasio	30,1	26,1

DISCUSIÓN

Con respecto a la composición proximal de la tuna morada y la anaranjada (tabla 1), los resultados encontrados reportan que las tunas tienen alto contenido de agua y bajo contenido de proteínas y grasas.

En la tabla 2 se presenta el contenido de betalaínas para la tuna morada de $254,00 \pm 0,2$ mgEB/100 g y $85,40 \pm 0,1$ mgEI/100 g; y para la tuna anaranjada los valores son de $110,00 \pm 0,3$ mgEB/100 g y $79,10 \pm 0,2$ mgEI/100 g. Estos valores son concordantes con lo hallado en la bibliografía, los contenidos de las betalaínas en la tuna varían de acuerdo a la procedencia de los frutos.

En la tabla 3 se observa el peso promedio de tuna, 140 g/tuna, con un 40 % promedio en peso de cáscara (56 g), resultando 84 g de fruto. Además, la tuna contiene pepas pequeñas que constituyen un promedio del 10%/tuna, resultando el fruto libre de estas con un promedio de 75,6 g.

En la tabla 4 se observa las características físicas de tuna morada o púrpura y la de color anaranjado en cuanto se refiere al pH y a los grados Brix, siendo estas ligeramente ácidas de pH 6.07 y 13,8 a 14,1 de sólidos solubles.

En la tabla 5 se presenta el contenido de minerales tanto para la tuna morada o púrpura y la de color anaranjado respectivamente siendo los valores para el fósforo 286,6 y 251,3 mg/100 g; para el calcio 38,6 y 39,6 mg/100 g; para el hierro 0,4 y 0,3 mg/100 g, para el zinc 0,3 y 0,2 mg/100 g y para el potasio 30,1 y 26,1 mg/100 g, que son valores altos para un fruto, considerándose una fuente de minerales muy importante.

Los resultados obtenidos en la determinación de betalaínas en la tuna indican que es un fruto que posee gran cantidad de betalaínas, 254,00 mgEB/100 g de betalaínas (como betanina) y 85,40 mgEI/100 g (como betaxantina) para la tuna morada. Para la tuna de color anaranjado los valores fueron de 110,00 mgEB/100 g (como betanina) y 79,10 mgEI/100 g (como betaxantina).

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería Química en cuyos laboratorios se realizaron parte de las corridas experimentales y al Vicerrectorado de investigación - UNAC por la gestión de los proyectos con fondos FEDU.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allegra, M., Furtmüller, P.; Jantschko, W.; Zederbauer, M.; Tesoriere, L.; Livrea, M.; Obinger, C. (8 de julio de 2005). Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myelo-peroxidase and hypochlorous acid. *Biodremical and Biophysycal research Communications*. 332 (3). Pág. 837-844.
- Association of official analytical chemist official methods of análisis, (1996).
- Azeredo, H.M.C. (17 de Noviembre de 2008). Betalains: properties, sources, applications, and stability a review. *International Journal of Food Science y Technology*. 44(12). Pág. 2365-2376.

- Brand – Williams, W.; Cuvelier, M.; and Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 28. Pág. 25–30.
- Britton, G. (1995), UV/visible spectroscopy. In: Britton, G.; Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H., eds *Carotenoids* Basel, Birkhauser Verlag.
- Butera, D.; Tesoriere, L.; Di Gaudio, F.; Bongiorno, A.; Allegra, D.; Pintauro, A.; Kohen, R. y Livrea, M. (2012). Antioxidant activities of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: Betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(23). Pág. 6895-6901.
- Castellar, M., Obón J. Alacid, M. y Fernández-López, J. (2003). Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of agricultural and Food Chemistry*. 51 (9). Pág. 2772–2776
- Castro, R. y Suárez L. (2002). *Recuperación de colorantes a partir de desechos agroindustriales de naranja (citrus sinensis L.) Variedad Valencia, a nivel piloto*. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería de alimentos. Universidad Nacional Experimental. Simón Rodríguez. Canoabo. Venezuela.
- Dittrich, K. y Leitzmann, C. (1998). “*Los alimentos Bioactivos. Guía de los alimentos que curan y protegen de las enfermedades*”. Barcelona, España: Editorial Integral.
- Moreno, DA, García-Viguera, C., Gil, JI y Gil-Izquierdo, A. (2008). Betalains en la era de la ciencia, tecnología y salud nutricional agroalimentaria mundial. *Phytochem. Rev* 7. Pág. 261-280.
- Stintzing, F.; Herbach, K.; Mosshammer, M.; Carle, R.; Yi, W.; Sellappan, S.; Akoh, C.; Bunch, R.; Felker, P. (2005). Color, patrón de betalamina y propiedades antioxidantes de los clones de pera de cactus (*Opuntia* spp.). *Journal of Agricultural Food Chemistry* 53:2, Pág. 442–451.
- Tesoriere, L.; Butera, D.; Di Gaudio, F.; Bongiorno, A.; Allegra, D.; Pintauro, A.; Kohen, R. y Livrea, M. (2002). Antioxidant activities of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extract and reducing properties of its betalains: Betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(23). Pág. 6895-6901.
- Zou, D.; Brewer, M.; García, F.; Feugang, J.; Wang, J.; Zang, R.; Liu, H y Zou, C. (2005). Cactus pear: a natural product in cancer chemoprevention. *Nutrition Journal*. 4(25). Pág. 1-12.

correo electrónico: czleonr@unac.edu.pe