

Estabilidad del color en extractos de diferentes genotipos de tunas rojas (*Opuntia spp.*)

Stability of color in extracts from different genotypes from red prickly pear (*Opuntia spp.*)

**González-Aguayo E.¹, Campos-Montiel R. G.¹, Pinedo-Espinoza J. M.², Aguirre-Álvarez G¹. y
Hernández-Fuentes A. D.¹✉**

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad km 1 Rancho Universitario, C. P. 43000, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. Tel.: 01 771 71 72000, Extensión: 2420 y 2424. E-mail: hfad@hotmail.com. ✉Autor de correspondencia.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Agronomía, km 15.5 Carretera Zacatecas-Guadalajara, C.P. 98170, Zacatecas, Zacatecas, México.

Recibido: 5/06/2014

Aceptado: 14/11/2014

RESUMEN

En esta investigación se evaluaron nueve genotipos de tunas rojas (*Opuntia spp.*), con el objetivo de determinar la concentración de betalaínas y a estabilidad del color a diferentes pH y temperaturas. Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la contenido de betalaínas entre los nueve genotipos, el que mostro mayor contenido fue 'Tapón Aguanoso' (22.67 mg/100g). Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la estabilidad del color a diferentes pH (3-7) temperaturas (40-100 °C) entre los extractos. El genotipo "Orejon" tuvo la mayor estabilidad en pH y los genotipos Tapón Aguanoso' y 'Sangre de Toro' en temperatura. No se encontró una correlación entre la concentración de betalaínas y la estabilidad del color a diferentes pH y temperaturas. Estos resultados sugieren potenciar el cultivo de estos genotipos "Orejon", "Tapón aguanoso" y "Sangre de Toro" para su utilización como fuente alternativa de pigmentos naturales.

Palabras claves: Pigmentos, betalaínas, fitoquímicos, pH, temperatura.

ABSTRACT

In this research were evaluated nine genotypes of red prickly pears (*Opuntia spp.*), in order to determine the concentration of betalains and color stability at different pH and temperatures. The results showed significant differences ($P \leq 0.05$) in the content of betalains, the higher content was with 'Tapon Aguanoso' (22.67 mg / 100g). In color stability at different pH (3-7) and temperatures (40-100

°C) were observed significant differences ($P < 0.05$) among the extracts. Genotype 'Orejón' had major stability in pH and genotypes "Tapon Aguanoso" and "Sangre de Toro" in temperature. No correlation was found between the concentration of betalains and color stability at different pH and temperatures. These results suggested enhance cultivation of these genotypes "Orejon", "Tapon Aguanoso" y "Sangre de Toro" for use as an alternative source of natural pigments.

Key words: Pigment, betalains, phytochemicals, pH, temperature.

INTRODUCCIÓN

Son relativamente pocos los alimentos industrializados que no contienen colorantes. Debido a que el color es considerado un importante atributo, aumentando el atractivo de los alimentos y está vinculado con su calidad. A raíz de la creciente preocupación por los posibles efectos tóxicos de los colorantes sintéticos, se postulan como posibles reemplazantes a los pigmentos de origen natural que son percibidos por los consumidores como inocuos y saludables (Downham y Collins, 2000). Los pigmentos naturales se clasifican en clorofilas, carotenoides, fenoles y betalaínas, estas últimas son alcaloides derivados de la tirosina que pueden ser de dos tipos: las betacianinas que son de color rojo-violeta y las betaxantinas con tonalidades amarillas-naranjas, ambas con el cromóforo común del ácido betalámico (Henriette & Azeredo, 2008). Las betalaínas son considerados fitoquímicos por su potente actividad antioxidante (Cai *et al.*, 2003), la inducción de la quinona reductasa potente enzima de detoxificación en la quimio prevención del cáncer (Azeredo, 2009) y su actividad antiproliferativa de células del melanoma maligno (Wu *et al.*, 2006). Sin embargo, la estabilidad del color de estas moléculas está restringida por varios factores como la temperatura, pH, actividad acuosa y la luz. Su presencia se restringe al orden *Caryophyllales*, dentro de los cuales destacan los géneros *Beta*, *Amaranthus*, *Hylocereus* y *Opuntia*; este último se caracteriza por producir frutos con pulpa de atractivos colores. Los cuales pueden ser utilizados para la extracción

de pigmentos con una amplia gama de tonalidades (Osorio *et al.*, 2011). Por lo anterior se planteó cuantificar y evaluar la estabilidad a diferentes pH y temperaturas de extractos de 9 tunas rojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los nueve genotipos de tunas rojas: 'Cardona', 'Rojo Insurgente', 'Orejón', 'Burra la Cruz', 'Sandía', 'Cacalote', 'Tapón Aguanoso', 'Sangre de Toro' y 'Rojo Pelón', fueron cosechados en agosto-septiembre del 2013, del Depositario Nacional de *Opuntias*, ubicado en el Centro Regional Universitario Centro Norte (CRUCEN-Zacatecas) de la Universidad Autónoma Chapingo, en Zacatecas, Zacatecas, México (22° 44.7' latitud norte y 102° 36.4' longitud oeste).

Variables de estudio (Cuantificación de betalaínas): Las betalaínas se determinaron de acuerdo con el método de Nilsón descrito por Castellanos-Santiago y Yahia (2008), la muestra (1 g) de polvo liofilizado, se mezcló con agua destilada (20 mL), se agito en un vortex (30 min) y se centrifugo (17500 rpm) por 10 min a 5 °C, el sobrenadante de recuperó y se tomó 1 mL de muestra diluida y se mezcló en (20 mL) de alcohol metílico a (20%). Posteriormente se leyó en espectrofotómetro marca Cary modelo 100 Bio, a una absorbancia de 483 y 538 nm usando como blanco alcohol metílico (80%). Los resultados se expresaron en términos de concentración de betalaínas totales, para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$BC(mg/g) = [A(DF)(MW)Vd/\epsilon lWd].$$

Estabilidad del color a diferentes temperaturas y pH: La estabilidad del color se determinó de acuerdo con lo descrito por Moßhammer et al. (2005). A diferentes temperaturas (40°C, 60°C, 80°C y 100°C) para calentar las muestras se utilizó un agitador magnético equipado con parrilla y control de temperatura marca CVEQ modelo 85-2; una vez alcanzando la temperatura deseada se midió el color mediante un colorímetro por reflexión "Hunter Lab" Marca Minolta (modelo CM5080) en escala CIE L*a*b*.

El pH se evaluó en un rango de 3 a 7 utilizando ácido cítrico para acidificar e hidróxido de sodio para modificar el pH a básico usando un potenciómetro marca HaNNA modelo 209); estabilizado el pH se procedió a hacer la lectura del color mediante un colorímetro por reflexión "Hunter Lab" Marca Minolta (modelo CM5080) en escala CIE L*a*b*, estos valores fueron comparados con el color original de los extractos obteniendo una diferencia entre las dos muestras, a la cual se le conoce como Delta E (ΔE) o error delta, para su cálculo se utilizó siguiente fórmula:

$$\Delta E^* = (L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2$$

Análisis de Resultados: Para el análisis de los resultados, se utilizó un diseño

Cuadro 1. Betalaínas totales de extractos en pulpa de tunas rojas: 'Cardona', 'Rojo Insurgentes', 'Orejón', 'Burra la Cruz', 'Sandía', 'Cacalote', 'Tapón Aguanoso', 'Sangre de Toro' y 'Rojo Pelón'.

Tunas rojas	Betalaínas Totales (mg/100 g peso seco)
Cardona	3.93 ± 0.01 ^g
Rojo Insurgentes	6.42 ± 0.06 ^e
Orejón	18.26 ± 0.10 ^b
Burra la Cruz	10.53 ± 0.46 ^c
Sandía	4.82 ± 0.08 ^f
Cacalote	18.43 ± 0.18 ^b

experimental completamente al azar; los datos se expresaron como la media, con 3 repeticiones (n=3) para cada tratamiento. El análisis estadístico se realizó mediante el software JMP.5.0.1 SAS, (Statistics Analysis System), versión 9.0, (SAS, 2002) SAS Inst. Inc., N., EE.UU., el procedimiento de análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey a un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Betalaínas: Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los extractos de pulpa de las diferentes tunas. La mayor concentración de betalaínas se observó en la tuna 'Tapón Aguanoso' (22.67 mg/100g), Castellanos-Santiago y Yahia (2008) mencionan que la concentración betalaínas es la responsable del color en los diferentes cultivares de tunas y reportando que el cultivar 'Camuesa' (*Opuntia robusta* J.C. Wendl) mostró un contenido de betalaínas de 8.1 mg/100g de pulpa seca, que es comparable a la que se encuentra en betabel (*Beta vulgaris* L. ssp.) 8.6 mg/100 g de tejido seco y mayor a lo reportado por Butera et al. (2002) para tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) MILL.) con 5.12 mg/100g en cultivares Sicilianos. Estos resultados fueron menores a los obtenidos en este trabajo.

Tapón Aguanoso	22.67 ± 0.11 ^a
Sangre de Toro	8.36 ± 0.26 ^d
Rojo Pelón	2.84 ± .02 ^h

CV (%)=2.21

DMS=0.67

^Z Valores con las misma letra dentro de las misma columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; MNS: diferencia mínimamente significativa; CV: coeficiente de variación.

Estabilidad del color a diferentes pH: Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los diferentes extractos. La tuna 'Orejón' mostro la mayor estabilidad. Encontrando en esta tuna su mayor estabilidad a el pH de 6. (Cuadro 2). Lo que concuerda con lo reportado por Vilorio *et al.* (2002), quienes mencionan

que los valores máximos de absorbancia son a pH de 6.1 para frutos de *Opuntia boldinghii* Britton & Rose, y esto coincide con lo señalado con otros autores para betalainas (Bilyk, *et al.*, 1981; Vilorio *et al.*, 2001).

Cuadro 2 Estabilidad del color a diferentes pH de extractos en pulpa de tunas rojas: 'Cardona', 'Rojo Insurgentes', 'Orejón', 'Burra la Cruz', 'Sandía', 'Cacalote', 'Tapón Aguanoso', 'Sangre de Toro' y 'Rojo Pelón'.

Tunas rojas	Estabilidad del color (ΔE) a diferentes pH						CV	DMS
	3	4	5	6	7			
Cardona	3.67 ± 0.13 b	3.63 ± 0.09 b	3.14 ± 0.08 c	2.98 ± 0.13 c	4.22 ± 0.16 a	3.37	0.32	
Rojo Insurgentes	6.20 ± 0.19 a	5.39 ± 0.13 b	5.38 ± 0.14 b	4.66 ± 0.15 c	5.75 ± 0.17 b	2.85	0.42	
Orejón	1.03 ± 0.16 ab	0.82 ± 0.12 ab	0.81 ± 0.13 ab	0.68 ± 0.10 b	1.09 ± 0.12 a	4.68	0.35	
Burra la Cruz	5.65 ± 0.11 ab	5.60 ± 0.11 ab	5.51 ± 0.06 b	4.93 ± 0.11 c	5.85 ± 0.13 a	1.91	0.28	
Sandía	4.08 ± 0.13 b	3.60 ± 0.04 c	3.48 ± 0.14 cd	3.23 ± 0.06 d	4.83 ± 0.12 a	2.75	0.28	
Cacalote	2.36 ± 0.08 c	2.17 ± 0.14 b	2.14 ± 0.14 c	2.07 ± 0.05 c	3.61 ± 0.19 a	4.90	0.35	
Tapón Aguanoso	6.99 ± 0.07 a	6.53 ± 0.05 b	6.25 ± 0.15 b	4.79 ± 0.19 c	7.25 ± 0.16 a	2.14	0.36	
Sangre de Toro	2.95 ± 0.06 a	2.94 ± 0.19 a	2.73 ± 0.11 a	2.71 ± 0.07 a	2.98 ± 0.16 a	4.46	0.34	
Rojo Pelón	2.57 ± 0.12 a	2.56 ± 0.13 a	2.48 ± 0.16 a	2.36 ± 0.29 a	2.65 ± 0.15 a	7.10	0.48	

^Z Valores con las misma letra dentro de las misma filas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; MNS: diferencia mínimamente significativa; CV: coeficiente de variación.

Estabilidad del color a diferentes temperaturas: La temperatura es el factor más decisivo para la desnaturalización de las betalaínas (Ravichandran *et al.*, 2013), lo cual ocasiona un cambio en el color de los extractos, conforme aumenta la temperatura de 40 °C a 100 °C el valor de ΔE tiende a aumentar en todos los extractos de las nueve tunas rojas. Los extractos más estables a las diferentes temperaturas con

diferencias significativas ($P \leq 0.05$) fueron los de las tunas rojas 'Tapón Aguanoso' y 'Sangre de Toro' y el que mostraron menos estabilidad fue los de las tunas rojas 'Cacalote' (Cuadro 3). Estos resultados concuerdan con lo observado con Attoe y Von Elbe (1985) donde la degradación térmica de estos pigmentos (betalaínas) sigue una cinética de reacción de primer orden y es dependiente del pH.

Cuadro 3. Estabilidad del color a diferentes temperaturas de extractos en pulpa de tunas rojas: 'Cardona', 'Rojo Insurgentes', 'Orejón', 'Burra la Cruz', 'Sandía', 'Cacalote', 'Tapón Aguanoso', 'Sangre de Toro' y 'Rojo Pelón'.

Estabilidad del color en la pulpa de tunas rojas	Estabilidad del color a diferentes temperaturas (ΔE)					CV	DMS
	40°C	60°C	80°C	100°C			
Cardona	13.31 ± 0.13 c	14.19 ± 0.08 b	14.22 ± 0.09 b	14.50 ± 0.03 a	0.60	0.22	
Rojo Insurgentes	10.14 ± 0.10 d	10.81 ± 0.18 c	11.47 ± 0.10 b	12.17 ± 0.09 a	1.10	0.32	
Orejón	11.68 ± 0.19 b	11.79 ± 0.47 b	12.13 ± 0.04 b	12.93 ± 0.13 a	2.19	0.69	
Burra la Cruz	13.63 ± 0.24 c	13.76 ± 0.18 bc	14.22 ± 0.14 ab	14.32 ± 0.15 a	1.31	0.47	
Sandía	13.56 ± 0.23 c	13.75 ± 0.17 c	15.65 ± 0.06 b	16.07 ± 0.09 a	1.01	0.39	
Cacalote	15.76 ± 0.19 c	16.20 ± 0.02 b	16.22 ± 0.09 b	16.71 ± 0.01 a	0.63	0.27	
Tapón Aguanoso	9.24 ± 0.07 c	9.78 ± 0.17 b	9.95 ± 0.25 b	10.58 ± 0.13 a	1.70	0.43	
Sangre de Toro	6.19 ± 0.07 d	9.83 ± 0.12 c	10.22 ± 0.05 b	10.73 ± 0.15 a	1.15	0.27	
Rojo Pelón	12.70 ± 0.10 d	13.90 ± 0.06 c	14.45 ± 0.13 b	14.73 ± 0.09 a	0.69	0.25	

^Z Valores con las misma letra dentro de las misma filas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; MNS: diferencia mínimamente significativa; CV: coeficiente de variación.

Cuadro 4. Coeficiente de correlación entre el contenido de betalaínas y ΔE a diferentes pH y temperaturas en pulpa de tunas rojas: 'Cardona', 'Rojo Insurgentes', 'Orejón', 'Burra la Cruz', 'Sandía', 'Cacalote', 'Tapón Aguanoso', 'Sangre de Toro' y 'Rojo Pelón'.

Tunas rojas	Contenido de betalaínas	ΔE a pH	ΔE a temperaturas
Cardona	3.93	3.58	14.0
Rojo Insurgentes	6.42	5.46	11.21
Orejón	18.26	0.88	11.82
Burra la Cruz	10.53	5.48	14.07
Sandía	4.82	3.84	15.03
Cacalote	18.43	2.66	16.34
Tapón Aguanoso	22.67	6.31	9.88
Sangre de Toro	8.36	2.87	9.45
Rojo Pelón	2.84	2.55	13.89
Error estándar	0.9614	0.1145	0.2614
Coeficiente de correlación (r)		0.049	-0.22

No se observó una correlación entre la concentración de betalaínas y la estabilidad del color (ΔE) a diferentes pH (3-7) y temperaturas (40°C-100°C) (Cuadro 4).

CONCLUSIONES

La mayor concentración de betalaínas se observó en tuna 'Tapón Aguanoso', la mayor estabilidad de color a diferentes pH en tuna 'Orejón' y la mayor estabilidad a diferentes temperaturas en tunas 'Tapón Aguanoso' y 'Sangre de Toro', por lo anterior estas tunas son una opción en la extracción de pigmentos naturales para su utilización en la industria de alimentos y en cosmetología.

AGRADECIMIENTOS

Al FOMIX-CONACyT-HGO, por el apoyo económico del proyecto con clave 195462 para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Attoe, E. L.; J. H. Von Elbe. 1985. Oxygen involvement in betanine degradation: Effect of antioxidants. *Journal of Food Science* 50(1):106-110.
- Azeredo, H.M.C. 2009. Betalains: properties, sources applications, and stability – a review. *Int. Journal Food Sci. Technology* 44:2365-2376.
- Bilyk, A.; A. Myron.; A. Kolodi.; M. Sapers. 1981. Stabilization of Red Beet Pigments with

- isoascorbic acid. *Journal of Food Science* 16:1616-1617.
- Butera, D.; L. Tesoriere.; Di Gaudio.; F. Bongiorno.; A. Allegra.; M. Pintaudi. 2002. Actioxidant activities of Sicilian pickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(23):6895-6901.
- Cai, Y.; M. Sun.; H. Corke. 2003. Antioxidant activity of betalainas from plants of the Amaranthaceae. *Journal of agricultural and Food Chemistry* 51(8):2288-2294.
- Castellanos-Santiago, E.; E. M. Yahia. 2008. Identification and quantication of betalains from fruit of 10 Mexican prickly pear cultivars by high performance liquid chromatography and electrosplay ionization mass spectrometry *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56:5758-5764.
- Downham, A.; P. Collins. 2000. Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science and Technology* 35(1):5-22.
- Henriette, M.; Azeredo. 2008. Betalains: properties, sources, applications and stability a review. *International Journal of Food Science and Technology* 44(12):442-452.
- Moßhammer, M. R.; F. C. Stintzing.; R. Carle. 2006. Cactus pear fruits (*Opuntia* spp.): A review of processing technologies and current uses *Proceedings of the Professional Association for Cactus Development* 8: 1-24.
- Osorio-Esquivel, O.; A. Ortiz-Moreno.; V. Álvarez.; L. Dorantes-Álvarez.; M. Giusti. 2011. Phenolics, betacyanins and antioxidant activity in *Opuntia joconostle* fruits. *Food Research International* 44(7): 2160-2168.
- Ravichandran, K.; N. Thaw Saw.; A. Mohdaly.; A. Gabr.; A. Kastell.; H. Riedel. 2013. Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International* 50(2): 670-675.
- Viloria-Matos A.; D. Corbelli-Moreno.; M. J. Moreno-Alvarez.; D. R. Belén. 2002. Stability in betalains from tuna pulp (*Opuntia boldinghii* Br. Et R.) submitted to a lyophilization proces. *Revista Facultad Agronomía* 19:324–331.
- Wu, L.; H.W. Hsiu.; Y. C. Chen.; C. C. Chiu.; Y.I. Lin.; J. A. Ho. 2006. Antioxidant and antipoliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry* 95:319-327.