

Tradiciones mexicanas: del agua de jamaica a la bandera nacional

Martha Elena Ibarguengoitia Cervantes

Como una agradable resaca de nuestra celebración del aniversario número 15 de nuestra querida revista, entregamos a nuestros lectores dos artículos más sobre química e microescala, que debieron aparecer en el número cuatr del año anterior y que, por azares del destino, incorporamos a la revista hasta hoy. Los artículos son de Martha Ibarguengoitia, de la Universidad Iberoamericana, en México, DF, y de nuestro "amigo sueco" de las IV Jornadas Internacionales sobre Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química, Christer Gruvberg. Que disfruten los lectores esta entrega final, pues habrá que esperar hasta cumplir 20 años para tener nuevamente a invitados tan destacados. Para gusto de todos, entregaremos únicamente durante los próximos tres años los artículos ordinarios entregados por nuestros autores, muchos de ellos tan maravillosos, o más, que estos mismos.

Abstract

This paper reports an experiment designed to produce the colors of the Mexican flag by chemical reactions. This was achieved by making the reaction medium containing a "jamaica drink" (*Hibiscus sabdariffa*) change colors depending on the reaction conditions. This experiment obtained the second place in the contest convoked on the occasion of the 3rd International Microscale Chemistry Symposium, celebrated at the Universidad Iberoamericana (Mexico City) on May, 2005.

Introducción

El agua de jamaica es una de las bebidas con más tradición en la comida mexicana. Se prepara utilizando las flores secas del *Hibiscus sabdariffa*, un arbusto anual que se cultiva alrededor del mundo en las zonas tropicales, ya que requiere de terrenos húmedos y climas cálidos. Sus flores son de color rosado o amarillo rojizo, con el centro oscuro. Al poco tiempo de haber brotado la flor, la corola se marchita y desaparece, queda sólo el cáliz, cuyo interior se alarga y se vuelve carnoso, y toma un color rojo oscuro y un sabor ácido (figura 1) (*Hibiscus sabdariffa* L., 2006).

* Centro Mexicano de Química en Microescala. Universidad Iberoamericana, campus Ciudad de México. Prol. Reforma 880, Lomas de Santa Fe. 01210 México, DF.

Correo electrónico: mibarguengoitia@academico.uia.mx

La flor de jamaica, *roselle* o *karkade* puede utilizarse, ya sea fresca o seca, en la preparación de salsas, postres y una gran variedad de bebidas. Desde hace mucho tiempo, esta flor ha sido muy apreciada en diversas culturas por sus propiedades medicinales, principalmente por servir de diurético y anti-séptico intestinal; sus hojas se utilizan como emolientes; se cree que los antioxidantes que contiene (como las antocianinas) juegan un papel importante en

evitar la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL, el "colesterol malo"), por lo que contribuye al tratamiento de la arteriosclerosis (*Hibiscus*, 2006).

El extracto de jamaica, como el de muchos otros vegetales, sufre cambios de color al variar el pH, por lo que puede utilizarse como indicador ácido-base, propiedad que fue reconocida desde 1664 por Boyle, en el caso del extracto de violetas (Indicadores químicos ácido-base I, 2006). El color de los vegetales se debe a los diferentes pigmentos que se encuentran en ellos. Los hay solubles en aceites y solventes orgánicos, como las clorofilas y los carotenoides, a los que se conoce como lipocromos, que se encuentran en los cromoplastos. Los demás pigmentos vegetales son solubles en agua y se encuentran en la savia vacuolar de las células vegetales, y producen una gran variedad de colores de muchas flores y frutas.

Un grupo muy importante de pigmentos solubles en agua son los flavonoides. Este grupo de compuestos incluye a las antocianinas, pigmentos ampliamente distribuidos en el mundo vegetal y responsables de una gran variedad de colores presentes en las plantas, como: azul, púrpura, violeta, magenta, rojo y naranja.

Las antocianinas existen como glucósidos; al hidrolizarse producen un azúcar y una aglucona llamada antocinidina. Su estructura básica es el ion flavilio (figura 2) (Fennema, 2000).

Las antocianinas difieren entre sí en el número de grupos hidroxilo y metoxilo presentes como sustituyentes, así como en los tipos, número y sitios de unión de los azúcares.



Figura 1. *Hibiscus sabdariffa*.

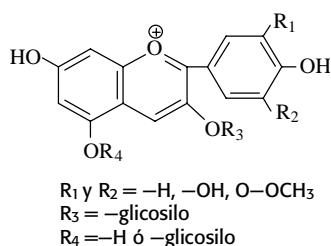


Figura 2. Estructura del catión flavilio.

Cuando aumenta la presencia de grupos hidroxilo se intensifica la coloración azul, en tanto que la presencia de grupos metoxilo favorece el color rojo (Fennema, 2000; Badui, 1996).

Los colores de estas moléculas se deben a la presencia de dobles enlaces conjugados. Esta distribución de los enlaces ocasiona que los electrones π no estén ligados a posiciones específicas dentro de la molécula, por lo que pueden moverse sobre dimensiones relativamente grandes de la cadena. Se trata de estados electrónicos de baja energía, que se excitan con radiación electromagnética correspondiente a la región visible del espectro y absorben de manera selectiva algunas longitudes de onda, de forma que percibimos los colores de la luz que no han sido absorbidos por la molécula (Hecht, 2000).

Además de las antocianinas existen otros flavonoides –algunos de ellos de color amarillo– que difieren de las antocianinas únicamente en el grado de oxidación de la cadena alifática que une a los dos grupos aromáticos de la estructura base, entre los que se encuentran las flavonas,

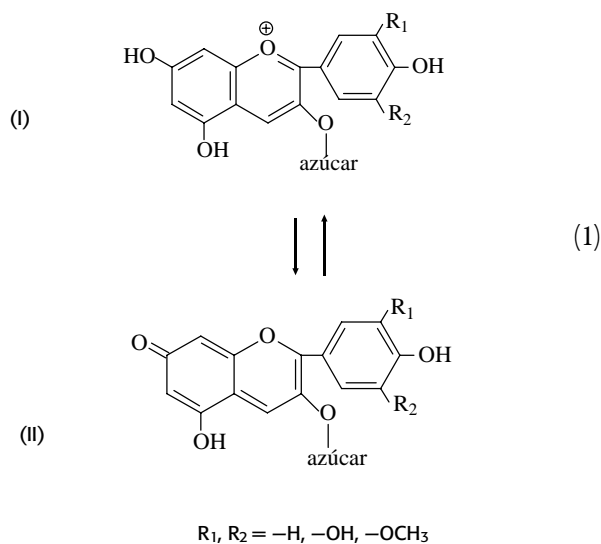


Figura 3. Cambios estructurales que sufren las antocianinas al cambiar el pH del medio (Ribéreau-Gayón *et al.*, 2000).

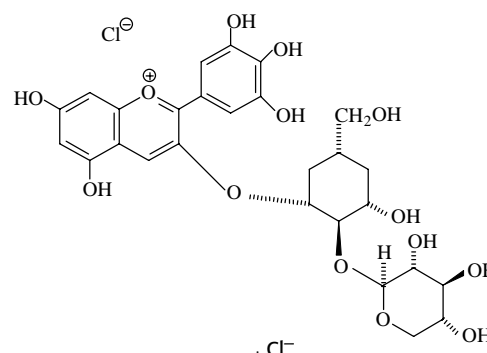


Figura 4. Delphinidina-3-sambubiósido (Scifinder Scholar 2002).

isoflavonas, flavonoles, flavanonoles y flavanonas (Badui, 1996).

Las antocianinas cambian su coloración según el pH del medio. En pH ácido adquieren la estructura estable del catión flavilio rojo (figura 3-I). Cuando se incrementa el pH cambia su distribución electrónica hasta llegar a la forma quinonidea azul (figura 3-II) (Ribéreau-Gayón *et al.*, 2000). Si se oxida el flavilio se produce una base carbinol incolora. Los cambios fisiológicos durante la maduración del fruto llevan consigo alteraciones en el pH y, por lo tanto, modificaciones en el color del tejido vegetal (Badui, 1996).

Los pigmentos encontrados en el *Hibiscus sabdariffa* (Abbas *et al.*, 1993), que son los responsables de los cambios de coloración del extracto de jamaica al variar el pH, incluyen las antocianinas: delphinidina-3-sambubiósido (figura 4), en mayor proporción; cianidina-3-sambubiósido (figura 5) en segundo lugar, y delphinidina-3-glucósido y cianidina-3-glucósido, en menor proporción (Du y Francis, 1974), así como flavonoides: hibiscitrina, hibiscetina, miricetina (figura 6) y quercetina (figura 7) de color amarillo (Millett *et al.*, 1959).

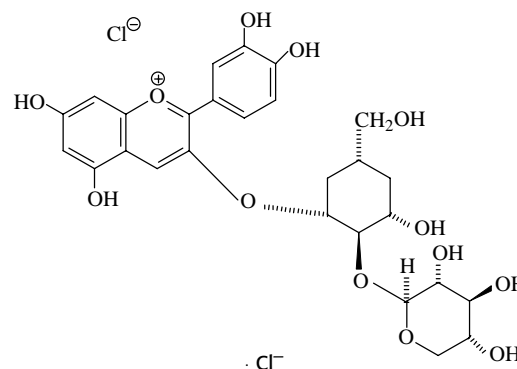


Figura 5. Cianidina-3-sambubiósido (Scifinder Scholar 2002).

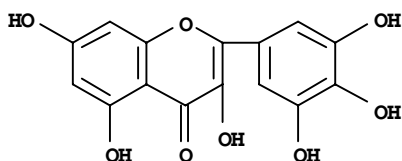


Figura 6. Miricetina (Scifinder Scholar 2002).

Procedimiento experimental

Se preparó un extracto de flor de jamaica, hirviendo 3 g de esta flor en 50 mL de agua. Al extracto se le agregaron 0.02 g de cloruro de bario. Por otro lado se prepararon vasos que contenían tres líquidos incoloros (figura 8):

- En el primero se agregaron 5 mL de agua y una gota de solución de hidróxido de sodio al 32%.
- En el segundo se colocaron 5 mL de agua, 10 gotas de solución de hipoclorito de sodio y 0.02 g de sulfato de sodio.
- En el tercero se vertieron únicamente 5 mL de agua.

A continuación se agregaron de 1 a 2 mL del extracto de jamaica en cada uno de los tres líquidos incoloros. Al agitarlos, se observó la formación de los colores de la bandera mexicana: verde (figura 9), blanco (figura 10) y rojo (figura 11). (En la segunda de forros se pueden apreciar las imágenes en color.)

Enseguida se repitió el experimento; se utilizaron solamente materiales de uso casero como destapacaños y blanqueador comercial. El extracto de jamaica se preparó de la misma forma, esta vez sin agregarle el cloruro de bario. En cada uno de los tres vasos de precipitados se vertieron los 5 mL de agua. Al primero se le agregó 1 gota de destapacaños (hidróxido de sodio al 32%); al segundo 10 gotas de blanqueador (solución de hipoclorito de sodio), y en el tercero se dejó solamente el agua. Se vertieron entre 1 y 2 mL del extracto de jamaica en cada uno de los vasos. Los vasos se colocaron sobre un fondo blanco, con el fin de que pudieran observarse los colores. Al agitarlos, se formaron los colores de la bandera. En la parte inferior del segundo vaso se adhirió una calcomanía con el escudo nacional (figura 13).

Discusión

De acuerdo con lo establecido en la introducción, el extracto de jamaica contiene pigmentos flavonoides, por lo que el

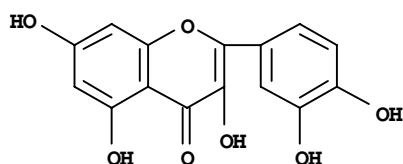


Figura 7. Quercetina (Scifinder Scholar 2002).



Figura 8. Un reactivo común y tres soluciones incoloras para obtener tres colores.



Figura 9. Obtención del color verde.



Figura 10. Obtención del color blanco.



Figura 11. Obtención del color rojo.



Figura 12. Los tres colores de la bandera mexicana.

cambio en el pH afecta su coloración. Presenta dos cambios de coloración al variar el pH. En medio ácido tiene una coloración roja que al aumentar el pH cambia a violeta y posteriormente a verde cuando el pH es superior a 8.2 (Soltan y Sirry, 2002).

La coloración verde que toma en medio básico se debe a la combinación del color azul correspondiente a la forma quinoidea de las antocianinas y el color amarillo de los otros flavonoides (Indicadores químicos ácido-base I, 2006; Fennema, 2000), como la miricetina o la quercetina presentes en el extracto de jamaica. Se observa también la formación de un precipitado, debido a la formación de compuestos insolubles de bario, probablemente complejos entre las antocianinas y este metal (Fennema, 2000) ya que en ausencia de bario se observa el cambio de coloración correspondiente al medio básico, pero no hay formación de precipitados.

El color blanco se obtiene al formarse un precipitado de sulfato de bario, de acuerdo con la siguiente reacción:



que se combina con la decoloración de los pigmentos debida a la acción del cloro sobre éstos, la cual provoca que se pierda la conjugación de los dobles enlaces de las moléculas coloradas al formarse probablemente algún compuesto similar al complejo antocianina-sulfato (figura 14) que es incoloro y que se produce al tratar las antocianinas con dióxido de azufre (Fennema, 2000; Ribéreau-Gayón *et al.*, 2000).

Por último, en el tercer vaso, que sólo contiene agua, el



Figura 13. Colores de la bandera mexicana con soluciones transparentes.

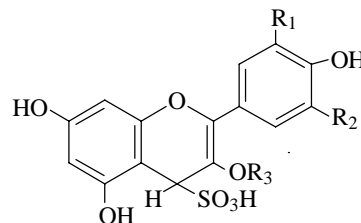


Figura 14. Complejo antocianina sulfato.

extracto de jamaica únicamente se diluye. Se observa el color rojo del catión flavilio característico de las antocianinas en medio ácido, ya que el pH es aproximadamente 3.

Las bases de la discusión son las mismas para el segundo caso, salvo que en éste los colores quedan transparentes debido a la ausencia de precipitados causados por la presencia del bario. ▀

Agradecimientos

Agradezco a la maestra María del Carmen Doria Serrano (Universidad Iberoamericana) sus comentarios para la elaboración de este trabajo.

Bibliografía

- Abbas, A. M.; Bandyukova, V. F.; Pshukov, Y. G.; Nikitina, G. K.; Vashchenko, T. N.; Gavrilin, M. V.; Pyatigorsk, Polyphenols and Polysaccharides of Sepals of Hibiscus Sabdariffa L. *Rastitel'nye Resursy* (Russia), **29**(2), 31-40, 1993.
- Badui, S., *Química de los alimentos*, 3ª ed. Longman: México, 1996.
- Du, C. T.; Francis, F. J., *Anthocyanins of Roselle (Hibiscus sabdariffa)*. *Journal of Food Science*, **38**(5), 810-12, 1974.
- Fennema, O. R., *Química de los alimentos*, 3ª ed. Acribia: Zaragoza, 2000.
- Hecht, E., *Optica*, 3ª ed. Pearson Educación: Madrid, 2000.
- Hibiscus, consultada por última vez el 12 de marzo de 2006 en la URL <http://www.kingtutshop.com/Egyptian-Herb/hibiscus.htm>
- Hibiscus sabdariffa L., consultada por última vez el 12 de marzo de 2006 en la URL http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/hibiscus_sabdariffa.html
- Indicadores químicos ácido-base I, consultada por última vez el 12 de marzo de 2006 en la URL <http://www.heurema.com/QG7.htm>
- Millett, M., Dore, F., Palmieri, S., Paper chromatography of extracts of Hibiscus sabdariffa. II. Identification of the coloring matters. *Annali di Chimica* (Rome, Italy), **49**, 655-62, 1959.
- Ribéreau-Gayón, P.; Glories, Y.; Maujean, A.; Dubourdieu, D. *Handbook of Enology. Volume 2. The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments*, Wiley: West Sussex, 2000.
- Scifinder Scholar 2002. Cianidina-3-sambubiósido (CAS RN 33012-73-6); Delfinidina-3-sambubiósido (CAS RN 53158-73-9); Miricetina (CAS RN 529-44-2); Quercetina (CAS RN 117-39-5), *Chemical Abstracts Service*, accesada por última vez el 20 de septiembre de 2005 de la URL <http://www.cas.org/SCIFINDER/SCHOLAR/index.html>
- Soltan, M. E., Sirry, S. M., Usefulness of Some Plant Flowers as Natural Acid-base Indicators. *Journal of the Chinese Chemical Society* (Taipei, Taiwan), **49**(1), 63-68, 2002.