

Adsorción de ácido cafeico y ácido clorogénico sobre carbón activado durante el proceso de producción de café.

Caffeic acid and chlorogenic acid adsorption on activated carbon during the coffee production process.

Eyden S. Hernández-Padilla¹, Raúl Ocampo-Perez²

¹⁻²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava Martínez #6 Zona Universitaria, C.P. 78210, San Luis Potosí, México, ¹4448508770, a196728@alumnos.uaslp.mx¹, raul.ocampo@uaslp.mx²

Palabras clave: adsorción, ácido clorogénico, ácido cafeico, carbón activado F400, café.

Key words: adsorption, chlorogenic acid, caffeic acid, activated carbón F400, coffee.

INTRODCUCCIÓN

El café es una bebida de carácter universal, es el segundo producto más comercializado a nivel mundial. El grano de café está conformado por capas y es importante resaltar que la capa de mucilago contiene agua, azúcares y ácidos orgánicos. En el procesamiento del grano de café se derivan las aguas de desecho que contienen productos que resultan de la degradación del mucilago. Los ácidos clorogénico y cafeico son compuestos fenólicos que poseen propiedades beneficiosas para la salud humana debido a su potente actividad antioxidante, antiinflamatoria y antiproliferativa. Se ha identificado que los ácidos clorogénico y cafeico poseen un amplio número de propiedades farmacológicas y se pueden utilizar para la síntesis de tratamientos para enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares o cancerígenas. Existen tecnologías como la adsorción para atrapar estos compuestos de interés, además es de bajo costo, simple operación, eficiente a bajas concentraciones y no genera residuos. En la literatura existen estudios de la adsorción de ácido clorogénico en resinas macroporosas y sobre la adsorción de ácido cafeico en dióxido de titanio, también se ha empleado almidón catiónico reticulado como adsorbente individual de ambos. A diferencia de estos materiales, no existen trabajos en los que se empleó el carbón activado como material adsorbente por esta razón será usado para este estudio. El carbón activado es un material carbonoso que se produce a partir de cualquier material con alto contenido de carbono, es utilizado como adsorbente debido a sus propiedades físicas y químicas.

METODOLOGÍA

Adsorbato: En este trabajo se emplearon tres ácidos suministrados por Sigma Aldrich con una pureza $\geq 95\%$ para el ácido clorogénico (ACG), $\geq 95\%$ para el ácido cafeico (AC) y 98% para el ácido quínico (AQ).

Adsorbente: Se utilizó el carbón activado granular (CAG), elaborado por Calgon Carbon Corporation y comercializado como Filtrasorb 400 (F400). Se caracterizó química y texturalmente.

Caracterización química y textural del adsorbente: La caracterización química se realizó para la determinación de grupos ácidos y básicos y la determinación de punto de carga cero. Las propiedades de textura del CAG como área específica, volumen de los poros y diámetro promedio de los poros se determinaron por medio de un equipo de fisisorción de N_2 a 77 K.

Determinación de la concentración de los adsorbatos: La determinación de la concentración individual del ácido cafeico y ácido clorogénico se realizó por un método espectrofotométrico UV-Visible de doble haz. La determinación binaria de los ácidos se realizó mediante cromatografía de alta resolución, empleando un HPLC.

Estabilidad química: Los experimentos de estabilidad química se realizaron agregando una solución de concentración conocida en un vaso de precipitado con agitación magnética. Se tomaron alícuotas de 1 mL en distintos intervalos de tiempo. Una vez transcurridos 1260 min se determinó el espectro de absorción en función del tiempo y del pH.

Velocidad y equilibrio de adsorción: Los datos experimentales de las curvas de decaimiento de la concentración individuales o binarias se obtuvieron en un adsorbedor de lote de canastillas rotatorias. Este adsorbedor está constituido por un matraz de tres bocas con capacidad de 1 L, en el que se añade una solución individual o binaria de concentración inicial conocida (100-600) mg/L. El adsorbedor tiene dos canastillas porosas de acero inoxidable donde se colocó una masa de 0.5 g del adsorbente en cada una, y están conectadas a un rotor que proporciona la agitación de 200 rpm al sistema. La variación de la concentración en función del tiempo dentro del reactor se obtuvo tomando alícuotas de 1 mL en distintos intervalos de tiempo, los t de muestreo fueron hasta que se alcanzó el equilibrio de adsorción. La temperatura se mantuvo constante en $25\text{ }^\circ\text{C}$ con ayuda del recirculador y a un pH de 3,5,7 de la solución que se mantuvo constante agregando gotas de soluciones 0.1 y 0.01 N de NaOH y HCl según fuera necesario. Una vez que se alcanza el equilibrio de adsorción, se calculó la capacidad de adsorción, a partir de los valores encontrados para construir la isoterma de adsorción, donde se representa la cantidad adsorbida q , contra la concentración en el equilibrio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de caracterización química evidenciaron que el carbón activado tiene un área específica BET de $691\text{ m}^2/\text{g}$ y está constituido principalmente por microporos. Además, se encontró que posee una mayor cantidad de sitios básicos (0.486 meq/g) resultando en un punto de carga cero de 9.43. La isoterma de adsorción de fisisorción de N_2 se caracteriza como Tipo 1, esta isoterma es característica de los materiales microporosos, ya que la

isoterma de estos materiales se caracteriza por presentar un alto volumen adsorbido en presiones bajas. También se determinó el volumen total de poros a presiones cercanas a 1, donde se observa que el volumen total de poros es alrededor de $0.42 \text{ cm}^3/\text{g}$. Durante los experimentos para verificar la estabilidad química se observó que a medida que pasaba el tiempo las soluciones perdían su transparencia y aparecía una coloración café, esto dio indicios de que posiblemente los compuestos no eran estables químicamente. Para el AC a pH 3, 5 y 7 las bandas de absorción no cambian con respecto al tiempo, mientras que a pH 10 el espectro disminuye rápidamente, posiblemente a este rango la molécula se esté degradando y esto nos complica encontrar el equilibrio de adsorción. Para el ACG ocurre algo similar. De acuerdo a la isoterma de adsorción elaborada mediante los resultados de las cinéticas de adsorción se obtuvo que para el AC la menor capacidad de adsorción fue a pH 7 (155 mg/mol), después pH 3 (233 mg/mol) y la máxima a pH 5 (295 mg/mol). Tomando en cuenta el diagrama de especiación del AC se observa que a pH 3 se encuentra neutro, a pH 5 se encuentra 70% (-) y 30% neutro y a pH 7 se encuentra 100% (-), por lo tanto, se esperaría a pH 7 la máxima capacidad de adsorción tomando como referencia las cargas del adsorbato. De acuerdo a la isoterma de adsorción para el ACG no se tiene efecto de pH, parece ser independiente. Ambas isotermas fueron interpretadas con los modelos de isotermas de adsorción. Los resultados del equilibrio de adsorción individual se interpretaron de una mejor manera con el modelo de Praunitz-Radke.

CONCLUSIONES

A partir de los espectros de absorción se demostró que el AC presentó estabilidad química a pH 3,5 y 7, mientras que a pH 10 se observó una autodegradación. Similarmente el ACG presentó una autodegradación a pH 7 y 10.

Del equilibrio de adsorción se encontró que el AC se adsorbe en mayor proporción a pH 5, seguido de pH 7 y 3, lo cual sugiere la presencia de otros mecanismos de adsorción deferentes a las interacciones dispersivas y electrostáticas. Para el ACG se encontró que el pH no influye en el equilibrio de adsorción. El modelo que mejor interpretó los datos experimentales fue Praunitz-Radke.

BIBLIOGRAFÍA

- V. Matuk-Velasco, G. I. Puerta- Quintero, N. Rodríguez-Valencia, Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo del café (1997) 234, 2019-234-252.
- A. Farah, C. Marino, Phenolic compounds in coffee, *Braz. J. Plant Physiol* 18 (2006) 23-23-36.
- C.J. Van Oss, A review of: "Active Carbon." R.C. Bansal, J.B. Donnet and F. Stoeckli; Marcel Dekker, New York, 1988. pp. 482, \$135.00, *J. Dispersion Sci. Technol.* 11 (1990) 323-323.