

EL CARBÓN ACTIVADO COMO ANTÍDOTO EN EL TRATAMIENTO DE INTOXICACIONES

Razones por las que el carbón activado adsorbe moléculas, principalmente de tipo orgánico

Existen en la naturaleza muy diversas formas de carbón puro. Algunos ejemplos son el diamante, el grafito, el negro de humo, los carbones minerales o el simple carbón que se utiliza para asar carne. La diferencia entre cada uno de ellos está en la estructura que forman sus átomos de carbono.

Una de las principales características de todas las formas de carbón es su avidez por retener moléculas de líquidos, gases o vapores. A este fenómeno se le llama adsorción: el sólido, que en este caso es el carbón, es el adsorbente, y la molécula retenida es el adsorbato.

La adsorción en el carbón se debe a un desequilibrio de fuerzas que se genera en toda superficie formada por átomos de carbono. Este desequilibrio se debe a que los átomos de carbono tienden a formar sus cuatro enlaces perfectamente distribuidos en las tres coordenadas en el espacio. Ya que esto no sucede en los átomos de carbono que forman parte de la superficie sólida, éstos tienden a formar enlaces del tipo de Van der Waals, con las moléculas del fluido adyacente. De manera más específica, los enlaces entre el carbón y el adsorbato se llaman Fuerzas de London, que son las más comunes entre las seis fuerzas de Van der Waals que existen en la naturaleza.

Buscando aprovechar la propiedad adsorbente del carbón, el hombre ha encontrado la manera de producir carbones porosos con una enorme área superficial. Ya que la capacidad de adsorción depende de la superficie del sólido, al activar un carbón, aumenta su capacidad de adsorción.

A manera de comparación, un carbón de leña o un carbón mineral, tienen un área superficial de alrededor de 10 m² por gramo; por otro lado, un carbón activado tiene un área superior a 500 m² por gramo.

Como se mencionó anteriormente, el carbón tiende a atrapar todo tipo de moléculas. Sin embargo, presenta cierta selectividad ya que prefiere:

- a) A las menos polares
- b) A las de mayor peso molecular
- c) A las menos solubles en agua
- e) A las de moléculas más ramificadas

Por lo tanto, si el carbón se encuentra con una mezcla de moléculas, preferirá a aquellas que mejor cumplan con las características anteriores. Las moléculas orgánicas generalmente cumplen mejor que las inorgánicas con estas características. Por lo tanto, se considera que el carbón, activado o no, es un ADSORBENTE CASI UNIVERSAL DE MOLECULAS ORGÁNICAS. Un carbón activado adsorbe eficazmente moléculas cuyo peso molecular sea mayor que 55.

Lo anterior no significa que el carbón no adsorba sustancias inorgánicas. De hecho, el carbón adsorbe bien sustancias inorgánicas que no se disocian en medio acuoso. Esto se debe a que son las menos polares y las que, al no estar presentes como electrolitos cargados, son susceptibles de ligarse al carbón por medio de fuerzas de Van der Waals.

El proceso de adsorción es la razón por la que un pedazo de carbón de leña elimina los olores que desprenden los alimentos dentro de un refrigerador. También es la razón por la que, en la antigüedad, se colocaban pedazos de carbón en los barriles en los que almacenaban el agua potable, con el objeto de mantenerla libre del sabor que le impartía la madera. Y también es la razón por la que los campesinos ingieren tortilla carbonizada cuando se enferman del estómago (el carbón evita que el alimento en exceso o que el alimento intoxicado siga adsorbiéndose).

El carbón activado es un medio de purificación mucho más eficaz que un carbón sin activar. La capacidad de adsorción de un carbón activado está entre un 20 y un 90 por ciento de su propio peso. Es decir, 100 gramos de carbón activado retendrán entre 20 y 90 gramos de adsorbatos.

El carbón activado puede producirse a partir de cualquier material de origen vegetal o animal: madera, conchas de coco, bagazo de caña, carne, olotes, sangre, entre miles. También puede producirse a partir de carbones minerales, puesto que estos provienen a su vez de árboles y plantas.

Existen dos métodos de activación: el térmico y el químico. En el primero, se logra la formación de los poros sometiendo el material previamente carbonizado a una temperatura cercana a los 1000 °C y en una atmósfera saturada de vapor de agua.

En el método químico, se inunda la materia prima en una solución de un compuesto deshidratante, tal como el cloruro de zinc o el ácido fosfórico. La deshidratación provoca que se separen entre sí las cadenas moleculares. Posteriormente se calcina el material deshidratado a una temperatura relativamente baja, obteniéndose así un carbón que ya es poroso. Como último paso en este método, se requiere lavar el carbón para eliminar el compuesto químico activante; de esta manera, por un lado se recupera el químico, y por otra, se purifica el carbón dentro de lo posible.

El carbón activado en el tratamiento de intoxicaciones

Cuando una persona se intoxica debido a la ingestión de algún producto orgánico, el carbón activado puede salvarle la vida. Sin embargo, no cualquier carbón activado es el más eficaz para esta aplicación. El carbón debe cumplir con lo siguiente:

- a) Ser microporoso
- b) Ser, de preferencia, de origen vegetal
- c) Ser, de preferencia, activado térmicamente

En cuanto a necesidad de que sea microporoso, se debe a que las moléculas tóxicas que se absorben en el cuerpo tienen un diámetro molecular menor a 2 nanómetros. En cambio, las moléculas no dañinas como las proteínas y la mayoría de las grasas suelen ser de mayor tamaño. Por lo tanto, si se utiliza un carbón de poro mayor, adsorberá estas moléculas no dañinas.

El carbón de concha de coco es el más microporoso de entre los que se encuentran en el mercado más del 95% de sus poros tienen un diámetro menor a 2 nm, y por lo tanto, es el que mejor cumple con la condición de microporosidad.

En cuanto al origen vegetal, es una recomendación que se debe a que la materia prima no contiene contaminantes dañinos. Deben evitarse los carbones de origen mineral, ya que la mayoría de ellos contienen metales pesados, sulfuros y otros elementos peligrosos que se pueden disolver en los jugos gástricos.

La activación térmica se prefiere, ya que en la activación química siempre quedan restos del químico en el carbón resultante. En la actualidad, los principales químicos utilizados son el cloruro de zinc y el ácido fosfórico. El primero está formado por zinc que es un metal tóxico en bajas dosis; el segundo, proviene de la roca fosfórica que es un mineral y que como tal, contiene una gran gama de impurezas.

Con el objeto de dar una guía a los usuarios de carbón activado, como método de desintoxicación, las farmacopeas de distintos países, entre ellas la mexicana, han emitido especificaciones técnicas que debe cumplir el carbón.

El carbón activado puede tener diversas presentaciones, como son gránulos, pelets o polvo. Para su aplicación en pacientes con intoxicación grave, el carbón debe ser un polvo menor a la malla 200 es decir, menor a 74 micras. Esto se debe a que mientras menores son las partículas del carbón, éste actúa con mayor rapidez, y por lo tanto se aumentan las posibilidades de éxito del tratamiento. El aumento de la rapidez en la adsorción se debe a que se disminuye la longitud de los poros, mismos que se van llenando por un efecto de capilaridad.

El efecto de aumento de la velocidad de adsorción al disminuir el tamaño de partícula del carbón, es inversamente proporcional al cuadrado del tamaño de partícula del mismo. Es decir:

$$\frac{v}{V} = \frac{D^2}{d^2}$$

en donde:

v = velocidad de adsorción del carbón activado de tamaño de partícula menor

V = velocidad de adsorción del carbón activado de tamaño de partícula mayor

d = diámetro promedio del carbón activado de tamaño de partícula menor

D = diámetro promedio del carbón activado de tamaño de partícula mayor

A manera de ejemplo, un carbón activado entre las mallas 200 y 325 (diámetro promedio de 0.059 mm) adsorbe 3.57 veces más rápido que uno entre las mallas 100 y 200 (diámetro promedio de 0.1115 mm).

Por otro lado, el carbón en polvo es el indicado para fluir con facilidad en una suspensión a lo largo de las mangueras por las que se administra cuando se intuba a la persona.

La dosis de carbón activado recomendada para un paciente con intoxicación aguda es de un gramo por kilogramo de peso corporal. Si esta dosis no logra una disminución aceptable de los niveles séricos del tóxico o de los signos y síntomas, debe repetirse cada cuatro horas, y hasta un máximo de 36 horas.

Con el objeto de evitar constipación intestinal, es importante administrar junto con la primera dosis de carbón, un catártico de sulfato de sodio o de magnesio, en una dosis de 0.25 g de esta sal por Kg. de peso corporal. En caso de multidosis de carbón, hay que repetir la dosis del catártico cada 12 horas.

Existe literatura, laboratorios y médicos que recomiendan y utilizan sorbitol o manitol como catárticos. Sin embargo, la experiencia ha mostrado que con éstos existe un mayor riesgo de hipernatremia (deshidratación).

La efectividad del carbón a lo largo de mucho más tiempo de aquel en el que se encuentra presente el tóxico en el tracto gastrointestinal, se debe a que retiene metabolitos de aquellos tóxicos que siguen ciclo entero-hepático y que, poco a poco, y durante muchas horas, llegan al duodeno (intestino delgado) en el flujo biliar. Asimismo, el carbón lleva a cabo una diálisis intestinal al provocar circulación entero-entérica de los tóxicos que circulan en la sangre y que pasan por las vellosidades intestinales hacia el carbón.

El carbón no causa efectos bioquímicos colaterales, ya que es un material insoluble, no reactivo, inerte y no absorbible en el organismo. Hasta el momento, no existen reportes que indiquen una dosis, más allá de la cuál, el carbón sea causa de problemas graves de irritación gastrointestinal o de constipación aguda, mientras se administre el catártico de manera adecuada.

El carbón activado ha sido ampliamente utilizado en el tratamiento de pacientes intoxicados. Existe una gran cantidad de referencias al respecto (consultar las referencias listadas al final de este documento). En los Estados Unidos de Norteamérica, una suspensión de carbón activado forma parte del botiquín de todo paramédico.

El carbón activado está indicado aún en casos de pacientes comatosos a quienes, por razones obvias, se les administra por medio de sonda nasogástrica. En casos de convulsiones o de bloqueo del tracto gastrointestinal, hay que resolver dicho problema y proceder con la administración del carbón.

Al administrar carbón, hay que tomar las debidas precauciones para evitar broncoaspiración ya que, en el 10% de los casos, se induce el vómito involuntariamente.

El carbón activado se contraindica en caso de intoxicación con solventes orgánicos alifáticos (entre estos se encuentran los solventes orgánicos que normalmente utiliza la sociedad, fuera de las empresas), no porque no los adsorba, sino porque éstos se absorben muy poco en el tracto gastrointestinal, resultando así, poco tóxicos. En cambio, si se presenta vómito, la broncoaspiración sería causa de una lesión que puede ser grave o fatal.

Es obvio que también se contraindica la administración de carbón activado en casos de ingestión de sustancias corrosivas (ácido muriático, líquido de baterías) y cáusticas (sosa, amoniaco). No sólo por el hecho de que son sustancias poco adsorbibles (inorgánicas, iónicas en medio acuoso y de bajo peso molecular), sino porque el carbón dificultaría la endoscopia y la limpieza en la intervención post-traumática.

Otras aplicaciones del carbón en el área médica y farmacéutica

En el caso de intoxicaciones leves, y de otros problemas gastrointestinales, tales como indigestión, flatulencia y meteorismo, se administran pequeñas cantidades de carbón en cápsulas o en forma de comprimidos. Aunque no existen estudios serios que los justifiquen, también se indican estos productos para el caso de infecciones bacterianas o virales, ya que el carbón adsorbe microorganismos, los arrastra y expulsa del tracto intestinal.

Otra aplicación del carbón consiste en apósitos que se aplican directamente sobre la piel en caso de mordedura o piquete de animales ponzoñosos (incluyendo abejas y avispas) o en caso de irritación dérmica causada por plantas. Para esto se prepara una mezcla de carbón en polvo con agua. El agua desempeña el vehículo por el que circula el tóxico hacia el carbón. El único riesgo que existe consiste en que el carbón puede tatuar la piel. Para evitar esto, se coloca un lienzo de un tejido suficientemente cerrado, entre la piel y el apósito.

REFERENCIAS

- ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS*, Section 15, Volume 15.01 : Refractories; Carbon and Graphite Products ; Activated Carbon, American Std. For Testing and Materials, Philadelphia, 1992
- Bitton, G. y K. C. Marshall (Eds.): *ADSORPTION OF MICROORGANISMS TO SURFACES*, Wiley, N. Y., 1980
- Cooney, D. O.: *ACTIVATED CHARCOAL IN MEDICAL APPLICATIONS*, Marcel Dekker, N. Y., 1995
- Cooney, D. O.: *ACTIVATED CHARCOAL: ANTIDOTE, REMEDY, AND HEALTH AID*, TEACH Services, N. Y., 1995
- Greenbank, M.: "*Effects of Starting Material on Activated Carbon Characteristics and performance in the home water filter industry*", trabajo presentado en la conferencia anual de la AWWA, Denver, 1993
- Groso, G.: *EL CARBON ACTIVADO GRANULAR EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA*, Aconcagua, México, 1997
- Meier, J. R. y D.F. Bishop: "*Evaluation of conventional treatment processes for removal of mutagenic activity from municipal wastewaters*", *Journal Water Pollution Control Federation*, Octubre de 1985, pp. 999-1005
- Micromedex, Inc.: *POISINDEX (R) TOXICOLOGIC MANAGERMENTS: ACTIVATED CHARCOAL/TREATMENT*, Vol. 91, 1974-1997, pp.1 - 51
- Stenzel, M. H.: "*Remove organics by activated carbon adsorption*", *Chem. Eng. Progress*, Abril de 1993, pp. 36-43