

QUÍMICA EN ACCIÓN

Antiácidos y el balance del pH en el estómago

Un adulto promedio produce diariamente entre 2 y 3 L de jugo gástrico. El jugo gástrico es un fluido digestivo poco denso y ácido, secretado por las glándulas de la membrana mucosa que envuelve al estómago. Entre otras sustancias, contiene ácido clorhídrico. El pH del jugo gástrico es aproximadamente de 1.5, que corresponde a una concentración de ácido clorhídrico de 0.03 M, una concentración tan alta como para disolver zinc metálico! ¿Cuál es el propósito de este medio tan ácido? ¿De dónde provienen los iones H^+ ? ¿Qué sucede cuando hay un exceso de iones H^+ en el estómago?

La figura que aparece enseguida es un diagrama simplificado del estómago. La envoltura interior está formada por células parietales que, en conjunto, forman uniones compactas. El interior de las células está protegido en los alrededores por las membranas celulares. Estas membranas permiten el paso de agua y moléculas neutras hacia afuera y hacia adentro del estómago, pero por lo común impiden el movimiento de iones como H^+ , Na^+ , K^+ y Cl^- . Los iones H^+ provienen del ácido carbónico (H_2CO_3) que se forma como resultado de la hidratación del CO_2 , un producto final del metabolismo:

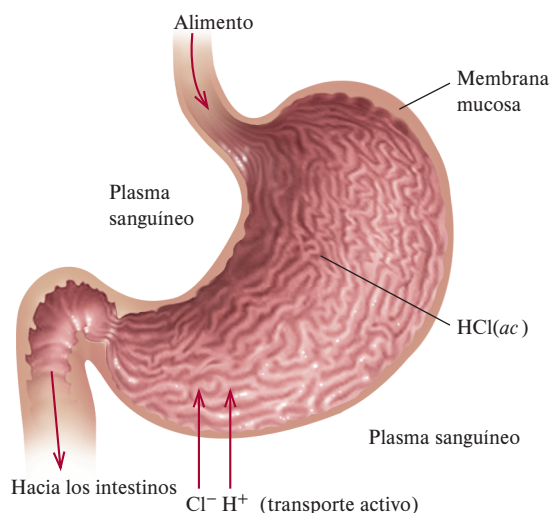
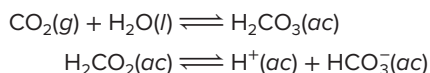


Diagrama simplificado del estómago humano.

Estas reacciones ocurren en el plasma sanguíneo que irriga las células en la mucosa. Mediante un proceso conocido como *transporte activo*, los iones H^+ se mueven a través de la membrana hacia el interior del estómago. (Las enzimas ayudan a los procesos del transporte activo.) Para mantener el balance eléctrico, una cantidad igual de iones Cl^- también se mueve desde el plasma sanguíneo hacia el estómago. Una vez en el estómago, a la mayoría de estos iones



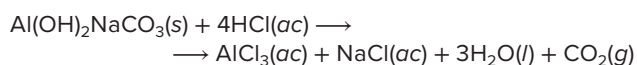
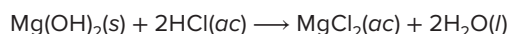
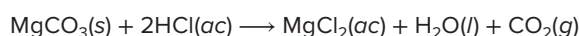
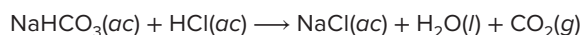
Cuando una tableta de Alka-Seltzer se disuelve en agua, los iones de bicarbonato contenidos en ella reaccionan con el componente ácido de la tableta para producir dióxido de carbono gaseoso.

©McGraw-Hill Education/Ken Karp

les resulta imposible regresar por difusión al plasma sanguíneo a través de las membranas celulares.

El propósito de un medio tan ácido dentro del estómago es digerir los alimentos y activar ciertas enzimas digestivas. Al comer se estimula la secreción de iones H^+ . Una pequeña fracción de estos iones los reabsorbe la mucosa, lo que provoca diminutas hemorragias. Cada minuto, aproximadamente medio millón de células son repuestas por el recubrimiento y un estómago sano se recubre por completo cada tres días, más o menos. Sin embargo, si el contenido de ácido es demasiado alto, la afluencia constante de los iones H^+ a través de la membrana de regreso al plasma sanguíneo puede causar contracción muscular, dolor, hinchazón, inflamación y sangrado.

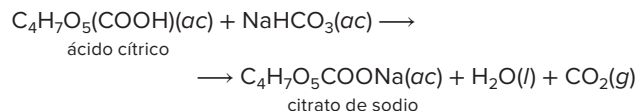
Con un antiácido se reduce temporalmente la concentración de los iones H^+ en el estómago. La función principal de los antiácidos es neutralizar el exceso de HCl en el jugo gástrico. En la tabla de Algunas preparaciones antiácidas comerciales comunes se muestran los ingredientes activos de algunos antiácidos populares. Las reacciones por medio de las cuales los antiácidos neutralizan el ácido estomacal son las siguientes:



Algunas preparaciones antiácidas comerciales comunes

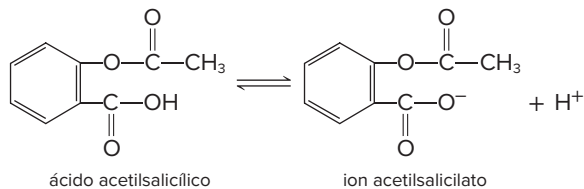
Nombre comercial	Ingredientes activos
Alka-2	Carbonato de calcio
Alka-Seltzer	Aspirina, bicarbonato de sodio, ácido cítrico
Bufferin	Aspirina, carbonato de magnesio, glicinato de aluminio
Aspirina bufferin	Aspirina, carbonato de magnesio, hidróxido de aluminio-glicina
Leche de magnesia	Hidróxido de magnesio
Roloids	Carbonato de dihidroxialuminio y sodio
Tums	Carbonato de calcio

El CO₂ liberado en la mayoría de estas reacciones aumenta la presión gaseosa del estómago, provocando que la persona eructe. La efervescencia que ocurre cuando se disuelve en agua una tableta de Alka-Seltzer la causa el dióxido de carbono, que se libera por la reacción entre el ácido cítrico y el bicarbonato de sodio:



Esto ayuda a la dispersión de los ingredientes y también mejora el sabor de la disolución.

La mucosa del estómago también se daña por la acción de la aspirina, cuyo nombre químico es ácido acetilsalicílico. La aspirina es un ácido moderadamente débil:



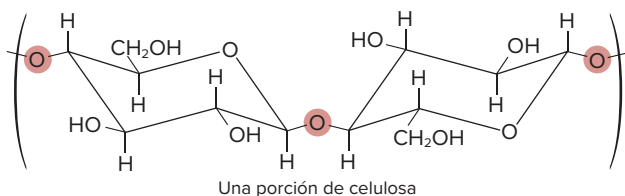
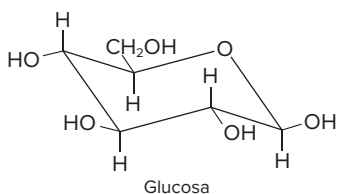
En presencia de una gran concentración de iones H⁺ en el estómago, este ácido permanece casi sin ionizar. El ácido acetilsalicílico es una molécula relativamente no polar y, como tal, tiene la capacidad de penetrar las barreras de las membranas, que también están hechas de moléculas no polares. Sin embargo, dentro de la membrana hay muchas pequeñas cavidades de agua y cuando una molécula de ácido acetilsalicílico entra en una de esas cavidades, se ioniza formando iones H⁺ y acetilsalicilato. Estas especies iónicas quedan atrapadas en las regiones internas de la membrana. El almacenamiento continuo de iones por esta vía debilita la estructura de la membrana y puede causar sangrado. Por cada tableta de aspirina que se toma, se pierden alrededor de 2 mL de sangre, que es una cantidad que, por lo general, no se considera dañina. Sin embargo, la acción de la aspirina puede desencadenar sangrados importantes en algunos individuos. Es interesante observar que la presencia de alcohol hace que el ácido acetilsalicílico sea todavía más soluble en la membrana y, por consiguiente, favorece el sangrado.

MISTERIOS DE LA QUÍMICA

La descomposición de los papeles

Los bibliotecarios están preocupados por sus libros. Muchos de los libros antiguos de sus colecciones se desintegran poco a poco. De hecho, la situación es tan grave que cerca de un tercio de los libros de la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos no puede utilizarse porque las hojas son demasiado frágiles. ¿Por qué se deterioran los libros?

Hasta finales del siglo XVIII, prácticamente todo el papel que se producía en el hemisferio occidental estaba compuesto por fibra de lino o algodón, las cuales son, en su mayor parte, celulosa. La celulosa es un polímero compuesto de unidades de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) unidas en una forma específica:



Conforme la demanda de papel creció, la pulpa de la madera sustituyó dichas fibras como fuente de celulosa. La pulpa de la madera también contiene lignina, un polímero orgánico que confiere rigidez al papel pero que se oxida con facilidad, con lo que el papel se decolora. El papel hecho de pulpa de madera, que no ha sido tratada para eliminar la lignina, se utiliza para libros y periódicos cuya preservación no es importante.



Papel dañado por el ácido.

Otro problema con el papel hecho con pulpa de madera es la porosidad. Los pequeños orificios de la superficie del papel absorben la tinta de la imprenta y la expanden sobre un área mayor que la necesaria. Para evitar la expansión de la tinta, en algunos papeles se aplica un recubrimiento de sulfato de aluminio $[Al_2(SO_4)_3]$ y una resina para sellar los orificios. Este proceso, denominado “apresto”, da como resultado una superficie suave. La diferencia entre los papeles que han recibido este tratamiento y los que no lo han recibido se percibe al tocar la superficie de un periódico y la de esta página. (O intente escribir en ellos con un plumín de punta especial.) Se eligió el sulfato de aluminio para el tratamiento porque es incoloro y barato. Debido a que el papel sin el tratamiento no se deshace, el sulfato de aluminio debe ser el responsable de su lento deterioro. Pero ¿cómo?

Indicios químicos

1. Cuando los libros que contienen papel “tratado” se almacenan en un ambiente muy húmedo, el $Al_2(SO_4)_3$ absorbe la humedad, lo que con el tiempo lleva a la producción de iones H^+ . Los iones H^+ catalizan la hidrólisis de la celulosa atacando a los átomos de oxígeno de la celulosa que aparecen sombreados. La larga cadena de unidades de glucosa se rompe en unidades independientes, lo que da como resultado la desintegración del papel. Escriba las ecuaciones para la producción de iones H^+ a partir del $Al_2(SO_4)_3$.
2. Para prevenir la desintegración de los papeles, la solución obvia es tratarlos con una base. Sin embargo, tanto el $NaOH$ (una base fuerte) como el NH_3 (una base débil), no son buenas elecciones. Sugiera cómo se podrían utilizar estas sustancias para neutralizar el ácido en el papel y describa sus inconvenientes.
3. Después de muchas pruebas, los químicos han desarrollado un compuesto que estabiliza el papel: el dietilzinc $[Zn(C_2H_5)_2]$. El dietilzinc es volátil, por lo que puede rociarse sobre los libros. Reacciona con agua para formar óxido de zinc (ZnO) y etano gaseoso (C_2H_6). a) Escribe una ecuación para esta reacción. b) El ZnO es un óxido anfótero. ¿Cuál es su reacción con los iones H^+ ?
4. Una desventaja del dietilzinc es su alta inflamabilidad en el aire. Por lo tanto, se debe evitar la presencia de oxígeno cuando se aplica este compuesto. ¿Cómo se puede eliminar el oxígeno de un cuarto antes de rociar el dietilzinc sobre los estantes con libros en una biblioteca?
5. Actualmente, a los papeles se les da un tratamiento con dióxido de titanio (TiO_2), el cual, al igual que el ZnO , es un compuesto blanco no tóxico que previene la hidrólisis de la celulosa. ¿Cuál es la ventaja del TiO_2 sobre el ZnO ?