

C4 El valor pH de las bebidas – ¿Cuán ácido es mi estómago?

Se trata de un experimento idóneo para abordar este tema. A partir de los resultados obtenidos en el experimento “el ser humano puede consumir bebidas extremadamente ácidas” se extrae la conclusión de que “el estómago debe ser sumamente ácido”. Y se plantea la pregunta de por qué es así. De esta forma se aborda automáticamente el tema del tracto gastrointestinal y de la digestión en general. Según el grupo de edad de que se trate, el profesor o la profesora puede ahondar en el tema. Aparte del tema de la digestión en la clase de Biología, la clase de Química también resulta ideal para que los alumnos y alumnas apliquen de un modo experimental sus conocimientos básicos sobre los ácidos y las bases. Los materiales y aparatos suministrados alcanzan para ocho grupos de alumnos que realicen el experimento a la vez.

1 Pregunta central

A diferencia del título principal un tanto llamativo, la verdadera cuestión consiste en determinar la importancia del valor pH en el aparato digestivo del cuerpo humano. Para abordar este tema experimentando se puede utilizar el valor pH de las bebidas. Con los conocimientos sobre el equilibrio entre ácidos y bases en el cuerpo así como la función de los órganos del aparato digestivo se pueden entender los síntomas de diferentes enfermedades y sus causas. Además, el experimento puede dar un impulso para aumentar o reducir conscientemente el consumo de ciertas bebidas en base a su contenido (elevado o bajo) de ácidos.

2 Integrar el experimento en el contexto educativo

2.1 Base científica

El tracto gastrointestinal se compone de una serie de órganos dispuestos uno tras otro. Se trata de la cavidad bucal, la faringe, el esófago, el estómago y el intestino. Las secreciones del páncreas y la bilis llegan a la primera parte del intestino delgado, el duodeno. El intestino delgado continúa por el intestino grueso (el colon) con una parte ascendente, una transversal y otra descendente. En la parte final del intestino grueso se acumulan los residuos no digeridos en el recto y se evacúan por el ano.

En diferentes partes del cuerpo así como en el tracto gastrointestinal hay distintos valores pH. pH es la abreviatura de *potentia hydrogenii* y constituye una unidad logarítmica para medir la concentración de protones (H^+ y/o H_3O^+) en una solución acuosa. Cuantos más protones haya en una solución, tanto menor será el valor pH. Los ácidos tienen por ello un valor pH de 0 – 7 y las bases de 7 – 14. Un valor pH que permite tener en el cuerpo buenas condiciones para que funcionen los órganos internos está en la gama ligeramente básica, esto significa que en la sangre es de aprox. 7,4. Las mediciones del valor pH también se pueden efectuar a través de la orina o en la piel. Sin embargo, los valores allí medidos pueden variar considerablemente, según la hora del día y los alimentos o las bebidas ingeridos o debido a la acción del jabón.

Para la digestión es especialmente importante que se mastiquen bien los alimentos. De esta forma, la comida se mezcla con la saliva. Con un valor pH de 7,0 – 7,1, la saliva en general suele ser neutra o ligeramente básica. La saliva contiene amilasa, una enzima para digerir hidratos de carbono, que separa el almidón transformándolo en maltosa.

Al tragar, el bolo alimenticio pasa de la faringe al esófago y de ahí por el movimiento del esfínter (el músculo de cierre entre el esófago y el estómago) al estómago. El bolo alimenticio se mezcla con los jugos gástricos y, a continuación, se traslada en pequeñas porciones al intestino delgado.

Gracias a la acción de los jugos gástricos que contienen mucho ácido clorhídrico se eliminan los microbios. El valor pH de los jugos gástricos está entre 1 y 3, siendo así la sustancia más ácida en el cuerpo humano. Por lo demás, el ácido clorhídrico junto a la enzima pepsina rompen las proteínas transformándolas en péptidos. Gracias a los jugos gástricos ácidos, el estómago puede, asimismo, transformar las partes sólidas de los alimentos en líquidos. La forma de los alimentos ingeridos influye en el tiempo que permanecen en el estómago (“cuando una comida nos cae pesada”). Para protegerse uno mismo de los agresivos jugos gástricos, las mucosas estomacales deben disponer de mecanismos de protección intactos. Para ello cuentan con una capa o barrera de mucosa “a prueba de ácidos” así como con un buen riego sanguíneo.

Un reflujo del contenido del estómago (y de los ácidos), la así llamada enfermedad de reflujo gastroesofágico, se produce cuando el esfínter del esófago no cierra bien el estómago. El ácido gástrico entra en contacto con las mucosas del esófago. A diferencia del estómago, el esófago no cuenta con los mecanismos de protección necesarios (véase arriba) para hacer frente al ácido. Eso hace que se tenga una sensación de escozor en el pecho, reflujo ácido (“acidez estomacal”) y de dolor al tragar. Para evitar enfermedades como el cáncer de esófago es indispensable tratar esa enfermedad de reflujo gastroesofágico. A fin de evitar un exceso de ácido en la prolongación del intestino delgado, el cuerpo dispone de diferentes mecanismos del estómago que permiten controlarlo:

- la hormona gastrina favorece la producción de ácido gástrico.
- la hormona secretina frena la producción de ácido gástrico.
- el sistema nervioso parasimpático estimula el peristaltismo y la evacuación del estómago.
- el olor y el sabor de la alimentación así como el nivel de llenado del estómago son algunos de los factores que influyen en el peristaltismo y la evacuación del estómago.

Un exceso de ácidos en el estómago puede tener numerosas causas. En algunos casos la causa puede deberse al estado general de la persona. Las personas enérgicas o que no están en equilibrio tienden a producir demasiado ácido gástrico, más que individuos tranquilos y calmados. Un estilo de vida más tranquilo hace que con frecuencia se reduzca por sí solo el alto nivel de ácidos en el estómago. Remiten las infecciones de la mucosidad estomacal.

Otro factor importante es la alimentación. Hay que evitar especialmente un consumo de alimentos en demasía. La sobrecarga consiguiente del estómago lleva permanentemente a una producción elevada de ácidos. Además, deben consumirse sólo de forma limitada alimentos muy ácidos como, p. ej., los cítricos y los jugos de frutos cítricos, así como refrescos gasificados que contienen azúcar.

En su camino por el tracto gastrointestinal, el bolo alimenticio ácido pasa al intestino delgado. Aquí se le añaden la bilis y los jugos pancreáticos. La bilis es ligeramente básica con un pH de 7,1 para la emulsión de las grasas, los jugos del páncreas (que actúan en la separación de los nutrientes que aportan energía) con su valor pH de 8,0 hace que el valor pH se aproxime más hacia valores básicos. Sólo de esta manera el organismo puede asimilar los nutrientes que siguen atravesando el intestino delgado. Si aumenta el contenido de ácidos en el duodeno, el conducto del estómago se cierra hasta que el secreto del páncreas haya neutralizado al ácido. Solamente en ese momento el esfínter del estómago permite que pase el bolo alimenticio al duodeno. Durante la absorción de nutrientes en el intestino delgado, el contenido del intestino tiene un valor pH de aprox. 8,0 o por encima. Cuando una persona tiene trastornos digestivos causados por procesos de fermentación o putrefacción con la consiguiente formación de ácidos en el intestino, esto suele provocar una diarrea.

Al final en el intestino grueso (el colon) se absorbe el agua del bolo alimenticio, las bacterias útiles forman vitaminas (p. ej., la vitamina H denominada “biotina”, la vitamina K, ácido fólico y en menor cantidad, la vitamina B12) y en el recto se acumulan y evacúan las heces.

La orina formada en los riñones tiene un valor pH de 4,8 (mucho más ácida) hasta 8,0 (básica), con frecuencia se encuentra en la gama ácida. Esto es fácil de explicar, dado que con la orina el cuerpo se deshace de los ácidos excedentarios. Además, una orina ligeramente ácida es una ventaja, dado que disminuye el crecimiento de bacterias en la vejiga y de esta manera hay menos probabilidad de sufrir una cistitis. Junto a la actividad del hígado en la segunda mitad de la noche se eliminan más ácidos. Esto hace que la orina matinal sea por lo general ligeramente ácida. La orina nocturna debería tener un valor pH entre 6,8 y 7,4. Las oscilaciones del valor pH son por lo tanto normales y una señal de que funciona la regulación del nivel de ácidos en el cuerpo humano.

En el tejido muscular suele haber un valor ácido con un $\text{pH} < 7$. Esto se debe a que al obtener energía en las células musculares se forma ácido carbónico. Para reducir el ácido de las células el dióxido de carbono creado se traslada con la sangre y se exhala a través de los alvéolos pulmonares.

2.2 Relevancia en el plan de estudios

Partiendo de los conocimientos sobre el funcionamiento de diferentes órganos del aparato digestivo, que por lo general se adquieren a los 14 años, los contextos aquí descritos relacionados con el valor pH pueden abordarse a partir de una edad aproximada de 15 años.

Para entender los procesos en el tracto gastrointestinal se requieren conocimientos previos de Biología. Contar con conocimientos básicos de Química facilita la comprensión de los temas relacionados con el valor pH.

Temas y terminología: La amilasa, el páncreas, la sangre, el intestino, el intestino grueso (el colon), la proteína, las grasas, la bilis, la gastrina, los hidratos de carbono, el dióxido de carbono, el estómago, la cavidad bucal, los alimentos, la pepsina, el valor pH, la faringe, la enfermedad de reflujo gastroesofágico, la secretina, la acidez estomacal, el esófago, la orina, la digestión, las enzimas digestivas, el duodeno

2.3 Conocimientos a adquirir

Los alumnos y alumnas ...

- determinan el valor pH de diferentes bebidas.
- comprueban sus resultados de medición en comparación con los de otros alumnos y alumnas.
- distinguen bebidas con valores pH bajos y elevados.
- saben cómo pasa la alimentación por el tracto gastrointestinal.
- explican los procesos en el aparato digestivo en las diferentes porciones del tracto digestivo.
- a partir de los resultados de medición deducen las propiedades del estómago.

2.4 El experimento en el contexto explicativo

Los alumnos y alumnas investigan en el experimento los valores pH de diferentes bebidas. En el siguiente cuadro se enumeran los valores pH de diferentes líquidos.

bebida	valor pH (aproximado)
agua corriente de la llave	7 – 8
agua con ácido carbónico	5 – 6
cerveza	4 – 5
jugo de manzana/naranja	3,5
vino	2,5 – 4
café	2,5 – 3,5
refrescos (p. ej., Fanta, Coca-Cola)	2 – 4
ácido gástrico	1 – 3
a modo de comparación: ácido de batería	1,0

El valor pH es una unidad de medida de la concentración de protones en una solución acuosa. Los protones pueden cambiar sustancias determinadas con las que entran en contacto (“sustancias cáusticas”). Los alumnos y alumnas lo conocen por el efecto que tiene el ácido acético al limpiar residuos de cal en la cocina o el baño.

La “efervescencia” del agua gasificada, que es más ácida, surte únicamente un efecto de saciar la sed o de refrescar. Además, el ácido carbónico tiene un efecto conservante del agua. En caso de que p. ej., el agua mineral no se haya llenado de forma completamente esterilizada, el ácido carbónico hace que a pesar de ello siga siendo “fresca”. Para el cuerpo o para el estómago el ácido carbónico es, por el contrario, completamente superfluo y baja el valor pH del estómago innecesariamente.

El ser humano puede beber sin problemas bebidas muy ácidas, al menos en pequeñas cantidades. Esto es una indicación de que también en el estómago hay un valor pH muy bajo. A pesar de ello las bebidas ácidas tomadas en exceso pueden suponer una carga para la mucosa estomacal y obligarla a activar “sin necesidad” la barrera de las mucosas. Esto es algo que entienden los alumnos y alumnas en base a las observaciones hechas y a sus conocimientos previos. Se dan cuenta de que las diferentes bebidas son más o menos buenas para el estómago.

Advertencia importante: El valor indicado por el cambio de color en las barritas para medir el valor pH sólo corresponde al valor pH del líquido que se quiere medir inmediatamente después de extraer la barrita. Expuesto al aire el valor indicado puede cambiar en cuestión de minutos.

2.5 Variantes de ejecución

El experimento puede realizarse de forma individual o de a dos.

Como alternativa a las bebidas sugeridas aquí, se puede pedir los alumnos y alumnas al preparar el experimento que traigan a clase una prueba de todas las bebidas que suelen tomar en el transcurso de un día. De esta forma la base de datos será más grande. A continuación, pequeños grupos de alumnos pueden ordenar sus bebidas según el valor pH que tengan (de las más básicas a las más ácidas).

3 Informaciones adicionales sobre el experimento

Para preparar y/o profundizar este experimento encontrará información complementaria en el Portal de Medios de la Siemens Stiftung:

<https://medienportal.siemens-stiftung.org>

En la caja de experimentación encontrará otros experimentos sobre los temas de la digestión y el metabolismo. “C1 Quemamos azúcares – La respiración celular y la cadena respiratoria”, “C2 Los hidratos de carbono como suministradores de energía para el metabolismo – El almidón y el azúcar”, “C3 ¿Cómo se desintegran las grasas en la digestión del ser humano? – La saponificación del aceite comestible”.

4 Observaciones sobre la realización del experimento

4.1 Lugar en el que se realiza el experimento

El experimento se puede realizar en cualquier aula de clase.

4.2 Tiempo necesario

preparación y realización	evaluación y preguntas
10 min.	20 min.

4.3 Advertencias de seguridad

Los experimentos sólo pueden ser realizados bajo la vigilancia del profesor o la profesora. Hay que advertir a los alumnos y alumnas que los materiales suministrados sólo se deben utilizar siguiendo las instrucciones correspondientes.

En estos experimentos tenga en cuenta los siguientes peligros y llame la atención de los alumnos y alumnas a este respecto:

- Procure que los materiales y aparatos sensibles al agua no se dañen.
- Indique a los alumnos y alumnas que las bebidas no son aptas para el consumo.

4.4 Aparatos y materiales

A adquirir o preparar previamente:

- diferentes pruebas de bebidas (cada una de aprox. 40 ml), p. ej., agua de la llave, agua mineral (gasificada), jugo de manzana/naranja, Coca-Cola (de ser posible, dado que la Coca-Cola suele ser muy ácida)
- marcador para láminas, uno por grupo
- pañuelos de papel o algo similar para secarse las manos

Incluido en el suministro:

Los aparatos y materiales entregados son suficientes para que **ocho** grupos de alumnos realicen el experimento en paralelo.

Para **un** grupo de alumnos se requieren los siguientes materiales de la caja:

material	cantidad
barrita de medición del pH, paquete	1x para toda la clase
vaso de plástico, 100 ml	4x



Fig. 1: Aparatos y materiales incluidos en el suministro para un grupo de alumnos. Las barritas para medir el valor pH son para toda la clase.

4.5 Poner orden, eliminar residuos, reciclar

Todos los aparatos y casi todos los materiales suministrados en la caja se pueden reutilizar. Por ello, debería asegurarse de que al concluir cada experimento coloquen todo nuevamente en la caja correspondiente. Así estará seguro de que Ud. y sus compañeros de trabajo encuentren todo rápidamente cuando lo quieran volver a utilizar.

Los aparatos que se hayan ensuciado al realizar los experimentos, como, p. ej., vasos, recipientes, cucharas, tubos de ensayo, deberían ser limpiados antes de colocarlos en las cajas. Lo más fácil es que los alumnos y alumnas se ocupen de hacerlo al finalizar el experimento. Además, asegúrese de que los aparatos estén listos para ser utilizados en la próxima ocasión. Por ejemplo, hay que poner a cargar las pilas usadas. (También es recomendable cuando no se han usado las pilas desde hace tiempo).

Los materiales no reciclables como, p. ej., los palitos de medición del valor pH o el papel de filtro, deben ser tirados a la basura correcta.

Los residuos resultantes de este experimento se pueden tirar a la basura normal o por el desagüe.