

Azúcar: 'Oro Blanco', transformando América

Por William Melhado

No hay duda al respecto, la mayoría de nosotros anhelamos alimentos dulces. De hecho, muchas especies de animales son de la misma manera. Sin duda se debe a nuestra historia evolutiva de buscar alimentos que tuvieran la mayor cantidad de energía para sustentarnos. El azúcar tiene mucha energía para acompañar el sabor dulce.

Para mantener una dieta saludable, los expertos en salud coinciden en que se debe limitar el consumo de azúcar. Los efectos del consumo excesivo de azúcar pueden incluir presión arterial más alta, inflamación, aumento de peso, diabetes y enfermedad del hígado graso, todos los cuales están relacionados con un mayor riesgo de ataque

cardíaco y accidente cerebrovascular.

Durante gran parte de la historia humana, esto no fue un gran problema, porque había pocas fuentes de azúcar pura y la mayoría de los sabores dulces y naturales provenían de la miel, las frutas y las bayas.

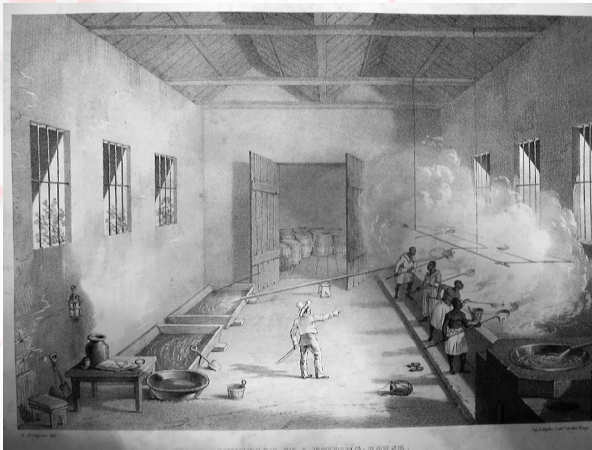
Cuando la azúcar procesada estuvo disponible, era muy cara y estaba fuera del alcance de la mayoría de las personas. Pero con el tiempo, a medida que el edulcorante se volvió menos costoso de producir, los estadounidenses comenzaron a consumir más y más azúcar.

La historia y la química detrás de la producción de azúcar y sus impactos son una gran parte de la historia de los Estados Unidos.

¿UNA DULCE HISTORIA?

El explorador Cristóbal Colón introdujo la caña de azúcar en la isla Hispaniola, en lo que ahora es la República Dominicana, desde las Islas Canarias españolas en 1493. A lo largo de muchos años, el cultivo de la caña de azúcar se extendió por todo el Caribe. La planta también prosperó en partes de los estados de Luisiana y Florida, en los Estados Unidos, donde la tierra fértil y las temperaturas cálidas eran ideales para cultivarla.

Pero el proceso de cultivar y refinar el azúcar requería mucha mano de obra y era peligroso. Cuando los primeros barcos de esclavos llegaron al Nuevo Mundo en 1505, comenzaron un sistema de trabajo forzado para llevar a cabo el trabajo agotador de la producción de azúcar. Durante los siguientes 300 años, unos 10 millones de africanos fueron sacados a la fuerza y esclavizados para trabajar en plantaciones de azúcar y otros trabajos forzados.



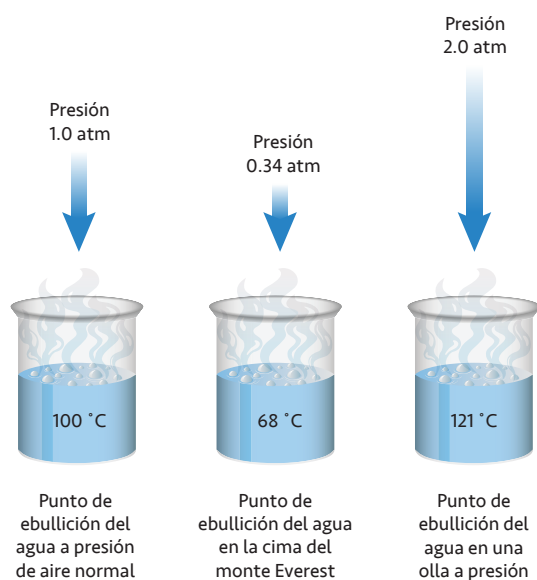
El interior de una casa de ebullición en 1836.

PUNTOS DE EBULLICIÓN

El cambio entre líquido y gas, también conocido como evaporación, ocurre a diferentes temperaturas y presiones según el líquido o la solución.

Por ejemplo, cuando el agua alcanza los 100 °C, la presión de vapor del líquido es igual a la presión del aire al nivel del mar. Esta cantidad de energía térmica les da a las moléculas de H₂O en la superficie del líquido suficiente energía cinética para superar los enlaces de hidrógeno que atraen a las moléculas de agua entre sí.

Las moléculas de agua en la superficie se liberan de las moléculas circundantes y escapan como vapor al espacio sobre el líquido. La presión de vapor es la presión que ejerce el gas en equilibrio con un sólido o líquido en un recipiente cerrado a una temperatura dada.



Mientras que, en un sistema cerrado a una temperatura dada, alguna fracción de las moléculas en líquidos o sólidos tiene suficiente energía cinética para vencer las fuerzas intermoleculares que mantienen unidas a las partículas.

Esas moléculas se liberan de la superficie, evaporándose en gas. Simultáneamente, algunas moléculas de gas se condensan de nuevo al estado líquido o sólido a la misma velocidad cuando el recipiente está en equilibrio.

A medida que se calienta un líquido, aumenta la tasa de evaporación y la presión de vapor. En un recipiente abierto, cuando la presión de vapor es igual a la presión del gas que rodea la sustancia, ésta comienza a hervir.

Esta temperatura y presión se conoce como el punto de ebullición. Mientras que la presión de vapor se mide en un recipiente cerrado, la presión del aire de los recipientes abiertos afecta el punto de ebullición de los líquidos.

Por ejemplo, en la cima del monte Everest, llevaría mucho más tiempo cocinar una olla de pasta. La montaña tiene más de 8,800 metros (29,000 pies) y, a esa altura, hay menos moléculas de aire empujando hacia abajo sobre la superficie del líquido.

Por lo tanto, solo necesita calentar el agua a 68 °C (154 °F) en la parte superior del pico para que su presión de vapor sea igual a la presión del aire a su alrededor y para que el agua hierva.

El antiguo proceso de elaboración del azúcar consistía en tomar las cañas, que se cosechaban en el otoño, y enviarlas al molino para prensarlas y liberar el jugo de la caña de azúcar. Este jugo era una solución diluida de azúcar y agua y necesitaba ser concentrado evaporando el agua. Esto se hizo sobre una serie de grandes calderas abiertas llamados tren de azúcar.

Las calderas comenzaron con un tamaño muy grande y se fueron reduciendo sucesivamente a otras más pequeñas. El jugo de la caña de azúcar se llevó casi a ebullición en la primera caldera, que podía contener hasta 500 galones de jugo. Cuando el jugo tenía el grosor y la calidad adecuados, se transfirió a la siguiente tetera. A medida que el agua hierve y la solución se vuelve más concentrada, el punto de ebullición de la solución aumenta debido a un fenómeno conocido como elevación del punto de ebullición. Cuanto mayor sea la concentración de soluto disuelto, mayor será el punto de ebullición del disolvente. Entonces, a medida que las calderas se hicieron más pequeñas y las soluciones de azúcar más concentradas, se necesitaron temperaturas más altas para continuar con el proceso de evaporación.

Cuando la solución de azúcar llegaba a la caldera más pequeña, el azucarero observaba atentamente. Cuando estaba en la etapa perfecta, lo golpeaban y vertían el contenido en tinas de refrigeración, donde cristalizaba en gránulos de azúcar pura.

Este proceso fue complicado y peligroso. Pasar el líquido de una tina a otra era un trabajo peligroso y era fácil quemarse. El fuego debajo de cada caldera tenía que mantenerse constantemente e incluso con todo este trabajo, el paso final podía fallar y dar como resultado melaza menos valiosa en lugar de azúcar cristalina.

Pero, en 1843, un ingeniero químico ideó un invento que transformó el proceso por completo y revolucionó la industria.



Norbert Rillieux

EL EVAPORADOR DE EFECTO MÚLTIPLE AL VACÍO

Norbert Rillieux nació en Nueva Orleans, Luisiana, en 1806, de padre blanco y madre negra. Esto significaba que su estatus en Luisiana era incierto. Aunque no fue esclavizado, a Rillieux no se le otorgaron los mismos derechos que a los blancos en Nueva Orleans.

Entonces, Rillieux buscó oportunidades en otros lugares y viajó a Francia para estudiar ingeniería en la École Centrale des Arts et Manufactures, una universidad en París. Reconociendo su ingenio, la universidad lo contrató como instructor de mecánica aplicada a la edad de 24 años.

Aquí, Rillieux estudió las máquinas de vapor, que habían reemplazado el trabajo animal y humano como fuente de energía en las fábricas. Junto con esta investigación, Rillieux investigó los beneficios de usar el calor del vapor para hacer que el proceso de procesamiento de la caña de azúcar sea más eficiente.

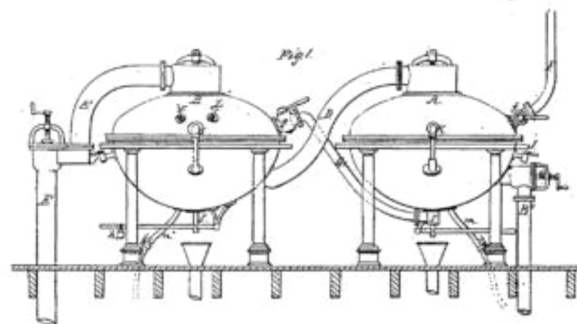


Como resultado de sus estudios, Rillieux fabricó un dispositivo que fue diseñado para evaporar el jugo de caña de azúcar de manera más eficiente y eficaz: el evaporador de múltiples efectos.

En el invento de Rillieux, el vapor reemplazó el calor de la madera para hervir el jugo de caña de azúcar. El vapor lo producía una sola caldera de leña y luego pasaba a una serie de ollas de evaporación cerradas, que reemplazaban a las calderas abiertas. Esto hizo que el proceso de calentamiento fuera más simple y eficiente.

Otra gran innovación fue capturar el calor proveniente del jugo de caña de azúcar hirviendo y usarlo para calentar la siguiente olla de evaporación en la línea para obtener la máxima cantidad de trabajo de la energía utilizada para hervir el agua azucarada. Anteriormente, este calor se perdía en el aire cuando salía de las calderas abiertas.

*M. Rillieux,
Vacuum Pan,
Nº 3257. Patented Aug. 26, 1843*



El dibujo patente de una versión anterior de las ollas de evaporación Rillieux.

PUBLIC DOMAIN

EL IMPACTO DEL AZÚCAR EN LA SALUD

El dulce que hizo famoso a Rillieux era solo una forma de la amplia categoría de moléculas de alimentos conocidas como carbohidratos. Sacáridos es otro nombre para los azúcares.

Todos los carbohidratos están hechos de subunidades llamadas monosacáridos o azúcares simples. Los químicos clasifican los carbohidratos según el número de subunidades en el compuesto. Por ejemplo, los monosacáridos tienen una molécula de azúcar, los disacáridos tienen dos, los oligosacáridos tienen varias y los polisacáridos tienen muchas.

Los carbohidratos se encuentran en prácticamente todos los alimentos, desde las manzanas hasta los calabacines. Estos azúcares naturales en frutas y productos de granos son esenciales para mantener a los humanos y proporcionan energía a las células, tejidos y órganos del cuerpo.

El azúcar que se usa como edulcorante en refrescos, dulces y otros dulces que alguna vez provino de la caña de azúcar ahora se elabora más comúnmente con jarabe de maíz con alto contenido de fructosa producido a partir del maíz. ¿Cuántos productos alimenticios que come regularmente contienen jarabe de maíz con alto contenido de fructosa?

El azúcar añadido puede mejorar el sabor y la apariencia de los alimentos, pero como se ha introducido en las dietas de todo el mundo, los carbohidratos procesados han empeorado la salud humana. Los adolescentes que consumen cantidades significativas de azúcar añadida, a menudo en forma de refrescos, tienen niveles más altos de colesterol "malo" y grasas triglicéridas, lo que puede afectar negativamente la salud del corazón más adelante en la vida.

Los niveles más altos de consumo de azúcar están relacionados con la obesidad, la diabe-

tes y los problemas cardíacos. Se estima que alrededor del 0.35% de los estadounidenses menores de 20 años tienen un diagnóstico de diabetes, una enfermedad que impide que el cuerpo produzca insulina o la use.

La insulina es esencial para permitir que el azúcar de la sangre ingrese a las células y sea metabolizada. 34.2 millones de personas de todas las edades, o el 10.5 % de la población de los EE.UU., tienen diabetes.

Las tasas de diabetes en la población estadounidense varían significativamente entre los grupos étnicos. Se estima que la tasa de diabetes en los nativos americanos y los adultos negros no hispanos es casi el doble que la de los blancos no hispanos en los Estados Unidos.

Entonces, ¿qué constituye una dieta saludable? Según la publicación del Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., las Pautas Dietéticas para Estadounidenses, un plan de alimentación saludable:

» Enfatiza en frutas, vegetales, cereales integrales y leche y productos lácteos sin grasa o bajos en grasa.

» Incluye una variedad de alimentos proteicos como mariscos, carnes magras y aves, huevos, legumbres (frijoles y guisantes), productos de soya, nueces y semillas.

» Es bajo en azúcares agregados, sodio, grasas saturadas, grasas trans y colesterol.

» Se mantiene dentro de sus necesidades calóricas diarias.

La información nutricional que se encuentra en la parte posterior de los alimentos y bebidas ofrece una mirada a la cantidad de azúcares totales y agregados en cada porción. El valor diario proporciona un porcentaje de la cantidad de estos azúcares que debe consumir una persona promedio. Un buen marco de referencia es un valor diario del 20% o más, es una fuente alta de azúcar agregada y debe consumirse con moderación todos los días.

CARBOHIDRATOS



Monosacáridos
(1 molécula de azúcar)

- » Glucosa
- » Fructosa
- » Galactosa



Disacáridos
(2 moléculas de azúcar)

- » Sucrosa
- » Lactosa
- » Maltosa



Oligosacáridos
(2 a 10 moléculas de azúcar)

- » Rafinosa
- » Estaquiosa



Polisacáridos
(10 o más moléculas de azúcar)

- » Almidón
- » Glucógeno
- » Celulosa

KELSEY CASSELLBURY



SHUTTERSTOCK

La última mejora fue reducir la cantidad de energía necesaria para evaporar el agua. Rillieux hizo esto mediante el uso de bombas para reducir la presión del gas dentro de las ollas de evaporación. El punto de ebullición es la temperatura y la presión a la que un líquido cambia de fase de líquido a gas. En la experiencia cotidiana, tendemos a ignorar el papel de la presión en este proceso. Si le pregunta a la mayoría de la gente cuál es el punto de ebullición del agua, le dirán 100 °C (o 212 °F). Pero eso solo es cierto a la presión atmosférica normal de 1 atmósfera o 760 milímetros de mercurio.



SHUTTERSTOCK

Un trabajador cosecha caña de azúcar en el campo.

Si se reduce la presión sobre el líquido, es más fácil que el líquido se convierta en gas, y la temperatura requerida para hervirlo disminuye. Por ejemplo, en Denver, Colorado, el agua hierve a 92 °C, y en La Paz, Bolivia, el agua hierve a 87.7 °C. Si la presión es lo suficientemente baja, el agua puede hervir a temperatura ambiente. Como a Rillieux solo le interesaba evaporar el agua y no cocinar el jugo de caña de azúcar, bajar la presión fue una gran solución, ahorrando tiempo y energía. En el momento de la invención de Rillieux en la década de 1830, las leyes de la termodinámica aún no habían recibido una amplia aceptación por parte de la comunidad científica. El estudio del calor, la temperatura, la energía y la materia, ahora conocido como termodinámica, era un campo en crecimiento mientras Rillieux desarrollaba su evaporador de efecto múltiple.

No fue hasta alrededor de 1850 que Rudolf Clausius y William Thomson (Lord Kelvin) establecieron formalmente las primeras leyes de la termodinámica. Como muchos otros inventores, Rillieux ideó un medio para aplicar el fenómeno que observó y comprendió fundamentalmente, mucho antes de que los científicos tuvieran un nombre para describir lo que estaba sucediendo.

Cuando Rillieux regresó a los Estados Unidos con su invento, transformó el proceso de elaboración del azúcar. Sin embargo, al instalar su evaporador de efecto múltiple en plantaciones donde se cultivaba caña de azúcar, se le negó la residencia en las casas de los propietarios de las plantaciones, a diferencia de sus homólogos blancos, aunque su invento mejoró enormemente sus ganancias.

Además, en un momento, su solicitud de patente fue rechazada porque las autoridades asumieron que estaba esclavizado. Las personas esclavizadas no tenían los derechos de los ciudadanos, por lo que Rillieux no podía reclamar el crédito por su invención.

Debido a que este proceso conservó combustible, un costo elevado para los productores de azúcar, la tecnología se adoptó en todo el mundo, incluso en México, Cuba, Egipto y Francia, donde se refinaba el azúcar. Esta proeza temprana de la ingeniería química también se aplicó a otros procesos, como la producción de pegamento, jabón y leche condensada.

A medida que los derechos de los afroamericanos libres se deterioraron antes de la Guerra Civil, Rillieux dejó los Estados Unidos para regresar a Francia. Nunca regresó a los Estados Unidos. Murió a los 92 años en su país adoptivo.

William Melhado es un ex profesor de química que escribe sobre ciencia, educación y cualquier otra cosa que encuentre fascinante. *Gracias a John Flake, profesor de ingeniería química Jay Affolter en la Universidad Estatal de Luisiana, por su ayuda con este artículo.*

REFERENCIAS

- Norbert Rillieux y el Evaporador de Efecto Múltiple Universidad Dillard, Nueva Orleans, Luisiana, Hito químico histórico nacional, Sociedad Americana de Química, 18 de abril de 2022: <http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarksnorbertrillieux.html> [consultado en septiembre de 2022].
- Benfey, C. Desgasificar en Nueva Orleans: Encuentros en el mundo criollo de Kate Chopin y George Washington Cable, Prensa de la Universidad de California: Berkeley, California, 1997; pp.122-139
- Muhammad, K. G. El azúcar que satura la dieta estadounidense tiene una historia bárbara como el 'oro blanco' que alimentó la esclavitud. Revista "New York Times", 14 de agosto de 2019: <https://www.nytimes.com/interactive/2019/08/14/magazine/sugar-slave-trade-slavery.html> [consultado en septiembre de 2022].