

Escanee el dibujo con la aplicación móvil "LinkReader" para ver un videoque explica cómo se elabora el queso.



Por Sarah Mullen Gilbert

## ¿HAS OÍDO HABLAR DE LA EXPLOSIÓN EN LA FÁBRICA DE QUESOS? ¡HABÍA "DE BRIE" POR TODAS PARTES!

**B**a dum bump. Gracias, gracias—estaremos aquí todo el artículo. Ahora, prepárate para algo de la ciencia del queso y tal vez algunos "cheese"tes más.

A nosotros nos encanta el queso. Nos encanta, nos encanta, nos encanta. Y estamos comiendo más—en los últimos 30 años, el queso promedio consumido por persona en los Estados Unidos ha aumentado un 41%, hasta 36 libras de queso por persona. El consumo de mozzarella aumentó 178% en el mismo período.

Pero el queso es un poco extraño ya que es leche almacenable. El queso puede durar más semanas o años que la leche y existe una gran variedad del mismo. Pero, ¿cuándo comen-

zamos a comer queso? No sabemos el origen exacto, pero en algún momento, alguien debió haber pensado: "¿Sabes eso en el fondo de la leche? ¿Eso que se secó y se sentó durante semanas? ¡Me voy a comer eso!" Y cuando sobrevivió, nació el proto-queso.

Los seres humanos han utilizado los conocimientos prácticos de la química y la biología para conservar los alimentos por milenios, mucho antes de la refrigeración y otras tecnologías modernas. Para hacer queso, las bacterias digieren las azúcares en la leche y producen ácido láctico. El ácido láctico adicional disminuye el pH y dificulta el crecimiento de organismos nocivos. Al convertir la leche en queso, su vida útil se extiende de unas tres semanas a dos décadas, o incluso más.

Todo el queso comienza como leche. Las fuentes primarias son la leche de vacas, cabras y ovejas, aunque otros mamíferos como el búfalo de agua también se utilizan alrededor del mundo para la producción de leche.

## Básicamente, el queso básico es ácido. ¡¿Qué?!

Los pasos básicos en la elaboración de quesos son la adición de bacterias beneficiosas a la leche, la coagulación de la leche en una sustancia blanca y suave llamada cuajada, y el prensado y corte de la cuajada en la forma final de queso. Pero para obtener un delicioso producto final, la leche debe estar a la temperatura adecuada y el pH adecuado en el momento adecuado.

"No se puede entender completamente el queso y la elaboración de quesos a menos que se entienda la acidez y el pH", dice Paul Kindstedt, profesor del Instituto de Vermont

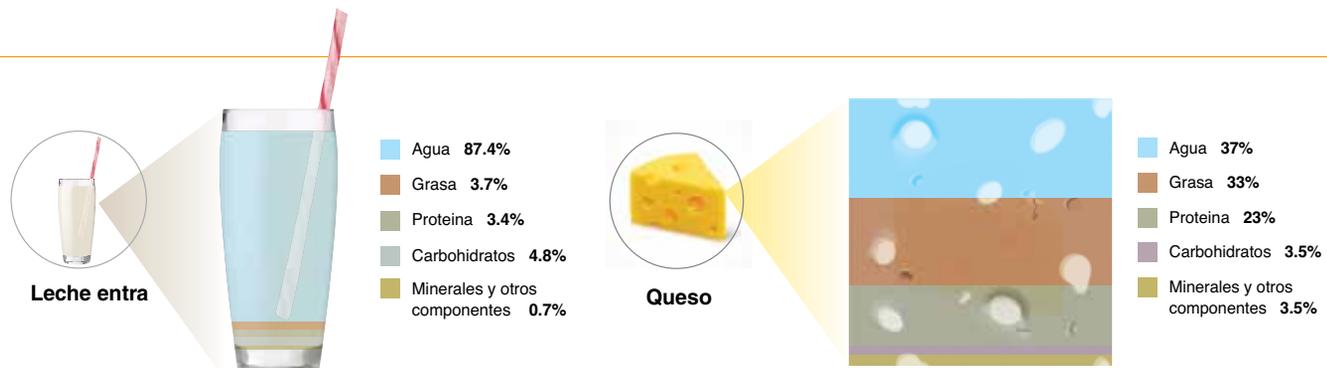


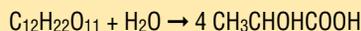
Figura 1. La leche de vaca comparada al queso cheddar. La leche de vaca es principalmente agua; la elaboración de queso remueve gran parte del agua y concentra la grasa, la proteína y otros componentes restantes.

para el Queso Artesanal, en Burlington, Vt.

El pH mide la concentración de iones de hidrógeno (H+) en una solución, con la mayoría de las soluciones entre el rango de 0 y 14. Mientras más ácida es la solución, menor es el pH, siendo 7 considerado como "neutral" y los mayores que 7, "básicos". La leche tiene un pH entre 6.6 y 6.7. El pH es una escala logarítmica, por lo tanto una unidad difiere por un factor de 10. Un pH de 6 tiene diez veces la concentración de H+ que una solución con un pH de 7. Esta escala logarítmica es por lo que incluso las diferencias de pH aparentemente sutiles pueden ser bastante significativas.

Para hacer queso, la leche se bombea en un tanque grande y se calienta a la temperatura adecuada. Dos bacterias diferentes se utilizan en este proceso: **bacterias mesófilas** y **termófilas**. Las bacterias mesófilas crecen mejor en temperaturas moderadas, típicamente entre 20 y 45°C (68 y 113°F). Estas bacterias se utilizan para hacer quesos melosos como el cheddar, el gouda y el Colby. Las bacterias termófilas crecen entre 45 y 122°C (113 y 252°F) y se utilizan para elaborar quesos con sabores más fuertes como el Gruyère, el parmesano y el romano.

En el tanque, las bacterias fermentan el azúcar presente en la leche, llamada lactosa (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>), en ácido láctico (CH<sub>3</sub>CHOHCOOH), como sigue:



A medida que se produce más ácido láctico, el pH de la leche disminuye. "El pH es nuestro indicador de actividad", dice Jeremy Stephenson, quesoero en Spring Brook Farm en Reading, Virginia. "Cuando el pH cambia, sabemos que las bacterias están vivas y bien. Al medir el pH, estamos midiendo la actividad de estas bacterias y asegurando que la cuajada fresca esté en el camino correcto para convertirse en queso."

Después que las bacterias se replican y cultivan la leche a la temperatura óptima, la leche se coagula y cambia de un líquido a un material firme y gomoso. Este cambio toma una hora o dos y es posible debido a las proteínas de caseína en la leche. Las moléculas de caseína se agrupan en esferas llamadas micelas. La capa exterior está cargada negativamente, lo que permite que las micelas permanezcan dispersas en la leche líquida. Para formar el queso, las proteínas deben coagularse, o adherirse (Fig. 2).

## Intolerancia a la lactosa

**M**uchas personas intolerantes a la lactosa pueden comer queso añejado sin molestias. En el proceso de elaboración de quesos, los cultivos bacterianos fermentan la lactosa de la leche para producir ácido láctico. Cuanto más tiempo un queso se añeja, menos lactosa se queda porque ha sido utilizada por las bacterias.

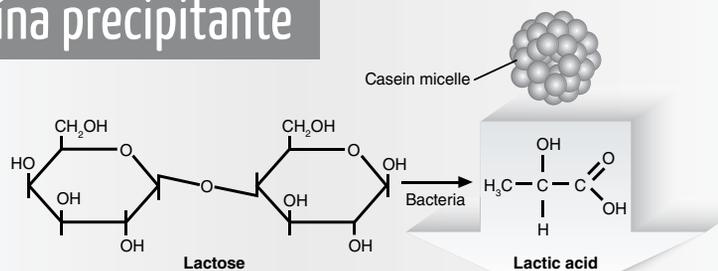
En el momento en que un queso añejo cheddar o queso parmesano está listo para comer, casi no queda lactosa en el queso.




Los quesos blandos, como el queso crema, coagulan lentamente. A medida que las bacterias producen ácido láctico, la otra capa de la micela de caseína se hace cada vez menos polar. Las micelas comienzan a juntarse entre sí alrededor de un pH de 5.3, con coagulación completa después de 24 horas, a pH de 4.6.

Los quesos duros, como Colby y Suizo, requieren una fase de coagulación más rápida y una cuajada resultante más firme, por lo que los quesoeros añaden una sustancia llamada cuajo (leche cuajada del estómago de un ternero en destete, que contiene rennina y se usa en leche cuajada para queso). La enzima quimosina en el cuajo corta los extremos cargados negativamente en las superficies de las micelas. Ya no siendo polar, las micelas son repelidas por el agua y empiezan a juntarse entre sí. Las micelas forman cadenas que se extienden en todas las direcciones y se entrelazan en una matriz tridimensional para atrapar las moléculas de

## Proteína precipitante



**Figura 2.** La caseína contiene el 80% de la proteína en la leche. Las moléculas de caseína están normalmente envueltas en esferas compactas con iones de calcio y fosfato para formar micelas microscópicas. El ácido causa que las moléculas de caseína se desplieguen parcialmente y se unan entre sí. Las micelas interconectadas forman una estructura de tipo malla que hace que la leche se gelifique en un semisólido.



LA SEÑORITA MUFFET  
PROBABLEMENTE COMIÓ SUS  
CUAJADAS Y BEBIÓ SU SUERO...  
PERO LO QUE SEA.

Curds result from a change in pH of the milk solution.



grasa de la leche. Cuanto más ácida sea la leche (menor será el pH), más rápida será esta coagulación y más firme será la cuajada.

**El cuajo se encuentra en el estómago de un ternero—en su cuarto estómago.** ¿Cómo se descubrieron las propiedades del cuajo? Las enzimas no se conocían entonces. Se cree que un antepasado notó que la leche se cuaja en recipientes hechos de estómago de ternera. Las piezas añadidas de estómago seco o un extracto, tuvieron el mismo efecto y una innovación de queso fue hecha.

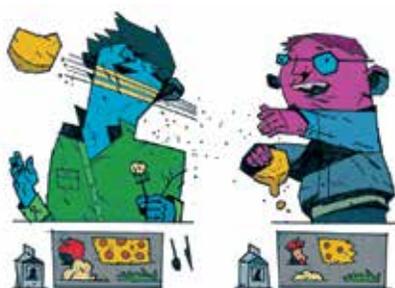
Las bacterias tienen un rango óptimo de pH que les permite crecer; una solución fuera de ese rango impedirá el crecimiento bacteriano. Del mismo modo, las enzimas funcionan



**Rennet es una enzima y es añadida para acelerar el proceso de cuajo para hacer quesos duros.**

mejor para un rango específico de valores de pH. Para crear el ambiente ideal para las enzimas del cuajo, el Gouda y el Cheddar deben ser coagulados en un pH igual a 6.55, mientras que la coagulación óptima para los quesos de mozzarella y Brie es a un pH de 6.45.

Una vez que la leche ha coagulado, la cuajada resultante se corta en cubos más pequeños, cambiando de un sólido gomoso a cubos que flotan en el suero líquido. El suero no precipita a medida que el pH disminuye debido a las proteínas presentes. Las proteínas del suero no contienen fósforo, así que permanecen disueltas en la parte acuosa de la leche. Como resultado, el suero líquido es expulsado, removiendo el agua y además concentrando el resto de los componentes de la leche. El suero es el subproducto líquido de la fabricación de queso, que contiene proteínas solubles, y se utiliza muchas



UN CHICO ME LANZÓ UN TROZO DE QUESO CHEDDAR. "NO MUY MADURO" -YO DIJE.

veces como sustituto de la leche desnatada o como fertilizante.

A medida que la cuajada expulsa más suero, el resultado es un queso más seco. Para algunas variedades de queso, como el queso suizo, las cuajadas se calientan para remover la humedad.

Las cuajadas de queso son transferidas a los moldes para drenarlas completamente y para dar al queso su forma final. Dependiendo del tipo de queso, las cuajadas se tratan de manera diferente, dándole la forma y la con-

## Diferentes tasas de acidificación

Aunque toda la leche comienza a aproximadamente el mismo pH, y la mayoría de los quesos terminan en un pH similar, la velocidad de la acidificación, o cuán rápido el pH baja, es vital para crear diversos tipos de queso. Éste es un proceso natural que resulta de la fermentación. Por ejemplo, para prensar cuajadas de queso Gouda en moldes, el pH debe ser aproximadamente 6.5; en contraste, la cuajada de mozzarella debe estar a un pH de 5.25. Pero al final, el pH del queso Gouda es más ácido que el del queso mozzarella. Las diferentes texturas y sabores se logran a través de diferentes tasas de acidificación, junto con la adición de diferentes organismos de cultivo.

Para obtener el pH adecuado en el momento adecuado, los queseros dependen de las mediciones. "Es una mezcla de arte y ciencia", dice Krista Dittman, dueño y quesero de Branched Oak Farm en Raymond, Neb.

"Necesitas entender la ciencia y tener herramientas de medición, pero también necesitas

desarrollar una intuición sobre cuándo y qué hacer." Dittman utiliza tiras de papel de prueba para medir el pH de los quesos en puntos críticos en su desarrollo. Esta información guía el tiempo de las etapas en el proceso.

"Tomamos muchas medidas de pH mientras hacemos queso mozzarella, pero sólo anotamos tres: 1) al inicio, 2) cuando el cuajo es añadido, y 3) al final", dice Dittman. "Para un típico queso suave, que se puede esparcir, como el quark, reviso el suero de vez en cuando."

Algunos quesos van directamente a los estantes de las tiendas, como queso crema y requesón. Los quesos más suaves, como Brie y Camembert, son añejados por casi dos meses. Los quesos más duros pueden ser añejados por décadas. Los quesos se añejan en un ambiente controlado por la temperatura y la humedad durante varios períodos de tiempo dependiendo del tipo de queso. A medida que el queso madura,

### La relación entre H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, and pH

OH <sup>-</sup> concentración (mol/L)		pH	H <sup>+</sup> concentración (mol/L)	
$1 \times 10^{-14}$	0.00000000000001		0	1
$1 \times 10^{-13}$	0.00000000000001	1	0.1	$1 \times 10^{-1}$
$1 \times 10^{-12}$	0.00000000000001	2	0.01	$1 \times 10^{-2}$
$1 \times 10^{-11}$	0.00000000000001	3	0.001	$1 \times 10^{-3}$
$1 \times 10^{-10}$	0.00000000000001	4	0.0001	$1 \times 10^{-4}$
$1 \times 10^{-9}$	0.00000000000001	5	0.00001	$1 \times 10^{-5}$
$1 \times 10^{-8}$	0.0000000001	6	0.000001	$1 \times 10^{-6}$
$1 \times 10^{-7}$	0.00000001	7	0.0000001	$1 \times 10^{-7}$
$1 \times 10^{-6}$	0.0000001	8	0.00000001	$1 \times 10^{-8}$
$1 \times 10^{-5}$	0.000001	9	0.000000001	$1 \times 10^{-9}$
$1 \times 10^{-4}$	0.0001	10	0.0000000001	$1 \times 10^{-10}$
$1 \times 10^{-3}$	0.001	11	0.00000000001	$1 \times 10^{-11}$
$1 \times 10^{-2}$	0.01	12	0.000000000001	$1 \times 10^{-12}$
$1 \times 10^{-1}$	0.1	13	0.0000000000001	$1 \times 10^{-13}$
$1 \times 10^0$	1	14	0.00000000000001	$1 \times 10^{-14}$

Aumenta acidez ↑  
Aumenta basicidad ↓

sistencia del queso que se compra en la tienda o en el mercado de un granjero. Las cuajadas blandas y untuosas, con pH bajo se cuelgan en las bolsas durante la noche y se drenan. Las cuajadas para los quesos más duros tienen forma de ruedas o bloques grandes y son prensadas o pulsadas. La presión añadida dreña el suero adicional y fuerza a las cuajadas juntas en la forma final del queso.

directamente a los estantes de las tiendas, como queso crema y requesón. Los quesos más suaves, como Brie y Camembert, son añejados por casi dos meses. Los quesos más duros pueden ser añejados por décadas. Los quesos se añejan en un ambiente controlado por la temperatura y la humedad durante varios períodos de tiempo dependiendo del tipo de queso. A medida que el queso madura,

las bacterias descomponen las proteínas, lo que altera el sabor y la textura. Las proteínas primero se rompen en trozos de tamaño mediano (péptidos) y luego en pedazos más pequeños (aminoácidos). A su vez, estos pueden ser divididos en moléculas altamente aromáticas llamadas aminas. En cada etapa se producen sabores más complejos.

Cada uno de estos quesos comienza con leche, pero diferentes cultivos bacterianos y diferentes tasas de acidificación hacen que

cada variedad sea única. El uso de la producción de ácido láctico para conservar los alimentos es un proceso milenario que aún hoy día resulta en deliciosos alimentos.

Nos gustaría decir más “cheese”tes de química, pero ya todos se acabaron.

NOS GUSTARÍA DECIR MÁS “CHEESE”TES DE QUÍMICA,  
PERO YA TODOS SE ACABARON.

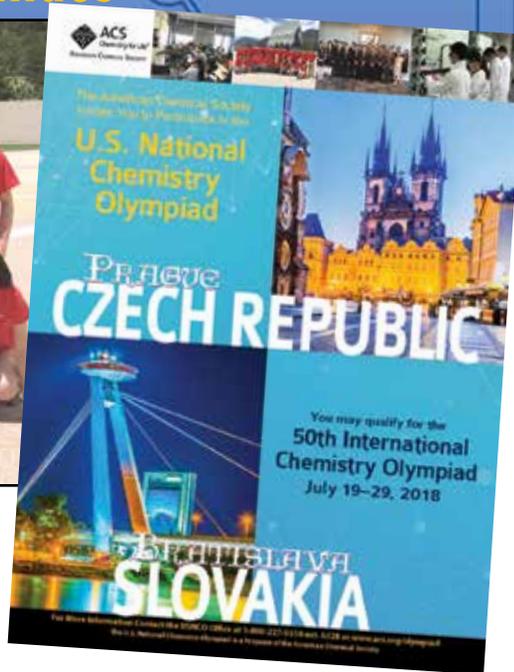
#### REFERENCIAS SELECCIONADAS

Aiken, K. The Top 10 Most Popular Pizza Toppings (Infographic). The Huffington Post, 12 de noviembre de 2013: [http://www.huffingtonpost.com/2013/11/12/popular-pizza-toppings\\_n\\_4261085.html](http://www.huffingtonpost.com/2013/11/12/popular-pizza-toppings_n_4261085.html) [accedido en septiembre de 2017].

Intolerancia a la Lactosa: Causas. Clínica Mayo, 9 de febrero de 2016: <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/lactose-intolerance/basics/causes/con-20027906> [accedido en septiembre de 2017].

**Sarah Mullen Gilbert** es una escritora científica que vive en Iowa Falls, Iowa. Éste es su primer artículo en *ChemMatters*.

## Participa en la Olimpiada Nacional de Química de los Estados Unidos



El programa de la Olimpiada Nacional de Química de los Estados Unidos es una competencia para alentar a los estudiantes de escuela secundaria alcanzar la excelencia en química. Los estudiantes pueden competir por un lugar en el equipo que representará a los Estados Unidos en la Olimpiada Internacional de Química.

Para más información, favor contactar la oficina de USNCO por correo electrónico en [usnco@acs.org](mailto:usnco@acs.org) o al 202-872-6328.

