

Algo de ciencia en relación con el chocolate



1. Imagen azteca del árbol del cacao.

Mariano López de Haro
Instituto de Energías Renovables,
Universidad Nacional Autónoma de México
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

En un artículo relativamente reciente, Rowat, Hollar, Stone y Rosenberg [ver referencia 1] describen una presentación preparada para el gran público en la que, a través de preguntas y experimentos sencillos, introducen diversos conceptos científicos en el contexto del chocolate, un material que es ampliamente conocido y apreciado por toda la gente. El texto que sigue está basado parcialmente en el contenido de dicho trabajo.

Como regla general, puede decirse que llamamos chocolate al producto final del proceso del cacao. Aunque no se conoce con certeza el origen del árbol del cacao, lo que sí parece ser cierto es que las primeras evidencias de su uso por el hombre se encuentran en territorio mexicano. Se sabe, por ejemplo, que la primera forma de consumo fue a través de una bebida fermentada de la pulpa. De igual forma se sabe que el chocolate era un alimento muy común entre los [aztecas](#) y [mayas](#), quienes lo preparaban de la siguiente manera: primero las semillas de cacao eran tostadas y luego molidas para hacer una pasta que después se mezclaba con agua. Esta mezcla se calentaba hasta que la manteca o grasa del cacao subía a la superficie. Se le quitaba la espuma y luego se volvía a mezclar en una proporción dada con la bebida; finalmente se batía enérgicamente para formar un líquido con una espuma consistente y se bebía frío. A esta preparación de base se le podían añadir diferentes ingredientes como [chile](#), [achiote](#), [vainilla](#) y [miel](#) (como endulzante) y [harina de maíz](#) (como emulsionante básico para absorber la manteca de cacao). El resultado era una bebida sumamente energética pero también bastante amarga y picante.

Consciente del valor que los aztecas otorgaban al cacao, que incluso utilizaron como moneda para intercambios comerciales, Hernán Cor-

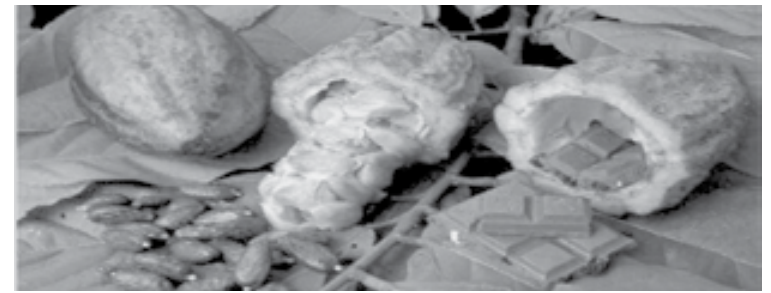
tés introdujo en la corte española la bebida de chocolate y de allí su uso se extendió al resto de Europa. En fechas más recientes se incorporaron a la elaboración de este producto ingredientes como la leche y el azúcar. En la actualidad hay una gran variedad de chocolates (que generalmente se presentan en tabletas, en otras formas sólidas o en polvo) constituyéndose como uno de los alimentos más apreciados de distintos países y por ello no es de sorprenderse que desde la revolución industrial haya habido interés en producir chocolate de buena calidad. Pero ¿qué tiene que ver la calidad del chocolate con la ciencia? Para responder a la pregunta de cómo se hace un buen chocolate se puede empezar por averiguar los ingredientes de una tableta de chocolate típica. A partir de la etiqueta en su envoltura es fácil identificar los componentes mayoritarios: granos de cacao, manteca de cacao y lecitina de soya (emulsionante). Pero la mayoría de la gente al probar un grano de cacao percibe un sabor amargo y desagradable. La cuestión es entonces cómo lograr transformar esos granos en una deliciosa tableta de chocolate.

Evidentemente la ruta que conduce a un buen chocolate tiene que empezar con el árbol del cacao (*Theobroma cacao*) cuyo fruto se da en la forma de vainas o maracas gigantes. Estas vainas tienen una pulpa blanca en la que están inmersos los granos o almendras del cacao. El contenido de alcaloides en las almendras de cacao les da un sabor amargo. En contraste, la pulpa del interior de las vainas que rodea las semillas es dulce y de una textura agradable. Las vainas se cosechan, posteriormente se abren y la pulpa se convierte en alimento para levaduras y bacterias. Después de varios días la pulpa se fermenta; este proceso es esencial en el desarrollo del sabor del chocolate resultante pues las reacciones químicas iniciadas por los microbios ayudan a que los granos sean menos amargos. A continuación, los granos se sacan de la maraca y se ponen a secar. El tostado posterior también es importante en el sabor característico del chocolate. Luego los granos se muelen en pedacitos pequeños o se les somete a presión para extraer la manteca de cacao de los sólidos del cacao en un proceso similar al que se sigue en la extracción de aceite de oliva de las

aceitunas o en la extracción del jugo de frutas como naranjas y manzanas. De esta manera es como se generan los dos ingredientes principales del chocolate: los sólidos de cacao y la manteca de cacao.

Una vez identificados estos ingredientes, la siguiente etapa consiste en identificar las propiedades físicas del chocolate y su asociación con los procesos y materiales involucrados en su producción. La identificación por el público general de estas propiedades puede efectuarse mediante pruebas sencillas de muestras y preguntas tales como ¿su apariencia es brillante o mate?, ¿se siente suave, blando o granuloso?, ¿es su sabor dulce o amargo? y otras preguntas por el estilo.

Por ejemplo, si se toma un pequeño pedazo de chocolate oscuro y otro de chocolate con leche y se les coloca uno en un lado de la lengua y otro en el otro lado, la pieza que generalmente se derrite primero en la boca es la de chocolate con leche. Para explicar esta diferencia en comportamiento, se puede echar mano de la existencia del concepto de fase recordando que los materiales existen en diferentes estados (fases) tales como sólido, líquido o gaseoso y ligar estas fases a la teoría cinético-molecular de la materia. Para comprender cómo se derrite el chocolate, se debe considerar la grasa principal en el mismo que es la manteca de cacao. Esta grasa es similar a otras grasas habituales en una cocina doméstica como son la mantequilla, el aceite de oliva o la manteca de cerdo. Pero mientras que el aceite de oliva es líquido a temperatura ambiente, la manteca de cacao es un sólido a dicha temperatura. La razón de la diferencia está en la estructura molecular: la mayor parte de las grasas en la manteca de cacao tienen cadenas lineales (ácidos grasos saturados) y por lo tanto se pueden empaquetar muy juntas. Este tipo de grasas generalmente tienen su punto de fusión a temperaturas más elevadas que la temperatura ambiente. Por ejemplo, la temperatura de fusión de la manteca de cacao es de alrededor de 36 °C. En contraste, las moléculas en el aceite de oliva consisten en su mayoría de moléculas con dobles (ácidos grasos no saturados) y por lo tanto cuesta más empaquetarlas muy juntas. Por ello el aceite de oliva existe en fase líquida a temperaturas menores que



2. Hojas, frutos y semillas de cacao y trozos de una tableta de chocolate con leche.

la temperatura ambiente. De hecho, su temperatura de fusión es de -6 °C. Si nos preguntamos ahora por la textura, basta con comparar como se siente en la lengua un típico chocolate de México (por ejemplo el Abuelita) con uno estilo suizo con leche. En el primer caso se siente áspero y granuloso mientras que el segundo parece más suave. No es difícil adivinar que la textura debe estar relacionada con el tamaño de las partículas presentes en cada tipo de chocolate. Recordemos que los granos de cacao se muelen y por ello el tamaño de las partículas resultantes en cada proceso de molienda desde luego puede ser diferente. De igual forma, el azúcar y otros ingredientes que se añaden también pueden tener partículas de diferente tamaño. Pero éste no es el único factor. La composición química también juega un papel importante. Ya dijimos que entre los ingredientes del chocolate están las partículas de los granos de cacao molido y la manteca de cacao. En el primer caso se trata de partículas hidrofílicas (es decir que les "gusta" estar rodeadas de moléculas de agua) y en el segundo de una sustancia hidrofóbica (es decir que no les "gusta" estar rodeadas de moléculas de agua). Como puede verse claramente si se ponen aceite y agua en un frasco, hay una inmediata separación de las fases. Lo mismo sucede si se juntan partículas hidrofílicas con partículas hidrofóbicas. Pero como cualquiera que haya lavado trastes sabe, si se añade detergente es posible lograr una mezcla (emulsión) de aceite y agua, siendo el detergente el emulsificante. En el caso del chocolate, para lograr la emulsión de las partículas de cacao con la manteca de cacao, se añade la lecitina de soya. Esta sustancia consiste en moléculas anfífilas (esto es que son afines tanto al agua como al aceite) que cubren a las partículas de cacao con una capa hidrofóbica para mantener la estabilidad del chocolate y hacer que se sienta suave en la boca.

Otro aspecto que merece atención es la forma en la que se comporta el chocolate dependiendo de si ha sido almacenado de manera correcta o no. Por ejemplo, si se deja una tableta de chocolate en un auto al sol o incluso en el bolsillo del pantalón, lo más seguro es que se reblandezca y su textura se vuelva pastosa. Para entender este cambio de apariencia e incluso de propiedades mecánicas se puede recurrir a la manera como se for-

man los sólidos a partir de los líquidos. La solidificación ocurre cuando se baja la temperatura del material haciendo que las moléculas del mismo se muevan más lentamente y formen cúmulos ordenados al enfriarse. Los grupos de estructuras ordenadas repetidas que se obtienen son pequeños cristales en una fase sólida. Debe precisarse que las moléculas en las estructuras cristalinas se pueden empaquetar de maneras ligeramente diferentes y que las propiedades mecánicas del material dependen de cómo lo hacen. En el caso del chocolate, las moléculas de grasa se pueden cristalizar de seis formas distintas cuando el chocolate líquido se enfría y se solidifica. Solamente un par de estas formas cristalinas produce un chocolate que es suave, brillante y con una textura agradable, mientras que las otras cuatro conducen a chocolate de baja calidad. Así pues, debe ser claro que la forma en que se empaquetan las moléculas de la manteca de cacao es crucial para la apariencia, textura final y duración de vida de anaquel del chocolate. Los maestros chocolateros controlan el tamaño y tipo de cristales que se forman calentando y enfriando suavemente el chocolate mientras se solidifica en un proceso de "templado". Dicho proceso promueve la formación de cristales semilla del tipo correcto y de tamaño homogéneo y conduce a un chocolate que se ve brillante y que hace un chasquido cuando se rompe. Si el chocolate se almacena incorrectamente, los tipos de cristales deseables se funden y resolidifican en formas que producen un chocolate mate y que se desmorona al quebrarlo.

Los párrafos anteriores ilustran, para el caso del chocolate, cómo los conceptos científicos nos permiten entender su apariencia, textura y comportamiento y cómo el dominio de estos conceptos permite la transformación de una almendra amarga de cacao en una deliciosa golosina. En el ámbito puramente científico, la investigación acerca de las propiedades de otros materiales sigue pautas similares y para muchos resulta divertida y para algunos otros con mente emprendedora, incluso hasta lucrativa.

Referencia

Amy C. Rowat, Kathryn A. Hollar, Howard A. Stone y Daniel Rosenberg, "The Science of Chocolate: Interactive Activities on Phase Transitions, Emulsification and Nucleation", *Journal of Chemical Education* **88** (1), 29-33 (2011).



3. Representación de dos reyes de la cultura mixteca compartiendo una bebida de chocolate (Códice Nuttall).