

Combinación de sabores

Cuando cocinamos buscamos que, además de nutrirnos, la comida sorprenda nuestros sentidos y poco reflexionamos acerca de lo complejas que resultan las modificaciones de los alimentos desde el punto de vista químico. Para introducirnos en esta tarea es necesario comprender los sentidos del gusto y del sabor, y relacionarlos con los resultantes de la combinación de diversas biomoléculas. Debemos a ciertas reacciones químicas la generación de una enorme variedad de compuestos responsables del aroma que, combinados en forma adecuada, conforman los alimentos que disfrutamos diariamente.

Mucho de lo que conocemos sobre este tema se lo debemos a Louis-Camille Maillard (1878-1936), un médico francés que a principios del siglo XX estudió la combinación química de los azúcares con las proteínas. Su principal aporte fue relacionar ciertos procesos culinarios con aquellos que se llevan a cabo espontáneamente en el organismo durante el envejecimiento y el desarrollo de ciertas enfermedades. En particular, analizó la *glucosilación no enzimática*, una reacción química por la que los azúcares se combinan con otras moléculas en un proceso que hoy se conoce comúnmente como *reacción de Maillard* y es responsable de ciertas modificaciones en los alimentos al cocinarlos a altas temperaturas.

El sentido del gusto

Para el idioma castellano *gusto* y *sabor* son palabras con significados muy similares. En un contexto más restringido y a los fines de emplear con mayor precisión ambos términos, podemos hablar del sentido del gusto como el que se localiza en la boca y del sabor como un conjunto de sensaciones relacionadas con el gusto, el olfato y la memoria. Tradicionalmente, al menos en nuestra cultura occidental, distinguimos varios tipos de gustos: amargo, ácido o agrio, dulce y salado. Hay, además, un quinto tipo no identificado por la mayoría de nosotros. No es el picante, que se ha demostrado que es una sensación relacionada con el dolor, ni tampoco es la sensación de frío que puede provocar la menta. Este quinto gusto fue identificado en 1908 por el profesor Kikunae Ikeda de la Universidad Imperial de Tokio. Ikeda notó que podía detectar un gusto común a los espárragos, el tomate, el queso y la carne que no era dulce, ácido, amargo ni salado. Además, observó que este gusto era muy intenso en un plato tradicional japonés hecho con el alga kombu. Del alga extrajo glutamato monosódico, la sal de sodio del aminoácido glutámico. A este nuevo gusto lo denominó *umami* cuya traducción aproximada sería delicioso o, en una menos literal pero adecuada

¿DE QUÉ SE TRATA?

Las reacciones químicas que suceden cuando cocinamos, responsables de los aromas y sabores de los alimentos, ocurren en nuestro cuerpo asociadas al envejecimiento y a ciertas enfermedades.

versión, 'abroso. Como resultado de todo esto en 1909 en Japón se comenzó a comercializar el glutamato monosódico con el nombre comercial de Ajinomoto, que hoy en día es un aditivo universalmente utilizado para realzar el gusto de muchos alimentos. Posteriormente, se identificó el monofosfato de inosina en el atún desecado y el monofosfato de guanosina en los hongos shiitake. Estos ribonucleótidos producen un efecto sinérgico con el glutamato y la intensidad del sabor umami resultante es mayor que la suma de ambos ingredientes. Sentimos este gusto gracias a la presencia de receptores específicos para glutamato en la lengua. En algunas especies como perros, ratones, monos y humanos, la respuesta al umami es independiente de la respuesta a los demás gustos. Pero ratas y gatos no distinguen el gusto del glutamato monosódico (umami) de aquel del cloruro de sodio (sal de mesa). Así como el dulce induce a consumir azúcares ricos en calorías, el umami incitaría a consumir alimentos con alto contenido de proteínas.

Compuestos aromáticos

Las operaciones culinarias modifican la cantidad de ciertos elementos químicos denominados *compuestos de Maillard*. Estos compuestos son en general de tono oscuro y están asociados al pardeamiento no enzimático que comúnmente se conoce como el dorado de los alimentos. La reacción de Maillard ocurre al cocinar cuando las proteínas y ciertos lípidos se recombinan con los azúcares presentes. El sabor de una comida moviliza los sentidos del gusto, el tacto, y toda la sinfonía de aromas que requieren de una elaboración intelectual compleja. ¿Pero cuán compleja es la combinación de los azúcares con las demás biomoléculas? Baste decir que entre 1940 y 1950 los científicos determinaron la existencia de más de seiscientos compuestos diferentes que contribuyen al aroma de la carne asada.

Cabe preguntarse cómo es que se producen estos compuestos y en qué cantidad. Es un hecho conocido que el sabor generado en una carne asada difiere según el procedimiento con la que se cocine. Por ejemplo, en la barbacoa (*barbecue*) de Estados Unidos de América, la carne es asada a fuego vivo, lo que genera un tostado intenso de la superficie y un interior más crudo que el tradicional asado criollo hecho a las brasas de carbón o leña. El producto del asado criollo es más ahumado y el uso de una llama reductora, debido al monóxido de carbono y óxidos nitrosos generados por las brasas, resulta en una carne bien cocida pero roja ya que se evita oxidar las proteínas. El sabor de ambos asados difiere notoriamente, así como la calidad y cantidad de los compuestos de Maillard formados en cada caso. Este ejemplo muestra como partiendo del mismo ingrediente se llega a distintos productos con un método similar de cocción. Las

carnes generalmente tienen pocos hidratos de carbono en su superficie, por eso cuando se cuecen junto con cebollas u otros vegetales ricos en azúcares se favorece la reacción de Maillard. Lo mismo ocurre si enharinamos previamente los trozos de carne. Esto no es más que ayudar por acción de masas las reacciones de Maillard mediante la adecuada presencia de un azúcar simple o complejo para que se combine con las proteínas, con ciertos lípidos y con los ácidos nucleicos.

Todo cocinero sabe intuitivamente, sobre la base de sus conocimientos experimentales, que hay que cuidar algunos factores para que se den las combinaciones apropiadas. Por ejemplo, no recargar la sartén o el recipiente donde se cocina ya que los jugos no tendrán tiempo de evaporarse y, en consecuencia, se obtiene un hervido que produce pocos compuestos de Maillard. También que cuanto más oscura por la cocción resulta la comida, mayor es la proporción del sabor y que el desglaseado posterior del fondo de cocción mediante el agregado de un solvente acuoso caliente o alcohólico a la sartén extrae los compuestos sabrosos formados en el fondo.

La reacción de Maillard

Sabemos que las reacciones de Maillard crean sabores y oscurecen el color de la comida. Estas reacciones se favorecen con altas temperaturas, pérdida de agua o de-



Una barbacoa norteamericana difiere de un asado criollo. Chris Campbell /Wikimedia Commons.



Papas fritas y pan tostado. Foto www.morguefile.com

secamiento, alcalinidad, concentración adecuada de los compuestos reactivos y tiempo. Las altas temperaturas con bajos contenidos de humedad y un medio alcalino promueven en conjunto la reacción de Maillard. La reacción de Maillard comienza a manifestarse de forma visible bien arriba de los 100°C, temperatura a la que hierve el agua. Si lo hacemos a una temperatura inferior a esta, los jugos no se evaporan lo suficientemente rápido y las reacciones tienen lugar en forma limitada: la comida se cuece pero no alcanza el sabor apropiado. Como ejemplo, es un hecho conocido que la cocción en un horno de microondas produce en general un alimento menos sabroso que el cocinado a fuego vivo ya que las condiciones de pérdida de agua y de temperatura no favorecen la reacción de Maillard. Si dejamos el alimento a bajas temperaturas, las reacciones de formación de los productos glicosilados transcurren en forma lenta, poco perceptible, pero que se manifiestan a medida que transcurre el tiempo, días, semanas o años como cuando dejamos un trozo de carne en el freezer por mucho tiempo.

No siempre las reacciones de Maillard mejoran el sabor del alimento. En la Segunda Guerra Mundial los soldados norteamericanos se quejaban por el huevo desecado que integraba sus raciones y que utilizaban para hacer tortillas y revueltos. El producto se conservaba a temperatura ambiente, tenía un color pardo poco atractivo y su sabor era desagradable. Luego de estudiar el problema se advirtió que era necesario extraer los azúcares del huevo y después proceder a su desecamiento, con lo que se evitaban las indeseables reacciones de Maillard.

Otras reacciones adversas ocurren en la conservación de tubérculos como la papa. Es importante controlar la concentración de azúcares de la papa con el objeto de

prevenir las reacciones de Maillard. La cantidad de azúcares de la papa está afectada por varios tipos de reacciones, por lo que es fundamental controlar la temperatura de almacenaje. Si se reducen las temperaturas de almacenamiento para evitar la germinación por debajo de 10°C, se altera la velocidad de las reacciones en forma desigual y se generan tubérculos dulces y con mala textura. Si se las mantiene a temperaturas entre 15-20°C, se produce disminución del contenido de azúcares.

Muchas veces se confunden las reacciones de caramelización con las de Maillard. Las primeras corresponden a la transformación de los azúcares sometidos a alta temperatura. En cambio, las segundas exigen la combinación de azúcares con compuestos que tengan grupos amino-primarios libres. Los grupos amino-primarios están formados por un átomo de nitrógeno y dos de hidrógeno, y se encuentran presentes en proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Debemos a las reacciones de Maillard la generación de una enorme variedad de compuestos aromáticos que se presentan combinados en los alimentos de los cuales disfrutamos diariamente, como cuando tomamos una taza de café o comemos un chocolate.

Oxidación y reducción

La glucosa es el azúcar más abundante en el organismo y es un elemento reductor, es decir que cede electrones ante un agente oxidante. En este proceso de oxidorreducción, el azúcar se oxida y el agente oxidante se reduce. Aun cuando la concentración de glucosa en la sangre está sometida a un cuidadoso mecanismo de regulación en individuos sanos, se la considera

como el azúcar reductor mayoritario en las reacciones de glucosilación no enzimática de interés biológico. La reactividad de la glucosa depende de un equilibrio entre la forma cíclica o cerrada y la forma extendida o abierta donde la molécula presenta un grupo carbonilo libre. Un grupo carbonilo consiste en un átomo de carbono con un doble enlace a un átomo de oxígeno. Se sabe que la forma extendida de los azúcares no es muy estable y en la glucosa esta forma representa solo el 0,002%. Aun así las moléculas de azúcar consiguen estabilizarse a través de un equilibrio entre forma abierta y formas cerradas en las que el grupo carbonilo ha desaparecido. Este proceso de estabilización de la forma reactiva se conoce como arreglo de Amadori, en honor al químico italiano Mario Amadori (1886-1941) que describió los primeros estadios de la combinación de estos azúcares reductores con los grupos amino-primarios pertenecientes a distintas moléculas. El mecanismo de estas reacciones no se conoce con detalle aunque se sabe que es un proceso que involucra complejos reordenamientos intramoleculares y, en algunos casos, la asociación entre varios de estos compuestos. Durante estas reacciones se forman también compuestos altamente reactivos que poseen dos grupos carbonilo y que actúan como propagadores de la reacción. En la cocina muy rápidamente, o en el organismo luego de varios meses o incluso años de contacto con glucosa, las proteínas de bajo recambio, por ejemplo el colágeno, originan una serie de productos denominados genéricamente productos de glucosilación avanzada. Muchos de estos compuestos son fluorescentes y presentan color pardo amarillento. Su aislamiento e identificación química han sido problemáticos, dada su heterogeneidad e inestabilidad.

Diabetes y envejecimiento

Uno de los mecanismos implicados en las complicaciones de la diabetes es la glucosilación no enzimática de las proteínas que ocurre por la alta concentración de glucosa en sangre. Por ejemplo, la hemoglobina de los

glóbulos rojos se modifica por este mecanismo pero esto no repercute en su función. En cambio, la glucosilación no enzimática de proteínas tiene un efecto perjudicial cuando ocurre en las membranas basales de los vasos sanguíneos, en el cristalino del ojo o sobre el colágeno y algunas enzimas. Este proceso se acelera cuando aumenta sostenidamente la glucemia, por lo que hay un incremento de la producción y acumulación de estos productos en diversos tejidos donde ejercen efectos patológicos.

Las proteínas como el colágeno, la mielina o la proteína del cristalino ocular tienen baja tasa de recambio, lo que es igual a decir una vida media larga, por lo tanto, pueden llegar a transformarse en productos de glucosilación avanzada y acumularse a través de los años. Esto influye en el desarrollo de diversas patologías y refuerza el concepto de que el envejecimiento y las reacciones de glucosilación podrían estar estrechamente relacionados. El colágeno es un componente fundamental del tejido conectivo y constituye el 25% del total en peso de proteína del organismo. Por lo tanto, su modificación por glucosilación avanzada desencadena fenómenos patológicos de enorme importancia. Por ejemplo, en las paredes arteriales y las membranas basales de los capilares se forman productos de entrecruzamiento estables no solo con otras moléculas de colágeno sino también con varias proteínas plasmáticas que en circunstancias normales son de vida media corta, por ejemplo, la albúmina, las inmunoglobulinas y las lipoproteínas de baja densidad. Esto produce el engrosamiento de dichos tejidos, cuya flexibilidad y permeabilidad disminuyen, y se ha sugerido que dichas proteínas plasmáticas estarían relacionadas con el desarrollo de enfermedades vasculares, aterosclerosis y glomeruloesclerosis.

Los investigadores han demostrado que, luego de alimentar ratones diabéticos con una dieta rica en productos de Maillard, se produce un dramático engrosamiento de la pared arterial de esos animales. Esto llama la atención sobre el riesgo representan estos productos cuando se ingieren en forma desmedida dado que no solo se presentan en individuos diabéticos sino que son de ocurrencia general y tienen enormes implicancias en la salud. **CH**

LECTURAS SUGERIDAS

GONZÁLEZ FLECHA FL, CASTELLO PR, GAGLIARDINO JJ y ROSSI JPFC, 2000, 'La glicación de las proteínas y su participación en enfermedades humanas', *CIENCIA HOY*, 58: 48-55.

GONZÁLEZ FLECHA FL, BERMÚDEZ MC, CÉDOLA NV, GAGLIARDINO JJ y ROSSI JPFC, 1990, 'Decreased Ca²⁺ATPase activity after glycosylation of erythrocyte membranes in vivo and in vitro', *Diabetes*, 39: 707-711.

MCGEE, Harold, 2004, *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*, Scribner, Londres.



Juan Pablo FC Rossi

Doctor en bioquímica, UBA.
Investigador superior del Conicet.
Profesor plenario, FFYB, UBA.
Director del Instituto de Química y Físicoquímica Biológicas, UBA-Conicet.