Desde las piedras de fuego

Ilustración olla: © VectorShots - Fotolia. com

Desde el descubrimiento del fuego por los llamados hombres de las cavernas muchas cosas han cambiado en la forma de preparar los alimentos. Sin embargo, hay algo que permanece como un elemento central: la temperatura es una variable esencial en el proceso de cocinar.

Ya los grupos sociales más antiguos, si bien no tenían los conocimientos actuales que permiten comprender los fenómenos físicos y químicos involucrados en el proceso, notaron que las carnes, vegetales y granos, al someterlos al fuego se vuelven más fáciles de ingerir y digerir. Cuando los alimentos son llevados al fuego, ocurren una serie de transformaciones, algunas de los cuales son fácilmente observables mientras que otras ocurren sólo a nivel molecular. El agua también ha sido desde tiempos lejanos un elemento fundamental para varias preparaciones. Si se coloca en un recipiente y se lleva al fuego, pasado un tiempo se puede observar que paulatinamente se transforma en vapor y comienza a burbujear. En términos científicos este fenómeno se conoce como punto de ebullición del agua. Si estamos cocinando en un sitio ubicado al nivel del mar, la ebullición del agua se produce cuando su temperatura alcanza aproximadamente los 100 °C.

Está comprobado que una vez que el agua en una olla (o cualquier otro recipiente abierto) llega al punto de ebullición, su temperatura no aumenta más. En la prisa cotidiana, para acelerar la cocción de alimentos que se preparan en olla y utilizando agua, muchas veces aumentamos la llama, pero eso no ayuda. El fuego más alto solo hace más rápida la transformación del agua líquida en vapor y por lo general representa un desperdicio de energía.

¿Existe alguna forma de aumentar la temperatura del agua luego de alcanzados los 100 °C? La respuesta es sí. Una manera es aumentando la presión dentro del recipiente. Por eso, al cocinar, muchas veces se utilizan las llamadas ollas a presión.

Una olla a presión es un recipiente que se cierra herméticamente y que posee una válvula que regula la presión en su interior, y con ello la temperatura. La válvula es un peso colocado sobre el área de la sección transversal de un pequeño tubo que se proyecta hacia afuera de la tapa, en general en el centro de la misma. Al calentarse el agua y producirse vapor, como la olla está cerrada herméticamente, la presión en su interior aumenta. A mayor presión, mayor será la temperatura de ebullición del agua.

La presión es fuerza por unidad de área ($p = F/A$). Cuando la presión en el interior de la olla es igual o mayor que el peso de la válvula dividido el área del tubo, el peso se eleva y permite que se libere vapor.

A partir de ese momento la olla ya no es más hermética, pues permite la salida de un flujo constante de vapor por el tubo de la válvula y así, se mantiene un régimen estable de presión y de temperatura durante el tiempo de cocción requerido.

La temperatura máxima que alcanza el agua en una olla a presión dependerá de las características del diseño de la válvula; generalmente es de aproximadamente 120 ºC y la presión relativa (o manométrica) máxima en el entorno de 180 kPa (1,8 atm).

Nada es tan simple como parece

La temperatura es una magnitud física, lo cual quiere decir que es una propiedad medible de un cuerpo o sistema. En Física, la temperatura está relacionada con la energia interna de un sistema, y en particular con la energía cinética (energía de movimiento) media de las moléculas. A nivel molecular, cuanto mayor es la temperatura de agua, mayor es la energía cinética de las partículas que la constituyen.

También es considerada una magnitud intensiva, ya que es independiente del tamaño del sistema o de la cantidad de sustancia o material que lo componga. Un ejemplo facilitará la comprensión: si tenemos agua hirviendo en una olla grande y también en otra pequeña, la temperatura será la misma en ambas, aunque la olla de mayor tamaño tenga una mayor cantidad de moléculas.

La temperatura es una variable importante en varias actividades, no sólo para la preparación de alimentos, y medirla de una forma correcta y confiable es fundamental. También es importante expresar claramente la unidad que se utiliza en la medición.

El Sistema International de Unidades (SI) es un acuerdo aceptado por muchos países[1] en el que se establece cuáles son las unidades de medida para determinadas magnitudes, y sus definiciones. Una de sus siete unidades de base es el kelvin, la unidad para medir temperatura termodinámica. El kelvin actualmente se define como la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (los valores de temperatura y presión en los que están en equilibrio las tres fases del agua: sólida, líquida y gaseosa).

Para que las unidades de medida establecidas por el SI se apliquen, y que las mediciones que se realizan en diferentes ámbitos y actividades locales sean confiables y comparables, los Estados designan instituciones que están a cargo de estas cuestiones; son los Institutos Nacionales de Metrología (INM).

Una de sus actividades es materializar las unidades de medida (o sea, obtenerlas experimentalmente). En el caso del kelvin, esto es necesario para poder calibrar termómetros de alta exactitud.[2]

La obtención del kelvin depende de una temperatura específica (la temperatura del punto triple del agua pura). Y a su vez este valor depende de la composición isotópica del agua y de la cantidad y naturaleza de sus impurezas (sales y gases). Estas y otras cuestiones tienden a provocar variaciones en la obtención del kelvin, lo cual motivó que los INM llegaran a la siguiente conclusión: sería mejor que la definición del kelvin, en vez de depender del punto triple de agua, se relacionara a una constante física, y fijar el valor numérico de la constante.

A esta misma conclusión llegaron también en relación a otras unidades del SI, por lo cual para el año 2019 se prevé la entrada en vigor de las redefiniciones de cuatro de las siete unidades de base del SI (el kilogramo, el ampere, el kelvin y el mol), todas ellas basadas en constantes físicas de la naturaleza. En el caso del kelvin su nueva definición se basará en la constante de Boltzmann (k).

Redefiniciones y cambios desafiantes

Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906) fue un físico austríaco que contribuyó a muchos avances científicos y la constante que lleva su nombre es considerada de gran importancia para estudios de la Física y de otras áreas del conocimiento. Una de las fundamentaciones de la constante involucra la correlación entre la energía cinética promedio de las moléculas de un gas ideal con su temperatura. En la Física molecular la energía térmica está asociada al producto kT.

Para redefinir el kelvin fue necesario definir el valor numérico para la constante de Boltzmann y realizar experimentos para medir k, en los cuales se conoce el valor de la temperatura. Por eso, en los últimos años varios Institutos Nacionales de Metrología se dedicaron a realizar experimentos trabajando en conjunto y comparando resultados para obtener un valor confiable de k.

Un criterio a cumplir fue que la diferencia relativa numérica del valor de k, obtenido por diferentes INM, fuera menor o igual a uno en un millón con el mismo método o experimento, y tres en un millón al emplear un segundo método (con principio de medición diferente). Esto ya se logró, por lo cual la nueva definición tomará dicho valor medido y consensuado como referencia[3] y a partir de él se definirá al kelvin.

Uno de los experimentos que tuvo éxito se basó en la determinación de la velocidad del sonido en un gas (monoatómico). En otro caso, se logró a través de mediciones eléctricas con un termómetro especial, lo que posibilitó la determinación de la densidad del gas helio, a cierta presión (siendo la temperatura un dato conocido y conociéndose la densidad fue posible determinar el valor de la constante).

La determinación de la constante de Boltzmann, con la exactitud requerida, fue una tarea desafiante, pero los Institutos Nacionales de Metrología esparcidos por el mundo tienen el compromiso de diseminar las unidades de medida del SI, a partir de patrones que garanticen la confiabilidad de los resultados de mediciones realizadas. Lo que se buscó fue que el valor de la constante fuera tal, que la temperatura del punto triple del agua fuera 273,16 K.

En la definición actual del kelvin, la temperatura del punto triple del agua es, por convención, 273,16 K ¡exacta! Con la nueva definición del kelvin, la temperatura del punto fijo del agua será 273,16 K, pero no va a ser exacta por convención, sino que habrá que medirla y tendrá incertidumbre.

Después de la entrada en vigencia de la nueva definición del kelvin habrá amplia difusión y orientación para la realización práctica del kelvin con descripción de métodos primarios para la medición de temperatura termodinámica. En la escala EIT-90 el punto triple de agua es fundamental para medición de temperatura desde −200 °C hasta 962 °C, por lo cual se seguirá usando esta escala en este intervalo.

En un futuro, con la evolución de la termometría primaria, las mediciones termodinámicas directas acabarán reemplazando a la Escala de Temperatura ITS-90.

Elizabeth De Oliveira,
José Carlos Valente De Oliveira
y Victor M. Loayza (Brasil)

Foto: © dglimages - Fotolia. com

[1] Actualmente hay 60 estados miembros y 42 más asociados al Tratado del Metro, que aceptan el SI.
https://www.bipm.org/en/about-us/member-states/

[2] Basándose en la Escala Internacional de Temperatura ITS–90.

[3] (sin incertidumbre)