Título	El efecto Leidenfrost: cuando el agua baila sobre la sartén
Concepto físico	Cambios de fase. Evaporación. Transferencia de calor. Regímenes de ebullición.
Enlaces	Link 1 (Efecto Leidenfrost en vídeo) Link 2 (Curva de Nukiyama)

Explicación teórica

Todo cocinero experimentado, antes de echar el aceite o el alimento en una sartén, vierte una gota de agua. Si la gota chisporrotea y se evapora enseguida, la sartén aún no está suficientemente caliente. Pero si la gota forma una esfera brillante que desliza con suavidad por toda la superficie durante varios segundos sin evaporarse, la sartén está lista. Este comportamiento sorprendente, en que una gota de agua parece flotar sobre una superficie a más de 200 °C en lugar de evaporarse instantáneamente, se conoce como efecto Leidenfrost, descrito por el médico alemán Johann Gottlob Leidenfrost en 1756.

La capa de vapor aislante

Cuando una gota de agua entra en contacto con una superficie muy por encima de su temperatura de ebullición, la capa de agua en contacto directo con la sartén se evapora de forma instantánea y violenta. Este vapor, atrapado entre la gota y la superficie, forma una fina película gaseosa continua que actúa como un colchón aislante. La gota queda literalmente levitando sobre su propio vapor.

Este colchón de vapor tiene dos efectos simultáneos y aparentemente contradictorios. Por un lado, aísla térmicamente la gota de la superficie caliente ya que el vapor es un mal conductor del calor, de modo que la transferencia de energía desde la sartén hacia el agua se reduce enormemente. Por ello, paradójicamente, una gota de agua tarda mucho más en evaporarse sobre una sartén a 250 °C que sobre una a 150 °C. Por otro lado, el vapor que escapa lateralmente de forma continua empuja la gota y la hace deslizar casi sin fricción por la superficie, como si estuviera sobre un cojín de aire.

Los regímenes de ebullición

La relación entre la temperatura de la superficie caliente y la transferencia de calor hacia el líquido no es monótona, sino que presenta un comportamiento complejo descrito por la curva de Nukiyama. A temperaturas moderadas, la ebullición ocurre en forma de burbujas individuales que se forman en la superficie y ascienden (ebullición nucleada). Se trata del régimen de máxima transferencia de calor. Al aumentar la temperatura, la densidad de burbujas crece hasta que se forma una película de vapor continua que aísla el líquido (régimen de Leidenfrost), y la transferencia de calor cae drásticamente. Entre ambos extremos existe una zona de transición inestable en que la película de vapor se forma y colapsa de forma caótica, produciendo el burbujeo violento y el chisporroteo característico de una sartén a temperatura intermedia.

En la cocina, esto tiene implicaciones directas. Una sartén demasiado fría hace que el alimento se pegue porque el agua del alimento no se evapora con suficiente rapidez y actúa como pegamento. Una sartén en el rango óptimo (150–180 °C para la mayoría de los alimentos) produce ebullición nucleada intensa en la interfase alimento-sartén, generando una barrera de vapor que impide el pegado y favorece el sellado. Una sartén excesivamente caliente entra en régimen de Leidenfrost

y, aunque el alimento no se pega de inmediato, la transferencia de calor es tan reducida que la cocción resulta irregular.

El efecto Leidenfrost más allá de la cocina

El efecto Leidenfrost aparece en contextos muy diversos de la industria alimentaria y de otros sectores. En la cocina molecular y de vanguardia, el nitrógeno líquido (que hierve a –196 °C) forma una película de vapor de nitrógeno alrededor de los alimentos cuando se aplica sobre ellos a temperatura ambiente, ralentizando la congelación y permitiendo obtener texturas imposibles con métodos convencionales. Comprender y controlar los regímenes de ebullición es, por tanto, una competencia esencial en la tecnología de alimentos.

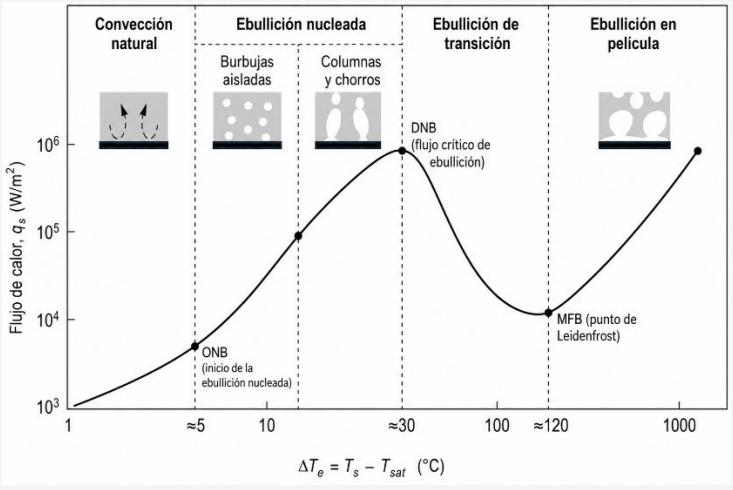
Regímenes de ebullición según la temperatura de la superficie (curva de Nukiyama)

Régimen de ebullición	Temperatura de la superficie	Mecanismo	Consecuencia práctica
Convectivo	< 100 °C	No hay ebullición, el agua calienta por convección	El agua se calienta lentamente sin evaporarse
Ebullición nucleada	100–150 °C	Burbujas en contacto directo con la superficie	Máxima transferencia de calor: el agua se evapora rápido
Ebullición de transición	150–200 °C	Película de vapor inestable e intermitente	Transferencia caótica, la gota salta y chisporrotea
Leidenfrost (ebullición en película)	> 200–220 °C	Película de vapor estable que aísla la gota	La gota desliza, rebota y tarda mucho más en evaporarse



Gota de agua levitando sobre una sartén caliente (efecto Leidenfrost)

Fuente: Wikimedia Commons



Curva de Nukiyama con los regímenes de ebullición señalados

Fuente: Elaboración propia

Preguntas de reflexión

1. Cuando se echa aceite frío en una sartén muy caliente, a veces salpica con violencia. ¿En qué régimen de ebullición está el aceite en ese momento?
2. El truco del cocinero consiste en echar una gota de agua en la sartén para estimar su temperatura. ¿En qué régimen de ebullición está la sartén cuando la gota chisporrotea y desaparece rápido? ¿Y cuando la gota desliza sin evaporarse?
3. El nitrógeno líquido hierve a –196 °C y se usa en cocina molecular. Cuando se vierte sobre un alimento a temperatura ambiente (unos 20 °C), ¿crees que se produce un efecto similar al de Leidenfrost? ¿Qué sustancia haría de vapor aislante en ese caso?
4. Una sartén antiadherente permite cocinar con muy poco aceite porque el alimento no se pega. ¿Crees que el efecto Leidenfrost tiene algún papel en el funcionamiento de una sartén antiadherente, o el no pegado se debe a otro mecanismo distinto?

Autores: Pascual Sevillano, Francisco José Torcal y Fernando Blesa. Dpto. de Física Aplicada. Universidad de Zaragoza.