Título	La física de freír una patata
Concepto físico	Transferencia de calor. Conducción. Convección. Evaporación. Reacción de Maillard.
Enlaces	Link 1 (Fritura en la industria alimentaria) Link 2 (Ciencia de la fritura)

Explicación teórica

Freír una patata es uno de los procesos culinarios más cotidianos del mundo, pero desde el punto de vista físico es sorprendentemente complejo. En los pocos minutos que dura la fritura se producen simultáneamente los tres mecanismos de transferencia de calor, un cambio de fase, un gradiente de temperatura de más de 100 °C entre la superficie y el interior, y una transformación estructural irreversible del almidón. El resultado, una patata crujiente por fuera y blanda por dentro, es la consecuencia directa de toda esa física operando en capas.

Transferencia de calor desde el aceite hasta la patata

Cuando se introduce la patata en aceite a 170–180 °C, la transferencia de calor se produce principalmente por convección: el aceite caliente circula alrededor de la patata y cede energía a su superficie. Las burbujas que se observan nada más introducir el alimento no son aceite hirviendo, sino vapor de agua que escapa de la superficie de la patata: el agua superficial, al entrar en contacto con el aceite a más de 160 °C, se evapora de forma inmediata y violenta. Esta evaporación es, de hecho, el fenómeno físico central de la fritura.

Una vez que el calor llega a la superficie, se propaga hacia el interior del alimento por conducción: las capas externas más calientes ceden energía a las capas internas más frías. La patata es un mal conductor térmico (su conductividad es aproximadamente 100 veces menor que la del acero), lo que explica que el interior tarde en calentarse y que el gradiente de temperatura entre la corteza y el centro sea tan pronunciado.

La corteza crujiente: evaporación y reacción de Maillard

La formación de la corteza crujiente responde a dos fenómenos simultáneos. Por un lado, la evaporación intensa del agua superficial deshidrata las capas exteriores del alimento: al perder el agua, las moléculas de almidón y proteínas se reorganizan en una matriz rígida y porosa. Por otro lado, cuando la temperatura superficial supera los 140–150 °C (posible en fritura, imposible en cocción en agua), se desencadena la reacción de Maillard: una reacción química entre aminoácidos y azúcares reductores que produce cientos de compuestos aromáticos y el color dorado característico. Esta reacción es también responsable del color y aroma del pan tostado, la carne a la plancha o el café tostado.

La corteza actúa además como una barrera física: mientras el agua sigue evaporándose desde el interior hacia el exterior, el flujo de vapor impide en gran medida que el aceite penetre hacia el interior del alimento. Es decir, el propio vapor de agua protege la patata de impregnarse de aceite durante la fritura. Cuando se saca la patata del aceite y se enfría, ese flujo de vapor cesa y algo de aceite sí puede

ser absorbido en superficie, especialmente si la patata se deja reposar tapada y el vapor condensado vuelve a humedecer la corteza.

El interior blando: gelatinización del almidón

Mientras la superficie se deshidrata a más de 150 °C, el interior de la patata se mantiene por debajo de 100 °C porque el agua que aún contiene absorbe calor al evaporarse, actuando como tampón térmico. A estas temperaturas moderadas, el almidón de la patata gelatiniza: los gránulos de almidón absorben agua, se hinchan y forman un gel blando y cohesivo. Es exactamente el mismo proceso que ocurre al hervir la patata, con la diferencia de que en la fritura solo ocurre en el interior, mientras que la superficie está sometida a condiciones muy distintas.

Gradiente de temperatura y procesos en las distintas zonas de la patata durante la fritura

Zona del alimento	Temperatura	Proceso dominante	Resultado
Corteza exterior	150–180 °C	Evaporación total del agua + reacción de Maillard	Costra crujiente y dorada
Zona intermedia	~100 °C	Evaporación activa del agua	Barrera de vapor que frena la entrada de aceite
Interior	< 100 °C	Cocción por conducción + gelatinización del almidón	Textura blanda y húmeda



Patata frita con corteza dorada en corte transversal

Fuente: Wikimedia Commons

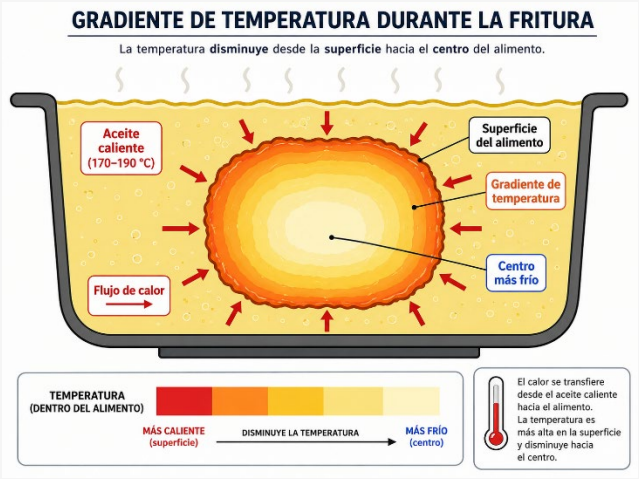


Diagrama esquemático del gradiente de temperatura durante la fritura

Fuente: Elaboración propia

Preguntas de reflexión

1. ¿Por qué una patata frita queda crujiente por fuera y blanda por dentro? Explica qué proceso físico domina en cada zona y por qué son diferentes a pesar de que la patata está sumergida en el mismo aceite.
2. Si se fríe la patata a una temperatura de aceite demasiado baja (por ejemplo 120 °C), ¿qué crees que ocurrirá? ¿Y si la temperatura es demasiado alta (200 °C o más)?
3. ¿Por qué no se consigue una corteza crujiente hirviendo la patata en agua, aunque el tiempo de cocción sea el mismo? Usa los datos de la tabla comparativa para razonar tu respuesta.
4. Al sacar las patatas fritas del aceite y taparlas con papel de aluminio para mantenerlas calientes, la corteza se vuelve blanda en pocos minutos. ¿Qué fenómeno físico explica este efecto tan frustrante?

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