Título	El kétchup y la maicena: fluidos que desafían a Newton
Concepto físico	Viscosidad. Fluidos newtonianos y no newtonianos. Tixotropía. Reología.
Enlaces	Link 1 (Viscosidad y reología) Link 2 (Fluidos no newtonianos)

Explicación teórica

Cuando se intenta verter kétchup de un bote recién abierto, el resultado es frustrante: el producto no fluye aunque el bote esté inclinado. Sin embargo, al golpear el fondo del bote o agitarlo, el kétchup sale de repente con facilidad. El comportamiento opuesto ocurre con una mezcla de maicena y agua: se puede hundir un dedo lentamente en ella sin dificultad, pero si se intenta golpearla con fuerza, la superficie se vuelve rígida como un sólido. Ambos son ejemplos fascinantes de fluidos no newtonianos, y su estudio tiene una enorme relevancia en la industria alimentaria.

Fluidos newtonianos: el caso sencillo

Un fluido newtoniano es aquel cuya viscosidad permanece constante independientemente del esfuerzo de cizalla (shear stress) que se le aplique. La viscosidad es la resistencia interna del fluido al flujo, y en los fluidos newtonianos la relación entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de deformación es lineal. El agua, el aceite o la miel son ejemplos: fluyen siempre de la misma manera, independientemente de si se agitan despacio o rápido.

El kétchup: pseudoplástico y tixotrópico

El kétchup es una suspensión concentrada de partículas sólidas (pulpa de tomate, almidón, fibras) en agua. En reposo, estas partículas forman una red estructurada que confiere al conjunto una viscosidad muy alta: el producto se comporta casi como un sólido y no fluye por sí solo. Para que empiece a fluir hay que superar un esfuerzo mínimo (esfuerzo umbral): por debajo de él la red aguanta y el kétchup no se mueve; solo cuando el esfuerzo aplicado lo supera, por ejemplo al golpear o presionar el bote, la estructura cede y el material comienza a fluir. Este umbral de fluencia es el comportamiento plástico.

Una vez en movimiento, aparece un segundo efecto: cuanto mayor es el esfuerzo de cizalla, más se rompe la red y menor es la viscosidad aparente. Esta disminución de la viscosidad al aumentar la cizalla se denomina pseudoplasticidad. Por último, el kétchup es tixotrópico: su viscosidad no depende solo del esfuerzo en cada instante, sino también del tiempo. Tras cesar el esfuerzo, la red interna se reconstruye de forma progresiva y el fluido recupera su viscosidad inicial poco a poco. Esta combinación es muy deseable en alimentación: el kétchup fluye con facilidad al servirlo, pero queda estable sobre el plato sin extenderse.

La maicena en agua: dilatante

Una mezcla de almidón de maíz (maicena) y agua en proporción aproximada 2:1 produce un fluido con el comportamiento opuesto: su viscosidad aumenta al aumentar el esfuerzo de cizalla. Este fenómeno se denomina dilatancia o shear-thickening. A bajos esfuerzos, las partículas de almidón están suspendidas en el agua con espacio suficiente para moverse; al aumentar el

esfuerzo, las partículas se empaquetan más y generan más fricción entre ellas, dificultando el flujo hasta el punto de que el sistema se comporta momentáneamente como un sólido.

Este comportamiento tiene aplicaciones industriales relevantes: se estudia para diseñar envases que fluyan bien durante el llenado pero que sean estables una vez cerrados, o para desarrollar texturas específicas en productos como salsas, cremas o rellenos de pastelería. La reología, la ciencia que estudia el flujo y la deformación de los materiales, es una herramienta fundamental en el diseño y control de calidad de alimentos.

Resumen: tipos de fluidos y ejemplos alimentarios

Tipo de fluido	Viscosidad con el esfuerzo	Comportamiento	Ejemplo alimentario
Newtoniano	Constante	Fluye siempre igual	Agua, aceite, miel
Pseudoplástico (shear-thinning)	Disminuye	Más fácil de mover al agitar	Kétchup, puré de frutas, yogur
Dilatante (shear-thickening)	Aumenta	Más difícil de mover al agitar	Maizena en agua, algunas pastas de almidón
Tixotrópico	Disminuye con el tiempo	Se fluidifica al agitar y recupera la viscosidad en reposo	Kétchup, mayonesa, algunos yogures



Experimento de maicena y agua (oobleck)

Fuente: Wikimedia Commons

Preguntas de reflexión

1. El yogur tiene una viscosidad menor después de agitarlo que antes. ¿Es newtoniano, pseudoplástico o dilatante? ¿Y la nata montada?
2. En una línea de producción, una salsa debe fluir bien por las tuberías durante el llenado de envases, pero no debe escurrirse del producto una vez emplatado. ¿Qué tipo de comportamiento reológico sería ideal para esa salsa?
3. La miel fluye más deprisa cuando está caliente. ¿Tiene esto relación con ser newtoniana o no newtoniana? ¿Qué propiedad física de la miel está cambiando con la temperatura?
4. ¿Puedes pensar en algún proceso de elaboración de alimentos en el que el comportamiento no newtoniano de un ingrediente sea esencial para obtener la textura final deseada?

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