



1 de mayo de 2014 | Vol. 15 | Núm. 5 | ISSN 1607 - 6079

# ARTÍCULO

## ESPUMA EN ALIMENTOS

*María de los Ángeles Valdivia*

## ESPUMAS EN ALIMENTOS

### Resumen

Las espumas representan una forma especial y única de impartir texturas y sensaciones particulares a los alimentos al conferirles diversas propiedades, como una baja densidad, convirtiéndolos en productos "muy ligeros". Las proteínas son los principales componentes aprovechados en la tecnología de alimentos y en la gastronomía para la elaboración de productos espumosos, a los cuales se les introduce aire a través de diversos métodos para su obtención. Un elemento novedoso de la tecnología alimentaria moderna es el resultado de haber comprendido los mecanismos de interacción entre los diversos com-

ponentes involucrados en la obtención de las espumas, lo cual ha permitido controlar adecuadamente los procesos que dan lugar a alimentos espumosos o aireados estables y atractivos para el consumidor en búsqueda de nuevas aventuras del gusto y el sabor.

**Palabras clave:** Espumas, estabilización, proteínas, métodos de obtención de espumas, ovoalbúmina.

### FOAMS IN FOOD

#### Abstract

*The formation of foams in foods, represents a unique and special approach to provide textures and particular sensorial responses, along with low density properties resulting in lighter products. Proteins are the main components used in food technology and gastronomy to obtain foaming products through the incorporation of air using different procedures. Understanding the mechanism of interaction among the different components involved in the foaming process that takes place in food matrixes, is a novel approach in modern food technology which allows a better control during the processes to obtain foams or aerated stable food products attractive for the consumer.*

**Keywords:** Foams, stabilization, proteins, foaming methods, ovalbumin.

“

¿de qué depende o qué componentes participan en la formación de estructuras esponjosas y espumosas en los diversos alimentos?

”

## ESPUMAS EN ALIMENTOS

### Introducción

**D**efinir o describir las propiedades o atributos de los alimentos no es un asunto simple, ya que, en la actualidad, los alimentos procesados pueden presentar una amplia diversidad de formas, texturas, consistencias, sabores y olores que tienen como finalidad hacerlos atractivos para el consumidor. Dentro de la diversidad de formas, texturas e impacto sensorial atractivo que presentan se encuentran los que provocan e imparten las espumas. Éstas se definen en general como sistemas coloidales en los cuales hay burbujas de aire dispersas en una fase continua líquida, la cual también recibe el nombre de lamela (DAMODARAN, 1997). Es importante señalar que nos referimos a espumas relativamente estables, ya que existen múltiples ejemplos en la naturaleza de espumas que se forman de manera temporal, colapsando rápidamente, como la espuma del mar.

Históricamente los alimentos aireados han sido consumidos desde principios de la civilización. Se reporta que en el antiguo Egipto se consumía un equivalente a las hogazas de pan actuales y una bebida espumosa similar a la cerveza, conocida como *ale*, en ambos casos obtenidas por fermentación de granos. Otros alimentos espumosos como los elaborados a base de crema batida, así como de claras de huevo, se extendieron una vez lograda la domesticación de los bovinos y de las aves como las gallinas. Un caso interesante es el de los merengues, que lograron alta popularidad en el siglo XVIII cuando el azúcar de caña estaba ya disponible y se logró la estabilidad de sus espumas. De forma similar ocurrió con los helados, en cuya elaboración se introdujo aire probablemente desde el siglo XVII en Italia, alcanzando alto consumo hasta el siguiente siglo; es también en esa época cuando los chefs de la alta cocina desarrollaron los alimentos tipo *soufflé*. Se puede mencionar, por otro lado, el caso de los productos derivados de la *cocoa* (abordada en detalle en otro texto de éste número) ya que, aunque ori-



ginaria de América y apreciada por su capacidad espumante, los productos aireados a base de chocolate se desarrollaron en Europa a partir del siglo XIX. Del mismo modo, las aguas y bebidas carbonatadas se popularizan en el año de 1851 (CAMPBELL y MOUGEOT, 1999). Finalmente, en el siglo XX se desarrolla una infinidad de productos espumosos, de tal forma que en la actualidad se dispone de una gran diversidad de alimentos con este componente, que son preparados con procedimientos tecnológicos avanzados. Entre los más populares se pueden mencionar a los helados, cereales inflados, merengues, pasteles ligeros, malvaviscos, chocolates espumosos, mousses, soufflés, entre muchos otros.

Diversos alimentos aireados pero de estructura sólida que son sometidos a procesos de horneado, pueden también ser referidos como "esponjas". La principal diferencia entre las esponjas y las espumas radica en que las esponjas son capaces de capturar grandes cantidades de líquidos sin disolverse, mientras que las espumas en alimentos no presentan esta propiedad y generalmente se disuelven en presencia de agua (BRAVO DÍAZ y GONZÁLEZ ROMERO, 1997). Las esponjas se caracterizan por su baja densidad, alta porosidad, paredes muy delgadas que resultan en una macroestructura porosa muy abierta, resultado de la dispersión de un gas dentro de una matriz sólida.

Las propiedades de textura, como la "suavidad", lo "ligero" y la "porosidad" en los alimentos que contienen espumas, están determinadas por el tamaño, la forma y la distribución de los sistemas o de las partículas suspendidas denominadas *coloides*. Como ya se ha mencionado, se utilizan frecuentemente por la textura que pueden conferir a un alimento, resultado de sus particulares propiedades "reológicas", entendiendo por éstas las que dan a una sustancia la capacidad para fluir. En particular, son atractivas aquellas que combinan las propiedades de un fluido y un sólido con una densidad extremadamente baja. En este punto vale la pena hacer énfasis en las densidades tan bajas que se pueden alcanzar al elaborar alimentos espumosos: por ejemplo, los merengues pueden contener una cantidad de aire atrapado que representa hasta el 90% de su estructura, es decir, los componentes que serán digeridos constituyen sólo el 10% de lo que nos llevamos a la boca. En términos cuantitativos, los ingredientes de un merengue, una vez mezclados, presentan una densidad de  $1.55 \text{ g/cm}^3$  pero una vez que se introduce el aire disminuye hasta  $0.17 \text{ g/cm}^3$ , es decir, se vuelve casi 10 veces más ligero. Otro caso que llama la atención es el de los pasteles esponja, que pueden tener densidades en el intervalo de  $0.25$  y  $0.35 \text{ g/cm}^3$  con 80% de aire atrapado; los helados, por otra parte, pueden atrapar hasta 60% de aire. Otro caso espectacular es el de las "palomitas de maíz", elaboradas con maíz palomero, que antes de ser procesado tiene una densidad de  $1.4 \text{ g/cm}^3$  y ya como palomitas de maíz disminuye a una densidad menor de  $0.07 \text{ g/cm}^3$ , es decir, 20 veces más ligeras y con una cantidad de aire mayor de 95% (CAMPBELL y MOUGEOT, 1999). El lector podría confiarse ante el hecho de que un volumen de un litro de palomitas sólo contenga unos 70 g de maíz, pero debe recordar otros ingredientes del proceso como son la mantequilla y la sal.

## Métodos para obtener espuma

La pregunta ahora es ¿cómo se logra la textura que proporciona la espuma? Se dispone actualmente como parte de la "tecnología de alimentos" de varios métodos para obtener espumas. Destacan la generación de gas o vapor que se produce por cambio de presión o por reacción química de agentes leudantes, es decir, sustancias que son capaces

de generar este gas. Dentro de estos están los que generan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como el bicarbonato de amonio o de sodio, o los agentes leudantes ácidos, que generan iones hidrógeno, como el fosfato mono básico de calcio. Este tipo de compuestos se utilizan tradicionalmente en la variada industria de la pastelería y galletería.

También puede generarse espuma por métodos biológicos, como sucede en la fermentación que llevan a cabo las levaduras, las cuales actúan como "agente leudante biológico" al generar CO<sub>2</sub> a partir del azúcar. Se trata de un caso tradicional en la manufactura de pan blanco y en la industria cervecera. En el primer caso el CO<sub>2</sub> es atrapado en las estructuras del almidón y de las proteínas del trigo durante el horneado, mientras que en la cerveza, el CO<sub>2</sub> que está disuelto es atrapado al abrir la botella o al servir la cerveza por la estructura proteínica del mosto, incorporándose también aire, en una espuma que permanece estable sólo unos momentos.

Otros métodos ampliamente utilizados en la tecnología de alimentos consisten en producir la espuma neumática o mecánicamente. En el primer caso se inyecta gas o aire que es bombeado en el seno del líquido, mientras que en el segundo caso, el gas o el aire se agrega mediante una agitación vigorosa o utilizando un rotor de alta velocidad. Estos métodos son comunes en la industria de bebidas carbonatadas, en la industria de productos lácteos para la obtención de cremas batidas, mousses y helados y en los productos a base de huevo para la obtención de merengues, soufflés y pasteles con texturas tipo esponja. Actualmente otra aplicación en la llamada *gastronomía molecular* es la obtención de una gran variedad de sabores y productos aireados utilizando como generadores de espuma, entre otros procedimientos, sifones con óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) comprimido.



## Compuestos generadores de espumas

Con el recuento anterior cabe plantear la pregunta ¿de qué depende o qué componentes participan en la formación de estructuras esponjosas y espumosas en los diversos alimentos? La respuesta no es sencilla, dada la complejidad estructural de un alimento, aunque es evidente que los primeros componentes que se tendrían que señalar son los que presentan propiedades tensoactivas o surfactantes; pero hay igualmente otro grupo de compuestos que son clave por su capacidad para aumentar la estabilidad, y, por lo tanto, esenciales para mantener la espuma hasta la eventual utilización o consumo. Como es de suponer, los dos tipos de compuestos son esenciales en la manufactura de alimentos aireados.

Por ejemplo, las proteínas de la clara de huevo tienen muy buena capacidad para formar espumas, sin embargo, estas espumas no son estables por periodos suficientemente largos y eventualmente colapsan, es decir, se pierde la estructura de la espuma por unión de las burbujas. El colapso de la espuma se puede evitar cuando se agrega a la proteína de la clara de huevo otros ingredientes como el azúcar, lo cual provoca que el tiempo de estabilización de la espuma se extienda de manera significativa, como se requiere en la manufactura de merengues. Otros mecanismos de estabilización son los que se presentan en la elaboración de helados, donde las burbujas son estabilizadas, entre otros componentes, por los cristales de hielo. En el pan, las burbujas son estabilizadas también, entre otros factores, por la red que forman las proteínas del gluten y los almidones gelatinizados, principalmente, lo que permite la formación de estructuras sólidas. Cabe mencionar que los mecanismos de estabilización de estas espumas son sumamente complejos, ya que hay un gran número de factores intrínsecos y externos que pueden afectar el periodo de estabilidad de los alimentos espumosos.

Los ingredientes o compuestos utilizados comúnmente para elaborar espumas en sistemas alimentarios pueden ser de diversa naturaleza química. Entre los más importantes, como ya se ha mencionado, se encuentran ciertas proteínas como las contenidas en el huevo, en la leche y el colágeno o gelatina, entre otras. También existen agentes espumantes dentro de los carbohidratos, tanto de origen marino o vegetal, como los quitosanos presentes en los caparazones de crustáceos, o la goma de tragacanto que se obtiene de una leguminosa.

## Las proteínas en el espumado

Las proteínas son, sin duda alguna, los componentes protagónicos en un gran número de alimentos espumosos, o de sistemas en los que puede generarse una espuma. Sin embargo, es importante apuntar que no todas las proteínas son capaces de formar estas estructuras. Lo anterior dependerá de la composición, de las propiedades fisicoquímicas que presenten las proteínas y del método de preparación de las espumas.

Las proteínas en las fuentes naturales o alimentos sin procesar se encuentran en su conformación denominada nativa, la cual corresponde al arreglo espacial de las cadenas de aminoácidos que las conforman. Diversas moléculas proteínicas que manifiestan la propiedad funcional de generar espumas presentan conformaciones globulares, es decir, se encuentra en forma de glóbulos o esferas. Como contra parte existe otro grupo de

proteínas de conformación fibrilar, o arreglo de las cadenas de aminoácidos en formas de fibras alargadas. Para que la propiedad funcional de espumado se manifieste, se hace necesario provocar un cambio de conformación que permita el desdoblamiento parcial de la estructura globular o fibrilar a un estado intermedio con las proteínas "desnaturalizadas", es decir, parcialmente desdobladas. La molécula entonces es capaz de tener la habilidad de orientarse de manera rápida en la interface y reducir la tensión superficial. Asimismo, ubicada en este sitio, puede mostrar capacidad para establecer interacciones intermoleculares con moléculas de otras proteínas para lograr la formación de una película cohesiva y viscoelástica que confiere estabilidad a la espuma.

Otro aspecto esencial es que estas proteínas deben tener una composición y distribución de aminoácidos que incluya un buen balance de residuos hidrofóbicos e hidrofílicos, es decir, regiones no afines e incompatibles con el agua y regiones altamente afines y compatibles con el medio acuoso. Esto último es esencial, debido a que los grupos funcionales de los aminoácidos juegan un rol importante en la orientación y la estabilización de la película interfacial. Los grupos hidrofílicos tenderán a orientarse en la fase líquida, que puede ser acuosa, mientras que los hidrofóbicos se orientarán hacia una fase no polar o hacia el aire. Es importante insistir sobre la necesidad de que, adicionalmente a la capacidad de las proteínas para generar espumas, es esencial que la espuma generada sea estable y pueda mantenerse de manera uniforme en las matrices alimentarias. De igual forma, es fundamental el mantener la estabilidad a pesar de las condiciones extremas de diversos procesos a las que pueden ser sometidas, entre ellas las variaciones de temperatura, como por ejemplo, la de refrigeración (5°C), caso típico en la manufactura de cremas batidas; o de congelado (-18°C) como en el caso de la fabricación de helados; también en el caso de los horneados (180°C) y en la obtención de merengues y pasteles ligeros o esponjas. Adicionalmente, es importante considerar otros factores que afectan la capacidad de espumado y la estabilidad, dentro de los cuales destaca el pH, el grado de hidrofobicidad y la concentración de otros ingredientes como la sal y el azúcar, los cuales pueden alterar la conformación y estabilidad de las moléculas de proteína (BRAVO DÍAZ y GONZÁLEZ ROMERO, 1997).



## Formación de espumas en merengues

Para describir lo que sucede en la elaboración más básica de merengues, es posible destacar algunos eventos. Se conoce con detalle que la clara de huevo está constituida por un gran número de proteínas, las cuales, después del agua, son el componente principal de esta parte del huevo. Dentro de este grupo de proteínas se encuentra la ovoalbúmina, la predominante, que presenta una clara capacidad para formar espumas, por lo que es frecuentemente usada como ingrediente o agente espumante en la industria alimentaria (DU *et al*, 2002). Ésta tiene una composición de aminoácidos que resulta balanceada en residuos hidrofóbicos e hidrofílicos, apropiadamente distribuidos a lo largo de la cadena de proteína. Cuando se elabora merengue por incorporación de aire por agitación, lo que sucede es que esta proteína, que tiene forma globular, se desdobra y es adsorbida rápidamente en la interface aire/agua, al mismo tiempo que muestra la habilidad de orientar sus grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, los primeros hacia la lamela acuosa y los segundos hacia el aire formando millones de pequeñas burbujas. En este punto se establecen fuertes interacciones a través de los grupos de aminoácidos de las moléculas de proteínas localizadas en la capa que rodea a las burbujas de aire. Se ha establecido que, esencialmente, la ovoalbúmina estabiliza la película formada mediante enlaces disulfuro (CAMPBELL y MOUGEOT, 1999). El paso siguiente en el proceso, y todavía con agitación, es la adición de azúcar, lo cual provoca que el agua que está en la película atrapada en la proteína, ahora, disuelva el azúcar y se forme un complejo proteína-agua-azúcar. Esto permite que la película del complejo formado alrededor de las burbujas, sea muchas veces más estable, debido a que el azúcar hidratada actúa como un anclaje en el complejo, evitando la pérdida de estructura o coalescencia de las burbujas formadas.

Formación de espumas en los merengues

<http://youtu.be/FgD8z-PLHIPU>



## Conclusiones

Entender los mecanismos de la formación de espumas y los aspectos relacionados con la estabilidad resulta de cierta complejidad para su total comprensión, ya que hay un gran número de factores que pueden intervenir y modificar las propiedades de estas macroestructuras en las matrices alimentarias. Es importante conocer y establecer con detalle cuáles fenómenos físicos, fisicoquímicos y químicos están involucrados en la formación y en la estabilización, ya que, con esta comprensión, el tecnólogo de alimentos alcanzará, en buena medida, el control del fenómeno y la posibilidad de desarrollar y obtener a nivel industrial alimentos diversos, ligeros, innovadores, saludables y, por qué no, también divertidos. De igual manera, el entendimiento básico de estos fenómenos se ha establecido como algo fundamental en la llamada *gastronomía molecular* y en la *nueva cocina*, que ahora se presentan como áreas de oportunidad para la aplicación de técnicas químicas y físicas. Lo anterior, con la finalidad de alcanzar la preparación de platillos con texturas novedosas y combinación de sabores que no sólo llevan al replanteamiento de la experiencia restaurantera, sino también al "arte" de generar platillos que provoquen sensaciones placenteras, disfrutables y que, además, puedan incidir en aspectos psicológicos y neurológicos que permitan influir de manera apropiada y saludable en la conducta de los consumidores frente a los alimentos.

## Bibliografía

- [1] BRAVO-DÍAZ, C. y González-Romero, E. "Showing properties of food foams with common dairy foods", *Journal of Chemical Education*, 1997, 74 (9), p. 1133-1135.
- [2] CAMPBELL, G.M. y Mougeot, E. "Creation and Characterization of Aerated food products", *Trends in Food Science & Technology*, 1999, 10, p. 283-296.
- [3] DAMODARAN, S. "Protein-stabilized Foams and Emulsion", InS.
- [4] DAMODARAN, y A. Paraf (Eds.), *Food Proteins and their Applications*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1997, p. 77-88.
- [5] DU, L, Prokop, A. y Tanner, R.D. "Effect of denaturation by preheating on the foam. Fractionation Behavior of Ovalbumin", *Journal of Colloid and Interface Science*, 2002, 248, p. 487-492.