



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

# ARTÍCULO

## **PRODUCCIÓN DE ESPUMA EN EL CHOCOLATE CON EL MOLINILLO TRADICIONAL**

*Enrique Galindo, Gabriel Corkidi, Alehlí Holguín Salas,  
Diana López López*

## PRODUCCIÓN DE ESPUMA EN EL CHOCOLATE CON EL MOLINILLO TRADICIONAL

### Resumen

La espuma es un tipo de dispersión en la que se introduce y retiene aire o vapor en forma de burbujas dentro de una matriz líquida. Ha fascinado al hombre por generaciones y nos ha ocupado de tal manera que ha impulsado la creación de nuevas formas de preparación, permitiendo la invención de utensilios de cocina básicos hasta equipo industrial sofisticado. En el caso particular de México, la presencia de espuma en los alimentos

ha sido tan importante que en la época prehispánica diversas culturas mesoamericanas le conferían un papel espiritual. En las bebidas de chocolate, se ha desarrollado un gusto particular por la presencia de espuma al grado que ha llevado a la sofisticación de su producción a través del uso de utensilios como el molinillo. Aunque el molinillo forma parte de la cultura cotidiana mexicana, se desconoce cómo funciona a detalle y cómo contribuye a la producción de espuma. Mediante análisis digital de imágenes es posible responder a estas preguntas. En el presente trabajo explicaremos el funcionamiento del molinillo y su importancia dentro de la preparación de bebidas de chocolate espumoso, en las que se produce abundante espuma mediante la agitación del molinillo en la interfaz aire-líquido.

“  
Es interesante analizar cómo este utensilio, común en las cocinas mexicanas, introduce tal cantidad de aire que permite producir una considerable cantidad de espuma.”

**Palabras clave:** Espuma, chocolate, molinillo.

## FOAM PRODUCTION IN CHOCOLATE BEVERAGES WITH THE TRADITIONAL MOLINILLO

### Abstract

*The foam is a kind of dispersion in which air is introduced in form of bubbles within a liquid matrix. The foam has fascinated humans for generations, and has promoted the creation of new ways of preparing it, allowing the invention of basic kitchen utensils and sophisticated industrial equipment. In the case of Mexico, the presence of foam in food has been very important to diverse Mesoamerican cultures, while in ancient times, foam has had a spiritual role. For chocolate beverages, a particular enthusiasm for the presence of foam has been developed to the level that has led to the sophistication of its production through the use of tools such as the molinillo. Although the molinillo is part of everyday Mexican culture, it is unknown how it works in detail and how the molinillo makes foam. It is possible to answer these questions by using advanced techniques of digital image analysis. In the present work we explain the performance of the molinillo and its importance in the preparation of foamy chocolate beverages, in which abundant foam is produced by stirring the molinillo in the air-liquid interface.*

**Keywords:** *Foam, chocolate beverage, molinillo.*

## PRODUCCIÓN DE ESPUMA EN EL CHOCOLATE CON EL MOLINILLO TRADICIONAL

### Introducción

El proceso de mezclado en los alimentos es una práctica antigua que creció conforme aparecían nuevos tipos de alimentos. En el caso particular de la preparación de bebidas de chocolate, en México se tienen vestigios en vasos mayas y códices de que la presencia de espuma en estas bebidas era una característica deseable, ya que tenía un significado espiritual, además de que mejora la apariencia de la bebida y tiene un efecto atractivo en la textura. Para producir espuma, la técnica de transvasado (técnica en la que una porción de líquido es vaciada continuamente de un recipiente a otro hasta la producción de espuma) aparece como una práctica común, aunque es probable que el uso de utensilios fabricados de ramas y raíces no fuera excluido (NONDEDEO, 2011).

Actualmente se sabe que el chocolate no siempre fue un producto accesible para todo público, ya que originalmente en las culturas Mesoamericanas, las bebidas preparadas con cacao estaban reservadas para actividades de carácter medicinal, religioso y político, por lo que las clases privilegiadas eran las únicas que podían degustar de este alimento de "dioses" (ATTOLINI-LECÓN, 2011; NORTON, 2004). Es probable que el sentido especial de la bebida con espuma se fundamente en que la generación de espuma en el chocolate conlleva un gran esfuerzo.

Para obtener la espuma pueden emplearse diversas estrategias. En algunos casos, los ingredientes pueden ser combinados con agua caliente de tal forma que la parte grasa del polvo de cacao se quede en la superficie, separándola posteriormente para su batido hasta formar espuma que luego es colocada sobre la bebida final. En otros casos se opta por el uso de aditivos, tales como los compuestos tensoactivos, que facilitan la introducción de aire a la bebida y que se encuentran en pétalos de flores como *cacao-xochitl* (ATTOLINI-LECÓN, 2011) y granos de Pataxte (*Theobroma bicolor*), que tienen un mayor contenido de triglicéridos monosaturados y que contribuyen a estabilizar la espuma (GREEN 2010; CAMPBELL y MOUGEOT, 1999). También se pueden utilizar diferentes tipos de utensilios, como es el caso de los molinillos, cuyo diseño se ha sofisticado a través del tiempo, lo que ha llevado a la diversidad de diseños que hoy en día conocemos.

### Espuma en las bebidas de chocolate

Independientemente del tipo de espuma del que se hable, ya sea en el campo de los alimentos o en sistemas de limpieza (por ejemplo), la espuma se define como una dispersión de aire (fase dispersa) en un sistema líquido, semilíquido o sólido (fase continua) (THAKUR *et al*, 2003), en donde el gas es "rodeado" por una fina película de la fase continua, produciéndose así las burbujas, que en su conjunto forman la espuma. Es por esto que sus propiedades, tales como la textura, dependerán fuertemente del tamaño de burbujas que la conforman. La permanencia de las burbujas depende de factores como el contenido de tensoactivos (proteínas, jabones, ácidos grasos) y concentración de sales,

entre otros. En el caso especial de los alimentos, las espumas les confieren la capacidad de reducir su densidad, afectan su textura, firmeza, apariencia, color y sensación en la boca; mejoran su reacción de oxidación y proveen una sensación de saciedad (CAMPBELL y MOUGEOT, 1999; ARBOLEYA *et al*, 2014).

Para las culturas mesoamericanas, la presencia de espuma en la superficie de las bebidas de chocolate tenía un significado espiritual, por lo que se consideraba como la parte más deseable de la bebida (HURST *et al*, 2002). En comunidades indígenas como la Zapoteca se consideraba que la espuma estaba viva, con una fuerza vital llamada *pée*, también asociada a la fertilidad y a la procreación (GREEN, 2010). La presencia de una apreciable cantidad de espuma en las bebidas de chocolate requiere de mayor energía por parte de quien la prepara, lo que contribuye también al valor de la bebida, especialmente en aquellas en las que la calidad de la espuma es importante para que ésta tenga una mayor permanencia. Es por esto que se sigue empleando una amplia variedad de extractos de plantas para estabilizar la espuma (STROSS, 2011). Por tanto, la técnica para generar espuma también es crucial en el proceso de preparación, por lo que la elección de un "buen" molinillo es muy importante, pues éste deberá asegurar una abundante generación de espuma que, además, deberá ser estable por el mayor tiempo posible. La forma y el tamaño de las burbujas que se introducen al líquido juegan un papel importante ya que cuando son de forma redondeada y de tamaños de entre 0.1-0.5 mm, éstas presentan una mayor estabilidad permitiendo que la espuma permanezca presente por más tiempo (SARKER *et al*, 1998). Este fenómeno se puede observar en el caso de la bebida *chocoatole*, en la que es posible percibir la presencia de espuma formada por burbujas muy finas.

## El molinillo y la espuma

A través del tiempo se han conservado dos técnicas para la generación de espuma en las bebidas de chocolate: el transvasado y el uso del molinillo. Ambas técnicas pueden ser utilizadas conjuntamente para la preparación de bebidas, como es el caso de la preparación de *chocoatole* por Chinantecos y Zapotecos, quienes usan el método de transvasado para crear espuma estable (que dura al menos media hora sin deshacerse), mientras que el molinillo lo utilizan para incorporar el chocolate en el atole (GREEN, 2010).

De acuerdo con evidencias encontradas en vasos mayas y códices, la técnica de transvasado era ampliamente utilizada por las culturas mesoamericanas para mezclar el chocolate y producir espuma. Sin embargo, en el caso del molinillo no se cuenta con suficiente evidencia antropológica. Es posible que la palabra molinillo tenga un doble origen: por una parte se ha asumido que sea una palabra española derivada de la palabra "molino" (DAKIN y WICHMANN, 2000), o bien, una palabra de origen prehispánico. En 2000, Dakin y Wichmann, publicaron un estudio acerca del origen de las palabras cacao y chocolate, resaltando, de ésta última, un origen uto-azteca: *čikola:tl*, cuyo posible significado literal sea "bebida-agitada". Asumen que es probable que el término *čikola:tl* originalmente haga referencia al recipiente empleado en la preparación de esta bebida, mientras que el término *chukul*, de origen Maya, refiere al "batidor de chocolate". La asociación ritual de la bebida con un batidor apoya el significado etimológico de "bebida de batidor" (DAKIN y WICHMANN, 2000). Sin embargo, en 2007, Kaufman y Justeson

reportaron que el término *čikoli* significa "torcido, ganchudo" y, a pesar de que esto no concuerda con lo dicho por Dakin y Wichmann (2000), están de acuerdo con la posible relación de la palabra con el proceso de preparación de la bebida (agitada).

El molinillo, también conocido por sus nombres en náhuatl *aquaujl* o *aquahuitl* (DAKIN y WICHMANN, 2000) es ya mencionado en el Códice Florentino (1575-1577) por Bernardino de Sahagún (NORTON, 2004). Asimismo, el molinillo es también referido por Francisco Javier Clavijero como utensilio empleado en la elaboración de bebidas espumosas de chocolate.

En la actualidad, el molinillo tradicional mexicano tiene diversos diseños (Figura 1), que varían en tamaño, número de discos, anillos y diámetros de los mismos; cantidad de ranuras (dientes o aspas) y su profundidad, y el largo del mango con el que se sostiene y agita. A pesar de esta gran variedad, se desconoce la razón técnica de cada uno de estos elementos en el diseño de cada tipo de molinillo y su posible impacto sobre la calidad de bebida espumosa preparada. Por ejemplo, los molinillos más adornados cuentan con varios anillos cuya función es, según la creencia popular, "sacarle buena espuma al chocolate" (BARROS y BUENROSTRO, 2011).

Figura 1. Variedad de molinillos de madera. El molinillo enmarcado de rojo es el que se encuentra más comúnmente en los mercados tradicionales y que fue empleado en el trabajo de Holguín-Salas *et al.* (2014).

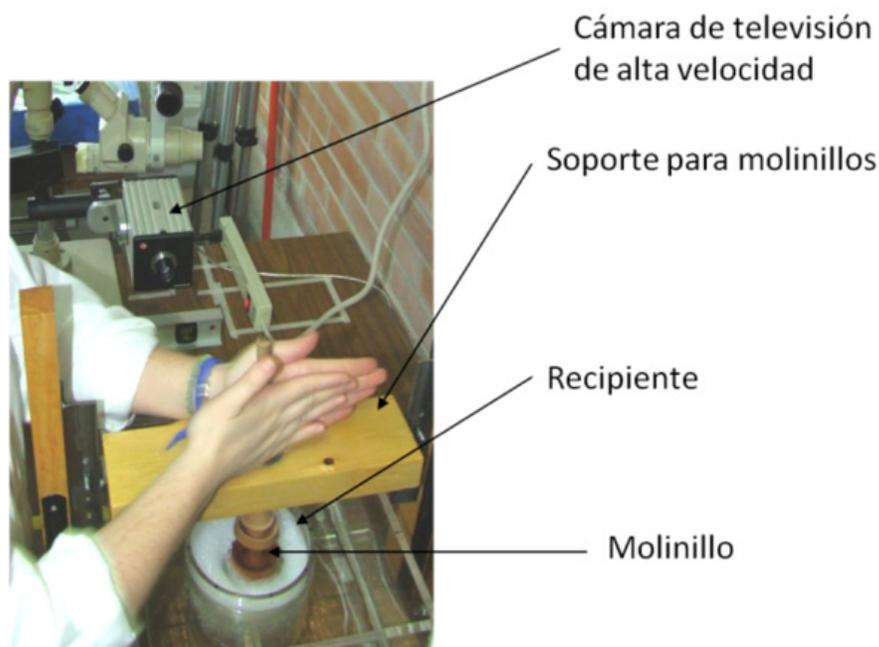


Resulta interesante analizar cómo este utensilio, común en las cocinas mexicanas, logra introducir tal cantidad de aire a las bebidas de chocolate que permite producir una considerable cantidad de espuma. Recientemente publicamos un artículo científico que describe por primera vez cómo funciona el molinillo y cuál es su función en la dispersión de sólidos y en la producción de espuma (HOLGUÍN-SALAS *et al*, 2014). A continuación se resumen los principales resultados y observaciones que obtuvimos y que explican el funcionamiento del molinillo, mismos que me interesa divulgar a un público más amplio para así permitirle admirar la sofisticación de uno de los utensilios de cocina tradicionales mexicanos utilizados para la preparación de chocolate espumoso.

## ¿Cómo se prepara una bebida de chocolate espumoso?

Las manos hacen girar el molinillo manteniéndolo entre las dos palmas imprimiendo una fuerza de rotación al frotarlas. Las aspas del molinillo pueden alcanzar velocidades lineales de hasta 11 km/h (HOLGUÍN-SALAS *et al*. 2014). Recientemente, en el artículo publicado por Holguín-Salas *et al*. (2014) reportamos el uso de una cámara de televisión de alta velocidad con la que podemos adquirir hasta 5000 imágenes digitales por segundo (Figura 2). De esta manera, si grabamos la escena del molinillo girando con este tipo de cámara y luego reproducimos la escena grabada a mucha menor velocidad, podremos ver cada detalle de su movimiento y hacer las medidas que describen de manera cuantitativa su movimiento. Así, conociendo el número de imágenes por segundo adquiridas durante la grabación, la velocidad a cada instante puede ser cuantificada utilizando la fórmula de movimiento rectilíneo uniforme en donde la velocidad es igual a la distancia recorrida entre el tiempo transcurrido.

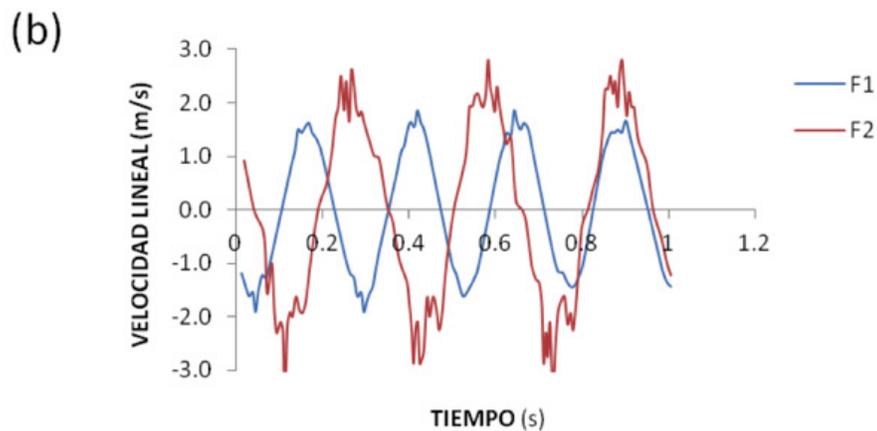
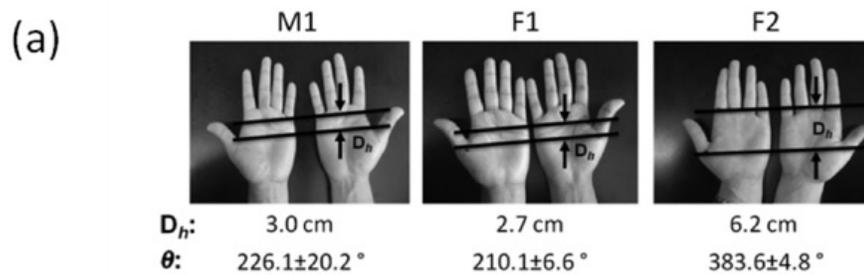
Figura 2. Montaje utilizado para el análisis del funcionamiento del molinillo y uso de la cámara de televisión de alta velocidad.



Estos experimentos nos pueden ayudar a responder algunas preguntas concernientes a la generación de espuma en bebidas de chocolate cuando se utiliza el molinillo, tales como: ¿qué define el estilo personal de agitar el molinillo?, ¿cuál es su impacto en la formación de espuma?, o ¿cuál es la mejor posición del molinillo para la generación de espuma?, entre otras.

Tradicionalmente, la preparación de las bebidas de chocolate espumoso se ha realizado por mujeres que a través de su experiencia van formando su estilo personal de agitar los molinillos y generar espuma. Al estudiar a tres voluntarios se ha comprobado que cada persona tiene un particular estilo de "molinillar", observándose como una especie de "huella digital" característica en función de la velocidad del molinillo en movimiento (Figura 3 b). Este estilo puede estar influenciado por factores como el tamaño de las manos y la distancia ( $D_h$ ) que el molinillo recorre a través de las palmas de las manos (Figura 3 a), que a su vez, determina el número de grados o vueltas que da el molinillo ( $\theta$ ).

Figura 3. (a) Manos de los voluntarios estudiados y sus características particulares al agitar el molinillo, (b) Velocidad lineal del molinillo desarrollada por los voluntarios F1 y F2 en la altura de inmersión A (0.5 cm respecto al fondo del recipiente donde se agitó). Adaptado parcialmente de Holguín-Salas *et al.* (2014).

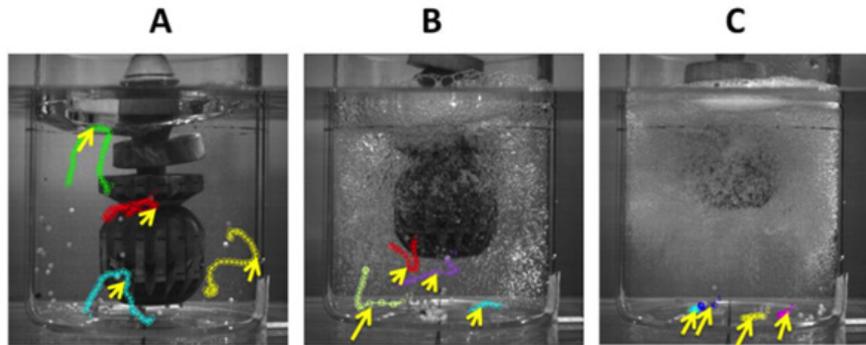


Es importante resaltar que durante la acción de "molinillar", pese a que se realiza manualmente, el molinillo puede alcanzar velocidades lineales máximas de hasta aproximadamente 2.5 m/s en tan sólo unos 100 milisegundos aproximadamente, completando un ciclo de "ida y vuelta" en 200-300 milisegundos. Estos últimos datos son comparables quizá con equipos modernos utilizados para la generación de espuma en la industria alimentaria, como es el caso de rotores estatores (100 ms/ciclo aproximadamente) (HANSELMANN y WINDHAB, 1999).

El molinillo tiene al menos tres diferentes funciones durante la preparación de bebidas espumosas de chocolate: dispersión y disolución de partículas de chocolate, dis-

persión de grasa del chocolate e introducción de aire y formación de espuma. De acuerdo con Holguín-Salas *et al.* (2014), las funciones del molinillo están fuertemente relacionadas con la profundidad de inmersión de éste dentro del líquido (Figura 4), destacándose que entre más cercano se encuentre de la superficie, se favorece la introducción de aire, desestabilizando la interfaz aire-líquido y, en consecuencia, incrementando la cantidad de espuma generada (Figura 4 C, ver videos en material adicional).

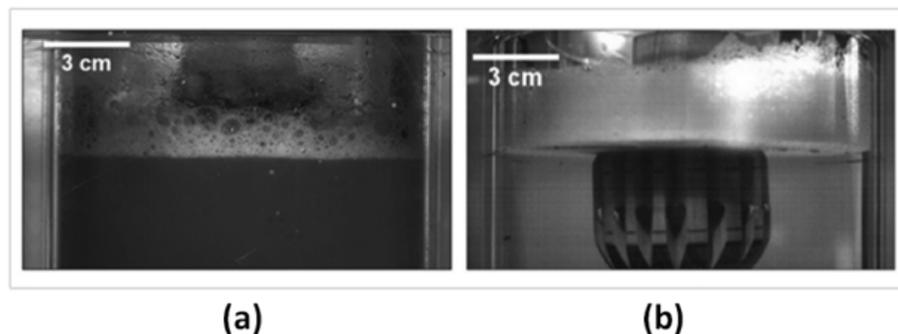
Figura 4. Función del molinillo en relación con la profundidad de inmersión: A: dispersión de sólidos, B: dispersión y formación de espuma y C: producción de espuma. Adaptado de Holguín-Salas *et al.* (2014).



Como se mencionó anteriormente, no sólo el método para la formación de espuma es importante (como el uso del molinillo), sino que también están involucradas las características físicas de las sustancias que intervienen en la formación de espuma. En el caso de las bebidas de chocolate, éstas provienen del cacao. Las sustancias contenidas en las barras o polvo de chocolate primero deben ser incorporadas al líquido mediante la dispersión y disolución de los sólidos (como se observa en la Figura 4 A), para que posteriormente intervengan en la formación y estabilización de la espuma generada; tal es el caso de ácidos grasos y proteínas contenidas en el cacao.

Las características de la espuma (tamaño y forma de burbujas) están fuertemente asociadas al tipo de sustancias presentes en la disolución, como se muestra en la Figura 5: la presencia de un mayor contenido de proteínas (albúmina, Figura 5 b) contribuye a la generación de burbujas de menor tamaño y la obtención de una apariencia más "suave" y homogénea. Holguín-Salas *et al.* (2014) reportaron que en el caso de las preparaciones de bebidas de chocolate, el contenido de cacao juega un papel importante en la generación de espuma. Con el mayor contenido probado de cacao (100 %) en el chocolate, se incrementa significativamente la producción de espuma, es decir, el chocolate sin azúcar produce más espuma que el chocolate con azúcar, siendo este último el que se consume mayoritariamente en la actualidad.

Figura 4. Apariencia de la espuma generada en la solución transparente modelo de albúmina (proteína) (b) y en la preparación de bebida de chocolate con 100 % cacao (a), sin azúcar. Adaptado de Holguín-Salas *et al.* (2014).



## Conclusiones

La importante presencia de espuma en las bebidas de chocolate tradicionalmente se logra utilizando el molinillo, pero pese a su cotidianidad, conocemos muy poco del impacto del diseño y forma de uso del molinillo sobre la calidad de espuma en las bebidas. A través del uso del análisis de imágenes ha sido posible conocer cuál es la función del molinillo en la dispersión de sólidos y la formación de espuma, así como algunos de los factores que determinan estas funciones. Así se explica la forma tradicional y empírica de preparar bebidas espumosas de chocolate (ver Figura 6): la primera función del molinillo es "machacar" el chocolate sólido, colocando primero el molinillo muy cerca del fondo del recipiente. Posteriormente, al calentar el agua (o la leche), la grasa sólida del chocolate se vuelve líquida. Al final del proceso, lo que se requiere es que se genere la mayor cantidad de espuma, y se logra justamente cuando el molinillo está poco inmerso en el líquido, justo entre la interfaz aire-líquido, ya que éste desestabiliza la interfaz a través de su movimiento de "ida y vuelta" e introduce aire a través de sus ranuras, favoreciendo la formación de burbujas y posteriormente la generación de abundante espuma.

Figura 6. Receta para preparación de chocolate espumoso.



## Bibliografía

- [1] ARBOLEYA, J.C., *et al.* "Effect of highly aerated food on expected satiety". *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2014 [en línea]: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2013.12.002> >.
- [2] ATTOLINI-LECÓN, A. "Cuentas, dares y tomares del cacao: delicias, convite, rito mesoamericano. Aspectos antropológicos". *Revista Digital Universitaria*, 1 de abril de 2011, Vol. 12, No. 4 [en línea]: < <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num4/art38/index.html> >.
- [3] BARROS, C., Buenrostro, M. "Pozol, Popo, Champurrado". *Revista Digital Universitaria*, 1 de abril de 2011, Vol. 12, No. 4 [en línea]: <<http://www.revista.unam.mx/vol.12/num4/art41/index.html>> ISSN: 1607-6079
- [4] CAMPBELL, G.M., Mougeot, E. "Creation and characterisation of aerated food products". *Trends in Food Science and Technology*. 1999, 10(9), pp. 283-296.

- [5] DAKIN K., Wichmann S. "Cacao and Chocolate, A Uto-Aztec perspective". *Ancient Mesoamerica*. 2000, 11, pp. 55-75.
- [6] GREEN, J.S. "Feasting with foam: Ceremonial drinks of cacao, maize, and pataxte cacao". In J.E. Steller and M.D. Carrasco (eds.), *Pre-Columbian Foodways: Interdisciplinary Approaches to Food, Culture, and Markets in Ancient Mesoamerica*. New York: Springer, 2010, pp. 315-343.
- [7] HANSELMANN, W., Windhab, E. "Flow characteristics and modeling of foam generation in a continuous rotor/stator mixer". *Journal of Food Engineering*, 1999, 38, pp. 393-405.
- [8] HOLGUÍN-SALAS, A., López-López, D., Corkidi, G., Galindo, E. "Foam production and hydrodynamic performance of a traditional Mexican molinillo (beater) in the chocolate beverage preparation process". *Food and Bioproducts Processing*. 2014, [en línea]:< <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2013.12.007>>.
- [9] HURST, W.J., *et al.* "Cacao usage by the earliest Maya civilization". *Nature, Brief communications*, 2002, 418, pp. 289-290.
- [10] KAUFMAN, T., Justeson, J. "The history of the word for cacao in ancient Mesoamerica". *Ancient Mesoamerica*, 2007, 18, pp. 193-237.
- [11] NONDEDEO, P. "El chocolate entre fiestas y rituales mayas". *Revista Artes de México*. 2011, 103, pp. 36-45.
- [12] NORTON, M. Conquest of Chocolate. O.A.H. *Magazine of History*, 2004, 18:14-17.
- [13] SARKER, D.K., Bertrand, D., Chtioui, Y., Popineau, Y. "Characterization of foam properties using image analysis". *Journal of Texture Studies*, 1998, 29, pp. 15-42.
- [14] STROSS, B. "Food, foam and fermentation in Mesoamerica. Bubbles and the sacred state of inebriation". *Food, Culture and Society*, 2011, 14(4), pp. 477-501.
- [15] THAKUR, R.V., Vial, Ch., Djelveh, G. "Influence of operating conditions and impeller design on the continuous manufacturing of food foams". *Journal of Food Engineering*, 2003, 60, pp. 9-20.