



VII encuentro  
Participación de la  
Mujer  
en la Ciencia



## LA ULTRA PRESION DE HOMOGENIZACION (UHPH): UNA NUEVA TECNOLOGIA PARA LA CONSERVACION DE JUGOS

N. Cruz-Cansino<sup>b</sup>, M. T. Sumaya-Martínez<sup>a</sup>, E. Alanis-García<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Edificio de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit, México, [teresumaya@hotmail.com](mailto:teresumaya@hotmail.com)

<sup>b</sup> Grupo de investigación de Alimentos Funcionales y Nutraceuticos, Área Académica de Nutrición, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, [ernesto\\_alanisgarcia@hotmail.com](mailto:ernesto_alanisgarcia@hotmail.com), [cruz\\_cansino@hotmail.com](mailto:cruz_cansino@hotmail.com)

### RESUMEN

El estudio de nuevas tecnologías para el procesado de alimentos posee un gran interés para el desarrollo de la industria alimentaria ya que las nuevas tendencias de mercado hacen que tecnologías tradicionales como el tratamiento térmico sean sustituidas, en determinados productos, por tecnologías alternativas que eviten pérdidas nutritivas y cambios organolépticos y sensoriales de los productos alimenticios. Una de estas alternativas es la utilización de la ultra alta presión de homogenización (UHPH), opera sobre la misma base convencional de homogenización pero con magnitudes de presión considerablemente más altas (hasta 350 MPa). Es uno de los tratamientos de conservación de alimentos que está siendo desarrollado para su aplicación como un proceso para la producción de alimentos seguros y nutritivos. Se ha reportado que la UHPH produce varios cambios interesantes en alimentos relacionados especialmente con las propiedades físicas, la inactivación microbiológica y la preservación potencial de valor nutricional. Esta tecnología se ha estudiado principalmente en productos lácteos, sin embargo, poco se ha reportado por el procesamiento térmico de jugos, en los cuales podría mejorar la calidad de éstos, tanta al disminuir la carga microbiana, inactivar enzimas y estabilizar el color.

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los consumidores valoran positivamente aquellas características de los alimentos que les confieran mayor valor añadido, como son: la escasa manipulación del producto de partida, la ausencia de aditivos sintéticos y la conservación de las propiedades nutricionales y funcionales del alimento. Todo esto se puede lograr con un *procesado mínimo*, lo cual consiste en la aplicación de una serie de tecnologías (barreras) que combinadas o no, mantengan las características del alimento lo más cercanas posibles a las del producto fresco y que aumenten su vida útil. Dentro de este contexto surge el empleo de las tecnologías emergentes, como alternativa a los tratamientos térmicos tradicionales ya que permite reducir o eliminar la carga microbiana y los enzimas responsables del deterioro del alimento, alterando mínimamente tanto moléculas pequeñas (vitaminas, pigmentos, aminoácidos, compuestos antioxidantes, etc.) como macromoléculas (proteínas, carbohidratos, lípidos), todas ellas relacionadas con la calidad sensorial, nutricional, funcionalidad, reología y estabilidad del alimento (1). Entre estas tecnologías emergentes se encuentra la ultra alta presión de homogenización (UHPH). La UHPH es una tecnología basada en los mismos principios de diseño de la homogenización convencional pero que permite alcanzar presiones muy superiores, de hasta 300-400 MPa. La homogenización convencional se ha utilizado desde hace muchos años en la industria láctea, con presiones entre 18 y 20 MPa, para reducir el tamaño del glóbulo graso, con el fin de evitar el desnatado y la coalescencia de la grasa durante el período de almacenamiento de la leche o la elaboración de yogurt y, en los productos lácteos como natas y helados, obtener una emulsión fina con propiedades precisas de textura y un alto grado de estabilidad (2). La alta presión de homogenización (HPH) fue usada inicialmente en la industria química, cosmética y farmacéutica, aplicando presiones de entre 20 y 50 MPa, para preparar o estabilizar emulsiones y suspensiones y modificar sus propiedades reológicas (3). Más tarde se introdujo



VII encuentro  
Participación de la  
Mujer  
en la Ciencia



la aplicación de estas presiones moderadas en los alimentos, para cambiar las propiedades de las emulsiones (4). Posteriormente, se usaron presiones de 100 MPa para producir emulsiones de gotas muy finas (0,3-0,4  $\mu\text{m}$ ), recuperar proteínas y otros componentes de células microbianas (5). Con el paso del tiempo, la tecnología de homogenización ha evolucionado y la demanda de productos con mejor estabilidad ha generado avances tecnológicos como lo es la UHPH, que utiliza presiones superiores a las de la homogenización convencional (6). Se ha estudiado la aplicación de presiones de 200 y 300 MPa en la inactivación de microorganismos y enzima, en la modificación de las propiedades reológicas y en la prevención del cremado en productos lácteos (7). Otro enfoque en la aplicación de la UHPH es el efecto de ésta sobre las propiedades de coagulación, la viscosidad, la estructura y la textura del gel en productos derivados de la leche y soya (8). También se han encontrado interesantes resultados en estudios con jugo de manzana y naranja, en donde la inactivación microbiana es efectiva, así como la inactivación de enzimas como la pectinmetilesterasa y la reducción de hidroximetilfulfural, indicando que puede ser una alternativa a la pasteurización generando menos daño al producto (9).

## 2. FUNCIONAMIENTO DEL UHPH

El mecanismo de un homogeneizador de UHPH consiste de un generador de alta presión, ensamblado a una válvula diseñada especialmente para resistir la aplicación de presiones muy altas. En cualquier tipo de válvula de homogenización, el fluido procesado pasa a través de una sección convergente llamada espacio de la válvula, que es el espacio comprendido entre el cabezal y el asiento de la válvula. Este espacio puede reducirse aplicando más fuerza al cabezal para aproximarlo al asiento de la válvula, lo que incrementa el nivel de presión (10). El fluido es bombeado por un estrecho espacio a través del asiento contra el cabezal de la válvula, produciéndose un choque contra éste y el anillo de impacto, con lo que sufre una ultrarrápida depresión. Consecuentemente, se producen una combinación de fuerzas de cizalla, cavitación, turbulencia y coalescencia en la superficie del fluido que, entre otros efectos, puede causar la ruptura de las células microbianas (11). Debido al incremento de la presión y a la fricción, se produce también un aumento de temperatura de 2-2,5°C por cada 10 MPa, de manera que el grado de destrucción microbiana dependerá no sólo de la presión aplicada sino, también, de la temperatura alcanzada. Es posible jugar con el efecto térmico, minimizándolo o potenciándolo al máximo, dependiendo de la sensibilidad de la matriz y del objetivo que se pretenda alcanzar. Esto puede hacerse introduciendo el producto a bajas temperaturas y controlando el calentamiento en la válvula (modalidad sin efecto térmico), o de forma que la temperatura alcanzada durante la homogenización sea la máxima posible, introduciendo el producto a temperaturas iniciales a partir de 40°C (modalidad con efecto térmico), lo que permitirá alcanzar temperaturas muy superiores aunque durante un tiempo muy breve <0,7 s (12).

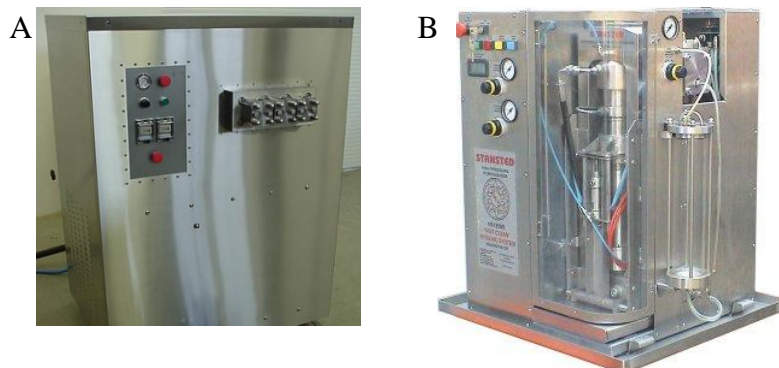


Figura 1. Homogenizadores de alta presión (A) Emulsiflex Avestin (B) Stansted Fluid Power.

El primer equipo de alta presión de homogenización que se introdujo en la industria alimentaria, en 1987, fue el *Microfluidizer*, patentado en 1985. Inicialmente alcanzaba presiones de 100



VII encuentro  
Participación de la  
Mujer  
en la Ciencia



MPa y más adelante, los nuevos equipos alcanzaron 300 MPa. Posteriormente se presentó otro diseño, el *Emulsiflex*, de la compañía *Avestin*, semejante a un homogenizador convencional pero con una válvula de diseño específico, que permite alcanzar presiones de 220 MPa (Figura 1A), y con prototipos en desarrollo para alcanzar hasta 500 MPa (3). Esta compañía actualmente produce equipos a nivel industrial que alcanzan 200 MPa. El homogenizador *Stansted* (Figura 1B) es un equipo que incorpora material cerámico en su válvula, que lo hace capaz de soportar presiones hasta 400 MPa. En este equipo, la geometría de la válvula ha sido modificada respecto a la de válvula clásica y el paso del fluido en el equipo *Stansted* se realiza de manera inversa. Esta nueva tecnología permite aumentar la presión de homogenización, debido a que el paso entre la válvula y el asiento en este diseño es mucho más estrecho (2-5  $\mu\text{m}$ ) que en una válvula convencional. Este homogenizador cuenta también con una segunda válvula neumática, localizada después de la primera válvula de cerámica, que tiene la capacidad de soportar presiones por encima de 50 MPa. Por lo tanto, se pueden realizar procesos utilizando la primera válvula de presión (primera etapa) o la segunda válvula de presión (segunda etapa) o una combinación de ambas.

### 3. EFECTO DE LA UHPH SOBRE EL COLOR DE LOS ALIMENTOS

La UHPH puede ocasionar cambios en los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . En leche se han observado aumentos en la claridad (valor  $L^*$ ) causados por los efectos sobre el glóbulo graso y las caseínas, al aplicar 100, 150 y 200 MPa (13). Por otro lado, estudios en leche de soya tratada por UHPH mostraron una apariencia ligeramente más oscura comparada con la leche de soya utilizada como producto base y leche de soya UHT. A su vez, la leche de soya tratada a 300 MPa presenta una disminución adicional de la luminosidad comparado con la tratada a 200 MPa. Los parámetros  $\Delta E$  UHT y  $\Delta E$  PB se evidencian que el licuado tratado a 300 MPa presentó la mayor diferencia total de color con las leches de soya producto base y UHT (14). En jugo de manzana se ha demostrado que se producen cambios de color en productos pasteurizados que al aplicar tratamientos por UHPH, indicando que es debido al tratamiento térmico, además otro dato importante que se presentan valores bajos de hidroximetilfulfural, el cual es un indicador importante de la frescura (15).

### 4. EFECTO DE LA UHPH SOBRE LOS MICROORGANISMOS.

La UHPH reduce la carga microbiana, debido a los mecanismos de caída brusca de la presión, torsión, cizalla, cavitación, choque de ondas, impacto y aumento de la temperatura del líquido durante la UHPH. Estos mecanismos actúan, principalmente, sobre la pared celular de los microorganismos, produciendo la ruptura de la membrana celular y ocasionando lesiones y la muerte celular. El efecto causado por la UHPH depende del tipo de microorganismo. Por un lado, las levaduras son más sensibles que las bacterias Gram-negativas a presiones de homogenización de 100 MPa, presentando el doble de reducción. Por otro lado, las bacterias Gram-positivas son más resistentes que las bacterias Gram-negativas al tratamiento UHPH. Presiones de 100 MPa, consiguen reducir 1 unidad logarítmica la población de *Streptococcus lactis*, mientras que la de *Escherichia coli* disminuye 3 unidades logarítmicas. Aplicando tratamientos de 300 MPa, se ha observado que *Staphylococcus aureus* es más resistente que *Yersinia enterocolitica*. También se ha demostrado que *S. lactis* es más resistente a la UHPH que *Bacillus subtilis*, indicando que la morfología de la bacteria (coco o bacilo) es otro factor que determina la resistencia al tratamiento UHPH (16,17).

Como ya se ha mencionado, el efecto térmico asociado al tratamiento UHPH también influye en la reducción microbiana. Por ejemplo, cuando se aplican 300 MPa en leche cruda, a temperaturas de entrada de 4 y 24°C, se consiguen 1 y 3 unidades logarítmicas de reducción, respectivamente. Otros autores reportan una reducción de 9 unidades logarítmicas de *Salmonella enteritidis* con un tratamiento de 200 MPa a temperatura de entrada de 55°C. En leche de soya tratada a 200 y 300 MPa también se mostró una reducción de la carga microbiana, las leches de soya tratadas a 200 y 300 MPa a temperatura de entrada de 40°C, disminuyeron su recuento total en 2,42 y 4,24 log UFC/ml, respectivamente. En relación a las esporas, la reducción fue de alrededor de 2 log UFC/ml; mientras que en la población de



VII encuentro  
Participación de la  
Mujer  
en la Ciencia



enterobacterias no se detectó ningún superviviente en ambos tratamientos de UHPH. La mayoría del efecto inactivador se consigue, probablemente, debido a la rápida caída de presión y está asociado a las fuerzas experimentadas en la válvula primaria, en la que se alcanza un 90% de la presión aplicada. En la segunda válvula se produce un efecto sinérgico, debido a fuerzas similares pero significativamente inferiores, que puede acabar de inactivar las células dañadas durante el paso por la primera válvula. Otro parámetro del tratamiento que aumenta la inactivación microbiana es el número de pases o ciclos a una misma presión (18).

El medio en el que está suspendido el microorganismo condiciona también el efecto de la UHPH. En un estudio que compara la inactivación en solución tampón y en leche, se observó que *Listeria monocytogenes* en solución tampón se inactiva completamente con 3 ciclos de presión a 300 MPa y temperatura de entrada de 25°C, mientras que son necesarios 5 ciclos si el microorganismo está suspendido en leche. Se ha observado también una mayor inactivación de *Listeria innocua* cuando está suspendida en leche que cuando está suspendida en jugo de naranja (19).

Por otra parte, se ha comparado el efecto de la UHPH con la pasteurización (90°C / 15 s) sobre la microbiota de la leche. Aplicando presiones a 200 y 300 MPa, con temperaturas de entrada de 30 y 40°C, el recuento total se reduce entre 3 y 4 log UFC/ml y los coliformes, enterococos y lactobacilos son completamente inactivados. Con ello, la UHPH consigue un 99,99% de reducción microbiana y un aumento de la vida útil de hasta 14 y 18 días en leches tratadas a 200 y 300 MPa, respectivamente, similares a las proporcionadas por la alta pasteurización (7). En jugo de manzana se han encontrado que tratamientos a 200 y 300 MPa, disminuye claramente la carga microbiana en un rango de 3.6 a 5.9 unidades logarítmicas, y podría ser una opción para preservar este jugo (20).

## 5. CONCLUSIONES

Actualmente, los consumidores valoran positivamente aquellas características de los alimentos que les confieran mayor valor añadido, como son la escasa manipulación del producto de partida; la ausencia de aditivos o el empleo de aditivos naturales; la conservación o potenciación de las propiedades nutricionales y de las cualidades beneficiosas para la salud. Todo ello conduce a los tecnólogos a investigar y desarrollar alimentos con un procesamiento mínimo, lo que consiste en la aplicación de una serie de tecnologías que, combinadas o no, garanticen la seguridad del alimento y aumenten su vida útil en términos microbiológicos, sensoriales y nutricionales a la vez que mantengan las características del producto final lo más cercanas posible a las del producto fresco. En comparación a los tratamientos térmicos tradicionales, en la UHPH se puede realizar el tratamiento con efecto térmico moderado o a temperatura controlada, con esto se conservan los parámetros de calidad nutricional y sensorial del producto original, mejorando a la vez las propiedades funcionales de los alimentos involucrados. Por lo tanto la UHPH puede ser una propuesta como un tratamiento alternativo a la pasteurización de productos como es la leche y jugos ya que permite reducir o eliminar la los enzimas responsables del deterioro del alimento, alterando mínimamente moléculas pequeñas relacionados con la calidad sensorial y nutricional.

## BIBLIOGRAFÍA

1. F. C. Blanco, P. M. Gómez Ronda, C. P. A. Caballero, "Técnicas avanzadas en el procesado y conservación de alimentos". (Universidad de Valladolid, 2006).
2. A. Desrumaux, J. Marcand, "Formation of sunflower oil emulsions stabilized by whey proteins with high-pressure homogenization (up to 350 MPa): Effect of pressure on emulsion characteristics". *Int. J. Food Sci. Tech.*, Vol.37, 2002, pp.263-269.
3. J. Floury, A. Desrumaux, J. Lardières, "Effect of high-pressure homogenization on droplet size distributions and rheological properties of model oil-in-water emulsions". *Inn. Food Sci. Emer. Tech.*, Vol. 1, 2000, pp. 127-134.



VII encuentro  
Participación de la  
Mujer  
en la Ciencia



4. A. J. Diels, L. Callewaert, E. Wuytack, B. Masschalck, C. Michiels, "Inactivation of *Escherichia coli* by high-pressure homogenisation is influenced by fluid viscosity but not by water activity and product composition". *Int. J. Food Micr.*, Vol. 101, 2005, pp. 281-291.
5. M. Thiebaud, E. Dumay, L. Picart, J. P. Guiraud, J. C. Cheftel, "High-pressure homogenisation of raw bovine milk. Effects on fat globule size distribution and microbial inactivation". *Int. Dairy J.*, Vol. 13, 2003, pp. 427-439.
6. L. Popper, D. Knorr, "Applications of high-pressure homogenization for food preservation". *Food Tech.*, Vol. 44, 1990, pp. 84-89.
7. J. Pereda, V. Ferragut, J. M. Quevedo, B. Guamis, A. J. Trujillo, "Effects of ultra-high pressure homogenization on microbial and physicochemical shelf life of milk". *J. Dairy Sci.*, Vol. 90, 2007, pp. 1081-1093.
8. L. Picart, M. Thiebaud, M. Rene, J. P. Guiraud, J. C. Cheftel, E. Dumay, "Effects of high pressure homogenisation of raw bovine milk on alkaline phosphatase and microbial inactivation. A comparison with continuous short-time thermal treatments". *J. Dairy Res.* Vol.73, 2006, pp. 454-463.
9. A. Zamora, V. Ferragut, P. D. Jaramillo, B. Guamis, A. J. Trujillo, "Effects of ultra-high pressure homogenization on the cheese-making properties of milk". *J. Dairy Sci.* Vol. 90, 2007, pp. 13-23.
10. J. Flourey, J. Bellettre, J. Legrand, A. Desrumaux, "Analysis of a new type of high pressure homogenizer. A study of the flow pattern" *Chemical Engineering Sc*, Vol. 59, 2004a, pp. 843-853.
11. J. Flourey, J. Legrand, A. Desrumaux, "Analysis of a new type of high pressure homogenizer. Part B. Study of droplet break-up and re-coalescence phenomena" *Chemical Engineering Sc*, Vol. 59, 2004b, pp. 1285-1294.
12. B. Guamis, A. Trujillo, V. Ferragut, L. Daoudy, "Aplicaciones de las altas presiones en la industria alimentaria. En: *Técnicas avanzadas de procesamiento y conservación de alimentos*", (Universidad de Valladolid, 2006).pp. 61-76.
13. M. G. Hayes, A. L. Kelly, " High pressure homogenisation of raw whole bovine milk (a) effects on fat globule size and other properties". *J. Dairy Res.*, Vol. 70, 2003a, pp. 297-305.
14. N. Cruz, M. Capellas, M. Hernández, A. J. Trujillo, B. Guamis, V. Ferragut, "Ultra high pressure homogenization of soymilk: Microbiological, physicochemical and microstructural characteristics". *Food Res. Int.*, Vol.40, 2007, pp. 725-732
15. J. Saldo, A. Suárez-Jacobo, R. Gervilla, B. Guamis, A. X. Roig-Sagués, "Use of ultra-high-pressure homogenization to preserve apple juice without heat damage". *High pressure research*, Vol.29:1, 2010, pp. 52-56.
16. R. Lanciotti, F. Gardini, M. Sinigaglia, M. E. Guerzoni, "Effects of growth conditions on the resistance of some pathogenic and spoilage species to high pressure homogenization". *Lett Appl. Micr.*, Vol. 22, 1996, pp. 165-168.
17. R. Lanciotti, M. Sinigaglia, P. Angelini, M. E. Guerzoni, "Effects of homogenization pressure on the survival and growth of some food spoilage and pathogenic micro-organisms". *Lett App. Micr.*, Vol.18, 1994; pp. 319-322.
18. J. F. Vachon, E. E. Kheard, J. Giasson, P. Paquin, I. Fliss, "Inactivation of foodborne pathogens in milk using dynamic high pressure". *J. Food Prot.*, Vol.8, 2002, pp. 345-352.
19. W. J. Briñez, A. X. Roig-Sagues, M. Hernández, B. Guamis, "Inactivation of *Listeria innocua* in milk and orange juice by ultrahigh-pressure homogenization". *J. Food Prot.*, Vol. 69, 2006, pp. 86-92.
20. A. Suárez-Jacobo, R. Gervilla, B. Guamis, A. X. Roig-Sagués, J. Saldo, "Microbial inactivation by ultra high-pressure homogenisation on fresh apple juice. High pressure research", Vol. 29: 1, 2010b, pp. 46-51