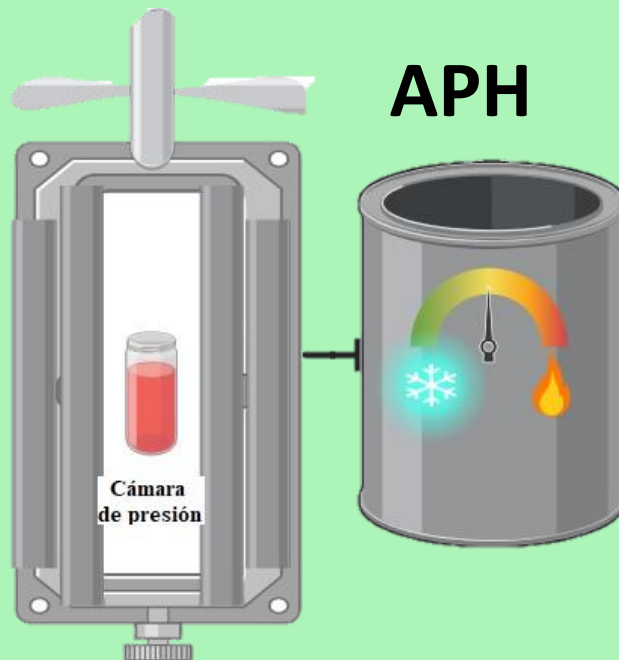


Avances y aplicaciones de las tecnologías no térmicas en el procesamiento de alimentos



Rogelio Sánchez-Vega
Universidad Autónoma de
Chihuahua

RESUMEN

Los tratamientos térmicos, como la pasteurización, son los más comunes para procesar y conservar alimentos, debido a su eficiencia en la inactivación enzimática y eliminación microbiana. Sin embargo, el calor afecta las propiedades nutricionales y sensoriales (sabor, color y textura) de los alimentos. Las tecnologías de procesamiento no térmico, como las altas presiones hidrostáticas, pulsos eléctricos y ultrasonido han demostrado reducir la pérdida de nutrientes y eliminar microorganismos.

Altas presiones hidrostáticas (APH)

El término “hidrostático” hace referencia al equilibrio que ocurre en los fluidos que son sometidos a la acción de una presión. Cuando se aplica una fuerza o una presión a un líquido, como el agua, esta tiene la capacidad de transportar la fuerza de forma homogénea hacia el alimento (Martínez-Monteagudo & Balasubramaniam,

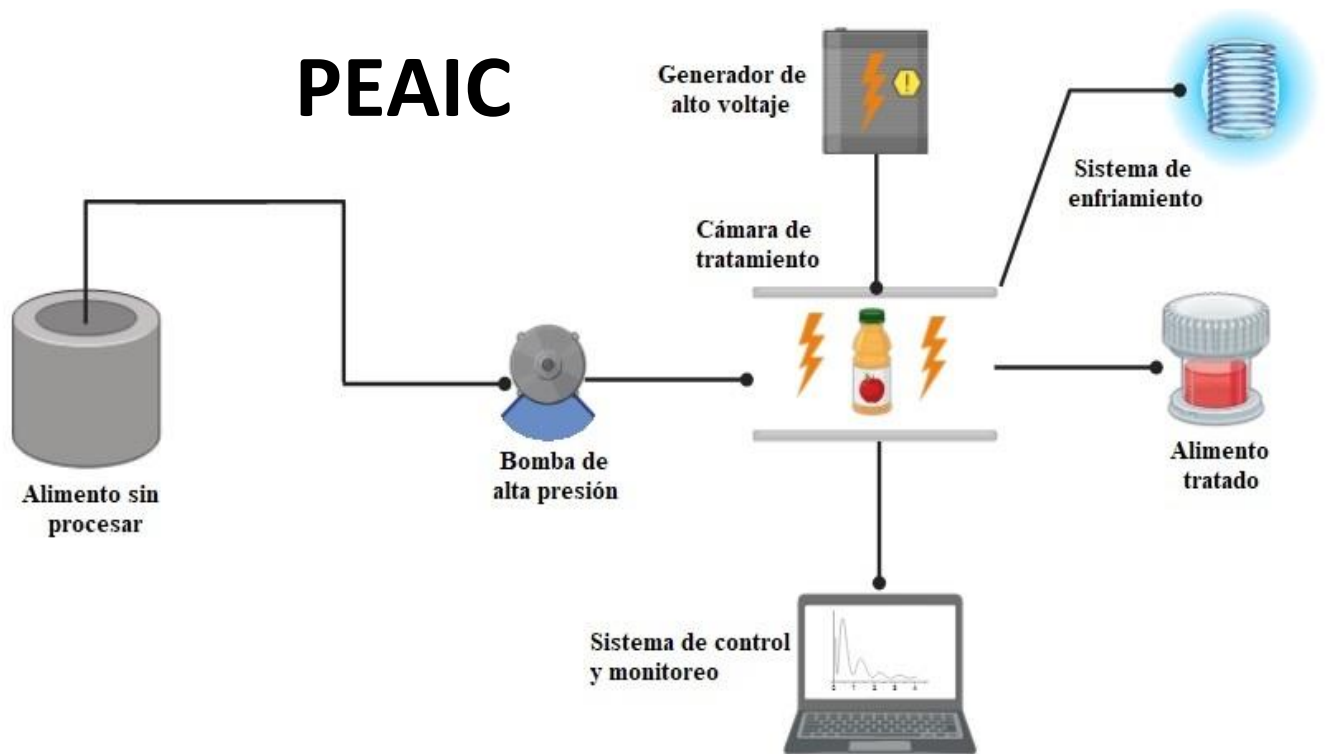
2016). Esta presurización, que se transmite de forma isostática, provoca una reducción de volumen, que obedece al principio de Le Chatelier (Braspaiboon & Laokuldilok, 2024).

Las APH afectan la integridad de las moléculas al alterar la distancia de las interacciones, tales como las fuerzas de van der Waals, fuerzas electrostáticas, interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrógeno, lo cual modifica el

balance entre las fuerzas de atracción y repulsión. Por el contrario, los enlaces covalentes no son afectados por las APH (Martínez-Monteagudo & Balasubramaniam, 2016).

En el caso de los microorganismos, las APH ocasionan alteraciones estructurales durante la presurización, sin incrementos importantes de la temperatura. Esto garantiza la seguridad y calidad de los alimentos, conservando su color, sabor y apariencia fresca, ya que no afectan de forma significativa a los compuestos responsables del sabor, ni a los nutrientes presentes en los alimentos; pero si es eficaz en la eliminación de bacterias, hongos y esporas; así como en la inactivación de enzimas (Dangal et al., 2024).

El procesamiento por APH, comúnmente se lleva a cabo entre 300 y 600MPa. El sistema de APH consiste de una cámara de presión, un generador de presión, y un sistema de cerramiento y de medición de la temperatura (Dangal et al., 2024). En la actualidad, las APH se aplican a una gran variedad de productos alimenticios, que van desde sólidos (embutidos, mariscos), líquidos (leche, jugos, purés), con un alto contenido de grasa o carbohidratos (guacamole, tubérculos, mermeladas), entre otros. La única condición, es que estos productos deben estar envasados al vacío y en empaques que resistan las APH.



Pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC)

En general, se distinguen dos tipos de tratamiento aplicando pulsos eléctricos: de baja (aplicados a alimentos sólidos), y alta intensidad (aplicados a alimentos líquidos). Esta revisión se enfocará en los pulsos de alta intensidad de campo (PEAIC).

Un pulso eléctrico consiste en una ráfaga de energía eléctrica de alto voltaje (10-50 kV/cm), durante corto tiempo, del orden de micro-segundos (<10 μ s),

aplicada a alimentos líquidos cuando estos pasan a través de dos electrodos (Ho & Mittal, 2000). Los PEAIC se desarrollan a temperaturas bajas o moderadas, sin cambios significativos en la calidad nutricional y sensorial de los alimentos (Barsotti et al., 1999; Góngora-Nieto et al., 2002).

Los componentes principales de un sistema PEAIC son: generador de corriente eléctrica, interruptores, sistema de enfriamiento, y cámaras de tratamiento (Barsotti et al., 1999). Los parámetros que influyen en la eliminación de bacterias e inactivación de enzimas son: intensidad de campo eléctrico, tiempo

de tratamiento, anchura de pulso, forma del pulso, que puede ser cuadrado o de caída exponencial, y polaridad (mono- o bipolar) (Ho & Mittal, 2000).

La reducción de la carga microbiana ocurre cuando el campo eléctrico es lo suficientemente fuerte para ocasionar cambios estructurales en la membrana, aumenta su permeabilidad y como consecuencia hay formación de poros (electroporación), lo que ocasiona un daño irreversible de la membrana celular, y como consecuencia, la muerte del microorganismo (Ho & Mittal, 2000).

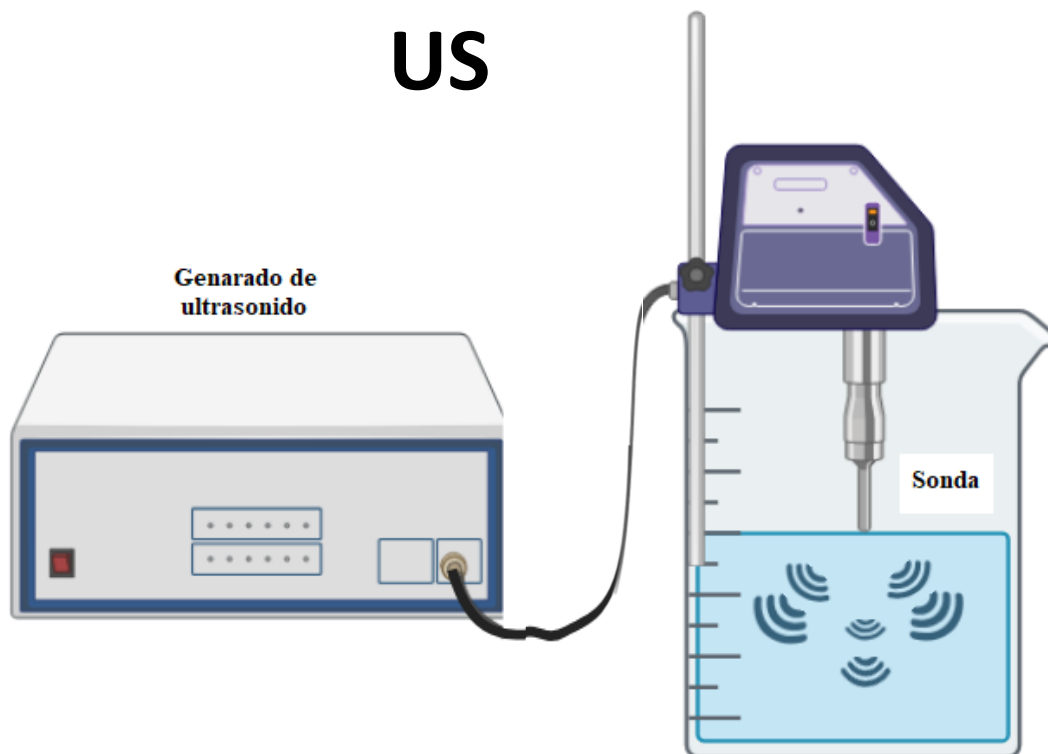
La reducción de la carga microbiana ocurre cuando el campo eléctrico es lo suficientemente fuerte para ocasionar cambios estructurales en la membrana, aumenta su permeabilidad, como consecuencia hay formación de poros que ocasionan un daño irreversible de la membrana celular.

Ultrasonido (US)

El procesamiento por ultrasonido (US) se basa en el uso de ondas acústicas con frecuencias superiores al umbral auditivo humano. Estas ondas se propagan a través de un material, el cual generalmente es un medio líquido (Beitia et al., 2022).

El US tiene un rango de frecuencia entre 20 Hz y 1 GHz, rango que está por encima del umbral de audición humana. En función de la intensidad y frecuencia de las ondas, se distinguen dos tipos de US aplicados en alimentos: de alta frecuencia y baja frecuencia. El US de alta intensidad utiliza intensidades de US $>3 \text{ W/cm}^2$, y los de baja intensidad $<3 \text{ W/cm}^2$. Así mismo, se pueden clasificar en US de baja frecuencia y alta potencia (20–100 kHz); de frecuencia media y potencia media (100 kHz–1 MHz); y alta frecuencia y baja potencia (1–100 MHz). El US de baja intensidad es una técnica no destructiva; mientras que el US de alta intensidad, modifica las propiedades físicas y químicas de los alimentos, daña las estructuras celulares, y por ello también elimina microorganismos (Chávez-Martínez et al., 2020).

El US combinado con calor se denominan termosonicación, pero si también se añade presión, entonces se conocen como manotermosonicación, y se pueden aplicar de forma directa o indirecta. El modo directo es aproximadamente 100 veces más potente que el indirecto, ya que la energía fluye



desde el transductor a la muestra. Sin embargo, la aplicación directa tiene mayor riesgo de contaminación, ya que la sonda se sumerge directamente en el líquido, mientras que la técnica indirecta se realiza en baños (Chávez-Martínez et al., 2020).

Nuevas tendencias en el procesamiento no térmico de los alimentos

Como parte de la economía circular, se ha reconocido la importancia del reciclaje y revalorización de residuos agroindustriales, los cuales son una fuente importante de polifenoles, pigmentos, pectina, fibra, entre otros. Tecnologías como APH y US tienen la ventaja de no requerir el uso de solventes, reduce costos y no incrementan la temperatura de extracción, por lo que mejora, o no afecta la calidad de los extractos.

Referencias:

- Barsotti, L., Merle, P., & Cheftel, J. C. (1999). Food processing by pulsed electric fields. I. Physical aspects. *Food Reviews International*, 15(2), 163-180.
- Beitia, E., Gkogka, E., Chanos, P., Hertel, C., Heinz, V., et al. (2023). Microbial decontamination assisted by ultrasound-based processing technologies in food and model systems: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(4), 2802-2849.
- Braspai boon, S., & Laokuldilok, T. (2024). High Hydrostatic Pressure: Influences on Allergenicity, Bioactivities, and Structural and Functional Properties of Proteins from Diverse Food Sources. *Foods*, 13(6), 922.
- Chávez-Martínez, A., Reyes-Villagrana, R.A., Rentería-Monterrubio, A.L., Sánchez-Vega, R., Tirado-Gallegos, J.M., & Bolívar-Jacobo, N.A. (2020). Low and high-intensity ultrasound in dairy products: applications and effects on physicochemical and microbiological quality. *Foods*, 9(11), 1688.
- Dangal, A., Timsina, P., Dahal, S., Rai, K., & Giuffrè, A. M. (2024). Advances in Non-thermal Food Processing Methods-Principle Advantages and Limitations for the Establishment of Minimal Food Quality as well as Safety Issues: A Review. *Current Nutrition & Food Science*, 20(7), 836-849.
- Góngora-Nieto, M.M., Sepúlveda, D.R., Pedrow, P., Barbosa-Cánovas, G.V., & Swanson, B.G. (2002). Food processing by pulsed electric fields: treatment delivery, inactivation level, and regulatory aspects. *LWT-Food Science and Technology*, 35(5), 375-388.
- Ho, S., & Mittal, G.S. (2000). High voltage pulsed electrical field for liquid food pasteurization. *Food Reviews International*, 16(4), 395-434.
- Martínez-Monteagudo, S. I., & Balasubramaniam, V. M. (2016). Fundamentals and applications of high-pressure processing technology. High pressure processing of food: Principles, technology and applications, 3-17.

RESEÑA DEL AUTOR:

Profesor-Investigador de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), nivel I. Miembro del cuerpo académico UACH-CA-03 *Tecnología de Productos de Origen Animal*. Líneas de investigación: Conservación y procesamiento no térmico de alimentos, alimentos funcionales y aprovechamiento de subproductos agroindustriales.