

Capítulo 2 Conservación de alimentos utilizando la tecnología de altas presiones hidrostáticas

Chapter 2 Food preservation using high hydrostatic pressures technology

SANDOVAL-SALAS, Fabiola†*, MÉNDEZ-CARRETO, Carlos, BARRALES-FERNÁNDEZ, Christell y ORTEGA-AVILA, Graciela

Tecnológico Nacional de México/ITS de Perote, Laboratorio de Investigación

ID 1^{er} Autor: *Fabiola, Sandoval-Salas* / **ORC ID:** 0000-0001-9267-4974, **CVU CONACYT ID:** 71814

ID 1^{er} Coautor: *Carlos, Méndez-Carreto* / **ORC ID:** 0000-0002-2897-4453, **CVU CONACYT ID:** 227409

ID 2^{do} Coautor: *Christell, Barrales-Fernández* / **ORC ID:** 0000-0002-9909-7572, **CVU CONACYT ID:** 697471

ID 3^{er} Coautor: *Graciela, Ortega-Avila* / **ORC ID:** 0000-0002-9395-246X, **CVU CONACYT ID:** 1019267

DOI: 10.35429/H.2022.1.17.22

F. Sandoval, C. Méndez, C. Barrales y G. Ortega

*investiga.itspe@gmail.com

L. Ortiz, F. Sandoval, G. Morales y C. Arcila (VV. AA.). Tecnologías Emergentes Aplicadas en Alimentos. Handbooks-TI-©ECORFAN-Mexico, 2022.

Abstract

A major challenge in food processing is the preservation of flavors and nutritional properties. Therefore, it is important to maintain the characteristics of the food when it undergoes a transformation process or its shelf life is increased. In the food industry, it is common to use methods that guarantee human health and to maintain organoleptic properties in food. In addition, it also seeks to use methods that do not harm the environment and consume less energy. Traditional preservation methods have disadvantages such as high energy consumption, lower efficiency and do not guarantee acceptability against the constant evolution of microorganisms. On the other hand, new technologies have been developed to cover the shortcomings of traditional methods, such as electromagnetic, acoustic and biological technologies, and have the advantage that they can complement each other. In the specific case of high hydrostatic pressures treatment, it can be complemented with other emerging technologies to increase the efficacy of preservation method and maintain the properties of foods. For that reason, the aim of this book chapter is to describe the high hydrostatic pressures method and their combination with other emerging technologies applied to the food industry, as well as its advantages and disadvantages in each case.

Hydrostatic high pressures, Foods preservation, Emerging technologies

Resumen

Un desafío importante en el procesamiento de alimentos es la preservación de los sabores y las propiedades nutricionales. Por ello, es importante mantener las características del alimento cuando se somete a un proceso de transformación o se aumenta su vida útil. En la industria alimentaria es habitual utilizar métodos que garanticen la salud humana y mantengan las propiedades organolépticas de los alimentos. Además, también se busca utilizar métodos que no dañen el medio ambiente y que consuman menos energía. Los métodos de conservación tradicionales tienen desventajas como un alto consumo de energía, una menor eficiencia y no garantizan la aceptabilidad frente a la constante evolución de los microorganismos. Por otra parte, se han desarrollado nuevas tecnologías para cubrir las carencias de los métodos tradicionales, como las tecnologías electromagnética, acústica y biológica, y tienen la ventaja de que pueden complementarse entre sí. En el caso específico del tratamiento con altas presiones hidrostáticas, se puede complementar con otras tecnologías emergentes para aumentar la eficacia del método de conservación y además, mantener las propiedades de los alimentos. Por ello, el objetivo de este capítulo de libro es describir el método de las altas presiones hidrostáticas y su combinación con otras tecnologías emergentes aplicadas a la industria alimentaria, así como sus ventajas y desventajas en cada caso.

Altas presiones hidrostáticas, Conservación de alimentos, Tecnologías emergentes

2.1 Introducción

En la industria de los alimentos, uno de los principales retos es la preservación de los mismos, y no sólo incluye incrementar su vida de anaquel, sino que además se busca mantener las propiedades nutricionales y organolépticas de los mismos; además, también se busca emplear métodos que no dañen el medio ambiente y empleen una menor cantidad de energía. Es por ello, que se han desarrollado diversos métodos que satisfagan las necesidades del consumidor y que además se cumplan con la normativa ecológica.

El presente capítulo se enfoca en describir en qué consiste el método de altas presiones hidrostáticas y su combinación con otras tecnologías emergentes, aplicadas a la industria de los alimentos, así como sus ventajas y desventajas en cada caso.

2.2 Altas presiones hidrostáticas como método de conservación

2.2.1 Tecnologías de la conservación de alimentos

Desde tiempos remotos, la tecnología de la conservación de los alimentos ha sido una opción para preservar la comida durante prolongados períodos de tiempo. Se han empleado diferentes métodos, con la finalidad de inhibir la acción de los microorganismos, mantener la apariencia de los alimentos y reducir al mínimo las reacciones químicas de deterioro (Mustafa y Lee, 2017; Gómez-Estaca *et al.*, 2018; Misiou *et al.*, 2018; Abera, 2019; Komora *et al.*, 2020).

Los métodos a utilizar pueden ser independientes o continuos, dependiendo del tipo de alimento y la presentación del mismo. Algunos de los métodos tradicionales de conservación se han mantenido hasta la fecha, debido a que suelen emplear una menor cantidad de energía y dejan una menor huella de carbono; además de permitir la conservación de aspectos como el color, sabor, textura, micronutrientes y valor nutricional (Mukhopadhyay *et al.*, 2017; Abera, 2019; Komora *et al.*, 2020). Más recientemente, la preservación de los alimentos, se enfoca en conservar los nutrientes, una apariencia natural y fresca en aquellos alimentos que pasan por un mínimo de procesamiento o que no necesariamente dependen de temperaturas de congelación, se suelen utilizar altas presiones hidrostáticas en combinación con métodos de conservación naturales (Mukhopadhyay *et al.*, 2017; Jakobi *et al.*, 2018; Abera, 2019; Komora *et al.*, 2020; Govaris and Pexara, 2021).

De los diferentes métodos de conservación se encuentran el tratamiento a altas presiones hidrostáticas, el cual hace referencia a utilizar altas temperaturas y presión para eliminar los factores de deterioro de los alimentos, como lo es la acción de los microorganismos y las enzimas (Mukhopadhyay *et al.*, 2017; Augusto *et al.*, 2018; Lopes *et al.*, 2018; Abera, 2019; Ishikawa *et al.*, 2019). El método de altas presiones hidrostáticas, es una tecnología para la preservación de alimentos, incrementando la seguridad y vida de anaquel, ya sea en condiciones de refrigeración, bajas temperaturas e incluso temperaturas moderadamente elevadas (Argyri *et al.*, 2018; Monteiro *et al.*, 2018; Tamber, 2018; Govaris and Pexara, 2021). Para que sea efectivo, se tiene que tomar en cuenta factores como los procesos utilizados, tipo de bacterias (tipo Gram), etapas de crecimiento microbiano, pH, características del alimento, entre otras (Argyri *et al.*, 2018; Abera, 2019). Los tratamientos a altas presiones tienen ventajas sobre los tratamientos convencionales debido a que los productos son conservados más asequiblemente, además de que con un menor tiempo de procesamiento se conserva la calidad del alimento y la flora microbiana se mantiene bajo control (Gómez-Estaca *et al.*, 2018; Misiou *et al.*, 2018; Abera, 2019; Houryeh, 2021). Posterior a ello, los alimentos son congelados o llevados al siguiente nivel (Augusto *et al.*, 2018). Este procesamiento térmico de alimentos es efectivo para el control de patógenos, aunque se tienen importantes cambios en las propiedades organolépticas del mismo, es por ello que los avances tecnológicos están enfocados en encontrar las condiciones óptimas de operación, para mantener la relación logarítmica entre el tiempo y la temperatura, y se mejore la apariencia y sabor (Mukhopadhyay *et al.*, 2017; Barba *et al.*, 2018).

2.2.2 Tecnologías emergentes de la conservación de los alimentos

Para contrarrestar los efectos del procesamiento térmico, se han implementado tecnologías emergentes, las cuales incluyen tecnologías físicas (presión no-isostática, presión dinámica, membranas de filtración, CO₂ de fase densa), tecnologías electromagnéticas (pulsos eléctricos, descargas de alto voltaje, electrolisis química, microondas, pulsos eléctricos de frecuencias de radio, calentamiento óhmico, infrarrojo, oscilación de campos magnéticos), tecnologías acústicas (ultrasonido, ondas de choque) y tecnologías biológicas (uso de enzimas) (Mukhopadhyay *et al.*, 2017; Barba *et al.*, 2018). Las características de estas tecnologías se observan en la tabla 2.1

En las tecnologías físicas, las condiciones de operación de presión y temperatura definen las características finales de los alimentos, usar altas presiones isostáticas y no-isostáticas, donde sólo se utiliza un solo rango de temperatura y presión, garantiza la inactivación microbiana, sin embargo, al realizarse dentro del empaque final del alimento, puede ocasionar problemas de compresión y conservación de líquidos en el mismo empaque. Por otra parte, en condiciones dinámicas, elimina los inconvenientes de las presiones isostáticas, sin embargo, cambiar entre rangos de temperatura puede interferir en las propiedades organolépticas de los alimentos (Barba *et al.*, 2018).

Por otra parte, las tecnologías electromagnéticas, garantizan la eliminación de patógenos al actuar directamente a nivel celular, desestabilizando la membrana celular y con ello eliminar el agente patógeno, sin embargo, en algunos casos ese efecto no es tan efectivo (Barba *et al.*, 2018). En cuanto a las tecnologías acústicas, su utilización requiere de una alta inversión, por ello es de las menos utilizadas; sin embargo, con los avances tecnológicos, algunos componentes reducen sus costos, haciéndola más exequible para su utilización (Mondanese *et al.*, 2018). Las tecnologías biológicas suelen emplear tratamiento de altas presiones en combinación con compuestos como películas plásticas (de origen biológico), enzimas, entre otros (Gómez-Estaca *et al.*, 2018; Jakobi *et al.*, 2018). En este caso el tratamiento de altas presiones tiene como resultado la hidrólisis parcial del almidón contenido en los alimentos, lo que altera su composición (Jakobi *et al.*, 2018).

Tabla 2.1 Comparación de las tecnologías emergentes combinadas con el tratamiento de altas presiones hidrostáticas

Tecnología de procesamiento	Ventajas	Desventajas	Ejemplos de aplicación	Referencia
Tecnologías Físicas				
Altas presiones hidrostáticas	Reduce la pérdida de líquidos, reduce la hidrólisis de los lípidos y mantienen las características del alimento. Efectivo para la reducción de Salmonella y otros microorganismos patógenos y virus	La coloración puede verse alterada, cambios en la textura.	Pescados, pollo, vegetales, cereales, jugos de frutas, ostras, carne, frutas	Argyri <i>et al.</i> , 2018; Schmit <i>et al.</i> , 2018; Cartagena <i>et al.</i> , 2020
Presión isostática	Los alimentos son procesados en el mismo empaque. Conservan su tamaño y forma	El espacio que queda entre el producto y el empaque afecta la compresibilidad.	Jugos,	Barba <i>et al.</i> , 2018; Tavares <i>et al.</i> , 2021
Presión dinámica	En alimentos líquidos se obtienen mejores resultados al incrementar la temperatura y la presión.	El incremento de los rangos de temperatura provoca la emulsificación.	Leche,	Barba <i>et al.</i> , 2018
Pasteurización	Se reduce la aparición de patógenos durante el tiempo de almacenamiento. El tiempo de procesamiento se ve reducido	La utilización de altas presiones es menos efectivo que la ultrapasteurización para el control de <i>L. monocytogenes</i>	Lácteos	Lopes <i>et al.</i> , 2018; Auonwu <i>et al.</i> , 2019; Komora <i>et al.</i> , 2020
Tecnologías Electromagnéticas				
Pulsos eléctricos	Los pulsos eléctricos afectan directamente en la membrana celular. Se tiene retención de los sabores, nutrientes, y sabor fresco.	La composición de los alimentos puede interferir con el efecto de los pulsos. El efecto sobre la membrana es reversible.	Frutas	Barba <i>et al.</i> , 2018; Radojcin <i>et al.</i> , 2021
Radiación no ionizante	Destruye patógenos y microorganismos toxigénicos, alto poder de penetración	Ligeros cambios en la coloración y calidad en algunos alimentos	Cereales	Schimit <i>et al.</i> , 2018
Microondas	Utiliza un menor tiempo y temperatura durante el procesamiento. Presenta una mejor difusión térmica en comparación con el calentamiento convencional.	La composición de los alimentos puede interferir con el efecto de las ondas. Una mala exposición provoca la no-inactivación de los microorganismos	Cereales, frutas	Schmit <i>et al.</i> , 2018
Pulsos eléctricos de frecuencias de radio	Presenta una mayor eficacia en alimentos líquidos debido al efecto de los campos eléctricos. El costo tecnológico es menor.	Aún no se ha profundizado en su estudio y su posible generación de factores adversos	Jugo de frutas	Pallarés <i>et al.</i> , 2021
Calentamiento óhmico	El efecto de los campos magnéticos promueve la inactivación de los microorganismos.	La efectividad depende de la relación del pulso electromagnético y la temperatura.	Frutas, verduras, jugos, carnes, mariscos, sopas, cremas y pasta	Barba <i>et al.</i> , 2018; Auonwu <i>et al.</i> , 2019
Infrarrojo	Tiene un menor consumo de energía. Distribuye de manera uniforme y homogénea la temperatura, mantiene al mínimo los cambios en los alimentos	Depende del volumen del alimento para el nivel de penetración	Pescados, mariscos	Ozkan <i>et al.</i> , 2019
Oscilación de campos magnéticos	Tecnología de bajo costo y fácil operación, no es necesaria altas temperaturas, se puede combinar con otras tecnologías, mitiga el crecimiento de microorganismos	Afecta la calidad de los alimentos, su acción se ve limitada por el tipo de alimento	Lácteos, vegetales	Guo <i>et al.</i> , 2021
Tecnologías Acústicas				
Ultrasonido	Redujo la presencia de <i>Listeria innocua</i> , puede combinarse con otras tecnologías	La textura del alimento se ve afectada	Lácteos	Pyatkovskyy <i>et al.</i> , 2018; Ozkan <i>et al.</i> , 2019
Luz UV	Reduce la carga microbiana, bajo costo, inactiva los patógenos, virus, protozoos, hongos y algas	Incrementa la oxidación de los lípidos, formación de cadaverina	Pescados, cereales, lácteos	Monteiro <i>et al.</i> , 2018; Schmit <i>et al.</i> , 2018
Tecnologías Biológicas				
Enzima endolisina	Se reduce la oxidación de los lípidos Conserva la textura	Hidrólisis del almidón	Pescados, papas	Misiou <i>et al.</i> , 2018; Jakobi <i>et al.</i> , 2018
Películas biológicas	Reduce la carga microbiana, incrementa la vida en anaquel. Protege las propiedades sensoriales y nutricionales	Se observa un poco de oxidación en lípidos.	Pescados, frutas	Gómez-Estaca <i>et al.</i> , 2018; Tavares <i>et al.</i> , 2021

Fuente de Consulta: Elaboración Propia

2.3 Conclusiones

La alimentación es una necesidad básica del ser humano, por ello es importante que cuando se someta a un proceso de transformación y/o incrementar su periodo de vida útil se conserven sus propiedades y características lo más cercano posible a su estado natural. En años recientes, el tratamiento a altas presiones hidrostáticas ha demostrado ser una herramienta que conserva las propiedades nutricionales y organolépticas de diferentes alimentos, a la vez que elimina factores como el deterioro de los alimentos, la acción de patógenos, principalmente. Sin embargo, se ha estudiado que complementarla con otras tecnologías, en su mayoría con enfoque ecológico, favorece la preservación de los alimentos, retiene los sabores y nutrientes, además de optimizar los recursos para su aplicación, siendo factible su aplicación en una amplia variedad de alimentos frescos y procesados.

2.4. Referencias

- Abera, G. (2019). Review on high-pressure processing of foods. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1568725. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1568725>
- Augusto, PED, Soares, BMC, Castanha, N. (2018). Chapter 1. Conventional technologies of food preservation. En *Innovative technologies for food preservation. Inactivation of spoilage and pathogenic microorganisms*. Barba, FJ, Sant'Ana, AS, Orlie, V, Koubaa, M. Elsevier and Academic Press, United Kingdom. 3-23 pp. ISBN: 978-0-12-811031-7. DOI : <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00177-8>
- Argyri, A. A., Papadopoulou, O. S., Nisiotou, A., Tassou, C. C., Chorianopoulos, N. (2018). Effect of high pressure processing on the survival of Salmonella Enteritidis and shelf-life of chicken fillets. *Food Microbiology*, 70, 55-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.08.019>
- Atuonwu, J. C., Tassou, S., Leadley, C., Bosman, A. (2019). Energy and quality performance assessment of emerging and conventional food preservation technologies. *Energy Procedia*, 161, 133-141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.071>
- Barba, FJ, Ahrné, L, Xanthakis, E, Landerslev, MG, Orlie, V. (2018). Chapter 2. Innovative technologies for food preservation. En *Innovative technologies for food preservation. Inactivation of spoilage and pathogenic microorganisms*. Barba, FJ, Sant'Ana, AS, Orlie, V, Koubaa, M. Elsevier and Academic Press, United Kingdom. 25-51 pp. ISBN: 978-0-12-811031-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811031-7.00002-9>
- Gómez-Estaca, J., López-Caballero, M. E., Martínez-Bartolomé, M. Á., de Lacey, A. M. L., Gómez-Guillen, M. C., Montero, M. P. (2018). The effect of the combined use of high pressure treatment and antimicrobial edible film on the quality of salmon carpaccio. *International journal of food microbiology*, 283, 28-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.015>
- Govaris, A., Pexara, A. (2021). Inactivation of foodborne viruses by high-pressure processing (HPP). *Foods*, 10(2), 215. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10020215>
- Guo, L., Azam, S. R., Guo, Y., Liu, D., Ma, H. (2021). Germicidal efficacy of the pulsed magnetic field against pathogens and spoilage microorganisms in food processing: An overview. *Food Control*, 108496.
- Ishikawa, D., Shigihara, I., Nakai, R., Tamate, H., Tsukada, Y., Fujii, T. (2019). High pressure induced effects on free amino acid generation in mung bean sprouts during preservation after trigger pressurization. *Food Science and Technology Research*, 25(1), 49-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108496>
- Jakobi, S., Jekle, M., Becker, T. (2018). High-pressure treatment of non-hydrated flour affects structural characteristics and hydration. *Foods*, 7(5), 78. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods7050078>
- Komora, N., Maciel, C., Pinto, C. A., Ferreira, V., Brandão, T. R., Saraiva, J. M., Castro, S. M., Teixeira, P. (2020). Non-thermal approach to *Listeria monocytogenes* inactivation in milk: The combined effect of high pressure, pediocin PA-1 and bacteriophage P100. *Food microbiology*, 86, 103315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103315>

- Khouryieh, H. A. (2021). Novel and emerging technologies used by the US food processing industry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 67, 102559. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102559>
- Lopes, R. P., Mota, M. J., Gomes, A. M., Delgadillo, I., Saraiva, J. A. (2018). Application of high pressure with homogenization, temperature, carbon dioxide, and cold plasma for the inactivation of bacterial spores: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17(3), 532-555.
- Modanese, C., Laine, H. S., Pasanen, T. P., Savin, H., Pearce, J. M. (2018). Economic advantages of dry-etched black silicon in passivated emitter rear cell (PERC) photovoltaic manufacturing. *Energies*, 11(9), 2337. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12311>
- Misiou, O., van Nassau, T. J., Lenz, C. A., Vogel, R. F. (2018). The preservation of *Listeria*-critical foods by a combination of endolysin and high hydrostatic pressure. *International journal of food microbiology*, 266, 355-362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.10.004>
- Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., Mano, S. B., da Silveira Alvares, T., Rosenthal, A., Lemos, M., Ferrari, E., Lázaro, C. A., Conte-Junior, C. A. (2018). Combined effect of high hydrostatic pressure and ultraviolet radiation on quality parameters of refrigerated vacuum-packed tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Scientific Reports*, 8(1), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27861-9>
- Mukhopadhyay, S, Ukuku, DO, Juneja, VK, Nayak, B, Olanya, M. (2017). Chapter 2. Principles of food preservation. En *Food microbiology and food safety. Research and development*. Juneja VK, Dwivedi, HP, Sofos, JN. Springer, USA. 17-39 pp. ISBN 978-1-4939-7556-3. URL: <https://www.springer.com/series/11568>
- Mustafa, A, Lee, JH. (2017). Chapter 1. Food preservation and safety. En *Food microbiology and food safety. Research and development*. Juneja VK, Dwivedi, HP, Sofos, JN. Springer, USA. 1-5 pp. ISBN 978-1-4939-7556-3. URL: <https://www.springer.com/series/11568>
- Ozkan, G., Guldiken, B., Capanoglu, E. (2019). Effect of novel food processing technologies on beverage antioxidants. *Processing and Sustainability of Beverages*, 413-449. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815259-1.00012-4>
- Pallares, N., Berrada, H., Tolosa, J., Ferrer, E. (2021). Effect of high hydrostatic pressure (HPP) and pulsed electric field (PEF) technologies on reduction of aflatoxins in fruit juices. *LWT*, 142, 111000. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111000>
- Pyatkovskyy, T. I., Shynkaryk, M. V., Mohamed, H. M., Yousef, A. E., Sastry, S. K. (2018). Effects of combined high pressure (HPP), pulsed electric field (PEF) and sonication treatments on inactivation of *Listeria innocua*. *Journal of Food Engineering*, 233, 49-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.04.002>
- Radojčin, M., Pavkov, I., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Wiktor, A., Stamenković, Z., Keselj, K., Gere, A. (2021). Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A review. *Processes*, 9(1), 132. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9010132>
- Schmidt, M., Zannini, E., Arendt, E. K. (2018). Recent advances in physical post-harvest treatments for shelf-life extension of cereal crops. *Foods*, 7(4), 45. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods7040045>
- Tamber, S. (2017). Population-wide survey of *Salmonella enterica* response to high-pressure processing reveals a diversity of responses and tolerance mechanisms. *Applied and environmental microbiology*, 84(2), e01673-17. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01673-17>
- Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L. G., Lima, V., Amaral, R. A., Pinto, C. A., Silva, A. M., Saraiva, J. A. (2021). Fresh fish degradation and advances in preservation using physical emerging technologies. *Foods*, 10(4), 780. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10040780>