



Tecnologías para la Industria Alimentaria – Altas presiones hidrostáticas



Ministerio
de Economía
República Argentina

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca

Tecnología de altas presiones hidrostáticas

La integración de tecnología en la industria alimentaria es fundamental para aumentar la competitividad, optimizar procesos, reducir costos y garantizar productos de alta calidad. Por este motivo, desde la Dirección Nacional de Alimentos y Desarrollo Regional hemos elaborado esta ficha, que ofrece un análisis integral sobre el uso, la disponibilidad, las consideraciones regulatorias, la legislación aplicable y las oportunidades que esta tecnología presenta en mercados nacionales e internacionales. Esta herramienta busca proporcionar soluciones innovadoras adaptadas tanto a pequeñas como a grandes empresas.

ÍNDICE

Tecnología de altas presiones hidrostáticas	03
Fundamentos de la Tecnología HPP	04
Efecto de las altas presiones sobre las células microbianas	04
Efecto de las Altas Presiones sobre los componentes del alimento	05
Agua	05
Hidratos de Carbono	05
Proteínas	06
Lípidos	06
Ventajas y desventajas	06
Ventajas	06
Desventajas y limitaciones	07
Proceso de pasteurización por altas presiones	07
Etapas del proceso	07
Equipos de alta presión para procesamiento de alimentos	08
Aplicaciones	10
Marco normativo y acceso a mercados	12

* Imagen de tapa extraída de <https://www.hiperbaric.com/es/>

Tecnología de altas presiones hidrostáticas



El desarrollo de métodos de conservación de alimentos que no requieran la aplicación de altas temperaturas es uno de los principales desafíos de la industria alimentaria.

Los tratamientos térmicos (pasteurización, escaldado, esterilización), resultan eficaces para aumentar la vida útil pero pueden acarrear efectos indeseables como la alteración del sabor, aroma o color y la disminución del valor nutritivo del alimento.

Existen diversos tratamientos de conservación no térmicos, como altas presiones, ultrasonido, pulsos eléctricos de alta intensidad, campos magnéticos oscilantes, entre otros.

De todos ellos, la tecnología de pasteurización por altas presiones hidrostáticas (HPP por sus siglas en inglés), es la que ha tenido mayor aplicación industrial y la cual actualmente se aplica en diversos sectores alimentarios.

Además, presenta un gran potencial para ser utilizada en la generación de nuevos productos y como solución a importantes problemas de la industria alimentaria.

La técnica consiste en aplicar muy elevadas presiones sobre el alimento ya envasado, con el objetivo de eliminar los microorganismos patógenos y alteradores, e inactivar enzimas, manteniendo las características del producto fresco y garantizando su seguridad alimentaria.

La aplicación más utilizada a nivel comercial es la pasteurización fría, que sería comparable a la efectividad de la UAT.

Los primeros trabajos de investigación sobre los efectos de aplicar alta presión sobre alimentos fueron realizados hacia finales del siglo XIX.

Pese a que dichos resultados fueron sumamente positivos la difusión masiva de la técnica de altas presiones para la conservación de alimentos se presentó a partir de 1980. Diez años más tarde salió a la venta el primer producto tratado por tecnología HPP en Japón. En los años sucesivos la cantidad de productos conservados mediante tratamientos de altas presiones aumentó progresivamente en los países desarrollados, a la vez que continuaron los proyectos de investigación y desarrollo sobre esta tecnología debido al gran potencial que presenta.

Fundamentos de la Tecnología HPP



Se basa en la aplicación de altos niveles de presión transmitida por el agua (presión hidrostática) de 600 Mpa (casi 6000 atmósferas) o superiores, durante unos segundos o minutos. Esta presión se transmite de manera uniforme e instantánea a todos los puntos del producto, consiguiendo así un efecto equivalente a una pasteurización, pero sin utilizar calor.

Al ser un proceso hidrostático que se basa en la compresión del agua para transmitir la presión, se recomienda que los alimentos tengan una actividad de agua elevada para maximizar el efecto letal sobre los microorganismos.

Efecto de las altas presiones sobre las células microbianas



La célula es la estructura básica de todo organismo vivo, desde aquellos complejos multicelulares como el cuerpo humano, hasta entidades de una sola célula como los microorganismos.

Dentro de la célula, los orgánulos son la maquinaria que regula el metabolismo y otras funciones fisiológicas que mantienen a los microorganismos vivos.

Las células están rodeadas y limitadas en su forma por la membrana plasmática. Ésta es una estructura formada por dos láminas de fosfolípidos, glucolípidos y proteínas.

La membrana plasmática desempeña una función clave en las células al proteger los orgánulos y el material genético del entorno. La membrana plasmática también mantiene el equilibrio entre el interior y el exterior de las células: regula el ingreso de nutrientes, la excreción de residuos y mantiene alejados los compuestos nocivos.

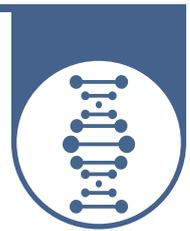
El HPP altera la membrana plasmática de los microorganismos causando su inactivación y muerte.

Además de las alteraciones morfológicas, se producen también cambios bioquímicos (desdoblamiento de proteínas y enzimas, con su consecuente inactivación) y modificaciones genéticas (alteraciones sobre las cadenas de ADN y ARN, y sobre aquellas enzimas encargadas de catalizar la formación o reparación de dichas cadenas).

Este efecto letal depende de múltiples factores, pero como regla general, aumentar el nivel de presión y extender el tiempo de mantenimiento de la presión influirá positivamente en la inactivación microbiana.

Asimismo, depende del tipo de microorganismo, de la temperatura de proceso y de la matriz alimenticia a tratar. Por lo tanto es fundamental reconocer y analizar cada uno de estos factores al momento de llevar adelante un tratamiento con altas presiones para obtener buenos resultados.

Efecto de las Altas Presiones sobre los componentes del alimento



Agua

El aumento de la presión ocasiona cambios en las propiedades físicas y químicas del agua. Respecto a las primeras, se puede mencionar la disminución del volumen. En cuanto a la química del agua, la presión modifica su disociación iónica aumentando la proporción de ácidos débiles disueltos, lo cual provoca la reducción del pH.

Hidratos de Carbono

Los tratamientos por altas presiones no producen cambios sobre aquellos hidratos de carbono de bajo peso molecular pero afectan a las macromoléculas como el almidón.

Fundamentalmente se altera la estructura del gránulo y se produce su gelatinización. La magnitud y proporción de estos cambios dependen directamente de la cantidad de agua presente en la matriz del alimento.

Además aquellas reacciones químicas o enzimáticas que involucran hidratos de carbono también se ven afectadas por las altas presiones, tal es el caso de la reacción de Maillard. Estas reacciones son inhibidas a presiones en el rango de 50 – 200 MPa, y como consecuencia no se originan el sabor y olor típico producto de dicha reacción.

Esto último es en algunos casos provechoso, pero en otros puede resultar un inconveniente, dependiendo del tipo de producto y de cada caso en particular.

Proteínas

Las condiciones de alta presión causan modificaciones en las estructuras cuaternarias, terciarias y secundarias de las proteínas, y provocan por lo tanto el desdoblamiento de sus cadenas y la consecuente desnaturalización.

El efecto sobre los distintos niveles de organización estructural de la proteína depende de la magnitud de la presión ejercida, siendo la estructura cuaternaria la que se altera a menores presiones.

Lípidos

Una de las consecuencias directas de exponer a condiciones de alta presión a los lípidos es la variación en su temperatura de fusión.

A medida que aumenta la presión aplicada, también se incrementa la temperatura de fusión.

Esto provoca generalmente la cristalización de aquellos lípidos que antes de la presurización se encontraban en estado líquido. Debido a que los lípidos son uno de los principales componentes de las paredes y membranas de los microorganismos, esta cristalización llega a causar cambios en la permeabilidad y estructura de dichas membranas, y finalmente la muerte o inactivación de los microorganismos.

Por otro lado se observa un aumento en la oxidación de los lípidos insaturados presentes en la matriz alimenticia. Esto podría deberse a la mayor concentración de iones metálicos libres, los cuales actúan como catalizadores en las reacciones de oxidación, y son producto de la desnaturalización de proteínas originada del mismo modo por la exposición del producto a altas presiones.

Ventajas y desventajas

Ventajas

- › HPP inactiva patógenos y los microorganismos responsables del deterioro.
- › Incremento de la vida útil de los productos alimenticios sin procesos térmicos.
- › Conservación de las características nutricionales y organolépticas, dando aspecto de producto fresco.



- › Reducción de la concentración de conservantes y aditivos utilizados en la formulación del producto.
- › Es una tecnología limpia respecto al cuidado del medioambiente.
- › Reducción del consumo energético respecto a los procesos térmicos tradicionales.
- › HPP puede aplicarse sobre productos envasados (In-Pack) o directamente sobre líquidos a granel para una mayor productividad y sin limitaciones de envasado (In-Bulk).

Desventajas y limitaciones

- › Al ser un proceso discontinuo, presenta inconvenientes para el procesamiento de grandes volúmenes de producto.
- › Escasa difusión y desconocimiento de los beneficios que aporta esta tecnología.
- › Es necesaria una inversión inicial elevada, debida a los altos costos de los equipos.
- › En algunos alimentos puede causar una modificación indeseable de su textura y aspecto original, por lo que es recomendable evaluar cada caso en particular.
- › No inactiva esporas.
- › No funciona con productos secos o con baja actividad de agua.
- › Se recomienda almacenar los productos HPP en refrigeración.

Proceso de pasteurización por altas presiones



Etapas del proceso

- 1.** Los alimentos envasados se introducen en contenedores cerrados y luego en las cámaras o cilindros de alta presión.
- 2.** A continuación se cierra el cilindro de alta presión, a la vez que se abren las válvulas que lo conectan con el depósito de agua, y comienza a llenarse.
- 3.** Una vez que el cilindro de alta presión está lleno de agua a presión normal, el sistema de bombas e intensificadores de presión continúan inyectando agua hacia su interior.
- 4.** Una vez alcanzada la presión deseada esta se mantiene durante el tiempo necesario, generalmente de unos pocos minutos, para que se inactiven microorganismos sin modificar las características sensoriales del alimento.
- 5.** Una vez finalizado el tiempo indicado para el proceso, se produce una despresurización instantánea y como resultado el volumen del producto retorna exactamente a su estado inicial.

Equipos de alta presión para procesamiento de alimentos

El equipamiento básico de un equipo para tratamiento de alimentos por alta presión está compuesto por:

Módulo con cilindro de alta presión hidrostática

Esta es la unidad principal del equipo. Se trata de un cilindro de acero y, dependiendo de la presión necesaria para el tratamiento, puede ser de acero monocapa (presiones entre 400 MPa y 600 MPa) o de aceros especiales multicapa (para presiones próximas a los 1000MPa). Estos últimos son significativamente más costosos.

Los equipos de tratamiento son discontinuos, es decir que los productos son tratados por lotes y por lo tanto la capacidad de producción del equipo debe evaluarse teniendo en cuenta:

- › Número de ciclos que realiza el cilindro por unidad de tiempo: El tiempo que tarda el equipamiento en completar un ciclo se determina teniendo en cuenta los tiempos de: carga y descarga de los contenedores y del cilindro de alta presión, de cierre y apertura de éste y de presurización y despresurización. Este último depende directamente de la potencia del sistema de bombas e intensificadores de presión.
- › Capacidad de carga de la cámara (coeficiente de llenado): Depende del volumen interno del cilindro y de las características del producto y de su envase (tamaño, forma, etc.).
- › Número de cámaras del equipamiento: Es posible aumentar la capacidad de producción del equipamiento si se multiplica el número de cilindros de alta presión.
- › Sin embargo se debe tener en cuenta que esto aumenta significativamente los costos de inversión inicial, por lo tanto se debe hacer un análisis previo sobre la configuración óptima del equipo dependiendo de la capacidad de producción deseada.

Módulo de bombas e intensificadores de presión

La potencia de estos debe determinarse según la presión que se deba alcanzar para un tratamiento eficaz del producto. Cuanto mayor sea la magnitud de dicha presión mayor deberá ser la potencia entregada por estos equipos.

Contenedor para carga de alimentos envasados

Esta unidad es la que contiene en su interior a los productos envasados, su tamaño lo determina el del cilindro de alta presión, ya que el contenedor ingresa directamente a este donde se lleva a cabo la presurización del producto.

Sistema de cierre electrónico

Este sistema puede ser de rosca discontinua de apertura y cierre rápido, el cual es recomendable para tiempos de presurización cortos; o puede ser de rosca continua de menor costo y más lento, utilizado en procesos que presentan tiempos de presurización más largos.

Sistema de carga y descarga automatizado:

Es necesario que esté diseñado para que las dos operaciones se realicen de forma rápida y efectiva. Este sistema incluye las siguientes etapas de manipulación del producto:

- › Recepción de los productos envasados sin tratar y disposición de estos en los contenedores.
- › Transporte e ingreso de los contenedores hacia el cilindro de alta presión.
- › Retiro de los contenedores del cilindro una vez finalizado el proceso de presurización y transporte de estos hacia el descargador.
- › Descarga del producto de los contenedores y traslado hacia el área de envasado secundario del producto tratado.

Panel de control

Esta unidad es fundamental para tener un correcto control de las variables del proceso (temperatura, presión, tiempo, etc.) y verificar que se realice sin inconvenientes.

Aplicaciones



La tecnología HPP se emplea en una amplia variedad de productos, entre ellos:

Jugos y bebidas

En el caso de los jugos a base de frutas y verduras, esta tecnología preserva todos sus nutrientes, vitaminas, antioxidantes y su sabor, manteniendo las características de un jugo fresco recién elaborado.

También se utiliza HPP en la elaboración de preparados vegetales bebibles, vinagres o cerveza.

Pescados y mariscos

El procesado por alta presión se utiliza satisfactoriamente en la industria del marisco. La aplicación de alta presión provoca la relajación del músculo aductor permitiendo la apertura de bivalvos y la extracción del 100% de la carne de ostras, mejillones, langostas y otros mariscos, lo que ayuda a maximizar el rendimiento, reducir los costos de mano de obra y evitar lesiones a los operarios.

Sin el uso de calor, la tecnología HPP prolonga la vida útil hasta 21 días de la carne de marisco cruda extraída. Asimismo, garantiza la seguridad alimentaria al controlar virus, bacterias y parásitos sin afectar la frescura y el sabor naturales de la carne cruda.

Leche y productos lácteos

La leche procesada únicamente por altas presiones es una de las aplicaciones que más éxito comercial ha encontrado recientemente.

Además la tecnología HPP ofrece multitud de posibilidades tecnológicas y funcionales para los distintos productos derivados de la leche.

Platos preparados

La versatilidad de la tecnología HPP permite su aplicación a una gran variedad de platos preparados: a base de carnes, pescados, verduras, arroz o pasta. Además, las altas presiones permiten el desarrollo de productos garantizando la seguridad alimentaria y evitando cualquier tipo de recontaminación al aplicarse sobre el producto en su envase final.

Multiplica hasta 3 veces la vida útil en refrigeración, manteniendo todas las propiedades de los alimentos, sin modificaciones en sus atributos de calidad, al tratarse de un proceso en frío que evita una pasteurización térmica posterior al envasado.

Alimentación infantil y purés de fruta

Las altas presiones se presentan como solución adecuada para ofrecer alimentos infantiles naturales, saludables y con todo su valor nutricional, listos para su consumo. Además, esta tecnología de conservación en frío garantiza la seguridad alimentaria sin la necesidad de añadir azúcar o cualquier otro tipo de conservante.

HPP es una alternativa frente a los productos infantiles esterilizados térmicamente, cuyo valor nutricional puede verse disminuido.

Salsas, productos vegetales y de frutas

Gracias a la tecnología HPP, es posible desarrollar productos como humus, salsas, pastas de frutas o productos untables a base de tomate, queso o yogur.

Las altas presiones también permiten el desarrollo de productos innovadores a base de frutas para quienes desean consumir estos alimentos de una forma cómoda y práctica. Purés de fruta, trozos de fruta en su propio jugo o listos para mezclar con yogur o cereales son ejemplos de productos HPP lanzados con éxito al mercado.

Productos cárnicos

El procesado por alta presión es una alternativa eficaz a los conservantes y aditivos artificiales para garantizar la seguridad alimentaria de los productos cárnicos.

El número de aplicaciones en el sector es amplio y alcanza a jamón curado o cocido en lonchas, cortes de pollo o pavo asados, embutidos fermentados o curados, carnes crudas o marinadas, entre otras.

Las agencias nacionales de Seguridad Alimentaria y las legislaciones de muchos países exigen la ausencia total de microorganismos patógenos y gracias al HPP es posible cumplir este requisito manteniendo intactas las delicadas características de los productos cárnicos.

Guacamole y productos con palta

El guacamole es uno de los sectores pioneros en la aplicación de las altas presiones. Esta tecnología fue la que permitió la comercialización de un guacamole natural, libre de aditivos, que ahora se consume a nivel global. La HPP hace posible extender significativamente la vida útil comercial del guacamole y todo tipo de productos basados en palta listos para consumir, manteniendo intactos el color, aroma y sabor.

Otras aplicaciones

Además de la industria de alimentos para consumo humano, la tecnología HPP tiene aplicaciones en alimentos para mascotas además de farmacia y cosmética.

Marco normativo y acceso a mercados



El procesado a altas presiones se utiliza comercialmente desde hace más de 20 años en todo el mundo. En este tiempo nunca se han registrado retiradas ni problemas de seguridad asociados a los productos HPP.

La ausencia de una autorización global para el procesado por altas presiones da lugar a diferentes enfoques para integrar el HPP en los marcos normativos de las distintas regiones.

Por tal motivo, en el caso de exportar un alimento tratado por HPP, es fundamental evaluar la legislación vigente en el país de destino para cada producto en particular.



**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**