

10 y 11 de noviembre de 2020

# CENTRO UNIVERSITARIO SANTA ANA

## XLII JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA TIERRA DE BARROS

II Congreso Agroalimentario de Extremadura



**XLII JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA  
DE LA TIERRA DE BARROS**  
II Congreso agroalimentario de Extremadura

**Edita:**

Centro Universitario Santa Ana  
C/ IX Marqués de la Encomienda, nº 2  
Almendralejo  
Tel. 924 661 689  
<http://www.univsantana.com>

**Colabora:** Cajalmendralejo

**Ilustración de portada:**

© Jaime Fenollera  
Viñedos en Tierra de Barros

**Diseño original:**

Tecnigraf S.A.

**Maquetación:** Virginia Pedrero

ISBN: 978-84-7930-110-4

D.L.:

Imprime: Impresal

# Nuevas tecnologías de procesado: altas presiones hidrostáticas. Aplicaciones en la industria alimentaria

RAMÍREZ, R.<sup>1\*</sup>

CAVA, R.<sup>2</sup>

VIDAL-ARAGÓN, M<sup>a</sup>.C.<sup>3</sup>

GARCÍA-PARRA, J.J.<sup>1</sup>

MARTÍN, M<sup>a</sup>.J.<sup>1</sup>

TREJO, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX)\*.

<sup>2</sup>Facultad Veterinaria Cáceres. Universidad de Extremadura.

<sup>3</sup>Centro Universitario Santa Ana. Universidad Extremadura.

## RESUMEN

La tecnología de las altas presiones hidrostáticas es una novedosa técnica de conservación “no térmica” que consiste en someter a los alimentos a elevados niveles de presión a través del agua de forma continua durante un cierto tiempo con el objetivo inicial de inactivar los microorganismos causantes del deterioro de los mismos. La principal ventaja del procesado por alta presión es el mantenimiento de las características sensoriales y nutricionales del producto tratado. Esta tecnología permite el desarrollo de una nueva generación de productos

con una calidad y vida útil superior a los producidos convencionalmente, es decir, productos con un valor añadido. Por estos motivos, hay numerosos productos procesados mediante esta tecnología ya en el mercado. En CICYTEX llevamos tiempo investigando la aplicación de esta tecnología a productos de interés regional de diferentes sectores hortofrutícola, lácteo y cárnico, principalmente.

#### ABSTRACT

The technology of high hydrostatic pressures is a novel "non-thermal" conservation technique that consists in subjecting food to high levels of pressure through the water. The main objective is the inactivation of pathogens and spoilage microorganisms. The main advantage of high pressure processing is the maintenance of the sensory and nutritional characteristics of the treated product. This technology allows the development of a new generation of products with a quality and shelf- life higher than those produced conventionally by traditional thermal treatments. For these reasons, there are numerous products processed using this technology already on the market. In CICYTEX, we have been investigating the application of this technology to products of regional interest from different sectors such as fruit, dairy and meat products.

## 1. INTRODUCCIÓN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

El tratamiento térmico es el método tradicionalmente más utilizado para la conservación de alimentos. Aunque esta tecnología es efectiva y económica, en muchos casos produce pérdidas importantes en la calidad de los alimentos. Su principal inconveniente radica en su inespecificidad; el calor además de destruir microorganismos afecta al valor nutritivo y a las propiedades sensoriales de los alimentos.

El consumidor es cada vez más exigente con la calidad de los productos que adquiere. Prima que el producto tenga una alta calidad nutritiva y sensorial, y se persigue reducir la presencia de aditivos. En el fondo, se buscan soluciones al problema de un consumidor escaso en tiempo, pero exigente en la búsqueda de alimentos saludables, seguros, cómodos, apetitosos y

económicos. Esta demanda es la desencadenante en los últimos años del desarrollo de los procesos “no térmicos” de alimentos como las altas presiones hidrostáticas, ultrasonidos, pulsos eléctricos, irradiación, etc.

De las tecnologías denominadas como emergentes, el tratamiento de altas presiones hidrostáticas (HHP, del inglés *hydrostatic high pressure*) es el método de procesado con más éxito a nivel industrial. Su aplicación consiste en someter al alimento a elevados niveles de presión hidrostática (400-700 MPa) de forma continua durante tiempos relativamente cortos (de segundos a pocos minutos) a temperatura de refrigeración o ambiente. El efecto pasteurizador *no térmico* de las altas presiones en los alimentos es conocido desde el siglo XIX, pero hasta los años 90 no se desarrollaron los primeros productos. Es desde el año 2000, cuando se ha implementado esta tecnología de forma exitosa en todo tipo de industrias alimentarias alrededor del mundo. Esta línea de investigación permaneció inactiva durante casi un siglo debido a la falta de unidades comerciales apropiadas para el procesado de alimentos. Sin embargo, esta limitación se superó a finales de la década de los ochenta, lo que trajo al mercado el primer producto procesado mediante HHP: un zumo de frutas (en Japón).

En general, en las aplicaciones comerciales se utiliza un rango de presiones que oscila entre 300 y 700 MPa durante 3-5 minutos a temperatura ambiente o preferiblemente de refrigeración. El efecto de la alta presión, a diferencia de lo que ocurre en los procesos térmicos y otras tecnologías de conservación, es casi instantáneo y uniforme en todo el alimento (Figura 1). Por ende, el diseño del proceso es independiente de la geometría y tamaño del producto, así como del equipo de tratamiento, por lo que el escalado a nivel comercial de los efectos observados en unidades de laboratorio y planta piloto es extremadamente simple. Las ventajas de la implementación comercial de los procesos de alta presión son razones importantes por las cuales esta tecnología ha llegado en poco tiempo al consumidor con una amplia variedad de productos (Figura 2). Por estos motivos, el número de equipos comerciales que están funcionando en el mundo se ha incrementado en los últimos años a pesar de la crisis económica, y esto es un síntoma de que las empresas están apostando por incrementar la diversidad de sus productos y mejorar su calidad.

El tratamiento de altas presiones inactiva microorganismos patógenos y alterantes de los alimentos mediante el uso de presión en lugar de calor, consiguiendo una reducción en el recuento de microorganismos similar a

la pasteurización térmica tradicional, motivo por el cual esta tecnología se conoce también como *Pasteurización Fría*.

Los equipos de alta presión hidrostática empleados en la industria de alimentos están formados, fundamentalmente, por una cámara de presurización (cilíndrica de acero de elevada resistencia), un generador de la presión (generalmente un sistema de bombeo constituido por una bomba hidráulica y un sistema multiplicador de presión) y un sistema de control de temperatura. Por lo general, estos equipos tienen un funcionamiento discontinuo.

En los equipos de alta presión, los alimentos (líquidos o sólidos) envasados con material flexible se colocan en el interior de la cámara de presurización. El sistema de bombeo irá sustituyendo el aire de la cámara por el fluido de presurización hasta su total llenado. Una vez alcanzada la presión deseada, una válvula que cierra el circuito permitirá mantener la presión durante el tiempo estipulado necesario para que el tratamiento sea correcto, y pasar finalmente a la descompresión sin necesidad de un aporte adicional de energía. El fluido transmisor de la presión suele ser agua, de ahí el nombre de alta presión hidrostática, pues es el único permitido a nivel industrial.

El proceso es muy sencillo, consiste en inyectar agua en un cilindro de acero mediante potentes bombas, de modo que introduce en el interior del tanque más volumen del que entraría de forma normal (Figura 3). Así, se alcanzan presiones similares o superiores a las que encontraríamos en la fosa más profunda del océano. Estas condiciones son letales para los microorganismos, sin embargo, la presión altera de forma mínima las propiedades nutricionales, la textura, el color y sabor de los alimentos en comparación con el efecto que tienen las tecnologías térmicas (Oey y col. 2008 a, b; García-Parra, & Ramírez, 2019). El procesado mediante alta presión proporciona una manera de mantener la calidad y frescura de los alimentos sin necesidad de utilizar conservantes químicos o elevadas temperaturas.

El tratamiento de alta presión puede ser aplicado tanto a alimentos líquidos como a sólidos con altos contenidos en humedad, y por lo general, se aplican una vez envasado el alimento en su envase final, otra gran ventaja, pues de este modo, los alimentos pueden ser pasteurizados después de ser cortados o envasados, evitando así el riesgo de contaminación en el

entorno de la fabricación. Se emplean envases con el suficiente grado de flexibilidad y elasticidad (plásticos) para recobrar el volumen inicial tras la compresión y así prevenir deformaciones irreversibles.

La siguiente generación de equipos de alta presión alcanzará niveles de presión similares a las actuales, pero además operarán a temperaturas superiores a 100 °C. El objetivo de este avance es lograr la inactivación de las esporas bacterianas por la aplicación del tratamiento de alta presión con un calentamiento moderado-alto (*High pressure thermal (HPT) processing*). La inactivación de esporas bacterianas por una combinación de alta presión y temperatura permitirá utilizar procesos térmicos a menor temperatura, menor tiempo o una combinación de ambos. Por ello, los efectos de degradación térmica de la calidad serán menores a los observados en procesos térmicos convencionales. Además, el diseño de tratamientos HPT debe considerar que la temperatura del fluido del contenedor de alta presión, y también la del alimento a procesar, aumenta y disminuye casi instantáneamente durante su compresión y descompresión, respectivamente. El futuro comercial de la esterilización de los alimentos por la tecnología HPT es prometedor. Sin embargo, el estudio de los efectos del tratamiento HPT sobre importantes componentes en los alimentos está muy incompleto (Ramirez y col. 2009) y su aplicación a nivel comercial será más compleja.

## 2. EFECTO DE LAS ALTAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS SOBRE LOS MICROORGANISMOS

En las últimas dos décadas, se han establecido importantes programas de investigación sobre esta tecnología que han demostrado que con tratamientos de altas presiones se pueden obtener hasta cinco reducciones decimales en los microorganismos que causan el deterioro de alimentos, así como en patógenos tales como *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Salmonella typhimurium*, *S. enteritidis* y *Staphylococcus aureus* (Daryaei y col. 2016).

El mayor grado de inactivación de los microorganismos se lleva a cabo en la etapa logarítmica de crecimiento. En general, los microorganismos Gram negativos son los más sensibles a la presión, le siguen las levaduras y mohos (se consigue su inactivación aplicando presiones del orden 300-400 MPa a temperatura ambiente) (Cheftel 1995), los Gram positivos y por último las esporas (son muy resistentes y pueden sobrevivir a presiones

de hasta 1000 MPa). Los virus son muy resistentes a las altas presiones, aunque depende del tipo de virus (Smelt 1998). Hasta el momento, el microorganismo esporulado patógeno más resistente a las altas presiones son las esporas del *Clostridium botulinum* no proteolítico (tipo B) (Reddy y col. 2001).

El efecto letal que la alta presión ejerce sobre los microorganismos radica fundamentalmente en los cambios que induce en las reacciones bioquímicas, en los mecanismos genéticos y en la pared y membranas celulares (Hoover y col. 1989). La inactivación de los microorganismos por la alta presión puede ser debida a diversos factores como: el incremento de la permeabilidad de la membrana (rotura de las membranas celulares); la inhibición de las reacciones productoras de energía; la desnaturalización de proteínas y enzimas esenciales para el desarrollo y reproducción de la célula (varios sistemas enzimáticos son inhibidos o inactivados por la presión) (Pothakamury y col. 1995) y también a daños en los mecanismos de replicación y de transcripción del material genético (disminución de la síntesis de ADN).

### 3. OPORTUNIDADES COMERCIALES QUE OFRECE EL TRATAMIENTO DE ALTA PRESIÓN HIDROSTÁTICA

La principal finalidad de la aplicación de la tecnología de altas presiones es la extensión de la vida comercial de alimentos manteniendo una calidad organoléptica similar al producto sin tratar y obteniendo productos seguros, mediante la eliminación de patógenos. Por ejemplo, este tratamiento permite el control de *Salmonella spp* en ovoproductos, *Listeria* en cárnicos y *Vibrio* en moluscos y crustáceos.

Los **productos cárnicos y sus derivados** han sido los principales productos procesados mediante este tratamiento durante los últimos años. Esta tecnología permite aumentar la vida útil del producto manteniendo su frescura, calidad sensorial y nutricional, postulándose como una alternativa eficaz a los conservantes y aditivos. Jamón cocido loncheado, cortes de pollo, platos listos para su consumo o incluso piezas completas de jamón, son tan sólo algunos de los ejemplos de productos procesados por alta presión que pueden encontrarse actualmente en el mercado.



En el caso de zumos, *smoothies* y otras **bebidas a base de fruta**, el procesado mediante altas presiones mantiene las cualidades originales del producto. De este modo, se conserva el verdadero sabor del zumo recién exprimido; además, las propiedades nutricionales permanecen intactas, permitiendo la creación de una gama de productos de máxima calidad. Asimismo, con esta tecnología es posible procesar zumos que se veían seriamente comprometidos con un tratamiento térmico, como la granada, manzana, zanahoria, remolacha etc.

De entre los productos tratados mediante altas presiones que ya están en el mercado, elaborados a partir de **productos hortofrutícolas** destacan los purés, salsas, productos “listos para consumir” (guacamole, hummus, ensaladillas...). La principal ventaja es el importante aumento de la vida útil de este producto sin alterar, de forma importante, las cualidades del producto fresco. Se trata de una gran herramienta para la fabricación de productos de alto valor añadido.

Ostras, almejas, bogavantes, langostinos, bacalao, merluza, pescados “*listos para consumir*”, son algunos ejemplos de una amplia variedad de **productos del mar** que se pueden procesar mediante alta presión. Una de las principales aplicaciones en este campo es la apertura de moluscos bivalvos, evitando la utilización de material peligroso para el trabajador, como cuchillos u otros utensilios cortantes.

El procesado mediante altas presiones ofrece también varias posibilidades de mejora en el **sector de lácteo** en aspectos como la seguridad, funcionalidad y posibilidades de exportación e innovación de productos. Los rellenos de sandwich, con base de queso o mayonesa, pueden procesarse para mejorar considerablemente la vida útil manteniendo la calidad. En la industria quesera, el procesado por alta presión de queso fresco puede mejorar la maduración (frenándola o acelerándola) y aumentar la vida útil del producto de una forma importante. Este tratamiento es, además, una interesante opción para preservar la funcionalidad de los componentes bioactivos (inmunoglobulinas, lactoferrinas, vitaminas) presentes en el calostro.

#### 4. LA TECNOLOGÍA DE ALTAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS EN CICYTEX

El Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX), perteneciente al Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX) dispone de una inmejorable dotación de equipos de procesado mediante alta presión. En 2008 fue adquirido un equipo para la aplicación de tratamientos de altas presiones hidrostáticas de tipo comercial de HIPERBARIC (Wave 6000/55) (Figura 4). Es un equipo industrial con una capacidad de 55 L que aplica una presión máxima de 600 MPa. Este equipo se complementa a la perfección con otro equipo multivasija de RESATO, adquirido en 2010, que aplica de forma combinada presión (hasta 1000 MPa) y temperatura (máximo 120 °C), es un equipo ideal para realizar trabajos de investigación. Esta dotación de equipos es única en toda la Península Ibérica y creemos que muy pocos centros a nivel mundial cuentan con estos equipos.

La alimentación del futuro exigirá alimentos ya preparados, de buena calidad, que mantengan al máximo las características tradicionales de los recién preparados o frescos. Por esta razón, en el CICYTEX se está investigando la aplicación de los tratamientos de altas presiones en múltiples productos (productos hortofrutícolas, lácteos y cárnicos), con el fin de conseguir la máxima calidad nutritiva y sensorial, así como mejorar la seguridad alimentaria de los productos que llegan al mercado.

En los últimos años, los proyectos desarrollados para valorar la aplicación de las altas presiones incluyen diferentes tipos de productos de origen vegetal (bebidas y purés de frutos con alto valor funcional), productos lácteos (Torta del Casar y Queso de Évora), y a productos cárnicos ibéricos loncheados como jamón, lomo, salchichón y chorizo.

##### 4.1. Productos vegetales

A pesar de la importancia que tienen para la salud los compuestos fitoquímicos, no hay muchos estudios que aborden el impacto de los tratamientos de alta presión sobre los mismos. El tratamiento de altas presiones ayuda a mantener las características originales en zumos y purés de frutas, ya que en general mantiene los niveles de compuestos con actividad antioxidante en frutas y hortalizas (McInerney et al., 2007; Oey et al., 2008a; Sánchez-Moreno et al., 2009).

Los procesos de degradación de los vegetales son debidos básicamente a reacciones oxidativas mediadas por enzimas. La enzima responsable de la mayor parte de las reacciones de oxidación en las frutas es la polifenoloxidasa. Los tratamientos térmicos son bastante efectivos para la inactivación enzimática y microbiana, pero a costa de reducirse la calidad nutricional y sensorial de los productos. Mediante los tratamientos de alta presión se consigue una buena estabilidad microbiológica. Sin embargo, no todas las enzimas son inactivadas. La mayoría de las enzimas relacionadas con la calidad de frutas y hortalizas son bastante estables a los tratamientos de alta presión (Seyderhelm et al., 1996; Weemaes et al., 1997a, b), y esto puede limitar la vida útil del producto. Además, el efecto de las altas presiones en la inactivación de enzimas es muy dependiente de la matriz, es decir del tipo de producto que se esté evaluando (Ludikhuyze et al., 2003).

Estudios previos (Indrawaty et al., 2008) han evaluado conjuntamente la inactivación de enzimas y microorganismos y los efectos del tratamiento de alta presión en la degradación de nutrientes. En general, los estudios para optimizar la aplicación del tratamiento de alta presión deben combinar la mayor inactivación posible de microorganismos y enzimas junto con la menor degradación de compuestos de interés nutricional.

En relación a los productos hortofrutícolas, en CICYTEX hemos evaluado cómo conservar los compuestos bioactivos de frutos de interés regional como fruta de hueso (nectarina y ciruela). Igualmente hemos desarrollado un proyecto con la Universidad de Lleida donde se ha evaluado el comportamiento de diferentes matrices vegetales tras la aplicación de diferentes tratamientos no térmicos de procesado (González y col. 2016). También hemos evaluado la conservación de platos cocinados de V gama a base de vegetales.

#### **4.2. Productos cárnicos**

La importancia del procesado de alta presión en los productos cárnicos del cerdo ibérico radica en que el tratamiento limita la presencia de patógenos como *Listeria monocytogenes*. Esta tecnología puede solucionar en el sector de los productos cárnicos del cerdo ibérico, la problemática de las exportaciones fuera de la Unión Europea. Países como EE.UU. tienen una legislación muy exigente respecto a los niveles de *L. monocytogenes*, lo que complica la exportación de productos crudos curados a estos países. La tecnología de alta presión permite incrementar la calidad higiénico-sanita-

ria y sensorial de los productos cárnicos derivados del cerdo ibérico, manteniendo los atributos de calidad que caracterizan a estos productos y, de esta forma, cumplir con la normativa exigida para la comercialización en nuevos mercados.

Por otra parte, se está evaluando en el caso del jamón ibérico loncheado a través del proyecto de investigación RTA2015-0001, la aplicación del proceso de alta presión junto con nuevos métodos de envasado, lo que podría mejorar la calidad del producto loncheado tratado mediante alta presión. Las principales razones de esta línea de investigación se deben a los siguientes aspectos. En los últimos años cada vez se consume más jamón ibérico con presentación loncheado. Sin embargo, este producto actualmente no cumple todas las expectativas de los consumidores e industriales que demandan soluciones para mantener su calidad sensorial, mejorar sus garantías sanitarias y aumentar su vida útil. Todas estas cuestiones hacen preciso la utilización de tecnologías que mantengan la calidad de un producto tan delicado. En este caso concreto, la utilización de envases activos con actividad antimicrobiana y antioxidante podría ser interesante en productos que son muy sensibles a los procesos oxidativos, como el jamón ibérico loncheado. Este tipo de envasado mejoraría la calidad final del jamón ibérico loncheado (por su efecto antioxidante) y la seguridad alimentaria (por su efecto antimicrobiano). Asimismo, también se están aplicando actualmente tratamientos mediante altas presiones hidrostáticas para mejorar la seguridad del jamón ibérico loncheado, especialmente por su efecto frente a patógenos como *Listeria monocytogenes*. Sin embargo, este patógeno es muy barorresistente y además, los tratamientos muy intensos dañan la calidad inicial del jamón loncheado. La combinación de varias tecnologías para lograr un mismo efecto permite reducir las dosis/intensidades iniciales de cada una de ellas. Es decir, la combinación de envases activos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas permitiría reducir la intensidad de los tratamientos de alta presión aplicados para mantener la seguridad alimentaria del jamón ibérico loncheado y el efecto final del tratamiento sobre la calidad del jamón sería menor por el efecto sinérgico de los antioxidantes aplicados en el envase.

### 4.3. Productos lácteos

Los trabajos desarrollados en productos lácteos se han centrado en la evaluación del efecto del tratamiento en quesos con DOP de Extremadura, como el Queso Ibores o la Torta del Casar. En estos quesos se emplea leche cruda para su elaboración, lo cual tiene implicaciones a nivel sanitario y también en relación a la posibilidad de aparición de defectos en el queso durante la maduración. La aplicación de altas presiones redujo los recuentos de los grupos microbianos relacionados con la aparición de defectos en queso y además redujo la presencia de microorganismos patógenos, mejorando de este modo la seguridad alimentaria del mismo.

Por otra parte, también se ha encontrado que esta tecnología podría ser empleada en quesos tipo Torta con aplicaciones muy interesantes para incrementar su vida útil (Figura 5). Los estudios realizados sobre la Torta del Casar mostraron resultados prometedores para mantener la calidad del producto en su óptimo de madurez. La Torta del Casar, al ser un queso elaborado a partir de leche cruda y con coagulante vegetal, es un producto difícil de gestionar tecnológicamente y comercialmente. Según el Consejo Regulador la fecha de consumo preferente no puede ser superior a 210 días desde la fecha de elaboración. Durante el proceso de conservación en refrigeración pueden aparecer numerosos defectos en el queso que originan rechazo por parte de los consumidores e incluso devoluciones a los productores. Entre los defectos, la proliferación excesiva de mohos en corteza supone un rechazo visual del producto. En otras ocasiones, aparecen sabores desagradables relacionados con una excesiva proteólisis del producto (amargor elevado) o con el enranciamiento de la parte grasa del queso. Por ello, la alta presión podría ser empleada para disminuir la aparición de defectos en Torta, impidiendo por un lado la proliferación excesiva de microorganismos indeseados y, por otro, evitando la aparición de sabores extraños (por ejemplo, controlando la proteólisis excesiva del queso), lo cual podría aumentar el tiempo de comercialización del producto.

A nivel microbiológico, los tratamientos realizados a mayor intensidad de presión (600 MPa) causaron una reducción significativa de los grupos microbianos analizados, tanto en la corteza como en la masa del queso. De especial relevancia fue la reducción del contenido en mohos en corteza justo después del tratamiento de presurización. También fue importante el descenso en los niveles de enterobacterias en la masa de los quesos trata-

dos. Por tanto, el tratamiento de alta presión podría aumentar la seguridad alimentaria de la Torta del Casar.

La proteólisis, de especial relevancia en los quesos tipo Torta, fue otro aspecto evaluado. Los quesos tratados a una mayor intensidad de presión (600 MPa) mostraron los índices de proteólisis más bajos. Sin embargo, no hubo diferencias significativas con respecto al contenido en aminoácidos libres de los quesos. A la luz de estos resultados, los quesos tratados a mayor intensidad tendrían un menor contenido en péptidos de pequeño tamaño, debido probablemente a la inactivación de las polipeptidasas presentes en el queso mediante la alta presión. Por lo tanto, se podría conseguir detener en parte el proceso proteolítico y con ello la aparición de sabores extraños asociados con una excesiva proteólisis, aumentando así la vida útil del producto.

Los estudios desarrollados en CICYTEX, han mostrado que las altas presiones hidrostáticas podrían ser empleadas en quesos tipo Torta para mitigar la aparición de sabores extraños y/o desagradables asociados a un exceso de proteólisis durante la maduración y obtener un producto con una mayor estabilidad sensorial. Los resultados conseguidos hasta el momento podrían ser muy interesantes para incrementar el tiempo de comercialización de este tipo de quesos en condiciones óptimas de calidad.

#### **4.4. Otros productos procesados por altas presiones**

La leche materna es imprescindible para la alimentación de los recién nacidos en condiciones especiales, particularmente en los recién nacidos extremadamente inmaduros, de menos de 28 ó 30 semanas de gestación y 1000g de peso, cuya fisiología general, y la digestiva en particular, es extraordinariamente delicada y vulnerable, por lo que toleran mucho mejor la leche humana que cualquier otro alimento, debiendo ser sometidos habitualmente a alimentaciones parenterales prolongadas, que además de resultar carísimas y producir atrogenias, favorecen la aparición de infecciones a las que estos niños son proclives por su escasa desarrollada inmunidad.

Un Banco de Leche es el dispositivo sanitario establecido para la obtención de leche humana a fin de recogerla, procesarla, almacenarla y dispersarla, con todas las garantías sanitarias, a los pacientes que precisen de este producto biológico. Los bancos de leche humana ayudan a resolver el problema cotidiano de falta de leche materna en ocasiones en que es especialmente necesaria, proporcionando un producto debidamente

recogido, controlado y almacenado y contribuyen a la promoción de la lactancia materna. Resultan económicamente rentables porque disminuyen el gasto farmacéutico en fórmulas alimenticias especiales y alimentaciones parenterales. Está demostrado que reducen significativamente la morbilidad y mortalidad neonatales, ahorrando así el gasto en controles analíticos y medicación.

En diferentes países existen Bancos de Leche desde el primer tercio del siglo XX. En concreto, en Europa se calcula que hay alrededor de 180-200 bancos de leche en funcionamiento ([www.europeanmilkbanking.com](http://www.europeanmilkbanking.com)). A pesar de que su número disminuyó durante los 80, coincidiendo con la aparición del SIDA y el desarrollo de fórmulas lácteas para prematuros, este declive en el funcionamiento de los Bancos de Leche fue solo transitorio y actualmente se encuentran extendidos por todo el mundo con una tendencia cada vez mayor hacia la creación de nuevos bancos. En la actualidad existen en España numerosos bancos de leche humana. El Banco de Leche de Extremadura (Mérida) fue inaugurado en junio del 2012. Desde su inauguración hemos tenido una gran colaboración de este Banco de Leche para la investigación de la mejora de la conservación de la leche materna.

Para conservar la leche materna, normalmente, ésta se pasteuriza. Mediante este tratamiento se consigue la inactivación microorganismos patógenos y parte de los microorganismos propios de la leche materna. El método más convencionalmente utilizado en los bancos de leche es el tratamiento térmico suave a baja temperatura (62,5°C) durante 30min. De esta manera, se intentan mantener las propiedades originales de la leche. Este procedimiento es conocido como pasteurización tipo Holder y es el que se aplica generalmente en los Bancos de Leche. A pesar de las ventajas de la pasteurización térmica en términos de reducción de la carga microbiana; el tratamiento térmico degrada importantes componentes de la leche, de especial importancia en pacientes con un sistema inmune inacabado, como son las inmunoglobulinas IgA, IgM, IgG, oligoelementos, ciertas vitaminas, y además reduce la actividad antioxidante de la misma (Da Costa y cols., 2003; Evans y cols., 1978; Koenig y cols., 2005; Romeu y cols., 2006; Silvestre et al., 2008; Van Zoeren-Grobbe y cols., 1987).

La conservación de todos estos compuestos propios de la leche materna tiene gran interés para asegurar un correcto desarrollo de los recién nacidos en los primeros meses de vida. El sistema inmunológico del recién nacido todavía no está completamente maduro y no responde adecuadamente a

los estímulos ambientales (Walker, 2002; Adkins y cols., 2004). Mediante la leche materna, se transfieren sistemas de defensa activos, como células inmunes, y también pasivos como las inmunoglobulinas. Además, la leche materna constituye la principal fuente de nutrientes del neonato en cuanto a vitaminas y a ácidos grasos esenciales (Yamawaki y cols, 2005). La mejora de la calidad de la leche materna almacenada en los Bancos de Leche podría ser determinante para la supervivencia y desarrollo de algunos recién nacidos en condiciones especiales.

La aplicación de tratamientos de altas presiones hidrostáticas permite mejorar las propiedades de la leche materna, lo que supondría un mayor beneficio para los recién nacidos que recibirían un alimento de mejor calidad (Garrido y col. 2016).



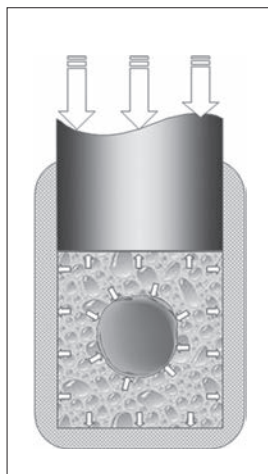
## BIBLIOGRAFÍA

- Adkins B., C. Leclerc and S. Marshall-Clarke (2004) Neonatal adaptative immunity comes of age. *Nat. Rev. Immunol.* 4, 553-564.
- Cheftel, J.C. (1995). High pressure, microbial inactivation and food preservation. *Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France*, 81(1): 13-38.
- Da Costa, R.S.S., do Carmo, M. G. T., Saunders, C., de Jesús, E. F. O., Lopes, R.T., & Simabuco, S.M. (2003). Characterization of iron, copper and zinc levels in the colostrum of mothers of term and pre-term infants before and after pasteurization. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(2), 111-117.
- Daryaei, H., Yousef, A.E., & Balasubramaniam, V.M. (2016). Microbiological aspects of high-pressure processing of food: inactivation of microbial vegetative cells and spores. In *High pressure processing of food* (pp. 271-294). Springer, New York, NY.
- Delgado F.J., Ramírez R. (2015). Aplicación de altas presiones hidrostáticas en quesos de leche cruda con DOP de Extremadura pp.138-153.: *Biocontrol en la industria láctea*. ISBN 978-84-686-5316-7.
- Evans T.J., Ryley, H.C., Neale, L.M., Dodge, J.A., & Lewarne, V.M. (1978). Effect of storage and heat on antimicrobial proteins in human milk. *Archives of Disease in Childhood*, 53(3), 239-241.
- García-Parra, J., & Ramírez, R. (2019). *New Preservations Technologies: Hydrostatic High Pressure Processing and High Pressure Thermal Processing*. In Reference Module in Food Science, Elsevier, 2018, ISBN 9780081005965, Encyclopedia.
- Garrido M., Delgado-Adámez J., Ramírez R. (2016). Chapter Title: Application of Hydrostatic High Pressure Treatments to Improve the Quality of Banked Human Milk . Pp: 67-93. Editorial Nova Science Publisers. 2016. Book Title: *Breast Milk: Consumption and its Effects on Child Health*. Editorial Nova Biomedical. ISBN 978-1-63485-431-3. Editor: Lucille Carson.
- González-Cebrino F., García-Parra J., Ramírez R. (2016). Effect of hydrostatic high pressure treatment on bioactive compounds of vegetable products. Edited by Moreno Jorge J. Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742 CRC Press Pages 219-239 August 12, 2016 by CRC Press Reference - 303 Pages - 77 B/W Illustrations ISBN 9781498714846.

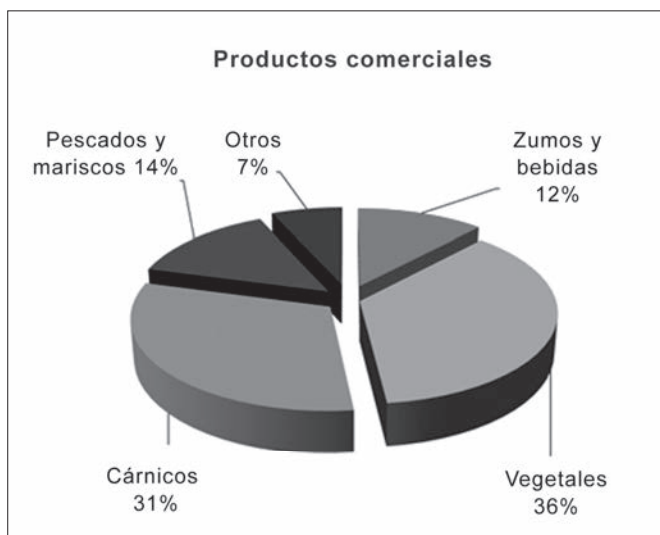
- Indrawati, Van Loey A., Hendrickx M. (2004b). Pressure and temperature stability of water-soluble antioxidants in orange and carrot juice: a kinetic study. *European of Food Research Technology*, 219, 161-166.
- Koenig, A., de Albuquerque Diniz, E.M., Correia Barbosa, S.F., & Costa Vaz, F.A. (2005). Immunologic factors in human milk: The effects of gestational age and pasteurization. *Journal of Human Lactation*, 21(4), 439-443.
- Ludikhuyze A., Van Loey I., Smout C., Hendricks M. (2003). Effect of combined pressure and temperature on enzymes related to quality of fruits and vegetables: from kinetics information to process engineering aspects. Critical reviews in *Food Science and Nutrition*, 43, 5, 527-586.
- McInerney J.K., Seccafien C.A., Stewart C.M., Bird A.R. (2007). Effects of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables. *Innovate Food Science & Emerging Technologies* 8, 543-548.
- Oey, I., Lille, M., Van Loey, A., Hendrickx, M. (2008b). Effect of high pressure processing on colour, texture and flavor of fruits and vegetables based food products. A review *Trends in Food Science & Technology*. 19, (6), 320-328.
- Oey I., Van der Plancken L, Van Loey A, Hendrickx M (2008a) Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food system? A review. *Trends in Food Science and Technology*, 19(6): 300-308.
- Pothakamury, U., Barbosa-Gnovas, G.V. (1995). Review Fundamental aspects of controlled release in foods.
- Ramirez, R., Saraiva, J.A., Perez Lamela, C., Torres, J.A. (2009). Reaction kinetics analysis of chemical changes in pressure-assisted thermal processing, PATP. *Food Eng. Rev.* 1(1):16-30.
- Reddy, N.R., Solomon, H.M., Telzloff, R.C., Balasubramaniam, V.M., Rhodhamel, E. J., Ting, E.Y. (2001). Inactivation of *Clostridium botulinum* spores by high pressure processing. Ann. Report, Natl. Center for Food Safety y Technology, Summit-Argo, III.
- Romeu-Nadal, M., Morera-Pons, S., Castellote, A.I., & Lopez-Sabater, M.C. (2006). Rapid high-performance liquid chromatographic method for Vitamin C determination in human milk versus an enzymatic method. *Journal of Chromatography B*, 830(1), 41- 46.

- Sánchez-Moreno C., De Ancos B., Plaza L., Elez-Martínez P., Cano M.P. (2009). Nutritional approaches and health-related properties of plant foods processed by high pressure and pulsed electric fields. *Crit. Rev. Food Sci. Nut.*, 49, 552-576.
- Seyderhelm I., Boguslawski S., Michaelis G., Knor D. (1996). Pressure induced inactivation of selected food enzymes. *J. Food Sci.* 61, 308-310.
- Silvestre D., Miranda M., Muriach M., Almansa I., Jareño E., Romero F.J. (2008). Antioxidant capacity of human milk: effect of thermal conditions for the pasteurization *Acta Paediatrica*. Volume 97, Issue 8, pages 1070-1074.
- Smelt, J. (1998). Recent advances in the microbiology of high pressure processing, *Trends Food Science*, 9, 152-158.
- Van Zoeren-Grobbe D, Schrijver J, Van den Berg H, & B.H. (1987). Human milk vitamin content after pasteurisation, storage, or tube feeding. *Archives of Disease in Childhood*, 62(2), 161-165.
- Weemaes C.A., De Cordt S.V., Ludikhuyze L.R., M.E., Tobback P.P., (1997a). Influence of pH, benzoic acid, EDTA, and glutathione on the pressure and/or temperature inactivation kinetics of mushroom polyphenoloxidase. *Bio-technol. Progr.* 13: 25-32.
- Weemaes C.A., Ruben P., De Cordt S., Ludikhuyze L., Van den Broeck I., Hendrickx M., Heremans K., Tobback P. (1997b). Temperature sensitivity and pressureresistance of mushroom polyphenoloxidase. *J. Food Sci.* 62: 261-266.
- Walker W.A. (2002). Developmen of the intestinal mucosal barrier J. *Pediatric Gastroenterology Nutrition* 34 (Suplpl. 1) S33-39.
- Yamawaki N., Yamada M., Kanno T., Kojima T., Kaneki T., Yonekubo A., (2005). Macronutrient, mineral and trace element composition of breast milk from Japanese women *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19 ,171-181.

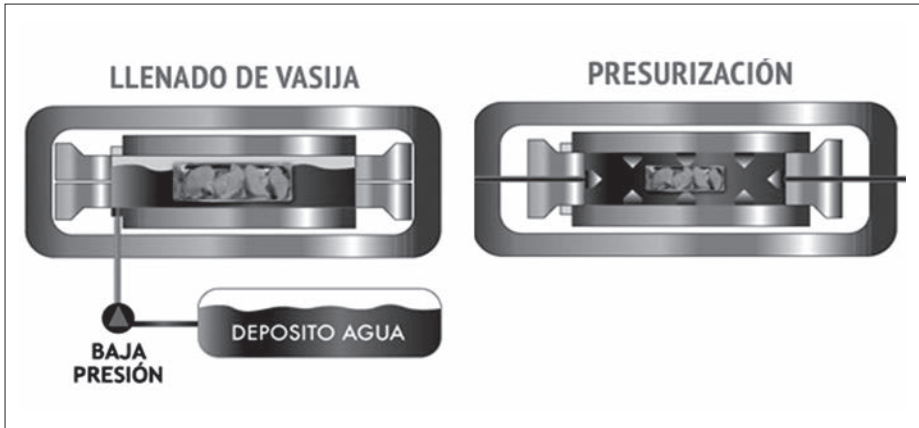
**Figura 1.** Esquema de la aplicación del tratamiento de altas presiones hidrostáticas.



**Figura 2.** Grupos de productos comerciales en los que se aplica la alta presión hidrostática.



**Figura 3.** Esquema del proceso de presurización.



**Figura 4.** Imagen de uno de los equipos de altas presiones de CICYTEX (Imagen cedida por Hiperbaric).



**Figura 5.** Procesado mediante altas presiones de la Torta del Casar.

