

**APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES EN LA CONSERVACIÓN DE  
PESCADOS Y MARISCOS EMPACADOS**



**VÍCTOR ALFONSO COGOLLO BERROCAL**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**CORDOBA, BERÁSTEGUI**

**2015**

**APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES EN LA CONSERVACIÓN DE  
PESCADOS Y MARISCOSEMPACADOS**

**Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero de Alimentos**

**VÍCTOR ALFONSO COGOLLO BERROCAL**

**DIRECTOR**

**M. Sc. GABRIEL IGNACIO VÉLEZ HERNÁNDEZ**

**Magíster Tecnología De Alimentos**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**CORDOBA, BERÁSTEGUI**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme sabiduría, fuerza y paciencia para poder alcanzar un escalón más en el largo camino del conocimiento y por enseñarme que su tiempo es perfecto.

A mis padres por hacerme la persona que soy, por guiarme por el camino del bien, por el esfuerzo realizado para sacarme adelante y poder alcanzar esta meta, gracias por ser mi motor.

A mis hermanos por el apoyo emocional, en especial a Sugey y Veivis por siempre estar ahí por creer en mí y nunca dejarme solo.

A Jiribeth por estar a mi lado.

Al profesor Gabriel Vélez por creer en mí y apostarle a este proyecto.

A todos mis profesores por aportarme los conocimientos a lo largo de la carrera y con los cuales pude desarrollar este proyecto y mi desempeño profesional.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para que esta meta se alcanzara.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> -----	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> -----	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	<b>1</b>
<b>1. OBJETIVOS</b> -----	<b>3</b>
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL</b> -----	<b>3</b>
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> -----	<b>3</b>
<b>2. APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES EN LA CONSERVACIÓN DE PESCADOS Y MARISCOS.</b> -----	<b>4</b>
<b>2.1. ALTAS PRESIONES.</b> -----	<b>4</b>
<b>2.1.1. Generalidades.</b> -----	<b>4</b>
2.1.2. Variables del proceso. -----	5
2.1.3. Equipos para la aplicación de altas presiones. -----	6
2.1.4. Empaques utilizados en la aplicación de altas presiones. -----	9
<b>2.2. VENTAJAS DE APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES EN PESCADOS Y MARISCOS E IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA PESQUERA.</b> -----	<b>10</b>
2.2.1. Inactivación de microorganismos que causan alteraciones en pescados y mariscos.-----	12
<b>2.2.1.1. Formación de aminas biógenas en los peces.</b> -----	<b>17</b>

2.2.2. Efectos sobre los constituyentes y reacciones en pescados y mariscos. --- 20

**CONCLUSIONES**----- **28**

**BIBLIOGRAFÍA** ----- **30**

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1. Equipo Hiperbaric 55-----8**

**Figura 2. Equipo Hiperbaric 525-----8**

## **RESUMEN**

La presente monografía va dirigida a presentar avances, estudios e investigaciones, así como experiencias sobre la aplicación de la tecnología de altas presiones en la conservación de pescados y mariscos. Por pertenecer al grupo de alimentos perecederos y de gran consumo humano, ameritan la implementación de las tecnologías adecuadas que no afecten las propiedades sensoriales y nutricionales del producto en fresco y aumenten la vida útil de estos. Se describen las variables del proceso, equipos, empaques y estudios que se han llevado a cabo de esta tecnología, que muestren la importancia de la aplicación de altas presiones a la hora de conservar el producto.

**Palabras claves:** altas presiones, empaques, conservación, pescados y mariscos.

## **ABSTRACT**

The present monograph is aimed at presenting developments, studies and research, as well as experiences on the implementation of the technology of high pressure in the conservation of fish and shellfish. Belonging to the group of perishable food and great human consumption, warrant the implementation of appropriate technologies that do not affect the sensory and nutritional properties of the fresh product and increase the lifespan of these. The process variables, equipment, packaging and studies have been conducted in this technology, showing the importance of applying high pressures when keeping the product are described.

**Keywords:** high pressures, packaging, storage, fish and seafood.

## INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos mantiene su búsqueda constante de aplicaciones innovadoras que permitan poner en el mercado productos más naturales, frescos y seguros, a través del uso de tecnologías emergentes busca eliminar o minimizar la degradación de la calidad de los alimentos que en comparación con los métodos tradicionales la cual es una tecnología efectiva, económica y accesible comercialmente, en muchos casos su aplicación ocasiona pérdidas importantes de calidad o altera la naturaleza fresca del producto.

Entre las nuevas tecnologías, las altas presiones, tiene la mayor promesa, específicamente en la reducción del deterioro causado por microorganismos y enzimas, manteniendo la calidad nutricional de los alimentos (Ramaswamy et al. 2008).

La industria de pescados y mariscos, ofrece una extensa diversidad de especies y productos derivados, que requieren de gran atención en la aplicación de tecnologías para su procesamiento y comercialización, ya sea en fresco, congelado o generando un valor agregado. Por lo anterior, las altas presiones mantienen las propiedades organolépticas (Sabor fresco característico de los productos pesqueros, olor, sabor) y funcionales que les son atribuidas. Esta tecnología requiere la utilización de equipos y empaques especiales (APAProcessing, 2015).

Las altas presiones se aplican fundamentalmente para la higienización de productos. Algunas investigaciones han sido llevadas a cabo en diferentes aspectos de la industria pesquera. Por tanto en la presente monografía se presentan y analizan estudios sobre la aplicación de altas presiones en la conservación de pescados y mariscos, y las técnicas de empaque.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar el proceso de conservación de pescados y mariscos aplicando la tecnología de altas presiones.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar las variables de proceso en la aplicación de altas presiones en pescados y mariscos.
- Mencionar los equipos y empaques utilizados en la aplicación de altas presiones en pescados y mariscos.
- Describir la importancia de la aplicación de altas presiones en la industria pesquera.

## **2. APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES EN LA CONSERVACIÓN DE PESCADOS Y MARISCOS.**

### **2.1. ALTAS PRESIONES.**

#### **2.1.1. Generalidades.**

Se entiende por altas presiones (AP), las presiones comprendidas entre 100 y 1000 MPa. Ya que normalmente el medio utilizado para transmitir la presión es el agua, este tratamiento se le conoce como altas presiones hidrostáticas (APH). También denominadas pascalización, presurización o simplemente alta presión (Raventós 2010).

Las bases fundamentales de la tecnología de APH son en el principio de Le Chatelier y las reglas isostáticas, la presión se transmite de manera uniforme e instantánea en el producto, y en todas las partes que lo constituye, sufriendo cambios de volumen después de su aplicación. La APH acelera las reacciones que se ven involucradas en los diferentes cambios que se presentan a nivel molecular, básicamente en el cambio de volumen que sufre la molécula, siendo dichos cambios la clave para entender los efectos biológicos en las macromoléculas y en los microorganismos (Barcenilla 2014).

Debido a que la APH se usa para mejorar la calidad, las características fisicoquímicas y sensoriales de productos que son sometidos a esta tecnología, es primordial seleccionar

las condiciones de tratamiento más adecuadas, en función del objetivo prioritario. Como ya hemos dicho, las presiones utilizadas generalmente en el tratamiento de alimentos por APH acostumbran a estar entre 100 y 1000 MPa. El tiempo de aplicación de la presión puede oscilar entre unos pocos minutos y algunas horas y la temperatura de tratamientos puede ir entre los -20 a los 90 °C (Raventós 2010).

### **2.1.2. Variables del proceso.**

El tratamiento de altas presiones es afectado por algunas variables como son la magnitud de presión, el tiempo de duración del proceso, temperatura, pH, actividad de agua, la concentración de solutos en el producto, el tipo y la cantidad de microorganismos. Estas variables se pueden separar según los propósitos de estudio como, variables relativas a los microorganismos, al producto y al proceso.

Como el comportamiento metabólico de los microorganismos varía dependiendo de la especie, la resistencia al tratamiento de APH difiere; por lo que las variables relativas referentes a los microorganismos incluyen el número y el tipo de estos. La eficiencia de la tecnología APH para la inactivación de microorganismos dependen principalmente de la magnitud de la presión, el tiempo de presurización, la temperatura del proceso, el tipo de microorganismo y también otros factores como la fase de crecimiento celular, el tipo de material de alimentación, medios de suspensión y la presencia de agentes antimicrobianos, etc. (Farkas y Hoover, 2000).

En cuanto a las variables relativas al producto, la presencia o ausencia de ciertos parámetros propios del alimento influyen en la desactivación de los microorganismos, como ( $A_w$ , pH, cantidad de sal y composición) (Daoudi 2004).

*Variables del proceso:* cuando se incrementa el tiempo de tratamiento el daño puede ser más evidente y el número de células viables es reducido. Al describir el proceso de altas presiones, es importante definir el tiempo de ciclo, el cual es el tiempo total para la carga, cierre de la vasija, compresión, tenencia, descompresión y descarga (Koutchma 2014).

### **2.1.3. Equipos para la aplicación de altas presiones.**

Actualmente se encuentran disponibles en el mercado equipos de altas presiones para el procesamiento por lotes y sistemas semicontinuos.

El procesamiento por lotes es el más convencional, el producto se trata generalmente en su envase primario final; el envase de procesamiento requiere paquetes en forma de bolsas, grandes bolsas a granel, o combinaciones tapa-envase. A diferencia los sistemas semicontinuos se utilizan sólo en algunos casos para procesar directamente los productos bombeables que luego deben ser envasados asépticamente (Daoudi 2004).

Avure Technologies (USA\_Sweden), Hiperbárica (Spain\_USA), MULTIVAC (USA\_Germany) y BaoTau Kefa (China) son los principales proveedores de equipos para la aplicación de altas presiones a escala comercial.

A escala de laboratorio o piloto hay una falta de descripción de equipos y los detalles técnicos en los informes publicados. Por lo general, sólo se proporcionan el nombre de la marca y el modelo (Koutchma 2014).

Existen variaciones entre los tratamientos a APH utilizando unidades de laboratorio/piloto o a escala comercial, ya sea por el medio de transmisión de presión, temperatura del medio de transmisión de presión, tasa de presurización y despresurización, caída de presión durante el tratamiento, el envase (peso, tamaño y forma) (Koutchma 2014).

El equipo Avure QFP 525L-600 ofrece el más alto rendimiento en la industria con características para reducir al mínimo los costos de operación y maximizar el tiempo de actividad. Mejora de la eficiencia de llenado y de presurización resultan en un mayor rendimiento, mayor volumen y 10 ciclos por hora con un tiempo de retención de 3 min. El diámetro más grande también tiene capacidad de procesamiento de productos más grande y extraña en forma (Koutchma 2014).

El sistema 687L grande de Avure, con un diseño horizontal, fue construido para la industria pesquera, donde el flujo continuo es esencial. Con gran capacidad de 687 litros y de 310 MPa, este sistema puede procesar de manera fiable hasta 5.000 kg de producto en bruto por hora (Koutchma 2014).

Las partes que constituyen un equipo industrial de APH son básicamente una cámara de presión y su sistema de cierre, un sistema de generación de presión, un sistema de control de la temperatura y un sistema de manipulación del producto, dichos equipos pueden o no estar automatizados (Reventós 2010).

Hasta el momento se conoce que el 14% de los equipos industriales (figura 1 y 2) para el procesamiento a altas presiones se está utilizando para la industria pesquera.



**Figura 1.** Equipo Hiperbaric 55 (Hiperbaric 2015).



**Figura 2.** Equipo Hiperbaric 525 (Hiperbaric 2015).

En la figura 1 y 2 se muestran equipos de procesado por altas presiones diseñados por Hiperbaric (Hiperbaric 55) para producciones pequeñas y medianas con capacidad de 55 litros, productividad de 266 kg/hora y cámara de 200 mm el cual corresponde al diámetro de la cámara interior, (Hiperbaric 525) para producciones más grandes, con capacidad de 525 litros, productividad de 3000 kg/hora y cámara de 380 mm.

Los equipos disponibles en el mercado están diseñados de acuerdo a los volúmenes de producción, que se diferencian por su tiempo total de ciclo y productividad. El tiempo total de ciclo incluye la carga y descarga automática de contenedores de producto envasado, compresión, descompresión y tiempo de maquina (movimientos necesarios del equipo en producción) (Koutchma 2014).

#### **2.1.4. Empaques utilizados en la aplicación de altas presiones.**

Según Koutchma (2014), las altas presiones es un proceso discontinuo en el que los materiales alimenticios se envasan antes de la aplicación de alta presión, y tanto el producto alimenticio como el paquete son a la vez expuestos a las condiciones de procesamiento.

Lo que se busca es trabajar con empaques y envases que estén elaborados con materiales que no afecten la calidad del producto envasado, al momento de ser sometidos al tratamiento ya que cualquier daño o alteración que se pueda presentar en los materiales pueden repercutir en la calidad, la seguridad y la vida de almacenamiento del producto alimenticio de manera adversa.

Teniendo en cuenta que el agua es el medio utilizado como fluido de presurización, los materiales de envasado deben ser resistentes a este. Así como al proceso de compresión y

descompresión al que son sometidos los envases plásticos a base de polímeros termoplásticos como el polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP), poliamida (PA), etileno vinil alcohol (EVOH), son los utilizados para el tratamiento a altas presiones (Torres et al. 2014).

Los envases que sean destinados al tratamiento de APH, sin importar el tipo de alimentos que se va a envasar, deben reunir algunas características que los hacen compatibles con las condiciones a las cuales serán sometidos en dicho tratamiento.

La característica primordial es que estos materiales sean lo suficientemente flexibles como para soportar los altos niveles de estrés mecánico que causa la APH, garantizando que se mantenga la integridad física tanto del envase como la del producto (Juliano et al. 2010).

Todo esto va de la mano con el cumplimiento de otras características secundarias pero no menos importantes como son las características mecánicas de sellado, propiedades de barrera a los gases y el agua, debe garantizar la conservación su integridad física y no se debe presentar la migración de compuestos del material de envasado al producto, y viceversa (Juliano et al. 2010).

## **2.2.VENTAJAS DE APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES EN PESCADOS Y MARISCOS E IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA PESQUERA.**

Los que se busca con someter los alimentos al tratamiento de APH se centra básicamente en la capacidad de poder llevar a cabo cambios positivos en ellos como la mejora de su conservación, textura, color, olor, etc., claro está sin afectar el sabor, aroma o al valor nutricional del producto original. En general, después de someter al tratamiento de alta presión en pescados y mariscos, el sabor y el aroma son similares al del pescados fresco

y en algunos casos particulares, como son las ostras se consigue incluso mejorar las características organolépticas del producto. Como en el resto de los alimentos, el tratamiento de alta presión produce una disminución de la carga microbiana del pescado alargando su vida útil (Daoudi 2004).

El tratamiento de APH ha tenido tanta acogida por los resultados favorables obtenidos que es aplicado como un método de conservación, siendo su principal ventaja el mantenimiento de los atributos de calidad de los productos frescos y en algunos casos el mejoramiento de dichos atributos. En pescados y mariscos es un método de conservación muy prometedor el cual se está empleando cada vez más para el procesamiento comercial de ostras (Murchie et al.2005) y pescados (Erkan et al. 2010).

Una de las funcionalidades de las APH en pescados y mariscos esta direccionada a la apertura de moluscos. Con la aplicación de presurización se logra desnaturalizar las proteínas del musculo aductor de molusco (ostras, mejillones o almejas), el cual es el responsable de mantener la concha cerrada, al ser sometido a este tratamiento pierde su función y abre la valva, lo que facilita la extracción de la carne (Murchie et al. 2005; Erkan et al. 2010).

Así mismo ocurre con los crustáceos. Cuando se les aplica alta presión la carne se separa del caparazón sin necesidad de ser sometidos a una cocción previa. De esta forma, especies como langostas, bogavantes o cigalas, entre otros mariscos, mantienen sus características naturales y pueden ser consumidos frescos (Murchie et al. 2005; Erkan et al. 2010).

### **2.2.1. Inactivación de microorganismos que causan alteraciones en pescados y mariscos.**

Los microorganismos actúan en los alimentos como indicadores de deterioro, por lo cual el interés de la aplicación de las APH se centra principalmente en el efecto que tiene sobre los mismos. Lo que se busca es inhibir el crecimiento de estos, en otras palabras, los microorganismos afectan directamente la utilización de este tratamiento como método de conservación.

Las investigaciones para el efecto de la alta presión sobre los microorganismos de los alimentos comenzaron en 1899. Revelando que esta tecnología se podría utilizar para destruir patógenos como vibrios, bacterias coliformes y virus en ostras y otros crustáceos, y está siendo utilizada para inactivar microorganismos en mariscos como ostras, calamares (*Todaropsis eblanae*) y gambas (Ginson et al. 2015).

La reducción de la carga microbiana podría ser debido a la alteración de la permeabilidad de las membranas celulares que produzcan perturbaciones de sistema de transporte activo; desnaturalización de las enzimas y materiales nucleicos esenciales para llevar a cabo actividades biológicas y la reproducción de las bacterias; colapso de vacuolas intracelulares y el retraso de la división celular (Ginson et al. 2015).

Los mohos y levaduras son los microorganismos más sensibles; las bacterias Gram-negativas tienen sensibilidad media, mientras que las bacterias Gram-positivas son las más resistentes entre las células vegetativas y sus esporas necesitan presiones muy altas para ser inactivados (Torres et al. 2014).

En cuanto a los mecanismos de acción de presión, de acuerdo con los estudios realizados por Huang et al. (2013) una presión de 50 MPa puede afectar o inhibir la síntesis de proteínas y producir una reducción en el número de ribosomas microbianas. Una presión de 100 MPa puede causar la desnaturalización parcial de las proteínas celulares; cuando se aumenta la presión a 200 MPa que produce daños internos en la estructura microbiana y daños externos en la membrana celular. Presiones iguales o similares a 300 MPa producen daños irreversibles en el microorganismo, incluyendo la fuga de componentes intracelulares al medio circundante, lo que resulta finalmente en la muerte celular.

El deterioro de la calidad del pescado fresco es caracterizado sensorialmente por una pérdida inicial de “sabor de pescado fresco”, lo cual conduce al rechazo de este producto. Este deterioro está relacionado con la amplia variedad de microorganismos que contiene el pescado crudo y que debido al metabolismo microbiano causan olores y sabores desagradables (Kamalakanth et al. 2011).

El índice de deterioro se evalúa teniendo en cuenta muchos factores de los cuales depende, entre ellos están las especies de peces, sus condiciones fisiológicas, las influencias ambientales, el manejo post-cosecha y las condiciones de almacenamiento. Aunque la carne del pescado fresco es normalmente estéril, los microorganismos se encuentran en la piel, las branquias y en el tracto gastrointestinal y estas bacterias promueven el posterior deterioro (Karim et al. 2011).

En los peces de agua templada, la micro flora de deterioro está dominada por las bacterias, en forma de bastoncillos Gram-negativos psicrotróficas pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Shewanella*, *Flavobacterium* y *Vibrionaceae*. Sin embargo, las bacterias Gram-positivas, tales como *Bacillus*, *Micrococcus*,

*Clostridium*, *Lactobacillus* y *Corynebacterium* también se pueden encontrar en proporciones variables y los peces de aguas dulces o calientes tienden a presentar microflora compuesta por mesófilos Gram positivos (Karim et al. 2011).

Los microorganismos que por lo general alteran los mariscos son las bacterias Gram-negativas, las cuales al ser sometidas al tratamiento de APH podrían ser eliminadas. Caso opuesto ocurre con las bacterias vegetativas, ya que las esporas son altamente resistentes a la presión y puede soportar presiones por encima de 1.200 MPa, ya que estructuralmente es muy resistente y debido también al espesor de la capa bacteriana. Sin embargo estas esporas microbianas podrían ser destruidas por la combinación de la temperatura (80 °C) y alta presión (600 MPa), pero esto es eficaz sólo cuando se aplica presión en pulsos cortos (Ginson et al. 2015).

En el caso de la técnica de tratamiento a altas presiones y temperaturas elevadas (90 a 121 °C), podría ser utilizado en la industria de alimentos como un proceso combinado para la inactivación de esporas. Proceso llamado esterilización térmica a altas presiones (Sevenich et al. 2015).

El procesamiento a altas presiones, además de inactivar microorganismos en productos frescos o mínimamente procesados, también puede ser aplicado a productos derivados. Stollewerk et al. (2014), Confirmó que la presurización aumenta la seguridad y la calidad de los embutidos en rodajas de pescado fermentado, a través de su estudio en el que a 600 MPa, se aceleró significativamente la eliminación de *L. monocytogenes* y *S. enterica* al igual que se presentó una reducción de bacterias indicadoras de descomposición a niveles de <10 UFC/g inmediatamente después de la aplicación.

En el estudio realizado por Ma y Su (2011), demostró que las APH pueden ser adoptadas por la industria de mariscos como un proceso post-cosecha para eliminar *V. parahaemolyticus* en ostras crudas. El *Vibrio parahaemolyticus* es un patógeno humano que se distribuye ampliamente en los ambientes costeros y estuarinos. Este patógeno se aísla con frecuencia de mariscos y puede causar gastroenteritis aguda resultante de consumo de mariscos crudos, especialmente ostras. Este estudio, en el que se utilizó una presión de 293 MPa durante 120 s a temperaturas de  $(8 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C})$  se lograron reducciones mayores que 3,52 logNMP/g registro de *V. parahaemolyticus* en las ostras del Pacífico, de igual forma aumentó la vida útil de 6 a 8 días cuando se almacenó a  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  y 16 a 18 días cuando se almacena en hielo.

En el estudio de Ye et al, (2013), orientado a determinar el efecto de las condiciones de almacenamiento en la inactivación de *V. parahaemolyticus* y *V. vulnificus* en las ostras tratadas a presión, se observó que el almacenamiento en frío, antes del tratamiento de altas presiones no aumentó su sensibilidad, y por tanto es un método eficaz para su control. A 300 MPa durante 2 minutos a  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ , seguido por 5 días de almacenamiento en hielo o 7 días de almacenamiento congelado, eliminó por completo *V. parahaemolyticus* en las ostras.

Anteriormente Cruz-Romero et al. (2008) investigó los efectos del tratamiento de altas presiones en los recuentos bacterianos de ostras almacenadas aeróbicamente en hielo o en refrigeración envasadas al vacío y los cambios en la micro flora específica, obtuvo que las *Pseudomonas spp* fueron las principales bacterias de descomposición aeróbica en ostras tratadas con altas presiones (500 a 800 MPa/5 min) durante el almacenamiento refrigerado. Sin embargo hubo una disminución del número de bacterias y se extendió la

vida útil de las ostras, los recuentos microbianos se hicieron después de 14 días de almacenamiento, Las bacterias aisladas de ostras tratadas a 260 MPa fueron *Shewanella putrefaciens* y *Pseudomonas fluorescens*.

Por otro lado, Murchie et al. (2007), en su estudio sobre la inactivación de un calicivirus y enterovirus en los mariscos a alta presión, demostró el potencial del procesamiento de alta presión para reducir la contaminación viral en los mariscos. A presiones de 250 MPa mostró sólo una inactivación limitada de cualquiera de los virus en los mariscos, lo que sugiere que los tratamientos son relativamente suaves (aproximadamente 260 MPa) que actualmente se utilizan para el procesamiento comercial de ostras, principalmente para ayudar al proceso de pelado, puede ser insuficiente para garantizar la seguridad de los moluscos para el consumo humano, en particular en relación con los virus patógenos humanos.

El pescado y productos derivados de este son extremadamente perecederos, y su vida útil está determinada por el metabolismo y crecimiento bacteriano, que al degradar los componentes del pescado produce cambios indeseables; con los métodos de conservación, se busca reducir el crecimiento de las bacterias, mejorar la calidad y aumentar la vida útil.

El almacenamiento en frío y la congelación son los métodos habituales utilizados para frenar la degradación enzimática y bacteriana del músculo de pescado, pero no inhiben completamente el deterioro de la calidad. Reyes et al. (2015) estudió el efecto de la APH sobre la vida útil microbiológica de la carne de pez jurel (*Trachurus murphyi*) durante el almacenamiento refrigerado a 4 °C. Las muestras fueron tratadas a presiones de 450 MPa y 550 MPa, 3 y 4 min a temperatura ambiente ( $20 \pm 1$  °C). Los resultados obtenidos mostraron que al combinar dos tratamientos como la APH y el almacenamiento

refrigerado se obtuvo un aumento significativo del jurel en más de 29 días, en comparación con solo 6 días de vida útil sin el tratamiento de altas presiones.

Reyes et al. (2015) indica que estos resultados se dan por la reducción de la carga microbiana e inactivación completa de *S. putrefaciens* presente en las muestras, lo que contribuyó a retrasar la formación de TMA-N (Nitrógeno trimetilamina) durante el período de almacenamiento.

Las afirmaciones anteriormente mencionadas, demuestran la utilidad de las altas presiones como una herramienta para el aumento de la vida útil de los pescados y mariscos, ya que se inhibe el crecimiento de bacterias que causan las alteraciones en los alimentos y a su vez pueden poner en riesgo la salud de los consumidores. De igual forma como la combinación de este tratamiento con otros métodos de conservación (almacenamiento en frío, congelación) aumentan el efecto inhibitorio sobre los microorganismos. Además la APH es una tecnología que puede garantizar la destrucción de esporas bacterianas si la presión es aplicada a pulsos cortos.

#### **2.2.1.1. Formación de aminas biógenas en los peces.**

Las aminas biogénicas (BAS) como la putrescina (PUT), cadaverina (CAD), espermidina (SPD), espermina (SPM), la histamina (HIM), tiramina (TYM), triptamina (TRM) y feniletilamina (PEA) se encuentran ampliamente distribuidas en alimentos proteicos, estos son compuestos que se forman por descarboxilación de aminoácidos como resultado de procesos metabólicos en plantas y microorganismos. La determinación de estos compuestos en los alimentos está relacionada con su potencial toxicidad y con la posibilidad de utilizarlos como marcadores de descomposición (Matejkova et al. 2013).

En el pescado fresco, las aminos se encuentran en niveles muy bajos, y su acumulación se asocia con el deterioro bacteriano. Para que se dé la acumulación de las aminos biógenas son fundamentales la calidad de la materia prima, tiempo y temperatura de almacenamiento. El eviscerado de pescado conduce a un aumento en la contaminación microbiana de la carne, lo que resulta en la liberación de aminos biogénicos, y esto se refleja en las propiedades sensoriales inferiores (Matejkova et al. 2013).

En general, las aminos biogénicas pueden servir como indicadores de la descomposición de los peces, ya que estas se forman principalmente por la acción de las bacterias; por tanto la regulación de las aminos biógenas se logra por la supresión de la proliferación de estas.

Diferentes estudios abarcan la vinculación entre la presurización y la formación de aminos biógenas. Como el realizado por Montiel et al. (2012), que comprendió la determinación de aminos biógenas en muestras de bacalao ahumado, tratadas a 400, 500 y 600 MPa. Se detectaron solamente TRM y SPM; los contenidos elevados de TRM se encontraron en particular, en las muestras tratadas a alta presión.

En muestras de trucha (*O. mykiss*) almacenados a 3,5 °C la presurización a 300 MPa extendió la vida útil cuatro veces de 21 a 28 días en comparación con los controles sin presión. Las muestras de una buena calidad contenían menos de 10 mg/kg cada uno de PUT, CAD y TYM (Matejkova et al. 2013).

Krizek et al. (2014). Estudió la formación de aminos biógenas, durante el almacenamiento de carne de lucio (*Esox lucius*) procesada a altas presiones. Lucio (*E. lucius*) pertenece a los peces de agua dulce de alta calificación. Es popular por ser delicado, sin grasa y por

tener una carne fácilmente digerible de alto valor nutricional. Los resultados mostraron que la aplicación de alta presión hidrostática puede reducir notablemente el contenido de aminas biógenas en la carne de lucio envasado al vacío. Las muestras presurizadas a 500 MPa alcanzaron 40,8 y 110 mg / kg de TYM (las muestras se mantuvieron a 3,5 y 12 °C). Se extendió la vida útil de carne de lucio por presurización, pero el aumento de los contenidos TYM debe ser tomado en consideración. El aumento de contenidos TYM y CAD se encontraron en las muestras almacenadas durante más tiempo y/o mantenidos a temperaturas más altas. TYM de manera similar a CAD, esto indica la pérdida de la frescura de la carne o el abuso de la temperatura, a pesar de la persistencia de buenas señales sensoriales. El límite recomendado de almacenamiento para la carne de lucio envasada al vacío, es cerca de 5 días a una temperatura de 3,5 °C. Sin embargo la aplicación de la alta presión hidrostática puede extender sustancialmente este período aproximadamente cuatro veces (a 300 MPa) y ocho veces (a 500 MPa), a 21 o 42 días, respectivamente.

En el estudio de Kim et al. (2013), en el que se evaluó los efectos inhibitorios de tratamientos de alta presión hidrostática sobre la producción de histamina en el músculo de caballa (*Scomber japonicus*) inoculado con *Morganella morganii* y *Photobacterium phosphoreum*. Al aplicar el tratamiento de altas presiones se retrasó significativamente el crecimiento microbiano en general en el músculo de caballa, independientemente de las especies inoculadas. La producción de histamina en el músculo caballa inoculado con *M. morganii* fue fuertemente inhibida a 200 y 300 MPa (pero no a 100 MPa). Además, en las muestras inoculadas con *P. phosphoreum*, todas las condiciones de tratamiento de APH entre 100 y 400 MPa inhibieron fuertemente la producción de histamina.

Se observa como los diferentes autores destacan la aplicación del tratamiento de altas presiones para la supresión de la formación aminas biógenas, ya que esto se logra mediante la eliminación de los microorganismos, lo que hace que se extienda la vida útil de las carnes de los peces. La HIM, amina de mayor importancia toxicológica no representa un riesgo para los consumidores de carnes a la cual se le ha aplicado este tratamiento.

### **2.2.2. Efectos sobre los constituyentes y reacciones en pescados y mariscos.**

Las altas presiones hidrostáticas, además de prolongar la vida útil de los alimentos, por la inhibición de los microorganismos que puedan alterarlo, se ha demostrado que al ser una técnica de procesamiento mínimo permite la conservación de los micronutrientes, tales como aminoácidos y vitaminas, así como compuestos del sabor (Briones-Labarca et al. 2012).

Esta nueva tecnología según los informes proporcionan una larga vida útil y mínima pérdida de calidad, ya que no se generan muchos de los cambios indeseables que están asociados con el procesamiento térmico, y mantiene el sabor fresco de los alimentos; los productos tienen mejor sabor sin ninguna indicación de oxidación; Sin embargo, la estructura, la textura y el color pueden ser afectados negativamente (Briones-Labarca et al. 2012).

En general, la evaluación visual es uno de los factores más importantes que afectan a la presentación y aceptación del producto por parte del consumidor, por ejemplo los mariscos son productos que a menudo se seleccionan sobre la base de sólo su apariencia que corresponde a los atributos percibidos por el sentido de la vista, especialmente el color.

En pescados y mariscos que han sido tratados a altas presiones entre 100 y 200 MPa son evidentes las modificaciones en la estructura, textura o color en los tejidos musculares (Cruz-Romero 2007).

Aunque se afirma que el procesamiento de alta presión tiene menos impacto sobre el color en comparación con tratamientos de procesamiento térmico, es bien reconocido que la presurización por encima de 200 MPa conduce a cambios en el color y la textura, dando un músculo de pescado con aspecto similar al cocinado (Ojagh et al. 2011).

Gómez-Estaca et al. (2009), sostiene la apariencia del músculo de pescado se ve afectada principalmente por el nivel de presurización, es decir, entre más se aumenta la presión, más opaco y más blanco se convierte el músculo, especialmente a temperatura ambiente o superior, en lugar de las bajas temperaturas.

La alta sensibilidad a la desnaturalización de las proteínas miofibrilares de pescado, incluso cuando se somete a presión baja o moderada, puede dar lugar a cambios en el color y la textura, por lo que el tratamiento es considerado inviable. Este hecho sin embargo, puede variar de una especie de pez a otro (Chevalier et al. 2001).

Gómez-Estaca et al. (2009), demostró que al aplicar el tratamiento de alta presión por 15-min de presión continua y la presión pulsante en tres ciclos 5-min (200-300 MPa a 7 °C), a carpaccio de salmón, atún y "bacalao", el carpaccio "bacalao" a presión presenta atributos sensoriales similares a las de uno sin presión. Por el contrario, carpaccios de salmón y atún presurizados sufrieron mayores cambios, según la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales, es decir se dio lugar a un aumento en la

resistencia al cizallamiento, reducción del agua y propiedades de unión de lípidos y aumento en la diferencia de color total.

Por otro lado, Ojagh et al. (2011), Propuso evaluar los efectos sobre los filetes de salmón del Atlántico de dos tratamientos de alta presión a diferentes temperaturas (300 MPa a 5 °C y 40 °C), con el uso combinado de una película biodegradable, gelatina lignina, evaluando cambios de color, desnaturalización de las proteína, así como proteínas y la oxidación de lípidos, en comparación con el músculo crudo, obteniendo que el procesamiento de alta presión a 5 °C en combinación con la película de gelatina-lignina preserva la coloración roja del producto y mínimamente previene la desnaturalización de proteínas y la oxidación, sin poner en peligro la apariencia del producto. La película reduce el nivel de oxidación de lípidos que surjan durante las etapas avanzadas de almacenamiento refrigerado; sin embargo, este tratamiento era ineficaz en la inhibición de crecimiento microbiano.

En el estudio realizado por Cruz-Romero et al. (2007), encontró que al aplicar presión a 260 MPa durante 3 min en ostras tenía menos efectos negativos sobre el color del tejido de las ostras que los tratamientos térmicos (pasteurización a 50 °C durante 10 min o pasteurización tradicional a 75 ° C durante 8 min).

Bindu et al. (2013) Estudió el efecto del tratamiento con altas presiones a diferentes presiones (100, 270, 435 y 600 MPa) sobre los cambios fisicoquímicos del langostino blanco de la India durante el almacenamiento frío a  $2 \pm 1$  °C. Al evaluar los parámetros físicos como color y textura se encontraron diferencias significativas en los resultados, a las diferentes presiones, a presiones más altas los cambios de color y textura eran más significativos. En cuanto a los parámetros químicos como el pH, TMA (trimetil amina),

NBVT (nitrógeno básico volátil total) y TBA (ácido tiobarbitúrico). Los valores de pH y TBA se incrementaron después del tratamiento APH y aumentaron significativamente durante el almacenamiento. Se observó una reducción significativa de los valores de TMA y TVBN después del tratamiento de alta presión.

La frescura es uno de los factores más importantes para evaluar la calidad del pescado, ya que se puede afirmar directamente a través de la apariencia, textura y sabor. Los cambios texturales están relacionadas con la evolución de los componentes musculares principalmente proteínas, con el sistema endógeno de las calpainas que juega un papel importante en la proteólisis de las proteínas musculares en condiciones post-mortem (Bindu et al. 2013).

Los tratamientos de alta presión pueden afectar los constituyentes musculares, principalmente grandes moléculas como proteínas. Los enlaces covalentes en las proteínas no se ven afectados por la alta presión, mientras que los enlaces iónicos y de hidrógeno y la estructura terciaria pueden cambiar notablemente. En particular, las modificaciones en la estructura de las enzimas y la compartimentación pueden ser de mayor importancia debido a su papel en la proteólisis post-mortem. Además la capacidad del músculo para retener el agua está estrictamente relacionada con los eventos post-mortem tales como la disminución del pH, la proteólisis y la oxidación de proteínas (Campus et al. 2010).

Herranz et al. (2013), realizó su estudio sobre los efectos de la alta presión y transglutaminasa microbiana en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y micro estructurales del surimi de pescado volador, con base a que con el procesamiento a altas presiones al modificar la conformación de la proteína muscular, lo que resulta es el cambio en las propiedades funcionales de las proteínas, se forman geles más deformables y más

brillantes, con un sabor más natural en comparación con los inducidos por calor. De hecho los resultados indicaron que con las altas presiones (tratamiento a 80Mpa/40°C/10min) las redes producidas eran más elásticas y estables en el tiempo debido al aumento de las interacciones físicas (enlaces de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas y dispersivos) como resultado de la reducción del volumen libre. Estos tipos de interacciones se pueden romper y recombinar fácilmente, aumentando la elasticidad y la flexibilidad conformacional de la red.

Por otro lado la sinergia entre la aplicación de altas presiones y la utilización de transglutaminasa que es un aditivo que puede mejorar la elasticidad y apariencia de los alimentos, resultó no ser eficaz, ya que las redes resultantes presentaban propiedades estructurales y reológicas intermedias (Herranz et al. 2013).

En cuanto a la evaluación de los cambios de textura en pescados después de la aplicación de altas presiones, se han utilizado los métodos de análisis de perfil de textura y prueba de punción, estos métodos presentan inconvenientes, ya que son destructivos y consumen tiempo. Una prueba alternativa es la de relajación de la tensión, que es una de las herramientas de evaluación más importantes que se utilizan para determinar las propiedades viscoelásticas de los materiales, el cual es un método no destructivo utilizado para evaluar los cambios introducidos en el músculo de pescado por los tratamientos de alta presión (Campus et al. 2010).

Considerando que la presurización se está utilizando para la extracción de carne de crustáceos es importante evaluar las ventajas que tienen las altas presiones sobre estos, en comparación con el daño físico que se produce al utilizar cuchillos. Al igual que en los

músculos de pescados, evaluar la textura, color y cambios químicos que se producen en estos.

Yi et al. (2013), estudió el efecto del procesamiento de pelado o extracción de carnes en las propiedades físicas de los músculos aductores, como el rendimiento, el pH, la humedad, la pérdida por goteo, color, dureza y elasticidad de la concha del marisco peregrino bahía de vieira (*Argopecten irradians*). Las muestras fueron tratadas a 150 MPa a 2 y 3 min, 200 MPa a 0, 2, y 3 min, 300 MPa a 0, 2, y 3 min, 350 MPa a 0 y 2 min y 400 MPa a 0 min, respectivamente. El término "0 min" Se refiere a los tratamientos donde la muestra es sometida a la compresión y descompresión inmediata. En comparación con el pelado manual el rendimiento fue mayor con el tratamiento a APH; 100% de extracción de la carne a 200 MPa/3 min y 350 MPa/0 min. Y hubo cambios significativos en cuanto al pH (6,14 a 6,40), humedad (78,95% a 80,47%) y la pérdida de la descongelación de goteo (4,41% a 9,67%), la dureza de los músculos aductores sin concha a APH aumentó, mientras que la elasticidad no mostró cambios.

De los tratamientos, la presurización a 200 MPa durante 3 min es el más adecuado para Bahía de vieira obteniendo un rendimiento del 100%, mínimos cambios en los músculos aductores (Yi et al. 2013).

Por otra parte, la rancidez es una de las alteraciones a las que están sujetas los alimentos con ácidos grasos altamente insaturados y un gran contenido de moléculas pro-oxidantes lo cual influye fuertemente en la calidad del producto después de la congelación y el almacenamiento refrigerado (Vázquez et al. 2013).

Se ha establecido que el tratamiento a altas presiones tiene un efecto positivo sobre la inactivación de las enzimas hidrolíticas endógenas de deterioro, como lipasas, fosfolipasas, peroxidasas, y lipoxigenasas entre otras, lo cual lleva a una estabilización adicional del producto de pescado (Vázquez et al. 2013).

Daoudi (2004), sostiene que en productos como la carne y el pescado con alto contenido proteico al ser sometidos al tratamiento de altas presiones se produce un incremento de la oxidación lipídica que tiene como consecuencia alteraciones en el aroma y sabor (enranciamiento), en el color, la pérdida de determinados nutrientes y la formación de sustancias potencialmente nocivas, esta oxidación se cree que está relacionada con la desnaturalización de las proteínas causada por la presión, al quedar libres los iones metálicos que catalizan la oxidación lipídica.

Vázquez et al. (2013) evaluó los daños de los lípidos durante el almacenamiento congelado de caballa del Atlántico previamente sometidos a un tratamiento APH en tres niveles de presión (150, 300, 450 MPa con tiempos de retención de 0,0, 2,5 y 5,0 min). Se observó una inhibición marcada ( $p < 0.05$ ) de ácidos grasos libres y la formación de compuestos de oxidación lipídica terciaria durante el almacenamiento al aumentar el nivel de presión o el tiempo de mantenimiento de la presión del tratamiento. Para el índice de polieno pequeñas diferencias, entre los diferentes tratamientos y ningún efecto en el contenido de compuestos de oxidación primaria y secundaria.

Estos estudios muestran que la aplicación de altas presiones en pescados y mariscos en general, los cambios producidos en las características o atributos sensoriales son mínimos, y dependen principalmente del nivel de presión, temperatura y tiempo del tratamiento. Este tratamiento induce a la gelificación de las proteínas miofibrilares sin la necesidad de

aplicar calor y de esta forma obtener productos similares al pescado crudo, por tanto puede ser utilizado en cualquier especie de pescado incluso en especies poco conocidas para la elaboración de productos reestructurados.

Esta tecnología ha demostrado su utilidad, especialmente en el procesamiento de moluscos, para la extracción de la carne, sin que se produzca algún daño. Y sus efectos sobre los constituyentes son significativos, como en el caso de la inactivación de las enzimas hidrolíticas endógenas que pueden causar deterioro en los productos pesqueros. Esta tecnología es de gran interés para la industria pesquera, por lo que es importante seguir avanzando y estudiando sobre esta para su mejoramiento.

## **CONCLUSIONES**

Para el procesamiento a altas presiones, las variables están asociadas ya sea al microorganismo, al producto o al proceso; en pescados y mariscos se ha demostrado lograr efectos significativos utilizando presiones entre los 250 y 400 MPa con tiempos de retención relativamente cortos. Estos productos, bajo las condiciones de presurización mantienen su frescura, además de que alcanzan un mayor rendimiento y una vida útil que aumenta de 2 a 4 veces.

Los equipos utilizados en la industria pesquera son el Avure QFP 525L-600 y el sistema 687L grande de Avure. El 14% de los equipos para altas presiones están siendo utilizados en la industria pesquera y están diseñados de acuerdo a los volúmenes de producción, que se diferencian por su tiempo total de ciclo y productividad. Para pescados y mariscos, se utiliza el procesamiento por lotes que necesita la utilización de empaques flexibles que requieren propiedades como barrera a los gases y el agua, integridad física y evitar la migración de compuestos.

La aplicación de las altas presiones hidrostáticas en la industria pesquera, es una tecnología que permite aumentar la seguridad de los productos frescos y procesados, ya

que permite el control de los microorganismos patógenos y que a través del consumo de peces y mariscos pueden producir enfermedades en los consumidores. Particularmente *Listeria monocytogenes* y vibrios.

Otra de las ventajas que se le atribuye a las altas presiones hidrostáticas es el efecto mínimo que tiene sobre los constituyentes de los alimentos, hecho que se ve reflejado en la conservación de la calidad de los productos, especialmente en la apariencia. El color es el principal atributo sensorial que debe mantener los productos pesqueros para ser aceptados por parte del consumidor. El color del tejido de las ostras no se ve afectado a presiones de 260 MPa y tiempos cortos, y sobre los pescados, los cambios de color son menores si se utilizan bajas temperaturas, pero este efecto varía de una especie a otra y se da por la alta sensibilidad a la desnaturalización de las proteínas miofibrilares de pescado que puede presentarse a presiones bajas o moderadas.

El empleo de las altas presiones en los productos pesqueros es una opción para mejorar y optimizar la vida útil y la calidad, manteniendo la frescura de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **APAprocessing**, Pescados y mariscos, en línea, 2015.  
<http://apaprocessing.com/pescados-y-mariscos/>. Acceso: 5 de junio (2015).
2. **Barcenilla, B. 2014**. Efecto del procesado por Altas Presiones Hidrostáticas sobre las características de los batidos y sus bizcochos. trabajo fin de máster, Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos, Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
3. **Bindu, J., Ginson, J., Kamalakanth, C.K., Asha, K.K., Srinivasa, T.K. 2013**. Physico-chemical changes in high pressure treated Indian white prawn (*Fenneropenaeus indicus*) during chill storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17: 37-42.
4. **Briones-Labarca, V., Perez-Won, M., Zamarca, M., Aguilera-Radic, J.M., Tabilo-Munizaga, G. 2012**. Effects of high hydrostatic pressure on microstructure, texture, colour and biochemical changes of red abalone (*Haliotis rufecens*) during cold storage time. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 13: 42-50.
5. **Campus, M., Addis, M.F., Cappuccinelli, R., Porcu, M.C., Pretti, L., Tedde V., Secchi, N., Stara, G., Roggio, T. 2010**. Stress relaxation behaviour and structural changes of muscle tissues from Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) following high pressure treatment *Journal of Food Engineering* 96, 192–198

6. **Chevalier, D., Le Bail, A., & Ghoul, M. 2001.** Effects of high pressure treatment (100-200 MPa) at low temperature on turbot (*Scophthalmus maximus*) muscle. Food Research International, 34: 425-429.
7. **Cruz-Romero, M., Kelly, A.L., Kerry, J.P. 2007.** Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*). Innovative Food Science and Emerging Technologies 8: 30-38.
8. **Cruz-Romero, M., Kelly, A.L., Kerry, J.P. 2008.** Effects of high-pressure treatment on the microflora of oysters (*Crassostrea gigas*) during chilled storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9: 441-447.
9. **Daoudi, I. 2004.** Efecto de las altas presiones hidrostáticas sobre el gazpacho y el zumo de uva. Tesis de doctora en ciencia y tecnología, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, España.
10. **Erkan, N., Üretener, G., Alpas, H. 2010.** Effect of high pressure (HP) on the quality and shelf life of red mullet (*Mullus surmelutus*). Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11:(2), 259-264.
11. **Farkas, D.F., Hoover, D.G. 2000.** High pressure processing. Journal food Science, 65: 47-64.
12. **Ginson, J., Panda, S.K., Bindu, J., Kamalakanth, C.K., Gopal T.KS. 2015.** Effect of high pressure treatment on microbiological quality of Indian white prawn (*Fenneropenaeus indicus*) during chilled storage. Food Microbiology, 46: 596-603.
13. **Gómez-Estaca, J., López-Caballero M.E., Gómez-Guillén, M.C., López de Lacey, A., Montero, P. 2009.** High pressure technology as a tool to obtain high quality carpaccio and carpaccio-like products from fish. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10: 148-154.

- 14. Herranz, b., Tovar, c., Borderias, a., Moreno, H. 2013.** Effect of high-pressure and/or microbial transglutaminase on physicochemical, rheological and microstructural properties of flying fish surimi. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 20: 24-33.
- 15. Hiperbaric. ENVASES:** Una parte esencial de la tecnología HPP, en línea, 2015. <http://blog.hiperbaric.com/envases-una-parte-esencial-de-la-tecnologia-hpp>. Acceso: 15 de junio (2015).
- 16. Huang, Y., Ye, M., Chen, H., 2013.** Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in strawberry puree by high hydrostatic pressure with/without subsequent frozen storage. *International Journal of Food Microbiology*, 160: 337-343.
- 17. Juliano, P., Koutchma, T., Sui, Q.A., Barbosa-Canovas, G.V., Sadler, G. 2010.** Polymeric-based food packaging for high-pressure processing. *Journal of Food Engineering*. 2: 274-297.
- 18. Kamalakanth, C.K., Ginson, J., Bindu, J., Venkateswarlu, R., Das, S., Chauhan, O.P., Gopal, T.K.S. 2011.** Effect of high pressure on K-value, microbial and sensory characteristics of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) chunks in EVOH films during chill storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12: 451-455.
- 19. Karim, N.U., Kennedy, T., Linton, M., Watson, S., Gault, N., Patterson, M.F. 2011.** Effect of high pressure processing on the quality of herring (*Clupea harengus*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stored on ice. *Food Control* 22: 476-484.
- 20. Kim, D.H., Kim, K.B.W.R., Ahn, D.H. 2013.** Inhibitory effects of high-hydrostatic-pressure treatments on histamine production in mackerel (*Scomber japonicus*) muscle inoculated with *Morganella morganii* and *Photobacterium phosphoreum*. *Food Control*, 34: 307-311.

- 21. Krizek, M., Matejkova, K., Vácha, F., Dadakova, E. 2014.** Biogenic amines formation in high-pressure processed pike flesh (*Esox lucius*) during storage. Food Chemistry, 151: 466-471
- 22. Koutchma, T. 2014.** Adapting High Hydrostatic Pressure for Food Processing Operations. Academic Press, ISBN: 978-0-12-420091-3 (en línea). <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780124200913>. Acceso: 20 de junio (2015).
- 23. Lambert, Y., Demazeau, G., Largeteau, A., Bouvier, J.M., Laborde-Croubit, S., Cabannes, M. 2000.** Packaging for high-pressure treatments in the food industry. Packag. Technology Science, 13(2): 63-71.
- 24. Ma, L., Su, Yi-Cheng. 2011.** Validation of high pressure processing for inactivating *Vibrio parahaemolyticus* in Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). International Journal of Food Microbiology, 144: 469-474.
- 25. Matejkova, K., Krizek M., Vacha F., Dadakova E. 2013.** Effect of high-pressure treatment on biogenic amines formation in vacuum-packed trout flesh (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry, 137: 31-36.
- 26. Montiel, R., Alba, M.D., Bravo, D., Gaya, P., Medina, M. 2012.** Effect of high pressure treatments on smoked cod quality during refrigerated storage. Food Control, 23: 429-436.
- 27. Murchie, L.W., Cruz-Romero, M., Kerry, J.P., Linton, M., Patterson, M. F., Smiddy, M. 2005.** High pressure processing of shellfish: A review of microbiological and other quality aspects. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6: 257-270.

- 28. Murchie, L.E., Kelly, A.L., Wiley, M., Adair, B.M., Patterson, M. 2007.**  
Inactivation of a calicivirus and enterovirus in shellfish by high pressure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8: 213-217.
- 29. Ojagh, S.M., Núñez-Flores, R., López-Caballero, M.E., Montero, M.P., Gómez-Guillén M.C. 2011.** Lessening of high-pressure-induced changes in Atlantic salmon muscle by the combined use of a fish gelatin–lignin film. *Food Chemistry* 125: 595-606.
- 30. Ramaswamy, H.S., Zaman, S.U., Smith, J.P. 2008.** High pressure destruction kinetics of *Escherichia coli* (O157:H7) and *Listeria monocytogenes* (Scott A) in a fish slurry. *Journal of Food Engineering*, 87: 99-106.
- 31. Raventós, M. 2010.** *Industria alimentaria. tecnologías emergentes.* Edición UPC, Barcelona, España, p210.
- 32. Reyes, J.E., Tabilo-Munizaga, G., Pérez-Won, M., Maluenda, D., Roco, T. 2015.**  
Effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatments on microbiological shelf-life of chilled Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, xxx: xxx-xxx.
- 33. Raghubeer, E. 2007.** *High Hydrostatic Pressure Processing of Seafood.* Avure Technologies (on line)  
[http://www.researchgate.net/publication/237724051\\_High\\_Hydrostatic\\_Pressure\\_Processing\\_of\\_Seafood](http://www.researchgate.net/publication/237724051_High_Hydrostatic_Pressure_Processing_of_Seafood). Acceso 2 de agosto (2015).
- 34. Sevenich, R., Bark, F., Kleinstueck, E., Crews, C., Pye, C., Hradecky, J., Reineke, K., Lavilla, M., Martinez-de-Maranon, I., Briand, J.C., Knorr, D. 2015.** The impact of high pressure thermal sterilization on the microbiological stability and

formation of food processing contaminants in selected fish systems and baby food puree at pilot scale. *Food Control*, 50: 539-547.

- 35. Stollewerk, K., Jofré, A., Comaposada, J., Arnau, J., Garriga, M. 2014.** Food safety and microbiological quality aspects of QDS process and high pressure treatment of fermented fish sausages. *Food Control*, 38: 130-135.
- 36. Torres, E., González, G., Klotz, B., Rodrigo, D., Martínez, A. 2014.** High Pressure Treatment in Foods. *Journal Foods*, 3: 476-490.
- 37. Vázquez, M., Torres, J.A., Gallardo, J.M., Saraiva, J., Aubourg, S. 2013.** Lipid hydrolysis and oxidation development in frozen mackerel (*Scomber scombrus*): Effect of a high hydrostatic pressure pre-treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18: 24-30.
- 38. Ye, M., Huang, Y., Gurtler J., Niemira, B., Sites, J., Chen, H. 2013.** Effects of pre- or post-processing storage conditions on high-hydrostatic pressure inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* and *V. vulnificus* in oysters. *International Journal of Food Microbiology*, 163: 146-152.
- 39. Yi, J., Xu, Q., Hu, X., Dong, P., Liao, X., Zhang, Y. 2013.** Shucking of bay scallop (*Argopecten irradians*) using high hydrostatic pressure and its effect on microbiological and physical quality of adductor muscle. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18: 57-64.