



## EFFECTO DE LA CONGELACIÓN POR ALTAS PRESIONES EN LA VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS

Alba Escobar<sup>1</sup>, Uxue Urbeltz<sup>1</sup>, Cristina Arroqui<sup>1\*</sup> y Paloma Vírveda<sup>1</sup>

1: Departamento de Agronomía, Biotecnología y Alimentación. ISFOOD- Instituto de Innovación y Sostenibilidad en la Cadena Agroalimentaria UPNA campus Arrosadia 31006 Pamplona.

\*e-mail: cristina.arroqui@unavarra.es

### Resumen:

*Mediante la utilización de altas presiones se pretende asegurar que el proceso de congelación del alimento tenga lugar cuando la temperatura en todas las partes del producto asegure una temperatura por debajo del punto de congelación. Para ello el producto será sometido a una presión de 2000 bares mientras se enfría mediante agua glicolada hasta conseguir que, la temperatura en el centro del producto esté muy por debajo de su punto de congelación. Llegado a ese punto la presión será eliminada para conseguir una congelación flash que garantice la generación de numerosos núcleos que generen cristales de pequeño tamaño. El producto, carne de cerdo, así congelado será comparado en cuanto a color, pH, textura y vida útil con la misma carne congelada de manera tradicional. Los resultados han mostrado que la ruptura tisular medida a través de los exudados se minimiza mediante la congelación por diferencia de presión, lo que se ve reflejado en un aumento de la calidad del producto durante su almacenamiento.*

**Palabras clave:** nucleación, congelación flash, altas presiones

## 1. INTRODUCCIÓN

La congelación es un proceso que se compone de diversas fases, el subenfriamiento, la nucleación y el crecimiento de los cristales de hielo. Tradicionalmente los esfuerzos en mejorar el proceso de congelación se han basado en tratar de mejorar la velocidad de extracción de calor del sistema. Estas mejoras se centran en bajar la temperatura del medio exterior, aumentar la superficie de contacto disminuyendo el tamaño del alimento e incrementar los coeficientes de transferencia de calor superficial. Sin embargo, esto no es siempre posible y nos encontramos con la necesidad de congelar alimentos en los que no se puede reducir su tamaño. En este caso, la transferencia de calor por conducción marca la velocidad de enfriamiento, congelación del alimento y la fase de nucleación. Después, a medida que avanza la congelación, el crecimiento de los cristales de hielo entorno a esos pocos núcleos generará cristales grandes que reducen la calidad de los alimentos.

En estos casos, la estrategia se centra en conseguir la formación de núcleos en el interior del alimento. Hoy en día existen varios métodos para conseguir este efecto: los campos magnéticos, los ultrasonidos y las altas presiones.

En el caso de las altas presiones, aunque éstas ya se aplican en alimentos para sustituir los procesos de pasteurización, su uso para la congelación no está tan extendido.

La carne y los productos de pescado a menudo se congelan para mantener su frescura, garantizar la seguridad y prolongar la vida útil, sin embargo, la congelación convencional, como la congelación por chorro de aire, provoca una gran cantidad de exudados con la consiguiente pérdida de calidad del producto [1].

Mientras que la congelación convencional necesita de aproximadamente 85 minutos para el cambio de fase, este tiempo puede llegar a reducirse a aproximadamente 1 minuto utilizando la congelación por cambio de presión (PSF) [2]. Además, la formación de pequeños cristales protege a los alimentos de la ruptura de su estructura interna lo que implica una mayor capacidad de retención de agua de los alimentos congelados [3][4][5][6]. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la congelación bajo altas presiones podría causar cambios de color en los productos cárnicos debido a la desnaturalización de proteínas [7]. Actualmente esta tecnología no está desarrollada para su implantación a nivel industrial.

Parece que la congelación PSF debe estudiarse con mayor profundidad para establecer las mejoras e inconvenientes de este método de congelación. En este trabajo se plantea el estudio de la congelación de carne de cerdo en un equipo piloto y su efecto sobre las características tras la descongelación y su almacenamiento en refrigeración.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Preparación de muestras

Se emplearon piezas de caña de lomo adquiridas en un supermercado local, que se cortaron en piezas de 3\*6\*12 cm<sup>3</sup> y se envasaron en bolsas impermeables de PA/PE. Dos unidades de estas piezas se sometieron a una congelación convencional por aire y otras dos a una congelación shift mediante altas presiones hidrostáticas (PSF). Una vez descongeladas, una de las piezas se empleó para el estudio de la caracterización físico-química (pH, color, exudados y textura) y otra para el estudio de la carga microbiana (aerobios mesófilos, psicrotófos, enterobacterias y bacterias ácido lácticas) durante el almacenamiento refrigerado tras su descongelación los días 0, 3, 5 y 10.

### 2.2. Métodos de procesado

Para la congelación convencional, las muestras se introdujeron en una cámara de almacenamiento en congelación por aire a -18 °C, donde permanecieron al menos 24 h.

Para la congelación con altas presiones, las muestras se colocaron en la cámara del equipo de altas presiones IDUSS HPP SYSTEMS S.L.U., que emplea etilenglicol como líquido de presurización a bajas temperaturas. Se presurizó hasta 2000 bares, se mantuvo a esta presión hasta alcanzar -16-18°C en el centro del producto (unas 4-5 h), momento en el que se liberó la presión (fig. 1).

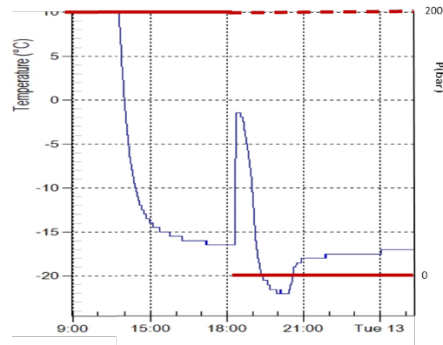


Figura 1. Evolución de presión y la temperatura de la carne en función del tiempo durante el proceso de congelación PSF

Una vez terminado el proceso de congelación, las muestras se llevaron a la cámara de almacenamiento a baja temperatura (-18°C).

Para la descongelación y preparación de muestras para su análisis, éstas se trocearon en 2 láminas y llevaron a descongelar a una cámara a 4° C.

### 2.3. Métodos de análisis

#### 2.3.1. Caracterización físico-química

La determinación de los exudados se llevó a cabo tras la descongelación, extrayendo y cuantificando mediante una probeta el líquido exudado de cada una de las piezas sometidas al estudio de vida útil.

Para la medida de pH se utilizó un pH-metro de punzón.

El Color fue medido mediante el equipo Digieye para la toma y análisis de imágenes, que se analizaron en el espacio de color CIELab

Las medidas de textura se llevaron a cabo en un analizador de textura TA-XT.Plus (Stable Micro Systems Ltd) equipado con la sonda SMSP/36R. Se realizó un ensayo de corte con los siguientes parámetros del ensayo: Velocidad de ensayo: 15 mm/s; Distancia: 70 mm y un ensayo de compresión, Texture Profile Analyses, con los siguientes parámetros: velocidad de ensayo 10 mm/s, Deformación 50 %, tiempo 5 s, fuerza de activación: 0,5 N

#### 2.3.2 Caracterización microbiana

La determinación de aerobios mesófilos, psicrotróficos, enterobacterias y bacterias ácido lácticas se realizó empleando los métodos ISO correspondientes.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Caracterización físico-Química

#### 3.1.1 Volumen de exudados tras la congelación.

Como puede observarse en la gráfica, el volumen de exudados de la carne tras la descongelación fue muy diferente en función del método de congelación (fig 2).

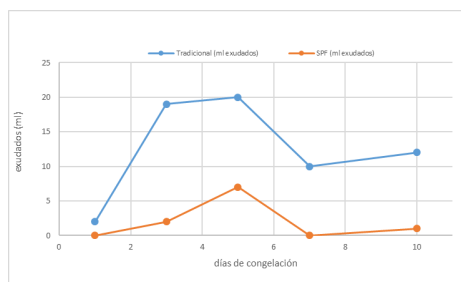


Figura 2. Medida de exudados de la carne congelada por aire y por diferencias de presión (SPF) tras la descongeladas

### 3.1.2. Color

Si analizamos en el gráfico de caja y bigotes (fig. 3), el color comparando la carne fresca (T) frente a los dos tipos de carne (ya descongelada) congelada podemos observar que en cuanto al parámetro L (luminosidad) hay diferencias significativas entre las tres muestras. En cuanto a los parámetros a y b se observa que, si bien existen diferencias significativas con la carne no tratada, entre ambos tratamientos no hay diferencias significativas.

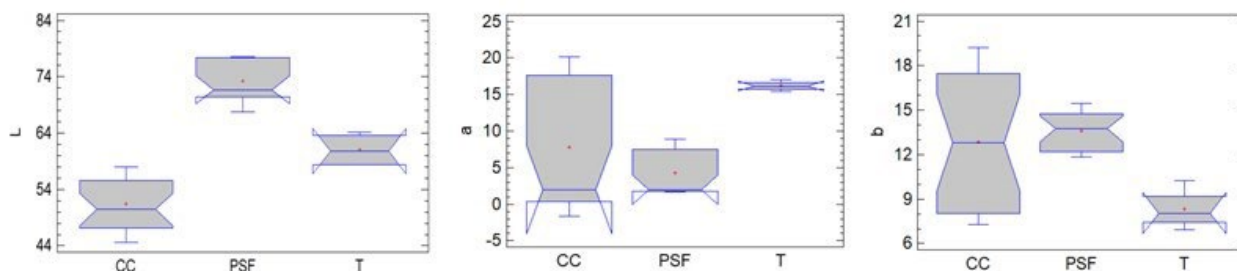


Figura 3. Gráfico de caja y bigotes de los parámetros de color L\*, a y b para las muestras congeladas con aire (CC) y con diferencia de presión (SPF)

### 3.1.3. pH

En el caso del pH, la aplicación del tratamiento PSF hace que se produzca un ligero aumento del pH pasando de 5.5 en el caso de la carne fresca a 5.67 en la congelada por presión.

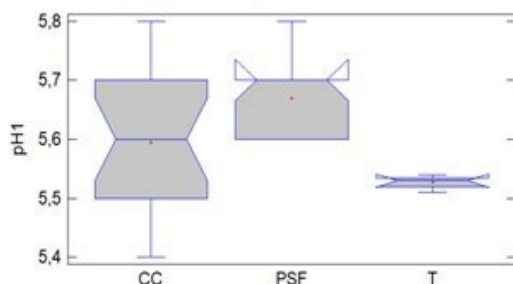


Figura 4. Gráfico de caja y bigotes del pH para las muestras congeladas con aire (CC) y con diferencia de presión (SPF)

### 3.1.4. Firmeza

Probablemente, la textura sea el parámetro que más cambios produce el tipo de congelación. Tal y como se observa en la gráfica (fig. 5), la firmeza presenta diferencias significativas en las tres muestras. Si bien la firmeza de la carne refrigerada podemos situarla en torno a 70 N, en el caso de la congelada de forma tradicional su firmeza se multiplica por dos y por tres en el caso de la muestra congelada por PSF.

Algo parecido ocurre con el trabajo al corte donde también se observan diferencias significativas en las tres muestras.

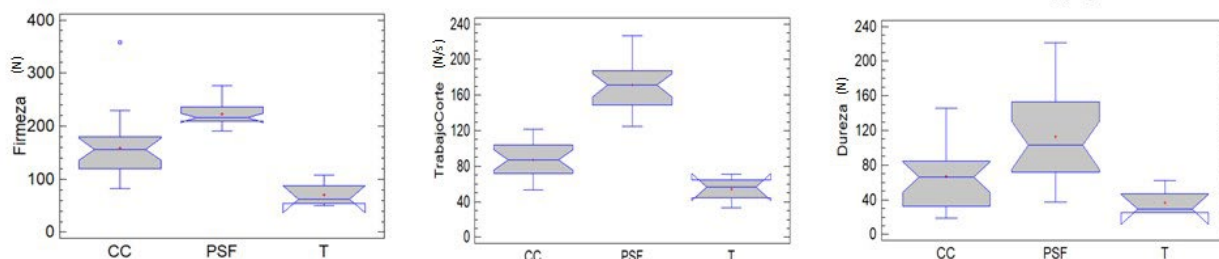


Figura 5. Gráfico de caja y bigotes de los parámetros de textura firmeza, trabajo al corte y dureza para las muestras congeladas con aire (CC) y con diferencia de presión (SPF)

En el caso de la dureza y la gomosidad las diferencias significativas se observan tan sólo en la muestra congelada por diferencias de presión tanto con respecto al control como a las muestras congeladas de forma

tradicional. A excepción del parámetro de masticabilidad donde sí que aparecen diferencias significativas con respecto a la congelación tradicional (pero no con respecto a la carne fresca), en el resto de los parámetros del TPA (elasticidad, cohesividad y resiliencia no aparecen diferencias significativas en ninguno de las tres muestras.

### 3.2. Caracterización microbiana

En las muestras congeladas por ambos métodos, durante los 10 días de almacenamiento, no se observaron crecimiento de Enterobacterias ni microorganismo mesófilos. Sin embargo, no ocurrió lo mismo con las bacterias ácido lácticas que fueron variando durante el almacenamiento (fig. 6) y que pueden ser la causa de la no aparición de otros tipos de microorganismos.

Mientras que en el caso de la carne congelada PSF no se produjo crecimiento de microorganismos psicrófilos, en el caso de la carne congelada de forma tradicional se observaron crecimiento de levaduras en las placas.

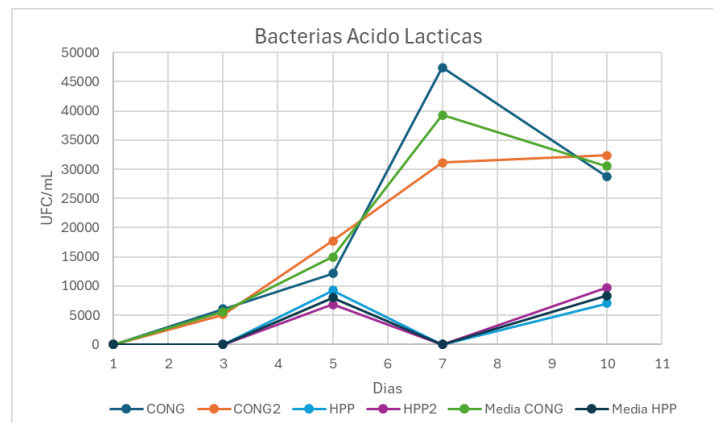


Figura 6. Evolución de las bacterias ácido lácticas en la carne descongelada que ha sido congelada con aire (CONG) o altas presiones (HPP)

Estos microorganismos pese a que no son patógenos si producen deterioro en la calidad de la carne. Se trata de bacterias microaerófilas por lo que sobreviven en envases a vacío, pueden vivir a temperaturas de refrigeración e incluso sobrevivir a temperaturas de 70-80°C. Disminuyen el pH y pueden decoloran el alimento.

Atendiendo a los datos, vemos como en la carne congelada de forma tradicional, a partir del quinto día de almacenamiento, el crecimiento de este tipo de microorganismos se dispara provocando olores anormales, cambios de color y rancidez [8]

Teniendo en cuenta que las bacterias Ácido Lácticas (BAL) pueden estar relacionadas con la formación de aminas biógenas y estas repercuten directamente sobre la calidad de la carne [9], el tiempo de almacenamiento de la carne tras la congelación tradicional no debería extenderse más allá de los 5 días en refrigeración.

## 12. CONCLUSIONES

La congelación por diferencia de presión se presenta como una buena alternativa para prolongar la vida útil de la carne tras su descongelación.

Las propiedades que más se ven alteradas por la congelación PSF son el color y la dureza de la carne. Ambas podrían ser utilizadas como referencia para distinguir el tipo de congelación y su vida útil posterior a su descongelación.

## REFERENCIAS

- [1] Zhan, X.; Sun, D.W.; Zhu, Z.; and Wang, Q. J. Improving the quality and safety of frozen muscle foods by emerging freezing technologies: A review. *Critical Reviews in Foods Science and Nutrition*, 2018. 58 (17), 2925-2938. DOI: 10.1080/10408398.2017.1345854
- [2] S.M. Zhu, G.M. Su, J.S. He, H.S. Ramaswamy, A. Le Bail, Y. Yu, Water phase transition under pressure and its application in high pressure thawing of agar gel and fish, *Journal of Food Engineering*, 2014 Volume 125: 1-6, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.016>.
- [3] Alizadeh, E.; Chapleau, N., de-Lamballerie, M, A. Le-Bail,. Effect of different freezing processes on the microstructure of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2007. Volume 8, Issue 4, Pages 493-499. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.12.003>
- [4] Alizadeh, E., Chapleau, N., de-Lamballerie, M. Impact of Freezing Process on Salt Diffusivity of Seafood: Application to Salmon (*Salmo salar*) Using Conventional and Pressure Shift Freezing. *Food Bioprocess Technol* 2009. 2, 257–262. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0157-8>.
- [5] Choi, Mi-Jung; Sang-Gi Min, Geun-Pyo Hong,. Effects of pressure-shift freezing conditions on the quality characteristics and histological changes of pork, *LWT - Food Science and Technology*, 2016. Volume 67: 194-199, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.054>
- [6] Tironi, V.; de Lamballerie, M.; Le-Bail, A. Quality changes during the frozen storage of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle after pressure shift freezing and pressure assisted thawing, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2010. Volume 11, Issue 4: 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.05.001>
- [7] Li, Ting, Shiyao Kuang, Ting Xiao, Lihui Hu, Pengcheng Nie, Hosahalli S. Ramaswamy, and Yong Yu.. "The Effect of Pressure–Shift Freezing versus Air Freezing and Liquid Immersion on the Quality of Frozen Fish during Storage" *Foods*. 2022. 11, no. 13: 1842. <https://doi.org/10.3390/foods11131842>
- [8] Norma Heredia [1]; Jorge Esteban Dávila Aviña [1]; Luisa Solís Soto [1]; Santos García [1] Productos cárnicos: principales patógenos y estrategias no térmicas de control. Universidad Autónoma de Nuevo León, ISSN-e 2007-0373, Vol. 8, N°. Extra 1, págs. 20-42. 2014. DOI:10.24275/uam/izt/dcbs/nacameh/2014v8s1/heredia
- [9] Florez Duque, A. V., Moreno Arango, M. A., & Franco Tobón, Y. N. (2023). Aminoácidos Biogénos encontrados en carnes, pescado y productos cárnicos: Formación y efectos en la salud. *Hechos Microbiológicos*, 14(1), 26–44. <https://doi.org/10.17533/udea.hm.v14n1a04>