

DESARROLLO DE UN PRODUCTO CÁRNICO INNOVADOR UTILIZANDO ALTA PRESIÓN HIDROSTÁTICA

María Belén Gimenez¹, Natalia Gisel Graiver¹, Alicia Califano¹,
Noemí Elisabet Zaritzky^{1,2}

1. RESUMEN

Las nuevas tecnologías basadas en altas presiones hidrostáticas (APH) constituyen una alternativa a los tratamientos tradicionales de conservación de alimentos, sin embargo sus efectos negativos en la coloración de las carnes rojas constituyen un aspecto que requiere análisis. Los objetivos de este trabajo fueron: a) desarrollar un producto cárnico a partir de la combinación de un proceso de inmersión en una solución conteniendo una formulación optimizada de aditivos, seguido de un tratamiento posterior de APH (300 y 600 MPa, 5 minutos a 20 °C); b) analizar los cambios en el color, textura, exudado y calidad microbiológica durante su almacenamiento refrigerado a 4 °C.

Se utilizaron discos de carne vacuna, que fueron sumergidos en soluciones preservadoras conteniendo cloruro de sodio, nitrito de sodio y ácido ascórbico. Los parámetros de textura y color de las muestras cárnicas se modificaron debido al proceso de inmersión, el tratamiento con APH y el almacenamiento refrigerado, aunque presentaron valores adecuados para su consumo. Asimismo a 4 °C, mantuvieron su estabilidad microbiológica por más de 4 semanas al aplicar 300MPa y por más de 6 semanas con 600MPa en comparación con los controles (sin APH) que presentaron una vida útil de 2 semanas. Estos resultados permiten concluir que el tratamiento propuesto resultó eficiente en la conservación de carnes refrigeradas sometidas a altas presiones hidrostáticas.

CONTACTO: Natalia Gisel Graiver nataliagraiver@hotmail.com

1. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA), CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 47 y 116, La Plata (1900), Argentina.

2. Depto. de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UNLP.

2. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de APH es una tecnología emergente en ciencia de los alimentos con un gran potencial en el área de productos cárnicos. En primer lugar, el tratamiento de APH por encima de 300 MPa a temperatura ambiente puede mejorar la seguridad microbiológica y extender la vida útil del producto (Balasubramaniam y Farkas, 2008 y Carlez y col., 1994). En segundo lugar, el tratamiento APH conserva el sabor (Schindler y col., 2010) mejor que el tratamiento térmico, ya que sólo afecta a enlaces no covalentes (Cheftel y Culioli, 1997). La eficacia del proceso depende de parámetros tecnológicos como la presión, mantenimiento de temperatura y tiempo, así como del tipo y estado fisiológico de los microorganismos, y de las propiedades intrínsecas del alimento (pH, aw) (Bover-Cid y col., 2011; Hugas y col., 2002; Hereu y col., 2012; Jofré y col., 2009; Díez, 2009).

Los estudios encontrados hasta ahora indican que los tratamientos de APH pueden influir en la textura y el color de los productos cárnicos curados (Jung y col., 2003; Carballo y col., 1997; Bak y col., 2012). El color es uno de los atributos de calidad más importantes cuando el consumidor adquiere carne (Cheftel y Culioli, 1997, Risvik, 1994) y está determinado por la cantidad y química del estado de las hemoproteínas presentes, así como por la estructura de la carne. La hemoproteína principal en la carne es la mioglobina, que en la carne cruda está presente en tres formas: oximioglobina rojo brillante (oxyMb), desoximioglobina púrpura (deoxyMb), y metamioglobina marrón (metMb). OxyMb y deoxyMb contienen hierro en el estado ferroso (Fe^{+2}), mientras que metMb contiene hierro en el estado férrico (Fe^{+3}) (Govindarajan, 1973). La decoloración en carnes frescas pigmentadas es producida a niveles superiores a 300 MPa, que son las presiones requeridas para la inactivación de células vegetativas. Se encontró que en carne vacuna un tratamiento previo con sales de curado permitió la formación de nitrosomioglobina, una proteína que tiene la característica de ser más resistente a las altas presiones, manteniendo un color adecuado en la superficie del producto. Luego de obtener la combinación de aditivos de la solución de inmersión que proporcionó el mejor color superficial y aspecto de las muestras cárneas tratadas con APH se realizó la optimización de las concentraciones de $NaNO_2$ y ácido ascórbico de la misma (Gimenez y col., 2012).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un producto cárnico a partir de la combinación de un proceso de inmersión en una solución conteniendo una formulación optimizada de aditivos, seguido de un tratamiento posterior de APH y estu-

diar los cambios sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas durante el almacenamiento refrigerado a 4 °C.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIA PRIMA

Se utilizaron cortes de cuartos traseros (nalga). Los músculos se separaron luego de 48 horas postmortem y se eliminó grasa visible. Las materias primas tenían un valor de pH entre 5.4 y 5.7.

CURADO

El proceso involucro un tiempo de difusión de sales en secciones de carne bovina de 3 mm de espesor y 6 cm de diámetro, que se colocaron durante 3 h en la solución de inmersión compuesta por: 0.06 g NaNO₂/100 ml, 0.85 g ác. Ascórbico /100 ml y 6 g NaCl/100 ml.

ENVASADO DE LAS MUESTRAS

Las muestras de carne se envasaron al vacío en bolsas Cryovac BB4L (Sealed Air, Buenos Aires, Argentina), y se sometieron al proceso de alta presión hidrostática (APH).

APLICACIÓN DE APH

Se utilizaron dos niveles de presión 300 y 600 MPa. El tiempo de proceso de APH fue de 5 min. La temperatura de trabajo fue 20 °C ± 5 °C. Se incluyeron muestras control (rodajas no presurizadas).

El tratamiento de APH se llevó a cabo en un sistema de Stansted Fluid Power (modelo FPG9400:922, cilíndrico de 2 litros de capacidad, presión máxima de trabajo 900MPa, rango de temperatura: de -20 a 120 °C) en el Laboratorio del INTA Castelar. La velocidad de presurización con la que opera el equipo es de 300 MPa/min y la despresurización se realizó instantáneamente.

DETERMINACIONES DE CLORURO Y NITRITO

La cantidad de NaCl presente en el tejido después del tratamiento se determinó mediante un electrodo selectivo (Cole-Parmer 27.502-12) y la determinación de nitrito se llevó a cabo utilizando el kit Hach Nitriver 3 (método 371), según Graiver y col. (2006).

EXUDADO

Se determinó periódicamente por triplicado mediante la diferencia de peso de la muestra previo y posterior al tratamiento APH.

ACTIVIDAD ACUOSA

Se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento y la APH sobre la a_w de las muestras. Se realizó en un equipo Aqua Lab Serie 3 (Decagon Devices, USA) calibrado con una solución de K_2SO_4 ($a_w = 0.979 \pm 0.005$) y agua bidestilada ($a_w = 1$). Las medidas fueron realizadas a 25 °C por duplicado.

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE COLOR

Se realizó con un colorímetro triestímulo Minolta C400 el cual utiliza la escala de color CIE Lab*, mediante la cual el color es descrito por los parámetros de luminosidad L, y de cromaticidad a^* y b^* . Las determinaciones se realizaron semanalmente sobre 3 rodajas de carne, y 6 medidas para cada muestra.

DETERMINACIÓN DE TEXTURA

Se empleó la sonda Volodkevich (HDP/VB). Esta sonda permite simular la mordedura de un alimento con los incisivos (Wen-Ching y col. 2007), lo que corresponde al primer contacto de una rodaja de carne con la boca. Se determinó en cada caso la fuerza máxima alcanzada cuando se realiza una compresión hasta el 30 % del espécimen. Se determinó semanalmente sobre 3 rodajas, en cada una de ellas por triplicado.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se analizó el desarrollo microbiano en los productos mediante recuento en placa de microorganismos totales mesófilos aerobios (PCA, 30 °C, 48 h), psicrótrofos totales aerobios (PCA, 4 °C, 7 días), Enterobacteriaceae (AVRB, 37 °C, 24 h), bacterias ácido lácticas (MRS, 30 °C, 48 h) y hongos y levaduras (YGC, 5 días, 30 °C). Estas determinaciones se hicieron semanalmente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software SYSTAT (SYSTAT Inc., 1990, v. 10.0). Las diferencias significativas entre las medias fueron determinadas por el método de la menor diferencia significativa, LSD ($P < 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCENTRACIÓN DE NITRITO Y CLORURO

Las concentraciones de nitrito de sodio y cloruro de sodio en las muestras cárneas luego del tratamiento fueron: 0.0038 ± 0.0004 g NaNO₂/100 g tejido y 4.71 ± 0.38 g NaCl/g tejido cárneo, cumpliéndose con lo que establecido en la normativa vigente; el uso de nitrito de sodio, nitrato de potasio o de su combinación no debe superar los 200 ppm (0.2 mg / g), expresado en nitrito de sodio en el producto final (USDA-FSIS 1999).

EXUDADO

En la Figura 1 se observa una tendencia al aumento del exudado con los días de almacenamiento refrigerado, no siendo significativas las diferencias. Se puede ver que las presiones utilizadas afectan el exudado producido, siendo este mayor a la mayor presión utilizada.

ACTIVIDAD ACUOSA

Se observó que ni las presiones empleadas ni el tiempo de almacenamiento refrigerado influyeron significativamente en la actividad acuosa del producto, siendo el valor medio de 0.950 ± 0.005 .

COLOR

La luminosidad L*, se vio afectada significativamente tanto por el tiempo de almacenamiento como por las presiones ensayas (Figura 2), no siendo significativa la interacción entre estos parámetros. Los valores medios obtenidos para las dos presiones fueron: 52.76 ± 0.48 (300 MPa) y 55.78 ± 0.52 (600 MPa), esto concuerda con lo expuesto por Bak *et al.* (2012) el cual reportó que el aumento de la presión por encima de 300 MPa conduce a un pequeño aumento en la luminosidad. Se puede observar en la figura una tendencia al aumento de L* luego de la tercer semana de almacenamiento. El parámetro a* dependió significativamente (P<0.05) de la presión ensayada, del tiempo y de la interacción entre estos dos factores. En la Figura 3 puede observarse que a ambas presiones los mayores valores se alcanzan luego de dos semanas de almacenamiento, disminuyendo a partir de entonces; en el caso de las muestras sometidas a 300MPa se estabilizan a partir de la cuarta semana.

Los valores más bajos de a^* los presentan las muestras tratadas a 600MPa. Jung y col., 2003, relacionó la disminución del valor de a^* durante el almacenamiento con la acumulación de metamioglobina en la muestra. El parámetro de color b^* fue afectado por ambos factores pero su interacción no fue significativa. La presión aplicada influyó en el parámetro b^* (Figura 4). Los valores medios obtenidos fueron 9.39 ± 0.30 a 300 MPa y 10.24 ± 0.19 para 600 MPa.

TEXTURA

Se encontró que la fuerza máxima dependió significativamente ($P < 0.05$) de la presión ensayada y del tiempo, pero no de la interacción entre estos factores; a 600MPa se obtuvo un producto de mayor dureza que a 300MPa (Tabla 1), pudiéndose relacionar con el mayor exudado producido al incrementar la presión que conduce a un tejido muscular con menor contenido de humedad. En la Figura 5 se observa un aumento de la fuerza durante el almacenamiento refrigerado para ambas APH ensayadas.

CALIDAD MICROBIOLÓGICA

No hubo crecimiento de hongos, levaduras y de bacterias psicrótrofas en ninguna de las muestras cárnicas. En la carne fresca sin tratar se determinó que la flora predominante estaba constituida por bacterias mesófilas y ácido lácticas presentando una carga microbiana inicial de 3 log UFC/g y superando los valores de UFC/g carne permitidos Según el Código Alimentario Argentino Artículo 255bis - (Res 712, 25.4.85) y Artículo 286 - (Resolución Conjunta SPyRS N° 104/2005 y SAGPyA N° 414/2005), a partir de la tercer semana de almacenamiento refrigerado a 4 °C. Las muestras tratadas a 300 MPa presentaron un número de bacterias mesófilas y lácticas por debajo del límite de detección del método (< 2 log UFC/g) durante las primeras 4 semanas de almacenamiento. A partir de la quinta semana el conteo fue cercano a 4 log UFC/g y aumentó aproximadamente dos ciclos logarítmicos a la semana siguiente. Para las muestras tratadas a 600 MPa no se encontró crecimiento de bacterias mesófilas durante las 7 semanas de almacenamiento mientras que hubo desarrollo de bacterias ácido lácticas en la semana 7 (Figuras 6 y 7). Las enterobacterias mostraron crecimiento en la carne fresca en la primera semana de almacenamiento alcanzándose en la segunda una concentración relativamente alta, mientras que en las muestras tratadas con APH no se pudo detectar crecimiento de enterobacterias durante el almacenamiento.

5. CONCLUSIONES

La carne sin ningún tipo de tratamiento perdió su condición sanitaria adecuada para el consumo luego de la segunda semana de almacenamiento, mientras que la utilización de APH disminuyó la carga inicial 2 ciclos logarítmicos y mantuvo la estabilidad microbiológica por más de 4 semanas a 300 MPa y por más de 6 semanas a 600 MPa. Estos resultados encontrados permiten concluir que la aplicación de APH es eficiente en la conservación de este tipo de alimentos cárneos. Los parámetros de textura y color de las muestras cárnicas se modificaron debido al proceso de inmersión, el tratamiento con APH y el almacenamiento refrigerado, aunque presentaron valores adecuados para su consumo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por: Effect of high pressure on the diffusion of curing salts in meat tissues, investigador responsable Dra. N. Zaritzky, dentro del Proyecto «Safety improvement and shelf life extension of fresh and cooked beef products applying non-thermal technologies». Instituto de Ciencia y Tecnología de Agroalimentos Academia China de Ciencias Agropecuarias (CAAS), Beijing- INTA.

Agradecemos a Sergio Vaudagna y al INTA de Castelar por permitirnos usar el equipo de APH.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALASUBRAMANIAM, V. M., & Farkas, D. (2008). High-pressure food processing. *Food Science and Technology International*, 14, 413–418.
- BAK, K. H.; Lindahl, G.; Karlsson, A. H.; Lloret, E.; Ferrini, G.; Arnau, J.; Orlie, V. (2012). High pressure effect on the color of minced cured restructured ham at different levels of drying, pH, and NaCl. *Meat Science*, 90: 690–696.
- BOVER-CID, S.; Belletti, N.; Garriga, M.; Aymerich, T. (2011). Model for *Listeria monocytogenes* inactivation on dry-cured ham by high hydrostatic pressure processing. *Food Microbiology*, 28: 804-809.
- CARBALLO, J.; Fernández, P.; Carrascosa, A. V.; Solas M. T.; Jiménez-Colmenero, F. (1997). Characteristics of low- and high-fat beef patties: Effect of high hydrostatic pressure. *Journal of Food Protection*, 60 (1): 48-53.

- CARLEZ, A., ROSEC, J. -P., RICHARD, N., & CHEFTEL, J. -C. (1994). Bacterial growth during chilled storage of pressure-treated minced meat. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 27, 48–54.
- CHEFTEL, J.C.; CULIOLI, J. (1997). Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Science*, 46: 211–236.
- DÍEZ, A.M., SANTOS, E. M., JAIME, I.ROVIRA, J. (2009). Effectiveness of combined preservation methods to extend the shelf life of Morcilla de Burgos. *MeatScience*, 81: 171-177.
- GIMÉNEZ M. B., GRAIVER N., CALIFANO A., ZARITZKY N. (2012). Efecto de la alta presión hidrostática en las características fisicoquímicas y parámetros de calidad de un producto cárneo sometido a sales de curado. *Actas del IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina*.
- GOVINDARAJAN, S. (1973). Fresh meat colour. *CRC Critical Reviews in Food Technology*, 3, 117–140.
- GRAIVER, N.; PINOTTI, A.; CALIFANO, A.; ZARITZKY, N. (2006). Diffusion of sodium chloride in pork tissue. *Journal of Food Engineering*, 77: 910–918.
- HEREU A.; BOVER-CIDÍ S.; GARRIGA M.; AYMERICH T. (2012). High hydrostatic pressure and biopreservation of dry-cured ham to meet the Food Safety Objectives for *Listeria monocytogene*. *International Journal of Food Microbiology*, 154: 107–112
- HUGAS, M.; GARRIGA, M.; MONFORT, J. M. (2002). New mild technologies in meat processing: high pressure as a model Technology. *Meat Science*, 62: 359-371.
- JOFRÉ, A.; AYMERICH, T.; GRÈBOL, N.; GARRIGA, M. (2009). Efficiency of high hydrostatic pressure at 600 MPa against food-borne microorganisms by challenge tests on convenient meat products. *Food, Science and Technology*, 42: 924-928.
- JUNG S.; GHOUL M.; DE LAMBALLERIE-ANTON M. (2003). Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. *Lebensmittel Wissenschaft und-Technologie*, 36: 625-631.
- RISVIK, E. (1994). Sensory properties and preferences. *Meat Science*, 36, 67–77.
- SCHINDLER, S., KRINGS, U., BERGER, R. G., & ORLIEN, V. (2010). Aroma development in high pressure treated beef and chicken meat compared to raw and heat treated. *Meat Science*, 86, 317–323.
- WEN-CHING, K.; WEN-CHIAN, L.; YU-TING, T.; CHANG-WEI, H.; (2007). Kinetics of winter mushrooms (*Flammulina velutipes*) microstructure and quality changes during thermal processing. *Journal of Food Engineering*, 81: 587–598.

7. TABLAS Y FIGURAS

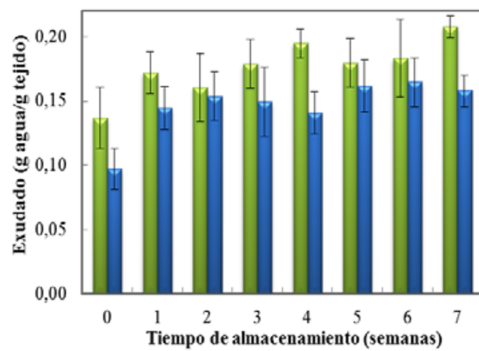


FIGURA 1. Variación del exudado en función de las semanas de almacenamiento a las dos presiones ensayadas (—) 300MPa y (—) 600MPa.

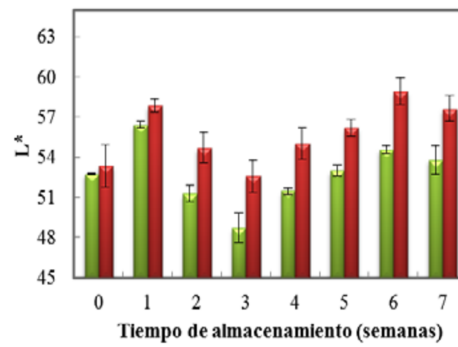


FIGURA 2. Variación de la luminosidad (L^*) de las muestras cárneas en función del tiempo de almacenamiento refrigerado a (—) 300MPa y (—) 600MPa.

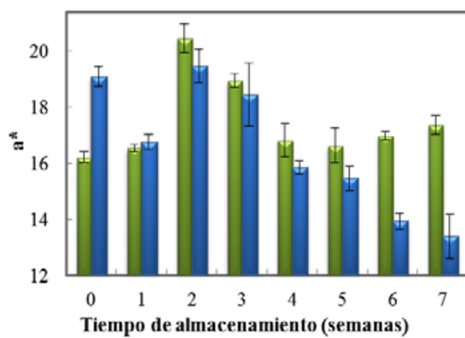


FIGURA 3. Variación del parámetro a^* de las muestras cárneas en función de las semanas de almacenamiento a las dos presiones ensayadas. (—) 300MPa y (—) 600MPa.

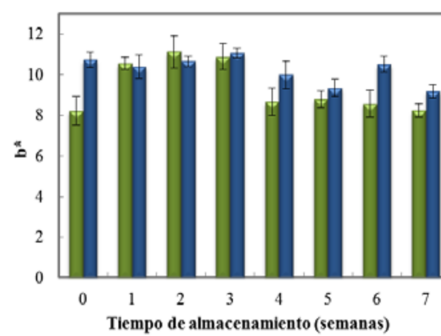


FIGURA 4. Variación del parámetro b^* de las muestras cárneas en función de las semanas de almacenamiento a las dos presiones ensayadas. (—) 300MPa y (—) 600MPa.

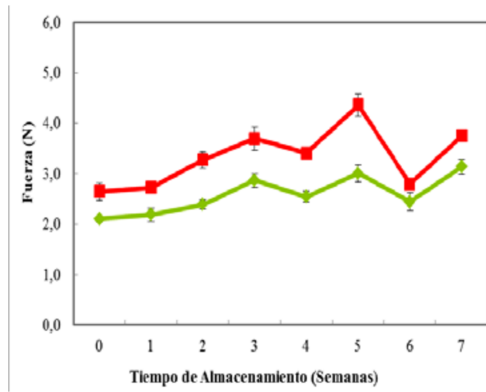
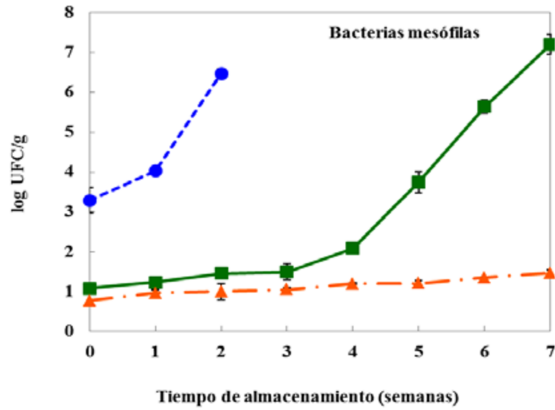
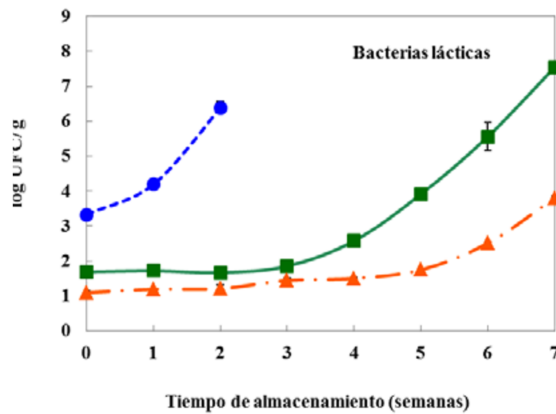


FIGURA 5. Variación de la fuerza máxima en función del tiempo de almacenamiento refrigerado para las dos APH ensayadas (—) 300MPa y (—) 600MPa.

TABLA 1. Efecto de las presiones ensayadas sobre la fuerza máxima y el exudado en las muestras carneas.

PRESIÓN (MPa)	FUERZA (N)	EXUDADO (g agua/g Tejido)
300	2.58±0.08	0.15±0.01
600	3.33±0.13	0.18±0.03



FIGURAS 6 Y 7. Recuento microbiano durante el almacenamiento refrigerado a 4 °C. Carne fresca (●) carne tratada a 300 MPa (■) y carne tratada a 600 MPa (▲)