

ANÁLISIS TÉRMICO DE LOS EFECTOS DE PRESURIZACIÓN SOBRE LOS HOMOGENEIZADOS CÁRNICOS CON PROTEÍNA DE PLASMA, FIBRA DE MANZANA Y ALMIDÓN DE PAPA

María Aloida Guerra*¹, Francisco Jiménez², José Carballo²

Margarita Martín¹

¹Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. Carretera al Guatao, km 3 1/2, La Habana, C.P. 19200.

²Instituto del Frío de Madrid, España.

E-mail: maguerra@iiaa.edu.cu

RESUMEN

Se prepararon homogeneizados cárnicos de cerdo de bajo contenido de grasa, con y sin adición de tres ingredientes no cárnicos: proteína de plasma sanguíneo (PP), fibra de manzana (FM), y fécula de papa (FP). Las masas se procesaron con cocción solamente y una combinación de alta presión-temperatura. La desnaturalización de la proteína y la gelatinización del almidón se siguieron mediante la calorimetría diferencial de barrido. Se prepararon muestras de referencia realizando la dispersión acuosa de FP y de PP para obtener también los trazos de calorimetría diferencial de barrido. Se llevaron a cabo sobre la masa inicial y el producto cocinado, análisis microbiológicos. La aplicación de alta presión aumentó el efecto del tratamiento térmico sobre la reducción del número de microorganismos, confirmando la utilidad de esta técnica para mejorar la calidad microbiológica de productos cárnicos. La aplicación de tratamientos combinados de presión/temperatura preserva la proteína de la desnaturalización térmica completa y la FP resulta protegida frente a la gelatinización térmica. No se detectaron interacciones entre las proteínas de la masa cárnica y los ingredientes no cárnicos.

Palabras clave: análisis térmico, homogeneizados cárnicos, presurización.

***María Aloida Guerra Álvarez:** Ingeniera Química (1979). Máster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (UH, 1998). Doctora en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (Universidad Politécnica de Valencia, España, 2000). Investigador Auxiliar de Dirección de Carne. Con más de 32 años de experiencia en trabajo de investigación-desarrollo. Sus principales líneas de trabajo son la definición de estudios de conservación de productos curados de alto rendimiento, empleo de extensores cárnicos, obtención, caracterización y utilización de la carne recuperada mecánicamente de aves, desarrollo de productos estables a temperatura ambiente por métodos combinados, productos de alta calidad, económicos y productos con carne de Camelidos.

ABSTRACT

Thermal analysis of the effects of pressurization on homogenized meat with protein, apple fiber and potato starch

Homogenized meat of pig of contained first floor of fat, with and without addition of three non meat ingredients: protein of sanguine plasm (PP), apple fiber (FM), and potato starch (FP) were prepared. The masses were only processed with cooking and a combination of high pressure-temperature. The denaturation of the protein and the gelatinización of the starch through the different prosecutions were continued by means of the differential calorimetry of sweeping. Referee samples carrying out the watery dispersion of FP and of PP to also obtain the lines of differential calorimetry were prepared. They were carried out on the initial mass and the cooked product, analysis microbiológicos. The high-pressure application increased the effect of the thermal treatment on the reduction of the number of microorganisms, being confirmed the utility of this technique to improve the quality microbiological of meat products. The application of combined treatments of pression/temperature preserves the protein of the complete thermal denaturation and FP is protected in front of the thermal gelatinización. Interactions were not detected between the proteins of the meat mass and the non meat ingredients.

Keywords: thermal analysis, homogenized meat, pressurization.

INTRODUCCIÓN

En las formulaciones de los productos cárnicos se han utilizado numerosos ingredientes para concederles propiedades particulares nutritivas/funcionales e incluso para reducir los costos de producción. En el procesamiento de productos cárnicos se ha propuesto la utilización de combinaciones de alta presión/temperatura

porque pueden mejorar la funcionalidad de las proteínas cárnicas (1), para así mejorar las propiedades de textura y de enlace con el agua. Sin embargo, se han realizado pocos trabajos sobre los efectos derivados del empleo de ingredientes no cárnicos en los productos presurizados.

Se ha utilizado fibra dietética de varias fuentes (avena, trigo, manzana, melocotón, remolacha, guisante) en diferentes productos cárnicos para aumentar el rendimiento en cocción, debido a sus propiedades de retención de agua y grasa, y para mejorar la textura. Tanto los efectos tecnológicos como los nutricionales sobre los alimentos difieren con la cantidad y la naturaleza de la fibra dietética, particularmente por su proporción entre los constituyentes insolubles y solubles (2). La influencia de la fibra de manzana (FM) sobre las propiedades de las masas cárnicas sometidas a presión no se ha estudiado previamente. Las proteínas del plasma (PP) se han estudiado ampliamente sobre las características de la carne molida y las propiedades de los embutidos, por sus excelentes propiedades gelificantes por calentamiento (3), sin embargo, la presurización de las masas cárnicas en presencia de la PP no ha recibido atención. Los almidones son de uso general en la formulación de alimentos como agentes de enlace con el agua y formadores de la textura. Aparte de su costo relativamente bajo, el almidón de papa puede presentar una temperatura de gelatinización moderadamente baja en dependencia de la humedad.

La medición de la entalpía, es la energía calorífica de un sistema termodinámico cuya magnitud depende de los estados inicial y final del mismo, indica el grado de la gelatinización del almidón y de la desnaturalización proteica por cocción, cambios que proporciona propiedades nutritivas y funcionales a los alimentos, como se conoce, de gran importancia.

El objetivo de este trabajo es monitorear mediante calorimetría diferencial de barrido el tratamiento combinado presión-temperatura aplicado a homogeneizados cárnicos con adición de proteínas de plasma sanguíneo, fibra de manzana y fécula de papa y determinar la variación del contenido de microorganismos mesófilos aerobios debido a los conteos frecuentemente altos de algunos de los ingredientes utilizados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los tratamientos presión-temperatura se estudiaron en un sistema modelo con bajo contenido de grasa. Además se analizaron las muestras que no se sometieron a alta presión. Las materias primas empleadas en la formulación fueron una mezcla de carne de cerdo (*M. biceps femoris*, *M. semimembranoso*, *M. semitendinoso*, *M. gracilis* y *M. aductor*) en condiciones de post-rigor.

La carne (a la que se le eliminó previamente toda la grasa visible) fue cortada (placa de 3 mm de diámetro) y congelada en bloques (60 x 150 x 200 mm) a -2 °C en un congelador de placas (temperatura del congelador -35 °C) (SMC 465, Sabroe Aarhus, Dinamarca), siendo almacenada a -18 °C hasta su utilización. La carne se descongeló al aire entre 12 y 14 °C durante 12 h inmediatamente antes de la preparación de los homogeneizados cárnicos. Se utilizaron 3 % de PP secado por atomización (c: 725), 5 % de FP (ambas suministradas por la SKW Biosystems Rubi, Barcelona, España) y 3 % de FM (Indulerida, España).

Se formularon tres variantes y un control sin aditivos (C/SA), combinando la carne de cerdo descongelada, la sal (1,5 %), el tripolifosfato de sodio de grado alimentario (0,3 %), nitrito de sodio (0,012 %) y el agua/hielo con cada uno de los aditivos: PP (3 %), FP (5 %) y FM (3 %). En todas las formulaciones el contenido en proteína cárnica se ajustó a 17 %. En cada caso, el aditivo se incorporó reduciendo simultáneamente y en el mismo porcentaje el agua añadida. Para la elaboración de los productos, la carne conjuntamente con los aditivos seleccionados se sometieron a un proceso de homogeneización y picado en condiciones de refrigeración ($\approx 3-6$ °C) y vacío (610 mm Hg). Se siguieron los siguientes pasos: homogeneización de la carne (60 s), adición de la mitad de los aditivos y la mitad del agua/hielo y rehomogeneización (60 s), adición de la otra mitad de los aditivos y rehomogeneización (30 s); posteriormente, en condiciones de vacío, adición del resto del agua/hielo y homogeneización (180 s). La pasta se homogeneizó así durante un período de 360 a 540 s, de forma que su temperatura no excediera de los 12 °C en ningún caso. Las masas se introdujeron en envases plásticos flexibles (diámetro de 3,2 cm) conteniendo

60±0,5 g, tomando especial cuidado que no quedara aire atrapado en la masa. Cada envase se selló herméticamente. Los envases con las masas se colocaron en una bolsa de Latex Ultra-Cover de 8x30 cm. Cada emulsión cárnica se dividió en dos partes y se sometieron a los diferentes tratamientos térmicos a presión atmosférica o de alta presión. La presurización se realizó en una instalación alimentaria piloto de presión isostática de tipo discontinuo (Gec. Alsthom ACB, A.G.I.P N° 665, Nantes, Francia), con una presión máxima de trabajo de 500 MPa que se alcanza aproximadamente en 3 min con un volumen de trabajo de 2 L. La temperatura del medio de presurización se regula por un circuito, que rodea a la cámara de presurización que está conectado a un baño exterior. El proceso de presurización se programó de tal forma que el tiempo de subida y bajada de presión fuera el mínimo (25 MPa/s para la subida y abertura total de la válvula). Las muestras presurizadas se calentaron bajo condiciones de presión de 400 MPa, durante 30 min empleando agua a 70 °C como medio de calentamiento y de presurización. Los homogeneizados cárnicos no-presurizadas (control), se trataron calentándolos en un baño de agua a 70 °C durante 30 min. Después de los tratamientos térmicos a presión atmosférica y térmicos/presurización, las muestras se retiraron de las bolsas de latex y se enfriaron en agua fría y se mantuvieron en una cámara de refrigeración, a una temperatura de 0 a 4 °C durante unas 18 h hasta la realización de los análisis. Se determinó por triplicado el contenido de humedad, grasa y de ceniza de las muestras no sometidas a calentamiento mediante los métodos AOAC (4). El contenido de proteína se midió por el Determinador de Nitrógeno LECO FP-2000 (Leco Corporation. MI). El pH se midió por triplicado, con un potenciómetro (Radiometer pH 39, Copenhagen, Dinamarca) sobre un homogeneizado de 10 g de muestra en 100 mL de agua destilada.

Se llevaron a cabo sobre la masa inicial y el producto cocinado, determinaciones del número de unidades formadoras de colonias (U.F.C.) de microorganismos mesófilos aerobios. Para ello se tomaron, en condiciones asépticas, 10 g de muestra, en una cabina vertical de flujo laminar (Telstar modelo AV 30/70) y se introdujeron en bolsas de plástico estériles con 90 mL de agua de peptona amortiguadora. Después de dos minutos en un homogeneizador (Stomacher, modelo Colwoth 400), se hicieron las diluciones apropiadas utilizando el mismo diluyente. Posteriormente se hizo la

siembra en agar para conteo en placas (Oxoid, Reino Unido) para obtener el número total de microorganismos viables después de 72 h de incubación a 30 °C. Los datos se expresan como el logaritmo de las unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (log. U.F.C./g). Las determinaciones se hicieron por cuadruplicado.

La desnaturalización térmica de las proteínas de las diferentes muestras, se determinó mediante un calorímetro diferencial de barrido (Perkin Elmer Differential Scanning Calorimeter DSC7, Norwalk, CT, USA) previamente calibrado en temperaturas (puntos de fusión de galio y ácido benzoico) y energía (entalpía de fusión del indio) (5). Las muestras del orden de 15±0,001 mg pesadas con una balanza electrónica (Perkin Elmer AD4), se encapsularon herméticamente en cápsulas de aluminio. Las muestras se calentaron entre 5 y 90 °C a una velocidad de barrido de 10 °C/min bajo un flujo de 30 mL/min de nitrógeno seco, para observar los efectos endotérmicos propios de la desnaturalización térmica de las proteínas correspondientes. Se realizó un segundo barrido para confirmar que dicha desnaturalización había sido completa, no detectándose efectos residuales. Se prepararon muestras de referencia realizando la dispersión acuosa de FP y de PP para obtener también los trazos de calorimetría diferencial de barrido de estos ingredientes. Después del análisis térmico diferencial, cada muestra (en su cápsula con la tapa perforada) fue desecada a 105 °C hasta peso constante, para determinar su contenido en humedad y poder normalizar los datos térmicos al contenido en materia seca o proteína. Se midieron entre cuatro y seis réplicas por muestra y los valores medios de temperatura T (°C) y entalpías H (J/g) que se aportan, se sitúan dentro de una precisión de 0,5 °C y 5 % respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 refleja los resultados físico-químicos de las muestras. El análisis aproximado de las que no fueron sometidas a cocción indicó que el nivel de proteína fue muy cercano al pronosticado. La presencia de la PP originó un alto porcentaje de proteína mientras que la humedad fue superior en la muestra control (sin aditivo y con mayor porcentaje de agua añadida) y menor en las que contenían FP. El contenido de grasa y de cenizas fue muy similar entre variantes, pues el único adi-

tivo que hace un pequeño aporte de estos componentes es la PP. No se apreciaron cambios significativos de pH debido a la presencia de los distintos aditivos.

La Fig. 1 indica que el conteo de aerobios mesófilos presentes inicialmente en las muestras sin tratamiento térmico fue mayor en las que contenían PP y FM. La adición de estos aditivos provocó un aumento moderado del conteo de viables totales desde aproximadamente 5,1 a 5,5 (log U.F.C./g). El tratamiento térmico, como era de esperar, provocó una reducción muy marcada de microorganismos, no causó la inactivación total pero las muestras experimentaron una reducción del orden

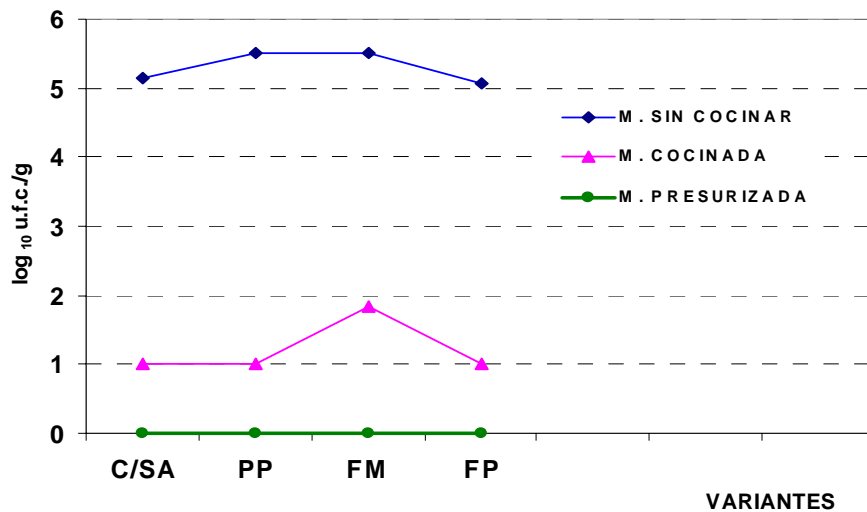
de 4,5 unidades logarítmicas aproximadamente. Entre las muestras tratadas térmicamente no presurizadas, aquella que contenía FM mostró la mayor tasa de conteos viables totales.

El calentamiento bajo condiciones de presión resultó un tratamiento muy eficaz para reducir el conteo de viables totales (log. U.F.C./g) a valores inferiores a 1. Cheftel (6) informó que este tratamiento combinado provocó la disminución del conteo total de microorganismos a valores inferiores también a la unidad logarítmica, pero ello no impidió la recuperación de

Tabla 1. Composición (%) y pH de las muestras no sometidas a tratamiento térmico

Muestras	Proteína	Humedad	Grasa	Cenizas	pH
SA/C	17,1	79,4	1,0	2,53	6,46
PP/C	19,4	75,6	1,5	2,88	6,30
FM/C	17,2	76,7	1,1	2,55	6,42
FP/C	17,7	75,1	1,0	2,52	6,30

C: Sin tratamiento; SA=Sin aditivos; PP=Proteína de plasma sanguíneo (3 %); FM=Fibra de manzana (3 %) y FP=Fécula de papa (5 %).



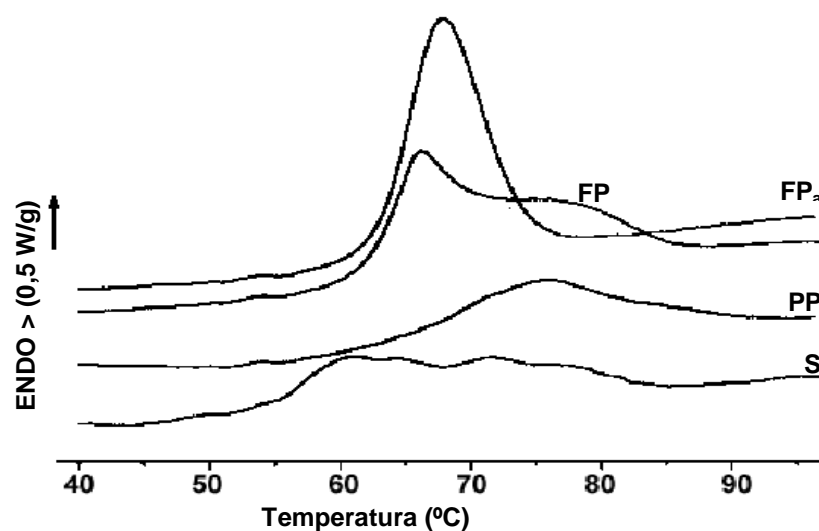
C: Sin tratamiento; SA=Sin aditivos; PP=Proteína de plasma sanguíneo (3 %); FM=Fibra de manzana (3 %) y FP=Fécula de papa (5 %).

Fig. 1. Influencia de diferentes aditivos y la presión sobre el número de unidades formadoras de colonias (log₁₀ u.f.c./g) de microorganismos presentes en las muestras sin tratamiento térmico, después de cocción y presurizada.

su actividad posteriormente. Algunos autores señalaron que las altas presiones reducen la actividad microbiana, aunque se sabe que su efecto depende de una gran variedad de factores, como son el tipo de microorganismos, la presión alcanzada, el tiempo de presurización, la temperatura de proceso, el pH y la composición del alimento (1). En general se ha visto que las bacterias gram-negativas son más sensibles a la presión que las gram-positivas. Los tratamientos a temperaturas de refrigeración causan una destrucción eficaz, a 200 MPa, de bacterias gram-negativas y a 350 y 450 MPa de gram-positivas (7). La acción de la presión sobre los microorganismos puede deberse a distintas causas, como la inhibición de la ATPasa, la inhibición de la replicación del ADN o la modificación de la permeabilidad de las membranas celulares por cristalización de los fosfolípidos (6). Esto último podría explicar la mayor sensibilidad de las bacterias gram-negativas a la presión, pues presentan, a diferencia de las gram-positivas, una doble capa lipídica. Algunos estudios han abordado la sensibilidad a la presión de varios microorganismos naturalmente presentes o introduci-

dos en la carne fresca o procesada. El tratamiento de presión de los homogenatos de carne de cerdo (pH 6-7) a 400 MPa y 25 °C durante 10 min, redujeron por lo menos 6 ciclos log, las poblaciones de *E. coli*, *Campylobacter jejuni*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterolítica*, *Candida utilis*, inoculados a un nivel de 10⁶ y 10⁷ U.F.C./g (7). Con *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus fecales*, una proporción de reducción similar requirió 500 ó 600 MPa durante 10 min. Las esporas *Bacillus cereus* no se inactivaron.

La Fig. 2 muestra los termogramas (normalizados por unidad de masa seca) de los aditivos PP y FP, así como el homogenizado sin aditivos y sin tratamiento (SA/C, incluido para comparación). La dispersión acuosa de FP presenta un perfil característico de este aditivo: un pico único, afilado, con temperaturas iniciales y máximas alrededor de 62,3 y 66,8 °C, respectivamente y de 18,8 J/g de entalpía de gelatinización, para la humedad de entorno a 73 % (Fig. 2, FPa). Para humedades inferiores a 66 %, solo se produjo gelatinización parcial (temperaturas iniciales y máximas a 61,8 y 66,2 °C, respectivamente



SA/P=Muestra sin aditivos; FP/P=Muestra con fécula de papa; PP/P=Muestra con proteína de plasma sanguíneo; MB/P=Muestra con fibra de manza

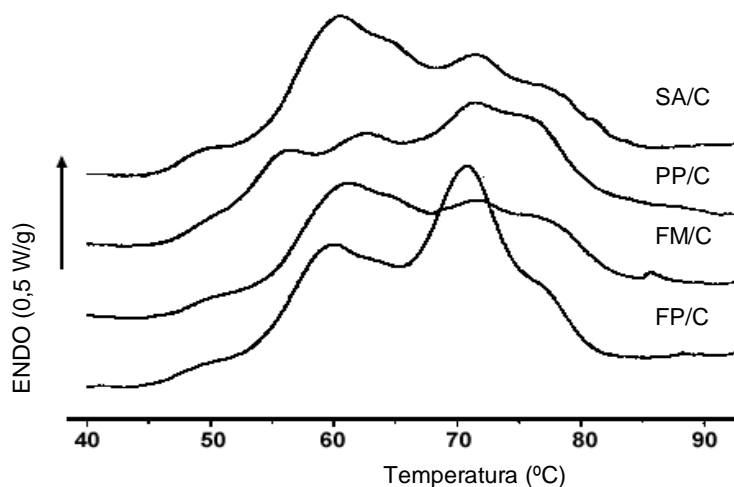
Fig. 2. Trazos de calorimetría diferencial de barrido normalizados a unidad de masa seca.

para 53 % de humedad; (Fig. 2), FPb). Con el tratamiento de FP a temperaturas elevadas 78 °C, aún persiste almidón nativo a pesar de que el cambio de entalpía total permaneció prácticamente inalterado (17,9). La FM no mostró ningún efecto discernible en el rango de temperaturas de interés. Las PP dispersadas en agua (80 %) mostraron un amplio efecto endotérmico (60 y 95 °C) centralizado 75,5 °C, con una entalpía de 14,1 J/g (Fig. 2). Los datos térmicos fueron compatibles con los descritos en la literatura (8).

Se ha informado que el mecanismo de desnaturalización de la proteína en solución acuosa por aplicación de altas presiones está relacionado con la ruptura de los enlaces de hidrógeno entre el agua circundante y/o de la frontera sobre la superficie de las moléculas de proteínas globulares (9). En todos los casos investigados,

la desnaturalización iniciada por alta presión se asemeja a la causada por la ruptura de los enlaces de hidrógeno con urea o hidrocarburo de guanidina. El agua circundante a la proteína se cree que la protege de la desnaturalización a través de los enlaces de hidrógeno. La ruptura de los enlaces de hidrógeno en la región hidrofílica, por alta presión, causa un cambio en el diagrama de fase con el agua "pesada" formada a altas presiones, mayores que 600 MPa, induciendo la desnaturalización proteínica (9).

La Fig. 3 indica el comportamiento térmico (en el rango de 40 a 95 °C) de los diferentes homogeneizados cárnicos se recogen. En general, todas las muestras exhibieron una gran zona endotérmica de miosina centralizada 59,5 °C.



C: sin tratamiento térmico; SA=Sin aditivos; PP=Proteína de plasma sanguíneo; FM=Fibra de manzana; FP=Fécula de papa.

Fig. 3. Trazos normalizados de calorimetría diferencial de barrido para unidad de masa seca de las diferentes homogeneizados cárnicos.

Las cantidades remanentes de actina insolubilizada fueron también visibles a 78 °C. El homogeneizado sin tratamiento térmico (SA/C) mostró también un pico intermedio (correspondiente a miosina, proteína sarcoplasmática y conectivas) centrado en torno a 72 °C y una entalpía total de desnaturalización térmica (44 a 86 °C en línea base) de 12,6 J/g. La muestra formulada con FP desplegó un pico afilado distinto alrededor de 70 °C de temperatura máxima debido a una gelatinización de la FP, con una entalpía total de 13,0 J/g. Cuando se adicionó FM el cam-

bio de entalpía total disminuyó ligeramente (11,5 J/g) sin ningún cambio aparente en el perfil de la calorimetría diferencial de barrido respecto a la muestra SA/C. La formulación que contiene PP recuperó los valores en el cambio de entalpía (12,5 J/g) y su termograma mostró también una característica distinta a temperaturas superiores a 65 °C, con efectos de cola hasta aproximadamente 90 °C. Los grandes efectos observados al principio (miosina) y al final (actina) de todos los termogramas indicaron que la formulación de sal empleada (NaCl a 1,5 y 0,18 % de tripolifosfato de sodio)

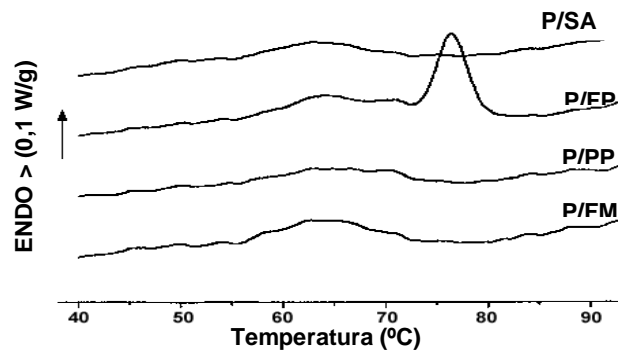
no fue suficiente para lograr la adecuada solubilización (17 y 19 %) de la proteína. Teniendo en cuenta los valores de entalpía y los perfiles de la calorimetría diferencial de barrido, no se aprecia la existencia de interacciones específicas sino más bien efectos aditivos entre proteínas musculares y el aditivo empleado en las diferentes formulaciones.

La cocción a 70 °C/30 min proporcionó productos que presentaban poco efecto residual en todos los casos. En el caso de la formulación con fécula de papa se desplegó un pico adicional (80,7 °C) de gelatinización de la FP sobre el del anteriormente mencionado. Los cambios totales de entalpía fueron alrededor de 0,30 (con FM), 0,45 (con FP) y 0,55 (PP) J/g, representando de 3 a 4 % de la emulsión cruda respectivamente. Los tratamientos de cocción fueron insuficientes para la desnaturalización de toda la proteína en todos los casos.

La Fig. 4 presenta el comportamiento térmico proporcionado por los productos sometidos a tratamiento de alta presión hidrostática/elevada temperatura (400 MPa/70 °C). Los cambios de entalpía en las muestras presurizadas fueron alrededor de 1,4 (control sin aditivos), 2,7 (FP), 1,3 (FM) y 1,7 (PP) J/g. La calidad de la proteína nativa remanente no fue solo más alta en las emulsiones presurizadas en relación con las no pre-

surizadas cocinadas solamente, sino que también los casos correspondientes aparecen en un intervalo de temperatura más bajo (55-75 °C). Esto indica la naturaleza diferente de la desnaturalización térmica de la proteína y la inducida por presión. Además, se observó de nuevo que la presión protege las proteínas de la desnaturalización térmica (5, 10-12).

Por otra parte, se observaron efectos completamente similares de estabilización en relación con el proceso de gelatinización de la FP bajo presurización. En efecto, el pico a 75,5 °C representa aproximadamente 30 % del pico correspondiente al de la muestras con FP. Esto significa que la presurización aumentó la estabilidad térmica de la FP a la gelatinización (aumento de la temperatura de cambio en torno a 4,6 °C), lo cual ocurrió aisladamente en 40 % del proceso térmico. Cuando se aplican presiones superiores a las utilizadas en este trabajo se puede inducir una elevada desnaturalización. Mediante presión a 1 000 MPa se encontró que la desnaturalización fue más severa que la térmica (9). La desnaturalización de la ovoalbúmina por alta presión pudo ser vista por la disminución de la entalpía del pico endotérmico en calorimetría diferencial de barrido conjuntamente con el evidente decrecimiento en la estructura-helical, esto sugiere que las altas presiones causan la ruptura de la estructura secundaria de la ovoalbúmina.



SA/P=Muestra sin aditivos; FP/P=Muestra con fécula de papa; PP/P=Muestra con proteína de plasma sanguíneo; FM/P=Muestra con fibra de manzana.

Fig. 4. Trazos normalizados de calorimetría diferencial de barrido para unidad de masa seca de las diferentes homogeneizados cárnicos presurizados (400 MPa/70 °C).

Otros autores (13) concluyeron que la gelificación térmica y la inducida por presurización difieren, probablemente debido al rompimiento de los enlaces hidrofóbicos e iónicos por la alta presión mientras que la desnaturalización térmica implica la ruptura de los enlaces covalentes. Consecuentemente en contraste con la desnaturalización térmica, la inducida por presión, de 100 a 400 MPa puede ser también reversible. La gelificación por alta presión está lista para aplicarse en Japón en la producción de Surimi a partir de diferentes tipos de pescados, variando la presión de 400 a 600 MPa. Vale la pena señalar que todas las emulsiones cárnicas presurizadas, formuladas con aditivos, mostraron (Fig. 4) un pequeño pero distinto efecto alrededor de 71°C, mientras que la emulsión común SA/C no lo hizo. La naturaleza y la importancia de este hecho no se conocen, pero puede estar relacionada con esas emulsiones que presentan un retículo secundario y poco preciso independiente de la sustancia intercelular común de la proteína agregada.

REFERENCIAS

1. Cheftel, J. y Culioli, J. *Meat Science*, 46, 211-236, 1997.
2. Thebaudin, J.; Lefebvre, A.; Harrington, M. y Bourgeois, C. *Trends in Food Science & Technology* 8: 41-48, 1997.
3. Wismer-Pedersen, J. *Food Technol.* 8: 76-80, 1979.
4. AOAC. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, DC, 1984.
5. Fernández-Martín, F.; Fernández, P.; Carballo, J. y Jiménez-Colmenero, F. J. *Agri. Food Chem.* 45: 4440-4445, 1997.
6. Cheftel, J. *Review: Food Sci. Tech. Int.* 1: 75-90, 1995.
7. Carlez, A.; Rosec, J.; Richard, N. y Cheftel, J. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 126: 357-363, 1993.
8. Shigehisa y col., 1991.
9. Parés, D.; Saguer, J.; Suñol, J. y Carretero, C. *Food Sci.* 63: 958-961, 1998.
10. Hayakawa, I.; Linko, Y. y Linko, P. *Lebensm.-Wiss. u.- Technol.*, 29, 756-762, 1996.
11. Jiménez-Colmenero, F. High Pressure-Cooking of Chicken Meat Batters with Starch, Egg White, and Iota Carrageenan. *Journal of Food Science*, 63: 656-659, 1998.
12. Jiménez Colmenero, F.; Fernández, P.; Carballo, J. y Fernández-Martín, F. J. *Food Sci.* 63: 656-659, 1998.
13. Okamoto, M.; Kawamura, Y. y Hayashi, R. Application of high pressure to food processing: textural comparison of pressure- and heat-induced gels of food proteins. *Agric. Biol. Chem.*, 54: 183-189, 1990.

CONCLUSIONES

La aplicación de alta presión aumentó el efecto del tratamiento térmico sobre la reducción del número de microorganismos, confirmándose la utilidad de esta técnica para mejorar la calidad microbiológica de productos cárnicos con adición de ingredientes con conteos relativamente elevados.

La aplicación de tratamientos combinados de presión/temperatura preserva la proteína de la desnaturalización térmica completa y el almidón de papa resulta protegido frente a la gelatinización térmica. No se detectaron interacciones particulares entre las proteínas de la masa cárnica y los ingredientes no cárnicos.