

CAPÍTULO 57

Imagen de Resonancia Magnética
para estudiar características de
calidad de productos cárnicos.
Parte I.

M^a TRINIDAD PÉREZ PALACIOS

La Imagen de Resonancia Magnética (MRI) es una técnica no destructiva, no invasiva, no intrusiva, no ionizante e inocua, por lo que se propone como una alternativa a los métodos tradicionales de análisis de productos cárnicos, que son tediosos, requieren el empleo de disolventes, suponen un gasto de tiempo y destruyen las piezas cárnicas. El equipo de investigación compuesto por miembros de los grupos de Tecnología y Calidad de los Alimentos (TECAL) e Ingeniería de Medios (GIM), que forman parte del Instituto Universitario de Carne y Productos Cárnicos (IPROCAR), viene realizando estudios en este sentido desde hace 15 años. Se ha conseguido clasificar lomos y jamones ibéricos en función de la alimentación de los cerdos (Cernadas, Antequera, Rodríguez, Durán, Gallardo y Villa, 2001; Pérez-Palacios, Antequera, Durán, Caro, Rodríguez y Palacios, 2011; Pérez-Palacios, Antequera, Durán, Caro, Rodríguez y Ruiz, 2010a), estimar el porcentaje de mermas y el tiempo de procesado en jamón (Antequera, Caro, Rodríguez y Pérez-Palacios, 2007), y algunos atributos sensoriales y parámetros de calidad en lomo y jamón ibérico (Cernadas, Carrión, Rodríguez, Muriel y Antequera, 2005; Pérez-Palacios, Antequera, Molano, Rodríguez y Palacios, 2010b; Pérez-Palacios, Caballero, Caro, Rodríguez y Antequera, 2014).

El análisis de los productos cárnicos mediante MRI se divide en tres bloques: la adquisición de imágenes, el análisis de las imágenes y el tratamiento de los datos.

Para la adquisición de imágenes habitualmente se ha empleado un *scanner* de alto campo del Hospital Universitario Infanta Cristina de Badajoz. Hace dos años el grupo de investigación TECAL-GIM en colaboración con el Servicio de Innovación en Productos de Origen Animal (SIPA) adquirió un *scanner* MRI de bajo campo. Este tipo de equipos, en comparación con los de alto campo, son mucho más económicos, pero ofrecen menor ratio señal/ruido. Así resulta importante la configuración del equipo MRI de bajo campo (elección adecuada de la secuencia de adquisición y de sus parámetros) para obtener una imagen de buena calidad.

Para el análisis de las imágenes se emplean diferentes algoritmos. En el caso de las imágenes de jamón, en primer lugar se aplican Contornos Activos, para seleccionar el músculo de interés (Caro, Rodríguez, Cernadas, Durán y Villa, 2001), y después se selecciona el área máxima en el músculo, denominada Región de Interés (ROI). Finalmente tres métodos de características de textura computacional (GLCM, NGLDM y GLRLM) se aplican sobre la ROI. Para el análisis de las imágenes de lomo, se aplican ROI y métodos de textura computacional. Pérez-Palacios, Antequera, Durán *et al.* (2010) y Pérez-Palacios *et al.* (2011) observaron que las características de textura computacional están correlacionadas

con algunos atributos sensoriales y características físico-químicas del jamón, dependiendo esta correlación del método de textura computacional. Esto podría indicar diferencias en la capacidad de cada método para determinar parámetros de calidad de los productos cárnicos, por lo que resultaría interesante compararlos.

El tratamiento de datos se viene realizando mediante técnicas estadísticas frecuentes, como Correlación de Pearson o Análisis de Componentes Principales (PCA). Recientemente Pérez-Palacios *et al.* (2014) probaron el empleo de técnicas de minería de datos para determinar características de calidad de jamones ibéricos a partir de imágenes de MRI, obteniendo resultados muy satisfactorios.

Los estudios que se están llevando a cabo actualmente tratan de optimizar cada uno de los tres bloques de trabajo: configuración del equipo MRI de bajo campo para la adquisición de imágenes, comparación de los tres métodos de textura computacional en el análisis de las imágenes y aplicación de técnicas de minería de datos en el tratamiento de datos.

El lomo ibérico es el producto cárnico elegido en estos nuevos estudios, cuyo objetivo principal es predecir características de calidad de este producto a partir de imágenes MRI adquiridas con el *scanner* de bajo campo, optimizando la adquisición y el análisis de imágenes y el tratamiento de datos. Para ello se han comparado tres secuencias de adquisición de imágenes (spin echo (SE), gradiente echo (GE) y turbo 3D (T3D)), tres métodos de textura computacional ((GLCM, NGLDM y GLRLM) y dos técnicas de minería de datos (Regresión Lineal Múltiple (MLR) y regresión isotónica (IR)).

Se partió de 10 lomos ibéricos (cinco frescos y cinco curados), que, en primer lugar, se escanearon mediante MRI de bajo campo (ESAOTE VET-MR E-SCAN XQ 0.18 T). Para el análisis de las imágenes se seleccionó la ROI (Molano, Rodríguez, Caro y Durán, 2012), y a continuación se aplicaron sobre la ROI tres métodos de textura computacional: GLCM, que da 10 características computacionales de textura: ENE, ENT, COR, HC, IDM, INE, CS, CP, CON y DIS; NGLDM, con cinco características computacionales de textura: SNE, LNE, NNU, SM, ENT; y GLRLM, con 11 características computacionales de textura: SRE, LRE, GLNU, RLNU, RPC, LGRE, HGRE, SRLGE, SRHGE, LRLGE, LRHGE. Cada método se aplicó por separado y también de forma conjunta (GLCM-NGLDM-GLRLM).

Después se llevaron a cabo las determinaciones físico-químicas en los lomos frescos y curados: humedad (AOAC, 2000), grasa (Pérez-Palacios, Ruiz, Martín, Muriel y Antequera, 2008), actividad de agua (LabMaster-aw, NOVASINA AG, Switzerland) y color instrumental (Minolta Camera Corp., Meter Division. Ramsey, NJ). En los lomos curados también se determinó el contenido en sal (AOAC, 2000).

Se construyó una base de datos con los datos procedentes del análisis de imágenes y de las determinaciones físico-químicas, sobre la que se aplicaron dos técnicas predictivas de minería de datos: MLR e IR, para finalmente obtener ecuaciones de predicción de los

parámetros físico-químicos en función de las características computacionales de textura, por ejemplo:

$$\begin{aligned} \text{Humedad (\%)} = & -11,0379 * \text{Energy} + 6,3164 * \text{Entropy} - 7,1090 * \text{Correlation} + 24,8303 \\ & * \text{HC} + 24,3895 * \text{IDM} + 55,6959 * \text{Inertia} - 20,6588 * \text{CS} - 15,4069 * \text{CP} + 10,1574 * \\ & \text{Contrast} - 70,6005 * \text{Dissimilarity} + 45,9271. \end{aligned}$$

Para validar los resultados de predicción se calculó el coeficiente de correlación (R) y el error absoluto medio (MAE). Se observó una alta variabilidad en la precisión de la predicción dependiendo de la secuencia de adquisición y del método de textura computacional, mientras que el efecto de la técnica de minería de datos no afectó de forma importante. Aunque existen algunas diferencias entre las características físico-químicas predichas, se puede indicar que, en general, los mejores resultados de predicción se obtienen cuando se utilizan secuencias SE para la adquisición de las imágenes y el método GLCM o los tres métodos juntos (GLCM-NGLDM-GLRLM) para el análisis de las imágenes. Considerando, además de la precisión de la metodología, el tiempo y los recursos requeridos, se puede indicar que la secuencia de adquisición SE junto con el método de características computacional GLCM y MLR, como técnica de predicción, es la combinación más adecuada para predecir las características físico-químicas del lomo ibérico.

REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemist (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg: AOAC International.
- Antequera, T.; Caro, A.; Rodríguez, P. G. y Pérez-Palacios, T. (2007). Monitoring the ripening process of Iberian ham by computer vision on magnetic resonance imaging. *Meat Science*, 76, 561–567.
- Caro, A.; Rodríguez, P. G.; Cernadas, E.; Durán, M. L. y Villa, D. (2001). *Applying active contours to muscle recognition in Iberian ham MRI*. IASTED International Conference Signal Processing, Pattern Recognition and Applications, Rodas, Grecia.
- Cernadas, E.; Antequera, T.; Rodríguez, P. G.; Durán, M. L.; Gallardo, R. y Villa, D. (2001). Magnetic resonance imaging to classify loin from Iberian pig. En G. A. Webb, P. S. Belton, A. M. Gil y I. Delgadillo (Eds.), *Magnetic resonance imaging in food science. A view to the future* (pp. 239-245). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Cernadas, E.; Carrión, P.; Rodríguez, P. G.; Muriel, E. y Antequera, T. (2005). Analyzing magnetic resonance images of Iberian pork loin to predict its sensorial characteristics. *Computer Vision and Image Understanding*, 98, 345-361.
- Molano, R.; Rodríguez, P. G.; Caro, A. y Durán, M. L. (2012). Finding the largest area rectangle of arbitrary orientation in a closed contour. *Applied Mathematics and Computation*, 218, 9866-9874.
- Pérez-Palacios, T.; Antequera, T.; Durán, M. L.; Caro, A.; Rodríguez, P. G. y Palacios, R. (2011). MRI-based analysis of feeding background effect on fresh Iberian ham. *Food Chemistry*, 126, 1366–1372.

- Pérez-Palacios, T.; Antequera, T.; Durán, M. L.; Caro, A.; Rodríguez, P. G. y Ruiz, J. (2010). MRI-based analysis, lipid composition and sensory traits for studying Iberian dry-cured hams from pigs fed with different diets. *Food Chemistry*, 126, 1366–1372.
- Pérez-Palacios, T.; Antequera, T.; Molano, R.; Rodríguez, P. G. y Palacios, R. (2010). Sensory traits prediction in dry-cured hams from fresh product via MRI and lipid composition. *Journal of Food Engineering*, 101, 152–157.
- Pérez-Palacios, T.; Caballero, D.; Caro, A., Rodríguez, P. G. y Antequera, T. (2014). Applying data mining and Computer Vision Techniques to MRI to estimate quality traits in Iberian hams. *Journal of Food Engineering*, 131, 82-88.
- Pérez-Palacios, T.; Ruiz, J.; Martin, D.; Muriel, E. y Antequera, T. (2008). Comparison of different methods for total lipid quantification. *Food Chemistry*, 110, 1025-1029.

APUNTES BIOGRÁFICOS

M^a Trinidad Pérez Palacios (Cáceres, 25 de julio de 1981) es Licenciada en Veterinaria (1999-2004) y Doctora (2009) por la Universidad de Extremadura. Durante 2011-2012 realizó su estancia postdoctoral en la Universidad de Farmacia de la Universidad de Oporto. Actualmente trabaja en Cáceres como Personal Contratado Investigador, en el área de Tecnología y Calidad de los Alimentos del Instituto de Carne y Productos Cárnicos (IPROCAR) de la Universidad de Extremadura.

Contacto: triny@unex.es