IMÁGENES HIPERESPECTRALES–NIR PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE PROTEÍNAS VEGETALES EN HAMBURGUESAS DE CARNE DE VACUNO

León-Ecay*, S., López-Maestresalas, A., Arazuri, S., Mendizabal, J.A. e Insausti, K.
IS-FOOD, Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona
*sara.leon@unavarra.es

INTRODUCCIÓN

Las proteínas vegetales se incorporan a los productos cárnicos con el fin de mejorar determinadas propiedades; sin embargo, si no se declaran correctamente en la etiqueta, la mínima presencia de éstas puede derivar en alergias alimentarias graves (Macedo-Silva *et al*., 2001). En España, la integración de proteína vegetal en matrices cárnicas está limitada por el Real Decreto 474/2014 a un máximo del 3%. Por ello, debido a la dificultad para identificar contenidos tan bajos, el objetivo de este estudio reside en demostrar el potencial de las imágenes hiperespectrales (HSI) en el rango del infrarrojo cercano (NIR) para detectar la adición de proteínas de guisante (PG) y soja (PS) en carne picada de vacuno.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para desarrollar el estudio, se formularon un total de 120 hamburguesas provenientes del músculo *longissimus lumborum* de ganado vacuno. Para su elaboración, a la carne picada se le incorporó proteína de guisante (n_{PG} = 40) y soja (n_{PS} = 40) en proporciones de 1%, 3%, 4% y 6% p/p (10 hamburguesas por formulación y proteína). Se consideraron además 40 hamburguesas de carne sin proteína añadida (Control). El total de las 120 muestras se midieron con un sistema de captura de imágenes hiperespectrales en el rango del infrarrojo cercano (900 – 1,700 nm). Entre los elementos del sistema destacan un conjunto de iluminación compuesto por 4 lámparas halógenas de 28 W cada una y una cámara Xeva-1.7-320 (900 – 1,700 nm; resolución de 320 x 256 píxeles). Posteriormente, las imágenes fueron apiladas en cubos tridimensionales para proceder con su normalización. Una vez testada la efectividad de los métodos de preprocesamiento espectral, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) y un análisis discriminante lineal (LDA) con el *software* PLS_Toolbox 9.5. bajo MATLAB R2024a. Para garantizar la calidad y robustez de los modelos quimiométricos, el total de las muestras fue dividido en una ratio 70:30 entre calibración y validación externa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, gracias al PCA, se detectaron agrupaciones entre las muestras control y aquellas que contenían diferentes proporciones de proteína vegetal. Así, en el caso de las hamburguesas que incluían proteína de guisante, el PCA, previo pretratamiento con 1ª derivada + corrección de la dispersión media + centrado medio, mostró potencial para separar las hamburguesas con proteína añadida al 1 y 3% (PC2 positivo) de aquellas con proteína al 4 y 6% (PC2 negativo). Para realizar el análisis discriminante se siguieron dos estrategias: (1) identificación independiente de cada proteína añadida *vs*. las hamburguesas de carne sin proteína incorporada y (2) discriminación de las muestras con un porcentaje de proteína inferior al límite establecido por la legislación (1 y 3%) *vs*. las que presentaban un 4 y 6% p/p *vs*. las de carne sin proteína añadida. En el primer escenario, se reportaron excelentes ratios de muestras correctamente clasificadas según el grupo al que pertenecían (Control, PG, PS), llegando a superar el 94% de tasa de éxito en validación externa. De forma similar, se discriminó entre muestras control *vs*. 1 y 3% *vs*. 4 y 6% con una precisión superior al 90,4%. Finalmente, estos resultados estarían en consonancia con los obtenidos por Jiang *et al.* (2022) que, en estudios con porcentajes de inclusión de soja más altos (hasta el 30%), obtuvieron valores de R^2 = 0,99 (validación externa) en la predicción del contenido de proteína vegetal en las hamburguesas de vacuno.

CONCLUSIÓN

El alto porcentaje de éxito en la discriminación de las hamburguesas con niveles de incorporación de proteína vegetal muy bajos (1%) demostró que la tecnología de imagen hiperespectral en el rango NIR puede ser empleada como método robusto y no destructivo para detectar prácticas fraudulentas en los etiquetados de productos cárnicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Jiang *et al*. 2022. Infrared Physics & Technology 127: 104401. • Macedo-Silva *et al.* 2001. Journal of Food Composition and Analysis 14: 469-478.

Agradecimientos: Esta investigación ha sido financiada con una ayuda predoctoral UPNA-2022.