

IMÁGENES ÓPTICAS EN EL DISEÑO DE SISTEMAS CONVOLUCIONALES PARA GARANTIZAR LA CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Beck Díaz, Irene (1); Pradana-López, Sandra (2); Pérez-Calabuig, Ana M. (2); Moral Rama, Ana (1); Torrecilla Velasco, José S. (2)*

(1)Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica, Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera Km 1, 41013 Sevilla, España

(2)Departamento de Ingeniería Química y de Materiales, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid, Spain

Introducción

La misión básica del sector alimentario es proporcionar al ciudadano unos alimentos sanos, seguros y de calidad. Sin embargo, existen numerosos factores en la actualidad que lo ponen en riesgo. Es por ello que cada vez son más los productos alimentarios vulnerables de ser adulterados, siendo uno de los fraudes alimentarios más comunes. Fundamentalmente, esta actividad persigue obtener mayores beneficios económicos añadiendo sustancias extrañas a los alimentos, ofreciendo productos de baja calidad y, que incluso pueden ser perjudiciales para nuestra salud.

Entre los productos más vulnerables de ser adulterados se encuentra el azafrán, debido a su alto valor económico. Esta especie, obtenida de los estigmas secos de la flor *Crocus sativus L.*, es usada como colorante y saborizante en alimentos, así como en medicina tradicional por sus numerosos beneficios en el ámbito de la salud.

Con el objetivo de reducir costes, las fibras puras de azafrán son mezcladas con fibras de estambre de azafrán, que no están catalogadas como producto alimentario, así como mezclas con pétalo de cártamo o de caléndula, colorantes cancerígenos y hasta sustancias metálicas.

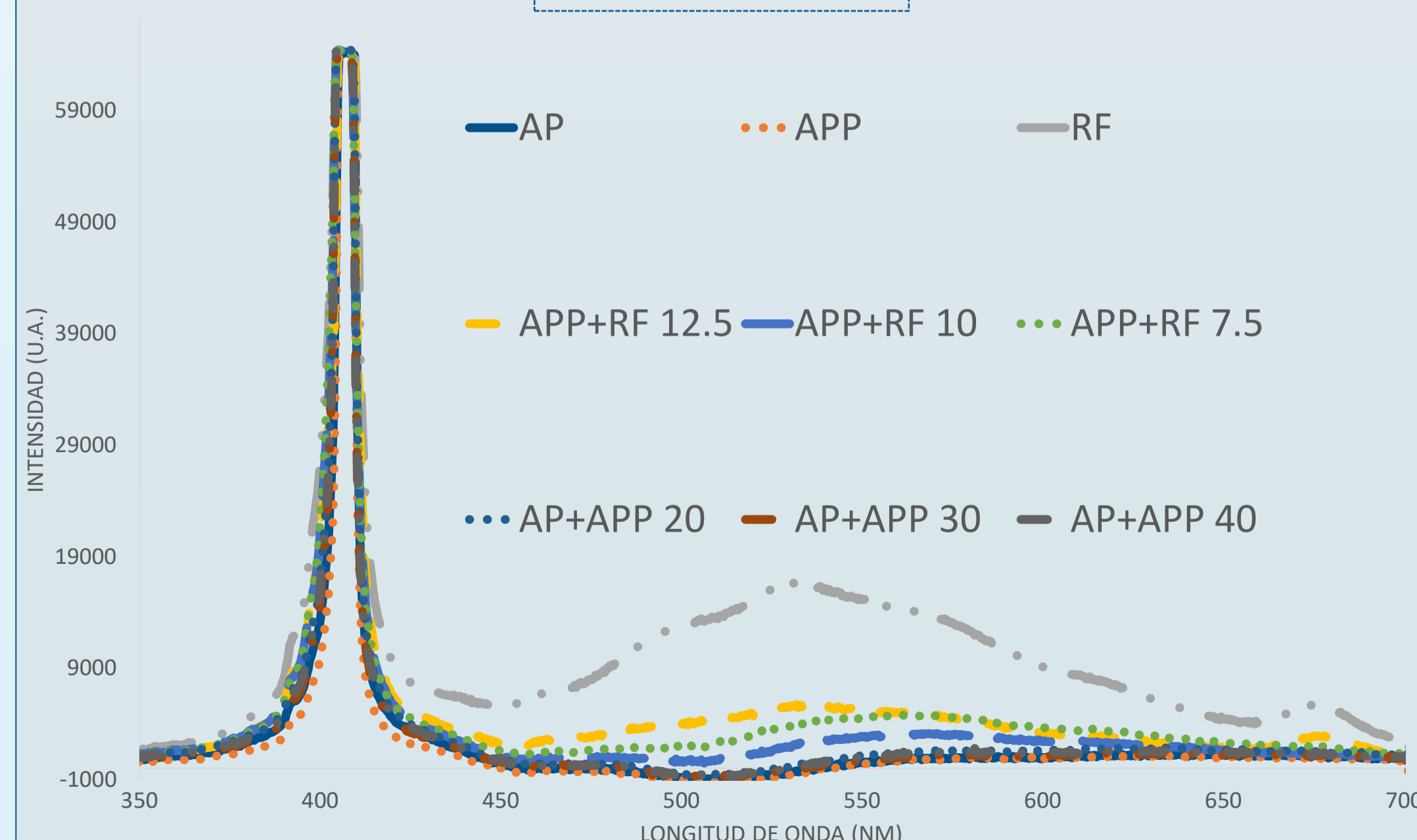
Para luchar contra este fraude existen normas ISO que facilitan el reconocimiento de los productos de azafrán de calidad. Sin embargo, hasta el momento solo se han desarrollado técnicas analíticas para detectar azafrán con otras plantas en niveles del orden de 200mg/g.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es presentar una técnica alternativa fiable, rápida, barata, así como no invasiva para medir la autenticidad del azafrán.

En esta línea, se han desarrollado dos métodos para la detección de fraudes en el azafrán. Por un lado, un método basado en el tratamiento de imágenes ópticas por medio de algoritmos de aprendizaje profundo, concretamente redes neuronales convolucionales (CNN); por otro lado se emplea la espectroscopía UV-VIS de emisión.

UV-VIS EMISIÓN



Gráfica 1. Espectro UV-VIS de emisión obtenido de las medidas realizadas.

Tiempo de integración: 1000 ms. Voltaje: 7,5 V.

Materiales & Métodos

- Muestras de azafrán de temporada actual, temporada pasada y restos florales de la flor *Crocus sativus L.* Se realizaron medidas de las muestras puras (2 g) y las muestras preparadas, según se muestra en la **tabla 1**.
- Toma de imágenes de las muestras mediante microscopio (**figura 1**) y cámara réflex (**figura 2**).
- Tratamiento matemático de las fotografías mediante el uso de redes CNN, concretamente redes neuronales residuales (ResNet).
- Medida de espectroscopía UV-VIS de emisión de todas las muestras.

Tabla 1. Cantidades usadas para la preparación de muestras adulteradas de azafrán

ADULTERACIÓN (%)	AZAFRÁN PURO DE TEMPORADA (g)	AZAFRÁN PURO DE TEMPORADA PASADA (g)
20	1.6	0.4
30	1.4	0.6
40	1.2	0.8

ADULTERACIÓN (%)	AZAFRÁN PURO DE TEMPORADA PASADA (g)	RESTOS FLORALES DE AZAFRÁN (g)
7.5	1.85	0.15
10.0	1.80	0.20
12.5	1.75	0.25



Figura 1. Imágenes tomadas con microscopio. Dch: AP. Izq: AP+APP 40%



Figura 2. Imágenes tomadas con cámara réflex. Dch: AP. Izq: AP+APP 40%

Resultados

En este trabajo las CNNs, más concretamente la ResNet34 y ResNet50, han sido utilizadas para realizar un estudio y detección de las adulteraciones ocasionadas sobre el azafrán. Para llevar a cabo esta investigación, solo se ha necesitado el uso de fotografías y su posterior tratamiento matemático. Inicialmente, la red fue entrenada y validada usando el 90% de las imágenes de forma aleatoria, consiguiendo un porcentaje de acierto del 68% para las imágenes tomadas por el microscopio, y del 99% para las tomadas con la cámara Nikon. Se ha de decir que, en vista de los resultados obtenidos para las imágenes realizadas con el microscopio, se decidió reanalizar un posterior análisis matemático con el fin de diferenciar únicamente azafrán puro de azafrán adulterado, consiguiendo así un porcentaje de acierto del 100%.

A partir de los modelos conseguidos, se llevó a cabo una validación a ciegas con el 10% restante de las imágenes, donde se consiguió un porcentaje de acierto del 100% tanto para las imágenes tomadas con la cámara Nikon como con las obtenidas mediante el microscopio, en este caso con el segundo análisis matemático realizado.

La espectroscopía UV-VIS de emisión también resultó satisfactoria para el estudio, resultando una técnica óptima para clasificar azafrán adulterado y azafrán de calidad (**Gráfica 1**). En la gráfica adjunta se puede observar como cada muestra analizada emite una radiación UV-VIS a longitudes de ondas distintas, haciendo así, que puedan ser diferenciadas.

Conclusiones

En este trabajo se han presentado dos técnicas de diseño y uso sencillos, así como de costes mínimos y no invasivos, pudiendo abordar de forma rápida las actividades fraudulentas en el sector del azafrán.

Así, utilizando algoritmos basados en aprendizaje de transferencia y CNNs, y mediante la simple integración de imágenes ópticas, se da la posibilidad de diferenciar mezclas de azafrán adulteradas con una precisión general del mayor al 90%. Del mismo modo ocurre, mediante la comparación de los espectros obtenidos de las medidas de emisión UV-VIS para cada muestra.

Esto permite un avance en la detección de las adulteraciones de este tipo de productos debido a la simplicidad, rapidez y facilidad de uso de estas técnicas respecto los tradicionales, llevados a cabo en un laboratorio, con equipos más complejos y costosos.

Referencias

- S. Li, et al (2020). Rapid detection of saffron (*Crocus sativus L.*) Adulterated with lotus stamens and corn stigmas by near-infrared spectroscopy and chemometrics, *Industrial Crops and Products*, Volume 152, 112539, ISSN 0926-6690
- E. Shawky, et al. (2020). NIR spectroscopy-multivariate analysis for rapid authentication, detection and quantification of common plant adulterants in saffron (*Crocus sativus L.*) stigmas, *LWT*, Volume 122, 109032, ISSN 0023-6438.
- S. Pradana-López et al. (2021). Deep transfer learning to verify quality and safety of ground coffee, *Food Control*, Volume 122, 107801, ISSN 0956-7135