

APLICACIÓN DE LA NEFELOMETRÍA ESPECTRAL A LA MEDIDA SIMULTÁNEA DEL COLOR Y LA TURBIDEZ EN ACEITES DE OLIVA OBTENIDOS POR DISTINTO GRADO DE CLARIFICACIÓN

Belén Gordillo¹, Luís Gómez-Robledo², Leonardo Ciaccheri³, Anna G. Mignani³,
María José Moyano⁴, M. Lourdes González-Miret¹, Manuel Melgosa², Francisco J. Heredia¹

¹Laboratorio de Color y Calidad de Alimentos, Universidad de Sevilla

²Departamento de Óptica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada

³Optics and Photonics Department, CNR-Institute of Applied Physics 'Nello Carrara', Florencia

⁴Almazara Experimental, Instituto de la Grasa, CSIC, Sevilla.

www.color.us.es, bgordillo@us.es

Resumen:

Se ha estudiado la utilidad de la nefelometría espectral en la medida simultánea del color y turbidez en aceites de oliva virgen extra. Se han considerado 25 aceites, cada uno de ellos con 6 niveles de turbidez diferente, sobre los que se han realizado medidas nefelométricas y goniospectrofotométricas (0°, 30°, 60° y 90°). Los resultados ponen de manifiesto dificultades en las medidas por transmisión a ángulos superiores a 30°. Se concluye que existe una fuerte dependencia entre la turbidez y la variación de claridad L^*_{10} entre 0° y 30°, que no pudo ser confirmada para el ángulo de tono $h_{ab,10}$ ni para el croma $C^*_{ab,10}$.

Palabras clave: Turbidez, Color, Nefelometría, Aceite de Oliva.

INTRODUCCIÓN

La apariencia visual del aceite es determinante en la preferencia del consumidor, siendo considerada incluso más significativa que el precio, el sabor o el olor [1]. En la apariencia visual de la mayor parte de los aceites de oliva comercializados está implicado tanto el color como la turbidez, dependiendo de la tecnología empleada en su elaboración [2]. Habitualmente, la medida del color de aceites de oliva se realiza a partir de técnicas espectrofotométricas o espectrorradiométricas que, siendo adecuadas para alimentos transparentes, aportan una información insuficiente en el caso de alimentos turbios. Cuando la luz atraviesa un medio en el que existe una suspensión de partículas, se difunde en todas direcciones y, como consecuencia, la apariencia de éste no sólo depende de la luz absorbida, sino también de la luz difundida [3]. Por tanto, para obtener una medida del color más objetiva en este tipo de alimentos, es necesario que la instrumentación considere distintos ángulos de medida. En este trabajo se ha evaluado la utilidad de la espectroscopia de absorción multiángulo en la medida simultánea del color y la turbidez en aceites de oliva virgen con distinto grado de clarificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han considerado 25 muestras de aceites vírgenes sin filtrar para elaborar las correspondientes colecciones de escalas de turbidez. Para reproducir diferentes grados de clarificación cada muestra de aceite turbio fue mezclada en diferente proporción (100%, 80%, 60%, 40%, 20% y 0%) con su correspondiente aceite filtrado, obteniéndose una escala de 6 niveles de turbidez (y, por tanto, de clarificación) para cada una de las 25 muestras; es decir un total de 150 muestras de aceites con diferente turbidez.

Para la medida de turbidez (NTU) se ha utilizado un turbidímetro modelo 2100P (Loveland, CO, USA).

La instrumentación para las medidas espectrales está compuesta por un dispositivo diseñado en el Instituto de Física Aplicada ‘Nello Carrara’ (Florencia), que es capaz de medir el espectro de absorción bajo iluminación a diferentes ángulos, como muestra la Figura 1. El dispositivo consiste en un cilindro en el que se introduce el vial que contiene la muestra de aceite. Ésta es iluminada secuencialmente por cuatro haces colimados dispuestos a 0° , 30° , 60° y 90° respecto del eje óptico del detector. Las cuatro fuentes usadas consisten en 4 LEDs blancos con un intervalo espectral comprendido entre 429 y 679 nm [3].

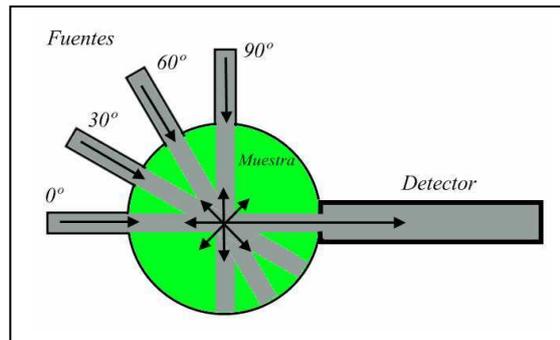


Figura 1. Esquema del dispositivo de goniospectrofotometría

Se ha registrado el espectro de transmisión de cada aceite a cada nivel de turbidez ($\Delta\lambda=2\text{nm}$) con iluminación a 0° , 30° , 60° y 90° , utilizando agua destilada (medida con iluminación a 0°) como referencia. Las coordenadas de color CIELAB se han obtenido con el software CromaLab [4] siguiendo las recomendaciones de la CIE, considerando el iluminante D65 y el observador patrón CIE 1964.

RESULTADOS

La Figura 2 muestra, como ejemplo representativo, el espectro de transmisión de la muestra de aceite 1 medido a los distintos ángulos considerados (0° , 30° , 60° y 90°) y en función de los 6 grados de turbidez. Como se puede observar, a partir de 60° , los picos de absorción característicos de los aceites de oliva (en la región cercana a 620 nm) son difícilmente detectados, de modo que la medida realizada a ángulos superiores a 30° no proporciona información espectral que permita diferenciar claramente un aceite turbio de su correspondiente filtrado. Pensamos que esto es debido a que al haber usado como referencia la medida de agua destilada a 0° (sin turbidez alguna, $\text{NTU}=0$), el cociente *aceite a 60° /agua a 0°* tiende a 0 y no a que el receptor no reciba señal alguna. Podría ser conveniente proponer una medida para sustancias turbias en relación a un blanco de turbidez similar.

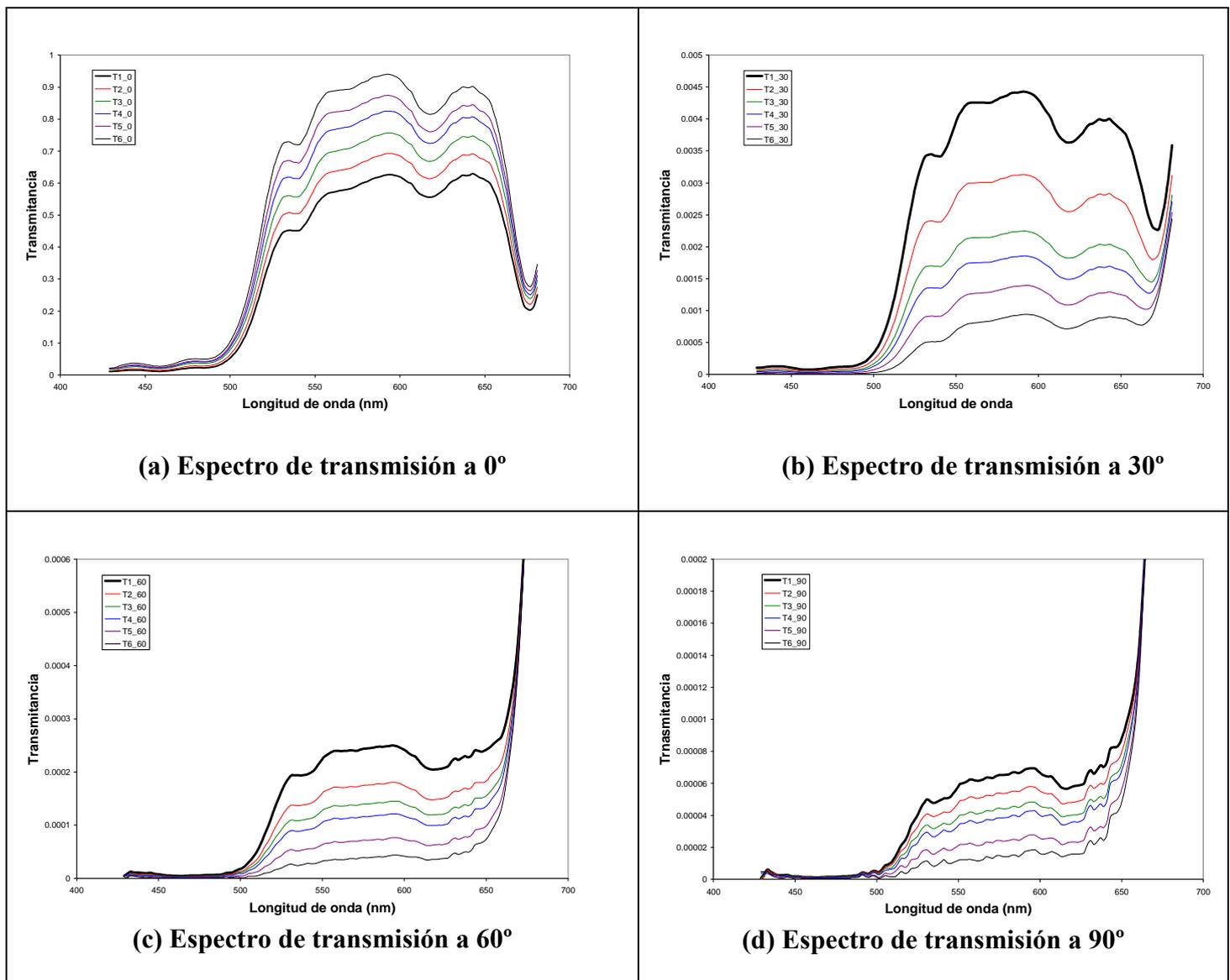


Figura 2. Espectro de transmisión a 0°, 30°, 60° y 90° de la muestra 1 en función del grado de turbidez. T1_0: 35.2 NTU, T2_0: 29.2 NTU, T3_0: 24.4 NTU, T4_0: 19.7 NTU, T5_0: 15.9 NTU, T6_0: 13.7 NTU

La Figura 3 muestra la diferencia de claridad (ΔL^*) entre cada muestra medida a 0° y a 30°, en función del grado de turbidez (NTU). En todos los casos se observa que la claridad es mayor cuando la medida se realiza a 0°. A medida que aumenta la turbidez la diferencia de claridad entre estos dos ángulos se reduce. Es decir, cuanto mayor es la turbidez de la muestra se da una menor variación de la claridad al cambiar el ángulo con el que se mide. Este efecto es debido a que un aumento de la difusión de la luz, con el incremento de la turbidez, se corresponde con una mayor homogeneidad en el color del aceite. Tras probar diversos modelos matemáticos, se ha comprobado que la mejor relación turbidez-diferencia de claridad se obtiene con un ajuste de tipo exponencial ($R^2=0.906$). En la Tabla 1 se observa que los coeficientes de correlación obtenidos para las diferencias en los atributos croma, ángulo de tono, y diferencia de color total (unidades CIELAB), son muy inferiores a los obtenidos con el atributo claridad.

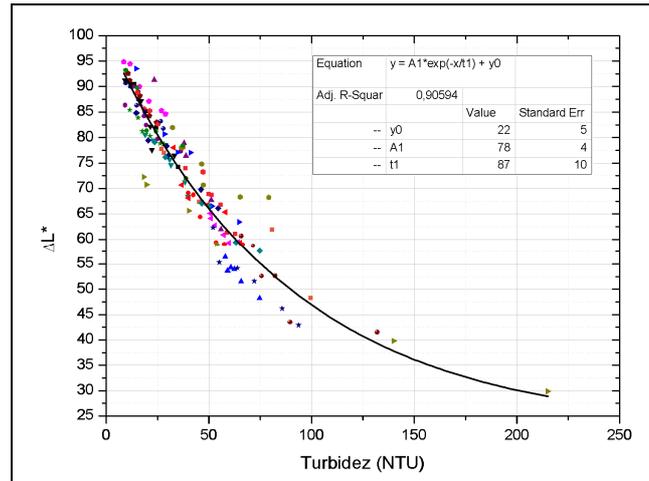


Figura 3. Diferencia de claridad entre la medida a 0° y la medida a 30° en función de la turbidez de cada una de las muestras. Cada uno de los colores indica la muestra de aceite utilizada

Tabla 1. Coeficientes de correlación para un ajuste exponencial.

R^2	$\Delta E^*_{ab,10}$	$\Delta L^*_{ab,10}$	$\Delta C^*_{ab,10}$	$\Delta h_{ab,10}$
	0.795	0.906	0.220	0.047

CONCLUSIONES

El incremento de la turbidez del aceite de oliva virgen extra produce una menor disminución de la claridad L^*_{10} al cambiar el ángulo de iluminación de 0° a 30° con respecto al eje óptico del detector. Esto no ocurre para los atributos ángulo de tono y croma CIELAB. Para medidas de color con iluminación a ángulos superiores a 30° no se debería utilizar un líquido transparente (turbidez 0) como referencia. En estos casos, lo aconsejable sería utilizar como referencia un líquido blanco de turbidez similar, si se quieren estudiar los cambios espectrales y colorimétricos a ángulos mayores de 30°.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias los proyectos IAC07-I-1664 y P06-AGR-01744 financiados por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía; y por el Proyecto FIS2007-64266 del "Ministerio de Educación y Ciencia", cofinanciado con fondos FEDER (UE)".

REFERENCIAS

- [1] Siskos, Y., Matsatsinis, N.F., y Baourakis, G. Multicriteria analysis in agricultural marketing: The case of French olive oil market. *European Journal of Operational Research*, 130, 315-33 (2001)
- [2] Koidis, A., Triantafillou, E. y Boskou, D. Endogenous microflora in turbid virgin olive oils and the physicochemical characteristics of these oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 110, 164–171 (2008)
- [3] Mignani, A.G., Ciaccheri, L., Cimato, A., Attilio, y C., Smith, P.R. Spectral nephelometry for the geographic classification of Italian extra virgin olive oils. *Sensors and Actuators B*, 111, 363-369 (2005)
- [4] Heredia, F. J., Álvarez, C.; González-Miret, M. L., & Ramírez, A. "CromaLab®, análisis de color", Registro General de la Propiedad Intelectual SE-1052-04: Sevilla, Spain (2004).