

ESTUDIO DE LA PIGMENTACIÓN DE CAFÉ ORGÁNICO TOSTADO Y MOLIDO USANDO LA TÉCNICA FOTOACÚSTICA

F. Gordillo-Delgado 1,2, J.A. Herrera-Cuartas, L. F. Marín-Ramírez 1, H. Ariza-Calderón 1.

¹Laboratorio de Optoelectrónica, Universidad del Quindío Apdo. Postal 460 Armenia, Quindío, Colombia.

²Centro de Investigaciones en Ciencia aplicada y Tecnología Avanzada del I.P.N, Unidad Legaria. Av. Legaria 694. Col. Irrigación México D.F, México 11500.

RESUMEN

Estudiar el contenido de pigmentos del café tostado y molido permite un mejor entendimiento de la coloración del café luego del proceso de tostado, lo cual lleva a definir nuevos parámetros medibles que dan criterios de evaluación de la calidad del producto. De igual manera, es importante conocer el contenido de pigmentos del café producido en la región del Departamento del Quindío, pues está relacionado con el sabor y las propiedades alimenticias del mismo, en el caso particular de carotenoides y flavonoides, estos proveen de características antioxidantes y de vitaminas al café, respectivamente; y el suministro de esta información al consumidor puede dar lugar a una mejor comercialización del producto. Fundamentalmente en este trabajo se dan a conocer mediciones espectroscópicas, en el rango visible del espectro electromagnético usando la técnica fotoacústica para muestras de café orgánico tostado y molido proveniente de diferentes pisos térmicos. En estos espectros se identificaron varios centros de absorción relacionados con carotenoides y especialmente con clorofila *a* y *b*. Se analiza también la variación del contenido de estos pigmentos de acuerdo con su origen geográfico.

ABSTRACT

To study the pigments content of roasted and ground coffee allow a better understanding of the coffee coloration right after the roasted process, which lead to define news measuring parameters that give quality evaluation criterions of the product. So is important know about the pigments content of coffee produced in the region of the Quindio Department, because is related whit its flavor and foodstuff properties, in the particular case of carotenoids and flavonoids, these supply of antioxidants characteristics and the vitamins to coffee, respectively; and give this information to the consumer can drive to better product commercialization. Principally, in this work we give to know spectroscopic measurements, in the electromagnetic spectrum visible range using the photoacoustic technique for roasted and ground organic coffee samples from different thermal floors. In this spectrums were identified several absorption centers related with carotenoids and especially whit chlorophyll *a* and *b*. Too is analyzed the change in the content of these pigments according to its geographic origin.

INTRODUCCION

Como posibles alternativas que alivian un poco la grave crisis por la que atraviesa el café Colombiano, están la producción de café orgánico certificado (café cultivado sin uso de químicos) que tiene un precio más elevado en el mercado internacional; y la acreditación del proceso de tostado que permita mayor exportación de café tostado y molido con un valor agregado.

Una técnica de caracterización que puede ayudar en este proceso de certificación se basa en el efecto fotoacústico (FA). Este se presenta al radiar con luz, de manera periódica, una muestra que puede ser sólida, líquida o gaseosa, ópticamente transparente u opaca. La luz periódica es absorbida y el proceso de desexcitación no radiativo da lugar a calentamiento periódico en la muestra, este calor puede ser transmitido a una delgada capa de aire que se encuentre en contacto con ella, causando cambios periódicos muy leves en la temperatura de la capa de aire y por lo tanto, también en su presión, creándose una onda sonora que puede ser detectada. Este efecto fue descubierto por primera vez en 1880 por Alexander Graham Bell, pero no fue hasta que Rosencwaig y Gersho argumentaron sólidamente su teoría [1], que comenzó a usarse con mucha eficiencia como técnica de caracterización óptica [2,3] y térmica [4,5]. En espectroscopia este efecto ha permitido medir de manera muy exacta la absorbancia de materiales en diferentes estados, ya que la señal que se detecta, emana directamente de la muestra, evitando los problemas de dispersión de luz que se tienen en los espectrofotómetros [6].

La técnica de espectroscopia FA en el rango visible del espectro electromagnético aplicada a muestras orgánicas vegetales nos da información acerca de los pigmentos que contienen, lo cual no es posible hacer usando el principio del espectrofotómetro, debido a que regularmente estas muestras son opacas. La pigmentación de un material orgánico está estrechamente relacionada con su color; ya que los pigmentos absorben selectivamente las diferentes longitudes de onda que conforman la luz visible; y con sus propiedades alimenticias, pues han sido comprobadas las funciones antioxidantes y vitamínicas de algunos de ellos [7].

En este trabajo se dan a conocer mediciones espectroscópicas en el rango visible del espectro electromagnético, usando la técnica fotoacústica (FA), para muestras de café orgánico tostado y molido provenientes de diferentes pisos térmicos del Departamento del Quindío. Se encontraron diferentes bandas relacionadas con centros de absorción para los pigmentos: carotenoides y clorofila *a* y *b*, los espectros encontrados son comparados de acuerdo con el piso térmico del cultivo del cual se sacó cada muestra.

MATERIALES, METODOS Y EXPERIMENTACION

Las muestras de café orgánico en fruto de la variedad caturra fueron recolectadas de algunas fincas situadas en diferentes pisos térmicos de la región del Quindío (altura geográfica: 1300-1700 m sobre el nivel del mar). Está recolección de muestras de café orgánico garantiza el aislamiento de las variables que tienen que ver con el tratamiento del cultivo (abonos, fertilizantes, desyerba, etc.), ya que los cultivos de este tipo se hacen sin ayuda de agentes químicos. Además este tipo de café es de gran importancia pues su valor comercial es más alto y principalmente los países europeos están demandando hoy en día productos agrícolas orgánicos, más saludables y con un proceso de cultivo que proteja el ecosistema.

Una vez recogidas las muestras de café en fruto se les hizo un proceso de beneficio húmedo convencional [8] alcanzando una humedad de aproximadamente 10%. Luego del proceso de beneficio, se procedió a realizar el tostado de una parte de la muestra usando una mufla [9]. El tostado se hizo en un rango de temperaturas entre 200 y 210 °C durante 10 minutos, hasta alcanzar una pérdida de peso entre 14 y 17 %. Para seleccionar el tamaño de grano entre 250 y 315 μm se usaron tamices metálicos.

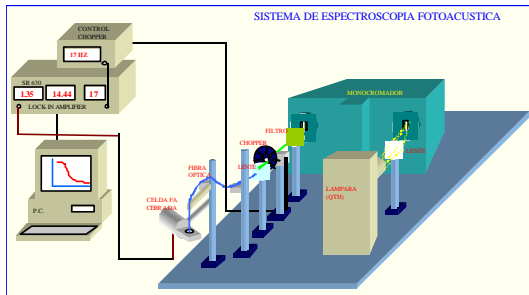


Figura 1. Montaje experimental del sistema de espectroscopia FA.

El equipo de espectroscopia FA que se usó consta de una lámpara halógena OS-RAM de 1000 W, la cual emite luz que es llevada a un monocromador SPEX 270 M. La luz que sale del monocromador (en el rango de 480 a 1100 nm), luego de ser modulada (chopeada) a una frecuencia de 17 Hz es conducida por una fibra óptica hasta una celda FA cerrada de resonancia fabricada en nuestro laboratorio. La muestra es colocada herméticamente dentro de la celda que está conectada a un

micrófono de condensador. La señal FA se produce debido al calentamiento periódico de la muestra a causa de las desexcitaciones no radiativas. Esta señal es llevada a un preamplificador EG & G 5003 y luego a un amplificador lock-in SR830, el cual toma como referencia la frecuencia de modulación, garantizando la ausencia de ruido proveniente de otras fuentes. El montaje experimental usado se ilustra en la Figura 1.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las muestras de café en polvo colocadas formando una capa compacta en la cavidad cilíndrica de la celda FA, son ópticamente opacas y por lo tanto en ellas la profundidad de penetración óptica μ_β , es mucho menor que su espesor l ($\mu_\beta \ll l$). Además por tratarse de una muestra orgánica su difusividad, α , es baja ($< 0.003 \text{ cm}^2/\text{s}$) y su coeficiente de extinción es alto ($10^4 \leq \epsilon \leq 5 \times 10^4 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), así que es posible estimar los valores de $\mu_\beta = 1/\beta$ y de $\mu_s = \sqrt{\alpha / \rho f}$, donde β es el coeficiente de absorción óptica, α es la difusividad térmica y f es la frecuencia de modulación usada, que en este caso fue de 17 Hz. De tal manera que para todas las medidas se cumple que la longitud de difusión térmica de la muestra es menor que su espesor, pero mayor que la longitud de absorción óptica, $\mu_s \ll l$, $\mu_s < \mu_\beta$. Así que las medidas realizadas se hicieron en el régimen de muestra ópticamente opaca y térmicamente gruesa, y por lo tanto de acuerdo con el modelo de Rosencwaig-Gersho la señal FA compleja es directamente proporcional al coeficiente de absorción óptico, β , y por ende a la absorbancia de la muestra. Lo cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = \frac{j b m_s m_g}{2} \left(\frac{m_s}{k_s} \right) Y, \quad (1)$$

donde Q es la envolvente compleja de la variación de presión sinusoidal producida por efecto FA, los subíndices, s y g , se refieren a la muestra sólida y al gas usado en la celda (regularmente es aire); k , la conductividad térmica del material y Y , un factor constante. La amplitud y la fase de esta cantidad compleja son proporcionales al coeficiente de absorción óptico y están dadas por:

$$S = \sqrt{Q_{real}^2 + Q_{imag}^2} \quad (2)$$

$$f = \text{arc tan}(Q_{imag} / Q_{real}) \quad (3)$$

Estas dos cantidades fueron leídas por el amplificador Lock-in de manera separada en función de la longitud de onda, obteniéndose dos espectros relacionados con la absorbancia de cada muestra, lo cual ayudó a solucionar el problema de saturación esperado para polvos de pigmentos orgánicos que tienen un coeficiente de absorción alto, pues se tienen dos puntos de referencia para hacer el análisis cualitativo de los espectros, y a su vez, existen reportes de que la fase es menos influenciada por este problema [10]. No obstante, también es frecuente el uso del método de dilución con polvos blancos estándar como Al_2O_3 , TiO_2 y MgO , que da la oportunidad de investigar especies absorbidas sobre estas superficies de óxidos básicos o ácidos, evitando la saturación de la señal [11,12]. En este trabajo se mezcló en proporción de 0.3 gr de MgO por gramo de café en polvo y los espectros obtenidos se muestran a continuación.

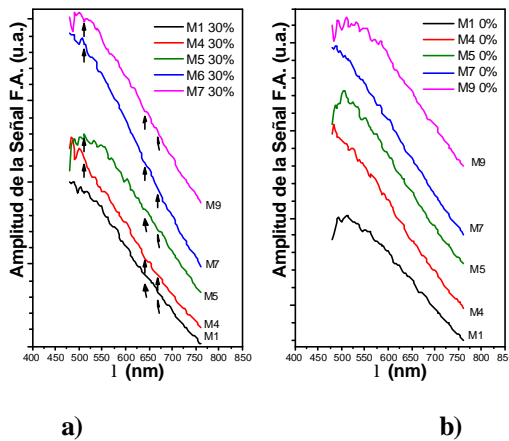


Figura 2. Amplitud de la señal fotoacústica para las muestras: M1, M4, M5, M7 y M9 luego de ser tostadas y molidas. a) diluidas en un 30% de su peso en MgO . b) sin diluir.

Los espectros de absorbancia obtenidos por FA para las muestras (descritas en la fig. 3), son mostrados en las figuras 2a) y 2b), respectivamente. Comparando los espectros de la figura 2a), con los de la figura 2b), es posible ver que el método de dilución, empleando en este caso MgO , reduce notablemente los problemas de saturación definiéndose de manera más fina algunas bandas relacionadas con centros de absorción de pigmentos, tales como clorofila y algunos carotenoides [13]. Estos hombros que se marcan en los espectros de la amplitud de la señal FA están en buen acuerdo con los de la fase, para las mismas muestras. Teniendo en cuenta que la fase no se afecta mucho por los problemas de saturación, es una buena indicación para asociar estos hombros a la absorción de dichos pigmentos. Comparando estos resultados para las diferentes muestras es posible ver que la muestra M4 es la única que contiene el pigmento capsorubina ubicado alrededor de 510 nm, las demás muestras además contienen pigmentos que absorben a bajas energías como capsantina (505 nm), y zeaxantina (493 nm), aunque en una pequeña proporción. También es posible ver que las muestras de mayor altura, M1, M4 y M5 poseen más clorofila *a* y *b* (670 y 630 nm, respectivamente) que las de menos altura, M7 y M9

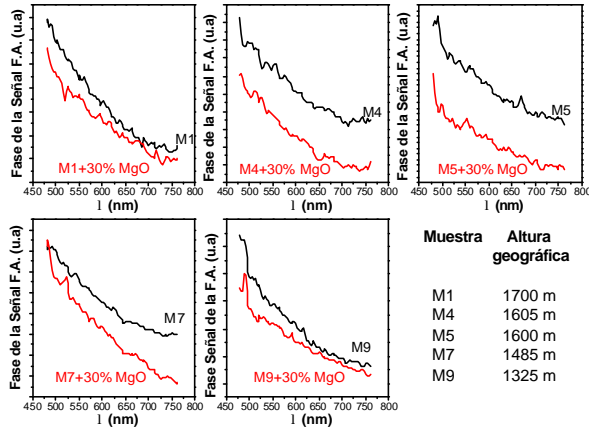


Figura 3. Fase de la señal fotoacústica para las muestras: M1, M4, M5, M7 y M9 luego de ser tostadas y molidas, se comparan con los espectros de las muestras diluidas en un 30% de su peso en MgO.

En resumen es posible decir, que las muestras de café orgánico tostado y molido, provenientes de diferentes pisos térmicos poseen varios pigmentos importantes con propiedades antioxidantes y por lo tanto benéficas para la salud del consumidor. Se puede ver además que el contenido de clorofila disminuye cuando baja el piso térmico del cual se ha sacado la muestra. Esto posiblemente esté relacionado con el sabor de la bebida, y es necesario por lo tanto hacer un estudio de estos resultados más cuantitativo, así como un estudio de taza que los ratifique.

Agradecemos a los integrantes del Laboratorio de Suelos de la Universidad del Quindío dirigido por la Doctora Nancy Forero, por sus valiosos comentarios y la disposición de sus equipos e infraestructura. Al Lic. Edgar Salazar por su apoyo técnico y a COLCIENCIAS y la Universidad del Quindío por el soporte económico para la realización de estos estudios.

REFERENCIAS

- [1] A. Rosencwaig and A. Gersho, *J. Appl. Phys.* **47**, 64 (1976).
- [2] A. Rosencwaig, *Photoacoustics and Photoacoustic Spectroscopy*. Wiley, New York. (1980).
- [3] H. Vargas and L.C.M. Miranda. *Phys. Rep.*, **161** 45-101(1988).
- [4] M. J. Adams , G. F. Kirkbright. *Analyst*, **102**, 678(1977).
- [5] N.F. Leite, N. Cella, H. Vargas, L.C.M. Miranda. *J. Appl. Phys.* **61**, 3025(1987).
- [6] F. Gordillo D, J.G. Mendoza A. *Rev. Col. Fis.* **33**, 2, 164(2001).
- [7] C.W. Chen, C.K. Shu, C.T. Ho, *J. Agric. Food Chem.* **448**, 2361 (1996)
- [8] G. I Puerta., *Cenicafé*, **51**(1), 5 (2000).
- [9] J.J Castaño., M. Torres L., *Cenicafé*, **50**(4), 259 (1999).
- [10] J.C. Roark, R.A., *Palmer Chem Phys Lett*, **60**, 112(1978).
- [11] H.D. Breuer, H. Jacob, *Chem Phys Lett*, **73**, 172 (1980).
- [12] L. W. Burggraf, D.E. Leyden, *Appl Phys.* **51**, 4985 (1980).
- [13] T.W., *Goodwin Plant Pigments*, Academic Press, Londres, 1-60 (1988).