

DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE HIERRO EN HARINA DE MAIZ UTILIZANDO LA TECNICA FOTOACUSTICA

O. Delgado-Vasallo* y J. L. Peña, CICATA-IPN, México

E. San Martín Martínez, A. Calderón y G. Peña Rodríguez, CICATA - IPN, México D.F.

E. Marín, Facultad de Física-IMRE, Universidad de La Habana, Habana, Cuba

RESUMEN

En este trabajo se reporta el uso de la técnica fotoacústica (FA) para la determinación de la concentración de hierro en muestras de harina de maíz. La determinación de este elemento en los alimentos es de gran importancia hoy en día, ya que muchos alimentos son enriquecidos con hierro con el objetivo de aumentar la resistencia de las personas a enfermedades como la anemia. La técnica propuesta se basa en la configuración de celda fotoacústica abierta en conjunto con una técnica colorimétrica. La misma fue empleada en la medición de hierro total en muestras de harina de maíz. Los resultados de estas mediciones concuerdan muy bien con los obtenidos usando el método espectrofotométrico convencional, mostrando las posibilidades de la nueva metodología experimental basada en los métodos fototérmicos para la realización de este tipo de mediciones.

ABSTRACT

We report on the use of the photoacoustic technique for the determination of low concentrations of total iron in corn meal samples. This is of considerable interest because several foods are currently enriched with this element at proper levels in order to increase the resistance of people, after their consume, to several diseases such as anemia. The proposed technique is based in an open cell configuration in conjunction with a suitable colorimetric method. The results of the measurements agree very well with those obtained using a conventional spectrophotometric method, showing the possibilities of new photothermal experimental methodologies to perform this kind of studies.

1. INTRODUCCION

La anemia por deficiencia de hierro es uno de los problemas nutricionales más importantes en todo el mundo, afectando a la mayoría de las poblaciones pobres de los países en vías de desarrollo. La fortificación con hierro de alimentos como cereales es reconocida como una necesidad mundial debido a que la deficiencia de ese elemento en el organismo provoca diferentes desórdenes metabólicos. Es por ello que crece cada día la importancia de desarrollar métodos para medir bajas concentraciones de Fe en alimentos.

Los métodos fototérmicos ofrecen algunas ventajas sobre los métodos de espectroscopia óptica tradicional¹. Dentro de estos, las técnicas fotoacústicas² son especialmente apropiadas para estudios espectroscópicos de líquidos fuertemente absorbentes.

En este trabajo se reporta sobre el uso de la técnica fotoacústica para determinar la concentración de Fe en muestras de harina de maíz. En la siguiente sección se describen los fundamentos teóricos y experimentales del método propuesto para ello, mientras que en el epígrafe 3 se discuten los resultados de nuestros experimentos. En el 4 se esbozarán nuestras conclusiones.

2. INSTALACION EXPERIMENTAL Y METODO

El esquema básico de la instalación experimental propuesta se muestra en la Figura 1. Un haz de luz monocromático de una longitud de onda conocida (por ejemplo luz laser) es modulado en intensidad por un modulador mecánico OC-4000 a una frecuencia $w = 2\pi f$. El haz de luz es enfocado uniformemente sobre una ventana transparente de vidrio, de un espesor de 215 μm y un diámetro 8.0 milímetros. Sobre esta se coloca la muestra líquida con el auxilio de un anillo de teflón tal como se representa en la Figura 1. La radiación modulada atraviesa la ventana de vidrio incidiendo sobre la muestra. El sistema muestra-ventana cierra uno de los orificios de 5.5 mm de diámetro de una cavidad cilíndrica de 3 mm de longitud. Un vidrio ópticamente transparente cierra el otro orificio de dicha cavidad. El cuerpo de la celda fotoacústica está confeccionado de acrílico. El flujo luminoso que pasa a través de las ventanas de vidrio y de la cavidad fotoacústica es absorbido por la muestra líquida al incidir sobre ella. Como resultado de la absorción, tienen lugar en la muestra variaciones de temperatura provocadas por el calor generado, el cual se difunde a través de la ventana de vidrio en contacto con ella hacia el interior de la cámara fotoacústica, induciendo a su vez variaciones de presión que son detectadas por un micrófono

*Dirección permanente: Universidad de La Habana, IMRE, Cuba.

de condensador (Radio Shack) conectado a ella a través de un conducto de 1 mm de diámetro practicado en una de sus paredes laterales. Un amplificador sincrónico (SR-850) acoplado a una computadora personal es usado para medir la señal de respuesta del micrófono. Otros detalles experimentales aparecen descritos en las referencias 4-6.

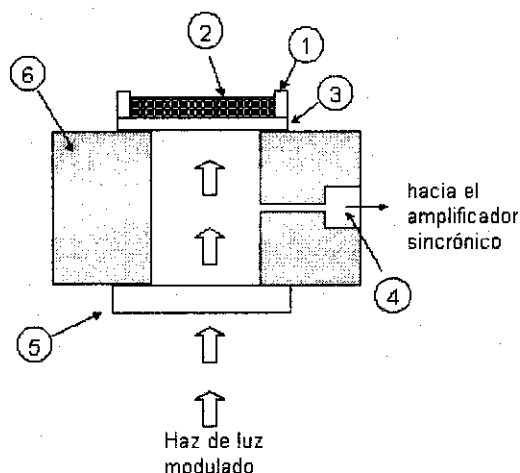


Figura 1. Esquema de la celda FA utilizada en el experimento.

1. Anillo de Teflón.
2. Muestra líquida.
3. Ventana transparente de Vidrio.
4. Micrófono.
5. Ventana transparente de Cuarzo.
6. Cuerpo de la Celda.

Aplicando el modelo de Rosencwaig y Gersho para la generación de la señal FA³ a la configuración experimental que se muestra en la Figura 1, hemos demostrado^{5,6} que la misma puede ser utilizada para la caracterización óptica de muestras líquidas y consecuentemente para la determinación de bajas concentraciones de elementos disueltos en la muestra.

En la siguiente sección describiremos como el método descrito fue aplicado a la medición de la concentración de Fe total en harina de maíz. Para ello fue empleada una curva de calibración obtenida para una serie de muestras patrones de concentración de Fe conocida, preparadas según un método colorimétrico estándar.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Para probar el método propuesto en la medición de la concentración de hierro en harina de maíz, se prepararon varias soluciones patrones según el método colorimétrico AACC 40-41A⁷. Todas las soluciones fueron preparadas utilizando reactivos de grado analítico y agua des-ionizada. El espectro de absorción óptica de las soluciones patrones fue

medido con un espectrofotómetro Varian Cary50Conc UV-Visible, revelando una banda de absorción con centro en los 510 nm. En nuestro experimento utilizamos una radiación de longitud de onda de 488 nm generada por un laser de Argón (Omnichrome 543-MAP), donde las muestras exhiben una fuerte absorción, como se observa en la Figura 2.

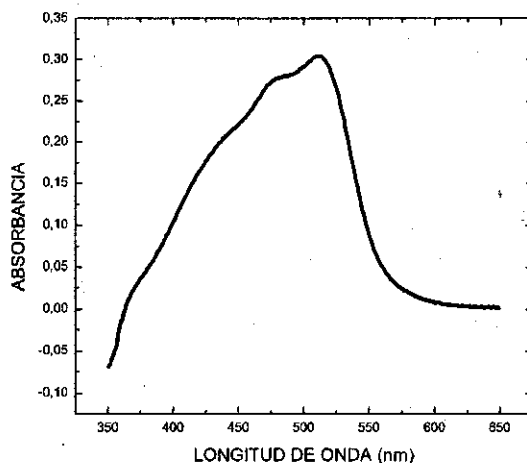


Figura 2. Espectro de absorción óptica de una de las soluciones patrón utilizada para calibrar.

En la Figura 3a, la absorbancia, a , medida ópticamente en los 510 nm, fue graficada en función de la concentración, C . La línea sólida representa el mejor ajuste de los datos experimentales a una función lineal, como es de esperar según la ley de Lambert-Beer. De manera análoga, la amplitud normalizada, Θ , de la señal obtenida por medición FA es representada en función de C en la Figura 3b. Aquí la curva sólida representa el mejor ajuste de los datos experimentales a la función^{5,6}

$$\Theta = \frac{\Gamma C}{\sqrt{(1 + \Gamma C)^2 + 1}} \quad (1)$$

que será utilizada como curva de calibración para determinar la concentración de Fe en una muestra dada. El parámetro Γ que aparece en dicha función, es una constante de proporcionalidad entre el producto de la longitud de difusión térmica, μ , por el coeficiente de absorción óptica, β , y la concentración, C , es decir, $\beta\mu = \Gamma C$ ^{5,6}. En nuestro caso la normalización fue realizada dividiendo la amplitud de la señal FA obtenida para cada muestra por aquella medida en una solución de tinta negra, para la cual se satisface la condición de opacidad $\beta\mu \gg 1$, como se describe por Helander².

Después de realizada la calibración, se efectuaron las mediciones en una muestra de harina de maíz

preparada mediante el método colorimétrico mencionado arriba. A partir de los resultados obtenidos fue posible determinar la concentración de Fe total en dicha muestra. El valor de la amplitud normalizada de la señal FA obtenido para la muestra fue de 0.005. Si interpolamos ese valor en la curva de calibración que muestra la Figura 3b, obtendremos el valor correspondiente de concentración C, que en este caso es (4.2 ± 0.4) PPM. Como puede apreciarse en la Figura 3a, un resultado similar es obtenido utilizando el valor de absorbancia medido por espectrofotometría, $a = 0.306$, observándose así una muy buena correspondencia entre los resultados obtenidos por ambas técnicas.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se reporta por primera vez la utilidad del método propuesto, basado en el efecto fotoacústico, para la realización de mediciones

espectroscópicas en alimentos, así como para la determinación del contenido de hierro total en los mismos. Esta técnica es relativamente simple y barata si se compara con otras ya tradicionales como las ópticas. Su alta precisión, demostrada en este trabajo por comparación con la espectroscopia óptica, hace que pueda ser utilizada como una valiosa herramienta en aplicaciones relacionadas con la industria alimenticia.

Actualmente hay una gran necesidad en la industria de un control cuidadoso de las concentraciones de diferentes vitaminas, compuestos salinos y minerales usados para enriquecer los alimentos. Entre estos, la adición de Fe a los cereales ha sido reconocida como una necesidad en todo el mundo, debido a los trastornos metabólicos que ocasiona su déficit en el organismo de las personas. Esto hace que el desarrollo de métodos experimentales para su control sea de vital importancia.

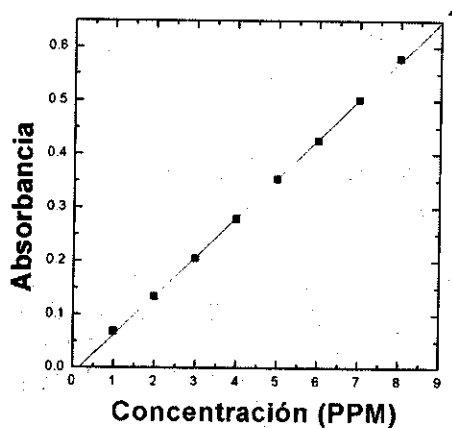


Figura 3a. Absorbancia óptica en función de la concentración de Fe en las soluciones de calibración.

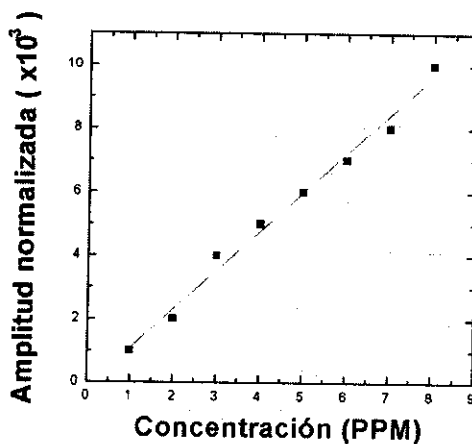


Figura 3b. Amplitud de la señal FA normalizada en función de la concentración de Fe en las soluciones de calibración.

REFERENCIAS

- ¹El lector puede consultar los numerosos textos aparecidos sobre el tema desde la publicación del primer libro en 1977 (Pao Y. H. *Optoacoustic Spectroscopy and Detection* (Academic, N.Y.). Una lista bibliográfica al respecto aparece en el Prólogo al libro *Life and Earth Sciences*, A. Mandelis y P. Hess (Eds) (SPIE Optical Engineering Press: Bellingham, Washington), publicado en 1997 como tercer Volumen de la serie: *Progress in Photothermal and Photoacoustic Science and Technology*.
- ²HELANDER, P. (1982): *J. Photoacoust.* 1, 103.
- ³ROSENCWAIG, A. and A. GERSHO (1976): *J. Appl. Phys.* 47, 64.
- ⁴DELGADO-VASALLO, O. and E. MARIN (1999): *J. Phys. D: Appl. Phys.* 32, 593.
- ⁵DELGADO-VASALLO, O. et al (2000): *Meas. Sci. Technol.* 11, 412.
- ⁶LIMA, J.A.P. et al. (2001): *Analytical Sciences* 17, 530.
- ⁷*Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists Vol. I* (1983)