



Estudio de los cambios provocados por la Deshidratación Osmótica mediante FTIR

M. E. Rosas-Mendoza^{1,2} y J. L. Fernández-Muñoz²

¹ Departamento Ingeniería y Tecnología, FES-Cuautitlán UNAM.

Av. 1° de mayo s/n, Col Atlanta, Cuautitlán Izcalli, 54740 Edo. de México, México.

² Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional Legaria 694, Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

Resumen

Desde la década de los 70's, la técnica de adquisición de datos por transformada de Fourier en el espectro infrarrojo (FTIR) ha revolucionado los métodos de análisis y el manejo de las muestras. Aquí se presenta el uso de esta técnica de análisis durante la deshidratación osmótica (DO), comparando los cambios químicos que se presentan en el sistema alimenticio cuando se aplica ultrasonido como pretratamiento, así como con los resultados obtenidos por análisis químico tradicional.

Introducción

Para desarrollar un modelo fenomenológico que describa la transferencia de masa en la DO se debe conocer los fundamentos relacionados con la fisicoquímica, termodinámica y la bioquímica del sistema, así como los mecanismos y las cinéticas de transferencia de masa.

La FTIR ha llegado a ser una técnica alternativa para el análisis de alimentos: cuantificación de azúcares [1] y ácidos orgánicos [2], determinación de las características moleculares y estructurales [3], determinación de fibra dietética [4], contenido de sólidos solubles [5] y firmeza [6], entre otros. De manera que resulta una herramienta muy útil para seguir y explicar los cambios en el producto durante su transformación.

Procedimiento Experimental

En esta ocasión se utilizaron cubos (1 cm) de manzana, Starking (*malus domestica borkhs*). Las muestras sometidas a pretratamiento, se colocaron en un baño ultrasónico a 45 kHz de frecuencia por 20 min. Las soluciones osmóticas se prepararon al 45 y 60% (w/w) de sacarosa, y se trabajaron a 30 y 60° C. Las muestras fueron retiradas cada 30 minutos y escurridas por 5 min antes de pesarse. La humedad inicial y a cada tiempo experimental, se determinó en estufa a 70°C hasta peso constante.

Las muestras secas fueron analizadas, como pastillas con KBr, en un equipo FTIR Perkin Elmer (Spectrum one), entre 400-4000 cm⁻¹ y 4 cm⁻¹ de resolución. Por otro lado, se realizó el análisis químico de la manzana en cuanto a: sólidos solubles (°Bx) por refractometría, acidez titulable (AOAC 942.15) y azúcares reductores por el método colorimétrico descrito por Miller (1959). También se cuantificó la pectina (NMX-F-347-S-1980) y se obtuvieron los sólidos insolubles en alcohol (AIS), para determinar las fibras dietéticas presentes [7].

Resultados y Análisis

La tabla 1 muestra los resultados experimentales del análisis químico de la manzana.

Tabla 1. Valores promedio del análisis químico de manzanas

Prueba	Valor (base húmeda)
Humedad	84.19% ± 0.65
°Bx	18 ± 2
Acidez	0.093% (ac. cítrico)
Azúcares reductores	Directos 4.13%, Totales 3.20%
Pectina	0.02%
AIS	4.20%

Se obtuvieron los espectros del infrarrojo (FTIR) para compuestos puros de pectina, sacarosa, glucosa y celulosa, así como de la manzana fresca, pectina y de los AIS extraídos (fig. 1). De la comparación de éstos, puede observarse que la fibra extraída (AIS) tiene un comportamiento más parecido a la pectina que a la celulosa.

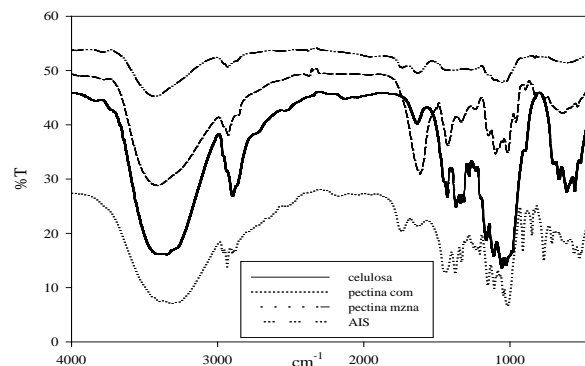


Figura 1. Espectros FTIR de compuestos puros y aquellos extraídos de la manzana

En la figura 2 se pueden observar los espectros del tratamiento osmótico con y sin aplicación de ultrasonido a 45°Bx (solo se muestra la manzana fresca y después de 3 horas de deshidratación). Los mayores cambios ocurren entre los 1420 y 780 cm⁻¹, que es la zona correspondiente a las vibraciones de los ácidos carboxílicos, ésteres y éteres de los azúcares y fibras presentes. Cabe mencionar que las muestras a 30°Bx presentaron un comportamiento similar, con los mayores cambios en las zonas mencionadas.

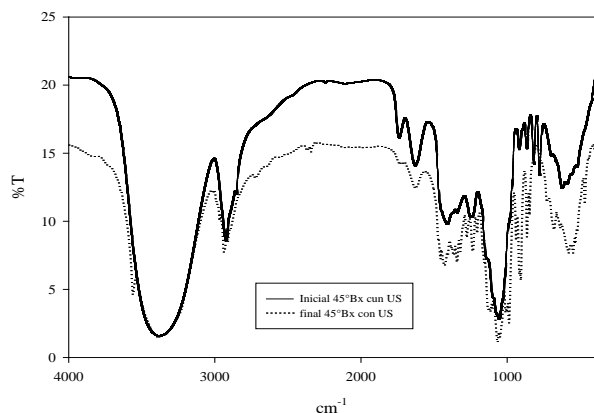


Figura 2. Espectro FTIR de la deshidratación osmótica de manzanas a las condiciones más drásticas de experimentación.

Tabla 2. Principales vibraciones en manzana

Inicial cm ⁻¹	Final cm ⁻¹	Inicial con US cm ⁻¹	Final con US cm ⁻¹	Compuesto
1419	1409	-	1410	C-OH bending de Ac. Carboxílicos en Pectina CH ₃ y CH ₂ bending en Lignina y Celulosa
1374	1366	1375	1386 1367	C-H bending del Metino en Lignina
1341	1346 1323 1279	1342	1342 1320 1275	C-O stretch de Ésteres y ac. Carboxílicos de Pectina C-H bending de Aromaticos en Lignina
1247	1239 1209	1244	1239 1208	Acetil -COCH ₃ en Pectina
1149	1159 1129	1144	1161 1130	C-O-C stretch de Éteres en Celulosa y hemicelulosa
1104	1106 1104		1117 1103 1069	C-OH stretch de Sacarosa
1077	1068	1099	1069	C-O de Ac. Carboxílicos, ésteres y éteres de Celulosa y Pectina C-C stretch, carbohidratos
1055	1053	1057	1051 1015 1009 990	C-OH stretch de Lignina y Pectina
1025	1013 1004 990			C-O en residuos de AC. Poligalacturónico (Pectina)
979	942	977	942	=C-H bending en Lignina C-C stretch de esqueleto
919	921 909	920	922 910	C-O torción fuera de plano stretch Ac. Carboxílicos en Pectina
866	867 850	867	867 847	C-H anillos 1,3 disustituidos de Galactosa
		817	--	C-H stretch anillos 1,4 disustituidos de Glucosa
779	778 732	779	778 727 682 640	C-C Anillos de Glucosa y/o Galactosa

En todos los espectros obtenidos, a las diferentes condiciones de experimentación y a cada tiempo, se observaron las mismas bandas características.

El uso del método de la segunda derivada [9] para deconvolucionar las señales en las que se encuentran vibraciones traslapadas, principalmente las de estiramiento de los O-H y C-H entre 3700 y 3000 cm⁻¹, sirvió para elucidar los cambios en moléculas específicas, según se concluye en la tabla 2.

Conclusiones

Se deben aislar el resto de los principales componentes de la manzana, por análisis químico, para su correcta cuantificación y así tratar de correlacionar los resultados con los espectros que se obtengan por FTIR.

Se hace necesario estandarizar el método de preparación de muestras, de manera que se puedan obtener lo más homogéneas posible para fines de comparación de resultados.

La técnica de FTIR deberá ser complementada con otra que permita diferenciar más fácilmente los cambios ocurridos durante la DO. Se propone HPLC

Agradecimientos

Agradecemos a la Cátedra de Ingeniería Alimentaria de la FES- Cuauhtitlán UNAM, por las facilidades prestadas para la realización de la experimentación en su laboratorio.

Referencias

- [1] I.F. Duarte., A. Barros, I. Delgadillo, C. Almeida & A. M. Gil J. Agric. Food Chem, 50, 3104-3111. (2002).
- [2] S. Bureau, D. Ruiz, M. Reich, B. Gouble, D. Bertrand, J.M. Audergon, & M.G.C. Renard. Food Chemistry 115, 1133-1140. (2009)
- [3] M.C., McCann, M. Hammouri, R. Wilson, P. Belton & K. Roberts. Plant Physiol. 100, 1940-1947. (1992).
- [4] S.E. Kays & F. E. Barton. J. Agric. Food Chem., 50, 3024-3029. (2002)
- [5] Z. Xiaobo, Z. Jiewen, H. Xingyi & L. Yanxiao. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 87, 43-51. (2007)
- [6] P. Penchaiya, E. Bobelyn, B. E. Verlinden, B.M. Nicolai & W.r Saeys Journal of Food Engineering 94, 267-273. (2009)
- [7] C. Y. Chang, Y. R. Tsai & W. H. Chang C. Y. Chang, Y. R. Tsai & W. H. Chang. Food Chemistry 48 145-157. (1993).
- [8] G. L. Miller. Analytical Chemistry. 31 (3), 426-428 (1959).
- [9] A. Savitzky, M. J. E. Golay. Analytical Chemistry 36(8), 1627,1639 (1964).