

ACEITE DE ALMENDRAS DULCES: EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN

Sandra A. Hernández* y Flavia C. M. Zacconi

Sección Química Orgánica, Departamento de Química, Instituto de Investigaciones en Química, Universidad Nacional del Sur, Av. Alem 1253, Bahía Blanca (B8000CPB) – Bs. As. – Argentina

Recebido em 17/7/08; aceito em 4/11/08; publicado na web em 2/4/09

SWEET ALMOND OIL: EXTRACTION, CHARACTERIZATION AND APPLICATION. The extraction of sweet almond oil at room temperature and reflux is an easy and accessible procedure to obtain natural oil in a laboratory scale for undergraduates' courses in chemistry and related areas. In this paper we show how the utilization of Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy can be interesting in the qualitative analysis of these oils. We also propose the preparation of three different skin creams to demonstrate the effective uses of sweet almond oil in cosmetics and pharmaceutical fields.

Keywords: almond oil; sweet almonds; undergraduate course.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es proponer un experimento de química orgánica que involucre la extracción en frío y en caliente del aceite de almendras a partir de almendras dulces utilizadas comúnmente en las comidas; analizar las diferencias observadas según las temperaturas de extracción del mismo, caracterizarlo por FT-IR y utilizarlo en la preparación de cremas teniendo en cuenta sus propiedades.

Es importante destacar que si bien los métodos de extracción de los productos naturales requieren largos tiempos y altas temperaturas, el trabajo experimental aquí propuesto, puede llevarse a cabo en un laboratorio de química, en una clase práctica de 4 h. Esta experiencia resulta muy conveniente para el alumno que cursa Química Orgánica experimental, ya que logra integrar sus conocimientos básicos al mismo tiempo que despierta su interés científico.

De las 4 h totales de trabajo experimental, la primera hora se destina a la lectura y discusión de variados artículos mencionando las propiedades y usos del aceite de almendras, las dos horas siguientes se dedican a la extracción y caracterización del mismo y la última hora de clase se emplea en la preparación de tres cremas con diferentes aplicaciones.

Esta experiencia fue optimizada en el Taller teórico-práctico Química de los Productos Naturales dictado en el Departamento de Química de la Universidad Nacional del Sur en el marco de la XVII Olimpiada Argentina de Química durante el año 2007.

Generalidades de la almendra

La almendra, conocida como la reina de las rosas, de la familia de las rosáceas y del género *Prunus*, constituye una de las fuentes de alimentación más antiguas del mundo.¹ Su origen proviene de Asia central y su cultivo prosperó principalmente en España e Italia donde la planta encontró las condiciones ideales para su crecimiento. Posteriormente, los jesuitas españoles la llevaron a California, donde se encuentra el mayor centro de producción mundial.

Además de ser apreciada por su sabor, por su valor nutritivo y por sus extendidos usos medicinales y cosmetológicos, la almendra también está asociada a la buena fortuna. En la antigüedad, en las bodas, los novios regalaban a los invitados cinco almendras dulces como

símbolo de salud, fertilidad, suerte, riqueza y felicidad. Al contrario de las dulces, las almendras amargas fueron asociadas a la desgracia y a la muerte, razón por la cual, muchos autores literarios las han incluido en sus textos. Gabriel García Márquez en *El amor en los tiempos del cólera* menciona: "Era inevitable: el olor de las almendras amargas le recordaba el destino de los amores contrariados...".

La semilla (parte comestible del almendro) es alargada, tirando a ebúrnea, recubierta de una piel marrón y fibrosa. Es relativamente crujiente, de sabor muy suave, nada ácida, oleosa, poco aromática cuando está cruda, pero con un aroma y un sabor mucho más intensos cuando se tuesta.

Las almendras que solemos utilizar en las comidas poseen sabor agradable y provienen del almendro dulce (*Prunus amygdalus var. Dulces*) siendo ésta la variedad que se cultiva extensamente. Los beneficios de las almendras para la salud de las personas son múltiples, ya que contienen: agua, proteínas, grasas, hidratos de carbono, los ocho aminoácidos esenciales y celulosa; vitaminas B₁, B₂, PP, C, A, D y E; calcio, fósforo, hierro, potasio, sodio, magnesio, azufre, cloro, manganeso, cobre y zinc; constituyendo un alimento imprescindible en una dieta sana y equilibrada. Es una de las fuentes vegetales más ricas en calcio, de allí que la leche de almendras se emplee como sustituta de la leche de vaca cuando ésta no se tolera. Dado su alto contenido en fibras se utiliza como laxante y antiinflamatorio del aparato digestivo y urinario. Además, la almendra, es uno de los frutos secos con mayor cantidad de vitamina E por lo que ejerce un valioso papel antioxidante.

Posee un 52% de grasas, de las cuales las dos terceras partes corresponden al ácido oleico, por lo cual, comer almendras es muy parecido a tomar aceite de oliva desde el punto de vista cardiovascular. Tanto es así, que se ha demostrado que en comunidades en que se consumen dosis altas de frutos secos, la incidencia de enfermedades cardiovasculares es menor. Otro punto a tener en cuenta es su contenido en ácido linoleico (omega-6), ácido graso esencial para el organismo que éste no sintetiza y que le es necesario obtener de la dieta.

Existe otra variedad de almendras, llamada *Prunus amygdalus var. amara*, que es la que produce almendras amargas; éstas son tóxicas para el organismo, por lo que *no se deben consumir*. A diferencia de las dulces, poseen en su interior una sustancia llamada amigdalina (Laetril o vitamina B-17). Cuando masticamos una de estas almendras ponemos en contacto dicha sustancia con la saliva y la emulsina;

*e-mail: shernand@criba.edu.ar

esta última es una enzima β -glucosidasa que actúa fraccionando la amígdalina en β -D-glucosa (hidrato de carbono), benzaldehído (responsable del sabor amargo) y ácido cianhídrico (HCN). Gracias al sabor desagradable del aldehído, no ingerimos el ácido cianhídrico, el cual es el responsable del envenenamiento, siendo la dosis mortal de unas 20 almendras para los adultos y 10 para los niños.

En la Figura 1 se esquematizan las rupturas que se producen en la molécula de amígdalina por acción de la emulsina y la saliva al ingerir almendras amargas.

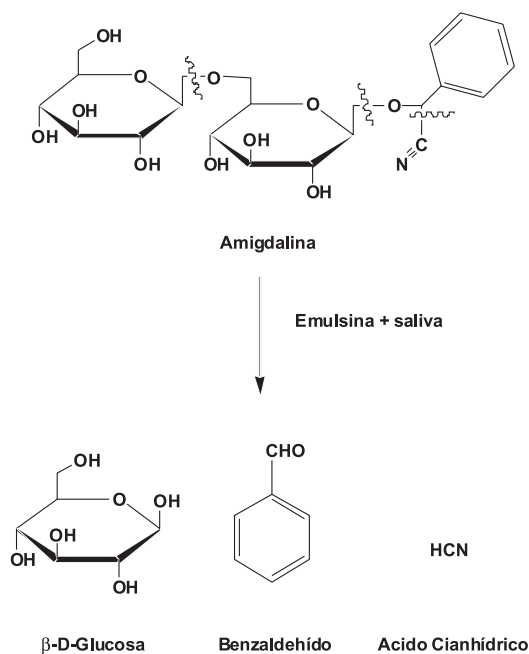



Figura 1. Acción de la emulsina y la saliva sobre la amígdalina presente en las almendras amargas. El símbolo  indica los sitios de las rupturas que se producen en la molécula

Propiedades y usos del aceite de almendras dulces

El aceite de almendras dulces es uno de los más neutros que existen y no se le conocen contraindicaciones. Contiene agua, proteínas, grasas (sobre todo insaturadas), alto contenido de fibras, vitaminas B, C, A, D y E, hierro, potasio, sodio, magnesio, azufre, cobre, zinc y calcio.

Estas características hicieron del aceite de almendras dulces una medicina natural. Ya en el siglo XV se utilizaba en forma externa para enfermedades de la piel y reuma. Por ser rico en vitaminas y ácidos grasos, tiene un efecto regenerador e hidratante. Debido a la riqueza de proteínas de origen vegetal, cumple con una importante acción nutritiva, motivo por el cual se utiliza en lociones y cremas para ayudar a mantener la flexibilidad de la piel, humectándola, nutriéndola profundamente y previniendo así el envejecimiento prematuro. El aceite de almendras es muy usado para dar masajes, ya que es ligero y su nivel de viscosidad ayuda a que las manos se deslicen, además de los ya mencionados beneficios para la piel, como suavizarla, humectarla y desinflamarla. Debido a sus propiedades cicatrizantes, el aceite puro de almendras dulces es utilizado especialmente para sacar las costras lácteas que se forman en la cabeza del bebé recién nacido, ya que es un aceite inerte y no tóxico.

Tanto las almendras dulces como las amargas son empleadas en cosmética, aunque la más usada es la dulce, especialmente en extractos puros, aceites y leches desmaquillante de ojos o fortalecedor de pestañas, y también como un tratamiento eficaz para las puntas secas

del pelo, ya que nutre, aporta resistencia y volumen.

En general, las almendras amargas, por su toxicidad, se han utilizado únicamente como aromatizantes, aunque en los últimos tiempos se empezó a usar en peelings cutáneos, incorporándose también en cremas para el acné, ya que tiene un poder blanqueador y antiinflamatorio. Esto surgió luego del descubrimiento del ácido mandélico (ácido alfa-fenilhidroxiacético) al calentar un extracto de almendras amargas diluido en ácido clorhídrico. El nombre de este ácido deriva precisamente de la palabra alemana "*Mandel*", que significa "Almendra". El ácido mandélico, como buen alfa-hidroxiácido, posee numerosas aplicaciones en la industria cosmética, siendo de especial interés en el tratamiento de imperfecciones de la piel como el acné o la hiperpigmentación.

PARTE EXPERIMENTAL

Reactivos

Almendras dulces; hexano (Cicarelli); agua destilada; acetona (Cicarelli); ácido acético (Cicarelli); glicerina (Mallinckrodt); gelatina sin sabor (Arcor); manteca de cacao (Labello); cera de abejas (Apícola Bahía) y aceite de almendras (EWE).

Equipamiento

La evaporación de solventes para concentrar los extractos obtenidos se realizó en evaporador rotatorio a presión reducida marca Büchi R-200 con baño térmico B-490

Los espectros IR se registraron con un espectrofotómetro FT-IR Nicolet Nexus 470/670/870.

Trabajo experimental

Para comenzar a trabajar el alumno deberá estar provisto de gafas de seguridad, guardapolvo y guantes. Asimismo, se comprometerá a aplicar en todo momento los conceptos aprendidos en la clase de Seguridad en el Laboratorio desarrollada previamente.

Preparación de las almendras

Se colocan las almendras dulces en un vaso de precipitado, se agregan 100 mL de agua a 80 °C y se deja en remojo durante 15 min, se secan, se pelan y se muelen finamente.

Extracción del aceite de almendras a temperatura ambiente

Se pesan 15 g de las almendras molidas y se colocan en un erlenmeyer. Se añaden 20 mL de hexano (solvente de extracción) y se agita la mezcla, con agitador magnético, durante 15 min. Se filtra la mezcla al vacío y se lava el sólido con 10 mL de hexano. Se trasvasa el extracto obtenido a un balón previamente pesado y se destila el solvente por medio de un rotaevaporador. Por último, se pesa el aceite obtenido y se calcula el rendimiento teniendo en cuenta que la densidad del aceite de almendras es de 0,92 g/cm³ a 20 °C.

Extracción del aceite de almendras a reflujo

Se introducen 20 mL de hexano dentro de un balón conteniendo 15 g de las almendras molidas. Se conecta un refrigerante a bolas al balón de reacción y se coloca el sistema a baño María, con agitación, hasta llegar a la temperatura de reflujo del disolvente (p.eb. del hexano = 69 °C). Se mantienen estas condiciones por 15 min. Luego, se suspende la agitación y el calentamiento, se deja enfriar la mezcla,

se filtran las almendras al vacío y se lavan con 10 mL de hexano. Se trasvasa el extracto obtenido a un balón previamente pesado y se destila el solvente por medio de un rotaevaporador. Por último, se pesa el aceite obtenido y se calcula el rendimiento teniendo en cuenta que la densidad del aceite de almendras es de $0,92 \text{ g/cm}^3$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

NOTA: En ambos procedimientos, si se desea obtener un mayor rendimiento de aceite se debe repetir la extracción en las mismas condiciones. El aceite de almendras obtenido se puede conservar hasta 12 meses a temperatura ambiente.

Preparación de cremas naturales utilizando el aceite de almendra obtenido

Las cremas que desarrollamos de forma natural y sólo con ingredientes naturales están ideadas para el cuidado de la piel y su protección. Una crema se compone de determinados elementos que una vez disueltos y mezclados forman una consistencia sólida al llegar al enfriamiento. Suelen durar entre varios días y dos años según la elaboración y sus ingredientes. Las cremas que existen en el mercado poseen conservantes químicos con el fin de prolongar su envasado y ser rentables comercialmente. Las que vamos a desarrollar en este curso son todas 100% naturales y los ingredientes que utilizaremos serán:

Aceite de almendras dulces: además de las ya mencionadas propiedades, este aceite es idóneo para proporcionarle consistencia cremosa y lubricación a la piel.

Cera de abeja: lubrica y favorece la regeneración de los tejidos. Es una sustancia grasa, blanda hacia los $30\text{-}35 \text{ }^\circ\text{C}$, que se descompone hacia los $100 \text{ }^\circ\text{C}$, lo que obliga a fundirla a una temperatura inferior a la del agua hirviendo.

Manteca de cacao: además de otorgarle la consistencia sólida, es ideal para confeccionar protectores labiales contra el frío o cremas para manos de invierno. Es una cera gruesa, de color amarillo, que se extrae de las semillas tostadas de las plantas de cacao. Se funde a la temperatura corporal y es muy fácil de extender sobre la piel. Este componente posee propiedades emolientes y lubricantes.

Glicerina: su misión es hacer extensible la crema y darle textura.

Crema suavizante

Se coloca una parte de manteca de cacao y una parte de la cera de abeja rallada a baño María. Se agrega una parte del aceite de almendras obtenido y se mezcla hasta lograr consistencia homogénea. Se vierte la mezcla, aún caliente, en un recipiente de boca ancha. Se deja enfriar y se rotula el envase.

Crema protectora para labios resecos

Se funde una parte de cera de abeja a baño María. Se añade una parte del aceite de almendras y se homogeniza la mezcla. Se vierte la mezcla, aún caliente, en un molde adecuado. Se deja enfriar y se etiqueta el recipiente.

Crema hidratante para manos

Una de las causas de que la piel de las manos se reseque es el uso de detergentes que disuelven los componentes hidrófilos segregados por la dermis. Este hecho y la consiguiente pérdida de flexibilidad de la piel pueden prevenirse y aliviarse con cremas que disminuyan la evaporación del agua a través de la piel. En este experimento se fabricará una crema hidratante para las manos a base de gelatina.

Se disuelven 4 g de gelatina sin sabor en agua caliente ($80 \text{ }^\circ\text{C}$) dentro de un vaso de precipitado a baño María. Se agregan lentamente 25 mL de glicerina y se agita continuamente con varilla de vidrio. Por último, se añaden 3 mL del aceite de almendras obtenido. Si desea proporcionarle color a la crema se debe utilizar unas gotas de colorante vegetal.

Finalmente, se filtra la mezcla en caliente por medio de un embudo provisto de un algodón, se coloca en un frasco de vidrio de boca ancha y se deja enfriar. Se rotula la crema obtenida.

Se hace necesario aclarar que la crema obtenida en esta experiencia no ofrece el aspecto de las cremas hidratantes habituales, ya que se genera un gel coloidal. Si se desea obtener una crema más fluida, simplemente se debe reducir la cantidad de gelatina a utilizar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Observaciones macroscópicas

A simple vista se puede ver que el color (amarillo pálido), consistencia y untuosidad del aceite de almendras obtenido en ambos casos, se corresponde con el aceite comercial.

Análisis espectroscópico FT-IR

La espectroscopía infrarroja es una técnica empleada principalmente en la elucidación de estructuras moleculares, aunque también se emplea con fines cuantitativos.³ Esta técnica se basa en las distintas absorciones de radiación infrarroja que manifiestan los diferentes grupos funcionales presentes en una molécula.⁴ La región infrarroja del espectro incluye la radiación con número de onda comprendidas entre 12800 y 10 cm^{-1} lo que corresponde a longitudes de onda de $0,78$ a $1000 \text{ }\mu\text{m}$, divididas en tres regiones denominadas infrarrojo cercano, medio y lejano. De las tres zonas del espectro infrarrojo, la región comprendida entre 4000 a 400 cm^{-1} (de $2,5$ a $25 \text{ }\mu\text{m}$) es la utilizada en química orgánica para el estudio estructural de las moléculas.

En general, el espectro infrarrojo medio de un compuesto orgánico proporciona un espectro único, con características que lo distinguen fácilmente del resto de los compuestos, sólo los isómeros ópticos absorben exactamente de la misma forma.

Además de su aplicación como herramienta para el análisis cualitativo, las medidas en el infrarrojo también están encontrando un uso cada vez mayor en el análisis cuantitativo.⁵ En este caso, su elevada precisión hace posible la cuantificación de una sustancia en una mezcla compleja, no siendo necesaria una separación previa.

La espectroscopia infrarroja tiene sus bases físicas en la vibración molecular la cual se clasifica en dos categorías básicas: de Tensión o Elongación (*stretching*), con cambios en la distancia interatómica a lo largo del eje del enlace y que pueden generar vibraciones simétricas o asimétricas; de Flexión (*bending*), cuando cambia el ángulo de enlace de dos átomos. Según sea el movimiento relativo de cada uno de estos átomos, existen cuatro tipos de flexión: simétricas en el plano (balanceo, *rocking*), asimétricas en el plano (tijereteo, *scissoring*), simétricas fuera del plano (aleteo, *wagging*), y asimétricas fuera del plano (torsión, *twisting*).

En cuanto a la representación gráfica de los espectros de infrarrojo, es habitual en estos que la ordenada corresponda a una escala lineal de transmitancia y la abscisa mida linealmente los números de onda en cm^{-1} , siendo posible una variedad de formatos tales como transmitancia frente a longitud de onda y absorbancia frente a número de onda o longitud de onda.

En el presente trabajo se utilizó la espectroscopia FT-IR sobre aceite de almendra obtenido en frío y en caliente y se comparó con el aceite de almendra comercial. Los espectros infrarrojo se llevaron

a cabo en película líquida y adquiridos entre 4000 y 400 cm^{-1} con resolución a 4 cm^{-1} y 32 acumulaciones. Los resultados presentan una alta reproducibilidad y se observa que es posible detectar la presencia de bandas características correspondientes a ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados) y glicéridos.

Estudios de cromatografía líquida (HPLC) realizados en aceites de almendra para exportación revelaron la presencia de la siguiente composición en ácidos grasos: palmítico (C 16:0) 4,0–9,0%, palmítico (C 16:1) < 2,0%, esteárico (C 18:0) 0,5–3,0%, oleico (C 18:1) 62,0–86,0% y linoleico (C 18:2) 20,0–30,0%.⁶

En la Figura 2 se indican las bandas características encontradas en el aceite de almendras comercial. En principio se observa una señal correspondiente a la tensión C=CH en 3002 cm^{-1} presentes en los ácidos grasos insaturados de la muestra en estudio. Dos bandas en 2928 y 2854 cm^{-1} asociadas, respectivamente, a la vibración de tensión de C-H simétrico y C-H asimétrico en CH_2 y una banda en 1744 cm^{-1} asociada al movimiento de extensión del enlace C=O típica de los ésteres de triglicéridos. En la región entre 1460 y 1231 cm^{-1} se observa una banda ancha con varios picos, este rango se asocia a la presencia de vibraciones de flexión C-H en CH_2 y CH_3 . Luego se visualiza una banda en 1165 cm^{-1} , característica de las vibraciones de tensión C-O y en 1114 cm^{-1} se observan vibraciones de tensión O- CH_2 . Por último se ven claramente en 722 cm^{-1} , las vibraciones de flexión correspondiente a $(\text{CH}_2)_n$ con $n > 4$ propias de esqueletos carbonados de considerable longitud.

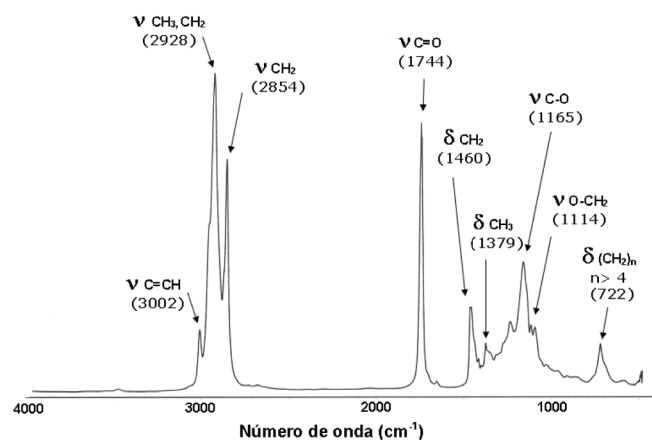


Figura 2. Espectro FT-IR del aceite de almendras comercial

En la Figura 3 se muestran los espectros de absorción en la región del infrarrojo medio (MIR) de a) aceite de almendras obtenido en frío, b) aceite de almendra comercial y c) aceite de almendras obtenido a reflujo.

Se observa que son idénticos en cuanto a la frecuencia de absorción de los picos. Los tres espectros prácticamente se sobreponen; indicando, en principio, que estos aceites comparten los mismos grupos funcionales: el grupo carboxilo, el esqueleto alifático y el número y posición de los dobles enlaces.

CONCLUSIONES

En la literatura se encuentran disponibles diferentes metodologías para la obtención del aceite de almendras en las cuales se discuten las variables involucradas en el proceso realizado, por ejemplo, cantidad de material, temperatura de extracción, tiempo de extracción, etc. Teniendo en cuenta la necesidad de lograr un método práctico que pudiese ser realizado tanto por alumnos del último año del nivel secundario o primeros años del nivel universitario en un aula de práctica de Química Orgánica se realizaron varias optimizaciones así como una rápida metodología a bajos costos para la obtención del

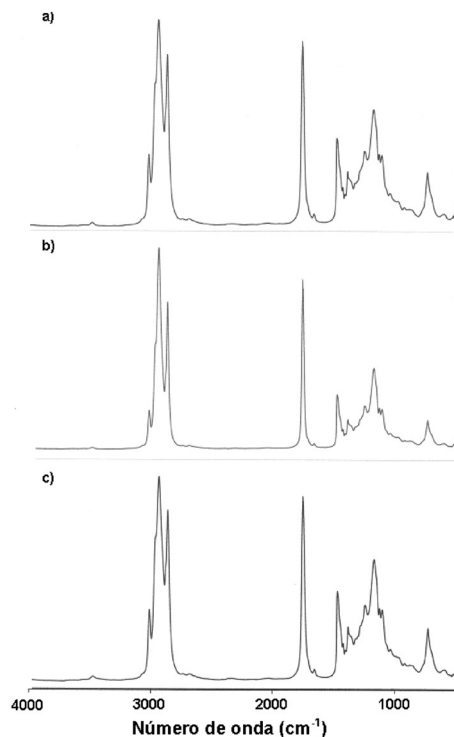


Figura 3. Espectros de absorción en la región del infrarrojo medio (MIR) de: a) aceite de almendras obtenido en frío, b) aceite de almendra comercial y c) aceite de almendras obtenido a reflujo

mencionado aceite y su respectivo producto cosmético.

El principal objetivo de este trabajo fue obtener en una clase práctica de química orgánica una sustancia de importante valor económico, utilizando materiales comunes presentes en un laboratorio de química, así como analizar su composición química mediante espectroscopia FT-IR y su posterior aplicación, logrando el interés de los alumnos de realizar el experimento y discutir respecto de las ventajas de los métodos involucrados.

Por otra parte se utilizaron variadas técnicas experimentales por medio de las cuales se logra involucrar estrechamente al alumno con la ciencia y la tecnología.

El esquema de enseñanza planteado en este trabajo posee la fortaleza de vincular al estudiante con los conceptos teóricos necesarios para la comprensión del desarrollo experimental estimulando al mismo para la construcción de su conocimiento y promoviendo la importancia que los contenidos tienen en actividades que se relacionan con su entorno.⁷

REFERENCIAS

1. Trease, E. G.; Evans, W. C.; *Farmacognosia*, 13ª ed., Interamericana - Mc.Graw Hill: México, 1989.
2. Pavia, D. L.; Lampman, G. M.; Kriz, G. S.; *Introduction to Organic Laboratory Techniques: A Contemporary Approach*, 3ª ed., Saunders College Publishing: New York, 1995.
3. Silverstein, R. M.; Bassler, G. C.; Morrill, T. C.; *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, 5ª ed., John Wiley & Sons: New York, 1991.
4. Lopes, W. A.; Fascio, M.; *Quim. Nova* **2004**, *27*, 670.
5. Masmoudi, H.; Dreau, Y. L.; Piccerelle, P.; Kister, J.; *Int. J. Pharm.* **2005**, *289*, 117.
6. <http://www.saximois.com/parametros.htm>, visitada en Junio 2008.
7. Acevedo Díaz, J. A.; *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.* **2004**, *1*, 3. (CA-757/2003).