

## Caracterización de dos variedades de girasol con potencial para la producción de aceite extraídos con hexano e isopropanol

Por J.A. Gallegos-Infante (1), N. Rocha-Guzmán, R. González-Laredo, F. Zuno-Floriano y S.A. Vidaña Martínez

Instituto Tecnológico de Durango, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica,  
Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote. C.P. 34080. Durango, Dgo. México.

### RESUMEN

**Caracterización de dos variedades experimentales de girasol con potencial para la producción de aceite extraídos con hexano e isopropanol.**

El aceite de girasol requiere de un proceso de extracción que reduzca el contenido de impurezas y del uso de un solvente que no atente contra el ambiente. Una alternativa es el empleo del isopropanol. En la presente investigación se estudiaron las condiciones de extracción de aceite de dos variedades de girasol, Madero 91 y Cianoc-2, y como control al girasol variedad Victoria y el hexano. Se encontraron diferencias en cuanto a características físicas de las variedades estudiadas, así como en la dispersión de las mediciones físicas. El rendimiento en porcentaje de aceite crudo con el alcohol isopropílico no difirió del obtenido con hexano. El nivel de ácidos grasos libres fue superior en los aceites extraídos con isopropanol. No se encontraron diferencias en cuanto al contenido de aldehído malónico.

*PALABRAS-CLAVE: Extracción - Isopropanol - Girasol.*

### SUMMARY

**Experimental characterization of two varieties of sunflower with potential for oil production extracted with hexane and isopropyl alcohol.**

The sunflower oil require of an extraction process that reduce the amount of impurities, and the use of a solvent that has not implications over the environment. An alternative is the use of the isopropyl alcohol. In this work was studied the extraction conditions of two experimental varieties of sunflower Madero-91 and Cianoc-2, the controls were hexane and Sunflower seed variety Victoria. It was found differences on the physical characteristics and in the dispersion of the physical measures from the three varieties used. The percent yield of crude oil extracted with isopropyl alcohol was not different of the obtained with hexane. The level of free fatty acids was higher in the oils extracted with isopropyl alcohol than the oils extracted with hexane, no differences was found in the amount of malonic aldehyde.

*KEY-WORDS: Extraction - Isopropanol - Sunflower.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El aceite de girasol es una fuente importante de ácidos grasos insaturados de cadena larga, sobre todo aquellos que son esenciales como el ácido linoleico y ácido linolénico cuya presencia ha sido relacionada con el buen funcionamiento de la célula (Willis et al., 1998). Los aceites vegetales debido a la

presencia de dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados, son sensibles a la oxidación.

La oxidación de lípidos se divide en tres etapas: iniciación, propagación y terminación. Esta reacción ocurre en forma muy lenta y produciendo radicales altamente reactivos como peroxil (ROO<sup>•</sup>) y alcoxil (RO<sup>•</sup>), los que favorecen el desarrollo de enfermedades entre los que se pueden citar al cáncer de algunos órganos (mama, colon, riñón y páncreas) además de envejecimiento y estrés oxidativo (Kaneke y Tahara, 2000).

El origen de las tres variedades empleadas en este estudio fue ruso, el ancestro de la variedad Victoria fue Cernianka y de las variedades Madero 91 y Cianoc-2 fue Peredovik. Todas las semillas correspondieron a la cosecha del invierno de 1999, cultivadas en el Estado de Durango (México) en lotes aislados.

Para la extracción del aceite a partir de las semillas de girasol es posible emplear tres métodos: extracción mecánica, extracción con solventes y una combinación de los dos métodos anteriores, los solventes más comúnmente empleados son las fracciones ligeras de petróleo, en donde se encuentra el hexano.

Una vez que es extraído el aceite, es sometido a un proceso denominado refinación, el cual tiene como objetivo eliminar todas aquellas impurezas y obtener un aceite más limpio. En ciertas etapas de este proceso (desgomado, neutralización y blanqueo) el aceite es expuesto a temperaturas elevadas, catalizadores metálicos, y remoción de antioxidantes naturales, lo que ocasiona que se vuelva más sensible a la oxidación (Sahu y Gray, 1997).

En la mayoría de las industrias aceiteras mexicanas, el solvente más usado es el hexano grado comercial. Sin embargo, la Clean Air Amendment of 1990 (Estados Unidos de América), incluyó al hexano entre los 189 contaminantes ambientales más peligrosos y limita su uso, ya que ocasiona problemas en el sistema nervioso central y es altamente inflamable. Debido a esto, es de interés encontrar un

solvente que reemplace al hexano con la misma eficacia y sin incrementar los costos de extracción.

El principal objetivo de este trabajo fue caracterizar las condiciones para la extracción del aceite de dos variedades experimentales de semilla de girasol; empleando como control la variedad Victoria. Además se probó la eficiencia del alcohol isopropílico como solvente con respecto al hexano. Para evaluar su calidad se emplearon las técnicas de ácidos grasos libres, aldehído malonal y además la espectroscopia infrarroja para monitorear la presencia de compuestos derivados de la oxidación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Material biológico

El material de prueba empleado fueron semillas de girasol (*Helianthus annuus*) de dos variedades experimentales: Madero 91 y Cianoc-2, empleando como control la variedad Victoria.

Para cada variedad se procedió a la determinación de las dimensiones (largo, ancho y grosor), tomándose al azar 10 semillas de acuerdo a Montgomery (1991).

Posteriormente se realizó una limpieza de la semilla a partir de cada variedad de girasol (*Helianthus annuus*) a (1 Kg por cada variedad). De cada lote se separó la basura (tallos, lígulas, raíces, piedras y tierra), además se retiró la semilla con la cáscara estrellada o abierta. Calculándose el rendimiento de basura y semilla en buen estado.

Se dividió en tres partes cada lote de semilla (de cada variedad) a las cuales se les designó con los números 1, 2 y 3. Los dos primeras (1 y 2) fueron separadas para la extracción y la tercera parte se conservó en almacenamiento. Para la extracción, cada parte (1 o 2) fue dividida en cuatro. Dos de estas partes fueron usadas como experimento denominados **a** y **b** para la extracción con hexano, en tanto que las restantes dos partes, se emplearon para los experimentos denominados **a** y **b** para la extracción con alcohol isopropílico (Esto es, cada experimento fue realizado con dos réplicas). Cada muestra de semilla de girasol fue molida en un molino (Moulinex) durante 15 segundos.

Para la extracción del aceite, se colocó un cartucho con muestra (25 a 50 g) en el equipo Soxhlet y se llevó a cabo la extracción, esta operación era llevada a cabo hasta terminar con la cantidad de muestra que se tenía, tanto para la condición **a** como para la **b**.

La determinación de aldehído malónico se determinó por el método 2.531 descrito por la IUPAC (Kirk et al., 1996).

### 2.2. Caracterización de la materia prima

Para la caracterización de la materia prima se utilizó un recipiente plano de dimensiones (34.5 x 23 x

0.9) cm, con una cuadrícula comprendida de 10 apartados de tamaño uniforme. Al azar se tomó una semilla de cada cuadro y se procedió a medir sus dimensiones (largo, ancho y grosor) con ayuda de un vernier (VIS, Polonia). Una vez obtenidas las dimensiones, se determinó la desviación estándar inferencial (Iniestra y col., 2001).

### 2.3. Preparación de la materia prima

Para la preparación de la materia prima se tomaron y pesaron los lotes de cada variedad de semilla por separado (1 Kg de cada variedad); se separó basura como: tallo, lígulas, raíces, piedras, tierra y semillas con la cáscara estrellada o abierta. Se calculó el porcentaje de basura, semilla abierta y semilla en buenas condiciones.

Se procedió a quitar la cáscara de cada una de ellas en forma manual. Se calculó el rendimiento de cada variedad basándose en la cantidad de cáscara, semilla pelada en buen estado y semilla pelada en mal estado. La semilla pelada en buen estado fue colocada en frascos color ámbar limpios con atmósfera de nitrógeno y 4°C hasta su uso.

### 2.4. Extracción del aceite por Soxhlet

Las semillas fueron trituradas en un molino de 450 Watts de potencia, colocando 100 g de semilla y moliendo durante 15 s cada vez hasta completar el Kg de muestra. Una vez obtenido el producto se pesaban muestras de 25 – 50 g de harina, hasta completar el total de la muestra. Las condiciones para la extracción con hexano fueron: temperatura de 69.5°C y 189 mL de solvente. Las condiciones para la extracción con alcohol isopropílico fueron: temperatura de 82°C y 159 mL de solvente. Cada punto experimental correspondía a quince experimentos realizados por duplicado.

### 2.5. Densidad

Para la determinación de la densidad se registró el peso constante de cada uno de los tubos eppendorf previamente colocados en un desecador con sílica. Se tomó una muestra de 0.5 mL de aceite a temperatura ambiente (23°C) y se colocó en el tubo eppendorf. Se pesó en una balanza analítica (Chyo JL-180, Japón). La densidad se calculó por medio de la relación:

$$\rho = \text{Peso de la muestra (g)} / \text{mL de la muestra} \quad (1)$$

Cada punto experimental correspondía a dos experimentos realizados por duplicado.

### 2.6. Viscosidad

La determinación de la viscosidad se realizó en un viscosímetro Brookfield Modelo DV-II (Massa-

chussets; E.U.A.) para muestras pequeñas. Se midió un volumen de 8 mL de aceite y se colocó en un sistema de cilindros concéntricos a una temperatura de 25°C, variando las revoluciones por minuto en 20, 50 y 100 rpm, registrando el porcentaje de torque, esfuerzo cortante (DINA/cm<sup>2</sup>) y velocidad de corte (seg<sup>-1</sup>) (Toro-Vazquez y Gallegos-Infante, 1996). Cada punto experimental correspondía a un experimento realizado por duplicado.

### 2.7. Índice de turbidez

Se midió un volumen de 3 mL de aceite y se colocó en un tubo de ensayo, se tapó con el tapón de corcho y se selló con parafilm. Se colocó la muestra en un congelador con una temperatura de -40°C, se estuvo constantemente revisando el tubo. Se registró el tiempo y temperatura a los cuales los aceites mostraban turbidez. (Toro-Vazquez y Gallegos-Infante, 1996) Todas las mediciones fueron hechas por duplicado.

### 2.8. Determinación del contenido de carotenos

Se midió un volumen de 100 %L de aceite y se depositó en una celda de vidrio, se adicionaron 2900 %L de la mezcla hexano-álcohol isopropílico, se mezcló y se depositó en un espectro UV-Vis (Milton Roy). Se hicieron lecturas a tres longitudes de onda: 470, 648.8 y 663.2 nm.

El contenido de carotenoides se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

$$C_a = 12.25 A_{663.2} + 2.69 A_{648.8} \quad C_a = \text{Clorofila a} \quad (2)$$

$$C_b = 21.50 A_{648.8} - 5.10 A_{663.2} \quad C_b = \text{Clorofila b} \quad (3)$$

$$C_{x+c} = (1000 A_{470} - 1.82C_a - 85.02C_b) / 198 \quad C_{x+c} = \text{Carotenoides totales} \quad (4)$$

Los resultados fueron expresados como µg de carotenos/g de aceite (Zuno-Floriano, 2001).

### 2.9. Determinación de peróxidos, carbonilos y ácidos grasos libres por espectroscopia infrarrojo (IR)

Para la determinación de peróxidos, carbonilos y ácidos grasos libres se usó un FTIR (Infrarrojo por Transformada de Fourier) acoplado a un aditamento HART (High Attenuation Total Reflectance) (PAIKE) con cristal de Germanio. La metodología que se siguió fue la recomendada por el fabricante. Empleando Para peróxidos un rango de longitudes de onda de (4807.7 - 4950.5) cm<sup>-1</sup>, para carbonilos (5347.6 - 6060.6) cm<sup>-1</sup>, y para ácidos grasos libres (4641.2796, 3333.03481 y 4049.5626) cm<sup>-1</sup>.

Los resultados obtenidos en los diferentes experimentos como caracterización de la materia prima, rendimientos de aceite crudo, pruebas químicas y físicas se evaluaron mediante un análisis de varianza y posteriormente mediante una comparación de rangos múltiples por Tukey con una P ≤ 0.05. Cada punto experimental correspondía a dos réplicas realizadas por duplicado.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1. Caracterización de la materia prima

La forma de las semillas fue alargada, Victoria y Cianoc-2 presentaron un color negro mientras que Madero 91 presentó un color pardo con rayas grises.

Las características agronómicas así como las dimensiones de las tres variedades de semilla son mostradas en las Tablas I y II respectivamente. No se observaron diferencias en cuanto a sus dimensiones, pero La variedad Madero 91 presentó una mayor dispersión en el largo y grosor, siendo esta última característica en donde su dispersión fue más marcada en comparación con las otras dos variedades estudiadas.

En el proceso de selección de la materia prima, no se tuvieron diferencias estadísticas en cuanto al rendimiento de semilla en buen estado.

Tabla I  
Características agronómicas de las tres variedades de semilla de girasol Victoria, Madero 91 y Cianoc-2

Variedad	Días inicio de floración	Días de madurez fisiológica	Altura de planta (cm)	Díametro del capítulo (cm)	Rendimiento Kg/ha Aqueño	Rendimiento % Aceite
Victoria	50-60 <sup>a</sup>	90-100 <sup>a</sup>	150-170 <sup>a</sup>	9-12 <sup>a</sup>	900 <sup>a</sup>	35-40 <sup>a</sup>
Madero 91	60-70 <sup>b</sup>	105-110 <sup>b</sup>	170-190 <sup>b</sup>	10-14 <sup>b</sup>	1200 <sup>b</sup>	35-40
Cianoc-2	60-70 <sup>b</sup>	100-105 <sup>b</sup>	160-190 <sup>b</sup>	10-14 <sup>b</sup>	1000 <sup>b</sup>	35-40

Los superíndices indican diferencias estadísticas significativas con una P ≤ 0.05. Todas las mediciones fueron hechas con dos réplicas por duplicado.

Tabla I  
Dimensiones de las tres variedades de semillas de girasol, Victoria, Madero 91 y Cianoc-2

Variedad	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor de semilla (cm)
Victoria	1.172±0.088 <sup>a</sup>	0.602±0.064 <sup>a</sup>	0.391
Madero 91	1.138±0.105 <sup>a</sup>	0.588±0.071 <sup>a</sup>	0.417
Cianoc-2	1.239±0.092 <sup>a</sup>	0.635±0.081 <sup>a</sup>	0.414

Los superíndices indican diferencias estadísticas.  
Todas las mediciones fueron hechas con 2 réplicas 10 veces cada una.

Tabla III  
Características de la cáscara de tres variedades de semilla de girasol

Variedad	Grosor de cáscara (cm) (Aqueño)
Victoria	0.032±0.009 <sup>a</sup>
Madero 91	0.013±0.007 <sup>b</sup>
Cianoc-2	0.020±0.003 <sup>a</sup>

a y b indican diferencias significativas con una  $P \leq 0.05$ .  
Todas las mediciones fueron hechas con dos réplicas 10 veces cada una.

En la caracterización de la cáscara de las tres variedades de girasol estudiadas se obtuvieron los datos que son mostrados en la Tabla III, la cáscara de la variedad Victoria fue la que presentó un mayor grosor y una mayor dispersión, comprendido en  $0.032 \pm 0.009$  cm, en el caso de la variedad Madero 91, la cáscara fue más delgada en comparación con las otras dos variedades  $0.013 \pm 0.007$  cm, lo que trajo problemas de oxidación. La variedad Cianoc-2 presentó un grosor más uniforme lo cual se observó por medio de su desviación que fue de 0.003 cm. Basándose en estos resultados se pudo apreciar la influencia de la progenie, siendo la misma para las variedades Madero 91 y Cianoc-2 (Peredovick), las cuales presentaron una menor dispersión en el grosor de cáscara con respecto a la mostrada en la variedad Victoria, que procede de Cernianka.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización de la materia prima y caracterización de cáscara para las variedades Victoria, Madero 91 y Cianoc-2, la mejor variedad fue Cianoc-2 debido a que se tuvo una mayor uniformidad en cuanto a sus características físicas que la hacen atractiva para la producción de aceite de girasol a escala industrial.

### 3.2. Extracción

Los rendimientos de aceite crudo en la extracción con hexano y alcohol isopropílico son mostrados en la Figura 1. Se pudo observar, que tanto el tipo de solvente y la variedad de semilla influyeron en el rendimiento de aceite crudo, el valor más alto lo alcanzó el aceite Madero 91 extraído con hexano y el valor más bajo se tuvo en los aceites Victoria y Cianoc-2 extraídos con isopropanol.

Con las condiciones de extracción dadas en este estudio se obtuvo un 82.58% aproximadamente en promedio del total de aceite, lo cual se considero bueno, ya que en trabajos hechos por Backer et al., (1982) para extracciones pequeñas se logra entre un 80% de aceite por extracción mecánica y de un 80 a 90% en extracción por solvente usando una temperatura de 121°C.

### 3.3. Densidad

La densidad de cada uno de los aceites crudos es mostrada en la Figura 2. Los resultados obtenidos de

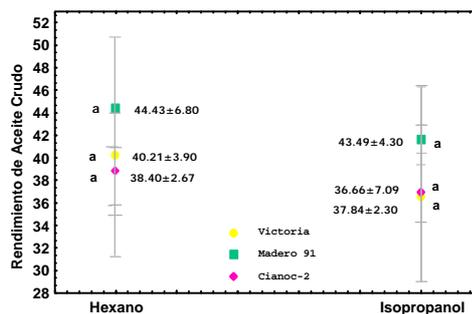


Figura 1  
Rendimientos de aceite crudo de tres variedades de girasol en la extracción con alcohol isopropílico y hexano. (a) Indica diferencias estadísticas entre variedades. Cada punto representa el promedio de treinta datos correspondientes a quince experimentos realizados por duplicado.

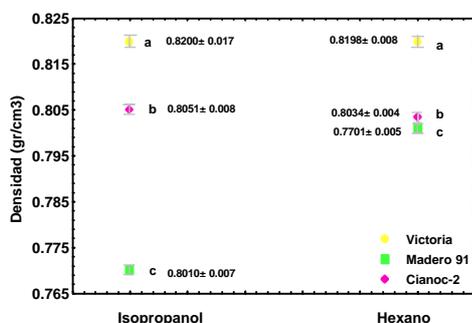


Figura 2

Densidad de tres variedades de aceite crudo de girasol extraídos con alcohol isopropílico y hexano. (a), (b) y (c) Indican diferencias estadísticas entre variedades. Cada punto representa el promedio de cuatro datos correspondientes a dos experimentos realizados por duplicado.

densidad para cada variedad fueron analizados estadísticamente de acuerdo con los datos de ANDEVA (Análisis de varianza), la sumatoria de cuadrados de error en las mediciones fue menor al valor de la suma de cuadrados de los efectos, lo cual indicó que los resultados obtenidos son válidos (Bates y Watts, 1988).

De acuerdo a los valores de densidad, se pudo observar que fueron diferentes para cada una de las variedades de aceite estudiadas, lo cual puede ser el reflejo de posibles diferencias en composición química, ya que de acuerdo con Nouredini et al., (1991), la densidad de los lípidos es función no solo del tipo de compuestos, sino además del tipo de isomería, longitud de la cadena, así como de la cantidad de triacilglicéridos, pigmentos, ceras, fosfolípidos y otros compuestos presentes en el aceite antes de ser refinado. El solvente no mostró ninguna influencia en el valor de densidad.

### 3.4. Viscosidad

La viscosidad absoluta obtenida en las tres variedades de aceite crudo es mostrada en la Figura 3. La regresión lineal aplicada a los datos del esfuerzo cortante vs. la velocidad de corte, presentó en todos los casos un coeficiente de regresión igual a 0.999. En función de este resultado se deduce que el comportamiento que se tuvo fue de tipo newtoniano bajo las condiciones que se usaron para la determinación, resultado que coincidió con el reportado por Steffe (1992) e Infante (1994), para aceites vegetales (algodón, maíz, linaza, girasol y oliva), en donde la ley de la potencia tiene un valor del índice de consistencia (n) igual a uno. En el presente estudio la viscosidad fue diferente para cada variedad de aceite, esta diferencia se atribuyo a la composición química, debido a que cuando la molécula de glicerol se encuentra unida en su mayor parte a ácidos grasos saturados el valor de la viscosidad es mayor, caso

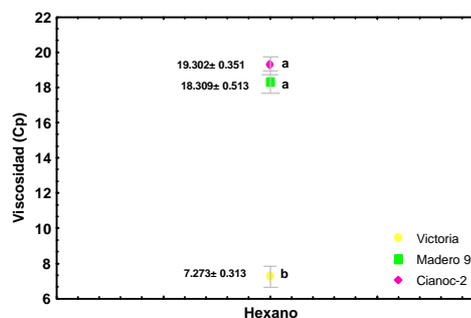


Figura 3

Viscosidad de tres variedades de aceite de girasol crudo extraído con hexano. (a) y (b) Indican diferencias estadísticas entre variedades. Cada punto representa el promedio de dos datos correspondientes a un experimento realizado por duplicado.

contrario si los ácidos grasos son insaturados en donde el valor de este parámetro disminuye. Otra razón por la cual se pueden tener diferencias en cuanto a la viscosidad absoluta es debido al peso molecular de los ácidos grasos que constituyen la molécula de triacilglicéridos, de acuerdo a una investigación hecha por Man y Hussin (1998) en aceite de palma, se observó que la viscosidad era menor para aquellos triacilglicéridos de bajo peso molecular cuya composición comprendía ácidos grasos de cadena corta, en comparación con los triacilglicéridos de alto peso molecular.

### 3.5. Índice de Turbidez

Para los aceites obtenidos a partir de las tres variedades empleadas, el índice de turbidez mostró que todos ellos comenzaban a adquirir un aspecto turbio a los 15 minutos a una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ . La razón atribuible a este comportamiento puede ser que el tipo de ácidos grasos de alto punto de fusión sea el mismo, independientemente de la cantidad. Turkulov (1986), detectó que a una temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ , en un tiempo inferior a 20 H., el aceite de girasol comenzaba a mostrar una turbidez ocasionada por ceras principalmente. El umbral del contenido de ceras detectado fue de 80 mg/kg de aceite, al interpolar el índice de turbidez obtenido en el presente trabajo con lo realizado por Turkulov, se pudo comprobar que el contenido de cera fue cercano al umbral publicado.

### 3.6. Pruebas químicas

#### 3.6.1. Ácidos grasos libres

El contenido en ácidos grasos libres determinados por el método químico en el aceite Crudo de las

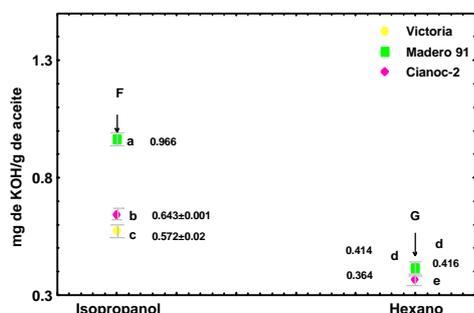


Figura 4  
Índice de Acidez en tres variedades de aceite crudo de girasol extraídos con alcohol isopropílico y hexano. (a), (b), (c), (d) y (e) Indican diferencias estadísticas entre variedades. (F) y (G) Indican diferencias entre los solventes. Cada punto representa el promedio de dos datos correspondientes a un experimento realizado por duplicado.

tres variedades de semilla de girasol es mostrado en la Figura 4. Se observan diferencias muy marcadas con respecto al contenido de acidez en las tres variedades de aceite crudo extraídos con alcohol isopropílico; el valor más alto lo tuvo el aceite Madero 91 en tanto que el valor más bajo lo presentó el aceite Victoria, esto se puede atribuir a la diferente composición en cuanto a contenido de compuestos polares presentes en los aceites estudiados. En el caso de los aceites extraídos con hexano las variedades Victoria y Madero 91 presentaron un índice de acidez de  $0.415 \times 10^{-6}$ , mientras que Cianoc-2 fue la que se mostró una acidez inferior de  $0.364 \times 10^{-9}$ , todos expresados en mg de KOH/gr de aceite. Al evaluar los contenidos de acidez presentados por los aceites que fueron extraídos con alcohol isopropílico, se observó que el aceite variedad Madero 91 de acuerdo a la Norma del Codex Alimentarius para Grasas y Aceites Comestibles No Regulados por Normas Individuales (CODEX STAN 19-1981, 1982), excedía 0.6 mg de KOH/g de aceite (0.3% de ácido oleico/g de aceite).

La diferencia en cuanto a acidez se atribuyó principalmente al tipo de compuestos presentes en cada uno de los aceites estudiados, la cual fue influenciada por el tipo de solvente empleado; en el caso de los aceites extraídos con alcohol isopropílico, se puede observar que la acidez fue superior con respecto a los aceites extraídos con hexano, esto tuvo una explicación del punto de vista de polaridad, de acuerdo a lo que marca la literatura, el índice de polaridad del hexano es cero por lo que se dice que tiende a extraer compuestos de naturaleza no polar como los triacilglicéridos, en cambio el alcohol isopropílico tiene un índice de acidez de 0.2, propiedad que le confiere facilidad para extraer compuestos de naturaleza polar como fosfolípidos. En el trabajo re-

alizado por Chau et al. (1996), el aceite de algodón extraído con alcohol isopropílico presentó un porcentaje de ácidos grasos libres de  $0.48 \pm 0.05$ , expresado como porcentaje de ácido oleico, siendo este nivel superior al de las tres variedades de aceite crudo extraídas con el mismo solvente en la presente investigación.

La importancia en la determinación del índice de acidez radica en dos razones principales; una de ellas es porque los ácidos grasos libres tienden a reaccionar con el oxígeno y ocasionar la rancidez del aceite y la otra porque el valor de acidez puede también comprender la presencia de un gran contenido de compuestos polares como indicativo que la extracción fue deficiente, y se traduce en altas pérdidas durante la refinación ya que estos compuestos tienden a quedarse en la parte adsorbente.

### 3.6.2. Prueba de TBA

El contenido de aldehído malónico no se vio influenciado ni por la variedad de semilla ni por el solvente empleado en las tres variedades de aceite crudo estudiadas (Victoria, Madero 91 y Cianoc-2), los resultados obtenidos para cada uno de los aceites son mostrados en la Figura 5. El contenido de aldehído malónico determinado por la prueba de TBA, para las tres variedades fue inferior al valor marcado por Kirk et al. (1996), el cual corresponde a 0.1 mg de aldehído malónico / Kg de aceite.

### 3.7. Determinación de la presencia de Carbonilos, Peróxidos y Ácidos Grasos Libres por espectroscopia Infrarrojo

De acuerdo a los resultados obtenidos por espectroscopia de infrarrojo en las tres variedades de acei-

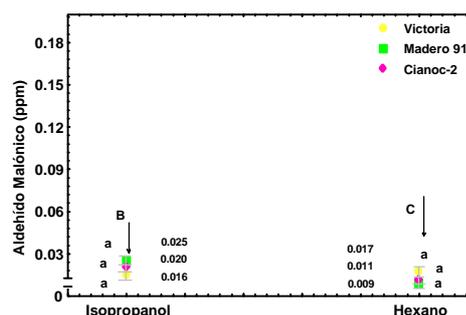


Figura 5  
Contenido de aldehído malónico en tres variedades de aceite crudo de girasol extraídos con alcohol isopropílico y hexano. (a) Indica diferencias estadísticas entre variedades. (B) y (C) Indican diferencias entre los solventes. Cada punto representa el promedio de dos datos correspondientes a un experimento realizado por duplicado.

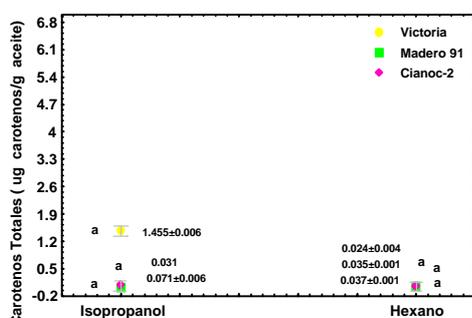


Figura 6

Contenido de carotenos en tres variedades de aceite crudo extraídos con alcohol isopropílico y hexano. (a) Indica diferencias estadísticas entre variedades. Cada punto representa el promedio de dos datos correspondientes a un experimento realizado por duplicado.

te de girasol estudiadas (Victoria, Madero 91 y Cianoc-2), el contenido de ácidos grasos libres, peróxidos y carbonilos se encontraron por debajo de los límites de detección del equipo empleado, ya que no se observaron los picos característicos de estos compuestos en cada uno de los espectros realizados, caso contrario a lo que sucedió con los espectros realizados a los aceites oxidados. En trabajos en donde se han llevado a cabo estudios para la detección de compuestos derivados de la oxidación de ácidos grasos, se propone que se utilice cromatografía de alta resolución puesto que son técnicas que presenta una mayor sensibilidad a pequeñas cantidades de este tipo de compuestos de acuerdo a lo documentado por Khatoon y Krishna, (1998).

### 3.8. Carotenos

La cuantificación de carotenos presentes en las tres variedades de aceite crudo de girasol es mostrada en la Figura 6. Se observa que las tres variedades de aceite presentaron un contenido semejante de carotenos, lo que se supone que a pesar de que se trabajó con dos ascendencias diferentes éstas no difieren en cuanto al contenido de pigmentos naturales. El contenido de carotenos no se alteró al emplear hexano ó alcohol isopropílico en la extracción, lo que conduce a suponer que los pigmentos naturales presentan la misma afinidad con ambos solventes. De acuerdo a estudios basados en la cuantificación de carotenos en aceites vegetales, en el aceite de canola se encuentra aproximadamente 18.3 ppm y en aceite de palma se tiene de un 0.05 a 0.20% (Goulson y Warthesen, 1999).

## 4. CONCLUSIONES

El rendimiento de aceite en las variedades experimentales estudiadas es comparable al de la variedad tradicional. Los niveles de acidez fueron inferiores en los aceites extraídos con hexano. La variedad Cianoc-2 tuvo una mayor uniformidad en cuanto a sus características físicas, lo que conjuntamente con los resultados obtenidos en las pruebas químicas, la hacen atractiva para la producción de aceite de girasol a escala industrial. No se encontraron diferencias en cuanto al contenido de carotenoides en la variedad empleado o el tipo de solvente utilizado. Los valores de viscosidad fueron diferentes para los aceites crudos de las variedades de girasol estudiadas, extraídas con hexano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Backer, L., Jacobsen, L. y Olson, C. (1982). Processing Sunflower Oil for Fuel. *North Dakota Farm Res.* **39**, 6-8.
- Bates, D. y Watt, D. (1988). *Nonlinear Regresión Analysis and its Applications*. Wiley, N.Y., U.S.A.
- Chau, F., Khee, C. y Sefa, S. (1996). Miscella Refining of Isopropanol Extracted Cottonseed Oil. *Journal of Food Lipids*, **3**, 213-222.
- Goulson, J. y Warthesen, J. (1999). Stability and Antioxidant Activity of Beta Carotene in Conventional and High Oleic Canola Oil. *J. of Food Science*, **64**, 996-998.
- Infante Guerrero, R. (1994). *La Viscosidad de Aceites a Diferentes Temperaturas*, Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, Febrero, Editorial Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- Kaneko, T. y Tahara, S. (2000). Formation of 8-Oxo-2-doxiguanosine in the DNA of Human Diploid Fibroblast by Treatment with Linoleic Acid Hydroperoxide and Ferric Ion. *Lipids*, **35**, 961-965.
- Khatoon, S. y Krishna, G. (1998). Assessment of Oxidation in Heated Safflower Oil by Physical, Chemical and Spectroscopy Methods. *Journal of Food Lipids*, **5**, 247-267.
- Kirk, S., Sawyer, R. y Egan, H. (1996). *Composición y Análisis de Alimentos de Pearson*. Editorial CECSA, México.
- Man, Ch. y Hussin, W. (1998). Comparison of the Frying Performance of Refined, Bleached and Deodorized Palm Olein and Coconut Oil. *Journal of Food Lipids*, **5**, 197-210.
- Montgomery, D. (1991). *Desing and Analysis of Experiments*, Tercera Edición, Editorial John Wiley & Sons, México.
- Nouredinni, H., Teoh, B. y Clements, D. (1991). Densities of Vegetable Oils and Fatty Acids. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **69**, 1184-1188.
- Sahu, C. y Gray, C. (1997). Lipid Peroxidation and DNA Damage Induced by Morfin and Naringenin in Isolated Rat Liver Nuclei. *Food and Chemical Toxicology*, **35**, 443-447.
- Steffe, J. (1992). *Rheological Methods in Food Process Engineering*. Ed. Freeman Press, East Lansing, U.S.A.
- Toro-Vazquez, J.F. y Gallegos-Infante, J.A. 1996. Viscosity and its relationship to crystallization in binary system

- of saturated triacylglycerides and sesame seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **73**, 1237-1246.
- Turkulov, J., Dimic, E., Karlovic, Dj. y Vuksa, V. (1986). The Effect of Temperature and Wax Content on the Appearance of Turbidity in Sunflower Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **65**, 1360-1363.
- Willis, M., Lencki, W. y Marangoni, A. G. (1998). Lipid Modification Strategies in the Production of Nutritionally Functional Fats and Oils. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **38**, 639-674.
- Zuno-Floriano, F.G. (2001). Optimización y modernización del proceso de obtención de aceite de girasol (*Helianthus annuus*). Tesis de Maestría en Ing. Bioquímica, Diciembre, Editorial, Instituto Tecnológico de Durango, Durango, México.

Recibido: Marzo 2002  
Aceptado: Diciembre 2002