

Contenido de plomo y cadmio en aceites de girasol

Por A. Roca Cruz, C. Cabrera Vique*, M.L. Lorenzo Tovar y M.C. López Martínez

Dpto. de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Campus Universitario de Cartuja.
18012- Granada, Spain. e-mail: carmenc@platon.ugr.es

RESUMEN

Contenido de plomo y cadmio en aceites de girasol.

Se ha determinado el contenido de plomo y cadmio en 21 muestras de aceite de girasol, todas ellas producidas en Andalucía (Sur de España). Ambos elementos tienen una gran importancia toxicológica y el aceite de girasol es muy consumido en España. Las muestras han sido mineralizadas con ácido nítrico, utilizando pentóxido de vanadio como catalizador, y analizadas mediante espectroscopia de absorción atómica con atomización electrotérmica. Se ha optimizado el programa temperatura-tiempo del horno de grafito para cada elemento y se ha evaluado la exactitud, precisión, sensibilidad y límite de detección del método. Las concentraciones de plomo han oscilado entre no detectables y 167.58 µg/kg y las concentraciones de cadmio entre 0.87 y 8.30 µg/kg. Estos datos no resultan excesivos y concuerdan con los aportados por otros autores; no obstante, una de las muestras analizadas supera el límite máximo de 0.1 ppm de Pb establecido en las Legislaciones Española y Europea. Se ha comprobado una correlación estadísticamente significativa entre los niveles de Pb y de Cd ($p < 0.05$). La contribución del consumo de aceite de girasol a la ingesta dietaria de Pb y Cd ha sido estimada en 0.84 y 0.09 µg/día, respectivamente.

PALABRAS-CLAVE: Aceite de girasol – Cadmio – Espectroscopia de absorción atómica con atomización electrotérmica – Plomo.

SUMMARY

Lead and cadmium content in sunflower oil.

We have studied the lead and cadmium content in 21 samples of sunflower oil from Andalucía (Southern Spain). These elements are toxicological importance and the sunflower oil is widely consumed in Spain. Samples were mineralized with nitric acid and vanadium pentoxide as catalyst, and analyzed using electrothermal atomization atomic absorption spectroscopy. The temperature-time programme for the graphite furnace was optimized for each element, and the accuracy, precision, sensitivity and detection limit of the method were evaluated. Concentrations of lead ranged from not detectable to 167.58 µg/kg and cadmium concentrations ranged from 0.87 to 8.30 µg/kg. The data obtained are not excessive and similar to those mentioned by other authors; however, one sample of the total analyzed surpassed the limit of 0.1 ppm of lead proposed by the Spanish and European Legislation. A statistical significant correlation has been established between Pb and Cd levels ($p < 0.05$). The contribution of the sunflower oil to Pb and Cd dietary intake has been estimated as 0.84 and 0.09 µg/day, respectively.

KEY-WORDS: Cadmium – Electrothermal atomization atomic absorption spectroscopy – Lead – Sunflower oil.

1. INTRODUCCIÓN

El aceite de girasol procede de las semillas de girasol (*Helianthus annuus L.*) que contienen un 40% de aceite. Se puede emplear en alimentación el aceite obtenido directamente mediante prensado en frío, sometido a sedimentación y decantación; sin embargo, normalmente se obtiene por extracción con disolventes orgánicos, sometiéndolo después a un proceso de refinado. En ciertos casos, se hidrogena empleando catalizadores metálicos para su posterior utilización industrial, en la elaboración de margarinas, productos de pastelería y bollería, etc., constituyendo una materia prima muy apreciada (Dupin *et al.*, 1997). El interés nutricional del aceite de girasol radica en que es rico en ácido linoleico y presenta un porcentaje elevado de ácidos grasos mono y poliinsaturados (Fernández, 1992; Shils *et al.*; 1994; Wollmer *et al.*, 1999).

Los disolventes orgánicos utilizados en el proceso de extracción del aceite, deben reunir una serie de requisitos como ser inocuos y no ceder trazas de Pb u otros contaminantes (Wong, 1995). De aquí se desprende la necesidad de controlar la presencia de Pb y Cd en el producto final, que bien puede proceder de la materia prima o bien derivar del proceso tecnológico. Ambos elementos presentan elevada toxicidad, capacidad de bioacumulación y una prolongada vida media en el organismo humano; sus efectos tóxicos a corto y largo plazo son bien conocidos y el interés de su cuantificación en todos los alimentos y bebidas, esta ampliamente justificado (Concon, 1988; Shils *et al.*, 1994; Cabrera *et al.*, 1998).

En cuanto al cadmio, conviene destacar la contaminación débil pero sistemática de prácticamente todos los alimentos de origen vegetal, comprendida entre 5 ppb y un máximo, rara vez superado, de 100 ppb (Concon, 1988; Cabrera *et al.*, 1998). Esta contaminación tiene sobre todo, su origen en vertidos industriales al medio ambiente si bien, la tecnología alimentaria puede también originar un incremento por contacto del producto con la maquinaria empleada en su obtención y con recipientes y envases utilizados en su conservación y comercialización.

Debido a su carácter tóxico, la determinación de plomo es importante en cualquier producto alimentario; este elemento es capaz de producir trastornos a

dosis pequeñas y se acumula con facilidad, en distintos órganos. El análisis de Pb, así como de arsénico, hierro y cobre, tiene gran interés en grasas comestibles, ya que sus contenidos máximos están regulados por la Legislación Española (Presidencia del Gobierno, 1983). El origen del Pb en los aceites vegetales es muy variado y depende principalmente, de la polución medioambiental y de los procesos tecnológicos aplicados para su obtención (Elson *et al.*, 1981; Puig-Deu y Buxaderas, 1990).

Según un reciente estudio sobre el consumo de aceite en España, los aceites de origen vegetal representan aproximadamente el 90% del total de aceites y grasas; el de oliva es el más consumido (11.7 L/persona/año), representando el 53% del total anual *per capita* (22.2 L), seguido del aceite de girasol (8.8 L/persona/año) (MAPA, 1998). El aceite de girasol es bastante aceptado por la población española y se utiliza sobre todo, a causa de su bajo precio, para la fritura de alimentos (Tardáguila *et al.*, 1996). Asimismo, los aceites de semillas y especialmente, el aceite de girasol son muy consumidos en todo el mundo (Saba y Di Natale, 1998).

La determinación de minerales y sobre todo, de elementos traza, exige el empleo de técnicas analíticas de elevada sensibilidad, exactitud y precisión. Si además se pretende que resulten útiles en análisis de rutina, deben ser rápidas, versátiles y aportar buena relación aplicabilidad/coste instrumental (Blanco *et al.*, 1990; Slavin, 1991). La espectroscopía de absorción atómica con atomización electrotérmica, cumple estas premisas y aparece como una de las más adecuadas para la determinación de elementos traza en aceites vegetales comestibles, siendo la técnica recomendada por diversos autores y por organismos internacionales competentes en la materia (Commission on Oils, Fats and Derivatives, 1988; Capar, 1990; Lacoste *et al.*, 1993; Sullivan y Carpenter, 1993; Martin-Polvillo *et al.*, 1994).

En el presente trabajo se ha determinado el contenido de plomo y cadmio en aceite de girasol, empleando como técnica analítica la espectroscopía de absorción atómica con atomización electrotérmica, previa mineralización ácida de las muestras. Se ha evaluado el contenido de estos elementos en aceites de girasol producidos en Andalucía, así como la posible repercusión del consumo de este tipo de aceite, sobre la ingesta dietaria de ambos elementos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Aparatos

Se ha empleado un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer mod. 1100B de doble haz, con corrector de fondo de deuterio (Perkin-Elmer Corp., Norwalk, CT) y horno de grafito HGA-700 con tubos de grafito pirolítico y plataforma de L'vov

(Perkin-Elmer). Como fuentes de radiación se han utilizado lámparas de cátodo hueco de plomo y de cadmio (Perkin-Elmer). La mineralización de las muestras se ha efectuado en un bloque de digestión Selecta con tubos Pyrex (Selecta, S.A., Barcelona).

2.2. Material

Se ha utilizado material de vidrio de calidad contrastada y recipientes de polietileno para la toma y conservación de muestras. Todo el material ha sido sometido a un proceso de limpieza con HNO₃ al 30% (v/v) durante 24h.

2.3. Reactivos

Para la preparación de las rectas de calibrado se han utilizado disoluciones estándar de Pb y Cd de 1000 mg/L (Merck); en los ensayos de recuperación se han empleado disoluciones oleosas de Pb y Cd de 1000 mg/kg (Merck). La mineralización de las muestras se ha realizado con ácido nítrico 65% (v/v) Merck Suprapure y pentóxido de vanadio (Merck). Para el pretratamiento de los tubos de grafito se ha utilizado molibdato amónico (Merck). En la preparación de todas las disoluciones se ha empleado agua bidestilada desionizada obtenida diariamente mediante un sistema Milli-Q mod. RO15 (Millipore, Gif-sur Yvette, Francia).

2.4. Muestreo

Se han analizado un total de 21 muestras de aceite de girasol, todas ellas producidas y comercializadas en Andalucía. Todas se presentan al consumidor envasadas en botellas de plástico. En la etiqueta se declara una acidez máxima de 0.2°.

2.5. Tratamiento de las muestras

Las muestras han sido sometidas a un proceso de mineralización ácida en bloque de digestión. Se pesan muestras de 1 g (con la exactitud del miligramo) y se adicionan 5 mL de ácido nítrico y unos microgramos de pentóxido de vanadio como catalizador. La mezcla se calienta a 70°C durante 60 minutos, incrementando después la temperatura hasta 100°C durante 120 minutos. Se deja enfriar la disolución, se adicionan 5 mL de ácido nítrico y se somete a 120 °C durante 60 minutos. Después de enfriar la disolución resultante hasta temperatura ambiente, se diluye con agua bidestilada desionizada hasta un volumen final de 25 mL. En ella se procede a la determinación de Pb y de Cd por espectroscopía de absorción atómica con atomización electrotérmica. Todas las muestras han sido analizadas por triplicado.

2.6. Determinación de Pb y Cd por espectroscopia de absorción atómica electrotrémica

En las Tablas I y II se presentan las condiciones espectrofotométricas aplicadas para la determinación de Pb y de Cd en las muestras mineralizadas.

Como gas interno se ha empleado argón de elevada pureza, deteniendo el flujo durante la etapa de atomización del analito. En la determinación de Pb no ha resultado necesario el empleo de modificador de matriz, mientras que en la determinación de Cd es aconsejable el empleo de dihidrogenofosfato amónico. La modalidad de lectura en ambos casos ha sido en área de pico.

Las muestras han sido inyectadas manualmente. Todas las determinaciones se han efectuado por triplicado.

Tabla I

Condiciones de medida para la determinación de plomo en aceite de girasol por espectroscopia de absorción atómica con atomización electrotrémica

longitud de onda = 283.3 nm	rendija = 0.7 nm		
intensidad lámpara = 12 mA	t integración = 6 s		
flujo argon = 300 mL/min	volumen inyección muestra = 10 µL		
Programa temperatura-tiempo			
etapa	temperatura, °C	t rampa, s	t permanencia, s
secado	150	15	15
calcinación	500	20	15
atomización	2.100	1	5
limpieza	2.650	1	2

Tabla II

Condiciones de medida para la determinación de cadmio en aceite de girasol por espectroscopia de absorción atómica con atomización electrotrémica

longitud de onda = 228.8 nm	rendija = 0.7 nm		
intensidad lámpara = 10 mA	t integración = 5 s		
flujo argon = 300 mL/min	volumen inyección muestra = 20 µL		
modificador matriz = NH ₄ H ₂ PO ₄ 1%	volumen inyección modificador = 20 µL		
Programa temperatura-tiempo			
etapa	temperatura, °C	t rampa, s	t permanencia, s
secado	130	20	10
calcinación	700	20	20
atomización	2.000	1	4
limpieza	2.650	1	2

Tabla III

Características analíticas del método utilizado para la determinación de Pb y de Cd en aceite de girasol por espectroscopia de absorción atómica con atomización electrotrémica

parámetro	plomo	cadmio
límite de detección	4.0 pg	0.5 pg
sensibilidad	10.0 pg	13.0 pg
recuperación	97.90 ± 1.5 %	97.98 ± 1.5 %
precisión	5.2%	4.2%

2.7. Calibración y validación del método

La recta de calibrado de Pb y de Cd ha sido preparada diariamente a partir de la disolución estándar de 1000 µg/mL obteniendo por dilución, los distintos patrones en un margen de concentración adecuada para los niveles de cada elemento en las muestras problema, siempre dentro del rango de linealidad previamente establecido. La ecuación de la recta de calibrado para el Pb es:

$A = 2.16 \cdot 10^{-3} + 2.29 \cdot 10^{-3} [\text{Pb, ng/mL}] (r = 0.9965)$. La gama de patrones empleada oscila entre 25-250 ng/mL. Para la determinación de Cd, la recta presenta la ecuación: $A = 0.015 + 0.250 [\text{Cd, ng/mL}] (r = 0.9989)$. La gama de patrones oscila entre 0.25-1.00 ng/mL.

A fin de detectar posibles interferencias de matriz y comprobar la selectividad del método propuesto, se ha aplicado el método de adición de patrones en 5 muestras elegidas al azar entre el total de muestras de estudio (Cuadros *et al.*, 1995). La relación de pendientes entre el calibrado con patrones en medio ácido y el método de adición, ha sido en todos los casos, muy próxima a la unidad.

Se ha evaluado el límite de detección según las indicaciones de la IUPAC (Long y Winefordner, 1983) y la sensibilidad, estimada como la cantidad absoluta del elemento que genera una señal de absorbancia de 0.0044 unidades. La precisión ha sido comprobada como la repetibilidad de 10 determinaciones, en 5 muestras elegidas al azar entre el total muestreado.

Se han realizado ensayos de recuperación sobre las muestras problema, empleando patrones de los analitos disueltos en aceite; se ha observado que los porcentajes de recuperación obtenidos resultan independientes de las cantidades adicionadas. Los valores medios obtenidos para todos estos parámetros aparecen reflejados en la Tabla III. En función del contenido de Pb y de Cd en los aceites analizados, estos parámetros resultan adecuados (Horwitz *et al.*, 1980; Horwitz *et al.*, 1990).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método analítico propuesto resulta muy adecuado para el control de calidad del aceite de girasol

Tabla IV
Contenido de plomo y cadmio en aceite de girasol

parámetro	plomo	cadmio
media (n= 21)	36.64 µg/kg	4.015 µg/kg
rango	nd ^a - 167.58 µg/kg	0.87-8.30 µg/kg
desviación estándar	62.61	2.32
coeficiente de variación	170.87 %	57.74 %

^a no detectable

y de los aceites vegetales comestibles en general, aportando la sensibilidad, precisión y exactitud requeridas para la detección de elementos tóxicos a bajas concentraciones, como es el caso del plomo y del cadmio. El proceso previo de mineralización ácida de las muestras, aunque requiere cierto tiempo, permite la mineralización simultánea de hasta 36 muestras, y en la disolución obtenida pueden analizarse además otros elementos como Ca, Mg, Cu, Fe, Cr y Zn (Roca *et al.*, 2000).

Los niveles de plomo en las muestras de aceite de girasol analizadas, han oscilado entre valores no detectables por la técnica analítica utilizada y 167.58 µg/kg. Estos datos aparecen detallados en la Tabla IV.

Del total de las muestras analizadas, sólo una de ellas supera el límite máximo permitido por la legislación Española de 0.1 ppm de plomo en aceites vegetales comestibles (Presidencia del Gobierno, 1983).

Los valores obtenidos en el presente estudio resultan similares o superiores a los aportados por otros autores. Mahaffey *et al.* (1975) en un estudio efectuado en USA indica concentraciones medias de Pb en aceite de girasol del orden de 13 µg/kg. Lacoste *et al.* (1993) proporcionan datos sobre un estudio realizado en Francia con concentraciones de Pb entre 5-10 µg/kg. Martín-Polvillo *et al.* (1994) en aceite de girasol producido en España encuentran valores inferiores al límite de detección de la técnica analítica.

En un estudio paralelo efectuado por nuestro grupo de investigación (Roca, 1997), sobre el contenido de Pb en aceite de oliva y aceite de orujo de oliva producidos en Andalucía, se obtuvieron valores medios de 44.29 µg/kg. en aceite de oliva virgen, de 11.52 µg/kg. en aceite de oliva y de 142.05 µg/kg. en aceite de orujo de oliva. Al comparar las concentraciones de Pb en aceite de orujo de oliva frente a los otros dos tipos de aceite de oliva, aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$), probablemente por la utilización de disolventes orgánicos en el proceso de obtención, al igual que en el aceite de girasol.

Lacoste *et al.* (1993) aportan datos sobre el contenido de Pb en aceite de oliva virgen que oscilan

entre 5-85 µg/kg. pero en aceite de soja las concentraciones se elevan hasta 2.5 mg/kg. Di Battista *et al.* (1993) en aceites de oliva virgen italianos, detectan concentraciones comprendidas entre valores no detectables y 271.7 µg/kg. Firestone (1994) encuentra niveles entre 18-86 µg/kg. en aceite de soja.

En cuanto al contenido de Cd en las muestras de aceite de girasol analizadas, las concentraciones han oscilado entre 0.87-8.30 µg/kg. los resultados aparecen detallados en la Tabla IV.

Al igual que en el caso del plomo, si se compara con las concentraciones medias encontradas en aceites de oliva y de orujo de oliva producidos en Andalucía, con valores en aceite de oliva virgen de 2.83 µg/kg. en aceite de oliva de 3.18 µg/kg. y en aceite de orujo de oliva de 1.77 µg/kg. (Roca, 1997), se observa un contenido relativamente superior en aceite de girasol.

Los datos obtenidos en el presente estudio son similares a los encontrados en la bibliografía. Lacoste *et al.* (1993) aportan valores medios del orden de 1 µg/kg en aceite de girasol procedente de Francia, e indican contenidos de 0.5 µg/kg en aceite de colza e inferiores a 0.25 µg/kg. en aceite de soja y en aceite de oliva virgen. Otros autores aportan contenidos superiores en aceite de girasol obtenido en USA, con un valor medio de 27.0 µg/kg. (Mahaffey *et al.*, 1975) y entre 10-30 µg/kg. (Concon, 1988).

Al efectuar un estudio de correlación entre los valores obtenidos sobre la presencia de plomo y de cadmio en las muestras analizadas, se puede comprobar que existe una correlación estadísticamente significativa para $p < 0.05$.

La toxicidad de estos dos metales pesados exige un control de posibles contaminaciones a fin de evitar una ingesta excesiva. En este sentido, el Comité Mixto FAO-WHO propone una ingesta provisional semanal tolerable para el Pb equivalente a 50 µg/kg. peso corporal; sin embargo, dado el alto riesgo de intoxicación por Pb en niños, recomienda que la ingesta semanal para este grupo de población sea inferior a 25 µg/kg peso corporal (WHO, 1993). El Comité enfatiza en la necesidad de obtener datos fiables sobre el contenido de Pb en alimentos mediante un control analítico adecuado.

Por lo que respecta al Cd, dicho Comité establece una ingesta máxima provisional tolerable de 57-71 µg/día.

Para evaluar la contribución del aceite de girasol a la ingesta dietaria de plomo y de cadmio, se han tomado como datos de referencia de consumo los aportados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1998), con un consumo medio nacional de 8.4 kg/habitante/año; a partir de los datos obtenidos en el presente estudio, podemos decir que el aporte de Pb podría establecerse en unos 0.84 µg/día, y el de Cd en 0.09 µg/día, lo que pone de manifiesto que la contribución del aceite de girasol a la

Tabla V
Niveles de plomo y cadmio en alimentos y bebidas de consumo frecuente en Andalucía

grupo de alimentos	Pb, µg/kg (o µg/L)	Cd, µg/kg (o µg/L)	referencia
Hortalizas y verduras	225	4	Cabrera <i>et al.</i> , 1994; 1998
Frutas	340	25	Cabrera <i>et al.</i> , 1994; 1998
Productos de la pesca	180	18	Cabrera <i>et al.</i> , 1998
Productos lácteos	170	15	Cabrera <i>et al.</i> , 1995
Agua de bebida	25	2	Mena <i>et al.</i> , 1996; 1997
Vinos	200	5	Mena <i>et al.</i> , 1996; 1997
Cerveza	100	—	Mena <i>et al.</i> , 1997
Bebidas alcohólicas	150	3	Mena <i>et al.</i> , 1996; 1997

ingesta de ambos elementos es bastante baja. De otra parte, a fin de comparar la presencia de plomo y de cadmio en aceite de girasol y el contenido de ambos metales en otros alimentos básicos de la alimentación andaluza, en la Tabla V se recogen datos obtenidos en el análisis de estos alimentos, los cuales en una gran proporción, han sido producidos en Andalucía. Se observa que la presencia de plomo y de cadmio en aceite de girasol es similar e incluso inferior, no constituyendo en ningún caso, una fuente importante de estos elementos.

Podemos concluir que las concentraciones medias de Pb no son elevadas, ni su repercusión en la ingesta dietaria del elemento significativa; sólo en uno de los aceites analizados, se supera el límite de 0.1 ppm establecido en la legislación para aceites comestibles. Las concentraciones de Cd encontradas son bajas y similares a los datos aportados por otros autores en la bibliografía consultada, no presentando una repercusión significativa en la ingesta dietaria del elemento.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, M., Cerdá, V. y Sanz-Medel, A. (1990). Espectroscopía atómica analítica. Publicaciones de la Universitat Autònoma, Barcelona.
- Cabrera, C., Gallego, C., López, M.C., Lorenzo, M.L. y Lillo, E. (1994). Determination of levels of lead contamination in food and feed crops. *J. AOAC Int.* **77**, 1249-252.
- Cabrera, C., Lorenzo, M.L. y López M.C. (1995). Lead and cadmium contamination in dairy products and its repercussion on total dietary intake. *J. Anal. Food Chem.* **43**, 1605-1609.
- Cabrera, C., Ortega, E., Lorenzo, M.L. y López, M.C. (1998). Cadmium contamination of vegetable crops, farmlands and irrigation waters. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* **154**, 55-81.
- Capar, S.G. (1990). Determination of copper, iron and nickel in oils and fats by direct graphite furnace atomic

- absorption spectrometry: summary of collaborative study. *J. AOAC Int.* **73**, 320-321.
- Commission on Oils, Fats and Derivatives (1988). Determination of copper, iron and nickel in oils and fats by direct graphite furnace atomic absorption spectrometry: results of a collaborative study and the standardized method. *Pure Applied Chem.* **60**, 894-900.
- Concon, J.M. (1988). Food Toxicology: contaminants and additives. Marcel Dekker, New York.
- Cuadros, L., Garcia, A.M., Ales, F., Jiménez, C. y Román, M. (1995). Validation of an analytical instrumental method by standard addition methodology. *J. AOAC Int.* **78**, 471-476.
- Di Battista, T., Cichelli, A., Solinas, M. y Angerosa, F. (1993). L'analisi statistica multivariata applicata alla determinazione dei metalli in oli vergini di oliva estratti con diversi sistemi. *Rev. Ital. Sost. Grasse* **70**, 541-548.
- Dupin, H., Cuq, J.L., Malewiak, M.I., Leynaud-Rouaud, C. y Berthier, A.M. (1997). La alimentación humana. Bellaterra, Barcelona.
- Elson, C.M., Bem, E.M. y Ackman, R.G. (1981). Determination of heavy metals in a Menhaden oils after refining and hydrogenation using several analytical methods. AOCs Annual Conference. New Orleans.
- Fernández, P.M. (1992). Aceites y grasas vegetales comestibles: definiciones, disposiciones legales y aspectos nutricionales. Control de calidad y pruebas de pureza. *Alimentación, Equipos y Tecnología* **5**, 159-167.
- Firestone, D. (1994). Direct graphite furnace-atomic absorption method for determination of lead in edible oils and fats: summary of collaborative study. *J. AOAC Int.* **77**, 951-954.
- Horwitz, W., Kamps, L.R. y Boyer, F.W. (1980). Quality assurance in the analysis of foods and trace constituents. *J. AOAC* **63**, 1344-1354.
- Horwitz, W., Albert, R., Deustch, M.J. y Thompson, J.N. (1990). Precision parameters of methods of analysis required for nutrition labeling. *J. AOAC* **73**, 661-680.
- Lacoste, F., Caster, A. y Lespaigne, J. (1993). Dosage des métaux toxiques dans les corps gras: cadmium, plomb, étain, arsenic et le chrome. *Rev. Française Corps Gras.* **1-2**, 19-31.
- Long, G.L. y Winefordner, J.D. (1983). Limit of detection: a closer look at the IUPAC definition. *Anal. Chem.* **55**, 713A.
- Mahaffey, K.R., Corneliussen, P.E., Jelinek, C.F. y Fiordino, J.A. (1975). Heavy metal exposure from foods. *Environ. Health Perspectives.* **12**, 63-69.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (1998). La alimentación en España. Secretaría General Técnica de Alimentación, Madrid.
- Martín-Polvillo, M., Albi, T. y Guinda, A. (1994). Determination of trace elements in edible vegetable oils by atomic absorption spectrophotometry. *J. AOCS* **71**, 347-353.
- Mena, C., Cabrera, C., Lorenzo, M.L. y López, M.C. (1996). Cadmium levels in wine, beer and other alcoholic beverages: possible sources of contamination. *Sci. Total Environ.* **181**, 201-208.
- Mena, C., Cabrera, C., Lorenzo, M.L. y López, M.C. (1997). Determination of lead contamination levels in wine and other alcoholic beverages. *J. Agric. Food Chem.* **45**, 1812-1815.
- Presidencia del Gobierno (1983). Real Decreto de la Presidencia del Gobierno 308/1983 por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-sanitaria de

- aceites vegetales comestibles. B.O.E. nº 44 de 21 de Febrero.
- Puig-Deu, M. y Buxaderas, S. (1990). Determinación de plomo en grasas comestibles por plasma acoplado por inducción y espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. *Grasas y Aceites* **41**, 233-236.
- Roca, A. (1997). Estudio del contenido mineral como parámetro de calidad del aceite de oliva. Memoria de Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Roca, A., Cabrera, C., Lorenzo, M.L. y López, M.C. (2000). Niveles de calcio, magnesio, manganeso, zinc, selenio y cromo en aceites de oliva comercializados en Andalucía. *Grasas y Aceites* **51** (6) 393-399..
- Saba, A. y Di Natale, R. (1998). Attitudes, intention and habit: their role in predicting actual consumption of fats and oils. *J. Human Nutr. Diet.* **11**, 21-32.
- Shils, M.E., Olson, J.A. y Shike, M. (1994). *Modern nutrition in health and disease*. Lea and Febiger, Malvern.
- Health Slavin, W. (1991). *Graphite furnace AAS: A source book*. The Perkin-Elmer Corporation, Norwalk.
- Sullivan, D.M. y Carpenter, D. (1993). *Methods of analysis of nutrition labeling*. AOAC International, Arlington.
- Tardáguila, J., Montero, F., Olmeda, M. y Bernabeu, R. (1996). Análisis del sector del aceite de oliva. *Alimentación: Equipos y Tecnología* **3**, 41-47.
- WHO (World Organization). (1993). *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Forty-first Report of the Joint FAO-WHO Expert Committee on Food Additives, Genève.
- Wong, D.W. (1995). *Química de los alimentos: mecanismos y teoría*. Acribia, Zaragoza
- Wollmer, G., Josst, G., Schenker, D., Sturm, W. y Vreden, N. (1999). *Elementos de bromatología descriptiva*. Acribia, Zaragoza.

Recibido: Julio 2000
Aceptado: Febrero 2001