

ANÁLISIS TIPO DE UNA SAL MARINA PROCEDENTE DEL MEDITERRÁNEO

M. A. Herrador, Ana Sayago, D. Rosales y A. G. Asuero*

RESUMEN

En este trabajo se describe el análisis tipo de una sal marina procedente del Mediterráneo (provincia de Alicante).

SUMMARY

A typical analysis of a marine salt from the Mediterranean Sea (Alicante) is described in this paper.

1. INTRODUCCION

La sal para la alimentación se define como el producto cristalino constituido fundamentalmente por cloruro sódico en condiciones que la hacen apta para usos alimenticios y que se conoce con el nombre de «sal comestible» o simplemente sal (BOE, 1983). La sal, además del cloruro sódico, puede contener otros compuestos minerales en cantidades variables según sea el origen y el método de obtención de la misma; contiene hasta un 3% de agua de interposición y 2,5% de otras sales como $MgCl_2$ (al que debe sus propiedades higroscópicas), $CaCl_2$, Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $CaSO_4$ y KCl (cantidades superiores al 1% en esta sal le confieren un sabor amargo) (Casares López, 1978).

Nuestra legislación (BOE, 1976; BOE, 1983) contempla diferentes tipos de sales para la alimentación que poseen diferentes denominaciones, según su procedencia (sal gema, marina, de manantial), y reconoce en adición las sales refinadas, de salazón, de mesa, de cocina y sales especiales (entre las que hay que distinguir la sal yodada, fluorada, yodofluorada, nitrada y otras sales).

La sal, por su vinculación a la alimentación, ya sea como agente conservante o bien como condimento (Herrador y col., 1998), ha sido objeto de estudio en diferentes países, principalmente en relación con su contenido en metales pesados, que es, sin lugar a dudas, el aspecto más importante de la contaminación de los alimentos (Navas

y col., 1984), problema que viene agravado por los efectos acumulativos de estos metales. La necesidad de asegurar la ausencia o al menos controlar los niveles de elementos tóxicos en alimentos es un problema primordial para el analista (Herrador y Asuero, 1986; Herrador y col., 1986). A este respecto, y en el caso concreto de la sal comestible, se han llevado a cabo determinaciones de metales pesados cuyos niveles de tolerancia vienen señalados en nuestra legislación (Cu, Pb, As, Cd y Hg). (Dim y col., 1991; Makhno y Alemasova, 1992)

Se ha determinado Cu en sales japonesas por EAA previa extracción del complejo formado con 5-bromosalicilaldoxima (Uesugi y col., 1982). El contenido en Pb y Cd también fue investigado en muestras de sales alemanas encontrándose cantidades superiores a 1,8 ppm de Pb; sin embargo, la cantidad de Cd no era detectable (Boppel, 1976). También en Alemania se llevó a cabo un estudio comparativo de las cantidades en estos mismos elementos en sales procedentes del norte y sur del país; estas últimas resultaron tener cantidades de Pb y Cd superiores a las del norte que generalmente contienen niveles inferiores a 5 ppb de Pb y 0,25 ppb de Cd; el contenido de Hg encontrado fue muy bajo (Hecht, 1980). Se ha llevado a cabo la determinación micropolarográfica de microcantidades de Pb y Cu en sal de cocina (Berezina y col., 1965). En 1966 y en Rusia se llevó a cabo una determinación fotométrica de As en diferentes tipos de sales y salmueras (Babko y col., 1966). Se ha utilizado asimismo la concentración por copreci-

pitación e intensificación por ultrasonido con carácter previo a la determinación espectrofotométrica de As en tabletas de sal (Chmilenko y Baklanov, 1991). También se ha determinado el contenido en elementos tóxicos (Cd, Co, Cu, Pb y As), utilizando EAA y colorimetría en varios tipos de sales comestibles polacas (Wojciechowska-Mazurek, 1966). El contenido en Pb, Cd, Cu, As y Hg también ha sido objeto de estudio en diferentes tipos de sales utilizadas como aditivos en productos cárnicos yugoslavos (Djujic y col., 1981).

A este respecto, y por lo referente a España, hay que citar un trabajo de 1968 en el que se determina el contenido en Cu por espectrofotometría de absorción atómica (EAA) en 14 muestras de sales españolas de diferente origen, resultando ser en todos ellos el contenido en Cu inferior a 0,01 ppm (Obiols y Rafols, 1968) y más tarde (de Eulate y col., 1985) se determina el contenido en Cd, Cu y Pb de 28 muestras de sales españolas correspondientes a nueve tipos diferentes utilizando la extracción previa con pirrolidinditiocarbamato en metilisobutilcetona y EAA. Las concentraciones encontradas varían entre márgenes muy amplios (Cd: 0,2-15,5 ng/g; Cu: 0,7-7,5 ng/g; y Pb: 6,5-269 ng/g) debido, sin duda, a los diferentes tipos y orígenes de las muestras, siendo en todas ellas inferiores a los máximos legales permitidos.

Los contenidos de K, Sr y Mn pueden ser indicadores útiles del origen de las sales comercializadas en España (Herrador y col., 1998). El contenido de potasio en las sales marinas es superior al de las dietéticas. Por otra parte, los conte-

* Departamento de Química Analítica. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. 41012 Sevilla.

nidos de estroncio y de manganeso en las sales de origen atlántico son superiores a los del Mediterráneo. El contenido de Zn de sales marinas Proa, a granel, Ibarra, Torremar y iodada, oscilaba entre 1,89 y 0,88 ppm (Asuero y col., 1987).

Aparte de los metales pesados otro de los parámetros que con mayor frecuencia es objeto de estudio en los análisis de sal es el de la cantidad de yodo, elemento esencial cuya ingesta insuficiente produce bocio (Anke y col., 1995). Hay que tener en cuenta que la sal consumida diariamente como condimento es una de las fuentes de ingesta de yodo y que de los diferentes métodos que se han propuesto para asegurar una ingesta adecuada del mismo, el uso de la sal ha sido hasta ahora el más satisfactorio y ampliamente adoptado (Herrera y col., 1986). Como ejemplo de este interés podemos citar la determinación de yodo en sales iodadas y sal marina realizadas en 1980 en Canadá, comprobándose que el contenido de yodo en la sal iodada decrecía de forma significativa durante el almacenamiento (Fischer y L'Abbe, 1985).

La importancia del uso de las sales nitradas (contempladas en nuestra legislación) está relacionada con la actividad antimicrobiana de los componentes nitrados, así como con su intervención en el desarrollo del color y en la fermentación de derivados cárnicos. La conveniencia de su análisis se relaciona con su variada acción tóxica (metahemoglobinemia, acción cancerígena de las nitrosaminas...). Se han descrito (Simal y col., 1982) para sales comerciales españolas contenidos en nitritos entre 1 y 3 mg/500 mg de sal y entre 1 y 2 mg/500 mg de sal para los nitratos. Se ha propuesto un método de determinación de nitrito, basado en la disminución de la absorbancia de la Rodamina 6 G, medida a 525 nm, en medio ácido sulfúrico (Kartikyan y col., 1993).

Recientemente, se ha llevado a cabo la determinación de Co por extracción en fase sólida en línea/absorción atómica con llama (Karatepe y col., 2002), la preconcentración y separación de algunos metales pesados sobre una columna Diaion-20 (Soylak y col., 2001a) o sobre carbón activo (Soylak y col., 2001b) o amberlita XAD-1180 (Soylak y col., 2003a) o columnas de carbón activo para extracción por fase sólida (Soylak y col., 2003b), con carácter previo a su deter-

minación por absorción atómica con llama. La determinación de trazas de iones metálicos en sal común por voltametría de redisolución anódica, ha sido también objeto de estudio (Ali, 1999).

Como puede comprobarse en este resumen, la bibliografía referente a España es escasa. La reglamentación de un producto alimenticio está justificada por la necesidad de una protección al consumidor. La utilización generalizada de la sal como condimento de consumo directo y como aditivo (conservante) en procesos de industrialización puede introducir una contaminación secundaria que hace necesario un control analítico de la presencia de sustancias potencialmente tóxicas (Kunhlein, 1980), hecho que determina sobradamente su determinación planteando la necesidad de disponer de datos sobre contenidos metálicos en sales españolas. Estos niveles de tolerancia se sitúan al nivel de las ppm tanto en la reglamentación española como en la de otros países, siendo la española la única que considera el contenido máximo en Cd.

En este trabajo se realiza el análisis de una sal marina procedente del Mediterráneo, que incluye la determinación de los metales pesados Hg, Pb y Cd.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Aparatos y reactivos

Se utiliza un espectrofotómetro Pye Unicam SP800 para el barrido de las absorbancias, y un espectrofotómetro Perkin Elmer, Modelo 55 (digital) para las medidas a longitud de onda fija, equipados ambos con cubetas de 1,00 cm de paso de luz. Las medidas de pH se llevan a cabo con un pH metro Crison modelo 2002.

En la determinación de Pb y Cd se utilizó un generador, potencióstato y sistema de adquisición de datos desarrollado en el laboratorio.

Disoluciones estandarizadas de mercurio(II), plomo(II) y cadmio(II), preparadas a partir de los correspondientes nitratos hidratados y estandarizadas mediante valoración con AEDT.

Ditizona (Merck) 0,001 M en cloroforno para determinaciones con ditizona (Scharlau).

Reactivos de grado analítico y agua desionizada y destilada.

Métodos

Métodos oficiales y recomendaciones por el Centro de Investigación y Control de la Calidad. Se aplican las distintas técnicas publicadas por el Ministerio de Sanidad y Consumo (1985), en los casos que siguen:

- a) pH y alcalinidad.
- b) Pérdida de masa a 110 °C.
- c) Materiales insolubles en agua o en medio ácido y preparación de las disoluciones de partida para otras determinaciones.
- d) Halógenos expresados en cloro (método mercurimétrico).
- e) Sulfatos como sulfato de bario (método gravimétrico).
- f) Calcio y magnesio (método complexométrico con AEDT).

Determinación espectrofotométrica de mercurio. Se sigue el procedimiento descrito por Snell (1978). A 0, 0,05, 0,075, 0,10, 0,15, 0,20 y 0,30 ppm de Hg, se añaden 20 ml de disolución problema de la sal que contiene 102 g/l, 2 ml de sulfato de hidroxilamina al 20%, y 1,25 ml de AEDT 0,01 M, 0,18 ml de ácido sulfúrico al 95%. Se extraen a continuación las muestras con 5 ml de Ditizona 0,001 M en cloroforno, se agita durante 1 minuto y se lee la absorbancia a 480 nm frente a un blanco preparado de la misma manera, pero exento de Hg y de disolución problema de la sal. La ley de Beer se prepara de igual forma, pero sin disolución problema.

Determinación de plomo y cadmio por voltametría de redisolución anódica (Gajan y col., 1982; Cadar y col., 1982; Holak, 1975). Para el stripping, el potencióstato se mantuvo a 1,1 V frente al ECS durante 5 minutos. Después de un período de reposo de 30 s, se llevaron a cabo medidas de voltamperometría de pulso diferencial con un sistema basado en microprocesador, que generaba los pulsos apropiados y secuencias temporales mediante un convertidor digital/analógico de 12 bits. Los datos se almacenaron en un microprocesador para realizar el análisis. En las medidas voltamperométricas se fijó el potencial pico-pico en 20 mV y los escalones de barrido en 5 mV por punto. Se utilizó un electrodo de gota pendiente de mercurio (Methrom EA290) como electrodo de trabajo y un hilo de

platino y un ECS como electrodos auxiliar y de referencia, respectivamente. La disolución contenía electrolito indiferente (NaClO₄) 1 M y las medidas se realizaron a 25 ± 0,2 °C. Se usan 4 ml de la disolución de la sal al 50% en el caso del Pb, y 8 ml al 50% en el caso del Cd, en las experiencias.

Determinación espectrofotométrica de nitratos. Se sigue el método basado en la reacción de los nitratos con brucina y posterior medida del color producido a 410 nm (Panreac, 1985).

Determinación espectrofotométrica de nitritos. Se sigue el método de Zambelli, en el que el ácido sulfanílico en medio clorhídrico, en presencia de amonio y de fenol, forma con los iones nitrato un complejo amarillo cuya intensidad es proporcional a la concentración en nitritos. Se mide la absorbancia a 435 nm (Rodier, 1998).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinaciones de los constituyentes mayoritarios

Las determinaciones de los contenidos de cloruro sódico, agua, calcio y magnesio, así como los valores de pH de una disolución de la sal al 10% y el residuo insoluble obtenido se muestran en la tabla 1.

El residuo insoluble es inferior a 5 g/kg de sal, conforme con la legislación española (BOE, 1983). Asimismo, el contenido de sales de calcio, magnesio y potasio (Herrador y col., 1998), expresados como óxidos de calcio, magnésico o potásico y calculados sobre producto seco, no excede del 1%. El contenido de cloruro sódico es superior al 97% de la materia seca.

Determinación espectrofotométrica de mercurio

La ditizona permite determinar bajos

niveles de mercurio en los alimentos (Nabrzyski, 1973; Snell, 1978). La relación entre la absorbancia, A, y la concentración de mercurio, c, viene dada por la ley de Beer, $A = b_0 + b_1c$ (figura 1). En el caso de la adición estándar (Bader, 1980), se tiene $A' = b'_0 + b'_1c$ (figura 2). El cambio de ordenada con respecto a la primera ecuación se debe a la concentración de mercurio en la sal, $c' = c + x$:

$$A' = b_0 + b_1(c + x) = b_0 + b_1x + b_1c$$

Se ensaya estadísticamente la validez de la hipótesis $b_1 \approx b'_1$ (Hund y col., 2001), con lo que teniendo en cuenta las expresiones anteriores se obtiene

$$x = \frac{b'_0 - b_0}{b_1} = \frac{0,0136 - 0,0032}{1,1229} = 0,00926 = 9,26 \text{ ppb}$$

por lo que

$$z = \text{ppm en la sal} = \frac{9,26 \mu\text{g}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{5 \text{ ml}}{20 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{0,102 \text{ Kg}} = 9,26 \cdot 2,451 = 22,7 \frac{\mu\text{g}}{\text{Kg}} = 0,0227 \text{ ppm}$$

y por tanto, en porcentaje, $2,24 \cdot 10^{-6} \%$ de Hg en la sal (1 kg = 10⁹ μg).

Por otra parte al ser $x = f(b'_0, b_0, b_1)$, aplicando la ley de propagación de errores (Asuero y col., 1988; Bruce y Hill, 1999), y teniendo en cuenta las desviaciones estándar de la ordenada en el origen, s_{b_0} , pendiente, s_{b_1} , y covarianza entre la ordenada en el origen y la pendiente, $\text{cov}(b_0, b_1)$ (Asuero y González, 1989), obtenidas por regresión lineal, se tiene:

$$s^2(x) = \left(\frac{\partial x}{\partial b'_0}\right)^2 s_{b'_0}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial b_0}\right)^2 s_{b_0}^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial b_1}\right)^2 s_{b_1}^2 + 2 \left(\frac{\partial x}{\partial b_0}\right) \cdot \left(\frac{\partial x}{\partial b_1}\right) \cdot \text{cov}(b_0, b_1)$$

TABLA 1

Determinación de los constituyentes mayoritarios

pH disol. al 10%	6,44 ± 0,11	MgCl ₂	0,67 ± 0,01%
Residuo insoluble	0,04 ± 0,01%	CaCl ₂	0,49 ± 0,01%
Agua	4,41 ± 0,05%	CaSO ₄	0,039 ± 0,002%
NaCl	94,6 ± 0,1%		

$$= \frac{1}{b_1^2} s_{b_0}^2 + \frac{1}{b_1^2} s_{b_1}^2 + \left(\frac{b'_0 - b_0}{b_1^2}\right) s_{b_1}^2 + 2 \frac{b'_0 - b_0}{b_1^3} \text{cov}(b_0, b_1) = 2,4046 \cdot 10^{-6}$$

Si $z = kx$, entonces, $s^2(z) = k^2 \cdot s^2(x)$, por lo que $z \pm s(z) = 22,7 \pm 3,8 \text{ ppb}$ de Hg en la sal ($k = 2,451$). El coeficiente de variación, $CV = \frac{s_x}{x} \cdot 100$, es del orden del 16,7%.

La concentración de Hg encontrada es muy inferior al máximo permitido por la legislación española, 0,1 ppm de Hg (100 ppb de Hg).

Determinación de Pb y Cd por voltametría de redisolución anódica

Los microgramos de Pb en la vasija voltamétrica (figura 3), x, y la correspondiente desviación estándar s_x , vienen dados por:

$$x = \frac{b_0}{b_1} = \frac{336,5}{523} = 0,6434 \mu\text{g}$$

$$s_x = \sqrt{\frac{s_{b_0}^2}{b_1^2} + \frac{b_0^2}{b_1^4} s_{b_1}^2 - 2 \frac{b_0}{b_1^3} \text{cov}(b_0, b_1)} = 0,0362 \mu\text{g}$$

con lo que se tiene

$$\text{ppb de Pb en la sal} = \frac{0,6434 \mu\text{g}}{4 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 322 \frac{\mu\text{g}}{\text{Kg}}$$

siendo la desviación estándar:

$$s_{pb} = \frac{322}{0,6434} \cdot 0,0362 = 18 \text{ ppb}$$

con lo que el coeficiente de variación, $CV = \frac{s_x}{x} \cdot 100$, es del orden del 5,6%.

La misma metodología aplicada al caso del Cd (las experiencias se realizan aquí con 8 ml de la sal al 50% en lugar de con 4), conduce (figura 4) a los siguientes resultados:

$$\text{ppb de Cd en la sal} = 9,3 \pm 13,3$$

siendo el coeficiente de variación del 143%, dada la baja cantidad en que se encuentra y la dispersión de las medidas efectuadas, en consecuencia.

Las concentraciones encontradas de plomo y cadmio son muy inferiores a los máximos permitidos por la legislación española: 2 ppm de Pb (2.000 ppb de Pb) y 0,5 ppm de Cd (500 ppb de Cd).

Determinación espectrofotométrica de nitratos y nitritos

La curva de calibrado obtenida en el caso de los nitritos es de buena calidad, $y = 0,5815x + 0,0068$; $R^2 = 0,9984$; $N = 6$; mientras que la de los nitratos muestra una clara dispersión, $y = 0,026x - 0,0057$; $R^2 = 0,9477$; $N = 11$. Como sea, los resultados obtenidos indican un contenido de 1,2 y 1,1 mg/kg de nitritos y nitratos, respectivamente, no excediendo por tanto, expresados en nitrógeno, los 10 mg por kg de sal indicados en la legislación.

CONCLUSIÓN

Del análisis llevado a cabo se desprende que la sal marina procedente del Mediterráneo (provincia de Alicante), cumple con los requisitos legales contemplados en la legislación para este tipo de productos. Los métodos espectrofotométricos con el concurso de ditizona como reactivo cromogénico, y la voltimetría de redisolución anódica, permiten la determinación de cantidades traza de Hg, Pb y Cd, respectivamente. Las bajas cantidades existentes de metales pesados exigen la aplicación del método de adición estándar, siendo los coeficientes de variación (CV) obtenidos en consecuencia superiores al 5% en los tres casos.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Dr. Antonio Gustavo González González la ayuda prestada en la realización y discusión del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Alu, A. M. M. (1999). Determination of trace metal ions in common salt by stripping

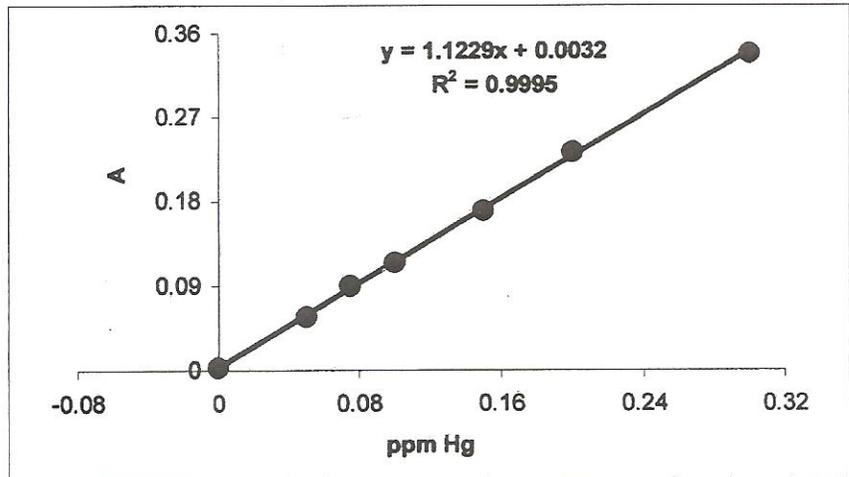


Fig. 1. Determinación de Hg en sal marina con Ditizona en $CHCl_3$ (ley de Beer).

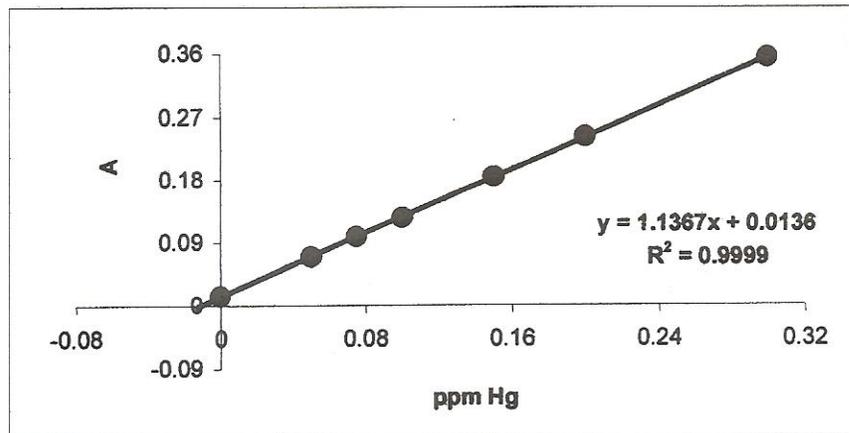


Fig. 2. Determinación de Hg en sal marina con Ditizona en $CHCl_3$ (adición estándar).

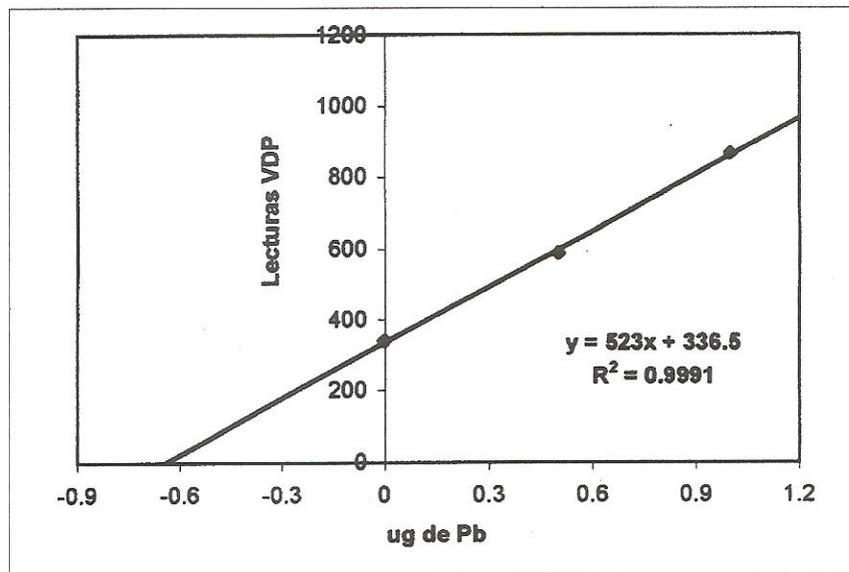


Fig. 3. Determinación de Pb en sal marina por voltimetría de redisolución anódica (método de adición estándar).

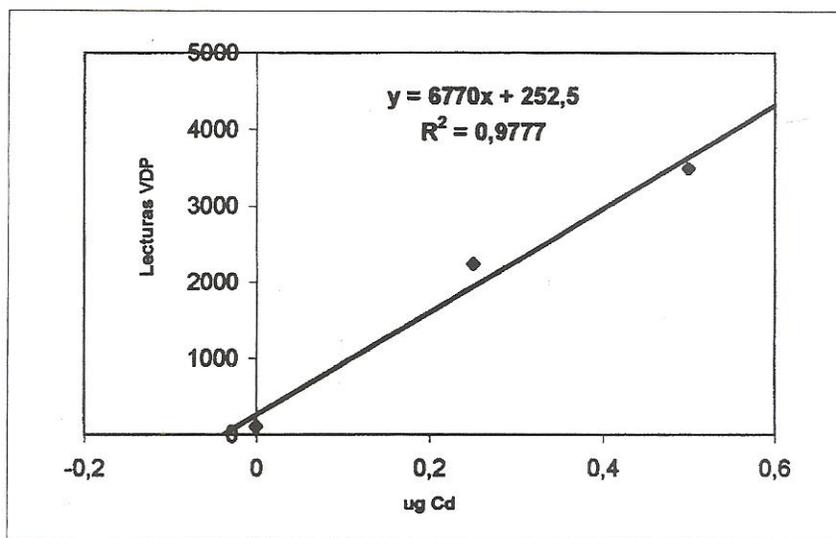


Fig. 4. Determinación de Cd en sal marina por voltametría de redisolución anódica (método de adición estándar).

- voltammetry. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 82, 1413-1418.
- Anke, M.; Groppe, B.; Müller, M.; Scholz, E., y Kramer, K. (1995). The iodine supply of humans depending on site, food offer and water-supply. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 352, 97-101.
- Asuero, A. G., y González, A. G. (1989). Some observations on fitting a straight line to data. *Microchemical Journal* 40, 216-225.
- Asuero, A. G.; González, A. G.; De Pablos, F., y Gómez Ariza, J. L. (1988). Determination of the optimum working range in spectrophotometric procedures. *Talanta* 35, 531-537.
- Asuero, A. G.; Marqués, M. L., y Herrador, M. A. (1987). Spectrophotometric determination of zinc in cooking salts, tap and mineral waters with phenylglyoxal mono(2-pyridyl)hydrazone. *Analytica Chimica Acta* 196, 311-316.
- Bader, M. (1980). A systematic approach to standard addition methods in instrumental analysis. *Journal of Chemical Education* 57, 703-706.
- Bakko, A. K.; Chalaya, Z. I., y Mikitchenko, V. F. (1966). Photometric determination of microamounts of arsenic [in brine] with butylrhodamine B. *Zavodskaya Laboratoriya* 32, 270-273.
- Berezina, K. G.; Volkova, L. V., y Gunko, E. I. (1965). Micropolarographic determination of microamounts of lead and copper in cooking salt. *Industrial Laboratory* 31, 807.
- Boletín Oficial del Estado (1976). Decreto 704/1976, de 5 de marzo, por el que se aprueba la norma sobre sal comestible y salmueras. BOE núm. 88 de 12 de abril de 1976, pp. 7363-7365.
- Boletín Oficial del Estado (1983). Real Decreto 1424/1983, de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la obtención y venta de la sal y salmuera comestibles. BOE núm 130 de 1 de junio de 1983, pp 15261-15264.
- Boppel, B. (1976). Blei und Cadmium Gehalte von Gewürzen und Kochsalz. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung* 160, 299-302.
- Bruce, G. R., y Gill, P.S. (1999). Estimates of precision in a standard addition analysis. *Journal of Chemical Education* 76, 805-807.
- Cadar, S. G.; Gajan, R. J., y Madzsar, E., y col. (1982). Determination of lead and cadmium in foods by anodic-stripping voltammetry. 2. Collaborative study. *Journal of Association of Analytical Chemists* 65, 978-986.
- Casares López, R. (1978). Tratado de Bromatología, 5.ª ed. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense, Madrid.
- Chmilenko, F. A., y Baklanov, A. N. (1991). Spectrophotometric determination of arsenic in table salt using concentration by coprecipitation and ultrasound intensification of the specimen under preparation. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Khimiya I Khimicheskaya Tekhnologiya* 38, 40-44.
- De Eulate, M. J. A.; Montoro, R.; De la Guardia, M., e Ibáñez, N. (1985). Contenidos de cadmio, cobre y plomo en sales alimenticias españolas. *Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos* 25, 250-256.
- Dim, L. A.; Kinyua, A. M.; Muniyitha, J. M., y Adetunji, J. (1991). Lead and other metals distribution in local cooking salt from the fofisalt-spring in Akwana, middle benue through, Nigeria. *Journal of Environmental Science and Health*. Par B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes 26, 357-365.
- Djujic, I.; Djordjevic, V., y Radovic, N. (1981). Lead, cadmium, copper, arsenic and mercury in some additives (for meat). Ref. Proc. Eur. Meet. *Meat Res. Workers* 27/2, 507-510.
- Fischer, P. W. F., y L'Abbe, M. (1985). *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 13, 103.
- Gajan, R. J.; Capar, S. G., y Subjoc, C. A. y col. (1982). Determination of lead and cadmium in foods by anodic-stripping voltammetry. 1. Development of method. *Journal of Association of Analytical Chemists* 65, 970-977.
- Hecht, H. (1980). Einfluss des Salzens auf den Schwermetall, gehalt von Fleischwaren. *Fleischwirtschaft* 60, 1806-1811.
- Herrador, M. A., y Asuero, A. G. (1986). Determinación de elementos traza en leche mediante métodos polarográficos y voltamétricos. *Alimentaria* 172, 23-26.
- Herrador, M. A.; González, A. G., y Asuero, A. G. (1998). Inorganic indicators of the origin of edible salts marketed in Spain from a chemometric approach. *Journal of Food Protection* 61, 891-895.
- Herrador, M. A.; Jiménez, A. M.; Navas, M. J.; Troncoso, A. M., y Asuero, A. G. (1986). Spectrophotometric determination of toxic trace elements in milk: a review. *Z. gesamte Hyg.* 32, 285-289.
- Herrera, A.; Miralles, B.; Florido, F., y Hardisson, A. (1985). Estudio bromatológico de sales comestibles consumidas en Canarias. *Alimentaria* 172, 35-40.
- Holak, W. (1975). Determination of heavy metals in foods by anodic stripping voltammetry after sample decomposition with sodium and potassium nitrate fusion. *Journal of Association of Analytical Chemists* 58, 777-780.
- Hund, E.; Massart, D. L., y Smeyers-Verbeke, J. (2001). Operational definitions of uncertainty. *Trends in Analytical Chemistry* 20, 394-406.
- Karatepe, A. U.; Soylak, M., y Elci, L. (2002). Cobalt determination in natural water and table salt samples by flame atomic absorption spectroscopy/on-line solid phase extraction combination. *Analytical Letters* 35, 2363-2374.
- Kartikyan, S.; Rao, T. P.; Iyer, C. S. P., y Damodaran, A. D. (1993). Spectrophotometric determination of traces of nitrite with Rhodamine-6-G. *Mikrochimica Acta* 111 (4-6), 193-198.
- Kunhlein, H. V. (1980). The trace element content of indigenous salts compared with commercially refined substitutes. *Ecology of Food and Nutrition* 10/2, 113-121.
- Makhno, A. Y., y Alemasova, A. S. (1992).

- Determination of heavy-metal impurities in table SALT. *Industrial Laboratory* 58, 1142-1143.
- Ministerio de Sanidad y Consumo (1985). Análisis de Alimentos. Métodos Oficiales y Recomendados por el Centro de Investigaciones y Control de la Calidad, Secretaría General Técnica, Servicio de Publicaciones, Madrid.
- Nabrzyski, M. (1973). Improvements in the wet oxidation-Dithizone method for determining low mercury levels in food. *Analytical Chemistry* 45, 2438-2440.
- Navas, M. J.; Herrador, M. A.; Jiménez, A. M., y Asuero, A.G. (1984). Elementos traza en alimentos. II. Metales tóxicos. *Alimentaria* 153, 61-66.
- Obiols, J., y Rafols, J. M. (1968). Determinación de cobre y potasio en sal, por espectrofotometría de absorción atómica. *Afinidad* 113.121.
- Panreac (1985). Métodos Analíticos en Alimentaria. Aguas. Métodos Oficiales de Análisis Químicos y Biológicos, 62-63.
- Rodier, J. (1998). Análisis de las Aguas Naturales, Aguas Residuales y de Mar, Ed. Omega, Barcelona.
- Simal, J.; Iglesias, I., y Fernández, B. (1982). Valoración de nitritos y nitratos en sales para la alimentación. *Anales de Bromatología* 34-2, 177-190.
- Snell, F. D. (1978). Photometric and Fluorimetric Methods of Analysis, Part 1, Wiley, Nueva York, p. 114.
- Soylak, M.; Aragan, F.; Elci, L., y Dogan, M. (2001). A new preconcentration and separation method for flame atomic absorption spectrometric determinations of some trace metal ions on a Diaion HP-20 column. *Annali di Chimica* 91, 637-647.
- Soylak, M.; Narin, I.; Elci, L., y Dogan, M. Atomic absorption spectrometric determination of copper, cobalt, cadmium, lead, nickel and chromium in table salt samples after preconcentration on activated carbon. *Kuwait Journal of Science and Engineering* 28, 361-370.
- Soylak, M.; Karatepe, A. U.; Elci, L., y Dogan, M. (2003). Column preconcentration/separation and atomic absorption spectrometric determinations of some heavy metals in table salt samples using amberlite XAD-1180. *Turkish Journal of Chemistry* 27, 235-242.
- Soylak, M.; Elci, L., y Dogan, M. (2003). Uses of activated carbon columns for solid phase extraction studies prior to the determination of traces heavy metal ions by flame atomic absorption spectrometry. *Asian Journal of Chemistry* 15, 1735-1738.
- Uesugi, K., y Yamaguchi, S., e Ishihara, Y. (1982). Determination of Koper in seawater, brine and common SALT by atomic absorption spectrophotometric method with 5-bromo salicylaldoxime extraction. *Nippon Kaisai Gakkai-shi* 35, 299-302.
- Wojciechowska-Mazyrek, M. (1983). Toxic elements in various types of Polish domestic salt. *Rocz. Parstw. Zakl. Hig.* 34 (2), 165-170.



(Servicio de Información y Documentación Alimentaria)

Con la colaboración técnica del personal de este servicio podrá usted tener respuesta a cualquier consulta o problema que se le plantee en los aspectos científicos, técnicos, sanitarios, nutritivos, jurídicos, comerciales, de formación e información a todos los niveles, bibliográficos, analíticos y legislativos o normativos.

Dirigirse a:

Calle General Álvarez de Castro, 39, bajo
Teléfonos: (91) 446 96 01 - (91) 446 96 59 - (91) 446 98 58. Fax: (91) 593 37 44
E-mail: eypasa@retemail.es o eypasa1@terra.es. www:sid-alimentaria.com

¡SOLICITE LA LEGISLACIÓN ESPECÍFICA QUE NECESITE, TANTO DE ESPAÑA
COMO DE LA UNIÓN EUROPEA!

(Puesta al día)

Después de su petición se emite presupuesto y recibida la conformidad se remite la factura para confirmación de abono y envío del material.