



DETERMINACION DE LA ADSORCION DE PLOMO EN VEGETALES FRESCOS

Juan Ignacio Corujo, Ana Cecilia González, Dora Jiménez y Alejandra Regand.

Centro de Investigación, Universidad La Salle

RESUMEN

La cantidad de plomo (Pb) adsorbido por 15 muestras de vegetales frescos (clasificados botánicamente como hongos, tubérculos, raíces, cereales, frutos y semillas, hojas y tallos) fue determinada basándose en la lectura al espectrofotómetro a 525 nm de un complejo colorido formado a partir de la reacción de los iones Pb con el 4(2-piridilazol) resorcinol (PAR). El contenido de Pb en las muestras estudiadas varió entre 0.72 y 17.4 ppm.

Aquellos vegetales que se cultivan sobre la superficie de la tierra (tallos, hojas y hongos) presentaron una mayor adsorción de Pb, con excepción de la col. debido a que se encuentra rodeada de varias capas de hojas que impiden la adsorción directa de Pb a través del aire.

Los tubérculos y raíces presentaron un menor grado de adsorción, ya que al desarrollarse bajo tierra, únicamente absorben el Pb presente en el suelo. El betabel, a pesar de ser una raíz, presentó una absorción alta; éste suele emerger considerablemente del suelo y por tanto, es más susceptible al Pb en la atmósfera.

El nivel máximo permitido de Pb en vegetales frescos es de 2 ppm. La mayoría de las muestras analizadas sobrepasaron este límite, por lo que se recomienda lavar y hervir perfectamente los vegetales antes de su consumo. Esto puede disminuir el contenido de Pb superficial presente en el vegetal, mas no así el absorbido en los tejidos del mismo.

INTRODUCCION

La producción agroalimentaria no es inmune a la contaminación de los suelos y de las capas freáticas, y a la contaminación atmosférica, que contribuyen de forma importante a la presencia de contaminantes en los alimentos, desde su lugar de producción hasta la mesa del consumidor. Debido a esto los metales pesados, los hidrocarburos cíclicos y policíclicos, las nitrosaminas y otros elementos orgánicos deben ser objeto de intensa vigilancia, tanto por sus efectos contaminantes generales como por sus efectos fisiopatológicos a mediano y largo plazo (Derache 1990).

El plomo es un metal utilizado en la industria por su resistencia a la corrosión, aunque en realidad es atacado fácilmente en presencia del oxígeno del aire, por ácidos débiles, tales como el dióxido de carbono disuelto en agua, o ácidos orgánicos presentes habitualmente en los frutos o en las preparaciones culinarias derivadas (ácido cítrico, tartárico, málico, etc.) También puede disolverse fácilmente con los ácidos grasos liberados por el enranciamiento de determinados aceites insaturados, como el aceite de oliva (Derache 1990). El 67% del plomo en la sangre de la mayoría de los habitantes adultos de las ciudades deriva de los alimentos, el 20% del agua y el 18% del aire. Este último es el principal contribuyente del contenido de plomo en alimentos debido a que contamina las superficies y de este modo, se introduce en la cadena alimenticia. La fuente más importante de contaminación por plomo en el aire son los residuos de éste emitidos a la atmósfera originados por los vehículos automotores que utilizan gasolina con plomo (Albert 1985).



En los alimentos de origen vegetal se ha determinado que el plomo no es un tóxico sistémico, ya que no se difunde por el sistema vascular de la planta y no contamina, o contamina poco, las partes aéreas consumibles; la absorción por las raíces no se eleva más de 1000 ppm (mg/kg) en el suelo (Derache 1990).

Esta característica añadida a su efímera persistencia en las aguas, contribuye a explicar su bajo poder de biomagnificación a través de la cadena alimentaria (Derache 1990).

Las hojas o los frutos pueden en cambio sufrir una contaminación más o menos importante por deposición de plomo en las inmediaciones de industrias o autopistas, resultando un riesgo para hombres y animales el consumo de éstos vegetales contaminados (Derache 1990).

MATERIALES Y METODOS

Preparación de las muestras.

Para este estudio se seleccionaron 15 muestras de vegetales frescos consumidos habitualmente por la población mexicana, basándose en la clasificación botánica de Holdsworth (1988): camote y papa (tubérculos); zanahoria, apio y betabel (raíces); champiñones (hongos); tomate, chile, pimiento (frutos y semillas); elote de maíz (cereal); col, espinaca y perejil (hojas); y cebolla y ajo (tallos).

Se adquirió un kilogramo de cada vegetal en una tienda de autoservicio, basando la selección en la facilidad de manejo y adquisición. De estos vegetales, se obtuvieron 100 g de muestra representativa por triplicado, los cuales fueron molidos y calcinados en mufla a una temperatura de 550 °C, por un tiempo aproximado de 20 hrs hasta verificar la homogeneidad de las cenizas (en algunas muestras fue necesario agregar ácido nítrico como fundente).

Las cenizas fueron disueltas en 5 ml de ácido clorhídrico y se agregaron 100 ml de agua destilada en constante agitación (pH alrededor de 1). Se tomó una alícuota de 50 ml y se añadieron 0.5 ml de HNO₃ y 0.5 ml de peróxido de hidrógeno. Se evaporó hasta sequedad y se disolvió el residuo en aproximadamente 5 ml de HNO₃ diluido (1:9). Se ajustó el pH (3- 6) con solución de hidróxido de amonio 0.1N y se aforó a 50 ml con agua destilada (se filtró cuando la solución presentó turbidez).

Determinación de plomo.

Este análisis se basa en que en soluciones alcalinas, los iones Pb reaccionan con el 4(2-piridilazol) resorcinol (PAR) para formar un complejo rojo que es determinado espectrofotométricamente. La longitud de onda a la cual este complejo tiene una mayor absorbencia es de 525 nm. El rango de medición va de 0.1 a 5.0 mg/l Pb (método 14833 Merck Co.). En las celdas de reacción se añadieron 5 gotas de cloruro de hidroxilamonio y se agregaron 5 ml de la muestra previamente preparada. Cada muestra se agitó y transfirió a una celda para espectrofotómetro. Inmediatamente se realizó la lectura a 525 nm.

Preparación de la curva de calibración.

A partir de una solución estándar de plomo de 1000 mg/litro, se realizaron las respectivas diluciones para obtener concentraciones entre 0.1 y 5.0 mg/litro.

RESULTADOS Y DISCUSION:

Curva de calibración.

Los datos obtenidos en la curva de calibración se muestran en la Tabla 1:

TABLA 1
Curva de calibración

Concentración (ppm)	Absorbencia (525 nm)
0.1	0.045
1.0	0.212
2.0	0.230
3.0	0.452
4.0	0.479
5.0	0.208

Abs= 0.382(C) + 0.125, en donde

C=concentración

R= 0.98

Determinación de plomo.

Debido a que la concentración real de Pb presente en los vegetales resultó ser mayor a las lecturas obtenidas en la curva estandar, se realizaron una serie de diluciones para respetar la ley de Beer. El contenido de metal en por ciento en peso presente en cada vegetal se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ plomo} = (\text{mg Pb/litro})/2000$$

donde:

% plomo = expresado como g Pb/100 g vegetal;

mg Pb/litro = valor extrapolado en la curva patrón

Si el % de plomo se expresa en partes por millón, se tiene:

$$\text{ppm} = (\text{mg de Pb/litro})(5) = \text{mg Pb/ kg vegetal}$$

donde:

mg Pb/litro = valor extrapolado en la curva patrón

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. Las muestras fueron clasificadas con el objeto de realizar una comparación en base a las características morfológicas y las condiciones de cultivo de cada vegetal.

Una de las fuentes de contaminación más importante es la que se da por el aire; por lo tanto, los vegetales que se cultivan sobre la superficie de la tierra presentan un mayor grado de adsorción de plomo, que aquellos vegetales que se cultivan bajo tierra. Tal es el caso de las hojas, tallos y hongos los cuales tienen una concentración elevada de plomo. La col, sin embargo, presenta una adsorción menor. Esto es debido a que ésta se encuentra rodeada de varias capas de hojas que la conforman de manera compacta. Otros estudios (Torija y Martínez 1982, Thornton y Jones 1984, Zurera et al 1987, Bosque et al 1990) confirman lo anterior.

El lugar en donde han sido cultivados estos vegetales es muy importante, especialmente si el campo de cultivo se encuentra localizado cerca de una carretera, autopista o complejo industrial. Beaud et al (1982), Syrocka y Zalewski (1984), Weber (1984), Nasralla y Ali (1985) y Jorhem (1989) han estudiado este efecto en vegetales, sugiriendo que el plomo se acumula en las plantas a través del follaje y las raíces; sin embargo, la adsorción a través de las hojas es más pronunciada en aquellos



lugares cercanos a la fuente de emisión de plomo (carreteras o industria). Nasralla y Ali (1985) encontraron en hojas de lechuga y col concentraciones de hasta 78.4 ppm en sus partes comestibles, mientras que las acumulaciones más bajas se dieron en zanahorias y rábanos (con un promedio de 3.8 ppm).

Este hecho podría ayudar a explicar los valores elevados de plomo en el perejil, espinaca, ajo y betabel. Sin embargo, no hay pruebas sobre la cercanía del campo de cultivo a alguna carretera o industria importante, ya que las muestras fueron adquiridas en una tienda de autoservicio.

Los tubérculos y las raíces presentaron menor grado de adsorción, ya que se desarrollan bajo tierra y únicamente absorben el plomo que pudiera haber en el suelo, normalmente con una concentración que varía entre 2 y 200 ppm. En suelos urbanos, la concentración de plomo llega a ser muy elevada. Thornton y Jones (1984) han encontrado en cinco ciudades británicas concentraciones que varían entre los 60 y 4,100 ppm. En su investigación, la concentración de plomo en las muestras estudiadas (lechuga y rábano) aumentó con el contenido de plomo en el suelo. Por fortuna, la absorción de plomo a través de las raíces es muy baja.

TABLA 2
Plomo Adsorbido en Vegetales Frescos

MUESTRA	ppm Pb	Desv. Estándar
Hongos:		
- Champiñones	0.7340	0.2305
Tubérculos:		
- Camote	0.7210	0.1016
- Papa	0.8335	0.0960
Raíces:		
- Zanahoria	2.7245	0.5086
- Apio	2.9705	0.3485
- Betabel	10.1475	3.0720
Frutos y Semillas:		
- Tomate	1.0185	0.2250
- Chile	3.7760	0.4460
- Pimiento	4.9015	0.8210
Cereales:		
- Maíz	5.4300	0.3550
Tallos:		
- Cebolla	7.0365	0.1330
- Ajo	11.0440	0.3690
Hojas:		
- Col	8.8790	0.5215
- Espinaca	9.3625	1.4070
- Perejil	17.4200	3.2100

Vegetales como el perejil, espinaca, ajo y cebolla están en contacto directo con la tierra, por lo que pueden absorber también el plomo presente en el suelo. Con lo que respecta al betabel, éste se incluye dentro de la clasificación de raíces; sin embargo, hay variedades en las que la raíz es tan grande que emerge considerablemente del suelo, siendo de esta forma susceptible a una mayor adsorción, a tal grado que su contenido de plomo reportado puede compararse con la de los vegetales clasificados en hojas y tallos.

Es importante hacer notar la semejanza en cuanto a la adsorción de plomo observada en las muestras de tubérculos (papa y camote) y las raíces (zanahoria y apio). Esto parece indicar que las características morfológicas propias de cada especie afectan poco la adsorción de plomo, siempre y cuando éstas estén protegidas del medio externo.

Los granos de maíz se encuentran en un rango medio de adsorción de plomo, ya que aunque la mazorca se desarrolla a la interperie, el maíz se encuentra protegido por hojas que impiden el contacto directo del grano con el aire. En ocasiones, las hojas no llegan a cubrir perfectamente el elote y esto puede representar una mayor adsorción de Pb a través de la atmósfera.

Los frutos y semillas reportan diversos valores debido a que existen varios factores que influyen en la adsorción del plomo. Por ejemplo el tomate presenta una concentración baja debido a que se encuentra cubierto por una hoja; sin embargo, el pimiento y el chile, a pesar de que se cultivan en forma muy parecida al tomate, no cuentan con una hoja de protección que los recubra, estando más expuestos al medio externo.

Concentraciones excesivas de plomo en las plantas pueden causar reducciones en el crecimiento y rendimiento de la planta, y en algunos casos la muerte. Sin embargo, la interacción de metales con plantas no está muy bien entendida y se complica usualmente debido a la presencia de otros contaminantes atmosféricos, tales como la lluvia ácida, dióxido de azufre y partículas suspendidas (Connel y Miller, 1984). Barber (1974) estudió el sistema radicular y su interacción con metales pesados, encontrando que la presencia de éstos limita los niveles de fósforo, hierro y potasio presentes en los tejidos de las raíces. Hampp y Lenzian (1974) encontraron que la presencia de plomo en el citoplasma provoca la biogénesis de la clorofila, al inhibir dos enzimas: la α -aminolevulinato deshidratasa y la profobilinogenasa.

En el aspecto toxicológico, la metodología requerida para valorar el grado de exposición al plomo se basa en la medición de su concentración en la sangre. Los valores límites escogidos por convención son:

- A nivel individual valores de 35 $\mu\text{g}/100$ ml de sangre.
- A nivel colectivo los tres valores siguientes:
 - percentil 50 (media): 20 $\mu\text{g}/100$ ml
 - percentil 90: 30 $\mu\text{g}/100$ ml
 - percentil 98: 35 $\mu\text{g}/100$ ml

Estos niveles de plomo incluyen las diferentes dosis recibidas por el organismo, durante un periodo anterior reciente, aproximadamente de 6 a 8 semanas, considerando al mismo tiempo las distintas vías de entrada de este metal.

Por su parte, la OMS ha estudiado la absorción de plomo a través de la vía digestiva, estimando que una ración alimentaria diaria que incluya 100 μg de plomo representa un incremento de 10 $\mu\text{g}/100$ ml de sangre en los niveles de plomo del individuo (Derache 1990).

Käferstein y Klein (1980) han encontrado que la limpieza general de frutas y verduras puede reducir el contenido de Pb hasta en un 50% y recomiendan estas medidas previas al consumo de estos alimentos.



Por último, hay que procurar evitar una mayor absorción de plomo durante la manipulación y preparación de los vegetales en la cocina. Esto se puede lograr al no almacenar, cocinar o servir alimentos en recipientes con plomo; entre estos se incluyen cerámica cocida a bajas temperaturas, ollas de peltre de baja calidad, utensilios y platos con superficies pintadas.

CONCLUSIONES

El contenido de plomo de los vegetales muestreados en el experimento varió entre 0.72 y 17.40 ppm. Es evidente que los niveles de plomo predominantes en la atmósfera de la República Mexicana, influyen directamente en el contenido de plomo de los vegetales que se cultivan.

La concentración de Pb en los vegetales estudiados no presenta un riesgo significativo para la salud; aunque se sabe que existe una mayor sensibilidad de los niños a la absorción de plomo. Por esta razón, se recomienda la limpieza adecuada de los vegetales antes de ser consumidos.

AGRADECIMIENTOS:

Los autores desean agradecer a la Q.F.B. Ma. de Jesús Ramirez su valiosa ayuda durante la determinación química del plomo en las muestras, así como a la Escuela de Ciencias Químicas por el préstamo de sus laboratorios para la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFIA:

ALBERT, L.A. 1985. "Plomo". En: Curso básico de toxicología ambiental. Limusa Noriega. 1ª reimpresión.

BARBER, S. A. 1974. "Influence of the Plant Root on Iron-Movement in the Soil". En: The plant root and its environment. Ed. E.W. Carson. Charlottesville University Press, Charlottesville, Virginia.

BEAUD, P., ROLLIER, H. y RAMUZ, A. 1982. Contaminations by road traffic of foods sold from shop-fronts. *Mitteilungen aus dem gebiete der lebensmitteluntersuchung und hygiene* 73(2):196-207.

BOSQUE, M.A., SCHUHMACHER, M., DOMINGO, J.L. y LLOBET, J.M. 1990. Concentrations of lead and cadmium in edible vegetables from Tarragona Province, Spain. *Sci. of Total Environ.* 95:61-67

CONNELL, D.W. y MILLER, G.J. 1984. "Atmospheric Pollutants", en: Chemistry and ecotoxicology of pollution. Ed. R.L. Metcalf y W. Stumm. John Wiley & Sons, Inc.

DERACHE, R. 1990. Toxicología y Seguridad de los Alimentos. Ed. Omega Barcelona, 1990.

HAMPP, R. y LENDZIAN, K. 1974. Effect of lead ions on chlorophyll synthesis. *Naturwissenschaften* 61:218.

HOLDSWORTH, S.D. 1988. Conservación de frutas y hortalizas. Ed. Acribia, Zaragoza, 1988.

JORHEM, L. 1989. Lead in fruit and vegetables grown in the vicinity of the Tudor AB factory in the Ale district of Sweden in 1988. *SLV Report No.2:233.*

KÄFERSTEIN, F.K. y KLEIN, H. 1980. Self-protection of consumers: avoidance of excess amounts of heavy metals from food. *Bundesgesundheitsblatt* 23(3):32-35.

MERCK CO. Lead Cell Test. Method 14833. Postfach 41 19, d-6100 Darmstadt 1, Tel: 061 51/720.

NASRALLA, M.M. y ALI, E.A. 1985. Lead accumulation in edible portions of crops grown near

Egyptian traffic roads. *Agric. Ecosys. & Environ.* 13(1):73-82.

SYROCKA, K. y ZALEWSKI, W. 1984. Lead content of some vegetables cultivated in the Siedlece Region. *Bromatol. in Chemia Toksykologiczna* 17(2):173-175.

THORNTON, I. y JONES, T.H. 1984. Sources of lead and associated metals in vegetables grown in British urban soils: uptake from the soil versus air deposition. *Trace Subst. in Environ. Health* 18:303-310.

TORIJA, M.E. y MARTINEZ, M.C. 1982. Contaminación de vegetales frescos con plomo y cadmio. *Anal. Bromatol.* 34(1):71-80.

WEBER, O. 1984. Pb, Cd and Zn contents of vegetables from the Nürnberg region in 1975-1983. *Industrielle Obst - und Gemüseverwertung.* 69(5):215-218.

ZURERA, G., ESTRADA, B., RINCON, F. y POZO, R. 1987. Lead and cadmium contamination in edible vegetables. *Bull. of Environ. Contam. & Toxicol.* 38(5):805-812.