

## VARIACIÓN DE LOS NIVELES DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS DURANTE EL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA LECHE DE VACA

Stefan M. WALISZEWSKI, Ángel A. AGUIRRE, Rosa M. INFANZON y José SILICEO

Instituto de Medicina Forense de la Universidad Veracruzana, SS Juan Pablo II esq. Reyes Heróles, Boca del Río 94290 Veracruz, Ver. correo electrónico: stefanmw@vice-ver.veracruz.uv.mx

*(Recibido mayo 1999, aceptado marzo 2000)*

Palabras clave: plaguicidas organoclorados, leche, tratamiento térmico

### RESUMEN

Los plaguicidas organoclorados se acumulan a través de la cadena trófica en la fase lipídica de los organismos a causa de su persistencia y lipofilia. Debido a la incorporación de las grasas endógenas en la producción de la leche, los plaguicidas organoclorados almacenados se excretan formando una vía de descontaminación del organismo mamífero. La leche de vaca cotidianamente se higieniza sometiénola a un tratamiento térmico que consiste en calentarla hasta el punto de ebullición o dejarla hervir a fuego lento durante 10 minutos. Los niveles de plaguicidas organoclorados determinados (HCB, isómeros  $\alpha,\beta,\gamma$ -HCH, pp'DDT, op'DDT y pp'DDE) en grasa de leche cruda, calentada o hervida durante 10 minutos, indican que aumentan significativamente en la leche calentada y disminuyen en la hervida. Este fenómeno se debe al enlace específico de los plaguicidas a los componentes lipídicos de la leche y a su desnaturalización durante el tratamiento térmico.

Key words: organochlorine pesticides, milk, heat treatment

### ABSTRACT

Caused by persistence and lipophilicity, organochlorine pesticides accumulate in the food chain especially in the lipidic phase of organisms. Due to the incorporation of endogenous fat in milk production, the accumulated organochlorine pesticides are excreted making this one of the important means of mammalian decontamination. The cow's milk is routinely hygienized by heat treatment, which consists of heating the milk to boiling point or leaving the milk to boil up to 10 minutes. The determined organochlorine pesticides (HCB,  $\alpha,\beta,\gamma$ -HCH isomers, pp'DDT, op'DDT and pp'DDE) in the fat of raw milk, heated milk and boiled milk indicate an increase of statistically significant levels in the heated milk and a decrease in the boiled milk. The phenomenon is caused by the specific ligament of pesticides to the lipophilic components of milk and by denaturation of these ligaments by the heat treatments.

---

### INTRODUCCIÓN

En México, la dispersión de los residuos de plaguicidas en el ambiente se inició con su introducción masiva durante la década de los años cincuenta, cuando se promovió el monocultivo en grandes espacios y el mejoramiento de los rendimientos agrícolas, aplicando

plaguicidas y fertilizantes en concentraciones elevadas (Arata 1986, Hodgson 1991). Paralelamente, en las zonas tropicales de México, se extendió a través de la Secretaría de Salud el programa de erradicación de la malaria y de las enfermedades parasitarias de la piel, que se basó en el uso intenso del DDT y del Lindano. Esta actividad dejó residuos en el ambiente, incluyendo a los

alimentos y a la población expuesta a sus vapores.

El DDT y el Lindano son los insecticidas organoclorados de mayor persistencia y bioacumulación en la cadena trófica. Actualmente se les utiliza en forma restringida; el DDT es recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como insecticida de selección en las campañas sanitarias en áreas tropicales para el control de vectores susceptibles, transmisores del paludismo (WHO 1984, 1994, Curtis 1994, Roberts y Andre 1994) y el Lindano ó  $\gamma$ -hexaclorociclohexano ( $\gamma$ -HCH) se usa, aunque menos, en la agricultura, en la protección de las semillas y en la esterilización del suelo en la ganadería para el combate de los ectoparásitos del ganado y en el Sector Salud en el combate sanitario de parásitos de la piel en humanos (CICOPLAFEST 1994, Tomlin 1997).

Las rutas de ingreso de estos plaguicidas al organismo humano y de los animales comprenden la inhalación de los vapores del plaguicida después de haberlo rociado en el entorno, la ingesta de alimentos contaminados y la absorción dérmica (Jury *et al.* 1983, Singh *et al.* 1988, Matthies *et al.* 1991, Willett *et al.* 1993, Kannan *et al.* 1994, Waliszewski 1995). Los plaguicidas organoclorados, debido a sus propiedades lipofílicas y a su persistencia, se acumulan en la cadena alimenticia y en el tejido adiposo de los organismos expuestos (IPCS 1979, Chin 1992, Hotchkis 1992, Miller Jones 1992, Waliszewski *et al.* 1996). Debido al reciclaje de las grasas endógenas y a su incorporación en la producción de leche en la glándula mamaria de los mamíferos, los plaguicidas almacenados en la grasa endógena se excretan del organismo formando una vía de descontaminación. Por ello, el grado de contaminación de la leche se relaciona estrechamente con el grado de depósito de los plaguicidas persistentes en el tejido adiposo (Pérez y Pérez 1984, Fürst *et al.* 1994, Patton *et al.* 1995, Sonawane 1995, Czaja *et al.* 1997).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se adquirieron en total 50 muestras de leche de vaca de 3 litros cada una en diferentes fechas, procedentes de los establos cercanos a la ciudad de Veracruz, para realizar su monitoreo en áreas donde se aplican los plaguicidas organoclorados en el combate sanitario. Cada muestra fue dividida en tres partes, una se centrifugó para separar las grasas de la leche cruda (el contenido osciló entre 3.5 y 4.0%) y las dos partes restantes fueron tratadas de acuerdo con las costumbres cotidianas de los habitantes de Veracruz para higienizarla. El primer tratamiento consistió en calentar la leche hasta el punto de ebullición (100°C medidos con un termómetro) y el segundo en hervir la leche durante 10 minutos (a la misma temperatura de 100°C). Posterior a este tratamiento, cada una de las leches se enfriaron y se

centrifugaron para separar la grasa.

La cristalería utilizada para la recolección de las muestras y el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados fue lavada con mezcla crómica, enjuagada con abundante agua potable, agua destilada y éter de petróleo para evitar así la contaminación de las muestras procesadas por ésteres de ftalatos que interfieren en el análisis cromatográfico. Cada botella de disolvente, antes de utilizarla, fue sometida a un análisis cromatográfico para evitar la contaminación de la muestra y la interpretación errónea de los resultados.

La extracción y la purificación de los extractos con los plaguicidas organoclorados presentes en la grasa de la leche se realizó de acuerdo con el método descrito por Waliszewski y Szymczynski (1982). La muestra de aproximadamente 2 gramos de grasa de leche se colocó en un mortero y se trituró con suficiente cantidad de sulfato de sodio hasta obtener el polvo seco y homogéneo. Posteriormente, la muestra se pasó a una columna cromatográfica de 1 cm id y 50 cm de longitud, con un disco poroso de cristal o un tapón de fibra de vidrio y un receptáculo para su retención. La muestra en la columna se compactó, eliminando las burbujas de aire. Las grasas de las leches que contenían disueltos los residuos de plaguicidas organoclorados se extrajeron con 100 ml de éter de petróleo, con un flujo de 3 ml/min. El eluato se concentró hasta aproximadamente 30 ml en un rotaevaporador con una temperatura del baño de agua de 40°C. El extracto concentrado se dejó reposar media hora a temperatura ambiente. Se tomaron 10 ml de extracto y se transfirieron a un matraz de 50 ml, previamente pesado en la balanza analítica, para determinar gravimétricamente la cantidad de grasas. El contenido del matraz se evaporó en el rotaevaporador a sequedad para eliminar el disolvente y se pesó nuevamente en la balanza analítica para determinar gravimétricamente la cantidad de sustancias no volátiles consideradas como grasa. Otros 10 ml del extracto se transfirieron cuantitativamente a un tubo de ensayo con tapón de polietileno o teflón, para precipitar las grasas con ácido sulfúrico concentrado. El extracto purificado se secó, pasándolo por una capa de sulfato de sodio y se concentró en el rotaevaporador hasta unas gotas. El extracto concentrado se pasó a un tubo graduado de 1 ml para aforarlo a un volumen final de 1.0 ml y proceder a los análisis cualitativo y cuantitativo por cromatografía de gases con detección por captura de electrones.

Las determinaciones cualitativa y cuantitativa se realizaron por cromatografía de gases en un cromatógrafo Varian Modelo 3400CX con detector de captura de electrones con fuente radioactiva  $^{63}\text{Ni}$ , conectado a una computadora con software Varian Star 4.5. La separación de los plaguicidas se efectuó de acuerdo con el método 608 de la Environmental Protection Agency de los EUA (US EPA 1982) en una columna cromatográfica capilar

de megaboro SPB-608 de 30 m x 0.53 mm id y 0.5 µm de film de la marca Supelco. Las condiciones cromatográficas fueron las siguientes: nitrógeno como gas de arrastre con un flujo de 6.7 mL/min; las temperaturas: la columna fue programada desde 140°C (3 min) hasta 265°C con aumento de 10°C por minuto mantenida durante 10 minutos subsiguientes, el inyector de 250°C y el detector en 320°C, el volumen de inyección “split/splitless” fue de 1 µL.

Para valorar el método analítico se llevó a cabo un estudio de adición de una mezcla de estándares de HCB, α-HCH, β-HCH, γ-HCH pp’DDT, op’DDT, pp’DDE en 10 repeticiones a un nivel de 0.01 mg/kg a una muestra de grasa de leche con un nivel mínimo, cercano al límite de detectabilidad por plaguicidas organoclorados, que permitió precisar el porcentaje de recuperación de los plaguicidas investigados, así como la desviación estándar de los resultados obtenidos. Estos fueron sometidos posteriormente a una evaluación estadística que indicó la recuperación de 91 a 96% con desviación estándar de 4.6 a 7.2, que de acuerdo con la AOAC son porcentajes excelentes de recuperación y precisión.

El cálculo estadístico de los resultados se realizó mediante análisis descriptivo y de correlación. Las diferencias entre los niveles de plaguicidas en función del factor de tratamiento térmico de la leche se evaluaron por medio del análisis apareado, con el cálculo del coeficiente de correlación y del análisis ANOVA con la prueba de comparación múltiple de Tukey-Kramer, utilizando el programa estadístico Minitab versión 12.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La leche es una emulsión de grasa y una dispersión coloidal de proteínas acompañada de lactosa, minerales, vitaminas y enzimas, que constituye un alimento ideal para el lactante mamífero. Casi todos los lípidos de la leche se

encuentran en forma de pequeños glóbulos con tamaños desde 0.1 hasta 20 micrómetros de diámetro. La estabilidad de los glóbulos depende básicamente de la película interfásica de su superficie, denominada membrana del glóbulo, que separa las grasas del ambiente acuoso. La estabilidad del glóbulo también está relacionada con la composición química de la membrana, especialmente de la esfingomielina, con el tamaño de la cadena, el grado de insaturación de los ácidos grasos participantes, de factores endógenos (raza, alimentación, etapa de lactancia) y de factores externos (calentamiento, batido, homogeneización, concentración, enfriamiento, efecto de la flora bacteriana) (Pérez y Pérez 1984, Robert y Clark 1988).

La acción térmica sobre los componentes de la leche depende no sólo de la temperatura, sino también del tiempo aplicado. La degradación de la grasa por el calor desestabiliza la estructura del glóbulo graso y desnaturaliza las aglutininas superficiales del glóbulo. Los procesos térmicos no parecen tener efecto sobre los plaguicidas organoclorados, ya que éstos son bastante estables para resistir las condiciones relativamente suaves de la pasteurización o de la esterilización clásica (Méndez *et al.* 1979).

La leche de vaca cruda que venden directamente los productores, se esteriliza sometiéndola a un tratamiento térmico habitual realizado en el hogar, que consiste en su calentamiento hasta el punto de ebullición (cuando se está levantando la espuma) o dejándola hervir a fuego lento durante 10 minutos, para preservarla de su descomposición bacteriana. Durante el estudio, las muestras de leche adquirida se someten a los dos procesos mencionados para posteriormente comparar los niveles de plaguicidas organoclorados de la leche cruda con los niveles de las leches sometidas al proceso térmico.

En la **tabla I** se presentan los valores promedio, de desviación estándar y de media geométrica de las determinaciones de plaguicidas organoclorados. Estos valo-

**TABLA I.** PROMEDIO ( $\bar{X}$ ), DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DE) Y MEDIA GEOMÉTRICA (MG) DE LOS PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS (mg/kg EN BASE LIPÍDICA), VALOR (*P*) DE DOS COLAS Y COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (*r*) ENTRE LA LECHE CRUDA Y LA CALENTADA HASTA PUNTO DE HERVIR

Plaguicida	leche cruda		M G	leche calentada		Valor p apareado de dos colas	Coeficiente de correlación (r)
	$\bar{X}$	± DE		$\bar{X}$	± DE		
HCB	0.010	± 0.006	0.008	0.011	± 0.006	0.3501 NS	0.7557 E
α-HCH	0.006	± 0.004	0.005	0.007	± 0.004	0.1141 NS	0.8612 E
β-HCH	0.012	± 0.012	0.008	0.017	± 0.016	0.0002 ***	0.9929 E
γ-HCH	0.006	± 0.004	0.004	0.006	± 0.005	0.8755 NS	0.9421 E
Σ-HCH	0.024	± 0.019	0.018	0.030	± 0.024	0.0007 ***	0.9901 E
pp’DDE	0.070	± 0.022	0.066	0.085	± 0.017	0.0224 *	0.2016 NE
op’DDT	0.043	± 0.027	0.033	0.069	± 0.037	0.0006 ***	0.7640 E
pp’DDT	0.148	± 0.141	0.115	0.253	± 0.230	0.0022 **	0.9259 E
Σ-DDT	0.261	± 0.159	0.227	0.397	± 0.244	0.0003 ***	0.9183 E

NS, no significativo,  $p > 0.1$ , significativo \* ( $p < 0.05$ )

Muy significativo \*\* ( $p < 0.003$ ); extremadamente significativo \*\*\* ( $p < 0.007$ )

E, efectivo

NE, no efectivo

**TABLA II.** PROMEDIO ( $\bar{X}$ ), DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DS) Y MEDIA GEOMÉTRICA (MG) DE LOS PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS (mg/kg EN BASE LIPÍDICA), VALOR ( $P$ ) DE DOS COLAS Y COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ( $r$ ) ENTRE LECHE CRUDA Y LECHE HERVIDA POR 10 MINUTOS

Plaguicida	leche cruda		MG	leche hervida		Valor p apareado de dos colas	Coeficiente de correlación ( $r$ )	
	$\bar{X}$	$\pm$ DS		$\bar{X}$	$\pm$ DS			
HCB	0.010	$\pm$ 0.006	0.008	0.006	$\pm$ 0.004	0.005	0.0001 ***	0.7268 E
$\alpha$ -HCH	0.006	$\pm$ 0.004	0.005	0.005	$\pm$ 0.004	0.005	0.0478 *	0.9937 E
$\beta$ -HCH	0.012	$\pm$ 0.012	0.008	0.007	$\pm$ 0.007	0.006	0.0615 NS	0.9932 E
$\gamma$ -HCH	0.006	$\pm$ 0.004	0.004	0.004	$\pm$ 0.003	0.003	0.1048 NS	0.9606 E
$\Sigma$ -HCH	0.024	$\pm$ 0.019	0.018	0.014	$\pm$ 0.013	0.009	0.3993 NS	0.7985 E
pp'DDE	0.070	$\pm$ 0.022	0.066	0.058	$\pm$ 0.022	0.059	0.0158 *	0.4421 NE
op'DDT	0.043	$\pm$ 0.027	0.033	0.030	$\pm$ 0.021	0.026	0.0013 **	0.9233 E
pp'DDT	0.148	$\pm$ 0.141	0.115	0.110	$\pm$ 0.134	0.099	0.0438 *	0.1669 NE
$\Sigma$ -DDT	0.261	$\pm$ 0.159	0.227	0.188	$\pm$ 0.139	0.168	0.0054 **	0.3122 NE

NS, no significativo,  $p > 0.1$ ; significativo \* ( $p < 0.05$ )Muy significativo \*\* ( $p < 0.003$ ); extremadamente significativo \*\*\* ( $p < 0.007$ )

E, efectivo

NE, no efectivo

res comparados con la tolerancia mexicana se encuentran por debajo de los permitidos. La evaluación de los promedios y de las medias geométricas indica un incremento en todos los plaguicidas detectados después de calentar la leche hasta el punto de ebullición. El aumento más significativo se puede observar analizando las medias geométricas del  $\beta$ -HCH, cuyo valor asciende de 0.12 a 0.17 mg/kg en base lipídica y especialmente los niveles de DDT. El valor de pp'DDE ascendió de 0.066 a 0.084 mg/kg, mientras que del pp'DDT de 0.115 a 0.194 mg/kg, del op'DDT de 0.033 a 0.064 mg/kg en base lipídica. Asimismo los valores de HCH total ascendieron de 0.018 a 0.023 mg/kg y de DDT total de 0.227 a 0.353 mg/kg en base lipídica. Probablemente durante este tratamiento, los plaguicidas organoclorados enlazados a los

componentes macromoleculares de la leche se liberan y son arrastrados por los disolventes orgánicos durante el proceso de extracción. La evaluación estadística de los resultados a través del apareado indica valores significativos para los plaguicidas de mayor persistencia como son  $\beta$ -HCH, pp'DDE y pp'DDT, así como una correlación efectiva, excepto para el pp'DDE, de los niveles de plaguicidas organoclorados determinados en ambos grupos de muestras (leche cruda y leche calentada hasta el punto de ebullición).

La **tabla II** revela los valores promedio, las desviaciones estándar y las medias geométricas de las determinaciones de plaguicidas organoclorados en la leche cruda comparados con los de la leche hervida a fuego lento durante 10 minutos. La comparación de los valores

**TABLA III.** RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA ENTRE EL CONTENIDO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN LECHE CRUDA, CALENTADA Y HERVIDA

Plaguicida	Media $\pm$ DE	Error estándar	Mediana	Intervalo de confianza (95%) Rangos
HCB - Cru	0.009 $\pm$ 0.006	0.002	0.007	0.006 - 0.013
HCB - Cal	0.010 $\pm$ 0.006	0.001	0.010	0.008 - 0.014
HCB - Her	0.006 $\pm$ 0.004	0.001	0.004	0.003 - 0.008
$\alpha$ -HCH - Cru	0.006 $\pm$ 0.004	0.001	0.004	0.004 - 0.008
$\alpha$ -HCH - Cal	0.007 $\pm$ 0.004	0.001	0.006	0.005 - 0.009
$\alpha$ -HCH - Her	0.005 $\pm$ 0.003	0.001	0.003	0.003 - 0.006
$\beta$ -HCH - Cru	0.012 $\pm$ 0.012	0.003	0.008	0.006 - 0.019
$\beta$ -HCH - Cal	0.017 $\pm$ 0.016	0.004	0.012	0.009 - 0.026
$\beta$ -HCH - Her	0.007 $\pm$ 0.007	0.002	0.006	0.003 - 0.011
$\gamma$ -HCH - Cru	0.006 $\pm$ 0.004	0.004	0.005	0.003 - 0.008
$\gamma$ -HCH - Cal	0.006 $\pm$ 0.005	0.005	0.004	0.003 - 0.008
$\gamma$ -HCH - Her	0.004 $\pm$ 0.003	0.003	0.002	0.002 - 0.005
$\Sigma$ -HCH - Cru	0.024 $\pm$ 0.019	0.005	0.016	0.014 - 0.034
$\Sigma$ -HCH - Cal	0.030 $\pm$ 0.024	0.006	0.023	0.017 - 0.042
$\Sigma$ -HCH - Her	0.014 $\pm$ 0.013	0.003	0.009	0.008 - 0.022

Cru, cruda; Cal, calentada; Her, hervida

**TABLAIV.** RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO ANOVA ENTRE EL CONTENIDO DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN LECHE CRUDA, CALENTADA Y HERVIDA

Plaguicida	Media ± DE	Error estándar de la media	Mediana	Intervalo de confianza (95%) Rangos
pp'DDE - Cru	0.070 ± 0.022	0.005	0.008	0.058 - 0.081
pp'DDE - Cal	0.085 ± 0.017	0.004	0.008	0.076 - 0.094
pp'DDE - Her	0.058 ± 0.022	0.005	0.005	0.047 - 0.070
op'DDT - Cru	0.043 ± 0.027	0.007	0.040	0.029 - 0.058
op'DDT - Cal	0.069 ± 0.037	0.009	0.053	0.050 - 0.089
op'DDT - Her	0.030 ± 0.021	0.005	0.030	0.019 - 0.041
pp'DDT - Cru	0.148 ± 0.141	0.035	0.121	0.073 - 0.223
pp'DDT - Cal	0.253 ± 0.230	0.057	0.197	0.130 - 0.376
pp'DDT - Her	0.110 ± 0.134	0.034	0.079	0.038 - 0.181
Σ-DDT - Cru	0.261 ± 0.159	0.040	0.230	0.176 - 0.345
Σ-DDT - Cal	0.397 ± 0.244	0.061	0.341	0.267 - 0.527
Σ-DDT - Her	0.188 ± 0.139	0.035	0.148	0.114 - 0.262

Cru, cruda; Cal, calentada; Her, hervida

promedio y de las medias geométricas durante este tratamiento térmico muestran que los niveles de todos los plaguicidas organoclorados disminuyen significativamente. La media geométrica del HCB revela un descenso de 0.008 a 0.005 mg/kg en base lipídica. Las medias geométricas de los isómeros HCH manifiestan la disminución de alrededor de 40% de los niveles determinados en la leche cruda, el β-HCH bajó de 0.008 a 0.006 mg/kg y el γ-HCH (Lindano) de 0.004 a 0.003 mg/kg, mientras que el valor del HCH total baja de 0.018 a 0.009 mg/kg en base lipídica. La misma tendencia se puede observar las medias geométricas de pp'DDE, que bajan de 0.066 a 0.059 mg/kg, el pp'DDT de 0.115 a 0.099 mg/kg, el op'DDT de 0.033 a 0.026 mg/kg y el DDT total de 0.227 a 0.168 mg/kg en base lipídica. Se supone, que durante este proceso una parte de los plaguicidas organoclorados presentes en la leche de vaca que están enlazados a proteínas, lipoproteínas y fosfolípidos (Li *et al.* 1970, Méndez *et al.* 1979) se desnaturalizan bajo el efecto térmico, disminuyen su solubilidad y se adhieren a las superficies del recipiente disminuyendo su concentración en la leche, lo que concuerda con las observaciones de Langlois *et al.* (1965), China (1978), Abd Rabo *et al.* (1980), Shaker *et al.* (1985), Deiana y Fatichenti (1992) y Garrido *et al.* (1994). La evaluación estadística de apareado entre la leche cruda y la leche hervida durante 10 minutos señala un valor de *p* no significativo para β, γ, Σ-HCH y significativo para HCB y DDT, mientras que se establece una correlación efectiva para HCB, HCHs y op'DDT y no efectiva para pp'DDE, pp'DDT y Σ-DDT, en ambos grupos de muestras.

Las **tablas III y IV** presentan los resultados resumidos del análisis estadístico de homogeneidad de varianzas (ANOVA) entre los valores de plaguicidas organoclorados determinados en la leche cruda, en la calentada hasta el punto de ebullición y en la hervida durante 10 minutos.

Se puede observar el pronunciado ascenso de los valores de plaguicidas organoclorados en la leche calentada y un descenso en la leche hervida durante 10 minutos. La comparación múltiple de Tukey-Kramer indica valores estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) para los grupos de HCB, pp'DDE, op'DDT y DDT total entre la leche calentada y la hervida, mientras que para los demás plaguicidas organoclorados las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En conclusión, se puede señalar que el proceso de tratamiento térmico de la leche cruda de vaca habitualmente utilizada en el hogar, que consiste en el calentamiento de la leche hasta el punto de ebullición, incrementa el nivel de plaguicidas libres y su fácil extracción (van Renterghem 1976) para determinarlos a través de la técnica analítica por cromatografía de gases, mientras que el proceso prolongado de ebullición de la leche durante 10 minutos disminuye significativamente el nivel determinado de todos los plaguicidas organoclorados debido a los procesos de desnaturalización de los componentes de la leche, que probablemente enlazan a los plaguicidas. Este proceso puede constituir un medio para higienizar cotidianamente la leche con mayor eficiencia, así como para disminuir el contenido de contaminantes persistentes excretados por la vaca, bajando así la exposición del consumidor.

## REFERENCIAS

- Abd Rabo F.H., Abou Dawood A.E., Ahmed N.S. y Hassan F.A.M. (1980). Heat treatments change amounts of pesticide residues in Buffalo's milk. *Egyptian J. Dairy Sci.* 17, 349-357.
- Arata A.A. (1986). Perspectivas del uso de plaguicidas: Historia, situación actual y necesidades futuras. En: *Plaguicidas, salud y ambiente* (L.A. Albert, Ed.). Centro Panamericano

- de Ecología Humana y Salud, México D.F., pp. 3-14.
- CICOPLAFEST (Comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (1994). *Catálogo oficial de Plaguicidas*. Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Desarrollo Social, de Salud y de Comercio y Fomento Industrial, México D.F.
- Chin H.B. (1992). Evaluating pesticide residues and food safety. En: *Food Safety Assessment*. (J.W. Findley, S.F. Robinson y D.J. Armstrong, Eds.). ACS Symposium Series vol. 484, Am. Chem. Soc. Washington D.C., pp. 48-58.
- China A. (1978). The effects of cooking and processing on organochlorine pesticide residues in foods. *Chinese J. Prevent. Med.* *12*, 77-89.
- Curtis C.F. (1994). Should DDT continue to be recommended for malaria vector control? *Med. Vet. Entomol.* *8*, 107-112.
- Czaja K., Ludwicki J.K., Góralczyk K. y Strucinski P. (1997). Effect of age and number of deliveries on mean concentration of organochlorine compounds in human breast milk in Poland. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* *59*, 407-413.
- Deiana P. Y. y Fatichenti F. (1992). Pesticide residues in milk processing. *Ital. J. Food Sci.* *4*, 229-245.
- Fürst P., Fürst Ch. y Wilmers K. (1994). Human milk as a bioindicator for body burden of PCDDs, PCDFs, organochlorine pesticides, and PCBs. *Environ. Health Perspect.* *102 (Suppl. 1)*, 187-193.
- Garrido M.D., Bentabol A., Jodral M. y Pozo R. (1994). HCB levels in Spanish sterilized milk. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* *53*, 524-527.
- Hodgson E. (1991). Pesticides: Past, present and future. En: *Pesticides and the future: toxicological studies of risk and benefits* (E. Hodgson, R.M. Roe y N. Motoyama, Eds.). Reviews in Pesticides Toxicology 1. Raleigh, N. Carolina, pp. 3-12.
- Hotchkis J.H. (1992). Pesticide residue controls to ensure food safety. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* *31*, 191-203.
- IPCS (1979). *DDT and derivatives—environmental aspects*. *Environ. Health Crit.* *83*, WHO, Ginebra.
- Jury W.A., Spencer W.F. y Farmer W.J. (1983). Use of models for assessing relative volatility, mobility, and persistence of pesticides and other trace organics in soil systems. En: *Hazard assessment of chemicals* (W.F. Spencer, Ed.). Academic Press, San Diego, Vol. 2, pp. 1-43.
- Kannan K., Tanabe S., Williams R.J. y Tatsukawa R. (1994). Persistent organochlorine residues in foodstuff from Australia, Papua New Guinea and the Solomon Islands: contamination levels and human dietary exposure. *Sci. Total Environ.* *153*, 29-49.
- Langlois B.E., Liska B.J. y Hill D.L. (1965). The effect of processing and storage of dairy products on chlorinated insecticide residues. II. Endrin, Dieldrin and Heptachlor. *J. Milk Food Technol.* *28*, 9-21.
- Li C.F., Dradley R.L. y Schultz L.H. (1970). Fate of organochlorine pesticides during processing of milk into dairy products. *Indian J. Assoc. Anal. Chem.* *53*, 127-134.
- Matthies M., Behrendt H. y Trapp S. (1991). Modelling and model validation for exposure assessment of the terrestrial environment. En: *Pesticide chemistry* (H. Frehse, Ed.). Verlag Chemie, Nueva York, pp. 433-444.
- Méndez A., Martínez-Castro I. y Juárez M. (1979). Posibilidades de eliminación de los residuos de pesticidas organoclorados de la leche y productos lácteos. *Rev. Española de Lechería* *114*, 213-228.
- Miller Jones J. (1992). Pesticide, herbicide, fungicide, rodenticide: what kind of—cide is committed when we eat? En: *Pesticides*. Eagen Press, St. Paul, Minnesota, pp. 331-377.
- Patton S., Gender S.J. y Spicer A.P. (1995). The epithelial mucin, MUC1, of milk, mammary gland and other tissues. *Biochim. Biophys. Acta* *1241*, 407-424.
- Pérez G.J. y Pérez G.P. (1984). Biosíntesis de lípidos de la leche. Glóbulo graso. En: *Bioquímica y microbiología de la leche*. Editorial Limusa, México D.F., pp. 24-29.
- Roberts D.R. y Andre R.G. (1994). Insecticide resistance issues in vector-borne disease control. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* *50*, 21-34.
- Roberts G.J. y Clark R.M. (1988). The lipid of milk composition and properties. En: *Fundamental of dairy chemistry* (G.J. Roberts y R.M. Clark, Eds.). 3a. ed. Van Nostrand Reinhold, Nueva York, pp. 125-159.
- Shaker N., Abu Donia S.A., Salam A.E., Abdel Shaheed Y. e Ismail A. (1985). Fate of different insecticides in dairy products. *Alex. Sci. Exch.* *6*, 176-184.
- Singh P.P., Battu R.S. y Kalra R.L. (1988). Insecticide residues in wheat grains and straw arising from their storage in premises treated with BHC and DDT under malaria control program. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* *40*, 696-702.
- Sonawane B.R. (1995). Chemical contaminants in human milk: an overview. *Environ. Health Perspect.* *103 (Suppl. 6)*, 197-205.
- Tomlin C.D.S. (1997). *The Pesticide Manual*. 11<sup>a</sup> ed. British Crop Protection Council. Franham, Surrey, U.K.
- US EPA (1982). Environmental Chemistry Section. Environmental Monitoring and Support Laboratory. Method 608, pp. 116-118.
- Van Renterghem R. (1976). L'influence de procédés technologiques de preparation du lait de consommation sur la teneur en pesticides organochlorés. *La Lait* *56*, 537-545.
- Waliszewski S.M. (1995). HCH isomers and HCB residues in root vegetables after the application of Lindane ( $\gamma$ -HCH) to the soil. *Rev. Int. Contam. Ambient.* *11*, 13-19.
- Waliszewski S.M. y Szymczynski G.A. (1982). Simple, low-cost method for determination of selected chlorinated pesticides in fat samples. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* *65*, 677-679.
- Waliszewski S.M., Pardio V.T, Chantiri J.N., Infanzon R.M. y Rivera J. (1996). Organochlorine pesticide residues in adipose tissue of mexicans. *Sci. Tot. Environ.* *181*, 125-131.
- WHO (1984). *Chemical methods for the control of arthropod vectors and pests of public health importance*. World Health Organization, Ginebra.
- WHO (1994). Use of DDT in vector control: conclusion of study group on vector control for malaria and other mosquito-borne diseases. *Med. Vet. Entomol.* *8*, 113.
- Willett L.B., O'Donnell A.F., Durst H.I. y Kurz M.M. (1993). Mechanisms of movement of organochlorine pesticides from soil via forages. *J. Dairy Sci.* *76*, 1635-1644.