S21 CDT Ciencia, Docencia y Tecnología

Suplemento CDyT
VOL. 16 | N° 21 | 2026 ISSN 2250-4559

PID 8160

Reducción del contenido residual de pesticidas en carne mediante cocción. Optimización del método

Martín S. Munitz; María B. Medina; Celia Williman; Julieta Maldonado; Lucas Page; Carlos A. Fernandez; Fabricio Raviol; Fernando Parma

Autoras/es: Facultad de Ciencias de la Alimentación; Universidad Nacional de Entre Ríos. Monseñor Tavella 1450, E3202BCJ Concordia, Entre Ríos, Argentina.
Contacto: martin.munitz@uner.edu.ar

DOI: https://doi.org/10.33255/1621/2753

RESUMEN

Se validó un método cromatográfico para la determinación de ocho pesticidas organoclorados en carne vacuna cruda y cocida. El método extractivo utilizado fue QuEChERS modificado. El método fue lineal en el rango evaluado (0,01 – 2 mg/kg) con R2 superior a 0,9783. Los valores de precisión fueron inferiores al 5,8% y los de recuperación oscilaron entre 93,5 y 115,3%. Luego de la validación se analizaron 100 muestras de carne obtenidas en carnicerías y frigoríficos de la región. Hay presencia de varios pesticidas simultáneamente en la misma muestra. Algunos pesticidas superaron los LMR: 1 muestra α HCH, 7 muestras β HCH, 15 muestras endrin. Se evaluaron diferentes métodos de cocción: plancha, horno, y cocción por hervor. En la cocción a la plancha, se recomienda cocinar a 100°C durante 8 minutos, logrando reducciones entre 88,4% y 100,0%. Para la cocción al horno, se recomiendan 100°C durante 20 minutos, logrando reducciones entre 72,8% y 99,7%. La cocción por hervor se optimizó mediante un Diseño Central Compuesto y Metodología de Superficie de Respuesta. El método optimizado consistió en 18 minutos de cocción con un volumen de agua de 1,7 litros, logrando reducciones entre 66,3% y 95,1%.

Palabras Clave: Carne bovina; Cocción de carne; Cromatografía y espectrometría de masas; Pesticidas

Objetivos propuestos y cumplidos

Los objetivos que se describen a continuación son los propuestos y fueron cumplidos durante la ejecución del proyecto.

Objetivos Generales

Este trabajo tiene como propósito la determinación del contenido de pesticidas en carne vacuna destinada a exportación a fin de asegurar el cumplimiento de las exigencias de los países importadores; y la reducción de pesticidas disminuyendo los riesgos en la salud de los consumidores. Por lo tanto, el objetivo general que se plantea es desarrollar una metodología analítica para cuantificar e identificar los pesticidas en carne vacuna, cruda y cocida, seleccionar y optimizar un método de cocción que permita reducir o eliminar la contaminación residual de dichos pesticidas en la matriz de estudio.

Objetivos Específicos

Los objetivos específicos se detallan a continuación:

- Desarrollar y validar la metodología analítica para la identificación y cuantificación de los residuos de pesticidas en carne cruda y cocida.
- Aplicar la metodología optimizada y validada para evaluar la presencia de los analitos en estudio en muestras de carne vacuna comercializada en diferentes carnicerías de la región.
- Proceder a la cocción de las muestras de carne que contengan residuos de pesticidas, analizadas en el punto anterior, por métodos de cocción tradicionales o habituales de la región.
- Seleccionar el método de cocción que provoque la mayor reducción de pesticidas, en particular los más frecuentes que se detecten o en mayor concentración. Estudiar la factibilidad de ajustar las variables del proceso para optimizarlo.
- Formar recursos humanos capacitados a fin de lograr y sostener la transferencia, como así también incrementar la generación de nuevos proyectos tendientes al mejoramiento de la producción.
- Implementar la transferencia de los resultados obtenidos mediante jornadas, talleres, y otras actividades de divulgación y/o comunicación a los consumidores sobre el método de cocción que permita lograr la mayor reducción de los pesticidas, obteniendo un producto de mejor calidad.
- Incentivar a la toma de decisiones preventivas y promover la interacción entre los sectores involucrados con el Laboratorio de referencia

Marco teórico (síntesis).

En Argentina, el consumo de carne está fuertemente arraigado en la cultura alimenticia nacional, principalmente el consumo de carne vacuna. Esta posee un elevado valor para la nutrición y salud humana, ya que dispone de gran parte de los nutrientes esenciales. Contiene proteínas de alto valor biológico (20 g de proteínas por 100 g de producto), lípidos y principalmente micro-nutrientes: vitaminas del grupo B (B2 y B12), y minerales, especialmente yodo, zinc, selenio y hierro hémico de fácil absorción, siendo este último clave en la prevención de la anemia infantil. (IICA, 2015).

La cadena productiva ganadera está conformada por dos eslabones principales: la producción de animales con contenido genético, y la faena y comercialización del producto final (carne vacuna y productos derivados). La cría es la actividad cuyo producto final es la producción de terneros de invernada ya destetados para su posterior engorde. El engorde de los animales puede realizarse de dos maneras diferentes, a pasto con suplementación o en confinamiento y con alimento balanceado (feedlots). La faena se realiza en frigoríficos o mataderos, de allí se obtienen dos medias reses, cortes y otros productos y subproductos derivados (cuero, sangre, grasas, menudencias y vísceras). La actividad industrial es muy heterogénea, por las diferencias de escala, tipo de actividad que realizan (faena, desposte o procesamiento) y el destino comercial de la producción.

Actualmente, el mercado interno consume un poco más del 70% de la producción. En 2020, el 57% de las exportaciones tuvieron como destino China, seguido de la Unión Europea (13%), Israel (7%) y Chile (6%) (MEA, 2021; BCR, 2021).

La inocuidad de la carne es un factor fundamental para asegurar la salud de los consumidores. Es relevante, en este caso, explicar que se entiende por residuos en la carne vacuna. Estos son todos aquellos principios activos y/o sus productos de degradación presentes en los tejidos o vísceras de los animales, los cuales se deben a tratamientos previos de los mismos con compuestos químicos (medicamentos veterinarios, aditivos alimentarios, etc.) o bien por su presencia en el ambiente (plaguicidas, metales pesados, etc.).

Dentro de los contaminantes mencionados, cobran gran importancia los residuos de agroquímicos,haciendo referencia a los fungicidas, insecticidas, herbicidas, etc. aplicados a cultivos y/o pasturas, ya sea por aplicación aérea o terrestre (Sarkar et al., 2021). Los cultivos o plantas objetivo no absorben el 100 % del producto aplicado, es decir, se presentan pérdidas en el ambiente, dependiendo de las condiciones climáticas, forma de aplicación y características del suelo. Uno de los principales medios de absorción y asimilación de estos compuestos por parte de los animales es a través del consumo de agua contaminada. Esta se origina debido al escurrimiento superficial o a la deriva del químico recientemente aplicado. Algunos agroquímicos, como los organoclorados, son muy persistentes en el ambiente, pudiendo quedar adheridos en el suelo e ir lixiviando con el paso del tiempo hacia fuentes subterráneas de agua. Si la deriva es muy intensa en el momento de la aplicación y en campos donde los animales estén pastoreando, los mismos pueden sufrir una contaminación dérmica y/o por inhalación de vapores emitidos por el agroquímico.

Generalidades de los pesticidas

Un Pesticida Agrícola puede definirse como todo producto químico destinado a luchar contra los parásitos de animales o vegetales que atacan a los cultivos (Barberá, 1989). Este vocablo se aplica a todas las sustancias empleadas para controlar “pestes” durante la producción, almacenaje, transporte, comercialización o procesado de alimentos para el hombre o animales.

Se pueden dividir en dos grandes grupos, según se comporten una vez en contacto con el tejido vegetal: de contacto y sistémicos (Barberá, 1989, Cremlyn, 1995).

- *No sistémicos*, llamados también fungistáticos o de contacto.
- *Sistémicos*, que se absorben por el vegetal, se incorporar a la savia y son traslocados ejerciendo su acción contra las enfermedades criptogámicas.

Entre ambos tipos extremos, existen una serie de gradaciones, pudiéndose hablar de pesticidas dotados de *acción penetrante* más o menos localizada, o de *acción sistémica limitada*.

Los relevamientos previos efectuados por el grupo de trabajo, indicaron que los agroquímicos de mayor utilización en la región varían según el tipo de cultivo y épocas del año. En su mayoría se trata de herbicidas, insecticidas y fungicidas. Respecto a su naturaleza química podemos citar compuestos organoclorados y fosforados, piretroides, triazoles, estrobirulinas, entre otros(Munitzet al., 2013 a,b; Willimanet al., 2017; Medina et al., 2019).

Metodología (síntesis)

Se realizó la validación de la metodología analítica para determinar, la concentración de diferentes pesticidas, α-HCH, β-HCH, aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE y DDT, en muestras de carne vacuna adquiridas en diferentes carnicerías y frigoríficos de la región, y para determinar la cantidad residual de pesticidas en la carne luego de las diferentes cocciones. Para la siguiente validación se tomaron como referencia las recomendaciones de la guía europea SANTE (EC, 2021).

Análisis de pesticidas en muestras de carne vacuna

Reactivos, estándares y equipamiento utilizado

En la Tabla 1, se presentan los reactivos y estándares utilizados para el desarrollo de la metodología analítica.

Tabla 1. *Reactivos y estándares utilizados en la determinación de pesticidas en carne*

Reactivos	Estándares
Agua grado I	α-HCH
Acetonitrilo	β-HCH
Hexano	Aldrin
Metanol	Dieldrin
Cloruro de sodio	Endrin
Sulfato de sodio anhidro	DDE
Citrato de sodio tribásico dihidrato	DDD
Citrato ácido de sodio sesquihidrato	DDT
C18	
PSA	

A continuación, se describe el equipamiento utilizado.

- **Cromatógrafo gaseoso Agilent Technologies 6890N**. Detector Selectivo de Masa Agilent 5973. Puerto de inyección modo split/splitless. Muestreador. Columna capilar HP-5MS de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de fase estacionaria (J&W Scientific). Liner de 900 µl – 78,5 x 6,5 mm, (para inyección directa). Software MSD ChemStation con librería NIST98 y RTLPest. Origen: Estados Unidos.

- **Centrífuga** de 500 a 4000 rpm (GELEC modelo G-142D). Capacidad para 6 tubos de 50 ml. Origen: Argentina.
- **Concentrador a vacío**RapidVap®, Labconco. Origen: Estados Unidos.
- **Purificador de agua - E-pure**Barnstead/Thermolyne modelo 04642. Calidad de agua: Grado I (ultrapura y calidad cromatográfica). Origen: Estados Unidos.

Preparación de soluciones de estándares

Para cada pesticida a analizar se preparó una solución de referencia a una concentración de 1000 mg/l en metanol, para lo cual, se trasvasó cuantitativamente a un matraz aforado, mediante un embudo, la totalidad del material de referencia sólido. Luego, se lavó sucesivamente el envase con metanol hasta lograr extraer todo el material, las alícuotas utilizadas se volcaron en el matraz Posteriormente, se enjuagó el embudo varias veces con metanol y se llevó a volumen final. Las soluciones de referencia de 1000 mg/l se fraccionaron en frascos color caramelo crimpados, adecuadamente rotulados, y se almacenaron en freezer a -18 °C.

Por último, se prepararon dos soluciones de trabajo adicionales (100 y 10 mg/l) en acetonitrilo, que es el solvente de extracción.

La carne fue adicionada con los pesticidas en estudio para realizar la validación de la metodología analítica.

Preparación de las muestras

Para muestras de carne vacuna se utilizaron los cortes: cuadrada y bola de lomo, las mismas se trituraron en una licuadora de inmersión (tipo Minipimer) durante 1 minuto 20 segundos, en intervalos de 20 segundos.

Metodología extractiva

En la Figura 1, se describe la técnica extractiva utilizada.

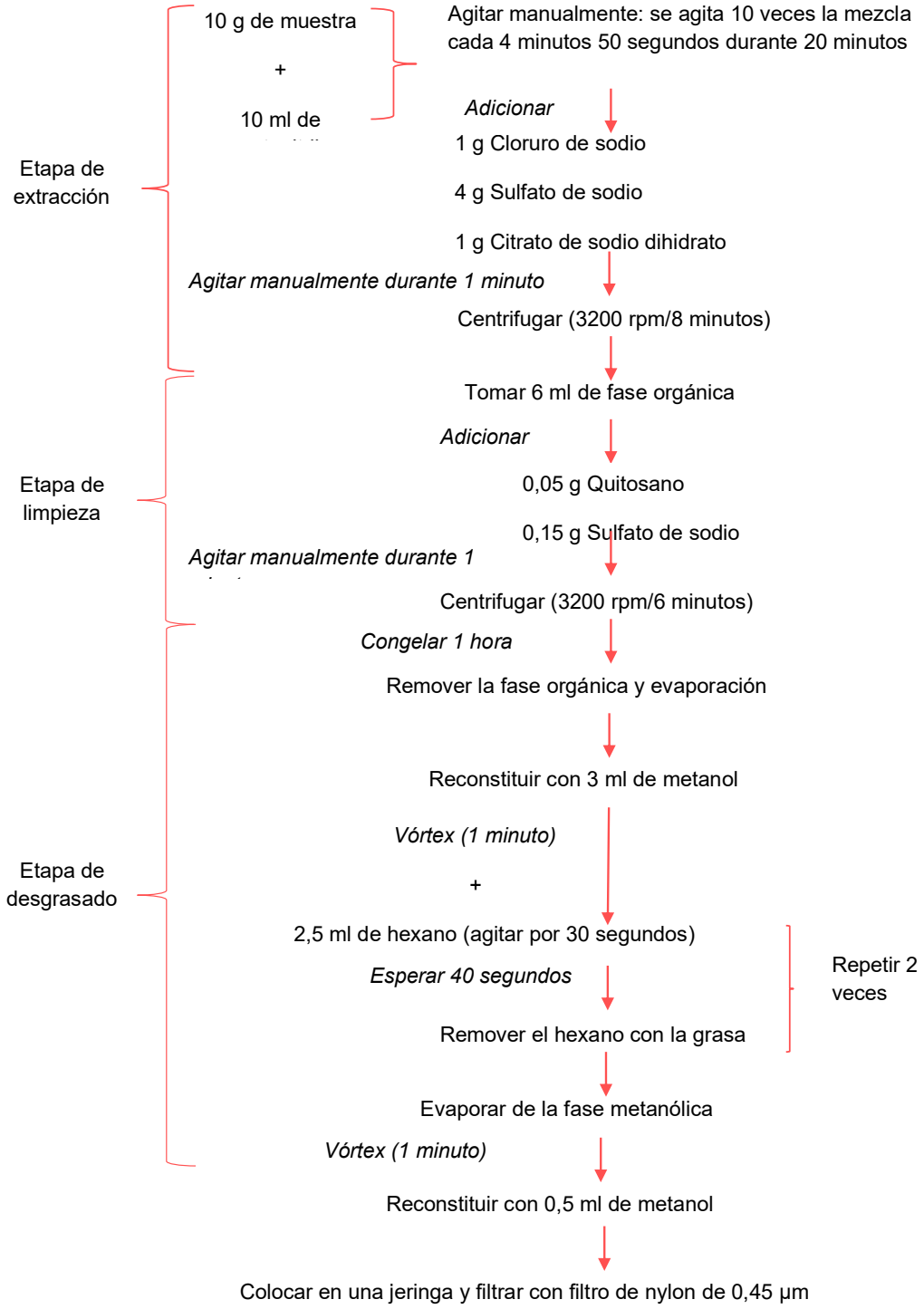


Figura 1. *Técnica extractiva QuEChERS modificado utilizada para la determinación de α-HCH, β-HCH, aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE y DDT en carne vacuna.*

Figura 1. *Técnica extractiva QuEChERS modificado utilizada para la determinación de α-HCH, β-HCH, aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE y DDT en carne vacuna.*

Determinación cromatográfica

Se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent 6890 N acoplado a un espectrómetro de masas (MS) Agilent 5973 para la detección y confirmación de los analitos. La temperatura del puerto de inyección se fijó en 250 °C. Se utilizó una columna capilar HP-5MS (30 m x 0,25 mm de d.i. x 0,25 µm de espesor de película). El flujo de helio se mantuvo a 1 ml/min. Las condiciones del horno fueron: 80 °C (0,2 min), rampa a 195 °C (40 °C/min), rampa a 280 °C (12 °C/min), rampa a 290 °C (5 °C/min) y se mantuvo durante 8 min. El MS se utilizó en modo SIM a 70 eV. La fuente de iones y la temperatura del cuadrupolo se establecieron en 230 °C y 150 °C, respectivamente.

Validación de la metodología analítica

Para la validación de la metodología se realizaron los siguientes pasos:

- Construcción de curvas de calibración con soluciones de estándares.
- Construcción de curvas de calibración con matriz adicionada.
- Determinación de efecto matriz
- Determinación de la precisión del método.
- Determinación de la exactitud del método.
- Determinación del límite de cuantificación (LOQ) y de detección (LOD).
- Comprobación de la selectividad del método.
- Confirmación por espectrometría de masas (MS)

Linealidad con estándares

Para determinar la linealidad con estándar se prepararon soluciones individuales de cada pesticida en hexano. Las concentraciones utilizadas para construir la curva de calibración fueron 0,005, 0,01, 0,05, 0,1, 0,5, 1 y 2 ppm, por triplicado.

Linealidad con matriz adicionada y efecto matriz

Se adiciono cada pesticida a la carne, a las mismas concentraciones que para la linealidad con estándares y también por triplicado. Cada muestra se analizó por triplicado. Con los resultados obtenidos se calcularon el promedio, la desviación estándar y RSD% (desviación estándar relativa).

A los efectos de evaluar la existencia de efecto matriz, para determinar la metodología de calibración para muestras reales, fue necesario efectuar la comparación de las rectas de regresión, de las soluciones de estándares y soluciones de carne adicionadas. Considerando que los p-valor de la comparación entre las pendientes y las ordenadas al origen de ambas rectas fueron menores a 0,05, existieron diferencias altamente significativas entre las pendientes y las ordenadas al origen, para las distintas curvas de carne adicionado y soluciones de estándares, con un nivel de confianza del 95 %. Se pudo concluir que en todos los casos hubo efecto matriz.El análisis estadístico se realizó con el software StatgraphicsCenturion XV.

Entonces, para determinar las concentraciones de los plaguicidas en muestras de carne, se debió utilizar curvas de calibración con la matriz adicionada.

Determinación de la precisión del método

Para la determinación de la precisión de la metodología, la repetibilidad se evaluó a 0,01 y 2 ppm, el mismo día. Se realizaron 3 lecturas de cada una (n=5 y α=0,05).

Determinación de la exactitud del método

Para determinar la exactitud del método se evaluó la recuperación de los pesticidas en estudio. Se fortificaron las muestras de carne a 3 diferentes concentraciones de cada analito; una en el límite inferior (0,01 ppm), una en el centro (0,5 ppm) y una en el límite superior (2 ppm) del rango de trabajo y se analizaron por triplicado (n=3 y α=0,05), calculando el porcentaje de recuperación y el RSD %.

Determinación del límite de cuantificación y de detección

El límite de detección (LOD) y el límite de cuantificación (LOQ) de cada plaguicida se estimó considerando una relación señal/ruido de 3 y 10 respectivamente, en comparación con el ruido de fondo de una muestra en blanco (n = 5).

Determinación de pesticidas en arroz integral

Para éste estudio, se efectuaron muestreos de carne vacuna provenientes de carnicerías y frigoríficos de la región. Se recolectaron 100 muestras de carne. Las mismas fueron procesadas y se determinaron los niveles residuales de los diferentes pesticidas en cuestión.

Estudio de Cocción

Preparación de las muestras

Para la carne vacuna se realizaron tres cocciones diferentes: horneado, a la plancha y hervido. Las muestras de carne fueron fortificadas en base a la preparación de muestras de Planche (2017). Para ello se sumergieron bifes en una solución multiresiduos, que contenía todos los pesticidas a evaluar, durante 15 horas en refrigeración (para asegurar el equilibrio químico). Una vez pasado este tiempo, se sacaron las muestras de la solución para proceder a su cocción.

Cabe aclarar que en todos los casos se aseguró una temperatura de 71°C en el centro térmico de las piezas durante las cocciones.

Cocción a la plancha: La cocción realizada a la plancha consistió en colocar la carne (por triplicado) en una "plancha bífera" sobre una hornalla. Antes de colocarla se precalienta la plancha durante 3 minutos a la temperatura seleccionada para la cocción. La cocción de la carne se realiza de ambos lados, volteando el bife a la mitad del tiempo total. Se realizaron cocciones con tres tipos de combinaciones tiempo/temperatura: 200°C durante 6 min, 150°C durante 7 min, y 100°C durante 8 min.

Cocción al horno: La cocción se realizó en un horno eléctrico. La misma consistió en colocar la carne (por triplicado) en una bandeja apta para este tipo de electrodoméstico. Antes de colocar la bandeja con el alimento, se precalienta el horno (con 2 velas encendidas) durante 6 minutos a la temperatura deseada con el fin de que la carne alcance dicha temperatura de manera más rápida. Se realizaron cocciones con tres tipos de combinaciones tiempo/temperatura: 200°C durante 10 min, 150°C durante 15 min, y 100°C durante 20 min.

Cocción por hervor: Se colocó exceso de agua (grado 1) en una olla sobre una hornalla y se añadió la carne. A partir del momento en que el agua (junto con la carne) alcanzó el punto de ebullición, se comenzó a contabilizar el tiempo al cual se desea cocinar el alimento. Cuando finalizó la cocción, se retiró el exceso de agua. Se realizaron diferentes combinaciones tiempo/cantidad de agua especificadas por el diseño estadístico propuesto, y se observan en la Tabla 2:

Tabla 2. Combinaciones tiempo/cantidad de agua empleadas para la cocción por hervor

	Tiempo (min)	Cantidad de agua (ml)
Muestra 1	18'	1000
Muestra 2	18'	1000
Muestra 3	18'	1710
Muestra 4	24'	1500
Muestra 5	12'	1500
Muestra 6	18'	290
Muestra 7	26'30''	1000
Muestra 8	12'	500
Muestra 9	24'	500
Muestra 10	24	1500

Análisis estadístico

Para analizar y optimizar la reducción de pesticidas durante la cocción de la carne por hervor, se utilizó la metodología de superficie de respuesta (MSR) con un diseño central compuesto (DCC) Los experimentos se realizaron por triplicado.

Se utilizaron pruebas no paramétricas de Mann-Whitney y KolmogorovSmirnov para estudiar las diferencias entre los métodos de cocción (STATGRAPHICS Centurion versión XV). El estudio de MSR y la optimización de resultados se realizaron utilizando el mismo software.

Síntesis de resultados

Validación de la metodología analítica

Como se mencionó anteriormente, se trabajo con matriz adicionada para realizar las curvas de calibración. En lasTablas3 a 10 se pueden observar los valores promedio, desviación estándar y RSD % para los diferentes pesticidas, y en las Figuras 2 a9 sus correspondientes curvas de calibración.

Tabla 3. Promedio, desviación estándar y RSD% de estándares de α HCH (n=9; α=0,05).

	Concentración (mg/kg)						
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1	2
Promedio	412	992	1394	4279	16485	34684	71321
Desv. Std.	10,6	47,2	33,7	29,7	431,1	837,8	391,4
RSD%	2,6	4,8	2,4	0,7	2,6	2,4	0,5

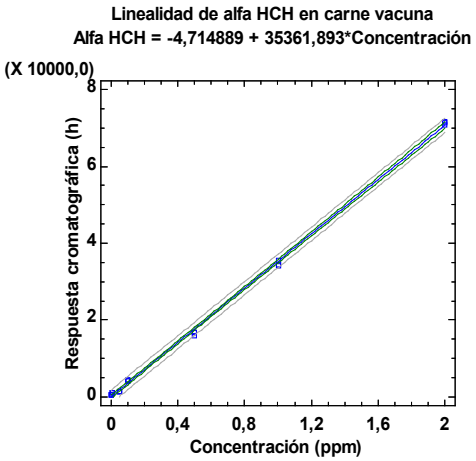


Figura 2. Curva de calibración para matriz adicionada con α HCH (n=9; α=0,05).

Tabla 4. Promedio, desviación estándar y RSD% de estándares de β HCH (n=9; α=0,05).

Concentración (mg/kg)							
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1	2
Promedio	991	1.999	5.028	20.612	76.317	153.087	317.821
Desv. Std.	18,6	20,1	103,1	408,1	563,8	1.665,0	456,2
RSD%	1,9	1,0	2,0	2,0	0,7	1,1	0,1

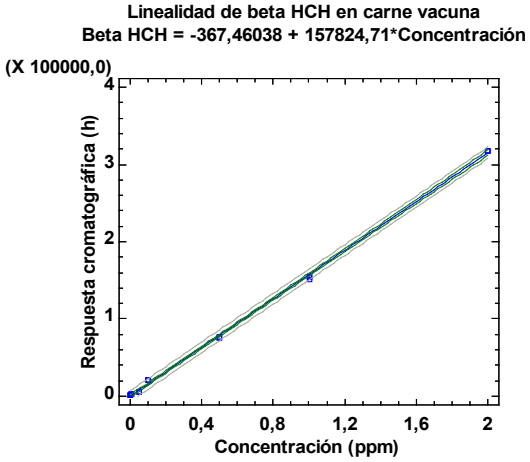


Figura 3. Curva de calibración para matriz adicionada con β HCH (n=9; α=0,05).

Tabla 5. Promedio, desviación estándar y RSD% de estándares de aldrin (n=9; α=0,05).

Concentración (mg/kg)							
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1	2
Promedio	208	3.021	3.284	12.519	65.174	140.054	271.532
Desv. Std.	9,5	143,4	179,7	677,9	2.047,3	976,0	8754,5
RSD%	4,6	4,7	5,5	5,4	3,1	0,7	3,2

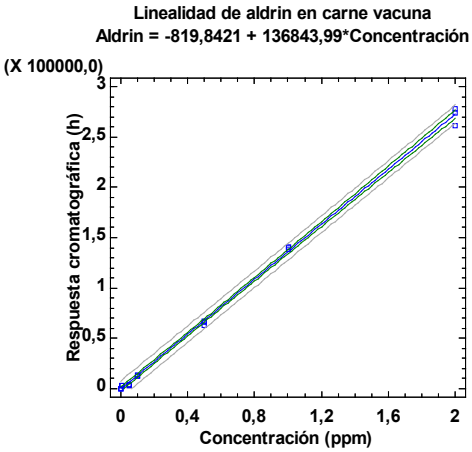


Figura 4. Curva de calibración para matriz adicionada con aldrin(n=9; α=0,05).

Tabla 6. Promedio, desviación estándar y RSD% de estándares de DDE (n=9; α=0,05).

Concentración (mg/kg)							
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1	2
Promedio	1.866	4.321	15.014	86.057	307.546	593.560	1.231.637
Desv. Std.	28,4	200,2	443,9	5.868,3	850,0	5.165,8	1.809,0
RSD%	1,5	4,6	3,0	6,8	0,3	0,9	0,1

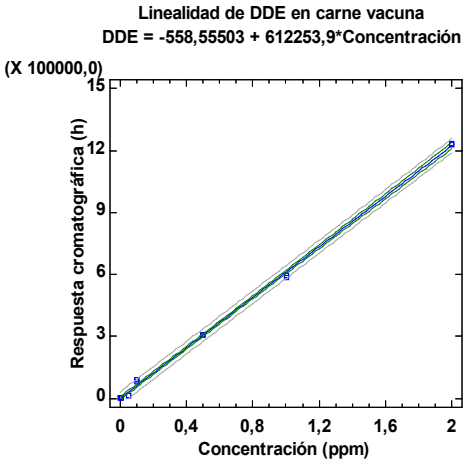


Figura 5. *Curva de calibración para matriz adicionada con DDE (n=9; α=0,05).*

Tabla 7. Promedio, desviación estándar y RSD% de estándares de dieldrin (n=9; α=0,05).

Concentración (mg/kg)							
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1	2
Promedio	1.264	1.513	8.814	45.161	236.764	501.658	970.987
Desv. Std.	6,0	101,4	373,9	1.177,1	4.552,0	3.070,4	39.836,4
RSD%	0,5	6,7	4,2	2,6	1,9	0,6	4,1

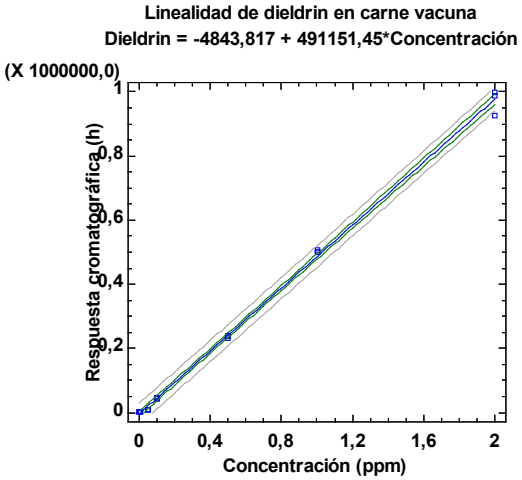


Figura 6. Curva de calibración para carne vacuna adicionada con dieldrin (n=9; α=0,05).

Tabla 8. Promedio, desviación estándar y RSD% de estándares de endrin (n=9; α=0,05).

Concentración (mg/kg)							
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1	2
Promedio	594	2.474	9.113	17.028	116.520	225.288	441.999
Desv. Std.	40,3	78,3	144,5	943,1	3.521,9	17.363,0	1.378,7
RSD%	6,8	3,2	1,6	5,5	3,0	7,7	0,3

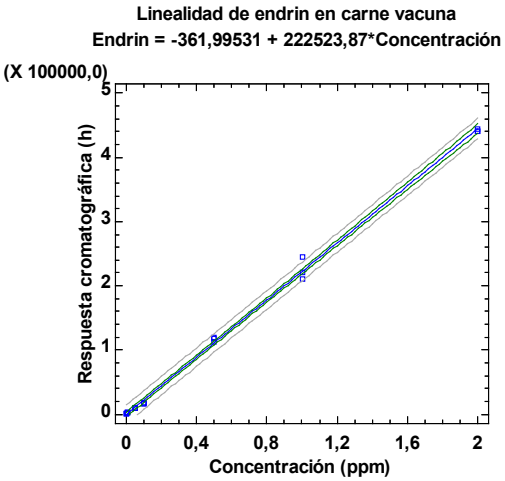


Figura 7. Curva de calibración para carne vacuna adicionada con endrin (n=9; α=0,05).

Tabla 9. Promedio, desviación estándar y RSD% de estándares de DDD (n=9; α=0,05).

Concentración (mg/kg)						
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	2
Promedio	848	5.227	14.056	66.764	127.846	264.046
Desv. Std.	38,6	29,5	83,2	1.783,3	3.452,8	2.109,3
RSD%	4,5	0,6	0,6	2,7	2,7	0,8

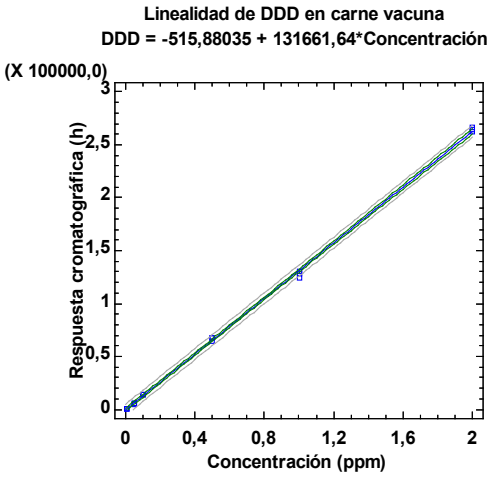


Figura 8. Curva de calibración para carne vacuna adicionada con DDD (n=9; α=0,05).

Tabla 10. Promedio, desviación estándar y RSD% de estándares de DDT (n=9; α=0,05).

Concentración (mg/kg)							
	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1	2
Promedio	1.292	4.289	9.508	20.524	94.158	193.561	464.670
Desv. Std.	97,1	249,9	284,5	615,3	1.921,4	4.656,5	1.996,2
RSD%	7,5	5,8	3,0	3,0	2,0	2,4	0,4

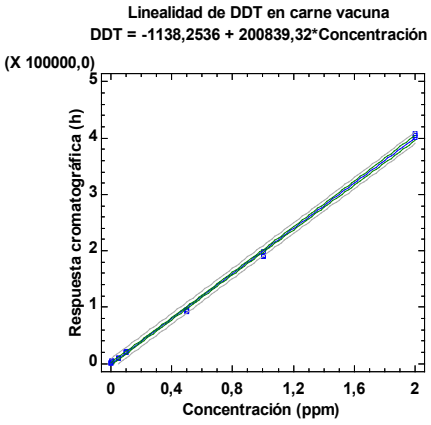


Figura 9. Curva de calibración para carne vacuna adicionada con DDT (n=9; α=0,05).

En la Tabla 11, se muestran los resultados de precisión, recuperación, LOD, LOQ, y el coeficiente de correlación; y en la Tabla 12, los iones utilizados en la confirmación de los analitos.

Tabla 11. *Parámetros de validación para la metodología de extracción de pesticidas clorados en carne vacuna.*

		Precisión (RSD %)		Recuperación % (RSD %)			LOD	LOQ
		mg/kg		mg/kg			µg/kg	
Pescticidas	R^2	0.01	2.00	0.01	0.50	2.00		
α HCH	0.9919	3,1%	1,4%	108,4%	115,3%	101,4%	1,2	4,1
β HCH	0.9937	3,6%	0,6%	104,7%	101,5%	100,4%	1,2	3,9
Aldrin	0.9929	5,8%	0,3%	113,3%	96,6%	103,3%	1,7	5,0
DDE	0.9928	1,6%	0,1%	99,1%	102,3%	107,4%	0,9	3,1
Dieldrin	0.9948	3,0%	0,2%	110,0%	99,4%	112,0%	0,3	1,1
Endrin	0.9783	4,7%	0,8%	89,9%	102,3%	97,3%	1,3	4,3
DDD	0.9956	4,7%	1,0%	97,3%	93,5%	94,9%	2,9	9,6
DDT	0.9944	4,9%	0,1%	96,3%	96,6%	97,2%	1,3	4,2

Tabla 12. Iones utilizados en GC – MS para la confirmación de los resultados.

Pesticidas	Ion objetivo	Iones cualificadores
α HCH	288	181
β HCH	288	181
Aldrin	362	66
DDE	316	246
Dieldrin	378	79
Endrin	378	81
DDD	318	235
DDT	352	235

Del análisis de las tablas y figuras anteriores, se puede ver que el método presentó una adecuada linealidad en los rangos estudiados para cada analito, con valores de R^2 superiores a 0,9783 en todos los casos.

Se estimaron incertidumbres expandidas para todos los plaguicidas, y fueron inferiores al 30%, lo que demuestra que la metodología propuesta es eficiente y adecuada para la determinación de los plaguicidas analizados en muestras de carne vacuna. Como se puede observar en la Tabla 3, la precisión fue satisfactoria para todos los plaguicidas, ya que la desviación estándar relativa porcentual no superó el 5,8% en ningún caso.En cuanto a las recuperaciones, el método tiene valores que oscilan entre 89,9% y 115,3%.Ambos parámetros cumplen con los requisitos descritos en la Guía SANTE (EC, 2021) que indica que la precisión debe ser inferior al 20% y la recuperación debe tener valores entre el 70% y el 120%.

Por último, la selectividad del método se evaluó observando que no había picos que interfirieran en el tiempo de retención de cada pesticida en un cromatograma en blanco de la matriz en estudio sin picos.

Se concluye que la metodología validada es precisa y exacta, con adecuada resolución, y bajos límites de cuantificación y de detección.

Determinación de pesticidas en carne vacuna

El método validado se utilizó para la determinación simultánea de la concentración de α-HCH, β-HCH, aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE y DDT en 100 muestras de carne vacuna.

El análisis de cada muestra se llevó a cabo por triplicado, y los resultados pueden observarse en la Tabla 13.

Tabla 13. *Concentración media de pesticidas organoclorados (n=3; α=0,05) en 100 muestras de carne vacuna.*

Muestra	Concentración (µg/kg)							
	α HCH	β HCH	Aldrin	DDE	Dieldrin	Endrin	DDD	DDT
1	ND	ND	7,4	ND	11,0	9,4	<LOQ	6,0
2	ND	ND	6,3	ND	ND	8,0	ND	6,0
3	ND	ND	8,3	ND	ND	16,8	<LOQ	6,1
4	ND	ND	8,4	ND	ND	13,6	ND	ND
5	ND	ND	7,7	ND	ND	ND	ND	6,0
6	ND	ND	7,0	ND	ND	<LOQ	ND	6,0
7	ND	ND	6,4	ND	ND	ND	<LOQ	6,1
8	ND	ND	8,5	ND	ND	42,7	ND	ND
9	ND	ND	ND	ND	ND	4,3	ND	6,0
10	ND	ND	ND	ND	ND	18,8	ND	6,1
11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6,0
12	ND	ND	ND	ND	ND	6,7	ND	6,1
13	ND	ND	ND	ND	ND	12,7	ND	6,1
14	ND	ND	ND	ND	ND	9,7	ND	6,0
15	ND	ND	ND	ND	ND	9,7	ND	6,1
16	ND	ND	ND	ND	ND	10,7	ND	6,1
17	ND	ND	9,6	ND	ND	11,0	ND	6,4
18	ND	ND	9,8	ND	ND	<LOQ	ND	6,3
19	ND	ND	12,1	ND	ND	6,2	ND	6,3
20	ND	ND	10,3	ND	ND	<LOQ	ND	6,3
21	ND	ND	9,5	ND	ND	ND	ND	6,2
22	ND	ND	10,3	ND	ND	<LOQ	ND	6,3
23	12,8	ND	11,4	<LOQ	ND	127,0	<LOQ	6,7
24	ND	ND	6,9	ND	ND	97,2	ND	6,4
25	ND	ND	7,0	ND	ND	100,7	ND	6,3
26	ND	ND	ND	ND	ND	96,0	ND	6,2
27	6,8	ND	9,0	<LOQ	ND	195,1	ND	ND
28	ND	ND	8,9	ND	ND	161,2	ND	6,5
29	ND	<LOQ	7,1	ND	15,6	57,9	ND	6,6
30	ND	<LOQ	6,9	ND	11,0	45,6	ND	6,3
31	ND	ND	ND	ND	10,6	20,6	ND	ND
32	ND	ND	7,2	<LOQ	10,3	150,7	ND	6,3
33	ND	ND	7,0	<LOQ	10,3	59,6	ND	6,4
34	ND	ND	7,3	<LOQ	ND	5,1	ND	6,3
35	ND	ND	6,8	ND	ND	27,0	ND	6,1
36	ND	ND	6,8	ND	ND	52,8	ND	5,9

Continuación Tabla 13

37	ND	ND	ND	ND	ND	8,7	ND	6,0
38	ND	ND	6,9	ND	ND	30,9	ND	5,9
39	ND	ND	13,1	ND	ND	12,9	ND	ND
40	ND	ND	6,9	ND	ND	43,1	ND	ND
41	ND	ND	6,6	ND	ND	89,5	ND	ND
42	ND	ND	6,4	<LOQ	ND	18,3	ND	5,9
43	ND	ND	ND	ND	ND	13,2	ND	18,5
44	ND	ND	ND	ND	ND	41,5	ND	49,9
45	ND	ND	ND	ND	ND	25,7	ND	32,3
46	ND	ND	6,5	ND	ND	31,2	ND	38,4
47	ND	ND	ND	ND	ND	4,5	ND	8,9
48	ND	ND	ND	ND	ND	4,9	ND	9,3
49	ND	ND	ND	ND	ND	9,4	ND	14,3
50	ND	ND	ND	ND	ND	4,3	ND	8,6
Muestra	**Concentración (µg/kg)**							
	α HCH	**β HCH**	**Aldrin**	**DDE**	**Dieldrin**	**Endrin**	**DDD**	**DDT**
51	ND	ND	ND	ND	ND	<LOQ	ND	8,1
52	ND	ND	ND	ND	ND	5,6	ND	10,0
53	ND	ND	6,8	ND	ND	10,2	ND	15,2
54	ND	ND	7,0	ND	ND	12,6	ND	17,8
55	ND	ND	ND	ND	ND	7,0	ND	11,7
56	ND	ND	ND	ND	ND	5,9	ND	10,5
57	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
58	ND	ND	6,5	ND	ND	ND	ND	ND
59	ND	ND	6,2	ND	ND	<LOQ	ND	7,8
60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
61	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
62	ND	ND	22,5	ND	ND	ND	ND	ND
63	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
64	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
65	ND	ND	ND	ND	ND	7,5	ND	12,1
66	ND	ND	ND	ND	ND	44,8	ND	53,5
67	ND	ND	ND	ND	ND	17,1	ND	22,8
68	ND	ND	ND	ND	ND	169,2	ND	191,3
69	ND	ND	ND	ND	ND	4,9	ND	9,3
70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
71	ND	ND	ND	ND	< LOQ	< LOQ	ND	80,5
72	ND	ND	< LOQ	ND	< LOQ	< LOQ	< LOQ	70,6
73	ND	ND	< LOQ	ND	ND	< LOQ	ND	70,3
74	ND	ND	< LOQ	ND	ND	< LOQ	< LOQ	81,3
75	ND	ND	< LOQ	ND	ND	< LOQ	ND	ND
76	ND	ND	< LOQ	ND	ND	ND	ND	73,9
77	ND	ND	< LOQ	ND	ND	< LOQ	ND	72,5
78	ND	ND	< LOQ	ND	ND	ND	< LOQ	70,1
79	ND	ND	< LOQ	ND	ND	50,1	ND	ND

Continuación Tabla 13

80	ND	9,2	ND	ND	ND	< LOQ	ND	71,8
81	ND	13,1	ND	ND	ND	< LOQ	ND	75,1
82	ND	11,5	ND	ND	ND	ND	ND	80,0
83	ND	15,6	ND	ND	ND	< LOQ	ND	78,4
84	ND	13,0	ND	ND	ND	< LOQ	ND	69,2
85	ND	13,4	ND	ND	ND	< LOQ	ND	83,3
86	ND	14,3	ND	ND	ND	< LOQ	ND	72,4
87	ND	13,8	ND	ND	ND	< LOQ	ND	70,4
88	ND	ND	< LOQ	ND	< LOQ	14,8	< LOQ	14,0
89	ND	ND	< LOQ	ND	< LOQ	24,6	< LOQ	27,8
90	ND	ND	< LOQ	ND	< LOQ	57,7	< LOQ	92,0
91	ND	ND	< LOQ	ND	< LOQ	63,3	ND	ND
92	ND	ND	ND	ND	< LOQ	12,9	ND	50,6
93	ND	ND	< LOQ	ND	< LOQ	5,0	< LOQ	15,3
94	ND	ND	< LOQ	ND	ND	ND	ND	ND
95	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
96	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
97	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
98	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
99	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: No detectable; LOQ: Límite de cuantificación.

La Unión Europea estableció los siguientes Límites Máximos de Residuos (LMR) para los pesticidas organoclorados: 0,01 mg/kg para α HCH y β HCH; 1 mg/kg para DDE, DDD y DDT; 0,2 mg/kg para aldrin y dieldrin; y 0,05 mg/kg para endrín.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se puede observar que α HCH se encontró en 2 muestras, β HCH en 10 muestras, aldrin en 51 muestras, DDE en 6 muestras, dieldrin en 14 muestras, endrin en 79 muestras, DDD en 11 muestras, y DDT en 75 muestras. Hay presencia de varios pesticidas simultáneamente en la misma muestra.

Algunos pesticidas superaron los LMR: 1 muestra α HCH, 7 muestras β HCH, 15 muestras endrin. El contenido del resto de las muestras positivas estaba por debajo de los LMR y/o del límite de cuantificación.

Chen et al. (2024) encontraron en muestras de carne vacuna y de cordero concentraciones medias de HCH (con excepción del isómero γ - HCH) de 0,51 y 0,65 µg/kg, respectivamente. Domingo (2017) informó en su trabajo de revisión que en un estudio donde se analizaban contaminantes orgánicos persistentes en 70 alimentos, dentro de los cuales se encontraba la carne vacuna, el DDT fue el contaminante encontrado con mayor frecuencia, abarcando un 69% de la totalidad de los contaminantes. Ahmad et al. (2010) analizaron la presencia de 19 pesticidas organoclorados (aldrin, DDT y sus metabolitos, dieldrin, isómeros de endosulfán, endrin, isómeros de HCH, heptacloro, epóxido de heptacloro y hexaclorobenceno HCB) en 270 muestras de carne de cordero y de res, obteniendo resultados positivos para el 49% de las muestras. Particularmente, las concentraciones medias para los pesticidas organoclorados analizados fueron: 53 µg/kg para α HCH, 28 µg/kg para β HCH, 470 µg/kg para aldrin, 30 µg/kg para DDE, 45 µg/kg para DDD y 64 µg/kg para DDT.

Estudio de Cocción

Cocción en plancha: Los resultados obtenidos de someter a las muestras de carne vacuna al proceso de cocción mediante plancha se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Porcentajes de reducción de pesticidas organoclorados obtenidos en la carne vacuna luego de la cocción mediante plancha.

Cocciones	Porcentajes de reducción de pesticidas (%)							
	α HCH	β HCH	Aldrin	DDE	Dieldrin	Endrin	DDD	DDT
1 (200°C - 6 min)	55,0	55,0	77,2	90,1	77,6	85,5	48,0	99,0
2 (150°C - 7 min)	61,3	59,7	81,4	87,5	78,6	84,7	22,9	99,3
3 (100°C - 8 min)	98,3	98,2	88,4	97,0	97,6	97,6	100,0	99,9

En la tabla anterior se observa que el rango de reducción de pesticidas en la carne vacuna, respecto de su concentración inicial, luego ser sometida a la cocción mediante el uso de la plancha, se encuentra entre 22,9% y 100%. La cocción 3 presentó reducciones de concentración en todos los analitos estudiados.

Cocción en horno: Los resultados obtenidos de cocinar las muestras de carne vacuna mediante horneado se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Porcentajes de reducción de pesticidas organoclorados obtenidos en la carne vacuna luego de la cocción mediante horno.

Cocciones	Porcentajes de reducción de pesticidas (%)							
	α HCH	β HCH	Aldrin	DDE	Dieldrin	Endrin	DDD	DDT
1 (200°C - 10 min)	17,1	14,6	11,0	57,0	47,8	27,5	-123,0	98,9
2 (150°C - 15 min)	48,5	30,7	52,0	84,5	79,6	61,4	24,6	99,2
3 (100°C - 20 min)	82,2	72,8	78,3	93,5	88,6	92,5	74,8	99,7

En los resultados se refleja que las reducciones de los analitos estudiados a partir de la cocción mediante horno variaron entre 11,0% y 99,7%. La cocción 3 mostró la mayor reducción de la concentración de todos los pesticidas. En el caso de la cocción 1, se pudo apreciar que el DDD sufrió un incremento de la concentración en relación con el valor inicial.

Ahmed et al. (2011) y Yigit&Velioglu (2020) establecen que los pesticidas que poseen una volatilidad baja y con cierta resistencia a la hidrólisis pueden concentrarse debido a la pérdida de agua durante el proceso de cocción dentro de estos pesticidas se encuentran el DDD. Según Yigit&Velioglu (2020), durante el horneado, el aumento de la concentración de pesticidas puede producirse debido a la reducción del agua contenida en el alimento. Particularmente, según Alfaifi et al. (2023), al utilizar un horno eléctrico se produce aire seco y caliente con baja conductividad que provoca dicha pérdida de agua.

Cocción por hervor: Los resultados obtenidos de las cocciones de carne vacuna sometidas a hervor se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Porcentajes de reducción de pesticidas organoclorados obtenidos en la carne vacuna luego de la cocción mediante hervor.

Cocción	Tiempo (min)	Volumen de agua (ml)	Porcentajes de reducción de pesticidas (%)							
			α HCH	β HCH	Aldrin	DDE	Dieldrin	Endrin	DDD	DDT
1	18	1.000	57,9	89,0	-6,2	-13,3	70,5	24,1	42,4	55,1
2	18	1.707	55,4	93,0	13,6	83,0	72,2	18,7	44,5	62,2
3	18	1.000	80,4	84,7	56,1	13,2	66,8	-74,1	15,5	36,3
4	24	1.500	61,9	88,3	-35,5	-8,2	53,1	-39,8	51,5	38,3
5	12	1.500	84,7	86,1	47,6	46,9	65,8	-11,5	78,3	63,5
6	18	293	-30,2	-5,1	37,1	-25,0	-18,2	46,2	-17,3	-5,1
7	26,48	1.000	-46,6	14,1	-38,6	-51,8	-56,2	-46,0	-91,5	33,8
8	9,51	1.000	-2,8	19,8	9,9	-14,4	-4,3	12,8	-15,0	-2,0
9	24	500	-42,1	14,8	-13,6	-40,7	-42,2	-57,3	-92,5	41,4
10	12	500	-7,0	26,1	-57,3	-13,4	-43,8	-40,6	-97,7	10,0

Se puede observar que en varias condiciones de cocción hubo un incremento en la concentración de los pesticidas. El rango de variación de la concentración de los pesticidas estudiados en la carne sometida a hervor osciló entre -97,7% y 93,0%.

En cuanto a la concentración de los pesticidas, Phopin et al. (2022) mencionan que este tipo de cocción es propensa a producir este tipo de efectos en los pesticidas. Cuando el hervido se realiza a partir de agua fría se obtiene carne más seca debido a que se exuda mayor cantidad de jugos y gelatina, y todo esto contribuiría a la concentración de estas sustancias.

Estas cocciones se llevaron a cabo de acuerdo al diseño central compuesto planteado para la metodología de superficie de respuesta, con el objetivo de optimizar la reducción de los pesticidas mediante este tipo de cocción.

Los resultados de este análisis se pueden ver en la Figura 10 y la Tabla 17. Los porcentajes teóricos de reducción de la concentración de pesticidas obtenidos del procedimiento de optimización pueden observarse en la misma tabla. La falta de ajuste no fue significativa según un valor de $p > 0,05$.Los R^2 fueron superiores a 0,9671.El modelo propuesto se puede emplear para predecir adecuadamente la concentración de estos pesticidas después de la cocción por hervor.

Tabla 17. Condiciones óptimas para la reducción de pesticidas durante la cocción

Pesticidas	R^2	Condiciones óptimas	Reducción óptima
α HCH	0,9850	A (20,13) – B (1707,11)	82,5%
β HCH	0,9966	A (17,28) – B (1318,91)	100,0%
Aldrin	0,9671	A (19,84) – B (1707,11)	88,4%
DDE	0,9751	A (16,56) – B (1449,96)	79,9%
Dieldrin	0,9830	A (15,70) – B (1556,86)	76,0%
Endrin	0,9692	A (21,13) – B (1707,11)	82,0%
DDD	0,9790	A (20,23) – B (1707,11)	84,8%
DDT	0,9992	A (17,16) – B (1707,11)	95,4%

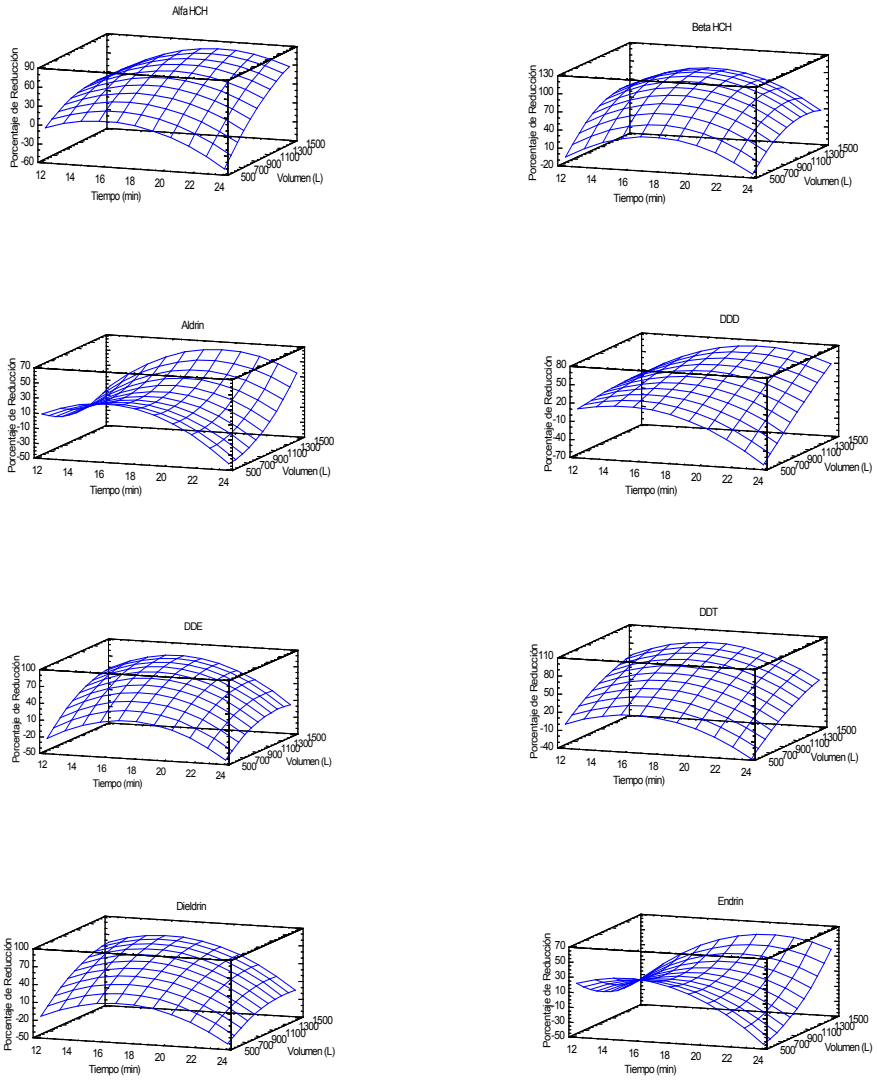


Figura 10. Gráficas de superficie de respuesta que describen el efecto tiempo de cocción (minutos) y el volumen de agua utilizado (litros) en el porcentaje de reducción de pesticidas en carne vacuna cocida mediante hervor.

Las condiciones óptimas mostradas en la Tabla 17 corresponden a cada pesticida individual. Por este motivo, se utilizó la función deseabilidad para lograr una optimización en conjunto de todos los analitos. Estos resultados pueden observarse en la Figura 11 y en la Tabla 18.

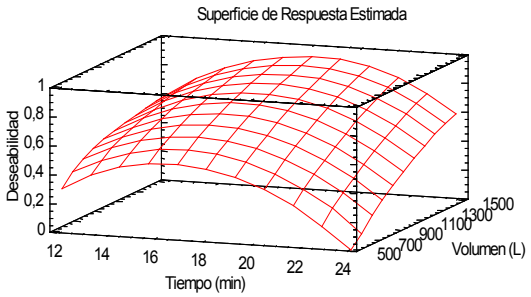


Figura 11. Superficie de respuesta estimada para los valores de deseabilidad para pesticidas organoclorados

Tabla 18. Condiciones óptimas para minimización de los pesticidas organoclorados, de manera simultánea, durante la cocción mediante hervor utilizando la función deseabilidad.

Pesticidas	Condiciones óptimas	Porcentaje de reducción (%)
α HCH	A (18,25) – B (1707,11)	79,0
β HCH		84,9
Aldrin		85,7
DDE		70,2
Dieldrin		66,0
Endrin		73,8
DDD		70,2
DDT		94,2

A: tiempo (min); B: volumen de agua (ml)

Para facilitar la cocción en el hogar, se establecieron como condiciones finales 18 minutos de cocción por hervor y un volumen de agua de 1,7 litros. Esta optimización permite obtener una relación de compromiso para la reducción de todos los pesticidas evaluados simultáneamente. Este método optimizado se utilizó en las muestras positivas evaluadas previamente para confirmar los resultados, por triplicado.Los resultados estuvieron de acuerdo con los predichos por esta metodología.El porcentaje medio de reducción de la concentración y el % RSD para α-HCH, β-HCH, aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE y DDT fueron 78,8% ± 0,5%, 85,4% ± 0,8 %, 86,3% ± 0,3%, 68,9% ± 1,7%, 66,3% ± 1,1%, 74,1% ± 0,5%, 69,9% ± 0,6%, y 95,1% ± 1,0 %, respectivamente.

Finalmente, dependiendo del tipo de cocción que se lleve a cabo se producirá una mayor o menor reducción del contenido inicial de los pesticidas organoclorados evaluados. En el caso de la cocción a la plancha, se recomienda cocinar la carne a 100°C durante 8 minutos, logrando reducciones entre 88,4% y 100,0%. En relación con la cocción al horno, se recomienda cocinar a 100°C durante 20 minutos, logrando reducciones entre 72,8% y 99,7%.

Conclusiones

Teniendo en cuenta los objetivos planteados en este proyecto, se pueden describir las siguientes conclusiones:

Para la extracción simultánea de 8 pesticidas organoclorados (α-HCH, β-HCH, aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE y DDT), en muestras de carne vacuna, se utilizó como método un QuEChERS modificado.

La metodología validada permitió la determinación de los analitos en estudio con adecuada precisión, elevada recuperación y sensibilidad, mediante cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas. Los límites de detección y cuantificación fueron inferiores a los Límites Máximos de Residuos establecidos por la Unión Europea.

Evaluando estos compuestos en 100 muestras de carne se observó que α HCH se encontró en 2 muestras, β HCH en 10 muestras, aldrin en 51 muestras, DDE en 6 muestras, dieldrin en 14 muestras, endrin en 79 muestras, DDD en 11 muestras, y DDT en 75 muestras. Hay presencia de varios pesticidas simultáneamente en la misma muestra. Algunos pesticidas superaron los LMR: 1 muestra α HCH, 7 muestras β HCH, 15 muestras endrin. El contenido del resto de las muestras positivas estaba por debajo de los LMR y/o del límite de cuantificación.

Se probaron tres métodos de cocción de carne vacuna para la reducción de pesticidas. Todos los métodos evaluados de cocción permitieron la reducción de los pesticidas estudiados. En una condición de cocción al horno ocurrió el incremento de la concentración de DDD; mientras que esto se observó en varias combinaciones de tiempo y volumen de agua para la cocción por hervor. Ninguno de los métodos ensayados logra una reducción completa del contenido de pesticidas simultáneamente.

El método de cocción por hervor se optimizó a través de la metodología de superficie de respuesta, logrando reducir α-HCH, β-HCH, aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE y DDT en 78,8% ± 0,5%, 85,4% ± 0,8 %, 86,3% ± 0,3%, 68,9% ± 1,7%, 66,3% ± 1,1%, 74,1% ± 0,5%, 69,9% ± 0,6%, y 95,1% ± 1,0 %, respectivamente

Se obtuvieron condiciones óptimas de los 3 métodos de cocción para lograr la menor concentración de pesticidas, fáciles de aplicar en el hogar para ayudar a minimizar el riesgo para la salud.

En cuanto a la transferencia de los resultados obtenidos, se envió un artículo a una revista internacional, se realizó una publicación en una revista nacional, y se realizaron presentaciones de resultados parciales en congresos nacionales e internacionales. Queda pendiente la divulgación de esta información en fuentes de comunicación que se encuentren al alcance de la sociedad, como ser, las redes sociales.

Indicadores de producción.

En el marco de este proyecto se realizaron presentaciones a congresos internacionales:

En el *I Congreso Iberoamericano de Alimentos 4.0: Aplicaciones en Gastronomía y Agroindustria*, realizado los días 21 y 22 de agosto de 2024, en Concordia, Entre Ríos. ISBN 978-950-698-594-3:

- *Determinación de clorpirifós, aldrin y DDE en carne vacuna.* Maldonado, Julieta; Page, Lucia; Medina, María Belén; Williman, Celia; Parma, Fernando; Raviol, Fabricio; Fernández, Carlos A.; Medina, Fátima M.; BottiRodriguez Pereira, Lucia; Durocher, Augusto; Resnik, Silvia; Munitz, Martín.

- *Incidencia de dos métodos de cocción de carne vacuna en los niveles residuales de dieldrin y DDT*. Maldonado, Julieta; BottiRodriguez Pereira, Lucia; Page, Lucas; Medina, María Belén; Williman, Celia; Parma, Fernando; Raviol, Fabricio; Medina, Fátima M.; Fernández, Carlos A.; Durocher, Augusto; Resnik, Silvia; Munitz, Martín

En el *10th Latin American PesticideResidue Workshop*, realizado del 04 al 07 de mayo de 2025 en Buenos Aires, Argentina. ISBN (En trámite):

- *Impact of oven cooking of beef on aldrin, DDD, and DDE content*. Julieta Maldonado, Lucía Botti, Lucas Page, Carlos Fernández, María Belén Medina, Martín Munitz, Celia Williman, Fernando Parma, Fabricio Raviol, Fatima Medina, Sofía Fetter, Silvia Resnik.

Un trabajo a una revista nacional:

Pesticidas en carne vacuna: revisión de técnicas extractivas convencionales. (2025). Maldonado, J. B.; Page, L. M.; Fernández, C. A.; Medina, M. B.; Munitz, M. S. La *Industria Cárnica Latinoamericana*, 236, 40 – 48. ISSN 0325-3414. https://alaccta.org/revista-la-industria-carnica-latinoamericana-236/

Bibliografía

AHMAD, R.; Salem, N.M.; Estaitieh, H. (2010). Occurrence of organochlorine pesticide residues in eggs, chicken and meat in Jordan. Chemosphere, 78: 667–671. https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2009.12.012.

AHMED, A.; Randhawa, M.A.; Yusuf, M.J.; Khalid, N. (2011). Effect of processing on pesticide residues in food crops - a review. Journal of Agricultural Research, 49(3).

ALFAIFI, B. M.; Al-Ghamdi, S.; Othman, M. B.; Hobani, A.I.; Suliman, G.M. (2023). Advanced Red Meat Cooking Technologies and Their Effect on Engineering and Quality Properties: A Review, en: Foods, 12(13). https://doi.org/10.3390/foods12132564

BARBERÁ, C. (1989). Pesticidas Agrícolas. 4taEdic. Editorial Omega. Barcelona.

BCR (2021). Bolsa de Comercio de Rosario. Informativo semanal – Mercados. AÑO XXXIX - N° Edición 2004 - Especial Ganadería. ISSN 2796 – 7824. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/boletin-informativo-semanal/ano-xxxix-2> [3 de mayo de 2023].

CHEN, L.; Qian, Y.; Wang, X.; Jia, Q.; Weng, R.; Zhang; X.; Li, Y.; Qiu, J. (2024). A nationwide characterization of organochlorine pesticides (OCPs) in livestock and poultry food products across China: Residual levels, origin and the associated health risks. Chemosphere, 364, 142999. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142999

CREMLYN, R. (1995). Plaguicidas Modernos y su Acción Bioquímica. Editorial Limusa. México.

DOMINGO, J. L. (2017). Concentrations of environmental organic contaminants in meat and meat products and human dietary exposure: A review. Food and Chemical Toxicology, 107, 20 – 26. http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.032

EC (2021). European Commission. Method Validation and Quality Control Procedures for Pesticide Residues Analysis in Food and Feed, SANTE/11321/2021.

IICA (2015). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Caracterización del valor nutricional de los alimentos/PROCISUR. ISBN: 978-92-9248-572-6.

MEA (2021). Ministerio de Economía Argentina. INFORMES DE CADENAS DE VALOR – Ganadería y carne Vacuna. AÑO 6 - N° 59 – Diciembre 2021. ISSN 2525-0221. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha_sectorial_carne_bovina_-_diciembre.2021.pdf> [10 de mayo de 2023]

MEDINA, M. B., Munitz, M. S. &Resnik, S. L. (2019). Pesticides in randomly collected rice commercialised in Entre Ríos, Argentina. Food Additives and Contaminants: Part B. https://doi.org/10.1080/19393210.2019.1617791

MUNITZ, M., Resnik, S. &Montti, M. (2013a). Method development and validation for boscalid in blueberries by solid-phase microextraction gas chromatography, and their degradation kinetics. Food Chemistry, 136, 1399–1404. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.079

MUNITZ, M., Resnik, S. &Montti, M. (2013b). Method development and validation for cyprodinil and fludioxonil in blueberries by solid-phase microextraction gas chromatography, and their degradation kinetics. Food Additives and Contaminants, 30 (7), 1299-1307. DOI: 10.1080/19440049.2013.801085

PHOPIN, K.; Wanwimolruk, S.; Norkaew, C.; Buddhaprom, J.; Isarankura-Na-Ayudhya, C. (2022). Boiling, Blanching, and Stir-Frying Markedly Reduce Pesticide Residues in Vegetables. Foods, 11(10). https://doi.org/10.3390/foods11101463.

SARKAR, S., Dias Bernardes Gil, J., Keeley, J., Möhring, N., & Jansen, K. (2021). The use of pesticides in developing countries and their impact on health and the right to food. Policy Department for External Relations. Directorate General for External Policies of the Union, PE 653.622. https://doi.org/10.2861/28995.

WILLIMAN, C., Munitz, M. S., Montti, M. I. T., Medina, M. B., Navarro, A. F., & Ronco, A. E. (2017). Pesticide survey in water and suspended solids from the Uruguay River basin, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189:259, https://DOI 10.1007/s10661-017-5956-9

YIGIT, N., Velioglu, Y. S. (2020). Effects of processing and storage on pesticide residues in foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60(21): 3622-3641. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1702501.

PID 8160 **Denominación del Proyecto:**
Reducción del contenido residual de pesticidas en carne mediante cocción. Optimización del método

Unidad de ejecución
Universidad Nacional de Entre Ríos

Dependencia
Facultad de Ciencias de la Alimentación

Cátedra, Área o disciplina científica
Laboratorio de Investigación de Residuos en Alimentos (L.I.R.A) Área o disciplina científica: área química

Contacto: martin.munitz@uner.edu.ar

Integrantes del proyecto

Director
Dr. Martín Munitz

Codirectora
Dra. María Belén Medina

Integrantes internos/docentes UNER:
Celia Williman, Fernando Parma, Fabricio Raviol, Julieta Maldonado, Lucas Page, Martín Novoa (baja 01/09/2024), y Carlos Andrés Fernández (alta 01/09/2024).
Integrantes estudiantes de grado de la FCAL: Augusto Durocher, Belén Sanchez Viera y Fátima Macarena Medina (alta 01/09/2024).
Becaria de formación vinculada al PID: Lucía Belén Botti Rodriguez Pereira (10/12/2023 – 31/10/2025).

Fecha de inicio y finalización efectivas
01/11/2023 y 01/11/2025
Aprobación del Informe Final mediante Resolución C.S. N° 111/26 (02/07/2026)

<<< Volver al inicio