

Productividad triplicada para el análisis de residuos de pesticidas en alimentos infantiles mediante tecnología rápida de GC-MS/MS triple cuadrupolo

Cristian Cojocariu,¹ Michael T. Hetmanski,² Paul Silcock,¹ y Richard J. Fussell²

¹Thermo Fisher Scientific, Runcorn, UK

²Food and Environment Research Agency (FERA), York, UK

Palabras clave

Análisis de plaguicidas, alimentos para bebé, GC-MS/MS, TraceFinder, seguridad alimentaria

Objetivo

Evaluar el rendimiento y la productividad del sistema de GC-MS/MS Thermo Scientific™ TSQ™ 8000 Evo en el análisis de residuos de plaguicidas.

Introducción

En el grupo de los plaguicidas se incluyen más de 1000 sustancias diferentes que permiten controlar o erradicar las plagas. Se aplican estrictos controles regulados para garantizar que estos productos químicos se utilizan de forma segura y eficaz, sin que representen ningún daño para las personas, los animales y el entorno. Los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas en alimentos y piensos han sido establecidos por diferentes organismos internacionales, incluida la UE.¹

Para la detección, cuantificación y correcta identificación de residuos de plaguicidas a niveles de trazas se necesitan instrumentos analíticos sensibles, selectivos y robustos. Debido a la creciente necesidad de analizar un número mayor de muestras de productos perecederos en menor tiempo, los laboratorios de alta productividad buscan continuas mejoras en la productividad analítica. En los últimos tiempos, se han alcanzado importantes logros en productividad gracias a la extracción de muestras con el método QuEChERS (sigla que hace referencia a rapidez, sencillez, bajo coste, eficacia, resistencia y seguridad) junto con la cromatografía de líquidos o gases (GC o LC) y la espectrometría de masas (MS). En este documento se recoge la posibilidad de obtener una productividad aun mayor gracias al uso de la tecnología rápida GC-MS/MS junto con nuevo software para reducir así el tiempo necesario en la adquisición y el procesamiento de los datos.

Generalmente se utiliza acetonitrilo como disolvente de extracción con el método QuEChERS. El análisis directo de los residuos de plaguicidas en acetonitrilo evita el intercambio del disolvente que, al ser una tarea que lleva



su tiempo, supone también un coste adicional. No obstante, la naturaleza polar del acetonitrilo puede producir un enfoque deficiente de los picos cromatográficos así como una limitación en el volumen de inyección que puede ser utilizado debido a su elevado coeficiente de expansión.

En este estudio se ha usado un flujo de trabajo rápido, sencillo y fiable para analizar los residuos de plaguicidas en alimentos para bebés. La detección, cuantificación e identificación exactas y sensibles de plaguicidas en alimentos para bebés es de vital importancia porque los bebés son más sensibles a los efectos secundarios derivados de estos productos químicos.

En este estudio se demuestra que se puede aumentar la productividad del laboratorio gracias a la inyección directa de volúmenes bajos de extractos de acetonitrilo mediante el método QuEChERS, junto con rampas rápidas de temperatura para reducir así los tiempos cromatográficos. Todo ello resulta posible gracias a la innovadora tecnología de cámara de colisión EvoCell combinada con la eficaz programación de la monitorización de transiciones (SRM) que ofrece el software de SRM programable del sistema GC-MS/MS de

triple cuadrupolo TSQ 8000 Evo.

Se ha llevado a cabo una evaluación detallada de los resultados que ofrece este análisis rápido mediante GC con acetonitrilo teniendo en cuenta las directrices SANCO.²

Preparación del instrumento y configuración del método

Se ha utilizado un GC-MS/MS de triple cuadrupolo TSQ 8000 Evo junto con un sistema de GC Thermo Scientific™ TRACE™ 1310. La introducción de la muestra se realizó con un muestreador automático Thermo Scientific™ TriPlus™ RSH, mientras que la separación cromatográfica se llevó a cabo con una columna capilar Thermo Scientific™ TraceGOLD TG-5SilMS de 15 m × 0,25 mm de D.I. × película de 0,25 µm (ref.: 26096-1300). En las siguientes tablas se recoge más información sobre los parámetros del instrumento.

Condiciones del GC y del inyector

TRACE 1310 GC	
Volumen de inyección (µL):	1,0
Liner:	Junta cónica SSL (ref: 453A2342)
Entrada (°C):	240
Modo de inyección:	Splitless
Gas portador (mL/min):	He, 1.2
Programa de temperatura del horno	
Temperatura 1 (°C):	60
Tiempo de contención (min):	1
Temperatura 2 (°C):	180
Rampa (°C/min)	50
Temperatura 3 (°C):	320
Tasa (°C/min)	35
Tiempo de contención (min):	4

Condiciones del espectrómetro de masas

Espectrómetro de masas TSQ 8000 Evo	
Línea de transferencia (°C):	280
Modo de ionización:	EI
Fuente de iones (°C):	320
Energía electrónica (eV):	70
Modo de adquisición:	t-SRM
Presión de gas Q2 (argón) (psi):	60
Ventana de selección Q1(Da):	0,7
Ventana de selección Q3(Da):	0,7

El espectrómetro de masas de triple cuadrupolo TSQ 8000 Evo se utilizó en modo MS/MS con ionización de electrones (EI+). Se eligieron dos transiciones SRM (una para la cuantificación y otra para la identificación) para cada plaguicida. En total se adquirieron 264 transiciones SRM con tiempos de permanencia que iban de 1 a 52 ms, en función del número de transiciones SRM monitorizadas simultáneamente. Los datos cromatográficos se obtuvieron empleando reacciones seleccionadas temporizadas (t-SRM) con un mínimo de 12 puntos por pico.

Preparación de muestras

Las muestras de alimentos para bebés se extrajeron mediante el protocolo QuEChERS con tampón citrato. La muestra homogeneizada se extrajo (10 g) con acetonitrilo (10 ml) y, a continuación, se le incorporó MgSO₄ (4 g), NaCl (1,0 g), citrato de hidrógeno disódico sesquihidratado (0,5 g) y citrato trisódico deshidratado (1,0 g). Para la limpieza de las muestras se utilizó la extracción de fase sólida dispersiva [MgSO₄ (150 mg), C18 (50 mg), PSA (50 mg) y carbono (7,5 mg) por ml de extracto]. Los extractos finales (1 g/ml en acetonitrilo) se enriquecieron con una mezcla de 132 plaguicidas a una concentración correspondiente a 0,5–100 ng/g (ppb) y 1,0–200 ng/g (ppb) para algunos analitos.

Procesado de datos

Los datos se recopilaron y procesaron con el software Thermo Scientific™ TraceFinder™, versión 3.2, un único paquete de software que integra opciones para el control del instrumento, el desarrollo de métodos y los flujos de trabajo específicos para la cuantificación. Se empleó una transición SRM para la cuantificación y otra transición para la identificación positiva del plaguicida por cada uno de los compuestos.

Resultados y discusión

En este estudio se describe la metodología empleada para el análisis de residuos de diferentes plaguicidas en alimentos para bebés mediante GC rápida para permitir aumentar la productividad del laboratorio. Los siguientes resultados se obtuvieron con acetonitrilo como disolvente de extracción final y con una inyección en caliente Splitless de bajo volumen y extracción de acuerdo con el protocolo QuEChERS. El rendimiento del sistema GC-MS/MS TSQ 8000 Evo se evaluó considerando la cromatografía, sensibilidad, linealidad y reproducibilidad de los plaguicidas analizados en los extractos de muestras de alimentos para bebés.

Análisis de muestras tres veces más rápidos

Por lo general, para un análisis de GC de 132 plaguicidas objetivo se necesitan unos 42 minutos si se pretende obtener un número suficiente de barridos por pico cro-

matográfico (Figura 1), sobre todo en periodos de tiempo con numerosos picos que eluyen a la vez. Se necesitan como mínimo entre 10 y 12 barridos de un pico cromatográfico para integrar de forma exacta los picos de interés.

Anteriormente, si la velocidad de barrido era rápida, se podía ver afectada la sensibilidad del instrumento, especialmente si se controlaban simultáneamente varias transiciones SRM. Al aplicar las condiciones de GC rápida que se han descrito anteriormente, la duración del cromatograma (TA) de GC se reducía hasta ~11 min sin que se viera afectada la cantidad de puntos de datos

recopilados para cada pico cromatográfico (Figuras 2 y 3). Este avance se logra gracias a la tecnología rápida EvoCell que permite eliminar rápidamente los iones de la celda de colisión y, por tanto, recopilar datos con más rapidez sin que se vea afectada la sensibilidad del instrumento. La adquisición rápida de datos permite adquirir más información en un periodo más corto, con la consecuente reducción de la duración de los ciclos de GC. Gracias a esta metodología rápida, se logra prácticamente triplicar la velocidad de análisis de muestras, ya que se realiza el triple de inyecciones de extractos estándar/de muestras en una secuencia durante la noche.

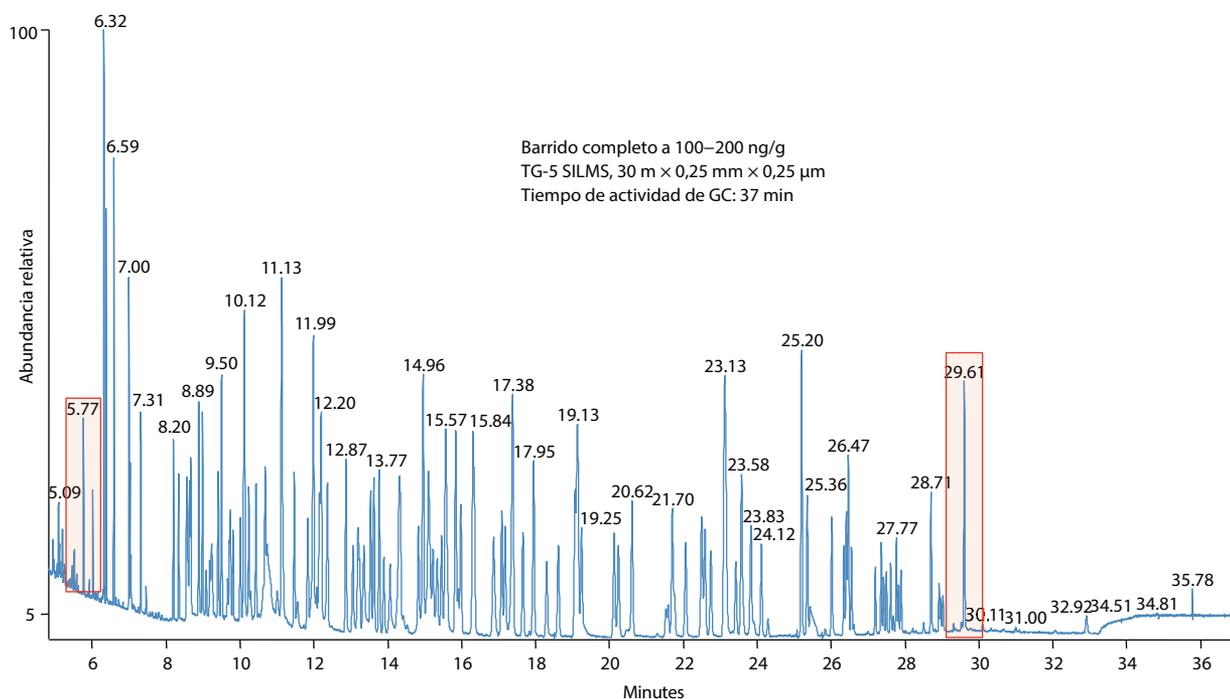


Figura 1. Cromatograma de iones totales (TIC, barrido completo) correspondiente a un ciclo cromatográfico de GC-MS normal de 132 plaguicidas a 100–200 ng/g con un tiempo de actividad total de unos 40 minutos. El primer plaguicida (diclorvos, TA = 5,77 min) y el último plaguicida (deltametrina, TA = 29,61 min) aparecen resaltados.

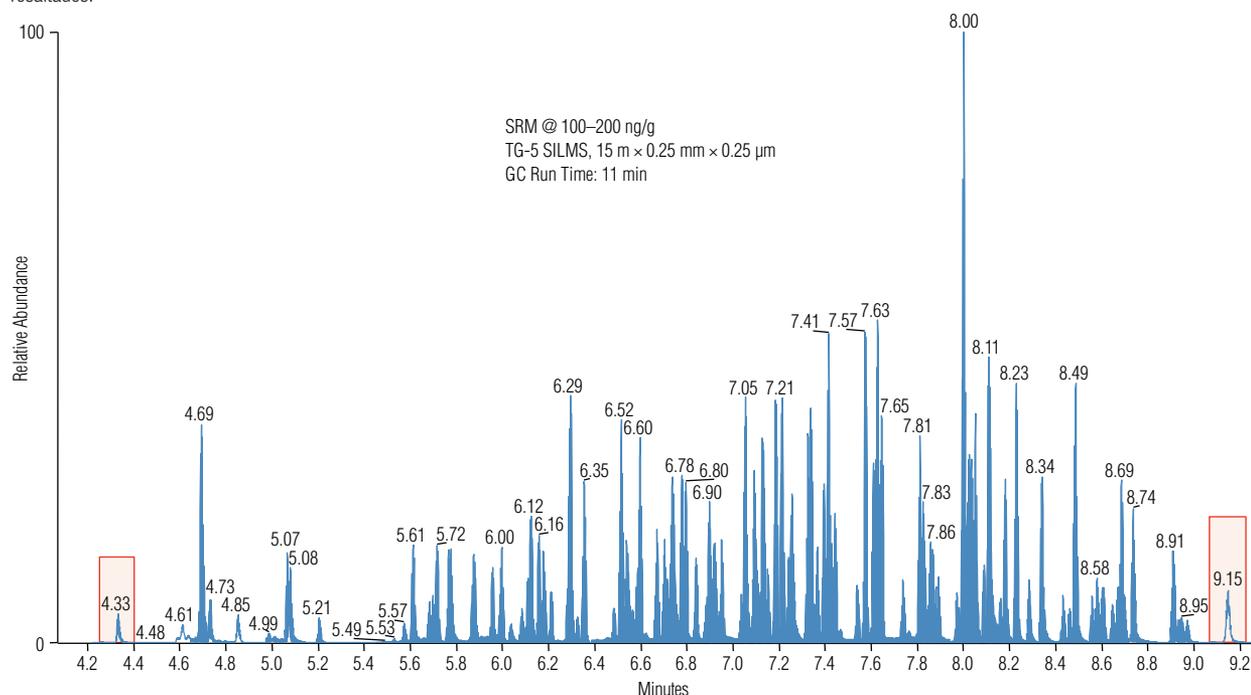


Figura 2. Cromatograma SRM de un rápido ciclo cromatográfico de GC-MS de 132 plaguicidas a 100–200 ng/g con un tiempo de actividad total de 11 minutos. El primer plaguicida (diclorvos, TA = 4,33 min) y el último plaguicida (deltametrina, TA = 9,15 min) aparecen resaltados.

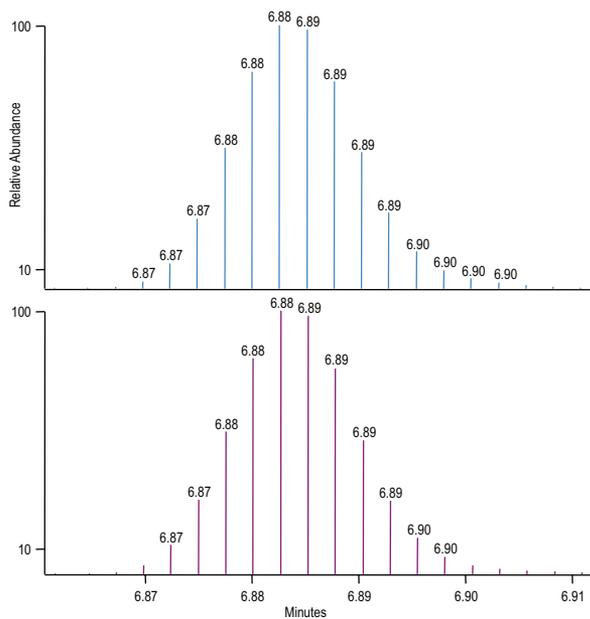


Figura 3. Cromatograma de SRM para paratión-etil que eluye en un $T_A = 6,89$ min donde se muestran 13 barridos/pico (anchura de pico de 1,8 s, tiempo de permanencia de 1,7 ms).

Sensibilidad

Casi todos los plaguicidas (97 %) se detectaron a una concentración de 0,5 o 1,0 ng/g (ng/ml) y las curvas de calibración eran lineales en el intervalo de 0,5 a 100 ng/g (o de 1,0 a 200 ng/g). En la Figura 4 se muestran ejemplos de cromatografía a esta baja concentración y las curvas de calibración. A la más baja concentración de calibración de 5–10 ng/g ($0,5-1 \times$ LMR predeterminado), todos los compuestos detectados fácilmente con todas las relaciones de iones para la identificación de compuestos dentro de un margen del 15% con respecto al valor medio de relación de iones derivado de la curva de calibración para todas las concentraciones.

Estimación del límite de detección del instrumento y repetibilidad del área de picos

El límite de detección del instrumento (LDI) correspondiente a los plaguicidas objetivo se determinó empíricamente mediante la inyección repetida ($n=20$) del patrón con ajuste matricial de 5 ng/g (y 10 ng/g) y teniendo en cuenta los valores críticos de la distribución t de Student para los grados de libertad correspondientes (confianza del 99 %).

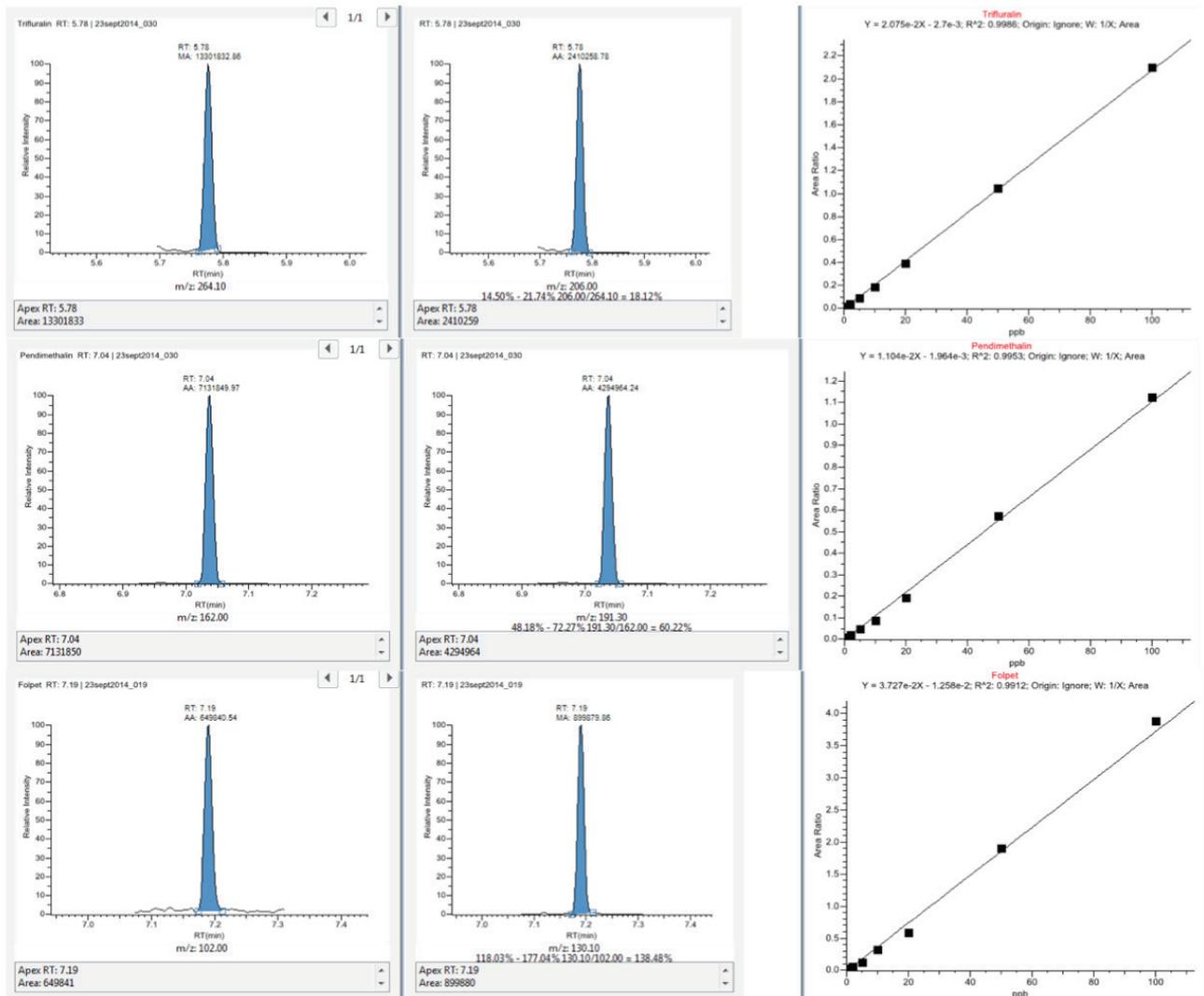


Figura 4. Ejemplos de cromatografía (0,5 pg con columna) y linealidad (sin corrección mediante patrón interno) para trifluralina, pendimetalina y folpet.

En los resultados de este experimento se observó un porcentaje de desviación estándar relativa (RSD) media para la reproducibilidad del área de picos del 7,3 % y

unos límites de detección (IDL) que oscilaban entre 0,2 ng/g para dimetenamida y 3,7 ng/g para captán (Tabla 3). Si se emplea la corrección mediante patrón interno para

Tabla 1. Reproducibilidad del área de picos (%RSD, n=20) a una cantidad absoluta de 5 o 10 pg con columna y un LDI99 (en ng/g).

N,º	Compuesto	TA (min)	pg con columna	% RSD	LDI
1	Acetochloro	6,53	5	4,5	0,6
2	Aclonifen	7,64	10	8,3	2,1
3	Aldrina	6,90	5	5,9	0,7
4	Azinfos-etil	8,34	10	10,0	2,5
5	Benalaxil	7,74	5	4,4	0,6
6	BHC, alfa	5,96	5	5,3	0,7
7	BHC, beta	6,11	5	8,7	1,1
8	BHC, gamma	6,18	5	6,6	0,8
9	Bifenox	8,09	10	10,0	2,6
10	Bifentrin	8,00	5	4,3	0,5
11	Bifenilo	4,85	5	10,0	1,3
12	Bromofos-etil	7,21	5	6,8	0,9
13	Bromopropilato	8,04	5	5,7	0,7
14	Bupirimato	7,43	5	3,0	0,4
15	Buprofecina	7,45	5	4,9	0,6
16	Cadusafos	5,88	5	5,1	0,6
17	Captán	7,16	10	14,0	3,7
18	Carbetamida	6,90	10	9,9	2,5
19	Clorbufam	6,09	10	7,6	1,9
20	Clordano alfa-cis	7,25	5	6,4	0,8
21	Clordano gamma-trans	7,32	5	5,7	0,7
22	Clortalonil	6,29	5	5,7	0,7
23	Clorprofam	5,77	10	4,6	1,2
24	Clorpirifos-etil	6,85	5	4,3	0,5
25	Clorpirifos-metil	6,55	5	4,2	0,5
26	Clozolinato	7,07	5	7,9	1,0
27	Clomazona	6,12	5	4,1	0,5
28	Coumafós	8,48	5	14,0	1,8
29	Cianazina	6,85	5	17,0	2,2
30	Cicloato	5,72	5	8,8	1,1
31	Ciflutrin picos I-IV	8,59	10	11,0	2,8
32	Cihalotrina-S	8,23	10	6,8	1,7
33	Cipermetrina picos I-IV	8,68	10	10,0	2,6
34	DDD p,p	7,63	5	5,6	0,7
35	DDE p, p	7,42	5	4,0	0,5
36	DDT o,p	7,65	5	8,2	1,0
37	DDT p,p	7,80	5	12,0	1,6
38	Deltametrina	9,15	10	9,8	2,5
39	Diazinón	6,21	5	4,9	0,6
40	Diclobenil	4,69	10	8,3	2,1
41	Diclofluanida	6,80	5	3,7	0,5
42	Diclorán	6,04	5	13,0	1,7
43	Diclorvos	4,33	5	12,0	1,5
44	Dicrotofos	5,79	5	6,8	0,9
45	Dieldrina	7,47	5	8,0	1,0
46	Diflufenicán	7,86	5	5,0	0,6
47	Dimetenamida	6,52	5	1,9	0,2
48	Difenylamina	5,68	10	6,8	1,7
49	Endosulfán I	7,36	5	5,6	0,7
50	Endosulfán II	7,62	5	4,3	0,5
51	Sulfato de endosulfán	7,81	5	4,1	0,5
52	Endrina	7,58	5	13,0	1,6
53	EPN	8,03	5	6,0	0,8
54	EPTC	4,73	10	10,0	2,6
55	Etión	7,61	5	4,2	0,5
56	Etofumesato	6,74	5	8,6	1,1
57	Etoprop (etoprofos)	5,70	5	7,1	0,9
58	Etoxazol	8,04	10	7,5	1,9
59	Etridiazol	5,07	10	1,0	2,6
60	Etrimfos	6,33	5	4,4	0,6
61	Fenazaquin	8,11	5	4,5	0,6
62	Fenitrotión	6,74	5	4,1	0,5
63	Fenpropatrina	8,05	10	8,9	2,3
64	Fenvalerato I	8,91	5	7,4	0,9
65	Fenvalerato II	8,98	5	7,6	1,0
66	Flucitrinato I	8,69	10	8,9	2,3
67	Flucitrinato II	8,74	5	7,5	1,0
68	Fluorcloridona	6,92	5	4,9	0,6
69	Flutolanil	7,33	5	10,0	1,2
70	Fluvalinato	8,93	5	11,0	1,4
71	Folpet	7,19	5	9,2	1,2
72	Furalaxilo	7,13	5	3,6	0,5
73	Heptacloro	6,67	5	3,7	0,5
74	Heptacloro epóxido-cis	7,12	5	6,3	0,8
75	Heptacloro epóxido-trans	7,14	5	9,4	1,2
76	Hexaclorobenceno	6,00	5	9,6	1,2
77	Hexazinona	7,83	5	6,9	0,9
78	Iprodiona	7,99	10	12,0	3,1
79	Malaoxón	6,55	5	4,1	0,5
80	Mefosfolán	7,11	5	9,2	1,2
81	Metazacloro	7,06	10	6,4	1,6
82	Metacrifos	5,21	5	9,6	1,2
83	Metidatión	7,21	5	4,7	0,6
84	Metoxicloro	8,05	5	8,6	1,1
85	Metribuzina	6,54	10	3,8	1,0
86	Napropamida	7,34	10	6,2	1,6
87	Nitrofen	7,54	5	7,0	0,9
88	Nitrotal-isopropil	6,92	5	4,3	0,5
89	Oxadiazón	7,39	5	4,7	0,6
90	Oxoclordano	7,12	5	5,9	0,7
91	Oxifluorfén	7,42	10	7,7	2,0
92	Paraoxón-metil	6,30	5	10,0	1,3
93	Paratión (etil)	6,88	5	6,5	0,8
94	Paratión-metil	6,59	5	4,4	0,6
95	Pendimetalina	7,04	5	6,7	0,9
96	Pentachloroanilina	6,48	5	5,4	0,7
97	Pentanochloro (aolan)	6,78	5	5,0	0,6
98	Permetrina I	8,43	5	10,0	1,3
99	Permetrina II	8,46	5	9,7	1,2
100	Fosalona	8,18	5	8,5	1,1
101	Fosmet	8,02	5	6,8	0,9
102	Pirimifos metil	6,72	5	4,0	0,5
103	Pirimifos-etil	6,95	5	4,0	0,5
104	Procimidona	7,15	5	5,7	0,7
105	Propacloro	5,61	5	6,9	0,9
106	Propanil	6,52	10	13,0	3,2
107	Propargita	7,86	5	10,0	1,3
108	Propetamfos	6,16	5	4,3	0,5
109	Profam	5,08	5	5,7	0,7
110	Prosulfocarb	6,71	10	4,2	1,1
111	Protiofos	7,37	5	7,7	1,0
112	Pirazofos	8,29	5	9,0	1,1
113	Piridaben	8,49	5	10,0	1,3
114	Piridafentión	7,97	5	16,0	2,0
115	Pirifenox-E	7,11	5	11,0	1,4
116	Quinalfos	7,13	5	6,9	0,9
117	Quinometionato	7,25	5	8,8	1,1
118	Quintoceno	6,16	5	6,3	0,8
119	Resmetrina	7,89	5	9,6	1,2
120	Espirodiclofeno	8,42	5	7,9	1,0
121	Tecnaceno	5,57	5	9,6	1,2
122	Teflutrin	6,30	5	4,5	0,6
123	Terbutilazina	6,18	10	5,1	1,3
124	Terbutrina	6,73	5	5,6	0,7
125	Tetraclorvinfos	7,24	5	8,7	1,1
126	Tetradifón	8,16	5	8,0	1,0
127	Tetrametrina	8,01	5	6,2	0,8
128	Tolclofos-metil	6,60	5	4,6	0,6
129	Tolilfluanida	7,09	5	5,3	0,7
130	Trialato	6,36	10	5,9	1,5
131	Trifluralina	5,78	5	7,5	1,0
132	Vinclozolina	6,57	5	7,1	0,9

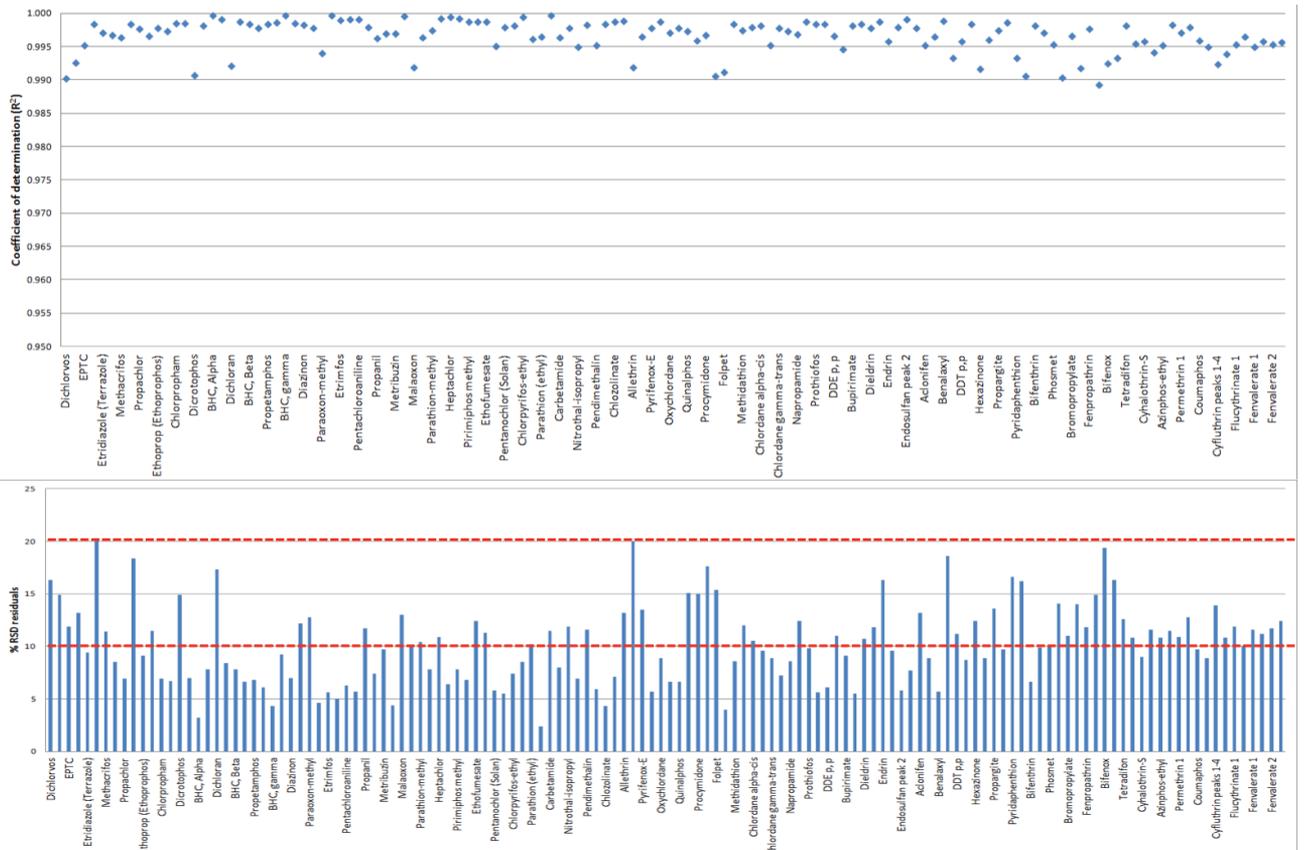


Figura 5. Coeficiente de correlación y valores residuales (%DER) calculados para un intervalo lineal de 0,5–100 ng/g (o 1,0–200 ng/g). Las líneas discontinuas representan el 10 % y 20 % RSD de los valores residuales.

compensar los errores de la inyección, se pueden obtener porcentajes de DER aún mejores en los valores de repetibilidad del área de picos.

Linealidad de la respuesta

La linealidad del sistema de GC-MS/MS se evaluó en un intervalo de concentración de 0,5–100 ng/g (o 1–200 ng/g para algunos analitos) mediante patrones con ajuste matricial. En todos los casos el cociente de determinación (R^2) fue superior a 0,99 con un valor medio de $R^2 = 0,997$. Además, los valores individuales de los residuos fueron $< 20\%$ con un valor medio del 10 % (Figura 5).

Análisis detallado de otros plaguicidas

La cuantificación y detección específica de un número determinado de plaguicidas es importante, pero hay un creciente interés en detectar otros compuestos diferentes a los que se muestran en la lista. Para responder a la pregunta “¿qué más hay en la muestra?”, esta se debe volver a analizar para detectar plaguicidas nuevos o inusuales o para determinar la presencia de productos de transformación/metabólicos que podrían encontrarse en las muestras, al margen de los compuestos objetivo. Los instrumentos analíticos rápidos permiten adquirir de forma simultánea datos de SRM/SIM y de un barrido full scan.

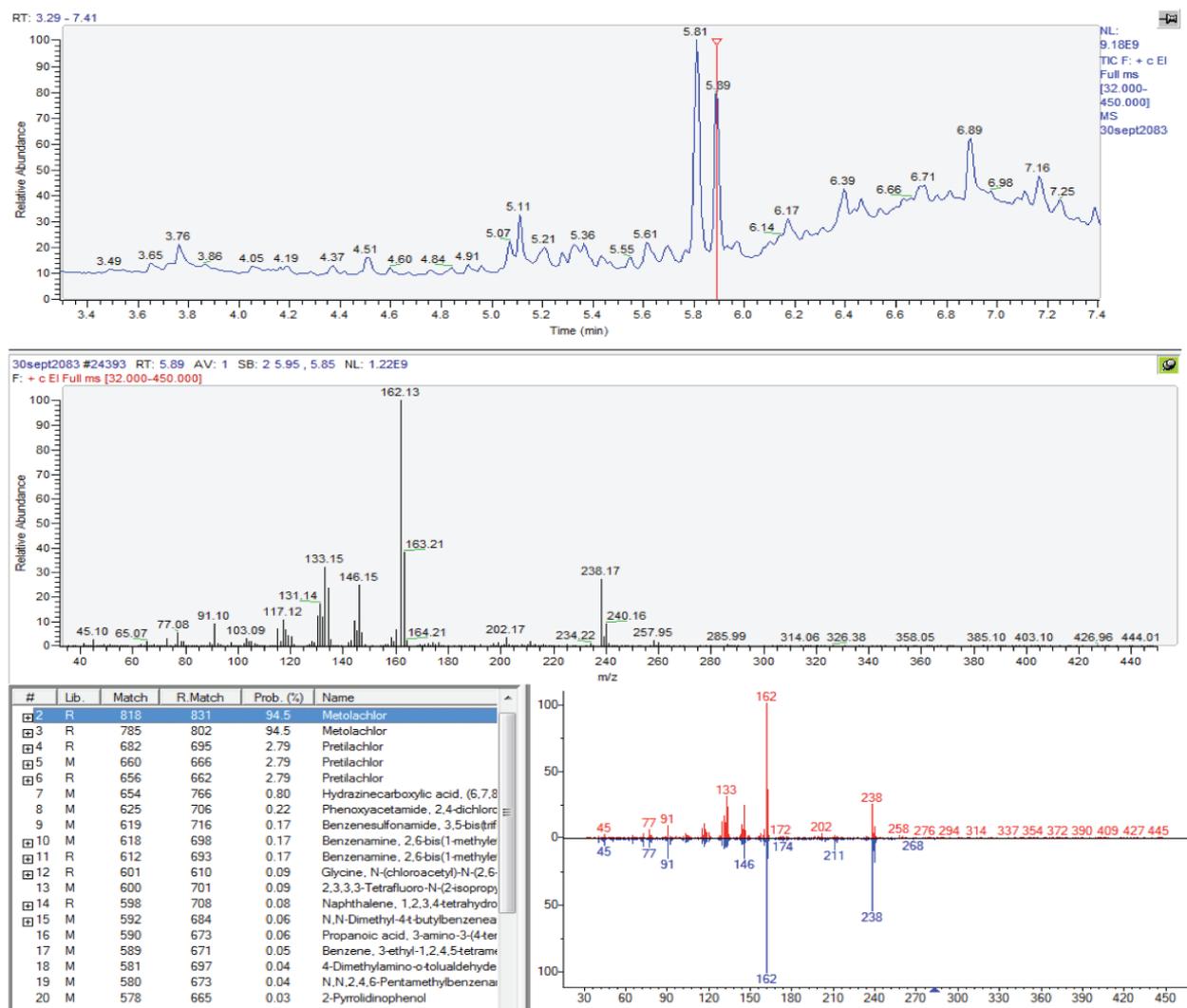


Figura 6. Análisis detallado de sustancias contaminantes en alimentos para bebés mediante la adquisición simultánea de datos de SRM/barrido completo. El compuesto con un tiempo de retención (RT) = 5,89 min se identificó como metolachloro (mediante NIST) en la ventana de adquisición full scan.

Se analizaron las muestras de alimentos para bebés con el sistema de GC-MS/MS TSQ 8000 Evo para detectar otros compuestos. Los datos se adquirieron simultáneamente en el modo SRM y full scan. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de un cromatograma de SRM/full scan. El espectro de masas correspondiente al pico a RT = 5,89

min se envió a la biblioteca espectral de masas NIST y se identificó como metolachloro (un compuesto que no se encuentra en la solución de enriquecimiento ni en la lista de compuestos objetivo) con un 95 % de certeza. Este resultado demuestra las ventajas de usar la adquisición de datos simultánea, que solo resulta posible gracias al uso de un equipo rápido como el GC-MS/MS TSQ 8000 Evo.

Conclusión

En los resultados de este estudio se demuestra que se puede triplicar la productividad del laboratorio gracias al equipo GC-MS de triple cuadrupolo Thermo Scientific TSQ 8000 Evo. El tiempo de análisis se reduce gracias a:

- Análisis directo de extractos de acetonitrilo sin necesidad de aplicar el paso adicional de cambio del disolvente.
- Reducción de los tiempos de actividad de GC mediante la adquisición rápida de datos con la tecnología rápida de celdas de colisión EvoCell.
- Detección completa de plaguicidas en modo dirigido y no dirigido mediante adquisición de datos en full scan y SRM. El resto de plaguicidas se identificó comparando los datos del barrido completo con los de la biblioteca NIST.

Se logró una excelente sensibilidad. Todos los plaguicidas se detectaron e identificaron a una concentración de 5-10 ng/g con límites de detección instrumentales (IDL) que oscilaban entre 0,2 y 3,7 ng/g.

Los resultados demuestran que la adquisición rápida de datos con el GC-MS/MS TSQ 8000 Evo permite obtener una excelente linealidad y reproducibilidad en las áreas de pico.

Referencias

1. Commission Regulation (EU) No 396/2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EC, 16.3.2005, p. 1-16.
2. SANC0/12571/2013 (2014), Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed, 19.11.2013 rev. 0.
3. EN 15662, versión 2.2, fecha: 2008-04, Foods of plant origin- Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and cleanup by dispersive SPE- QuEChERS-method.

www.thermoscientific.es

©2015 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved. ISO is a trademark of the International Standards Organization. All other trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries. This information is presented as an example of the capabilities of Thermo Fisher Scientific products. It is not intended to encourage use of these products in any manners that might infringe the intellectual property rights of others. Specifications, terms and pricing are subject to change. Not all products are available in all countries. Please consult your local sales representative for details.



Thermo Fisher Scientific,
Austin, TX USA is
ISO 9001:2008 Certified.

Africa +43 1 333 50 34 0	Denmark +45 70 23 62 60	Japan +81 45 453 9100	Russia/CIS +43 1 333 50 34 0
Australia +61 3 9757 4300	Europe-Other +43 1 333 50 34 0	Korea +82 2 3420 8600	Singapore +65 6289 1190
Austria +43 810 282 206	Finland +358 9 3291 0200	Latin America +1 561 688 8700	Spain +34 914 845 965
Belgium +32 53 73 42 41	France +33 1 60 92 48 00	Middle East +43 1 333 50 34 0	Sweden +46 8 556 468 00
Canada +1 800 530 8447	Germany +49 6103 408 1014	Netherlands +31 76 579 55 55	Switzerland +41 61 716 77 00
China 800 810 5118 (free call domestic) 400 650 5118	India +91 22 6742 9494	New Zealand +64 9 980 6700	UK +44 1442 233555
	Italy +39 02 950 591	Norway +46 8 556 468 00	USA +1 800 532 4752

Thermo
SCIENTIFIC

A Thermo Fisher Scientific Brand