

COMPLETE PESTICIDE SOLUTION



Contents

QuEChERS	1
การวิเคราะห์สารเคมีปราบศัตรูพืช Organochlorine ในสัตว์น้ำด้วยเทคนิค GC-MS/MS	3
การวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ด้วยเทคนิค GC-MS/MS	5
การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแอปเปิล โดยใช้เทคนิค GC-(AEI)-MS/MS	17
การวิเคราะห์หาปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ในผลิตภัณฑ์นม	28
การวิเคราะห์สารกลุ่ม Carbamate ในผักกาดแก้ว ด้วยเทคนิค LC-MS/MS	35
การวิเคราะห์สาร Pesticide ตกค้างจำนวน 437 ชนิด ในการฉีดพ่นครั้งเดียว ด้วย เทคนิค LC-MS/MS	38



QuEChERS

Thermo Scientific™ QuEChERS



ชุดสกัดสารปราบศัตรูพืชในผักและผลไม้พร้อมใช้งานสำหรับวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS/MS และ LC-MS/MS ช่วยลดขั้นตอนการเตรียม ประหยัดเวลา และให้ผลการทำซ้ำที่ดีเยี่ยม

QuEChERS workflow

Extraction

Centrifuge

Clean-up

Centrifuge

Analysis

Automated clean-up of QuEChERS extracts

เครื่องเตรียมตัวอย่างอัตโนมัติสำหรับการทำความสะอาด (Clean-up) ด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งขนาดเล็ก (micro-SPE) ช่วยลดขั้นตอนการทำงาน ลดปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ ลดของเสียจากห้องปฏิบัติการ และยังสามารถต่อพ่วงกับเครื่อง GC-MS/MS หรือ LC-MS/MS เพื่อวิเคราะห์แบบออนไลน์ได้



μSPE QuEChERS clean-up

Condition

- Condition micro-SPE for cleanup

Load

- Load 1 mL extract

Elute

- Elute with solvent Into vial

Analysis

- Direct injection to GC-MS/MS or LC-MS



FREESTYLE QuEChERS



เครื่องเตรียมตัวอย่างอัตโนมัติรุ่น PAL system จากบริษัท CTC Analytics AG ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ รองรับการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์สารปราบศัตรูพืชแบบ μ SPE QuEChERS clean-up พร้อมต่อพ่วงกับเครื่อง GC-MS/MS ได้ทุกยี่ห้อ และรองรับการเตรียมตัวอย่างแบบอื่นเพิ่มเติมได้ เช่น

- การเจือจางตัวอย่างหรือสารมาตรฐานเพื่อเตรียมกราฟมาตรฐาน
- การเติมสารมาตรฐานก่อนการวิเคราะห์
- การทำอนุพันธ์ก่อนการวิเคราะห์
- การสกัดด้วยของเหลว

สามารถปรับแต่งวิธีการและขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างได้โดยผู้ใช้งานด้วยซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงาน PAL Method Composer

เครื่องเตรียมตัวอย่างอัตโนมัติรุ่น FREESTYLE QuEChERS จากบริษัท LCTech ประเทศเยอรมนี รองรับการเตรียมตัวอย่างแบบ μ SPE QuEChERS clean-up พร้อมต่อพ่วงกับเครื่อง LC-MS/MS ได้ทุกยี่ห้อ สามารถปรับแต่งการทำงานเพิ่มเติมได้ เช่น

- การเตรียมตัวอย่างแบบ SPE ขนาดมาตรฐานได้ทุกขนาด
- สามารถปรับแต่งวิธีการสกัดด้วย SPE ได้โดยผู้ใช้งาน
- สามารถเลือกขวดรองรับสารละลายที่สกัดแล้วได้มากกว่า 1 ภาชนะ
- สามารถเลือกสารละลายสำหรับสกัดได้สูงสุด 6 สารละลาย
- สามารถเพิ่มขั้นตอนการระเหยตัวทำละลายเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารก่อนการวิเคราะห์
- สามารถเพิ่มการทำงานแบบ Gel Permeation Chromatography, GPC ได้





ผู้จัดทำ : นิรมล จิตต์สมหมาย, วิชนิ สอนสา, รติมาศ บุญล้อม

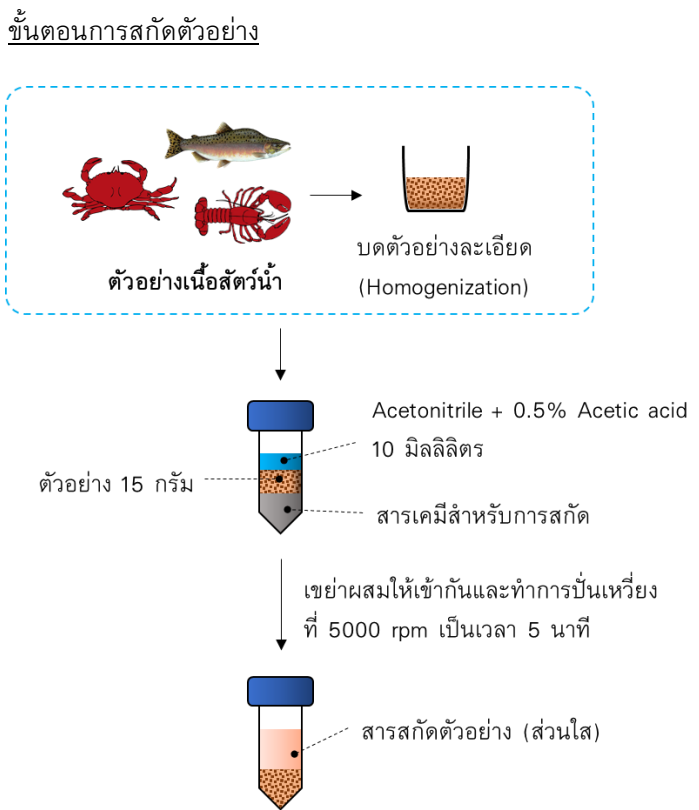
Organochlorine Pesticides (OCPs) เป็นกลุ่มสารเคมีปราบศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษสูงและมีฤทธิ์ตกค้างยาวนาน จึงมีความเสี่ยงสูงที่จะสะสมในสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงมีโอกาสปนเปื้อนในอาหารต่างๆ เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ ในอุตสาหกรรมประมง สัตว์น้ำ และผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ มีโอกาสได้รับการปนเปื้อนสาร OCPs เช่นเดียวกัน จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณการปนเปื้อนเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยมีค่าเกณฑ์ยอมรับ (Maximum Residue Limit; MRL) อยู่ที่ระดับความเข้มข้นต่ำถึงไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ($\mu\text{g}/\text{kg}$; ppb) ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นเราจึงนำเสนอการใช้เทคนิค GC-MSMS ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความไวในการวิเคราะห์และมีความจำเพาะต่อสารที่ต้องการตรวจวัดสูงเพื่อการตรวจสอบการปนเปื้อนของ OCPs ในเนื้อสัตว์น้ำ เพื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประมงที่ดี มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 1 เกณฑ์ยอมรับของสารเคมีปราบศัตรูพืชกลุ่ม OCPs

ชนิดสารตกค้าง	ค่าเกณฑ์ยอมรับ
DDT	500 ppb
Endosulfan	500 ppb
PCBs	500 ppb

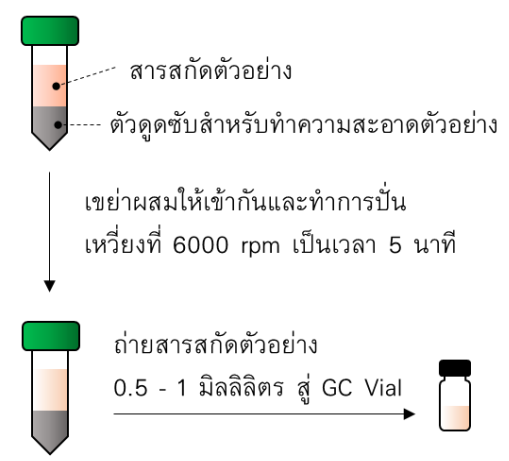
การเตรียมตัวอย่าง

- ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ
1. การสกัด (Extraction) - ใช้ชุดสกัด QuEChERS
 2. การทำความสะอาดตัวอย่าง (Cleanup) - ใช้ชุดทำความสะอาด QuEChERS หรือ เครื่องเตรียมตัวอย่างอัตโนมัติ PAL RTC



ขั้นตอนการทำความสะอาดตัวอย่าง

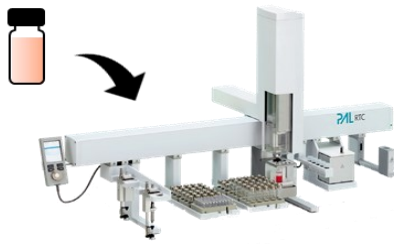
Option 1 ทำความสะอาดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS



Option 2 ทำความสะอาดตัวอย่างด้วย PAL RTC

(μ SPE Cleanup)

สารสกัดตัวอย่าง



วาง Vial บนเครื่อง PAL RTC เพื่อทำความสะอาดตัวอย่างอัตโนมัติ ด้วยเทคนิค Micro Solid Phase Extraction (μ SPE) และฉีดตัวอย่างเข้าเครื่อง GC ทันทีเมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนทำความสะอาด

การตั้งค่าเครื่อง GC-MSMS

TRACE 1300 Series GC

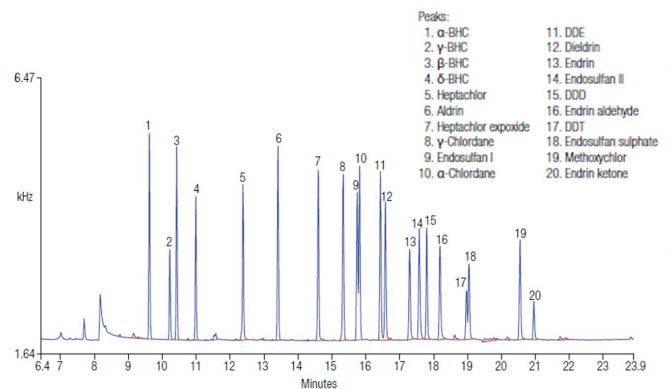
Injection Volume	1 μ L
Carrier Gas	Helium, constant flow, 1 mL/min
Column Type	TG-5MS, 30 m, 0.25 mm, 0.25 μ m
Column Oven	Initial 100 °C, hold 1.0 min. Ramp at 20.0 °C/min up to 180°C. Ramp at 5.0 °C/min to 270 °C. Ramp at 20.0 °C/min to 320 °C. Hold 2.0 min.
Inlet Temp.	250 °C
Injection Mode	Splitless, 2 min; split flow 50 mL/min

TSQ9000 Series MS

Transfer Line Temp.	280 °C
Source Temperature	280 °C
Ionization Mode	EI, 70 eV
Collision Gas:	Argon
Acquisition Mode	Timed-SRM

ผลการทดสอบ

การวิเคราะห์ OCPs ด้วย GC-MS/MS สามารถตรวจวัดปริมาณ OCPs ได้จำนวนมากถึง 20 ชนิดได้ภายในเวลา 30 นาที ดังผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 1 และการวิเคราะห์ใหม่ด้วย Selected Reaction Monitoring (SRM) ยังให้ค่า Limit of Detection (LOD) ของการวิเคราะห์ OCPs ในระดับ ppb ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ตามค่าเกณฑ์ยอมรับ (MRL) การใช้วิธีการสกัดแบบ QuEChERS ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะเลือกใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณ OCPs ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังวิธีดังกล่าวยังสามารถพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างอื่น ๆ ในอนาคตได้อีกด้วย



รูปที่ 1 โครมาโตแกรมแสดงการวิเคราะห์ OCPs 20 ชนิด

เอกสารอ้างอิง

“Detection of Organochlorine Pesticides by GC-ECD Following U.S. EPA Method 8081”, Thermo Scientific, Application Note 10401.

ติดตามแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้ที่ <https://www.scispec.co.th>



บริษัท ชายนี สเปค จำกัด
10 กาญจนภิเษก ซอย 0010 แยกสอง
เขตบางแค กทม. 10160
โทร 02-454-8533



/scispec



@scispec

ThermoFisher
SCIENTIFIC



การวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วยเทคนิค GC-MS/MS

ผู้เขียน:

นิรมล จิตต์สมหมาย

วิชณี สอนสา

รติมาศ บุญล้อม

GC Product Specialist

คำสำคัญ:

Pesticide, GC-MS/MS

วัตถุประสงค์:

การวิเคราะห์ปริมาณ

สารเคมีปราบศัตรูพืชใน

ตัวอย่างผักผลไม้ด้วยเครื่อ

ง GC-MS/MS

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรทั่วโลกอย่างแพร่หลาย ซึ่งสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้สามารถตกค้างบนผลผลิตทางการเกษตรและส่งผลเสียแก่ผู้บริโภคได้ ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกจึงได้มีการกำหนดกฎหมายควบคุมปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภค สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศเกณฑ์มาตรฐานสำหรับควบคุมปริมาณสารพิษตกค้างที่มีได้ในอาหาร [1] โดยมีระดับปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit; MRL) ที่ยอมรับได้อยู่ในระดับไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ($\mu\text{g}/\text{kg}$; ppb) ถึงมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg ; ppm) ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นต่ำ ดังนั้นการตรวจวัดปริมาณสารพิษตกค้างจึงจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคที่มีความจำเพาะ (Selectivity) และความไวในการวิเคราะห์ (Sensitivity) สูง

GC-MS/MS เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมในการตรวจวัดสารเคมีปราบศัตรูพืชตกค้างบนผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีความไวในการวิเคราะห์ซึ่งสามารถวิเคราะห์สารที่สนใจได้ในระดับระดับไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ($\mu\text{g}/\text{kg}$; ppb) หรือน้อยกว่าและยังมีรูปแบบการทำงานแบบที่จำเพาะเจาะจงต่อสารที่ต้องการวิเคราะห์ (Selected Reaction Monitoring ;SRM หรือ Multiple Reaction Monitoring ;MRM) อีกด้วย สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS/MS จำเป็นจะต้องมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์ ซึ่งมีหลากหลายวิธี แต่วิธี Quick-Easy-Cheap-Effectiveness-Rugged-Safe (QuEChERS) เป็นวิธีที่สามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว และมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากซับซ้อนจึงนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นในบทความนี้จึงขอกล่าวถึงการวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีปราบศัตรูพืช 122 ชนิดในตัวอย่างผักผลไม้โดยใช้การสกัดแบบ QuEChERS ร่วมกับการวิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่อง GC-MS/MS

การเตรียมตัวอย่างด้วย QuEChERS

เป็นวิธีการเตรียมตัวอย่างที่รวดเร็ว ง่าย และมีราคาถูก ประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก ได้แก่ขั้นตอน Extraction และ Cleanup

Extraction

นำตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วใส่ QuEChERS Extraction tube ซึ่งบรรจุเกลือสำหรับการสกัด จากนั้นเติมสารละลายสำหรับสกัดแล้วทำการผสมตัวอย่างและปั่นเหวี่ยงให้เกิดการแยกชั้น

Cleanup

นำชั้นของสารละลายที่ได้จากการสกัดใส่ QuEChERS Cleanup tube ซึ่งบรรจุสารเคมีสำหรับกำจัดสิ่งรบกวน จากนั้นทำการผสมตัวอย่างและปั่นเหวี่ยงให้เกิดการแยกชั้น นำสารสกัดที่ได้มาทำการระเหยแห้ง และละลายกลับด้วย Hexane/Acetone (9:1) แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS



การวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

Gas Chromatograph (GC)	TRACE 1300 Series
Mass Spectrometer (MS)	TSQ 9000 Series, Triple Quadrupole
Autosampler	PAL RTC System
Software	TraceFinder 4.1 EFS

การตั้งค่าเครื่อง GC

Carrier Gas	He, Constant Pressure 15 psi
Injector	Programmable Temperature Vaporizing (PTV)
PTV Temp. Program	80 °C, 0.10 min, 5 °C/s to 300 °C
Split/Splitless Mode	Splitless, Splitflow 30 mL/min at 0.8 min
Column	Thermo Scientific TG-5MS (30 m, 0.25 mm, 0.25 µm)
Transfer Line Temp.	280 °C
Oven Program	70 °C, 1 min, 50 °C/min to 150 °C 6 °C/min to 200 °C 16 °C/min to 280 °C, 8.5 min 50 °C/min to 300 °C, 0.5 min

การตั้งค่าเครื่อง MS

Source Temperature	280 °C
Emission Current	50 µA
Ionization Mode	EI, 70 eV
Collision Gas:	Ar
Cycle Time	30 min
Acquisition Mode	Timed-SRM (ตั้งค่าตามตารางที่ 1)



รูปที่ 1 Thermo Scientific TSQ 9000 GC-MS/MS

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ

Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE	Name	RT	Parent Mass	Product Mass	C
Methamidophos	4.33	141.0	64.0	18	Tecnazene	7.97	214.8	179.9	15
Methamidophos	4.33	141.0	79.0	20	Fenobucarb	8.07	121.1	77.0	18
Methamidophos	4.33	141.0	94.8	8	Fenobucarb	8.07	121.1	103.1	12
Dichlorvos	4.42	109.0	79.0	6	Fenobucarb	8.07	150.1	121.1	8
Dichlorvos	4.42	185.0	93.0	12	Propachlor	8.13	120.0	50.9	35
Dichlorvos	4.42	186.9	93.0	12	Propachlor	8.13	120.0	77.0	15
Mevinphos	5.90	127.0	95.0	14	Propachlor	8.13	176.1	57.1	10
Mevinphos	5.90	127.0	109.0	10	Demeton-S-methyl	8.31	88.0	59.8	6
Mevinphos	5.90	192.0	127.0	10	Demeton-S-methyl	8.31	109.0	79.0	6
Acephate	6.00	136.0	42.1	8	Demeton-S-methyl	8.31	141.9	79.0	12
Acephate	6.00	136.0	94.0	12	Ethoprop (Ethoprophos)	8.48	157.9	96.9	16
Acephate	6.00	95.1	79.0	10	Ethoprop (Ethoprophos)	8.48	157.9	113.9	6
Acephate	6.00	95.1	80.0	5	Ethoprop (Ethoprophos)	8.48	200.0	158.0	6
Methacrifos	6.68	125.0	79.0	8	Chlorpropham	8.77	171.0	127.0	8
Methacrifos	6.68	180.0	93.0	10	Chlorpropham	8.77	213.0	127.0	14
Methacrifos	6.68	240.0	180.0	10	Chlorpropham	8.77	213.0	171.0	6
Chloroneb	6.83	190.9	113.0	14	Naled	8.79	145.0	79.0	20
Chloroneb	6.83	190.9	141.0	10	Naled	8.79	145.0	109.0	12
Chloroneb	6.83	193.0	115.0	15	Naled	8.79	145.0	112.9	16
Chloroneb	6.83	193.0	165.0	10	Dicrotophos	8.81	127.0	94.9	16
Chloroneb	6.83	206.0	113.0	25	Dicrotophos	8.81	127.0	109.0	10
Chloroneb	6.83	206.0	141.0	20	Dicrotophos	8.81	192.7	127.0	8
Chloroneb	6.83	206.0	190.9	12	Trifluralin	8.81	306.1	159.7	20
Isoproc carb	7.18	91.1	65.0	14	Trifluralin	8.81	306.1	206.0	10
Isoproc carb	7.18	121.1	77.0	18	Trifluralin	8.81	306.1	264.1	8
Isoproc carb	7.18	136.1	121.1	8	Bendiocarb	8.94	126.0	51.9	16
Heptenophos	7.60	124.0	62.9	28	Bendiocarb	8.94	151.0	43.0	20
Heptenophos	7.60	124.0	89.0	12	Bendiocarb	8.94	166.1	151.1	10
Heptenophos	7.60	215.0	200.0	8	Monocrotophos	9.02	96.9	82.0	10
DEET	7.72	119.1	65.1	22	Monocrotophos	9.02	127.0	95.0	16
DEET	7.72	119.1	91.1	14	Monocrotophos	9.20	127.0	109.0	10
DEET	7.72	191.2	190.2	6	Cadusafos	9.20	159.0	96.9	16
Omethoate	7.88	110.1	79.0	10	Cadusafos	9.20	159.0	130.9	8
Omethoate	7.88	156.0	79.0	20	Cadusafos	9.20	213.0	89.1	12
Omethoate	7.88	156.0	80.0	15	Phorate	9.32	75.0	47.0	8
Omethoate	7.88	156.0	110.0	10	Phorate	9.32	121.0	47.0	25
Omethoate	7.88	156.0	110.0	8	Phorate	9.32	121.0	65.0	8
Tecnazene	7.97	214.8	143.6	20	Phorate	9.32	260.0	75.0	8
Tecnazene	7.97	214.8	178.7	10	Phorate	9.32	260.0	231.0	5

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE	Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
BHC, Alpha	9.49	182.8	146.7	12	Terbufos	10.53	230.9	128.9	22
BHC, Alpha	9.49	218.8	146.6	20	Terbufos	10.53	230.9	174.9	12
BHC, Alpha	9.49	218.8	183.0	8	Terbufos	10.53	230.9	203.0	8
Hexachlorobenzene	9.60	283.8	213.8	30	Diazinon	10.69	137.1	54.1	20
Hexachlorobenzene	9.60	283.8	248.8	18	Diazinon	10.69	137.1	84.1	12
Hexachlorobenzene	9.60	285.8	250.8	18	Diazinon	10.69	179.1	121.5	26
Thiometon	9.66	88.0	59.8	6	Pyrimethanil	10.84	198.1	117.9	30
Thiometon	9.66	125.0	47.0	14	Pyrimethanil	10.84	198.1	157.6	18
Thiometon	9.66	125.0	79.0	8	Pyrimethanil	10.84	198.1	182.9	14
Dimethoate	9.78	87.0	42.1	10	Chlorothalonil	10.87	228.8	168.0	8
Dimethoate	9.78	93.0	63.0	8	Chlorothalonil	10.87	265.8	133.0	36
Dimethoate	9.78	125.0	79.0	8	Chlorothalonil	10.87	265.8	170.0	24
Simazine	9.98	172.7	138.0	6	Terbacil	11.03	160.0	76.0	12
Simazine	9.98	172.7	172.2	8	Terbacil	11.03	160.0	117.0	8
Simazine	9.98	186.0	91.0	8	Terbacil	11.03	161.2	144.0	12
Atrazine	10.11	200.0	122.1	8	Disulfoton	11.07	88.0	45.0	18
Atrazine	10.11	200.0	132.0	8	Disulfoton	11.07	88.0	59.8	6
Atrazine	10.11	215.1	58.1	12	Disulfoton	11.07	185.9	96.9	16
BHC, gamma	10.17	180.9	109.0	26	Etrifos	11.21	153.1	56.0	16
BHC, gamma	10.17	180.9	145.0	14	Etrifos	11.21	153.1	98.0	10
BHC, gamma	10.17	218.7	183.0	8	Etrifos	11.21	167.9	153.1	6
Quintozene	10.28	213.8	141.9	28	BHC, delta	11.22	182.8	146.7	14
Quintozene	10.28	213.8	178.9	14	BHC, delta	11.22	218.8	146.5	20
Quintozene	10.28	294.8	236.9	14	BHC, delta	11.22	218.8	182.9	8
Dioxathion	10.38	96.9	65.0	16	Phosphamidon	11.77	127.0	94.9	16
Dioxathion	10.38	125.0	97.0	6	Phosphamidon	11.77	127.0	109.0	12
Dioxathion	10.38	153.0	65.0	30	Phosphamidon	11.77	264.1	127.0	12
Dioxathion	10.38	153.0	79.0	25	Chlorpyrifos-methyl	12.00	125.0	47.0	14
Dioxathion	10.38	153.0	96.9	10	Chlorpyrifos-methyl	12.00	125.0	79.0	8
BHC, Beta	10.45	180.9	145.0	14	Chlorpyrifos-methyl	12.00	285.9	93.0	20
BHC, Beta	10.45	218.7	146.6	18	Metribuzin	12.00	198.0	55.0	26
BHC, Beta	10.45	218.7	183.0	8	Metribuzin	12.00	198.0	82.1	16
Propetamphos	10.50	138.0	64.0	15	Metribuzin	12.00	198.0	110.0	10
Propetamphos	10.50	138.0	110.0	10	Parathion-methyl	12.15	263.0	79.0	25
Propetamphos	10.50	193.9	165.9	10	Parathion-methyl	12.15	263.0	109.0	12
Cyanophos	10.51	109.0	79.0	10	Parathion-methyl	12.15	263.0	136.1	10
Cyanophos	10.51	125.0	47.0	15	Alachlor	12.18	160.1	131.7	10
Cyanophos	10.51	243.0	79.0	20	Alachlor	12.18	188.1	130.0	32
Cyanophos	10.51	243.0	109.0	10	Alachlor	12.18	188.1	160.1	8

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE	Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Tolclofos-methyl	12.19	265.0	219.9	20	Metolachlor	13.05	238.1	162.2	10
Tolclofos-methyl	12.19	265.0	250.0	12	Chlorpyrifos-ethyl	13.09	196.7	107.0	36
Tolclofos-methyl	12.19	266.8	252.0	12	Chlorpyrifos-ethyl	13.09	196.7	168.9	12
Metalaxyl	12.35	131.9	117.0	12	Chlorpyrifos-ethyl	13.09	313.9	257.9	12
Metalaxyl	12.35	160.1	130.0	18	Fenthion Fenthion	13.18	245.3	125.0	12
Metalaxyl	12.35	160.1	144.8	10	Fenthion	13.18	278.0	109.0	18
Ametryne	12.36	227.1	58.1	12		13.18	278.0	169.0	14
Ametryne	12.36	227.1	170.0	10	Chlorthal-dimethyl (Dacthal)	13.20	222.7	166.9	20
Ametryne	12.36	227.1	212.1	8	Chlorthal-dimethyl (Dacthal)	13.20	300.7	222.9	22
Heptachlor	12.39	99.8	39.0	26	Chlorthal-dimethyl (Dacthal)	13.20	300.7	272.9	12
Heptachlor	12.39	99.8	65.0	12	Aldrin	13.21	262.7	191.0	30
Heptachlor	12.39	271.8	236.9	12	Aldrin	13.21	262.7	192.9	32
Fenclorfos	12.42	124.9	79.0	6	Aldrin	13.21	262.8	191.0	30
Fenclorfos	12.42	284.9	239.9	25	Aldrin	13.21	262.8	193.0	30
Fenclorfos	12.42	284.9	269.9	15	Aldrin	13.21	262.8	227.9	20
Fenclorfos	12.42	286.9	241.9	25	Aldrin	13.21	264.8	192.9	30
Fenclorfos	12.42	286.9	271.9	15	Parathion (ethyl)	13.26	109.0	81.0	10
Pirimiphos-methyl	12.68	290.1	125.0	20	Parathion (ethyl)	13.26	124.9	97.0	6
Pirimiphos-methyl	12.68	290.1	233.0	8	Parathion (ethyl)	13.26	291.0	109.0	12
Pirimiphos-methyl	12.68	305.1	180.1	8	Triadimefon	13.32	208.0	111.0	20
Fenitrothion	12.74	260.0	109.0	10	Triadimefon	13.32	208.0	126.7	12
Fenitrothion	12.74	260.0	125.0	10	Triadimefon	13.32	208.0	180.8	8
Fenitrothion	12.74	277.0	109.0	16	Dicofol	13.43	111.0	74.9	12
Fenitrothion	12.74	277.0	260.0	6	Dicofol	13.43	139.0	111.0	12
Bromacil	12.80	188.0	132.0	10	Dicofol	13.43	250.9	139.0	12
Bromacil	12.80	204.8	162.0	14	Pirimiphos-ethyl	13.54	304.0	168.1	12
Bromacil	12.80	204.8	187.8	12	Pirimiphos-ethyl	13.54	318.1	166.1	12
Bromacil	12.80	205.0	132.0	20	Pirimiphos-ethyl	13.54	318.1	182.1	10
Bromacil	12.80	206.8	164.0	12	Fosthiazate	13.60	194.9	59.9	16
Bromacil	12.80	207.0	134.0	20	Fosthiazate	13.60	194.9	102.9	8
Bromacil	12.80	207.0	190.0	15	Fosthiazate	13.60	194.9	139.0	6
Malathion	12.95	92.8	63.0	8	Fipronil	13.85	366.9	212.9	28
Malathion	12.95	125.0	79.0	8	Fipronil	13.85	366.9	244.9	20
Malathion	12.95	127.0	99.0	5	Fipronil	13.85	368.8	214.9	30
Malathion	12.95	173.1	99.0	12	Isofenphos	13.94	185.0	121.0	10
Malathion	12.95	173.1	117.1	10	Isofenphos	13.94	213.0	121.0	14
Malathion	12.95	173.1	127.1	5	Isofenphos	13.94	213.0	185.0	6
Metolachlor	13.05	162.1	132.9	14	Tolyfluanid	13.96	137.0	65.1	28
Metolachlor	13.05	238.1	132.8	26	Tolyfluanid	13.96	137.0	91.1	18

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE	Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Tolyfluanid	13.96	238.0	137.0	10	Butachlor	14.52	188.1	160.1	10
Chlorfenvinphos	13.97	266.9	159.0	16	Picoxystrobin	14.59	145.1	102.1	25
Chlorfenvinphos	13.97	266.9	203.0	10	Picoxystrobin	14.59	145.1	115.1	15
Chlorfenvinphos	13.97	323.0	266.9	14	Picoxystrobin	14.59	145.1	130.0	15
Oxychlorthane	13.99	115.0	50.9	22	Ditalimfos	14.66	130.0	102.0	14
Oxychlorthane	13.99	115.0	87.0	10	Ditalimfos	14.66	148.0	102.0	22
Oxychlorthane	13.99	149.0	121.0	10	Ditalimfos	14.66	148.0	130.0	10
Oxychlorthane	13.99	184.9	84.9	26	Chlordane gamma-trans	14.67	271.7	236.8	12
Oxychlorthane	13.99	184.9	149.0	5	Chlordane gamma-trans	14.67	372.7	263.7	20
Heptachlor epoxide (cis)	13.99	262.9	192.9	30	Chlordane gamma-trans	14.67	374.7	265.9	20
Heptachlor epoxide (cis)	13.99	352.8	262.9	16	Prothiofos	14.87	266.7	220.9	18
Heptachlor epoxide (cis)	13.99	354.7	264.9	12	Prothiofos	14.87	266.7	238.9	8
Phenthoate	14.07	121.0	77.0	22	Prothiofos	14.87	308.9	239.0	14
Phenthoate	14.07	246.0	121.0	8	Profenofos	14.94	296.7	268.9	10
Phenthoate	14.07	274.0	121.0	10	Profenofos	14.94	336.9	266.9	12
Quinalphos	14.09	146.0	118.1	10	Profenofos	14.94	336.9	308.9	8
Quinalphos	14.09	157.1	102.0	22	DDE	15.03	246.0	176.1	28
Quinalphos	14.09	157.1	129.0	14	DDE	15.03	317.8	246.0	20
Folpet	14.25	104.0	76.0	10	DDE	15.03	317.8	248.0	18
Folpet	14.25	130.0	102.0	12	Buprofezin	15.14	105.1	50.9	32
Folpet	14.25	259.9	130.1	14	Buprofezin	15.14	105.1	77.0	18
Bromophos-ethyl	14.35	96.9	65.0	16	Buprofezin	15.14	175.0	132.1	12
Bromophos-ethyl	14.35	96.9	78.9	12	Dieldrin	15.15	262.8	190.9	30
Bromophos-ethyl	14.35	302.7	284.8	14	Dieldrin	15.15	262.8	192.9	30
Methidathion	14.36	145.0	58.0	14	Dieldrin	15.15	262.8	227.8	16
Methidathion	14.36	145.0	85.0	6	Carboxin	15.17	87.0	43.0	6
Methidathion	14.36	302.6	284.9	14	Carboxin	15.17	143.0	43.0	16
Endosulfan peak 1	14.43	194.7	125.0	22	Carboxin	15.17	143.0	87.0	8
Endosulfan peak 1	14.43	194.7	159.4	8	Chlorfenapyr	15.28	136.9	102.0	12
Endosulfan peak 1	14.43	206.9	172.0	10	Chlorfenapyr	15.28	248.9	112.0	24
Endosulfan peak 1	14.43	240.6	205.9	14	Chlorfenapyr	15.28	248.9	137.1	18
Chlordane alpha-cis	14.44	372.8	265.8	20	Isoxathion	15.32	105.1	51.0	32
Chlordane alpha-cis	14.44	374.7	265.8	20	Isoxathion	15.32	105.1	77.0	18
Chlordane alpha-cis	14.44	376.6	268.0	20	Isoxathion	15.32	177.0	130.0	8
Tetrachlorvinphos	14.46	109.0	79.0	6	Endrin	15.51	245.0	173.0	22
Tetrachlorvinphos	14.46	328.9	109.0	18	Endrin	15.51	262.8	192.9	30
Tetrachlorvinphos	14.46	330.8	109.0	18	Endrin	15.51	280.8	245.3	8
Butachlor	14.52	160.0	131.7	12	Chlorobenzilate	15.56	111.0	75.1	14
Butachlor	14.52	176.1	146.9	12	Chlorobenzilate	15.56	139.0	74.9	26

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE	Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Chlorobenzilate	15.56	139.0	111.0	12	Bromopropylate	17.15	184.9	75.5	30
Ethion	15.69	153.0	97.0	10	Bifenazate	17.15	199.1	127.1	20
Ethion	15.69	230.9	128.9	22	Bifenazate	17.15	199.1	170.1	10
Ethion Endosulfan	15.69	230.9	174.9	12	Bifenazate	17.15	258.0	196.1	12
peak 2 Endosulfan	15.71	158.9	123.0	12	Bifenazate	17.15	152.1	102.1	15
peak 2 Endosulfan	15.71	194.7	159.0	8	Bifenazate	17.15	258.0	199.1	12
peak 2 DDD p,p	15.71	240.6	205.8	12	Bromopropylate	17.15	340.8	185.0	14
DDD p,p	15.71	235.0	165.1	20	Methoxychlor	17.22	227.1	141.1	32
DDD p,p	15.71	235.0	199.0	14	Methoxychlor	17.22	227.1	169.1	22
Triazophos	15.71	236.8	165.0	20	Methoxychlor	17.22	227.1	212.1	12
Triazophos	15.92	161.0	106.1	12	Fenpropathrin	17.23	97.1	55.1	6
Triazophos	15.92	161.0	134.1	8	Fenpropathrin	17.23	181.0	126.8	28
Endosulfan sulfate	15.92	162.1	119.1	12	Fenpropathrin	17.23	181.0	151.9	22
Endosulfan sulfate	16.29	238.7	203.9	12	Tebufenpyrad	17.33	276.1	171.0	10
Endosulfan sulfate	16.29	271.7	234.9	12	Tebufenpyrad	17.33	318.1	131.1	14
DDT p,p	16.29	271.7	236.8	12	Tebufenpyrad	17.33	318.1	145.1	14
	16.31	165.1	115.1	30	Tetradifon	17.65	159.0	74.8	32
DDT p,p	16.31	235.0	165.1	20	Tetradifon	17.65	159.0	111.0	20
DDT p,p	16.31	235.0	199.1	15	Tetradifon	17.65	159.0	131.0	10
DDT p,p	16.31	235.0	200.1	10	Phosalone	17.76	121.1	65.0	10
DDT p,p	16.31	236.8	165.0	20	Phosalone	17.76	182.0	74.8	30
Hexazinone	16.36	127.7	83.0	10	Phosalone	17.76	182.0	111.0	14
Hexazinone	16.36	171.1	71.1	14	Azinphos-methyl	17.86	132.0	77.0	12
Hexazinone	16.36	171.1	85.1	12	Azinphos-methyl	17.86	160.0	50.9	34
Propargite	16.54	135.1	77.1	26	Azinphos-methyl	17.86	160.0	77.0	16
Propargite	16.54	135.1	107.1	12	Cyhalothrin I (lambda)	18.02	180.9	152.0	22
Propargite	16.54	150.1	135.1	8	Cyhalothrin I (lambda)	18.02	197.1	141.1	10
Bifenthrin	17.04	165.1	163.6	24	Cyhalothrin I (lambda)	18.02	207.9	180.9	8
Bifenthrin	17.04	181.0	165.9	10	Azinphos-ethyl	18.53	132.0	51.0	26
Bifenthrin	17.04	181.0	179.0	12	Azinphos-ethyl	18.53	132.0	77.0	12
Phosmet	17.09	160.0	50.9	38	Azinphos-ethyl	18.53	160.0	77.0	22
Phosmet	17.09	160.0	76.9	22	Permethrin peak 1	19.07	163.0	91.1	12
Phosmet	17.09	160.0	133.0	10	Permethrin peak 1	19.07	183.1	153.0	12
EPN	17.14	157.0	110.0	15	Permethrin peak 1	19.07	183.1	168.0	12
EPN	17.14	169.0	141.1	5	Permethrin peak 2	19.25	183.0	153.0	14
EPN	17.14	185.0	157.1	5	Permethrin peak 2	19.25	183.0	165.1	10
Bromopropylate	17.15	155.0	76.1	15	Permethrin peak 2	19.25	183.0	168.1	10
Bromopropylate	17.15	182.9	76.1	25	Cyfluthrin peak 1	19.84	163.0	127.1	6
Bromopropylate	17.15	182.9	155.0	15	Cyfluthrin peak 1	19.84	206.0	151.1	18

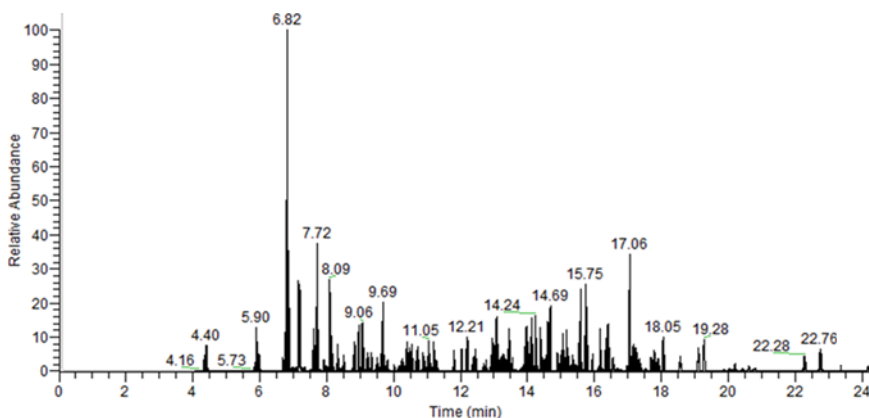
ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE	Name	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Cyfluthrin peak 1	19.84	226.0	206.1	10	Cypermethrin peak 3	20.67	163.0	91.0	12
Cyfluthrin peak 2	19.98	163.0	91.1	12	Cypermethrin peak 3	20.67	163.0	127.0	6
Cyfluthrin peak 2	19.98	163.0	127.0	6	Cypermethrin peak 3	20.67	180.9	152.2	22
Cyfluthrin peak 2	19.98	206.0	151.1	18	Cypermethrin peak 4	20.74	163.0	91.1	12
Cyfluthrin peak 3	20.09	163.0	91.1	12	Cypermethrin peak 4	20.74	163.0	127.1	6
Cyfluthrin peak 3	20.09	163.0	127.0	6	Cypermethrin peak 4	20.74	180.9	152.2	22
Cyfluthrin peak 3	20.09	226.0	206.1	10	Fenvalerate	22.21	125.0	89.0	20
Cyfluthrin peak 4	20.16	163.0	91.1	12	Fenvalerate	22.21	167.0	89.0	32
Cyfluthrin peak 4	20.16	163.0	127.0	6	Fenvalerate	22.21	167.0	125.0	10
Cyfluthrin peak 4	20.16	226.0	206.1	10	Esfenvalerate	22.69	125.0	89.3	18
Cypermethrin peak 1	20.39	163.0	91.1	12	Esfenvalerate	22.69	167.0	125.0	10
Cypermethrin peak 1	20.39	163.0	127.1	6	Esfenvalerate	22.69	225.1	119.1	18
Cypermethrin peak 1	20.39	180.9	152.1	22	Deltamethrin	24.10	181.0	152.1	22
Cypermethrin peak 2	20.56	163.0	91.1	12	Deltamethrin	24.10	252.8	92.9	16
Cypermethrin peak 2	20.56	163.0	127.0	6	Deltamethrin	24.10	252.8	172.0	8
Cypermethrin peak 2	20.56	180.9	151.9	20					

ผลและสรุปผลการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 122 ชนิดในตัวอย่างผักผลไม้ 5 ชนิด พบว่าการใช้วิธีการสกัดแบบ QuEChERS ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS สามารถวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ในการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงในรูปที่ 2 จะเห็นว่าการใช้เทคนิค GC-MS/MS ซึ่งเป็นวิธีที่จำเพาะเจาะจงต่อสารที่ต้องการวิเคราะห์สูงทำให้ประหยัดเวลาโดยใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 30 นาที ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC อื่นๆ อาจต้องใช้เวลาจนถึง 60 นาทีหรือต้องวิเคราะห์หลายครั้งเพื่อให้ครอบคลุมการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้

นอกจากความรวดเร็วในการวิเคราะห์แล้ววิธีนี้ยังสามารถวิเคราะห์สารเคมีปราบศัตรูพืชในระดับความเข้มข้น $\mu\text{g}/\text{kg}$; ppb ได้ และจากผลการวิเคราะห์การนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อตัวอย่างต่างชนิดกันจะส่งผลให้ขีดความสามารถในการวิเคราะห์ (Limit of Detection; LOD) แตกต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าชนิดของตัวอย่างจะมีผลต่อขีดความสามารถในการวิเคราะห์แต่ก็ยังครอบคลุมข้อกำหนดในการตรวจวิเคราะห์ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้วิธีการสกัดแบบ QuEChERS ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS เป็นวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่จะเลือกใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารปราบศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในตัวอย่างพืชผักและยังสามารถพัฒนาให้สามารถตรวจวิเคราะห์ในตัวอย่างอื่นๆ ได้อีกด้วย



รูปที่ 2 โครมาโทแกรมของสารเคมีปราบศัตรูพืช 122 ชนิดที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS

ตารางที่ 2 ขีดความสามารถในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ 5 ชนิด

Target Compounds	Carrot		Grape		Tomato		Wingbean		Lettuce	
	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD
Acephate	0.9958	0.36	0.9995	0.27	0.9981	0.88	0.9995	0.18	0.9997	0.34
Alachlor	0.9970	0.21	0.9995	0.42	0.9991	0.25	0.9991	0.16	0.9984	0.31
Aldrin	0.9968	0.29	0.9989	0.35	0.9991	0.52	0.9985	0.29	0.9983	0.33
Ametryne	0.9975	0.28	0.9996	0.25	0.9997	0.35	0.9993	0.13	0.9980	0.32
Atrazine	0.9979	0.31	0.9993	0.17	0.9997	0.26	0.9990	0.28	0.9988	0.33
Azinphos-ethyl	0.9967	0.42	0.9995	0.24	0.9992	0.32	0.9986	0.22	0.9989	0.46
Azinphos-methyl	0.9927	0.43	0.9990	0.38	0.9968	0.41	0.9992	0.26	0.9982	0.65
Bendiocarb	0.9985	0.30	0.9991	0.28	0.9995	0.24	0.9996	0.12	0.9992	0.28
BHC, Alpha	0.9983	0.19	0.9998	0.25	0.9999	0.20	0.9994	0.14	0.9991	0.30
BHC, Beta	0.9977	0.26	0.9995	0.28	0.9996	0.18	0.9993	0.12	0.9988	0.18
BHC, delta	0.9983	0.31	0.9992	0.22	0.9998	0.25	0.9993	0.17	0.9986	0.36
BHC, gamma	0.9980	0.32	0.9993	0.29	0.9997	0.25	0.9990	0.15	0.9987	0.36
Bifenazate	0.9964	0.47	0.9989	0.38	0.9989	0.37	0.9905	0.24	0.9860	0.25
Bifenthrin	0.9981	0.32	0.9996	0.23	0.9989	0.33	0.9987	0.19	0.9984	0.30
Bromacil	0.9978	0.38	0.9998	0.33	0.9998	0.38	-	-	0.9989	0.31
Bromophos-ethyl	0.9973	0.35	0.9996	0.55	0.9978	0.44	0.9989	0.34	0.9984	0.24
Bromopropylate	0.9972	0.30	0.9996	0.37	0.9992	0.31	0.9928	0.31	0.9927	0.50
Buprofezin	0.9985	1.84	0.9993	0.49	0.9994	1.16	0.9992	1.77	0.9992	2.30
Butachlor	0.9977	0.27	0.9996	6.85	0.9972	0.54	0.9992	0.54	0.9989	0.44
Cadusafos	0.9983	0.24	0.9997	0.24	0.9996	0.20	0.9992	0.16	0.9992	0.22
Carboxin	0.9954	0.34	0.9995	0.22	0.9986	0.27	0.9985	0.19	0.9976	0.17
Chlordane alpha-cis	0.9972	0.34	0.9995	0.58	0.9980	0.46	0.9983	0.32	0.9989	0.42
Chlordane gamma-trans	0.9982	0.36	0.9991	0.17	0.9979	0.28	0.9991	0.18	0.9991	0.18
Chlorfenapyr	0.9985	0.59	0.9999	0.38	0.9997	0.43	0.9995	0.41	0.9993	0.39
Chlorfenvinphos	0.9971	0.25	0.9995	0.39	0.9991	0.29	0.9990	0.15	0.9979	0.27
Chlorobenzilate	0.9984	0.29	0.9995	0.28	0.999	0.25	0.9993	0.08	0.9993	0.23
Chloroneb	0.9990	0.20	0.9998	0.20	0.9998	0.31	0.9997	0.18	0.9996	0.20
Chlorothalonil	0.9978	0.34	0.9975	0.32	0.9989	0.36	0.9994	0.22	0.9992	0.31
Chlorpropham	0.9982	0.29	0.9998	0.21	0.9998	0.22	0.9992	0.22	0.9989	0.43
Chlorpyrifos-ethyl	0.9981	0.43	0.9996	0.57	0.9992	3.33	0.9992	0.17	0.9989	0.25
Chlorpyrifos-methyl	0.9985	0.55	0.9992	0.39	0.9996	0.55	0.9996	1.51	0.9991	0.63
Chlorthal-dimethyl (Dacthal)	0.9966	0.25	0.9995	0.29	0.9991	0.53	0.9980	0.23	0.9984	0.30
Cyanophos	0.9979	0.21	0.9990	0.26	0.9994	0.22	0.9992	0.14	0.9989	0.21
Cyfluthrin	0.9972	0.76	0.9992	0.37	1.0000	0.71	0.9992	0.64	0.9993	1.08
Cyhalothrin I (lambda)	0.9977	0.38	0.9996	0.35	0.9994	0.37	0.9981	0.09	0.9990	0.40

* LOD in ppb (ug/L) unit

ตารางที่ 2 ขีดความสามารถในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ 5 ชนิด (ต่อ)

Target Compounds	Carrot		Grape		Tomato		Wingbean		Lettuce	
	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD
Cypermethrin	0.9979	0.86	0.9989	0.84	0.9985	4.21	0.9993	0.50	0.9995	0.50
DDD p,p	0.9980	0.34	0.9995	0.23	0.9993	0.31	0.9997	0.15	0.9999	0.27
DDE p, p	0.9980	0.24	0.9995	0.21	0.9981	0.28	0.9994	0.20	0.9985	0.25
DDT p,p	0.9963	0.06	0.9954	0.54	0.9923	0.28	0.9851	0.09	0.9490	0.36
DEET	0.9985	0.37	0.9999	0.26	0.9999	0.24	0.9996	0.33	0.9996	0.22
Deltamethrin	0.9970	0.57	0.9997	0.23	0.9998	0.53	0.9988	0.44	0.9984	0.53
Demeton-S-methyl	0.9975	0.26	0.9991	0.22	0.9997	0.24	0.9995	0.28	0.9989	0.09
Diazinon	0.9983	0.19	0.9996	0.23	0.9994	0.21	0.9992	0.10	0.9986	0.17
Dichlorvos	0.9998	0.23	0.9998	0.20	0.9996	0.29	0.9999	0.21	0.9999	0.25
Dicofol	0.9976	0.25	0.9997	0.10	0.9965	0.16	0.9967	0.21	0.9962	0.36
Dicrotophos	0.9972	0.37	0.9997	0.27	0.9990	0.35	0.9993	0.21	0.9995	0.33
Dieldrin	0.9981	0.58	0.9999	0.50	0.9984	0.46	0.9989	0.51	0.9992	0.64
Dimethoate	0.9981	0.34	0.9991	0.19	0.9996	0.21	0.9994	0.16	0.9994	0.35
Dioxathion	0.9963	0.25	0.9993	0.29	0.9986	0.23	0.9992	0.80	0.9992	0.30
Disulfoton	0.9964	0.21	0.9995	0.15	0.9997	0.21	0.9993	0.15	0.9992	0.11
Ditalimfos	0.9983	0.37	0.9992	0.34	0.9972	0.22	0.9993	0.31	0.9985	0.17
Endosulfan	0.9984	0.61	0.9993	2.72	0.9971	0.98	0.9994	0.54	0.9991	1.10
Endosulfan sulfate	0.9985	0.27	0.9997	0.60	0.9994	0.31	0.9955	0.24	0.9948	0.35
Endrin	0.9981	0.29	0.9985	0.29	0.9988	0.38	0.9985	0.39	0.9989	0.53
EPN	0.9972	0.26	0.9995	0.47	0.9988	0.86	0.9985	0.32	0.9979	0.34
Esfenvalerate	0.9973	0.30	0.9997	0.20	0.9997	0.26	0.993	0.14	0.9990	0.40
Ethion	0.9976	0.26	0.9994	0.25	0.9987	0.26	0.9987	0.14	0.9989	0.44
Ethoprop (Ethoprophos)	0.9982	0.21	0.9997	0.15	0.9995	0.24	0.9994	0.10	0.9992	0.17
Etrimfos	0.9977	0.24	0.9992	0.27	0.9993	0.26	0.9992	0.41	0.9989	0.20
Fenchlorfos	0.9981	0.31	0.9995	0.23	0.9994	0.34	0.9993	0.19	0.9990	0.19
Fenitrothion	0.9971	0.27	0.9990	0.26	0.9991	0.35	0.9988	0.20	0.9989	0.39
Fenobucarb	0.9988	0.28	0.9997	0.21	0.9996	0.17	0.9996	0.11	0.9992	0.51
Fenpropathrin	0.9976	0.31	0.9939	14.29	0.9987	0.32	0.9960	0.38	0.9944	0.47
Fenthion	0.9969	0.22	0.9991	0.21	0.9991	0.30	0.9986	0.21	0.9978	0.25
Fenvalerate	0.9975	0.32	0.9998	0.21	0.9998	0.28	0.9989	0.43	0.9993	0.45
Fipronil	0.9970	0.42	0.9992	0.55	0.9984	0.48	0.9988	0.19	0.9987	0.81
Folpet	0.9934	0.58	0.9972	50.66	0.9982	0.99	0.9871	0.83	0.9354	1.46
Fosthiazate	0.9971	0.28	0.9982	0.49	0.9988	0.42	0.9996	0.25	0.9995	0.19
Heptachlor	0.9978	0.26	0.9978	0.29	0.9993	0.23	0.9985	0.15	0.9962	0.51
Heptachlor epoxide	0.9972	0.33	0.9987	0.41	0.9993	0.45	0.9989	0.30	0.9979	0.79

* LOD in ppb (ug/L) unit

ตารางที่ 2 ขีดความสามารถในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ 5 ชนิด (ต่อ)

Target Compounds	Carrot		Grape		Tomato		Wingbean		Lettuce	
	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD
Heptenophos	0.9990	0.21	0.9993	0.18	0.9998	0.21	0.9997	0.12	0.9990	0.17
Hexachlorobenzene	0.9984	0.20	0.9998	0.25	0.9997	0.23	0.9987	0.20	0.9993	0.14
Hexazinone	0.9976	0.35	0.9995	0.26	0.9993	0.34	0.9955	0.25	0.9943	0.21
Isofenphos	0.9976	0.26	0.9997	0.28	0.9979	0.35	0.9990	0.18	0.9988	0.31
Isoproc carb	0.9983	3.33	0.9997	0.14	0.9997	0.14	0.9997	0.28	0.9994	0.26
Isoxathion	0.9943	5.74	0.9951	4.89	0.9937	4.04	0.9949	2.70	0.9625	11.35
Malathion	0.9986	1.05	0.9997	0.42	0.9993	0.80	0.9997	1.09	0.9995	0.86
Metalaxyl	0.9981	2.55	0.9997	0.58	0.9997	0.68	0.9989	1.49	0.9993	1.98
Methacrifos	0.9991	0.15	0.9997	0.29	0.9998	0.24	0.9998	0.29	0.9994	0.21
Methamidophos	0.9978	0.19	0.9993	0.18	0.9992	0.54	0.9994	0.26	0.9993	0.19
Methidathion	0.9979	0.28	0.9991	0.37	0.9974	0.30	0.9992	0.16	0.9988	0.35
Methoxychlor	0.9965	0.10	0.9929	0.36	0.9920	0.34	0.9833	0.23	0.9522	0.38
Metolachlor	0.9981	0.29	0.9997	0.36	0.9994	0.29	0.9996	1.80	0.9991	0.22
Metribuzin	0.9971	0.27	0.9987	0.18	0.9992	0.23	0.9972	0.12	0.9981	0.24
Mevinphos	0.9993	0.29	0.9993	0.21	0.9997	0.30	0.9998	0.24	0.9995	0.22
Monocrotophos	0.9953	0.39	0.9995	0.24	0.9983	0.34	0.9994	0.19	0.9997	0.32
Naled	0.9948	0.04	0.9983	0.03	0.9973	0.06	0.9872	0.03	0.9402	0.10
Omethoate	0.9908	0.36	0.9982	0.25	0.9942	0.35	0.9995	0.16	0.9997	0.28
Oxychlor dane	0.9980	0.47	0.9990	0.73	0.9976	4.52	0.9991	0.39	0.9989	0.75
Parathion (ethyl)	0.9973	5.63	0.9986	1.31	0.9990	2.26	0.9989	1.74	0.9986	2.72
Parathion-methyl	0.9970	0.29	0.9976	0.28	0.9992	0.34	0.9992	0.19	0.9983	0.26
Permethrin	0.9973	0.28	0.9997	0.86	0.9992	0.27	0.9983	0.17	0.9938	0.25
Phenthoate	0.9962	0.19	0.9992	0.42	0.9982	0.22	0.9971	0.19	0.9978	0.24
Phorate	0.9978	0.24	0.9997	0.24	0.9994	0.17	0.9994	0.23	0.9987	0.22
Phosalone	0.9975	0.35	0.9999	0.21	0.9995	0.36	0.9988	0.22	0.9991	0.91
Phosmet	0.9960	0.40	0.9995	0.37	0.9989	0.30	0.9988	0.30	0.9977	0.38
Phosphamidon	0.9984	0.36	0.9998	0.38	0.9996	0.36	0.9994	0.27	0.9997	0.31
Picoxystrobin	0.9982	0.88	0.9990	0.73	0.9985	0.45	0.9993	0.18	0.9992	0.38
Pirimiphos-ethyl	0.9971	0.22	0.9993	0.32	0.9992	0.31	0.9991	0.19	0.9985	0.20
Pirimiphos-methyl	0.9977	0.25	0.9982	0.31	0.9996	0.24	0.9995	0.14	0.9999	0.37
Profenofos	0.9984	0.32	0.9999	0.42	0.9993	0.47	0.9992	0.23	0.9985	0.53
Propachlor	0.9988	0.20	0.9999	0.22	0.9998	0.16	0.9995	0.10	0.9994	0.19
Propargite	0.9985	2.60	0.9998	4.45	0.9999	1.02	0.9985	2.56	0.9951	1.99
Propetamphos	0.9982	0.23	0.9995	0.29	0.9995	0.28	0.9993	0.24	0.9991	0.55
Prothiofos	0.9981	0.25	0.9997	0.19	0.9990	0.31	0.9989	0.22	0.9982	0.67

* LOD in ppb (ug/L) unit

ตารางที่ 2 ขีดความสามารถในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ 5 ชนิด (ต่อ)

Target Compounds	Carrot		Grape		Tomato		Wingbean		Lettuce	
	R2	LOD	R2	LOD	R2	LOD	R2	LOD	R2	LOD
Pyrimethanil	0.9974	0.24	0.9997	0.22	0.9998	0.26	0.9991	0.19	0.9991	0.21
Quinalphos	0.9976	0.47	0.9996	16.92	0.9977	4.04	0.9993	0.26	0.9990	0.37
Quintozene	0.9977	0.26	0.9996	0.32	0.9998	0.42	0.9995	0.22	0.9990	0.42
Simazine	0.9977	0.23	0.9996	0.44	0.9997	0.26	0.9983	0.25	0.9985	0.42
Tebufenpyrad	0.9974	0.35	0.9994	0.22	0.9995	0.63	0.9961	0.22	0.9980	0.36
Tecnazene	0.9984	0.24	0.9997	0.29	0.9999	0.30	0.9997	0.25	0.9991	0.31
Terbacil	0.9978	0.46	0.9997	0.34	0.9992	0.30	0.9995	0.18	0.9993	0.34
Terbufos	0.9972	0.23	0.9991	0.21	0.9995	0.16	0.9992	0.12	0.9988	0.16
Tetrachlorvinphos	0.9981	0.32	0.9997	0.81	0.9991	0.33	0.9994	0.24	0.9993	0.37
Tetradifon	0.9982	0.48	0.9998	0.85	0.9997	0.68	0.9976	3.58	0.9968	4.92
Thiometon	0.9977	0.23	0.9995	0.15	0.9997	0.18	0.9993	0.13	0.9991	0.09
Tolclofos-methyl	0.9975	0.22	0.9997	0.26	0.9993	0.31	0.9986	0.20	0.9981	0.16
Tolyfluanid	0.9986	0.33	0.9995	0.71	0.9995	0.33	0.9994	0.87	0.9993	0.56
Triadimefon	0.9974	0.27	0.9996	0.41	0.9988	0.38	0.9989	0.20	0.9990	0.33
Triazophos	0.9980	0.32	0.9996	0.25	0.9993	0.31	0.9992	0.16	0.9992	0.52
Trifluralin	0.9971	0.27	0.9996	0.24	0.9992	0.21	0.9990	0.15	0.9974	0.26

* LOD in ppb (ug/L) unit

เอกสารอ้างอิง

[1] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ ๓๘๗ พ.ศ.๒๕๖๐ เรื่องอาหารที่มีสารพิษตกค้าง

ติดตามแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้ที่ <https://www.scispec.co.th>



บริษัท ชายน์ สเปค จำกัด
 10 กาญจนภิเษก ซอย 0010 แยกสอง
 เขตบางแค กทม. 10160
 โทร 02-454-8533



/scispec



@scispec

ThermoFisher
 SCIENTIFIC

การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแอปเปิลโดยใช้เทคนิค GC-(AEI)-MS/MS

ผู้จัดทำ : วรรณิกา พานนนท์

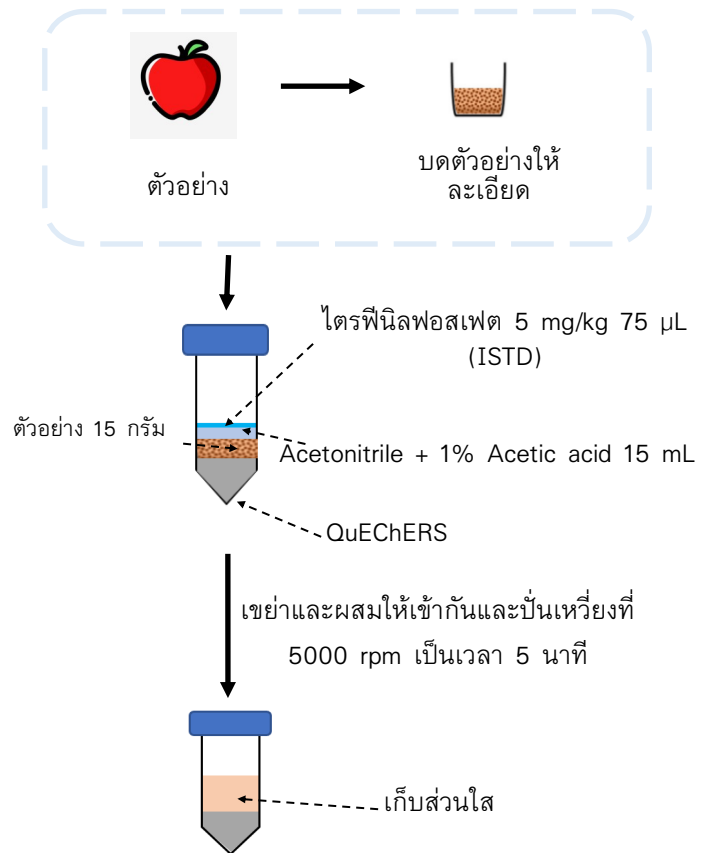
บทนำ

แอปเปิลเป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย สามารถทานได้ทุกส่วน และยังเป็นผลไม้ที่มีความต้องการสูงในตลาดโลก แหล่งปลูกที่สำคัญจะเป็นทวีปเอเชีย โดยประเทศอินเดียเป็นผู้ผลิตแอปเปิลรายใหญ่ของโลก การปลูกแอปเปิลทำได้หลายวิธี หนึ่งในนั้นคือการปลูกแบบเชิงเดี่ยว ซึ่งการปลูกแอปเปิลแบบเชิงเดี่ยวมีความเสี่ยงต่อโรค เช่น โรคเชื้อราแบคทีเรีย และแมลงศัตรูพืชหลายชนิด โดยสวนผลไม้เชิงพาณิชย์หลายแห่ง มีการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพื่อลดความเสียหายนี้รวมถึงรักษาคุณภาพของผลไม้ สุขภาพต้นไม้และมีผลผลิตสูง ปัจจุบัน สารเคมี 288 ชนิดจดทะเบียนภายใต้คณะกรรมการควบคุมและกำจัดแมลง Central Insecticide Board and Registration Committee (CIBRC) ของอินเดีย

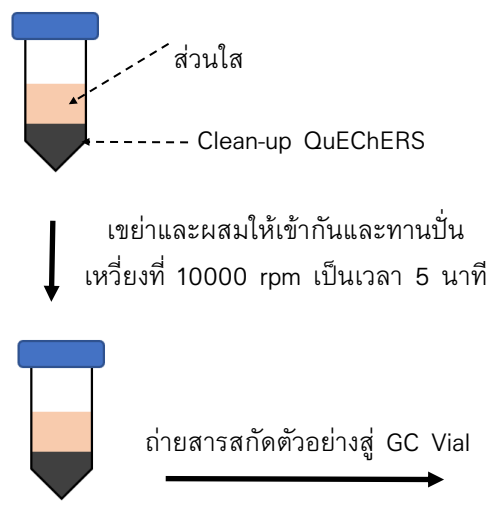
การใช้สารเคมีเกษตรอาจส่งผลให้เกิดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแอปเปิล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำ เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณสารตกค้างที่กฎหมายสามารถยอมรับได้ และสอดคล้องกับค่าปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่ยอมให้พบได้ (Minimum Residue Limits - MRLs) ทางกฎหมาย EC และ (The Food Safety and Standards Authority of India- FSSAI) ได้ตั้งค่า MRL ในแอปเปิล MRL ต่ำสุดคือ 0.01 mg/kg

จุดมุ่งหมายของงาน นี้คือการพัฒนาและตรวจสอบวิธีการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด สำหรับการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแอปเปิล โดยใช้วิธีการสกัดแบบ QuEChERS และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS/MS โดยแหล่งกำเนิดไอออนเป็นชนิด Advanced Electron Ionization (AEI) และประมวลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Chromeleon™ (Thermo Scientific™) ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับการตรวจสอบว่าเป็นวิธีการตรวจสอบทางห้องปฏิบัติการ สอดคล้องกับแนวทางของ Analytical Quality Control and Method Validation Procedures for Pesticide Residues Analysis in Food and Feed (SANTE/11813/2017)


การเตรียมตัวอย่างด้วย QuEChERS



ขั้นตอนการเพิ่มความบริสุทธิ์



การวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS

Gas Chromatograph (GC)	TRACE™ 1300 Gas Chromatograph
Mass Spectrometer (MS)	TSQ™ Triple Quadrupole GC-MSMS System
Autosampler	TriPlus™ RSH LS Autosampler
Software	Chromeleon™ 

TRACE™ 1300 Gas Chromatograph	
Carrier Gas, Mode	He, constant flow, 1.2 (mL/min)
Injector Temp.	250(°C)
Injection Mode	Splitless
Splitless Time	2.0 min
Splitless Flow	50 mL/min Gas saver flow 10mL/min after 10 min
Purge Flow	5 mL/min
Column	TG-5SIL MS W/5 m safeguard(30m × 0.25mm i.d. × 0.25 µm)
Total Run Time	34.9 min
GC oven program	70°C(2 min) 25°C/min,90°C(1.5min) 25°C/min,180° 5°C/min,280° 10°C/min,300°(5min)



รูปที่ 1 Thermo Scientific™ TSQ™ 9000 GC-MSMS

TSQ™ 9000 Triple Quadrupole GC-MSMS	
Acquisition mode	Timed selected reaction monitoring (t-SRM mode)
MS transfer line temperature	250°C
Ion Source temperature	320°C
Ion source	AEI (Advanced Electron)
Ionization	Electron Ionization (EI)
Collision gas and pressure (psi)	Argon at 70
Peak width (Da)	0.7(both Q1 and Q3)

Working standard (µg/mL)	Volume taken from working standard (µL)	Extracted matrix (µL)	Final concentration (µg/kg)
1.000	50	950	0.050
0.500	50	950	0.025
0.200	50	950	0.01
0.100	50	950	0.005
0.050	50	950	0.0025
0.020	50	950	0.001
0.010	50	950	0.0005
0.005	50	950	0.00025
0.002	50	950	0.0001

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
2,3,5,6-Tetrachloroanline	10.35	230.8	157.9	18
2,3,5,6-Tetrachloroanline	10.35	230.8	159.8	18
4,4'-Methoxychlor olefin	19.32	308	238.2	12
4,4'-Methoxychlor olefin	19.32	238.1	152.1	34
Acetochlor	12.94	223.1	132	20
Acetochlor	12.94	146.1	130	24
Acrinathrin	23.56	208.1	180.9	8
Acrinathrin	23.56	289	93.1	8
Alachlor	13.17	188.1	160.1	8
Alachlor	13.17	188.1	130	32
Aldrin	14.36	262.7	192.9	32
Aldrin	14.36	254.9	219.9	20
Allidochlor	7.73	132	56.1	8
Allidochlor	7.73	132	49	26
Anthraquinone	14.38	180.1	152	12
Anthraquinone	14.38	208.1	152	22
Atrazine	11.44	215.1	58.1	10
Atrazine	11.44	200.1	122	8
Azinphos-ethyl	23.66	132	77	12
Azinphos-ethyl	23.66	132	51	26
Azinphos-methyl	22.54	132	77	12
Azinphos-methyl	22.54	160	77	16
Benfluralin	10.56	292	264	8
Benfluralin	10.56	292	160	20
BHC,Alpha	11.04	180.9	144.9	12
BHC,Alpha	11.04	216.9	181	8
BHC,Beta	11.52	180.9	145	14
BHC,Beta	11.52	216.9	180.9	8
BHC,delta	12.29	180.9	144.9	14
BHC,delta	12.29	182.9	147	14
BHC,gamma	11.71	180.9	144.9	12
BHC,gamma	11.71	216.9	180.9	8
Bifenthrin	21.34	181	165.9	10
Bifenthrin	21.34	181	179	12
Bromfenvinphos	16.60	266.9	159	14
Bromfenvinphos	16.60	268.9	161.1	14
Bromfenvinphos -methyl	15.44	294.9	109	16
Bromfenvinphos -methyl	15.44	294.9	79.1	30

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Bromfenvinphos -ethyl	16.00	358.8	302.8	14
Bromfenvinphos -ethyl	16.00	302.8	284.8	14
Bromophos -metyl (Bromophos)	14.81	330.8	315.8	14
Bromophos -metyl (Bromophos)	14.81	328.9	313.8	14
Bromopropylate	21.36	340.8	185	14
Bromopropylate	21.36	184.9	156.9	12
Bupirimate	17.36	273.1	193.2	8
Bupirimate	17.36	273.1	108	14
Captafol	20.37	183.1	79.2	8
Captafol	20.37	150.1	79	6
Captan	15.64	117	82	30
Captan	15.64	149	70	20
Carbophenothion	19.29	157	45	12
Carbophenothion	19.29	342	157	10
Carfentrazon-ethyl	19.23	340.1	312.1	10
Carfentrazon-ethyl	19.23	290	99.9	36
Chlorbenside	16.04	125	89	16
Chlorbenside	16.04	268	125	10
Chlordane alpha-cis	16.49	372.8	265.9	14
Chlordane alpha-cis	16.49	271.8	236.8	12
Chlordane gamma-trans	16.1	372.8	265.9	20
Chlordane gamma-trans	16.1	271.9	236.9	14
Chlorfenapyr	17.66	327.9	246.9	14
Chlorfenapyr	17.66	248.9	137.1	18
Chlorfenson	16.78	175	111	10
Chlorfenson	16.78	111	75	14
Chlorfenvinphos	15.40	266.9	159	16
Chlorfenvinphos	15.40	268.9	161	14
Chlorobenzilate	18.18	139	111	12
Chlorobenzilate	18.18	251	111	34
Chloroneb	9.26	190.9	113	14
Chloroneb	9.26	193	53.1	32
Cholrothalonil	12.07	263.9	132.9	40
Cholrothalonil	12.07	265.9	170	24
Chlopropham	10.51	127	65	20
Chlopropham	10.51	171	127	8
Chloropyrifos-ethyl	14.19	313.0	257.9	12
Chloropyrifos-ethyl	14.19	196.9	168.9	12

ตารางที่ 1 การตั้งชื่อสำหรับวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Chlorpyrifos-metyl	12.99	285.9	92.9	20
Chlorpyrifos-metyl	12.99	287.9	92.9	20
Chlorthal-dimethyl(Dacthal)	14.35	300.9	222.9	22
Chlorthal-dimethyl(Dacthal)	14.35	300.9	272.9	12
Chlorthiophos	18.55	324.9	268.9	12
Chlorthiophos	18.55	268.9	205	14
Chlozolinate	15.31	186	145	14
Chlozolinate	15.31	188	147	14
Clomazone	11.55	125	89	16
Clomazone	11.55	204	107	18
Coumaphos	24.82	266	163	18
Coumaphos	24.82	209.9	182	10
Cycloate	10.37	154.1	83.1	8
Cycloate	10.37	154.1	55.1	18
Cyfluthrin Peak1	25.65	163	127.1	6
Cyfluthrin Peak1	25.65	206	151.1	18
Cyfluthrin Peak2	25.88	163	127	6
Cyfluthrin Peak2	25.88	206	151.1	18
Cyfluthrin Peak3	25.95	163	127	6
Cyfluthrin Peak3	25.95	226	206.1	18
Cyfluthrin Peak4	26.04	163	127	6
Cyfluthrin Peak4	26.04	226	206.1	10
Cyhalothrin (lamboda)	23.18	180.9	152	22
Cyhalothrin (lamboda)	23.18	197.1	141.1	10
Cypermethrin Peak1	26.29	163	127.1	6
Cypermethrin Peak1	26.29	180.9	151.9	18
Cypermethrin Peak2	26.49	163	127	6
Cypermethrin Peak2	26.49	180.9	151.9	18
Cypermethrin Peak3	26.56	163	127	6
Cypermethrin Peak3	26.56	163	91	12
Cypermethrin Peak4	26.63	163	127.1	6
Cypermethrin Peak4	26.63	180.9	152.2	20
Cyprodinil	15.15	224.1	208.1	18
Cyprodinil	15.15	224.1	197.1	20
DDD p,p	18.43	235	165	20
DDD p,p	18.43	235	299	14
DDD o,p	17.35	235	165	20
DDD o,p	17.35	235	199	14
DDE o,p	16.14	246	176.1	28
DDE o,p	16.14	248	176.1	30

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
DDE p,p	17.14	246	176.1	28
DDE p,p	17.14	317.9	248	18
DDT o,p	18.54	235	165.1	22
DDT o,p	18.54	235	199.1	10
DDT p,p	19.68	235	165.1	22
DDT p,p	19.68	236.8	165	22
Deltamethrin	29.27	252.8	92.9	16
Deltamethrin	29.27	252.8	172	8
Diallate-cis	11.06	234.1	150	18
Diallate-cis	11.06	235.8	152	18
Diallate-trans	10.88	234.1	150	18
Diallate-trans	10.88	235.8	152	18
Diazinon	11.82	137.1	84.1	12
Diazinon	11.82	137.1	54.1	20
Dichlobenil	8.14	170.9	99.9	24
Dichlobenil	8.14	170.9	136	12
Dichlofluanid	13.97	224	123	10
Dichlofluanid	13.97	226	123	10
Dichlorobenzophe- none,4,4	14.61	139	111	12
Dichlorobenzophe- none,4,4	14.61	139	74.9	26
Dicloran(Bortran)	11.30	206	176	10
Dicloran(Bortran)	11.30	160	124.1	8
Dieldrin	17.32	276.9	240.8	6
Dieldrin	17.32	262.9	190.9	30
Dimehachlor	12.85	197.1	148	10
Dimehachlor	12.85	134	77	24
Diphenamid	14.81	167.1	165.1	20
Diphenamid	14.81	167.1	152.1	16
Diphenylamine	10.3	168.1	167.1	14
Diphenylamine	10.3	169.1	167.1	24
Disulfoton	12.11	88	59.8	6
Disulfoton	12.11	142	81	10
Edifenphos	19.39	172.9	109	8
Edifenphos	19.39	310	109	26
Endosulfan ether	12.76	238.9	204	12
Endosulfan ether	12.76	240.9	206	14
Endosulfan peak 1	16.49	194.9	160	8
Endosulfan peak 1	16.49	240.8	205.8	14

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Endosulfan Peak 2	18.29	194.9	159	8
Endosulfan Peak 2	18.29	158.9	123	12
Endosulfan sulfate	19.53	271.7	236.8	12
Endosulfan sulfate	19.53	238.7	203.9	12
Endrin	17.96	280.8	244.9	8
Endrin	17.96	244.9	173	22
Endrin Aldehyde	18.75	214.9	214.9	24
Endrin Aldehyde	18.75	173	138.1	16
Endrin-Ketone	21.06	316.8	281	10
Endrin-Ketone	21.06	316.8	208.9	28
EPN	21.31	169	77	22
EPN	21.31	169	141	8
Esfenvalerate	28.35	167	125	10
Esfenvalerate	28.35	125	89	18
Ethafluralin	10.38	276	202	14
Ethafluralin	10.38	315.9	276.1	8
Ethion	18.44	230.9	128.9	22
Ethion	18.44	230.9	174.9	12
Etofenprox	26.88	163.1	107.1	16
Etofenprox	26.88	163.1	135.1	10
Etridiazole (Terrazole)	8.88	182.8	139.9	14
Etridiazole (Terrazole)	8.88	211	139.9	18
Fenamiphos	16.66	154	139	10
Fenamiphos	16.66	303.1	195	8
Fenarimol	23.44	139	74.9	26
Fenarimol	23.44	139	111	14
Fenchlorfos	13.42	227	260	6
Fenchlorfos	13.42	227	109	16
Fenitrothion	13.76	277	260	6
Fenitrothion	13.76	277	109	16
Fenpropathrin	21.64	181	151.9	22
Fenpropathrin	21.64	181	126.8	28
Fenson	14.77	141	77	8
Fenson	14.77	278	125	14
Fenthion	14.29	278	109	18
Fenthion	14.29	278	125	14
Fenvalerate	27.96	167	125	10
Fenvalerate	27.96	167	125	10
Fipronil	15.25	366.9	212.9	28
Fipronil	15.25	368.9	214.9	30
Fluazifop-P-butyl	17.91	282.1	91.1	18
Fluazifop-P-butyl	17.91	282.1	238.1	16

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Fluchloralin	11.865	306	264	8
Fluchloralin	11.865	326	63	12
Flucythrinate Peak1	26.58	157	107.1	12
Flucythrinate Peak1	26.58	199.1	107.1	22
Flucythrinate Peak2	26.99	157	107	12
Flucythrinate Peak2	26.99	199	107	22
Flodioxonil	16.92	248	127	26
Flodioxonil	16.92	248	182	10
Fluquinconazole	24.86	340	298	16
Fluquinconazole	24.86	340	108.1	36
Fluridone	27.29	328.1	189.1	38
Fluridone	27.29	328.1	258.8	24
Flusilazole	17.33	233.1	164.9	16
Flusilazole	17.33	233.1	151.9	14
Flutolanil	16.74	173	145	14
Flutolanil	16.74	173	95	28
Flutriafol	16.59	123	75	24
Flutriafol	16.59	219.1	123	12
Fluvalinate Peak1	28.19	250	55.1	16
Fluvalinate Peak1	28.19	250	199.9	18
Fluvalinate Peak2	28.34	250	55.1	16
Fluvalinate Peak2	28.34	250	200	16
Folpet	15.82	259.9	130	14
Folpet	15.82	261.9	130	14
Fonofos	11.86	109	62.9	10
Fonofos	11.86	264	109	14
Heptachlor	13.42	271.8	236.8	12
Heptachlor	13.42	273.8	238.8	14
Heptachlor epoxide	15.41	352.8	262.9	16
Heptachlor epoxide	15.41	354.7	264.9	12
Hexachlorobenzene	11.15	281.8	211.8	28
Hexachlorobenzene	11.15	283.8	213.8	30
Hexazinone	19.85	171.1	71.1	14
Hexazinone	19.85	171.1	85.1	12
Iodofenfos	16.78	376.8	361.8	16
Iodofenfos	16.78	378.8	363.8	14
Iprodione	21.02	314	245	10
Iprodione	21.02	315.7	247	10
Isazophos	12.11	256.9	161.9	4
Isazophos	12.11	118.9	76	18

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Isodrin	15.15	192.9	123	28
Isodrin	15.15	192.9	157	20
Isopropalin	14.91	280.1	238.2	8
Isopropalin	14.91	280.1	180.2	10
Lenacil	19.56	153	82.1	16
Lenacil	19.56	153	110	14
Leptophos	22.48	171	124.3	10
Leptophos	22.48	171	51	38
Linuron	13.95	187	124	20
Linuron	13.95	248	61.1	8
Malathion	13.97	158	125	6
Malathion	13.97	173.1	99	12
Metalaxyl	13.34	234.1	146.1	20
Metalaxyl	13.34	249.2	190.1	6
Metazachlor	15.17	209	132.1	16
Metazachlor	15.17	133.1	132.1	12
Methacrifos	9.16	124.9	47.1	12
Methacrifos	9.16	207.9	180.1	6
Methoxychlor	21.52	227.1	141.1	32
Methoxychlor	21.52	227.1	169.1	22
Metolachlor	14.15	238.1	162.1	10
Metolachlor	14.15	162.1	133.1	14
Mevinphos	8.66	192	127	10
Mevinphos	8.66	127	95	14
MEK-264 A	14.84	164.1	98.1	10
MEK-264 A	14.84	164.1	80.1	24
MEK-264 B	15.19	164.1	98.1	12
MEK-264 B	15.19	164.1	67.1	6
Mirex	23.16	272	236.8	14
Mirex	23.16	273.8	238.8	14
Myclobutanil	17.25	179	125	14
Myclobutanil	17.25	150	123	14
N-(2,4-Dimethylphenyl) formamide	9.11	149.1	120.1	14
N-(2,4-Dimethylphenyl) formamide	9.11	149.1	106.1	16
Nitralin	20.45	316.2	274	8
Nitralin	20.45	274	169	20
Nitrofen	17.89	202	139	24
Nitrofen	17.89	283	162	20
Nonachlor-cis	18.47	408.8	299.9	18
Nonachlor-cis	18.47	406.8	299.9	14

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Nonachlor-trans	16.59	406.8	299.8	14
Nonachlor-trans	16.59	408.8	299.8	18
Norflurazon	19.39	303	145	20
Norflurazon	19.39	145	95	16
Ortho-phenylphenol	9.43	170.1	112	12
Ortho-phenylphenol	9.43	258	175	6
Oxadiazon	17.14	175	115	34
Oxadiazon	17.14	258	175	6
Oxyfluorfen	17.32	252	146	30
Oxyfluorfen	17.32	300	223	14
Paclobutrazol	16.24	236	146	30
Paclobutrazol	16.24	300	223	14
Parathion(ethyl)	14.39	138.9	109	6
Parathion(ethyl)	14.39	291	109	12
Parathion-methyl	13.1	263	109	12
Parathion-methyl	13.1	263	79	30
Pebulate	8.91	128.1	57.1	8
Pebulate	8.91	128	72	6
Penconazole	15.29	248.1	157	22
Penconazole	15.29	159	123	20
Pendimethalin	15.11	252.1	162.1	8
Pendimethalin	15.11	252.1	161.1	14
Pentachloroanline	12.74	262.9	191.9	20
Pentachloroanline	12.74	264.9	193.6	18
Pentachloroanisole	11.24	264.8	236.9	10
Pentachloroanisole	11.24	279.9	236.8	22
Pentachlorobenzene	9.46	247.9	212.9	18
Pentachlorobenzene	9.46	248	142	42
Pentachlorobenzonitrile	11.71	272.9	237.9	16
Pentachlorobenzonitrile	11.71	274.8	204.9	28
Pentachlorothioanisole	13.95	295.7	262.9	12
Pentachlorothioanisole	13.95	295.7	245.9	30
Cis-permethrin	24.6	183.1	153	12
Cis-permethrin	24.6	183.1	168	12
Trans-permethrin	24.88	183	168.1	10
Trans-permethrin	24.88	183	165.1	10
Perthane (Ethylan)	17.92	223.1	167	12
Perthane (Ethylan)	17.92	223.1	193	28

ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Phenothrin	22.33	123.1	41.1	24
Phenothrin	22.33	123.1	81.1	8
Phorate	10.88	260	75	8
Phorate	10.88	121	65	10
Phosalone	22.43	182	111	14
Phosalone	22.43	182	74.8	30
Phosmet	21.18	160	133	10
Phosmet	21.18	160	50.9	38
Phthalimide	9.04	147	76	25
Phthalimide	9.04	103.7	76	10
Piperonyl butoxide	20.43	176.1	103.1	22
Piperonyl butoxide	20.43	176.1	131.1	12
Pirimiphos-ethyl	14.76	304.1	168.1	12
Pirimiphos-ethyl	14.76	318.1	166.1	12
Pirimiphos-methyl	13.67	290.1	125	20
Pirimiphos-methyl	13.67	290.1	233	8
Pretilachlor	16.93	162	132.1	20
Pretilachlor	16.93	262.1	202.1	6
Prochloraz	24.98	180	69	14
Prochloraz	24.98	180.1	138.1	12
procymidone	15.69	283	96.1	8
procymidone	15.69	285	96.1	10
Prodiamine	13.72	321.1	279.1	6
Prodiamine	13.72	275.1	255.1	8
Profenofos	17.0	336.9	266.9	12
Profenofos	17.0	338.9	268.9	14
Profluralin	11.59	318.1	199.1	12
Profluralin	11.59	347.1	330.1	6
Propachlor	10.11	176.1	57.1	8
Propachlor	10.11	120	77	16
Propanil	12.90	161	90	24
Propanil	12.90	161	99	24
Propargite	20.25	135.1	107.1	12
Propargite	20.25	135.1	77.1	26
Propisochlor	13.25	162.1	120.1	12
Propisochlor	13.25	162.1	144.1	8
Prothiofos	16.87	309	238.9	14
Prothiofos	16.87	266.9	220.9	18
Propyzamide	11.82	172.9	109	24
Propyzamide	11.82	172.9	145	14

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Pyraclofos	23.98	194	138	18
Pyraclofos	23.98	360	194.1	12
Pyrazophos	23.48	221	148.7	14
Pyrazophos	23.48	231.9	204.1	10
Pyridaben	24.87	147.1	117.1	20
Pyridaben	24.87	147.1	132.1	12
Pyridaphenthion	20.98	340	199.1	8
Pyridaphenthion	20.98	199	92.1	14
Pyrimethanil	12.00	198.1	118	32
Pyrimethanil	12.00	198.1	158.1	18
Pyriproxyfen	22.79	136.1	96	10
Pyriproxyfen	22.79	136.1	78	20
Quinalphos	15.58	146	118.1	10
Quinalphos	15.58	157.1	102	22
Quintozene	11.63	294.8	236.9	14
Quintozene	11.63	213.8	178.9	14
Resmethrin Peak1	20.30	123.1	81.1	8
Resmethrin Peak1	20.30	142	128.1	10
Resmethrin Peak2	20.52	171	127.9	14
Resmethrin Peak2	20.52	143	128	10
Sulfotep	10.63	322	145.9	22
Sulfotep	10.63	237.9	145.9	12
Sulprofos	18.96	156	108	30
Sulprofos	18.96	322	156.1	10
Tebuconazole	20.13	250	125	20
Tebuconazole	20.13	125	89	16
Tebufenpyrad	21.80	276.1	171	10
Tebufenpyrad	21.80	318.1	131.1	14
Tecnazene	10.02	258.9	201	12
Tecnazene	10.02	214.8	178.9	8
Tefluthrin	12.10	177	127	14
Tefluthrin	12.10	177	137	16
Terbacil	12.15	161	144	12
Terbacil	12.15	160	76	12
Terbufos	11.73	231	128.9	20
Terbufos	11.73	231	175	10
Terbutylazine	11.73	214.1	104.1	16
Terbutylazine	11.73	214.1	132.1	10
Tetrachlorvinphos	16.20	328.9	109	18
Tetrachlorvinphos	16.20	330.9	109	18

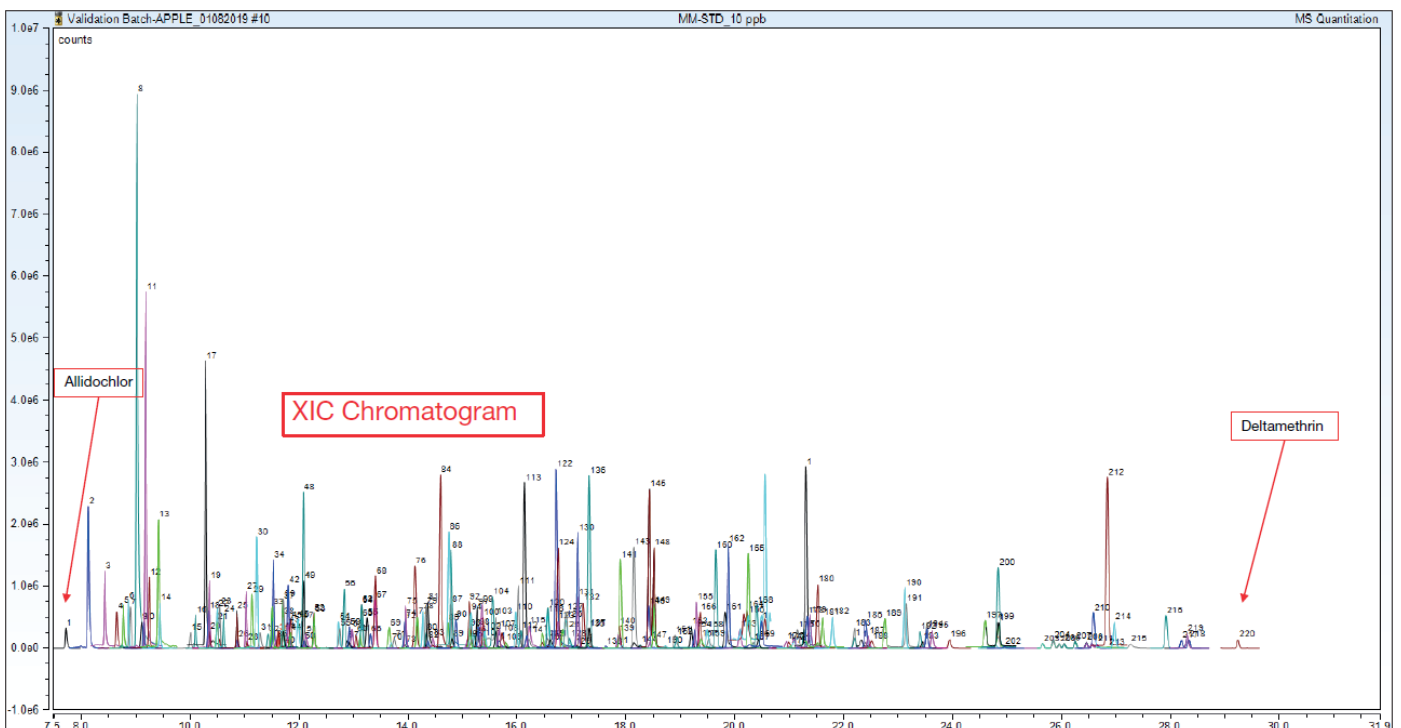
ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Tetradifon	22.23	159	111	20
Tetradifon	22.23	159	74.8	32
Tetrahydrophthalimide (THPI)	9.2	151	77.1	32
Tetrahydrophthalimide (THPI)	9.2	151	79.9	6
Tetramethrin Peak1	21.12	164	107.1	12
Tetramethrin Peak1	21.12	164	77.1	24
Tetramethrin Peak2	21.41	164	77.1	22
Tetramethrin Peak2	21.41	164	107.1	12
Tolclofos-methyl	13.17	265	219.9	20
Tolclofos-methyl	13.17	265	250	12
Tolyfluamid	15.36	238	137	10
Tolyfluamid	15.36	240	137	14
Transfluthrin	13.17	163	143	14
Transfluthrin	13.17	163	91.1	12

Compound	RT	Parent Mass	Product Mass	CE
Triadimefos	14.48	208	126.7	12
Triadimefos	14.48	208	111	20
Triadimenol	15.69	128	65	18
Triadimenol	15.69	168.1	70	10
Triallate	12.29	268	183.9	18
Triallate	12.29	268	226	12
Triazophos	18.93	161.1	134.1	8
Triazophos	18.93	257	162.1	6
Triflumizole	15.75	206	179	14
Triflumizole	15.75	179	144	14
Trifluralin	10.51	306.1	264.1	8
Trifluralin	10.51	264	160	14
Triphenylphosphate	20.28	215	168.1	16
Triphenylphosphate	20.28	326.1	169.1	28
Vinclozolin	13.06	197.9	145	14
Vinclozolin	13.06	212	172	14

ผลการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแอปเปิลจำนวน 212 ชนิด โดยใช้ GC-(AEI)-MS/MS มีการใช้วิธีการสกัดแบบ QuEChERS ร่วมด้วยสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างได้ จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิค GC-(AEI)-MS/MS เป็นวิธีที่จำเพาะเจาะจงต่อสารที่ต้องการวิเคราะห์สูง ดังผลการวิเคราะห์ที่แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครมาโทแกรมของสารเคมีปราบศัตรูพืช 212 ชนิดที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS

ตารางที่ 2 ขีดความสามารถในการตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแอปเปิล

Compound	R ²	Range	LOQ	Compound	R ²	Range	LOQ
2,3,5,6-Tetrachloroanline	0.990	0.0001-0.05	0.001	Chlorpyrifos-ethyl	0.9991	0.0001-0.05	0.001
4,4'-Methoxychlor olefin	0.9993	0.0001-0.05	0.001	Chlorpyrifos-metyl	0.9984	0.00025-0.05	0.001
Acetochlor	0.9993	0.0001-0.05	0.001	Chlorthal-dimethyl (Dacthal)	0.9986	0.0001-0.05	0.001
Acrinathrin	0.995	0.00025-0.05	0.001	Chlorthiophos	0.9982	0.0001-0.05	0.001
Alachlor	0.9979	0.00025-0.05	0.001	Chlozolate	0.9981	0.00025-0.05	0.001
Aldrin	0.9995	0.00025-0.05	0.001	Clomazone	0.9989	0.0001-0.05	0.001
Allidochlor	0.9992	0.00025-0.05	0.001	Coumaphos	0.9996	0.00025-0.05	0.001
Anthraquinone	0.9956	0.00025-0.05	0.001	Cycloate	0.9984	0.00025-0.05	0.001
Atrazine	0.9995	0.00025-0.05	0.001	Cyfluthrin Peak1	0.9999	0.0005-0.05	0.001
Azinphos-ethyl	0.9995	0.0005-0.05	0.001	Cyfluthrin Peak2	0.999	0.00025-0.05	0.001
Azinphos-methyl	0.9993	0.0005-0.05	0.001	Cyfluthrin Peak3	0.9999	0.00025-0.05	0.001
Benfluralin	0.9973	0.00025-0.05	0.001	Cyfluthrin Peak4	0.9999	0.00025-0.05	0.001
BHC,Alpha	0.9987	0.0001-0.05	0.001	Cyhalothrin (lambdab)	0.9996	0.0001-0.05	0.001
BHC,Beta	0.9991	0.0001-0.05	0.001	Cypermethrin Peak1	0.9998	0.0005-0.05	0.001
BHC,delta	0.9985	0.0001-0.05	0.001	Cypermethrin Peak2	0.9997	0.0005-0.05	0.001
BHC,gamma	0.9988	0.0001-0.05	0.001	Cypermethrin Peak3	0.9999	0.001-0.05	0.005
Bifenthrin	0.9993	0.0025-0.05	0.001	Cypermethrin Peak4	0.9994	0.001-0.05	0.005
Bromfenvinphos	0.9991	0.0001-0.05	0.001	Cyprodinil	0.9989	0.00025-0.05	0.001
Bromfenvinphos -methyl	0.9960	0.0005-0.05	0.001	DDD p,p	0.992	0.0001-0.05	0.001
Bromfenvinphos -ethyl	0.9993	0.0001-0.05	0.001	DDD o,p	0.9993	0.0001-0.05	0.001
Bromophos -metyl (Bromophos)	0.9993	0.0001-0.05	0.001	DDE o,p	0.9995	0.001-0.05	0.001
Bromopropylate	0.9995	0.0001-0.05	0.001	DDE p,p	0.9994	0.0001-0.05	0.001
Bupirimate	0.9978	0.00025-0.05	0.001	DDT o,p	0.9981	0.0001-0.05	0.001
Captafol	0.9931	0.005-0.500	0.010	DDT p,p	0.9993	0.0001-0.05	0.001
Captan	0.9883	0.0025-0.500	0.010	Deltamethrin	0.9999	0.00025-0.05	0.001
Carbophenothion	0.9978	0.00025-0.05	0.001	Diallate-cis	0.9982	0.00025-0.05	0.001
Carfentrazon-ethyl	0.9998	0.00025-0.05	0.001	Diallate-trans	0.9985	0.0001-0.05	0.001
Chlorbenside	0.9985	0.0001-0.05	0.001	Diazinon	0.9975	0.00025-0.05	0.001
Chlordane alpha-cis	0.9992	0.000-0.05	0.001	Dichlobenil	0.9990	0.0001-0.05	0.001
Chlordane gamma-trans	0.9986	0.00025-0.05	0.001	Dichlofluanid	0.9987	0.0001-0.05	0.001
Chlorfenapyr	0.9994	0.0005-0.05	0.002	Dichlorobenzophe- none,4,4	0.9978	0.0001-0.05	0.001
Chlorfenson	0.9971	0.00025-0.05	0.001	Dicloran (Bortran)	0.9987	0.00025-0.05	0.001
Chlorfenvinphos	0.9976	0.00025-0.05	0.001	Dieldrin	0.9989	0.0005-0.05	0.001
Chlorobenzilate	0.9994	0.0001-0.05	0.001	Dimehachlor	0.9989	0.0005-0.05	0.001
Chloroneb	0.9988	0.00025-0.05	0.001	Diphenamid	0.9967	0.00025-0.05	0.001
Cholrothalonil	0.9985	0.00025-0.05	0.001	Diphenylamine	0.9978	0.0001-0.05	0.001
Chlopropham	0.9985	0.00025-0.05	0.001	Disulfoton	0.9981	0.0005-0.05	0.001
				Edifenphos	0.9988	0.00025-0.05	0.001
				Endosulfan ether	0.9992	0.0001-0.05	0.001

* LOQ in ppm (mg/kg) unit

ตารางที่ 2 ขีดความสามารถในการตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแอปเปิล (ต่อ)

Compound	R ²	Range	LOQ	Compound	R ²	Range	LOQ
Endosulfan Peak 1	0.9991	0.00025-0.05	0.001	Iprodione	0.9999	0.0005-0.05	0.001
Endosulfan Peak 2	0.9993	0.0005-0.05	0.001	Isazophos	0.9991	0.0005-0.05	0.001
Endosulfan sulfate	0.9995	0.00025-0.05	0.001	Isodrin	0.9986	0.00025-0.05	0.001
Endrin	0.9995	0.00025-0.05	0.001	Isopropalin	0.9961	0.0005-0.05	0.001
Endrin Aldehyde	0.9972	0.00025-0.05	0.001	Lenacil	0.9990	0.0005-0.05	0.001
Endrin-Ketone	0.9989	0.0005-0.05	0.001	Leptophos	0.9987	0.0001-0.05	0.001
EPN	0.9991	0.0005-0.05	0.001	Linuron	0.9958	0.001-0.05	0.005
Esfenvalerate	0.9998	0.0005-0.05	0.001	Malathion	0.9981	0.0001-0.05	0.001
Ethafluralin	0.9977	0.0005-0.05	0.001	Metalaxyl	0.9986	0.00025-0.05	0.001
Ethion	0.9986	0.0001-0.05	0.001	Metazachlor	0.9974	0.0025-0.05	0.001
Etofenprox	0.9999	0.0001-0.05	0.001	Methacrifos	0.9983	0.00025-0.05	0.001
Etridiazole (Terrazole)	0.9990	0.0001-0.05	0.001	Methoxychlor	0.9989	0.0001-0.05	0.001
FEnamiphos	0.9992	0.0005-0.05	0.001	Metolachlor	0.9993	0.0001-0.05	0.001
Fenarimol	0.9994	0.0001-0.05	0.001	Mevinphos	0.9987	0.0001-0.05	0.001
Fenchlorfos	0.9989	0.0005-0.05	0.001	MEK-264 A	0.9973	0.00025-0.05	0.001
Fenitrothion	0.9968	0.0005-0.05	0.001	MEK-264 B	0.9946	0.0001-0.05	0.001
Fenpropathrin	0.9989	0.0005-0.05	0.001	Mirex	0.9992	0.0001-0.05	0.001
Fenson	0.9990	0.0025-0.05	0.001	Myclobutanil	0.9986	0.00025-0.05	0.001
Fenthion	0.9990	0.0001-0.05	0.001	N-(2,4-Dimethylphenyl)formamide	0.9958	0.0005-0.05	0.001
Fenvalerate	0.9998	0.0001-0.05	0.001	Nitralin	0.9955	0.0005-0.05	0.001
Fipronil	0.9973	0.0005-0.05	0.001	Nitrofen	0.9990	0.00025-0.05	0.001
Fluazifop-P-butyl	0.9980	0.0001-0.05	0.001	Nonachlor-cis	0.9986	0.00025-0.05	0.001
Fluchloralin	0.9967	0.00025-0.05	0.001	Nonachlor-trans	0.9994	0.0001-0.05	0.001
Flucythrinate peak1	0.9998	0.00025-0.05	0.001	Norflurazon	0.9980	0.00025-0.05	0.001
Flucythrinate peak2	0.9998	0.0001-0.05	0.001	Ortho-phenylphenol	0.9982	0.00025-0.05	0.001
Flodioxonil	0.9980	0.0001-0.05	0.001	Oxadiazon	0.9981	0.0001-0.05	0.001
Fluquinconazole	0.9995	0.0001-0.05	0.001	Oxyfluorfen	0.9970	0.0005-0.05	0.001
Fluridone	0.9975	0.001-0.05	0.005	Paclobutrazol	0.9986	0.00025-0.05	0.001
Flusilazole	0.9983	0.000-0.05	0.001	Parathion (ethyl)	0.9974	0.00025-0.05	0.001
Flutolanil	0.9981	0.0001-0.05	0.001	Parathion-methyl	0.9971	0.001-0.05	0.005
Flutriafol	0.9983	0.0001-0.05	0.001	Pebulate	0.9996	0.00025-0.05	0.001
Fluvalinate peak1	0.9998	0.00025-0.05	0.001	Penconazole	0.9984	0.00025-0.05	0.001
Fluvalinate peak2	0.9998	0.00025-0.05	0.001	Pendimethalin	0.9981	0.0001-0.05	0.001
Folpet	0.9990	0.0005-0.05	0.001	Pentachloroanline	0.9992	0.0001-0.05	0.001
Fonofos	0.9972	0.0001-0.05	0.001	Pentachloroanisole	0.9988	0.0001-0.05	0.001
Heptachlor	0.9984	0.0001-0.05	0.001	Pentachlorobenzene	0.9991	0.0001-0.05	0.001
Heptachlor epoxide	0.9982	0.0025-0.05	0.001	Pentachlorobenzonitrile	0.9984	0.0001-0.05	0.001
Hexachlorobenzene	0.9994	0.0001-0.05	0.001	Pentachlorothioanisole	0.9992	0.00025-0.05	0.001
Hexazinone	0.9992	0.0025-0.05	0.001				
Iodofenfos	0.9985	0.0001-0.05	0.001				

* LOQ in ppm (mg/kg) unit

ตารางที่ 2 ขีดความสามารถในการตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแอปเปิล (ต่อ)

Compound	R ²	Range	LOQ	Compound	R ²	Range	LOQ
Cis-permethrin	0.9999	0.00025-0.05	0.001	Quinalphos	0.9974	0.0005-0.05	0.001
Trans-permethrin	0.9990	0.00025-0.05	0.001	Quintozene	0.9973	0.0001-0.05	0.001
Perthane (Ethylan)	0.9994	0.0001-0.05	0.001	Resmethrin Peak1	0.8109	0.005-0.05	-
Phenothrin	0.9995	0.001-0.05	0.005	Resmethrin Peak2	0.9989	0.001-0.05	0.005
Phorate	0.9972	0.00025-0.05	0.001	Sulfotep	0.9980	0.0001-0.05	0.001
Phosalone	0.9998	0.0001-0.05	0.001	Sulprofos	0.9984	0.0001-0.05	0.001
Phosmet	0.9993	0.00025-0.05	0.001	Tebuconazole	0.9992	0.0001-0.05	0.001
Phthalimide	0.9976	0.005-0.500	0.010	Tebufenpyrad	0.9992	0.0001-0.05	0.001
Piperonyl butoxide	0.9987	0.0001-0.05	0.001	Tecnazene	0.9991	0.0001-0.05	0.001
Pirimiphos-ethyl	0.9986	0.0001-0.05	0.001	Tefluthrin	0.9982	0.0001-0.05	0.001
Pirimiphos-methyl	0.9994	0.0001-0.05	0.001	Terbacil	0.9987	0.0001-0.05	0.001
Pretilachlor	0.9986	0.0001-0.05	0.001	Terbufos	0.9970	0.0001-0.05	0.001
Prochloraz	0.9996	0.001-0.05	0.005	Terbutylazine	0.9995	0.00025-0.05	0.001
procymidone	0.9983	0.00025-0.05	0.001	Tetrachlorvinphos	0.9989	0.0001-0.05	0.001
Prodiamine	0.9966	0.0005-0.05	0.001	Tetradifon	0.9992	0.0005-0.05	0.001
Profenofos	0.9976	0.00025-0.05	0.001	Tetrahydrophthalimide (THPI)	0.9989	0.0025-0.500	0.001
Profluralin	0.9958	0.0005-0.05	0.001	Tetramethrin Peak1	0.9988	0.001-0.05	0.005
Propachlor	0.9988	0.0001-0.05	0.001	Tetramethrin Peak2	0.9980	0.00025-0.05	0.001
Propanil	0.9981	0.0005-0.05	0.001	Tolclofos-methyl	0.9981	0.00025-0.05	0.001
Propargite	0.9963	0.001-0.05	0.005	Tolyfluand	0.9986	0.0001-0.05	0.001
Propisochlor	0.9982	0.0005-0.05	0.001	Transfluthrin	0.9979	0.00025-0.05	0.001
Prothiofos	0.9989	0.00025-0.05	0.001	Triadimefos	0.9991	0.00025-0.05	0.001
Propyzamide	0.9985	0.00025-0.05	0.001	Triadimenol	0.9994	0.0005-0.05	0.001
Pyraclofos	0.9992	0.0005-0.05	0.001	Triallate	0.9988	0.0005-0.05	0.001
Pyrazophos	0.9999	0.00025-0.05	0.001	Triazophos	0.9979	0.00025-0.05	0.001
Pyridaben	0.9983	0.0001-0.05	0.001	Triflumizole	0.9966	0.0005-0.05	0.001
Pyridaphenthion	0.9998	0.0005-0.05	0.001	Trifluralin	0.9973	0.0005-0.05	0.001
Pyrimethanil	0.9993	0.000-0.05	0.001	Triphenylphosphate	-	ISTD	-
Pyriproxyfen	0.9990	0.0001-0.05	0.001	Vinclozolin	0.9976	0.0001-0.05	0.001

* LOQ in ppm (mg/kg) unit

ติดตามแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้ที่ <https://www.scispec.co.th>



บริษัท ชายนี สเปค จำกัด
10 กาญจนภิเษก ซอย 0010 แยกสอง
เขตบางแค กทม. 10160
โทร 02-454-8533



/scispec



@scispec

ThermoFisher
SCIENTIFIC

การวิเคราะห์หาปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลิตภัณฑ์นม

ผู้จัดทำ : วรณิกา พานนนท์

บทนำ

สารกำจัดศัตรูพืช ผลิตขึ้นเพื่อป้องกันพืชที่จากโรคและพาหะนำโรค ประเทศไทยมีการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืชอย่างกว้างขวาง อาทิ เช่น สารกำจัดแมลง สารกำจัดหนู สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดเชื้อรา เป็นต้น ซึ่งสารเคมีเหล่านี้สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางตรงหรือทางอ้อม และสามารถสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตได้ ในบางครั้งสารกำจัดศัตรูพืชจะมีการใช้โดยตรงกับสัตว์ ซึ่งนำไปสู่การสะสมทางชีวภาพของสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น นมและเนื้อสัตว์ อย่างไรก็ตามตามสารกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้ ล้วนแล้วแต่เป็นสารพิษอันตรายส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ในบทความนี้ กล่าวถึงการใช้เทคนิคการเตรียมตัวอย่าง QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) ร่วมกับ GC-MS/MS ในการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในนม เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ GC-MS/MS เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีความไวในการวิเคราะห์ สามารถวิเคราะห์ที่สนใจได้อย่างน้อยในระดับไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ($\mu\text{g}/\text{kg}$) และยังมีรูปแบบการทำงานที่จำเพาะเจาะจงต่อสารที่ต้องการ

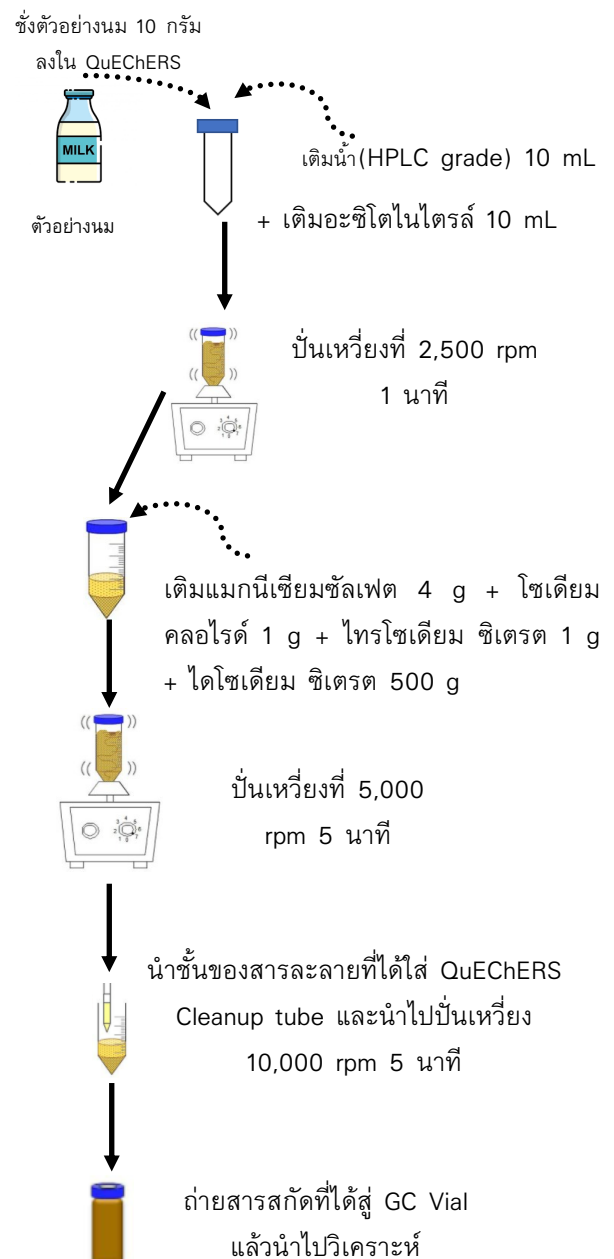
การเตรียมตัวอย่างด้วย QuEChERS เป็นวิธีการเตรียมตัวอย่างที่รวดเร็ว ง่าย และมีราคาถูก ประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอน Extraction และ Cleanup

- **Extraction** นำตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วใส่ QuEChERS Extraction tube ซึ่งบรรจุเกลือสำหรับการสกัด จากนั้นเติมสารละลายสำหรับสกัดแล้วทำการผสมตัวอย่างและปั่นเหวี่ยงให้เกิดการแยกชั้น

- **Cleanup** นำชั้นของสารละลายที่ได้ใส่ QuEChERS Cleanup tube ซึ่งบรรจุสารเคมีสำหรับกำจัดสิ่งรบกวน จากนั้นทำการผสมตัวอย่างและปั่นเหวี่ยงให้เกิดการแยกชั้น นำสารสกัดที่ได้มาทำการระเหยแห้งและละลายกลับด้วยตัวทำละลาย แล้วจึง

นำไปวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง



การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

Working standard (µg/mL)	Volume taken from working standard (µL)	Extracted matrix (µL)	Final concentra- tion (µg/kg)	Total volume (mL)
2.000	50	950	0.1000	1
1.000	50	950	0.0500	1
0.500	50	950	0.0250	1
0.200	50	950	0.0100	1
0.100	50	950	0.0050	1
0.050	50	950	0.0025	1
0.020	50	950	0.0010	1

การวิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS

Gas Chromatograph (GC)	TRACE™ 1310 Series
Mass Spectrometer (MS)	TSQ™ 9000 Triple Quadrupole Mass spectrometer
Autosampler	TriPlus™ RSH Autosampler
Software	TraceFinder™

การตั้งค่าเครื่อง GC

TRACE™ 1310 Gas Chromatograph	
Carrier Gas, Mode	He, constant flow, 1.2 (mL/min)
Injector Temp.	280(°C)
Injection Mode	Splitless
Splitless Time	2.0 min
Splitless Flow	50 mL/min
Purge Flow	5 mL/min
Column	TG-5SIL MS (30m × 0.25mm i.d. × 0.25 µm)
Total Run Time	34.9 min
GC oven program	90°C(2 min) 25°C/min,180°C 5°C/min,280° 10°C/min,300°(2min)

การตั้งค่าเครื่อง MS

TSQ™ 9000 Triple Quadrupole GC-MSMS	
Method type	Acquisition-Timed (t-SRM mode)
MS transfer line temperature	310°C
Ion Source temperature	280°C
Ionization	Electron Ionization (EI)



รูปที่ 1 Thermo Scientific TSQ 9000 GC-MS/MS

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์

Compound	RT (min)	Quan ion			Confirm ion			R ²
		Q1	Q3	CE (v)	Q1	Q3	CE (v)	
2,3,5,6-Tetrachloroaniline	10.6	231	158	20	231	160	22	0.9995
3,4-Dichloroaniline	9.1	160.9	126	10	160.9	99	20	0.9995
4,4'-Methoxychlor olefin	19.26	238.1	223.1	10	308	238.2	12	0.9993
Alachlor	13.27	188.1	130	32	188.1	160.1	8	0.9988
Aldrin	14.41	330	298.9	10	262.7	192.9	28	0.9995
Allidochlor	7.9	132	56.1	8	132	49	24	0.9990
Anthraquinone	14.49	208	151.7	22	208	180	10	0.9972
Atrazine	11.67	200	122.1	8	215.1	173	8	0.9989
Azinphos-ethyl	23.54	160	77	16	132	77	12	0.9985
Benfluralin	10.79	2922	264	8	292	206.1	10	0.9974
BHC,Alpha	11.26	218.8	183	8	182.8	146.7	12	0.9990
BHC,Beta	11.78	218.7	183	8	180.9	145	14	0.9983
BHC,delta	12.52	218.8	182.9	8	182.8	146.7	14	0.9985
BHC,gamma	11.9	218.7	183	8	180.9	145	14	0.9978
Bifenthrin	21.16	181	165.9	10	181	179	12	0.9997
Bromfenvinphos-ethyl	15.98	302.7	184.8	14	96.9	65	16	0.9987
Bromfenvinphos -methyl	14.85	330.8	315.8	14	328.9	313.8	14	0.9990
Bromopropylate	21.21	340.8	185	14	184.9	156.9	12	0.9992
Bupirimate	17.32	208.1	140.1	12	273.1	193.2	8	0.9993
Carbophenothion	19.2	342	157	10	157	45	12	0.9988
Carfentrazon-ethyl	19.14	311.9	150.7	18	340.1	312.1	10	0.9998
Chlorbenside	16.05	125	89	16	125	99	16	0.9997
Chlorfenapyr	17.61	248.9	112	24	248.9	137.1	18	0.9994
Chlorfenson	16.79	174.9	111	10	111	75	14	0.9996
Chlorobenzilate	18.11	139	111	12	139	74.9	26	0.9993
Chloroneb	9.56	190.9	141	10	190.9	113	14	0.9990
Chloropyrifos-ethyl	14.24	313.9	257.9	12	196.7	168.9	12	0.9991
Chlorpylifos-metyl	13.11	285.9	93	20	125	47	12	0.9995
Chlorthal-dimethyl(Dacthal)	14.41	300.7	222.9	22	300.7	272.9	12	0.9983
Chlorthiophos	18.47	268.9	205	14	324.9	269	12	0.9997
Chlozolate	15.34	331	259	8	259	187.9	12	0.9993
Clomazone	11.74	204	107	18	125	89	12	0.9989
Cycloate	10.6	154.1	83.1	8	154.1	55.1	18	0.9986
Cyfluthrin peak1	25.49	163	127.1	6	163	65.1	26	0.9943
Cyfluthrin prak2	25.69	163	127	6	163	91.1	12	0.9947
Cyfluthrin prak3	25.8	127	6	6	226	206.1	163	0.9947
Cyfluthrin prak4	25.89	163	127	6	226	206.1	12	0.9940

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

Compound	RT (min)	Quan ion			Confirm ion			R ²
		Q1	Q3	CE (v)	Q1	Q3	CE (v)	
Cyhalothrin (lamboda)	23.01	207.9	180.9	8	197.1	141.1	10	0.9983
Cypermethrin peak1	26.09	163	127.1	6	163	91.1	12	0.9948
Cypermethrin peak2	26.29	163	127	6	163	91.1	12	0.9931
Cypermethrin peak3	26.39	180.9	152.2	20	163	127	6	0.9930
Cypermethrin peak4	26.47	163	127.1	6	180.9	152.2	20	0.9960
Cyprodinil	15.19	224.1	196.9	20	224.1	208	18	0.9984
DDD p,p	18.4	235	165.1	20	236.8	165	20	0.9993
DDD o,p	17.31	235	199	14	235	165.1	20	0.9999
DDE o,p	16.15	246	176.1	28	317.8	248	18	0.9997
DDE p,p	17.09	246	176.1	28	317.8	246	20	0.9995
DDT o,p	18.47	235	165.1	20	236.8	165	20	0.9902
DDT p,p	19.58	235	165.1	22	236.8	165	22	0.9991
Deltamethrin	28.95	252.8	172	8	252.8	92.8	16	0.9962
Diallate-cis	11.09	234.1	150	18	234	192	12	0.9991
Diallate-trans	11.26	234.1	150	18	234.1	192	12	0.9960
Diazinon	11.99	137.1	84.1	12	137.1	54.1	20	0.9992
Dichlorobenzophenone,4,4	14.68	139	111	12	139	74.9	26	0.9990
Dieldrin	17.27	262.8	227.8	16	262.8	190.9	30	0.9944
Dimehachlor	12.98	197	148.1	10	134	105.1	12	0.9988
Diphenamid	14.88	239.1	167.	8	166.8	152	16	0.9998
Diphenylamine	10.57	169	168	12	169	167	25	0.9998
Disulfoton	12.26	185.9	96.9	16	88	59.8	6	0.9980
Endosulfan ether	12.89	240.9	206	14	238.9	204	12	0.9995
Endosulfan peak 1	16.47	240.6	205.9	14	194.7	125	22	0.9982
Endosulfan peak 2	18.26	240.6	205.8	12	194.7	159	8	0.9958
Endosulfan sulfate	19.47	271.7	236.8	12	238.7	203.9	12	0.991
Endrin-Ketone	20.99	249.8	214.9	24	173	138.1	16	0.9987
EPN	21.2	169	141	8	169	77	22	0.9977
Esfenvalerate	28.12	167	125	10	125	89.3	18	0.991
Ethafluralin	10.62	315.9	276.1	8	276	202	14	0.9973
Ethion	18.35	230.9	174.9	12	230.9	28.9	22	0.9985
Etofenprox	26.65	163.1	135.1	10	163.1	107.1	16	0.9998
Etridiazole (Terrazole)	9.16	211	139.9	20	211	182.9	10	0.9855
Fenarimol	23.31	139	111	14	219	107	10	0.9996
Fenchlorfos	13.52	285	270	11	287	272	11	0.9992
Fenitrothion	13.88	277	260	6	277	109	16	0.9979
Fenson	14.85	141	77	8	77	51	14	0.9998
Fenthion	14.37	278	169	14	278	109	18	0.9991
Fenvalerate	27.72	167	125	10	125	89	18	0.9964
Vinclozolin	13.18	198	145	14	186.8	124	18	0.9994

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

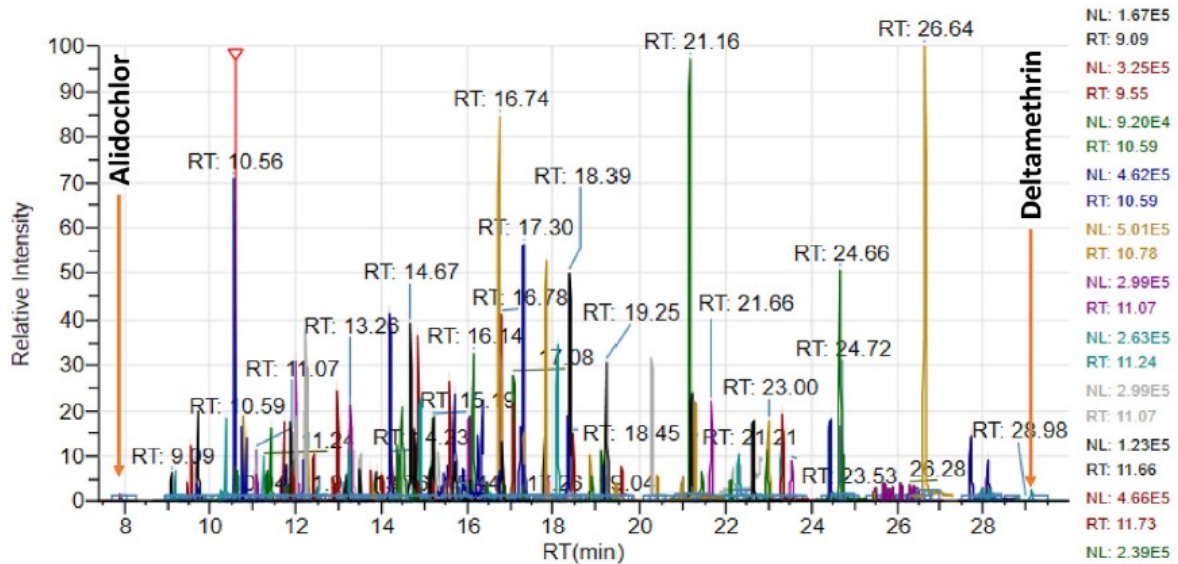
Compound	RT (min)	Quan ion			Confirm ion			R ²
		Q1	Q3	CE (v)	Q1	Q3	CE (v)	
Fluazifop-P-butyl	17.81	383.1	82.1	14	282	91.1	18	0.9986
Fluchloralin	12.03	306	264	8	264	206.1	8	0.9993
Fluquinconazole	24.73	340	298	16	340	108.1	36	0.9994
Flusilazole	17.31	233	164.9	16	233	151.9	14	0.9993
Flutolanil	16.75	281	173	10	173	145	14	0.9996
Fluvalinate peak1	27.98	250	55.1	16	250	199.9	18	0.9988
Fluvalinate peak2	28.13	250	55.1	16	250	200	18	0.9936
Fonofos	12.03	246	137	6	137	109	6	0.9972
Hexachlorobenzene	11.33	283.8	248.8	18	283.8	213.8	30	0.9993
Iodofenfos	16.76	376.8	361.8	16	125	79	6	0.9987
Isazophos	12.27	161	119	8	161	146	6	0.9998
Isodrin	15.16	192.9	123	28	192.9	157.2	20	0.9975
Isopropalin	14.92	280.1	238.2	8	280.1	180.2	10	0.9980
Leptophos	22.34	171	124.3	10	171	77.1	18	0.9995
Metazachlor	15.22	209	132.1	16	133.1	132.1	12	0.9993
Methacrifos	9.47	240	180	10	180	93	10	0.9983
Methoxychlor	21.44	227.1	169.1	22	227.1	141.1	32	0.9994
Metolachlor	14.21	238.1	162.2	10	162.1	132.9	14	0.9998
MEK-264 A	14.86	164	93.1	10	164	98.1	10	0.9999
MEK-264 B	15.21	164	98	10	164	67.1	8	0.9997
Myclobutanil	22.97	179	125	14	179	151.7	8	0.9992
Nitralin	17.24	316.2	274	8	274	216	8	0.9923
Nitrofen	17.87	202	139	24	283	202	10	0.9985
Nonachlor-cis	16.55	408.6	300	18	262.8	192.8	28	0.9976
Nonachlor-trans	18.4	408.7	300	18	236.8	142.9	24	0.9983
Ortho-phenylphenol	9.72	170.1	141.1	22	170.1	115	34	0.9993
Oxadiazon	17.08	174.9	112	12	174.9	76	28	0.9991
Oxyfluorfen	17.29	252	146	30	252	169.8	28	0.9993
Paclobutrazol	16.25	236	125	12	236	167	10	0.9991
Parathion(ethyl)	14.46	291	109	12	109	81	10	0.9976
Parathion-methyl	13.28	263	109	12	124.9	79	6	0.9978
Pebulate	9.19	128	57	8	203	128	8	0.9993
Penconazole	155.33	248	192	18	248	157	22	0.9982
Pendimethalin	15.14	252.1	162	8	252.1	161	14	0.9962
Pentachloroanline	12.89	264.8	193.6	18	264.8	202.8	20	0.9989
Pentachloroanisole	11.43	279.9	236.8	22	264.8	236.9	10	0.9997
Pentachlorobenzene	9.7	249.8	214.8	16	249.8	143.6	38	0.9992
Pentachlorobenzonitrile	11.9	274.8	239.9	18	272.9	237.9	16	0.9986
Pentachlorothioanisole	14.03	295.7	262.9	12	295.7	245.9	30	0.9990

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

Compound	RT (min)	Quan ion			Confirm ion			R ²
		Q1	Q3	CE (v)	Q1	Q3	CE (v)	
Permethrin peak1	24.44	183.1	153	12	183.1	168	12	0.9998
Permethrin peak2	24.68	183	165.1	10	183	168.1	10	0.9996
Perthane (Ethylan)	17.84	223.1	167	12	223.1	179	20	0.9994
Phorate	11.1	260	75	8	121	65	8	0.9979
Phosalone	22.3	182	74.8	30	182	111	14	0.9986
Piperonyl butoxide	20.28	176.1	131.1	12	176.1	103.1	22	0.9992
Pirimiphos-ethyl	14.77	304	168.1	12	318.1	166.1	12	0.9996
Pirimiphos-methyl	13.75	290.1	233	8	305.1	180.1	8	0.9982
Pretilachlor	16.87	238.1	146.1	10	202.1	174.2	8	0.9972
procymidone	15.72	283	96.1	8	95.6	53	16	0.9989
Prodiamine	13.8	321.1	279.1	6	275.1	255.1	8	0.9974
Profluralin	11.76	318.1	199	15	330.2	69.1	20	0.9982
Propachlor	10.38	176	57	8	120	77	119	0.9993
Propisochlor	13.36	162.1	144.1	8	162.1	120.1	12	0.9991
Prothiofos	16.81	266.7	220.9	18	266.7	238.9	8	0.9992
Propyzamide	12	172.9	109	26	172.9	145	14	0.9980
Pyraclufos	16.81	266.7	220.9	18	266.7	238.9	8	0.9992
Pyrazophos	23.32	221	193.1	8	231.9	204.1	10	0.9990
Pyridaben	24.67	147.1	117.1	20	147.1	119.1	8	0.9998
Pyrimethanil	12.18	198.1	117.9	30	198.1	182.9	14	0.9991
Pyriproxyfen	22.64	136.1	96	10	136.1	78	20	0.9995
Quinalphos	15.6	146	118.1	10	157.1	102	22	0.9994
Quintozene	11.81	294.8	236.9	14	213.8	178.9	14	0.9989
Sulfotep	10.86	322	202	10	202	145.9	10	0.9996
Sulprofos	18.87	322	156.1	10	156	141	14	0.9992
Tebufenpyrad	21.66	276.1	171	10	318.1	131.1	14	0.9996
Tecnazene	10.27	261	203	13	215	179	8	0.9997
Tefluthrin	12.24	177	127	14	197	141.1	10	0.9996
Terbufos	11.89	230.9	128.9	22	230.9	174.9	12	0.9995
Terbutylazine	11.93	214.1	132	10	214.1	104	16	0.9987
Tetradifon	22.12	159	111	20	159	131	10	0.9994
Tetramethrin peak1	21	164	107.1	12	164	77.1	24	0.9984
Tetramethrin peak2	21.28	164	107.1	12	164	77.1	22	0.9992
Tolclofos-methyl	13.29	265	250	12	266.8	252	12	0.9994
Transfluthrin	13.26	163	143	14	163	91.1	12	0.9995
Triadimefos	14.54	208	111	20	208	180.8	8	0.9985
Triadimenol	15.72	128	65	18	168.2	70	10	0.9965
Triallate	12.42	268	226	12	86.1	43.3	6	0.9987
Triazophos	18.9	161	106	12	161	134.1	8	0.9984
Trifluralin	10.74	306.1	264.1	8	306.1	206	10	0.9975

Q1 = Precursor ion, Q3 = Product ion, CE = Collision energy

สรุปผลการวิเคราะห์



รูปที่ 2 โครมาโทแกรมของสารกำจัดศัตรูพืช 155 ชนิดที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS/MS

ในการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชจำนวน 155 ชนิดในตัวอย่างนม โดยใช้เทคนิค GC-MS/MS ร่วมกับการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS ถือเป็นเทคนิคที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถวิเคราะห์สารได้ด้วยความเข้มข้นต่ำในระดับ $\mu\text{g}/\text{kg}$ และสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่พบทั้งหมดได้ในการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว ช่วยให้ผู้ใช้งานประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ ใช้เวลาวิเคราะห์เพียง 34.9 นาทีต่อตัวอย่าง ซึ่งในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC อื่นๆ อาจใช้เวลามากกว่า 60 นาทีในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเทคนิค GC-MS/MS เป็นเทคนิควิเคราะห์ที่เหมาะสมที่จะเลือกใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างนมและยังสามารถพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ใช้ในตัวอย่างอื่นๆ ได้อีกด้วย

ติดตามแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้ที่ <https://www.scispec.co.th>



บริษัท ชายน์ สเปค จำกัด
10 กาญจนภิเษก ซอย 0010 แยกสอง
เขตบางแค กทม. 10160
โทร 02-454-8533



/scispec



@scispec

ThermoFisher
SCIENTIFIC

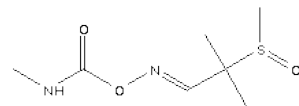


การวิเคราะห์สารกลุ่ม Carbamate ในผักกาดแก้ว ด้วยเทคนิค LC-MS/MS

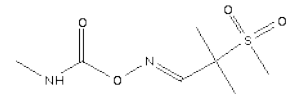
ผู้จัดทำ : พงศกร โพธิ์ถาวร

N-Methyl carbamates (NMCs) เป็นยาฆ่าแมลงที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีรายงานถึงการพบสารตัวนี้ตกค้างในสิ่งแวดล้อมและอาหารจำนวนมาก มักใช้ฆ่าแมลงศัตรูพืชในผลผลิตทางการเกษตร เช่น ผัก ผลไม้ และเมล็ดพืชที่เป็นอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้กับสัตว์ปีก ปศุสัตว์ และสัตว์เลี้ยง เพื่อกำจัดแมลงรบกวน และยังใช้กำจัดหอยทากและหนอนตัวกลมบางชนิดได้ กลไกการออกฤทธิ์ คือยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส ทำให้สารสื่อประสาทประเภท อะซิติลโคลีน ไม่สามารถทำงานได้ จึงเกิดอาการพิษเนื่องจากระบบสื่อประสาททำงานมากกว่าปกติ สารกลุ่มคาร์บาเมต แม้ว่าการประเมินจากในอดีต EPA สหรัฐอเมริกา ไม่ได้จัดระดับให้ NMC เป็นสารที่ต้องห้าม แต่มีรายงานจาก National Marine Fisheries Service เผยให้เห็นว่า Carbaryl Carbofuran และ Methomyl เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของปลาเทราต์ และปลาแซลมอน ดังนั้น EPA สหรัฐอเมริกาจึงทำการห้ามการใช้สารพวกนี้ในอาหารโดยทันที

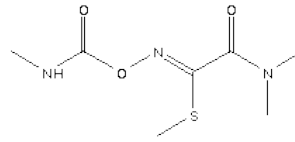
NMCs เป็นสารที่ไม่เสถียรและสามารถสลายตัวในสภาวะแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว มีรายงานการวิจัยสารกลุ่มนี้โดยใช้ GC และ GC-MS ในภายหลังมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค HPLC ขึ้นมาเนื่องจากสารในกลุ่มนี้บางตัว มีความเป็นขั้วหรือไม่ก็มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภายใต้อุณหภูมิอย่างไม่คงที่ ยังผลให้การวิเคราะห์ด้วย GC หรือ GC-MS นั้นทำได้ไม่ดีนัก ปัจจุบันสารคาร์บาเมตใช้ HPLC และทำ Post-column Derivatization โดยมีฟลูออเรสเซนต์ดีเทคเตอร์เป็นตัวตรวจวัด อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการใช้เครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์เป็นตัวตรวจวัด เนื่องจากสามารถวัดได้เที่ยงตรง แน่นนอน และมีความไวสูงกว่าสามารถวัดได้ในระดับ sub-ppb ได้



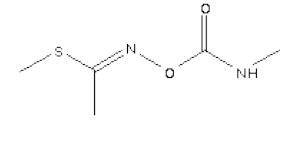
Adicarb Sulfoxide



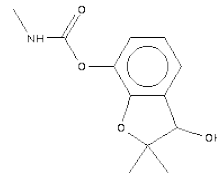
Adicarb Sulfone



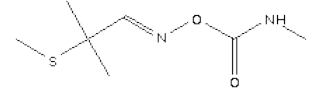
Oxamyl



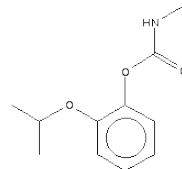
Methomyl



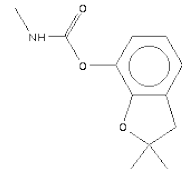
3-Hydroxycarbofuran



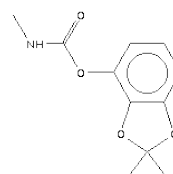
Adicarb



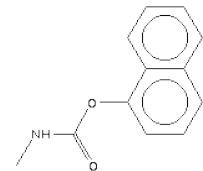
Propoxur



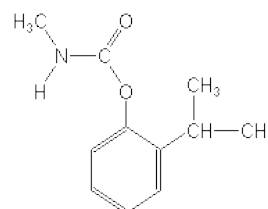
Carbofuran



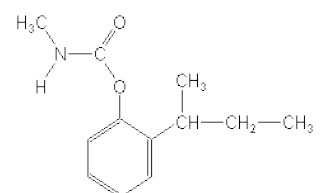
Bendiocarb



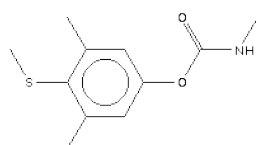
Carbaryl



Isoprocab



Fenobucarb



Methiocarb

Condition ของการวิเคราะห์

uHPLC: Ultimate 3000 RSLC (Thermo Scientific)

Column: Acclaim Carbamate 2.2 μ m, 150x2.1 mm

Mobile Phase : Methanol (A), 1mM NH₄COOH (B), DI Water (C)

Flow Rate: 0.3 μ L/min

Time	%A	%B	%C
0.00	10	5	85
4.00	10	5	85
6.00	10	5	85
19.00	65	5	30
20.00	90	5	5
21.00	90	5	5
25.00	10	5	85
28.00	10	5	85

ผลการวิเคราะห์

ชนิดของสาร	R ²	LOD (ppb)
Aldicarb sulfoxide	0.9994	0.7
Aldicarb Sulfone	0.9991	0.8
Oxamyl	0.9959	2.1
Methomyl	0.9986	0.6
3-Hydroxycarbofuran	0.9991	0.6
Aldicarb	0.9965	1.6
Propoxur	0.9989	0.5
Carbofuran	0.9994	0.6
Bendiocarb	0.9990	0.5
Carbaryl	0.9960	2.0
Isoprocarb	0.9999	0.3
Fenobucarb	0.9994	0.5
Methiocarb	0.9990	0.7

Mass Spectrometer: TSQ Fortis (Thermo Scientific)

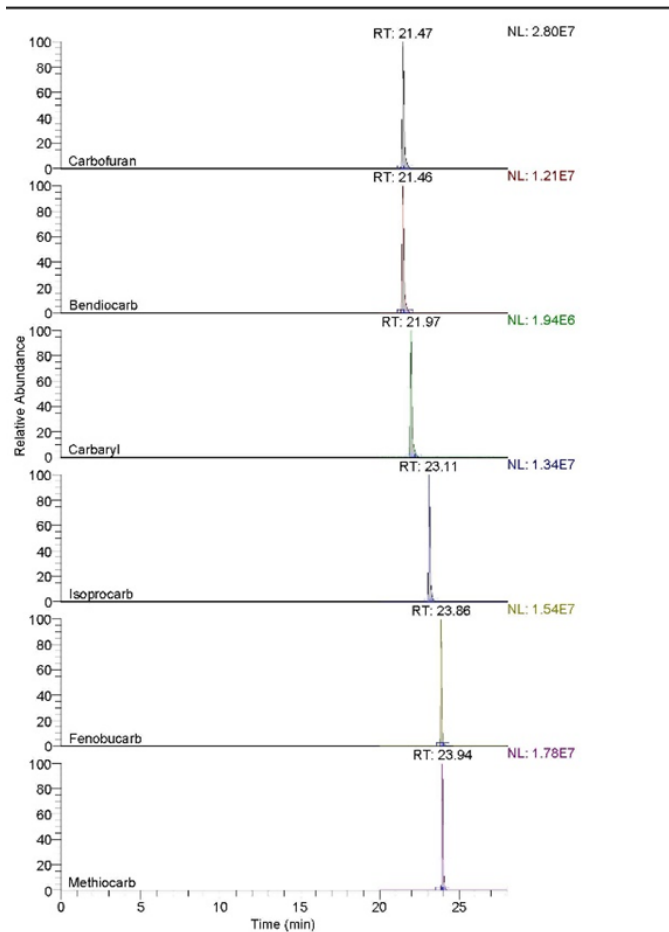
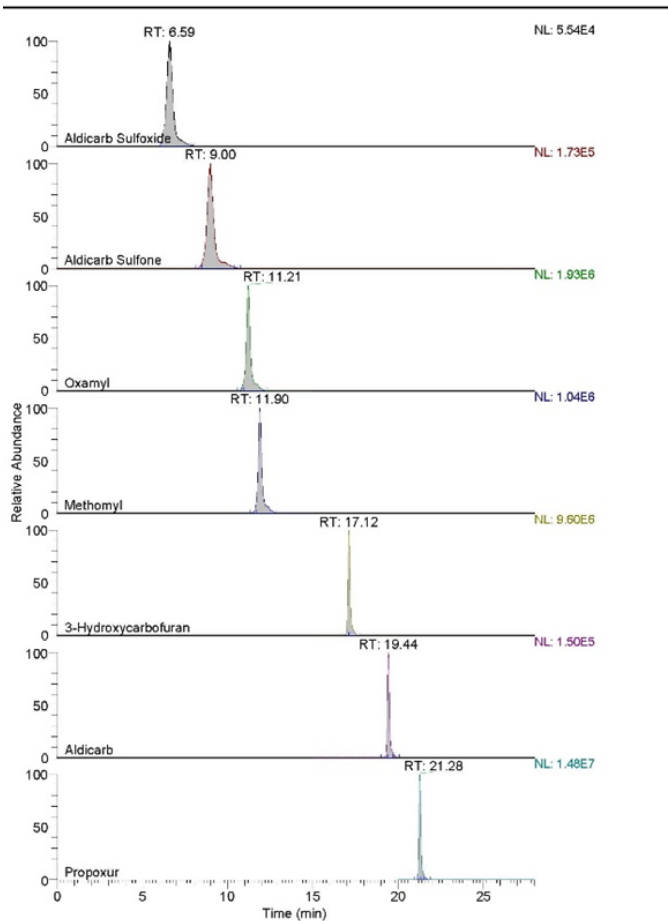
Mode: Positive

ชนิดของสาร	สูตรโมเลกุล	R _t (min)	Parent Ion	m/z (CE)		
				Parent	Quantify	Quanfirm
Aldicarb sulfoxide	C ₇ H ₁₄ N ₂ O ₃ S	6.6	[M+NH ₄] ⁺	224	132(7)	89(17)
Aldicarb Sulfone	C ₇ H ₁₄ N ₂ O ₄ S	9.0	[M+NH ₄] ⁺	240	148(12)	86(19)
Oxamyl	C ₇ H ₁₃ N ₃ O ₃ S	11.2	[M+NH ₄] ⁺	237	72(12)	90(5)
Methomyl	C ₅ H ₁₀ N ₂ O ₂ S	11.9	[M+H] ⁺	163	88(5)	106(7)
3-Hydroxycarbofuran	C ₁₂ H ₁₅ NO ₄	17.1	[M+NH ₄] ⁺	255	220(10)	163(18)
Aldicarb	C ₇ H ₁₄ N ₂ O ₂ S	19.4	[M+NH ₄] ⁺	208	89(15)	116(6)
Propoxur	C ₁₁ H ₁₅ NO ₃	21.3	[M+H] ⁺	210	111(14)	168(5)
Carbofuran	C ₁₂ H ₁₅ NO ₃	21.5	[M+H] ⁺	222	165(11)	123(22)
Bendiocarb	C ₁₁ H ₁₃ NO ₄	21.5	[M+H] ⁺	224	109(17)	167(6)
Carbaryl	C ₁₂ H ₁₁ NO ₂	22.0	[M+NH ₄] ⁺	219	145(13)	127(32)
Isoprocarb	C ₁₁ H ₁₅ NO ₂	23.1	[M+H] ⁺	194	95(14)	137(5)
Fenobucarb	C ₁₂ H ₁₇ NO ₂	23.9	[M+H] ⁺	208	95(14)	152(18)
Methiocarb	C ₁₁ H ₁₅ NO ₂ S	24.0	[M+H] ⁺	226	169(6)	121(18)

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 13 ชนิดในผักกาดแก้ว สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีการสร้างเส้นกราฟมาตรฐาน ในช่วง 5-15 ppb และเวลาในการวิเคราะห์ 28 นาที ในการวิเคราะห์สาร Aldicarb sulfoxide และ Adicarb sulfone จำเป็นต้องใช้ H-SRM ทำให้ baseline น้อยลงเพื่อทำการวิเคราะห์เป็นไปได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้การเลือก Quantitative ion ที่มีเมตริกส์รบกวนน้อยที่สุดจะทำให้เพิ่มความถูกต้องและค่า LOD ของการวิเคราะห์จะต่ำลง เป็นการเพิ่ม Sensitivity ได้อีกทางหนึ่งด้วย



ติดตามแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้ที่ <https://www.scispec.co.th>



บริษัท ชายนี สเปค จำกัด
 10 กาญจนานิกเชก ซอย 0010 แยกสอง
 เขตบางแค กทม. 10160
 โทร 02-454-8533



/scispec



@scispec

ThermoFisher
 SCIENTIFIC

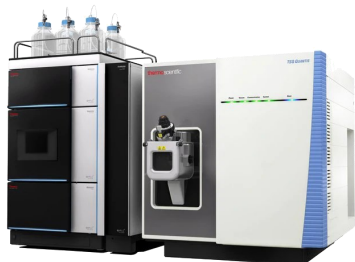
การวิเคราะห์สาร Pesticide ตกค้างจำนวน 437 ชนิดในการฉีดเพียงครั้งเดียว ด้วยเทคนิค LC-MS/MS

ผู้จัดทำ : พงศกร โพธิ์ถาวร

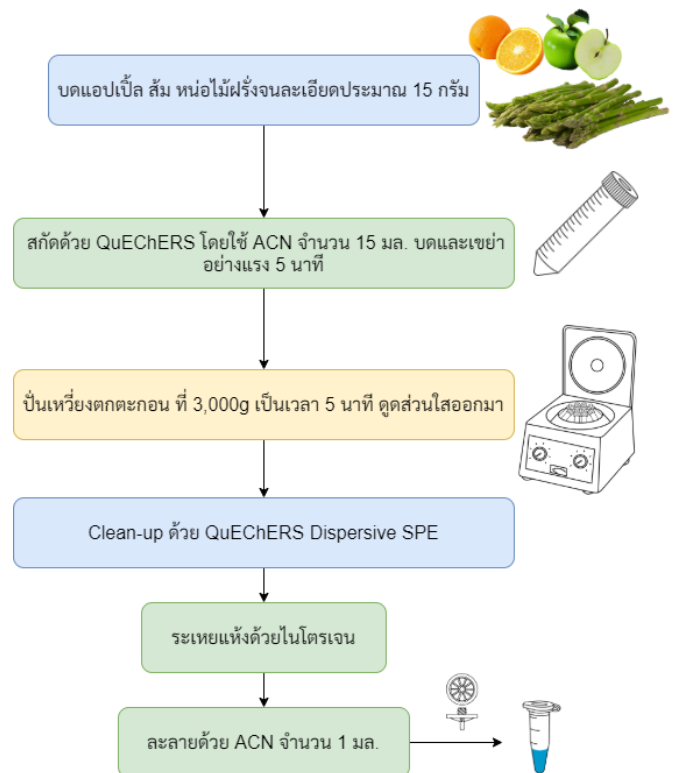
ในปัจจุบันนี้มาตรฐานเรื่องความปลอดภัยทางอาหารได้มีข้อกำหนดที่เข้มข้นขึ้นเรื่อยๆ การค้าขายสินค้าเกษตรระหว่างประเทศมีเกณฑ์การทดสอบที่ยากยิ่งขึ้น ในปี 2006 ได้มีการประกาศปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Residue Levels—MRLs) ประกอบด้วยวัตถุเคมีทางการเกษตรในอาหาร หนึ่งในนั้นคือสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticide) จำนวนกว่า 400 ชนิด และตั้งค่า MRLs สำหรับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดที่ยังไม่ได้กำหนดค่าชัดเจน เป็น 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และทาง EU ก็ได้เห็นชอบกับกฎเกณฑ์ดังกล่าว โดยได้ออกข้อกำหนด (EC) No. 396/2005 ออกมาเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังได้ตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชจำนวนกว่า 1,000 ชนิด ในตลาดภายใต้ข้อกำหนด EU Directive 91/414/EEC และในปี 2009 จึงได้ข้อกำหนด MRLs ใหม่จำนวนกว่า 700 ชนิดในปัจจุบัน

เทคนิค LC-MS/MS เป็นเทคนิคมาตรฐานที่นิยมใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ด้วยความจำเพาะและความไวที่พัฒนาสูงขึ้นมา ทำให้การวิเคราะห์และการยืนยันทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ ทำได้อย่างดีเยี่ยม มีความน่าเชื่อถือสูง

ในแอปพลิเคชันนี้ ผู้เขียนได้นำเสนอวิธีการสกัดและการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวนกว่า 400 ชนิด ด้วยเทคนิคการสกัดแบบ QuEChERS ร่วมกับการใช้เครื่อง Vanquish Flex uHPLC (Thermo Scientific) ต่อพ่วงกับเครื่องวัดมวลสารแมสสเปคโตรมิเตอร์ TSQ Quantis LC-MS/MS (Thermo Scientific) ภายใต้การประมวลผลด้วยโปรแกรมอันชาญฉลาดอย่าง TraceFinder



การเตรียมตัวอย่าง



การตั้งค่าเครื่องมือ

UHPC: Vanquish Flex (Thermo Scientific)

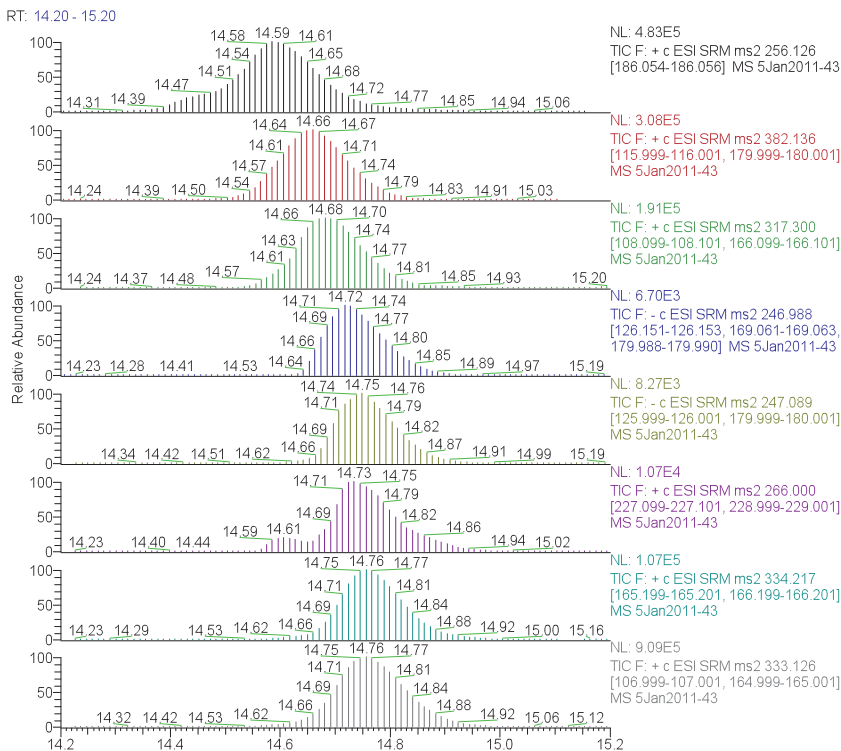
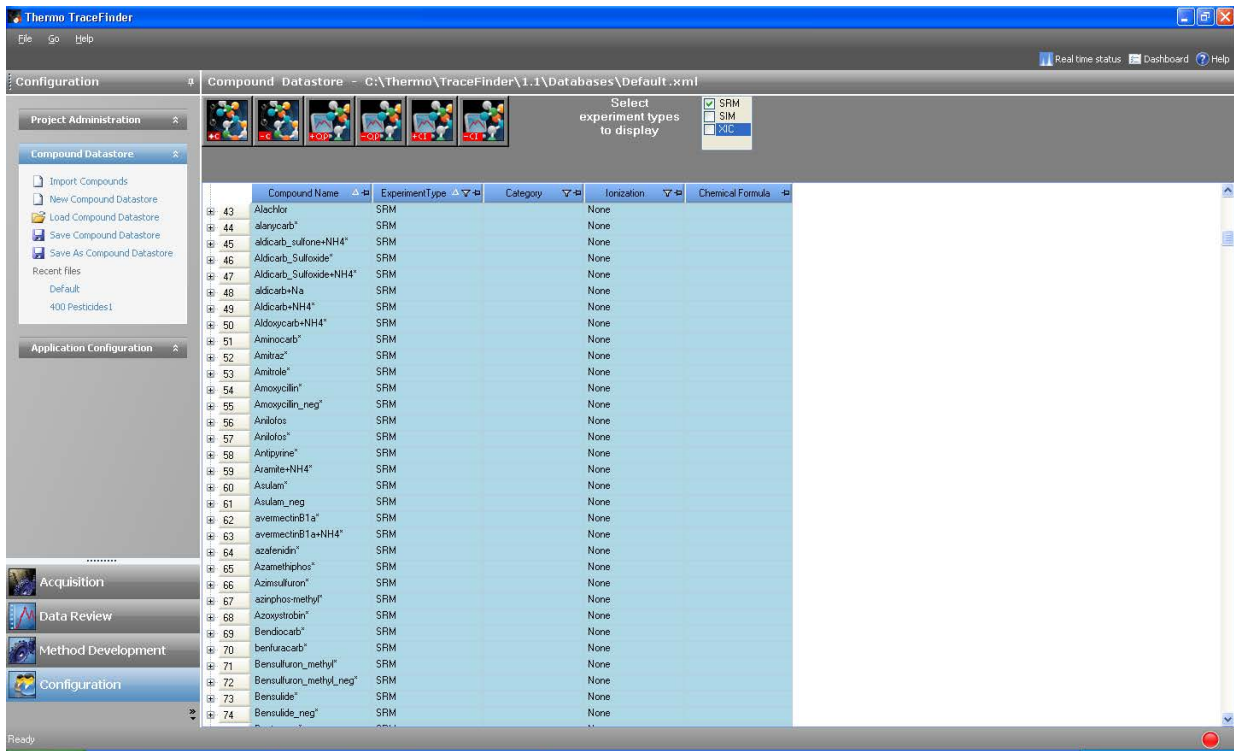
Autosampler : HTC-PAL (CTC Analytic)

Column:	Thermo Scientific Hypersil GOLD aQ column (100 x 2.1 mm, 1.9 µm particle size)		
Mobile Phase A:	Water with 0.1% formic acid and 4 mM ammonium formate		
Mobile Phase B:	Methanol with 0.1% formic acid and 4 mM ammonium formate		
Flow Rate:	300 µL/min		
Column Temperature:	40 °C		
Sample Injection Volume:	10 µL		
Gradient:	Gradient Time (min)	%A	%B
	0.00	98	2
	0.25	70	30
	35.00	0	100
	40.00	0	100
	40.01	98	2
	45.00	98	2

Mass Spectrometer : TSQ Quantis LC-MS/MS

Sheath Gas : 55, Aux Gas : 15, Spray Voltage : 3.5kV

Cap Temp: 280 °C, Heater Temp: 295 °C



โปรแกรม TraceFinder

การทำ Method Development, การวิเคราะห์ และการประมวลผล ทำด้วยโปรแกรม TraceFinder ตัวโปรแกรมสามารถออกแบบการฉีดตัวอย่าง การทำ QC ได้อย่างอิสระ พร้อมระบบ Intelligent Sequencing ที่สามารถควบคุมการสร้างโปรแกรมการฉีดสารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าโปรแกรมทั่วไป นอกจากนี้ยังมีตาราง MS/MS ที่เป็นฐานข้อมูลฝังมากับโปรแกรมช่วยให้ผู้ใช้งานประหยัดเวลา

ตัวอย่างแมสสเปกตรัมของสาร 8 ชนิด แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการสลับการสแกนประจวบและลบ

Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Acephate	184.08	143.05	10	95.20	25			2.11	+
Acetamidiprid	223.10	126.10	22	90.20	36			3.87	+
Acibenzolar-S-methyl	211.09	136.00	32	140.00	24			13.17	+
Acifluorfen	360.00	316.00	10					15.26	-
Acrinathrin+NH ₄	559.00	208.00	16	181.00	33	317.00	12	27.78	+
Akton	374.80	304.90	20	97.10	40			22.05	+
Alachlor	270.10	162.00	19					15.86	+
Aldicarb sulfone+NH ₄	240.12	86.20	22	148.05	12			2.38	+
Aldicarb sulfoxide	207.00	132.00	10	89.00	16			2.3	+
Aldicarb sulfoxide +NH ₄	224.20	89.00	19	131.70	15			2.3	+
Aldicarb+NH ₄	208.10	116.10	10	89.20	17			4.97	+
Allethrin	303.16	135.05	13	123.11	18	91.16	33	23.14	+
Allidochlor	174.09	98.23	12	41.44	23	39.44	45	5.24	+
Ametryn	228.20	185.90	19	96.00	26			8.94	+
Amicarbazone	242.18	143.10	12	85.20	32			6.21	+
Aminocarb	209.12	137.10	25	152.10	15			2.2	+
Amitraz	294.08	122.19	33					2.77	+
Ancymidol	257.11	135.05	26	81.21	26	77.20	45	7.44	+
Anilofos	368.00	199.00	16	171.00	23	125.00	34	18.96	+
Aramite+NH ₄	352.00	191.00	12	255.00	10			23.2	+
Aspon	378.90	210.90	21	115.10	33			25.28	+
Asulam	231.00	156.00	12	92.00	25			2.29	+
Atrazine	216.00	174.00	16					9.32	+
Avermectin B1a +NH ₄	890.45	305.28	22	307.00	29	567.41	11	27.65	+
Avermectin B1a+Na	895.39	751.50	45	183.08	50			27.65	+
Avermectin B1b +NH ₄	876.45	291.00	30	553.40	15	145.00	35	26.77	+
Azaconazole	300.00	158.93	27	230.92	17	122.99	51	11.07	+
Azafenidrin	338.11	264.03	30	302.10	17	298.98	20	10.94	+
Azamethiphos	324.98	182.91	17	112.04	36	138.96	23	6.41	+
Azinphos-ethyl	345.96	132.10	16	160.10	7			16.14	+
Azinphos-methyl	317.93	260.98	8	125.03	19			11.9	+
Azoxystrobin	404.12	372.14	14	329.11	32			13.86	+
Bendiocarb	224.16	167.06	10	109.10	20			6.94	+
Benodanil	324.01	241.98	25	261.96	18	132.03	19	14.84	+
Benoxacor	260.03	148.69	17	133.98	13			11.31	+
Bensulide	398.00	314.00	12	158.00	25	218.00	18	18.34	+
Bentazone	239.07	132.00	28	197.00	22			6.51	-
Benthiavalicarb	382.14	180.00	33	116.00	23			14.65	+
Benzoximate	364.35	199.20	11	105.20	33			20.06	+
Bifenazate	301.23	170.00	20	152.00	40			16.02	+
Bifenox	342.00	310.00	15					18.99	+
Bifenthrin+NH ₄	440.00	181.00	14	166.00	42			29.35	+
Bispyribac-sodium	453.14	296.96	19					13.92	+
Bitertanol	338.08	269.00	10	99.00	16			20.15	+
Boscalid	343.24	307.00	19	271.00	34			14.21	+
Brodifacoum	522.88	335.00	23	178.20	35			28.91	+
Bromadiolone	525.07	249.96	37	263.27	40	218.93	50	23.67	-
Bromoxynil	276.07	81.00	36	79.00	36			8.86	+
Bromuconazole1	377.92	158.92	28	160.88	28	123.02	35	15.16	+
Bromuconazole2	377.92	158.92	28	160.88	28	123.02	35	17.83	+
Bufencarb	222.11	95.20	34	77.20	43			17.19	+
Bupirimate	317.30	166.10	25	108.10	27			14.68	+
Buprofezin	306.21	201.00	12	116.00	18			20.78	+
Butachlor	312.20	238.00	11					22.92	+
Butafenacil+NH ₄	492.31	331.00	26	180.00	46			16.26	+
Butocarboxin	208.10	109.20	15	91.40	39			13.82	+

Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Butoxycarboxin	223.11	106.10	10	86.20	20			2.35	+
Butoxycarboxin+NH ₄	240.11	86.20	18	106.10	25			2.36	+
Butralin	296.14	240.03	14	222.03	22	208.00	28	24.95	+
Butylate	218.20	156.00	11					21.14	+
Cadusafos	270.97	158.90	16	97.00	36			20.21	+
Carbaryl	202.08	145.00	12	127.00	30			8.13	+
Carbendazim	192.10	160.06	20	132.10	33			2.75	+
Carbetamide	237.12	192.05	10	118.10	15			5.83	+
Carbofuran	222.14	165.06	14	123.10	25			6.91	+
Carbofuran-3-hydroxy	238.08	220.08	9	181.08	11			3.64	+
Carboxin	235.95	142.97	17	86.98	24			7.6	+
Carfentrazone-ethyl	412.19	384.00	15	366.20	19			17.94	+
Carpropamid	334.00	139.00	22	196.00	14	103.00	38	18.84	+
Chlorantraniliprole	482.13	450.89	21	283.81	19			11.79	+
Chlorbromuron	292.91	203.88	20	181.95	19	124.94	33	13.73	+
Chlordimeform	197.02	117.20	29	89.00	50			3.15	+
Chlorfenvinphos	358.81	155.20	14	99.10	33			19.16	+
Chlorfluazuron	541.90	385.00	25					26.79	+
Chlorfluazuron	539.70	383.00	20					26.79	+
Chloroxuron	291.11	72.20	20	46.20	19			15.97	+
Chlorpropham	214.00	172.00	12	154.00	19			9.96	+
Chlorpyrifos	350.00	198.00	18	97.00	35			23.81	+
Chlortoluron	213.08	140.00	22	168.00	20			9.18	+
Clethodim	360.19	164.00	20	268.00	14			21.38	+
Clofentezine	303.07	138.00	18	102.00	36			20.42	+
Clothianidin	250.12	169.06	14	132.10	18			3.38	+
Coumaphos	363.02	226.90	25					19.38	+
Coumaphos oxon	347.02	290.92	18	210.92	28	318.93	14	12.72	+
Crotoxyphos	332.07	126.99	23	99.04	27			14.36	+
Dumyluron	303.00	185.00	14	125.00	34	119.00	22	15.44	+
Cyanazine	241.10	214.00	17					6.18	+
Cyazofamid	325.22	108.00	15	261.00	10			17.23	+
Dycloate	216.00	154.00	12	134.00	14	83.00	18	19.81	+
Cyclohexamide	299.18	264.16	14	246.12	19	159.16	30	5.5	+
Cycluron	199.11	89.10	16	72.20	24			10.42	+
Cyflufenamid	413.00	295.00	16	241.00	25	203.00	42	20.34	+
Cyfluthrin	434.10	191.00	17					26.68	+
Cyhalothrin+NH ₄	467.00	225.00	18	450.00	10			26.79	+
Cymoxanil	199.06	128.10	10	111.10	20			4.07	+
Cyphenothrin	393.08	315.89	23	376.00	10			20.84	+
Cyproconazole	292.13	125.00	32					15.58	+
Cyromazine	167.09	85.17	19	68.23	28	81.21	26	1.97	+
Daimuron	269.00	151.00	14	91.00	45	119.00	25	14.55	+
DEF	315.02	169.00	17	259.09	13			26.36	+
Deltamethrin	506.10	281.00	11					26.9	+
Demeton S-methyl	231.01	89.16	10	61.26	32			7.06	+
Demeton-O	259.00	89.10	11	61.21	29			11.72	+
Demeton-S	259.00	89.25	12	61.20	47			11.72	+
Desmedipham+NH ₄	318.16	182.00	15	136.00	28			11.72	+
Desmetyrn	214.11	172.07	18	82.21	30	57.34	33	6.63	+
Di-allate	269.99	86.15	17	109.04	30	143.03	20	20.67	+
Diamidafos (Nellite)	201.10	107.20	28					3.96	+
Diazinon	305.03	169.10	25	153.13	23			18.51	+
Diazinon Oxon	289.00	233.00	20					16.12	+
Dichlorfenthion	314.98	258.82	16					26.36	+
Dichlormid	208.04	81.26	13	98.18	13	41.47	20	6.85	+

Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Dichlorvos	221.00	109.00	18	145.00	14	127.00	10	6.72	+
Dichlorvos+NH ₄	238.00	109.00	24	221.00	18	127.00	24	6.72	+
Diclobutrazol	328.14	159.00	35	70.20	25			16.24	+
Dicrotophos	238.10	193.10	10	112.10	14			3.04	+
Diethofencarb	268.21	226.00	13	180.10	18			12.43	+
Difenacoum	445.13	179.00	30	256.97	21	177.83	59	26.63	+
Difenoconazole	406.17	251.00	25	111.00	55			21.12	+
Difenoxuron	287.09	123.04	22	72.22	26	95.15	30	11.19	+
Dimepiperate	264.12	146.08	11	119.13	17	91.15	35	20.36	+
Dimethametryn	256.13	186.05	22					14.59	+
Dimethenamid	276.00	243.97	14	168.02	23	111.15	33	12.76	+
Dimethoate	230.11	199.10	12	125.10	23			3.68	+
Dimethomorph	388.14	301.00	22	165.00	34			15.25	+
Dimethylvinphos1	331.00	127.04	13	99.06	26			14.47	+
Dimethylvinphos2	331.00	127.04	13	99.06	26			15.55	+
Dimetilan	241.10	72.20	21					4	+
Dimoxystrobin	327.13	205.00	12	116.00	25			17.73	+
Diniconazole	326.17	148.20	27	70.20	35			18.7	+
Dinotefuran	203.02	129.00	10	114.00	15			2.31	+
Dioxacarb	224.08	167.06	10	123.10	18			6.94	+
Dioxathion	473.99	271.09	10	153.04	28			22.8	+
Diphenamid	240.12	134.13	21	167.09	24	165.09	48	11.18	+
Diphenylamine	170.09	114.09	17	100.13	22	69.21	26	7.91	+
Dipropetryn	256.15	214.06	19	144.06	29	172.03	21	14.46	+
Disulfoton	274.94	89.27	5	61.28	34			19.59	+
Ditalimfos	300.10	145.30	22	144.20	21			14.47	+
Dithiopyr	402.10	354.00	20	272.30	32			21.84	+
Diuron	233.11	72.00	20	46.30	35			8.81	+
DNOC	199.14	117.10	28	89.00	53			3.15	+
Dodemorph	282.23	116.16	20	98.22	25	69.29	31	11.66	+
Doramectin	916.40	331.40	35	593.50	25			28.79	+
Edifenphos	310.98	283.00	12	109.11	35			18.62	+
Eamectin	886.70	158.00	33	302.00	20			24.99	+
Eamectin B1b	872.40	158.20	33	302.30	20			24.02	+
Epoxiconazole	330.20	121.00	21	123.00	20			16.84	+
Eprinomectin B1a	936.53	490.22	52	352.13	57			27.15	+
EPTC	190.07	128.20	13	86.20	14			16.67	+
Esprocarb	266.20	91.00	24	71.10	17			22.34	+
Etaconazole	328.19	159.00	32	123.00	58			16.62	+
Ethaboxam	321.00	183.10	24	200.10	28			8.89	+
Ethalfuralin	334.22	166.20	21	165.20	20			14.76	+
Ethidimuron	265.09	208.20	16	114.20	20			3.32	+
Ethiofencarb	226.09	107.00	16					13.16	+
Ethiolate	162.10	132.16	23	147.16	15	117.14	30	22.92	+
Ethion	384.92	142.97	29	97.09	49			23.56	+
Ethion monoxon	368.85	199.20	13	142.90	27			17.7	+
Ethirimol	210.20	140.10	23	98.10	28			4.82	+
Ethofumesate	286.96	258.90	11	120.90	20			12.86	+
Ethoprophos	243.07	97.10	30	131.10	40			15.93	+
Ethoxyquin	218.00	174.00	34	160.00	34			8.81	+
Ethoxyquin	218.00	174.00	34	160.00	34			8.81	+
Etobenzanid	340.13	179.10	20	121.00	33			19.13	+
Etofenprox	394.15	177.07	14	107.11	38	135.03	28	28.5	+
Etoxazole	360.21	177.10	22					19.06	+
Etrimfos	293.10	265.00	17					17.81	+

Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Famoxadone+NH ₄	392.11	331.22	8	238.03	18			20.08	+
Famphur	325.96	217.03	21	280.98	13			10.36	+
Famphur oxon	327.14	201.00	26	265.00	19	186.01	35	4.91	+
Fenamidone	312.20	236.20	16	264.20	12			13.57	+
Fenamiphos	304.03	217.01	24	234.03	8			17.47	+
Fenamiphos sulfone	336.09	279.87	17	199.98	28			16.95	+
Fenarimol	331.12	268.00	23	81.00	34			16.32	+
Fenazaquin	307.20	57.20	23	160.90	18			20.77	+
Fenbuconazole	337.04	125.14	35	70.41	27			17.8	+
Fenhexamid	302.09	97.00	26	55.00	36			15.84	+
Fenitrothion	277.95	245.95	17	125.10	21			12.76	+
Fenoxycarb	302.17	116.00	13	88.00	20			18.07	+
Fenpiclonil	254.07	172.01	17					7	+
Fenpropathrin	350.20	97.00	34	125.00	16			23.82	+
Fenpropathrin+NH ₄	367.20	125.00	18	97.00	34			25.65	+
Fenpropimorph	304.40	147.10	31	130.10	26			13.16	+
Fenpyroximate	422.21	366.00	15	214.00	34			25.9	+
Fensulfothion	309.18	251.00	21	163.00	18			14.17	+
Fenthion	278.95	247.01	13	169.06	20			12.76	+
Fenthion sulfone	328.09	311.04	9	109.12	37			9.11	+
Fenthion sulfoxide	294.90	108.90	32	114.90	27			8.39	+
Fenuron	165.03	72.10	17	46.30	18			3.53	+
Flonicamid	230.12	174.10	18					13.18	+
Florasulam	360.00	129.00	26	192.00	18			4.98	+
Florasulam+NH ₄	377.00	129.00	30					4.98	+
Fluazinam	463.19	416.00	20	398.00	17			23.95	-
Flubendiamide	681.00	253.94	29	273.93	19	271.89	19	19.03	+
Flucarbazon	397.13	129.90	21	115.00	48			5.01	+
Fludioxinil	266.00	229.00	17	227.10	10			14.74	+
Fludioxonil	246.99	179.99	34	169.06	32	126.15	34	14.74	-
Flufenacet	364.23	194.00	12	152.00	20			16.23	+
Flufenoxuron	487.16	304.00	20	156.00	16			25.95	-
Flumetsulam	326.00	109.00	53					3.46	+
Flumioxazin	355.06	170.81	24	212.82	17	142.87	29	20.84	+
Fluometuron	233.08	72.10	18	46.30	17			8.81	+
Fluopicolide	383.01	172.94	23	144.95	47	365.01	17	14.44	+
Fluorochloridone	329.11	302.04	12	188.98	20			17.61	+
Fluoxastrobin	459.20	427.10	18	188.00	37			16.67	+
Fluquinconazole	376.17	349.20	21	307.00	20			15.8	+
Flusiazole	316.18	247.10	19	165.00	34			18.02	+
Flutolanil	324.21	242.00	26	262.00	18			14.84	+
Flutriafol	302.16	70.10	19	123.00	33			10.18	+
Fluvalinate	503.00	181.00	34	208.00	12			28.24	+
Fonophos	246.98	109.10	23	137.10	12			18.44	+
Forchlorfenuron	248.14	129.00	18	93.00	26			10.77	+
Formetanate	222.10	165.00	30					10.01	+
Fosthiazate	284.00	228.00	12	104.00	23			8.77	+
Fuberidazole	185.05	157.05	23	156.03	29	130.18	23	3.41	+
Furalaxyl	302.11	242.10	17	95.00	35			13.23	+
Furathiocarb	383.19	195.00	20	252.00	14			22.38	+
Griseofulvin	353.10	215.00	19	285.06	18	165.03	19	10.97	+
Halofenozide	329.10	121.14	22	77.33	37	155.15	29	13.57	+

Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Haloxyfop-methyl	376.03	315.96	17	287.98	25	91.13	31	20.84	+
Hexaconazole	314.14	70.20	20	159.00	20			19.39	+
Hexaflumuron	458.92	439.00	12	175.00	39			22.79	-
Hexazinone	253.09	171.05	17	85.19	29	71.27	30	7	+
Hexythiazax	353.24	228.20	18	168.10	25			24.03	+
Hydramethylnon	495.27	323.00	35	150.90	55			23.22	+
Imazalil	297.18	159.00	24	201.00	18			10.18	+
Imazamox	306.09	261.10	23	193.10	27			4.05	+
Imazapyr	262.06	216.98	19	201.97	27			9.64	+
Imazaquin	312.00	267.00	22	199.00	30	252.00	27	7.29	+
Imibenconazole	411.00	125.00	36	171.00	21			23.76	+
Imidacloprid	256.12	209.10	18	175.10	20			3.29	+
Inabenfide	339.26	80.20	38	78.90	55			13.09	+
Indanofan	341.00	187.00	14	175.00	17			16.23	+
Indoxacarb	528.30	203.00	40	293.00	15			21.9	+
Iproconazole	334.13	70.20	22	125.00	42			21.54	+
Iprobenfos	289.02	204.96	11	91.23	24			17.82	+
Iprovalicarb	321.16	119.00	20	203.00	10			15.55	+
Isocarbamid	186.08	145.05	22					21.54	+
Isocarbophos	307.12	230.93	17	171.12	22			10.71	+
Isofenfos	346.04	216.94	23	244.99	12			19.79	+
Isofenfos O-analog	330.15	121.10	43					16.84	+
Isoprocab	194.09	95.00	16	137.00	11			9.5	+
Isopropalin	310.15	225.94	20	222.07	20	210.01	19	26.19	+
Isoprothiolane	291.00	189.00	22	231.00	12			14.5	+
Isoproturon	207.10	72.00	19	165.15	14			10.09	+
Isoxaben	333.13	165.00	20	107.00	61			14.76	+
Isoxaflutole	360.25	220.00	42					19.04	+
Isoxathion	314.00	286.00	10	105.00	18	258.00	12	20.09	+
Isozophos	314.03	162.01	16	97.03	34	120.02	28	15.81	+
Ivermectin B1a +NH ₄	892.50	307.00	28	569.00	17			29.92	+
Kresoxim-methyl	314.07	267.14	8	222.13	15			17.77	+
Lactofen+NH ₄	479.00	344.00	15	223.00	36			23.62	+
Linuron	249.10	182.00	18	160.00	17			12.87	+
Loxynil	369.86	242.95	28		28			11.26	-
Lufenuron	509.21	326.00	18	175.00	37			24.97	-
Malathion	330.97	126.99	13	99.02	25	124.98	32	14.48	+
Mandipropamid	412.10	327.90	15	355.90	11			15.16	+
Matoxuron	229.02	72.22	25	156.03	24			5.25	+
Mefenacet	299.17	148.00	14	120.10	31			15.4	+
Mefluidide	328.09	311.04	14	135.12	30	121.10	41	7.58	+
Mepanipyrim	224.14	106.00	27	77.00	40			15.48	+
Mephospholan	270.03	139.98	25	196.02	14	167.96	17	6.7	+
Mepronil	270.15	228.00	16	119.00	21			14.37	+
Mesotrione	340.16	227.95	16					4.72	+
Metaflumizone	505.15	302.04	22	285.10	52	117.15	34	24.67	-
Metalaxyl	280.11	220.10	16	192.10	16			10.36	+
Metazachlor	278.02	134.07	24	105.11	41			9.96	+
Metconazole	320.20	70.10	22	124.90	41			19.62	+
Methabenziazuron	222.13	165.00	17					6.91	+
Methacrifos	258.05	209.01	12	125.04	25	79.21	32	11.44	+
Methamidophos	142.00	94.00	20	125.00	10			1.95	+

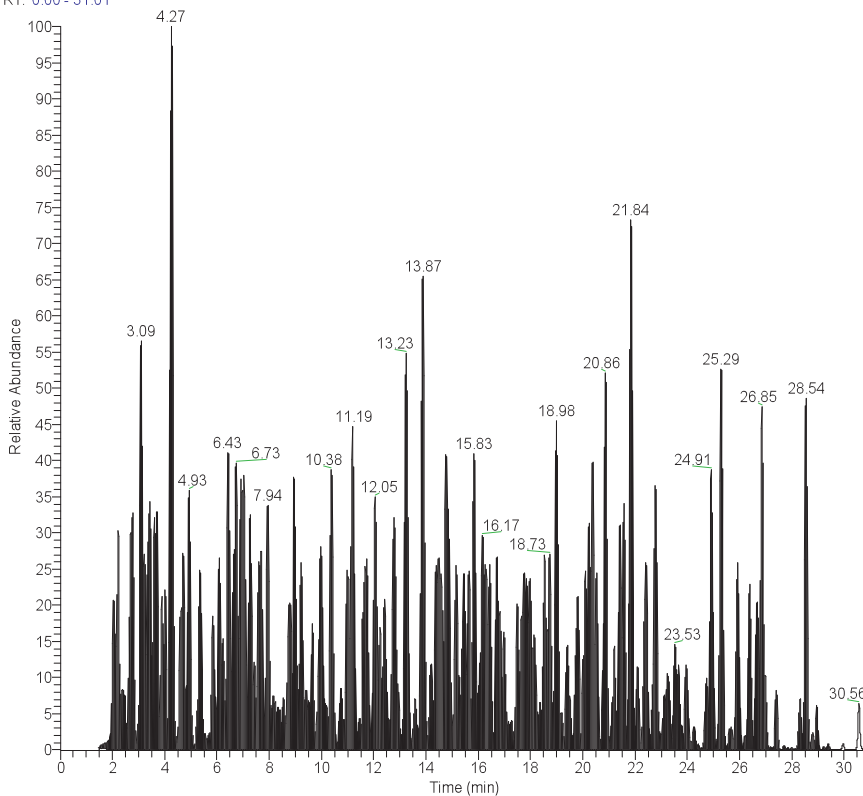
Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Methidathion	302.90	85.20	23	144.92	5			10.92	+
Methiocarb	226.09	169.00	10					8.28	+
Methomyl	163.05	106.10	10	88.10	10			2.63	+
Methoprotrotyne	272.20	240.00	10	198.00	15			9.55	+
Metobromuron	259.10	170.00	20	148.00	25			9.34	+
Metolachlor	284.14	252.10	17	148.20	24			16.14	+
Metominostrobin	285.08	193.96	17	166.02	28	139.95	41	11.15	+
Metosulam	418.00	174.88	27	139.96	45	189.68	24	8.21	+
Metrafenone	409.03	209.10	16	227.10	20			20.13	+
Metribuzin	215.09	187.07	17	130.97	17			6.23	+
Mevinphos1	225.09	127.10	15	192.80	8			3.63	+
Mevinphos2	225.09	127.10	15	192.80	8			4.57	+
Mexacarbate	223.15	151.00	26	166.00	16			3.07	+
Milbemycin A3	511.40	493.20	10	475.20	10			26.77	+
Milbemycin A4+NH ₄	560.40	525.20	10	507.20	12			27.95	+
Milbemycin A4-H ₂ O	525.40	507.20	10	489.20	10			27.96	+
Molinate	188.06	126.20	16	83.10	20			13.75	+
Monocrotophos	224.08	127.05	28	193.10	19			2.83	+
Monolinuron	215.08	126.00	17	99.00	36			8.31	+
Moxidectin	640.20	528.50	15	498.50	20			29.19	+
Myclobutanil	289.13	125.00	31	70.20	19			15.58	+
Naled	396.12	324.13	20	308.15	22			16.22	+
Naphthol	145.11	115.10	18	102.12	22			18.1	+
Napropamide	272.14	171.07	20	129.15	16	114.17	22	16.4	+
Naptalam sodium	331.14	105.16	18	139.04	19			13.57	+
Neburon	275.10	57.20	35	88.00	30			17.82	+
Nitenpyram	271.22	225.00	12	237.00	20			2.53	+
Nitralin	346.12	303.98	15	241.87	17	196.00	36	17.44	+
Nitrothal-isopropyl	313.03	148.95	15	91.14	41			15.23	+
Norflurazon	304.07	284.00	25	88.00	39			11.01	+
Novaluron	493.26	158.00	18	141.00	42			23.17	+
Novaluron	491.23	471.00	15	305.00	19			23.18	-
Noviflumuron	527.00	344.00	15	193.00	35			25.7	+
Nuarimol	315.11	251.90	26	81.00	36			13.33	+
Octhilinone	214.14	102.12	16	57.36	17			16.78	+
Ofurace	299.09	254.05	17	236.04	21	160.09	28	7.25	+
Omethoate	214.07	183.00	13	155.00	18			2.23	+
Orbencarb	258.06	125.05	28	100.15	13	89.13	43	19.38	+
Oryzalin	345.00	281.00	19	147.00	30	78.00	38	16.82	-
Oxadiazon	362.06	302.93	18	219.69	25	184.89	35	23.09	+
Oxadixyl	279.00	219.00	15	132.00	25			5.92	+
Oxamyl+NH ₄	237.10	72.08	15	90.09	10			2.44	+
Paclobutrazole	294.10	70.00	20	125.00	35			14.26	+
Parathion	292.00	236.00	15	97.00	30			17.68	+
Parathion-methyl	263.94	232.07	18	109.13	20	124.90	25	12.11	+
Penconazole	284.12	159.00	35	70.10	17			18.43	+
Pencycuron	329.00	125.00	30	218.00	16			20.49	+
Pendimethalin	282.09	212.00	11	194.11	18	119.07	25	24.1	+
Penoxsulam	484.06	195.20	29	194.70	36			9.33	+
Permethrin+NH ₄	408.00	183.00	22	355.00	10			28.45	+
Phenmediphame	301.17	136.00	22	168.00	10			12.23	+
Phenothrin	368.20	183.00	24	237.04	12	165.03	42	28.24	+

Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Phenthoate	320.93	247.02	11	79.26	46			18.01	+
Phorate	260.97	75.08	14	142.94	19			19.08	+
Phorate oxon sulfone	276.98	142.92	22	97.00	36	152.97	16	9.2	+
Phorate sulfone	276.05	94.15	35	173.97	21			9.85	+
Phosalone	368.00	182.00	17					20	+
Phosmet	317.91	160.05	15	133.15	39			12.18	+
Phosphamiden	317.08	300.01	10	127.04	25	226.93	19	6.07	+
Phoxim	299.00	129.00	10	77.00	20			19.81	+
Phropham	180.00	138.00	10	120.00	15	92.00	26	9.11	+
Picloram	241.00	195.00	24					2.67	+
Picoxystrobin	368.20	145.00	23	205.10	11			18.1	+
Pinoxaden	401.19	317.00	23	57.10	34			20.09	+
Piperonyl butoxide	356.19	177.00	13	119.00	33			22.74	+
Piperophos	354.09	170.85	22	212.83	16	142.90	32	20.84	+
Pirimicarb	239.09	182.00	16	72.00	21			4.59	+
Pirimiphos ethyl	334.07	198.11	24	182.14	26			21.8	+
Pirimiphos-methyl	306.01	164.12	24	108.18	34			18.17	+
Pretilachlor	312.20	252.00	17					22.53	+
Prochloraz	376.21	308.00	14	266.00	18			18.99	+
Profenophos	372.90	302.80	19	143.86	36	127.97	40	22.05	+
Prohexadione	211.07	167.19	17	123.24	17	111.18	23	4.83	+
Promecarb	208.09	151.00	10	109.00	17			13.82	+
Prometon	226.21	184.00	21	141.90	24			7.65	+
Prometryn	242.21	157.90	24	199.90	20			11.65	+
Propachlor	212.06	169.99	15	94.13	25	77.18	41	9.95	+
Propamocarb	189.05	102.10	19	144.05	14			2.32	+
Propanil	215.99	160.02	21					12.9	+
Propargite	368.18	231.00	11	174.90	18			24.9	+
Propazine	230.00	124.00	17					15.09	+
Propetamphos	282.04	138.08	18	156.00	10			15.22	+
Propiconazole	342.20	159.00	29	69.20	21			18.91	+
Propoxur	210.07	111.10	16	168.06	10			6.62	+
Prothioconazole	341.98	306.00	16	100.00	30			19.09	+
Prothoate	286.04	97.02	35					10.73	+
Pymetrozine	218.00	105.00	25	79.00	30			2.18	+
Pyracarbolid	218.20	124.90	21	96.90	31			7.03	+
Pyraclufos	361.10	257.00	23					20	+
Pyraclostrobin	388.22	194.00	14	163.00	26			20.01	+
Pyraflufen-ethyl	413.10	339.00	19					19.46	+
Pyrasulfotole	361.06	159.08	46	64.35	61	79.25	18	24.99	+
Pyrazophos	374.04	222.10	22	194.04	36			19.73	+
Pyridaben	365.20	309.10	13	147.00	23			26.81	+
Pyridalyl	489.95	109.00	29	163.90	38			30.53	+
Pyridaphenthion	340.94	189.09	23	205.04	22			15.62	+
Pyridate	379.20	207.00	19					28.28	+
Pyrifenox	294.97	93.12	26	92.07	52	67.19	50	12.88	+
Pyrimethanil	200.07	107.00	26	82.00	30			9.74	+
Pyriproxyfen	322.22	96.00	16	185.30	27			23.49	+
Pyroquilon	174.10	132.13	23	117.15	31	130.13	38	6.77	+
Pyrosulam	434.95	195.20	28	194.10	39			7.42	+
Quinalphos	299.05	163.01	23	147.06	24	38.00		17.63	+
Quinoxifen	307.88	196.80	33	161.90	47			23.92	+

Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Resmethrin	356.16	171.01	15	143.01	26	128.03	43	27.36	+
Rotenone	395.30	213.20	23	192.10	26			17.69	+
Salflufenacil	518.19	348.94	30	459.00	16			12.36	+
Schradan	287.12	242.02	14	135.08	26	92.15	40	4.25	+
Secbumeton	226.21	169.90	19	99.90	33			7.91	+
Sethoxydim	328.00	178.00	20					7.58	+
Siduron	233.12	137.00	20	94.00	38			12.55	+
Simazine	202.10	132.00	20	104.00	27			6.7	+
Simetryne	214.10	124.00	20	96.00	26			6.56	+
Spinetoram1	748.32	141.92	30	98.03	37			22.65	+
Spinetoram2	760.2	141.88	31					24.11	+
Spinosyn A	732.50	142.00	35	98.00	47			21.19	+
Spinosyn D	746.50	142.00	34	98.00	47			22.6	+
Spirodiclofen	411.00	313.10	15	213.10	25			25.6	+
Spiromefesin	371.30	273.30	15	255.30	25			24.73	+
Spirotetramat	374.20	330.20	17	302.20	19			16.21	+
Spiroxamine	298.22	144.00	21	100.00	35			14.74	+
Sulfentrazone	404.00	387.00	10	307.00	15			7.9	+
Sulfotep-ethyl	323.19	219.00	16	247.10	15			24.39	+
Sulfuramid	525.99	219.02	26	168.94	27	269.07	23	25.97	-
Sulprofos	322.93	218.95	17	246.95	12			24.39	+
Tebuconazole	308.22	70.20	21	125.00	34			18.57	+
Tebufenozide	353.12	133.00	19	297.00	10			17.95	+
Tebufenpyrad	334.21	145.20	28	117.00	36			22.77	+
Tebupirimfos	319.10	210.20	22					14.7	+
Tebuthiuron	229.16	172.06	18	116.10	28			7.29	+
Teflubenzuron	379.16	339.00	13	196.00	22			23.82	-
Tefluthrin	419.03	174.85	27	140.72	47			8.21	+
Temephos	466.95	419.13	20	405.08	14			24.23	+
Tepraloxymid	340.00	220.00	34	248.00	18			8.38	-
Terbufos	288.97	103.10	12	57.50	21			22.23	+
Terbufos sulfone	338.08	171.00	16	115.01	31	97.06	42	12.39	+
Terbumeton	226.22	169.90	20	113.90	25			7.66	+
Terbutryn	242.22	185.90	20	91.00	28			12.03	+
Tetrachlorvinphos-a	365.00	204.00	40	127.00	16			17.79	+
Tetrachlorvinphos-a+NH ₄	382.00	127.00	20					17.79	+
Tetrachlorvinphos-b	366.87	127.03	16	205.96	37	240.74	23	17.79	+
Tetrachlorvinphos-b+NH ₄	383.88	126.95	19	205.81	49	240.88	24	17.79	+
Tetraconazole	372.19	159.00	39	70.00	24			17.13	+
Tetramethrin	332.10	127.04	28	174.03	19	226.92	18	14.29	+
Thiabendazole	202.04	175.05	28	131.05	35			3.2	+
Thiacloprid	253.13	126.10	22	90.20	37			4.68	+
Thiamethoxam	292.15	211.10	14	132.05	24			2.76	+
Thiazopyr	397.05	377.04	22	335.00	26			18.67	+
Thidiazuron	221.13	102.10	16	94.20	14			7.13	+
Thiobencarb	258.07	125.00	18	100.20	15			19.38	+
Thiofanox+NH ₄	236.09	57.20	16	76.10	12			8.52	+
Thiometon+Na	268.88	89.10	25	61.10	36			14.52	+
Thiophanate-methyl	343.21	151.06	24	311.20	12			6.78	+
Tolclofos-methyl	301.00	175.00	22					6.16	+
Tolfenpyrad	384.08	196.95	29	181.69	30			23.59	+
Tralkoxydim	330.00	284.00	13	138.00	22			16.13	+

Compound	Precursor Ion	Quantitation Ion	CE	Confirming Ion 1	CE	Confirming Ion 2	CE	RT (min)	Polarity
Tralomethrin+NH ₄	682.80	440.60	18	665.80	10	412.60	22	27.59	+
Triadimefon	294.17	197.10	16	225.10	16			14.86	+
Triadimenol	296.10	70.00	15					14.26	+
Triazophos	313.99	162.10	21	119.17	36			15.82	+
Trichlamide	340.00	121.00	22					19.14	+
Trichlorfon	256.90	127.00	19	109.10	19			4.57	+
Tricyclazole	190.07	163.06	24	136.10	30			5.33	+
Tridemorph	298.00	130.00	28	98.00	32			19.42	+
Trifloxystrobin	409.30	186.00	21	206.10	16			21.54	+
Triflumizole	346.16	278.10	12	73.00	18			21.4	+
Triflumuron	359.10	156.20	17	139.00	31			20.24	+
Triforine-a	434.90	390.00	12					12.45	+
Triforine-b	432.90	388.00	12					12.46	+
Triforine-c	436.90	392.00	12					12.45	+
Trinexapac-ethyl	253.11	207.02	11	69.27	20	165.02	17	10.28	+
Triconazole	318.12	70.00	25	125.00	30			16.16	+
Uniconazole	292.13	70.20	25	125.00	32			17.32	+
Vamidothion	288.07	146.05	14	118.10	27			3.6	+
Vernolate	204.15	128.21	11	86.22	13	43.47	19	19.47	+
Warfarin	307.03	160.94	20					26.95	+
Zoxamide	336.22	187.00	23	159.00	38			18.7	+

RT: 0.00 - 31.01



สรุปผลการวิเคราะห์

การพัฒนาวิธีตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 437 ชนิดในเวลา 45 นาทีในการฉีดเพียงครั้งเดียวได้ผลเป็นที่น่าพึงพอใจอย่างยิ่ง และด้วยประสิทธิภาพของโปรแกรมTraceFinder ทำให้การระบุพืชของสารทำได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น โดยค่า LODs ที่ได้ มีค่าดีกว่าข้อกำหนด MRLs จึงทำให้เครื่อง LC-MS/MS เป็นมาตรฐานของการวิเคราะห์ที่จะตอบโจทย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคตอันใกล้ที่จะมาถึง

ติดตามแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้ที่ <https://www.scispec.co.th>



บริษัท ชายนี สเปค จำกัด
 10 กาญจนภิเษก ซอย 0010 แยกสอง
 เขตบางแค กทม. 10160
 โทร 02-454-8533



/scispec



@scispec

ThermoFisher
 SCIENTIFIC