



การวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี – แมสสเปกโทรเมทรี
 Analysis of Pesticide Residue Using GC-MS/MS

ผู้เขียน:

นิรมล จิตต์สมหมาย
 วิชณี สอนสา
 รติมาศ บุญล้อม
 GC Product Specialist

คำสำคัญ:

Pesticide, GC-MS/MS

วัตถุประสงค์:

การวิเคราะห์ปริมาณ
 สารเคมีปราบศัตรูพืชใน
 ตัวอย่างผักผลไม้ด้วยเครื่อง
 GC-MS/MS

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรทั่วโลกอย่างแพร่หลาย ซึ่งสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้สามารถตกค้างบนผลผลิตทางการเกษตรและส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคได้ 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 จำเป็นต้องมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์ 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	El, 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	CE
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
Isoprocarb	7.18	91.1	65.0	14	Trifluralin	8.81	306.1	206.0	10
Isoprocarb	7.18	121.1	77.0	18	Trifluralin	8.81	306.1	264.1	8
Isoprocarb	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	Etrimfos	11.21	153.1	56.0	16
BHC, gamma	10.17	180.9	145.0	14	Etrimfos	11.21	153.1	98.0	10
BHC, gamma	10.17	218.7	183.0	8	Etrimfos	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	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	Fenthion	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
Fenchlorfos	12.42	124.9	79.0	6	Aldrin	13.21	262.8	191.0	30
Fenchlorfos	12.42	284.9	239.9	25	Aldrin	13.21	262.8	193.0	30
Fenchlorfos	12.42	284.9	269.9	15	Aldrin	13.21	262.8	227.9	20
Fenchlorfos	12.42	286.9	241.9	25	Aldrin	13.21	264.8	192.9	30
Fenchlorfos	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 p, p	15.03	246.0	176.1	28
Quinalphos	14.09	157.1	129.0	14	DDE p, p	15.03	317.8	246.0	20
Folpet	14.25	104.0	76.0	10	DDE p, p	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	15.69	230.9	174.9	12	Bifenazate	17.15	258.0	196.1	12
Endosulfan peak 2	15.71	158.9	123.0	12	Bifenazate	17.15	152.1	102.1	15
Endosulfan peak 2	15.71	194.7	159.0	8	Bifenazate	17.15	258.0	199.1	12
Endosulfan peak 2	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
DDD p,p	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
Triazophos	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
Endosulfan sulfate	16.29	271.7	236.8	12	Tebufenpyrad	17.33	318.1	145.1	14
DDT p,p	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

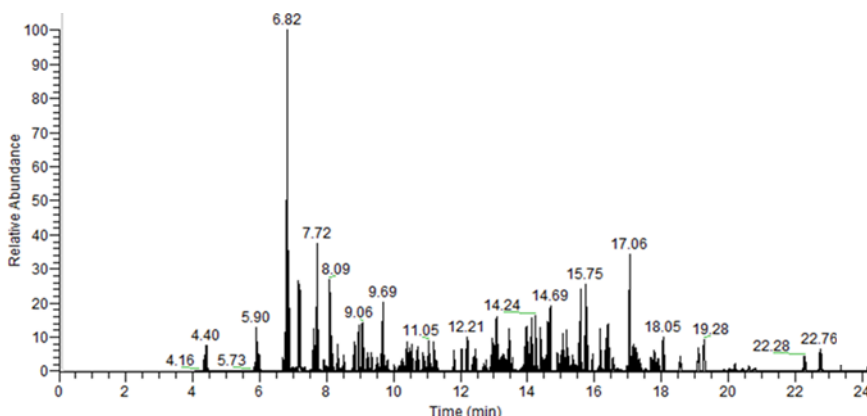
ตารางที่ 1 การตั้งค่าสำหรับการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

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 สามารถวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ใน การวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว 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 แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าชนิดของตัวอย่างจะมีผลต่อขีดความสามารถในการวิเคราะห์แต่ก็ยังคงครอบคลุมข้อกำหนดในการตรวจวิเคราะห์ 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
Fenclorvos	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
Oxychlorane	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	
	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	LOD	R ²	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



บริษัทชายน์ สเปค จำกัด
 เลขที่ 10 ถนนกาญจนาภิเษก ซอย 0010 แยกสอง เขตบางแค กรุงเทพฯ 10150
 (66) 2 454-8533
 www.scispec.co.th

