

แบบรายงานเรื่องเต็มผลการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2558

1. ชื่อชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. ชื่อโครงการวิจัยที่ 6 : การพัฒนาการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรให้ถูกต้องแม่นยำตามมาตรฐานสากล

กิจกรรมที่ 2 : การพัฒนาสมรรถนะการให้บริการของห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

3. ชื่อการทดลอง : การจัดทำตัวอย่างอ้างอิงภายในสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphorus , pyrethroid และ carbamate ในผัก และการทดสอบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการ

ชื่อการทดลอง : Sample Preparation of Organophosphorus Pyrethroid and Carbamate in Vegetables for QC Sample and Proficiency Test

4. คณะผู้ดำเนินการ

หัวหน้าโครงการ นางสาวพนิดา ไชยยันต์บุรณ์ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

หัวหน้าการทดลอง นางสาวพนิดา ไชยยันต์บุรณ์ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผู้ร่วมงาน- นางสาวจินตนา ภู่มงกุฏชัย กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นายบุญทวีศักดิ์ บุญทวี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

การทดสอบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการ โปรแกรมการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผัก-ผลไม้ : DOA-PRL-01-15 โดยห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยวัตถุเคมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการในช่วง สิงหาคม - กันยายน 2558 ตัวอย่างทดสอบประกอบด้วย พริก sample blank รหัส BL-CH และ fortified sample รหัส S1 สารพิษตกค้างในขอบข่ายประกอบด้วยสาร 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มคาร์บาเมท รวมทั้งสิ้น 40 ชนิด แจ้งขอเชิญห้องปฏิบัติการเข้าร่วมการทดสอบรวม 24 ห้องปฏิบัติการ มีห้องปฏิบัติการตอบรับเข้าร่วมการทดสอบ จำนวน 21 ห้องปฏิบัติการ

เตรียมตัวอย่าง fortified sample โดยการเติมสาร β -endosulfan, cyfluthrin, dimethoate , pirimiphos-ethyl และ promecarb ที่ความเข้มข้น 0.10 , 0.3, 0.20, 0.12 และ 0.10 mg/kg ตามลำดับ ทำการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน ของตัวอย่าง โดยใช้สถิติ โดยใช้สถิติ ISO 13528 (2005) และ IUPAC (2006) ผลการประเมินพบว่าตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกัน การทดสอบความคงตัวของสารตกค้างในตัวอย่าง โดยศึกษาที่ อุณหภูมิห้อง (25 ± 5 °C) และตู้เย็น ที่ 3, 5 และ 7 วัน นับจากวันส่งตัวอย่าง และที่อุณหภูมิ freezer (ไม่น้อยกว่า 18 -°C) ที่ 30 วัน (วันรายงานผล) นับจากวันส่งตัวอย่าง พบว่าสารตกค้างมีความคงตัวในระยะเวลาที่ศึกษา

ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ ได้รายงานผลการทดสอบตามวันเวลาที่กำหนดรวมทั้งสิ้น 21 ห้องปฏิบัติการ และมี 2 ห้องปฏิบัติการรายงานผล 2 รายงานตามเทคนิควิธีการตรวจวิเคราะห์ ผลการทดสอบที่คาดหวังรวมทั้งสิ้น 115 ข้อมูล มีการรายงานผลทั้งสิ้น 81 ข้อมูลคิดเป็น 70 % ของผลการทดสอบที่คาดหวัง สารที่มีการรายงานผลมากที่สุด ได้แก่ dimethoate สารที่มีการรายงานผลน้อยที่สุด ได้แก่ promecarb สารที่รายงานเป็น false negative ได้แก่ β -endosulfan และ pirimiphos-ethyl ประเมินผลการเข้าร่วมทดสอบโดย ISO 13528 ผลการประเมินค่า z-Score พบว่าผลการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ใน เกณฑ์น่าพอใจถึง 72 % โดยมีค่า $|z\text{-Score}| \leq 2$ ผลทดสอบอยู่ในเกณฑ์ น่าสงสัย 7 % โดยมีค่า $2 < |z\text{-Score}| < 3$ และผลทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจ 9.3 % โดยมีค่า $|z\text{-Score}| \geq 3$ ซึ่งห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบใช้วิธีวิเคราะห์ที่ยอมรับได้ คือวิธี Steinwandter H. (1985) และ วิธี QuEChERS ส่วนเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์เป็นเครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำและยอมรับได้ ได้แก่ GC, GC-MS, GC-MS/MS, HPLC, LC-MS และ LC-MS/MS.

Abstract

Inter laboratory comparison program for pesticide residues analysis in vegetables - fruits: DOA-PRL-01-15 program was conducted by pesticide residue research group, agricultural production science research and development division, department of agriculture, during August - September 2015. The scope of testing program were consist of 40 pesticide residues, which covered to organochlorine, organophosphorus, pyrethroid and carbamate groups. Twenty-one laboratories were participated in this program. The test sample in this program was chilli sample: blank sample and pesticide fortified sample. Fortified sample were contained with β -endosulfan, cyfluthrin, dimethoate, pirimiphos-ethyl and promecarb in concentration of 0.10, 0.3, 0.20, 0.12 and 0.10 mg/kg, respectively. The sample was rechecked and considered homogeneous according to ISO 13528 (2005) and IUPAC (2006). Stability of fortified sample was studied at room temperature and refrigerator at 3, 5 and 7 days (from sample shipment date) and in the freezer at 30 days (reported date). The fortified residues in sample were considered stable for the studied period.

Twenty-one participant laboratories have reported test results in time for due date. Two laboratories reported 2 test results by different method of analysis. The expected test results were in total of 115 data. Eighty one data (70%) were reported by participant laboratories. Dimethoate was shown the mostly found results (83.3%) and promecarb was the minimal found results (37.5%). β -endosulfan and pirimiphos-ethyl were shown false negative results. The assigned values and the standard deviation for laboratory comparison evaluation was calculated, according to ISO 13528(2005). The z-Score of test results were considered following : 72% satisfactory ($|z\text{-Score}| \leq 2$),

7 % questionable ($2 < |z\text{-Score}| < 3$) and 9 % not satisfactory ($|z\text{-Score}| \geq 3$). Method and instruments for pesticide residues analysis, participant laboratories mostly used were Steinwandter H. (1985) and the QuEChERS method and GC, GC-MS, GC-MS/MS, HPLC, LC-MS and LC-MS/MS instruments.

6. คำนำ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการจัดโปรแกรมการทดสอบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการ ในการตรวจวิเคราะห์ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสฟอรัส ไพรีทรอยด์ และคาร์บาเมท ในผัก-ผลไม้ ข้อมูลที่ได้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ สามารถใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของการตรวจวิเคราะห์ ทั้งเป็นการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการ เมื่อเทียบกับห้องปฏิบัติการอื่นๆ และห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร จะนำข้อมูลเกี่ยวกับสภาพตัวอย่าง ไปใช้ในการปรับปรุง รูปแบบและ วิธีการจัดส่งตัวอย่าง ให้เหมาะสมต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

7.1 อุปกรณ์

7.1.1 วัตถุมีพิษมาตรฐาน 40 ชนิด ความบริสุทธิ์ 93.5-99.9 %

7.1.2 สารเคมี ได้แก่ acetone, dichloromethane, ethyl acetate, acetonitrile, sodium sulfate, sodium chloride, sodium acetate, anhydrous magnesium sulfate, primary secondary amine (PSA) และ graphite carbon black (GCB)

7.1.3 เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง และ 5 ตำแหน่ง, Food Processor, rotary evaporator, homogenizer และ centrifuge

7.1.4 เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ขวดแก้วปากกว้างมีฝาปิด, กระจบอขวด, บีกเกอร์, volumetric pipette, test tube, volumetric flask, กรวยแก้ว และ centrifuge tubes ขนาด 15 และ 50 ml

7.1.5 เครื่องตรวจวิเคราะห์วัตถุมีพิษเครื่อง GC/ECD/FPD และ LC/MS/MS

7.1.6 ตัวอย่างพริก

7.2 วิธีดำเนินการ

การทดสอบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการ โปรแกรมการทดสอบสารพิษตกค้างทางการเกษตรในผัก-ผลไม้ : DOA-PRL-01-15 โดยห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร การดำเนินการดังนี้

7.2.1 ระยะเวลาของโปรแกรมการทดสอบ

- 1) แจ้งขอเชิญเข้าร่วมการทดสอบในวันที่ 27 สิงหาคม 2558 รวม 24 ห้องปฏิบัติการ
- 2) กำหนดการตอบรับเข้าร่วมการทดสอบ ภายในวันที่ 4 กันยายน 2558 มีห้องปฏิบัติการตอบรับเข้าร่วมการทดสอบ จำนวน 21 ห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร ได้จัดส่งตัวอย่างให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมการทดสอบ ตัวอย่างละ 80 g จำนวน 2 ตัวอย่าง โดยจัดส่งทางไปรษณีย์

3) กำหนดการรายงานผลการทดสอบ ส่งผลภายใน วันที่ 30 กันยายน 2558 ประกอบด้วย ข้อมูลสภาพตัวอย่าง รายงานผลการทดสอบ วิธีทดสอบและเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ที่ใช้ มีห้องปฏิบัติการส่งผลการทดสอบรวมทั้งสิ้น 21 ห้องปฏิบัติการ

4) ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยวัฏภูมิพิษการเกษตร ประเมินผล จัดทำและจัดส่งรายงานฉบับสมบูรณ์ ใน เดือน กุมภาพันธ์ 2559

7.2.2 รายชื่อวัฏภูมิพิษ

รายชื่อวัฏภูมิพิษ ที่ระบุในการทดสอบทดสอบความสามารถของห้องปฏิบัติการ รวมทั้งสิ้น 40 ชนิด มีรายละเอียดดังนี้

- 1) สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 3 ชนิด ได้แก่ α -endosulfan, β -endosulfan และ endosulfan sulfate
- 2) สารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 23 ชนิด ได้แก่ azinphos ethyl, chlorpyrifos, DDVP, diazinon, dicrotophos, dimethoate, ethion, EPN, fenitrothion, malathion, methamidophos, methidathion, methyl parathion, mevinphos, monocrotophos, omethoate, parathion, phosalone, pirimiphos ethyl, primiphos methyl, profenofos, prothiophos และ triazophos
- 3) สารกลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด ได้แก่ bifenthrin, cyfluthrin, cypermethrin, fenvalerate, deltamethrin, lambda – cyhalothrin และ Permethrin
- 4) สารกลุ่มคาร์บาเมท 7 ชนิด ได้แก่ aldicarb, carbaryl, carbofuran, fenobucarb, isoprocarb, methiocarb และ methomyl

7.2.3 การจัดการตัวอย่าง

1) การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

1.1) วิธีวิเคราะห์ ใช้วิธีตรวจวิเคราะห์ QuEChERS method ในการทดสอบสารพิษตกค้างใน ตัวอย่างก่อนนำมาเตรียมตัวอย่างเพื่อส่งให้กับห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ การทดสอบ homogeneity และ การทดสอบ stability โดยใช้วิธี QuEChERS method (EN 15662, 2008)

1.1.1) ตัวอย่างพริก 10 g ใส่ centrifuge tubes ขนาด 50 ml เติม acetonitile 10 ml เขย่าด้วยมือ เติม magnesium sulfate 5 g, NaCl 1 g, Disodium hydrogencitrate sesquihydrate 0.5 g และ Trisodium citrate dihydrate 1 g ปิดฝา เขย่าด้วยมือ และเขย่าด้วย vortex mixer ระดับความเร็วรอบสูงสุดนาน 1 นาที นำไป centrifuge ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที นำสารละลายตัวอย่าง 5 ml ใส่ใน centrifuge tube ขนาด 15 ml

1.1.2) เติม Magnesium sulfate 750 mg, GCB 50 mg และ PSA 125 mg ปิดฝาแล้ว เขย่าด้วย vortex mixer นาน 30 วินาที นำไป centrifuge ด้วย ที่ระดับความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที ดูดสารละลาย ใส่ใน GC-vial นำสารละลาย 1 ml ไปลดปริมาตรเพื่อเปลี่ยน ตัวทำละลายในการ ตรวจวิเคราะห์ ด้วย เครื่อง GC-ECD สำหรับ FPD ส่วนที่เหลือนำไปตรวจวิเคราะห์ ด้วยเครื่อง LC/MS/MS

1.2) เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ ตรวจวิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และไพรีทรอยด์ ด้วยเครื่อง GC-ECD สารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ด้วยเครื่อง GC-FPD และสารกลุ่มคาร์บาเมตด้วยเครื่อง LC-MS/MS

1.2.1) GC-ECD/FPD : Agilent รุ่น Agilent-6890 สำหรับ ECD ใช้ capillary column ชนิด ultra-1 เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.25 mm ความยาว 30 m ความหนาของฟิล์ม liquid phase ที่ใช้เคลือบใน column 0.25 μm และสำหรับ FPD ใช้ capillary column ชนิด DB-1701P เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.32 mm ความยาว 30 m ความหนาของฟิล์ม liquid phase ที่ใช้เคลือบใน column 0.25 μm carrier gas ใช้ mode : constant flow

1.2.2) LC/MS//MS : Agilent: 1200 HPLC และ Agilent 6410 Triple Quadrupole LC/MS/MS รายละเอียดในส่วนของ HPLC มีดังนี้ ใช้ column : Kinetex™ 2.6 μm XB-C18 100 Å, LC Column 100 x 2.1 mm , mobile phase : 5 mM ammonium formate in water และ acetonitrile, flow rate 0.4 ml/min, injection volume 2 μl รายละเอียดในส่วนของ MS มีดังนี้ ใช้ ESI, Positive mode, gas temperature 350 OC, gas flow 12 L/min , nebulizer 40 psi และ capillary 4000 V และ ใช้ MRM

1.3) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน เตรียม mixed working standard solution ชนิด ในสารละลายที่สกัดจาก Blank Sample ตามวิธีการสกัด เพื่อทำ calibration curve รวม 3 ระดับความเข้มข้นครอบคลุมช่วงของการวิเคราะห์

2) การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างพริก ที่ตรวจวิเคราะห์ไม่พบสารพิษตกค้างในรายชื่อสารที่ทดสอบ (ข้อ 2) โดยตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ด้วยวิธีการตามข้อ 3.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ดังตารางที่ 1 เตรียมตัวอย่างพริกโดยนำก้านพริกออก ชั่งน้ำหนักให้ได้ ประมาณ 15 kg ปั่นตัวอย่างกับ dry ice ให้ละเอียด เก็บไว้ในตู้แช่อุณหภูมิต่ำ ประมาณ -20°C เป็นเวลามากกว่า 12 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาปั่นด้วย blender ที่ความเร็วรอบสูงสุด ก่อนการเตรียมเพื่อจัดส่งให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ โดยเตรียมดังนี้

2.1) Blank sample รหัสตัวอย่าง BL-CH เตรียมโดย แบ่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียดแล้วปริมาณ 7 kg กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งใส่ขวด ตัวอย่างละ 80 g ตัดป้าย ปิดฝาขวดเก็บไว้ในตู้แช่ -20°C

2.2) Fortified sample รหัสตัวอย่าง S1 เตรียมโดย แบ่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียดแล้ว ตัวอย่างละ 7 kg เติมสารละลายวัตถุที่มีพิษ ให้มีความเข้มข้นของสาร ดังตารางที่ 2 กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งใส่ขวด ตัวอย่างละ 80 g ตัดป้าย ปิดฝาขวดเก็บไว้ในตู้แช่ -20°C

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างพริก (BL-CH) ก่อนการเติมวัตถุที่มีพิษลงในตัวอย่าง

ND = not detectable ไม่พบสารพิษตกค้าง หรือพบปริมาณ น้อยกว่าค่า LOD (0.01 mg/kg)

Sample	Sample code	Residue concentration (mg/kg)			
		Orgaochlorine	Organophosphate	Pyrethriod	Carbamate
Chilli	BL-CH	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ 2 รายชื่อวัตถุมีพิษที่เติมลงในตัวอย่างและความเข้มข้นของสารในตัวอย่าง

Sample	Sample code	Pesticide	Spiked concentration (mg/kg)
Chilli	S1	β -endosulfan	0.10
		cyfluthrin	0.30
		dimethoate	0.20
		pirimiphos-ethyl	0.12
		promecarb	0.10

2.3) Homogeneity Test

สุ่มตัวอย่าง fortified sample จำนวน 10 ขวด นำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ชนิด 2 ซ้ำ (จำนวนข้อมูล (n) =20) หาปริมาณสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง GC และ LC-MS/MS โดยใช้ calibration curve แบบ matrix-matched standards

2.4) Stability Test

สุ่มตัวอย่าง fortified sample มาทำการทดสอบความคงตัวของสารตกค้างในตัวอย่าง ที่ระยะเวลาต่างๆ โดยศึกษาที่ อุณหภูมิห้อง (25 ± 5 °C) อุณหภูมิตู้เย็น ที่ 3, 5 และ 7 วัน นับจากวันส่งตัวอย่าง และ ที่อุณหภูมิ freezer (-18 °C) ที่ 30 วัน (วันรายงานผล) นับจากวันส่งตัวอย่าง โดยทำการตรวจวิเคราะห์วันละ 5 ซ้ำ (n=5)

7.2.4 การประเมินผลการทดสอบ

1) False Positive and False Negative

False positives การรายงานผลทดสอบว่า ตรวจพบสารพิษตกค้าง ชนิดที่ ไม่มีการตรวจพบ โดยห้องปฏิบัติการผู้จัดเตรียมตัวอย่างและไม่มีรายงานว่าตรวจพบโดย ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบส่วนใหญ่ และ ปริมาณสารที่รายงานว่าตรวจพบมีปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับค่าปริมาณต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ (LOQ) (DG-SANCO, 2010)

False negatives เป็นผลการทดสอบที่รายงาน่า ไม่พบสารพิษตกค้าง ชนิดที่มีการเติมลงในตัวอย่าง (DG-SANCO, 2010)

2) การประเมิน Assigned (consensus) Values

การคำนวณค่า assigned values ที่ใช้ในการประเมินผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ ตามแนวทางของ The International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of (Chemical) Analysis Laboratories และ ISO 13528 (2005) โดยใช้ robust mean (X^*) ที่คำนวณจากผลการตรวจวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ

3) การประเมิน Target Standard Deviation

ใช้ค่าของ Horwitz predicted SD (SD_p) ที่คำนวณจากความเข้มข้นของสารที่เป็นค่า assigned values หรือค่า robust mean (X^*) ตามสมการที่ 1 และ 2 (Horwitz and Albert, 2006)

$$\text{RSDp} = 2^{(1-0.5\log C)} \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$\text{SDp} = (\text{RSDp} \times \text{mean}) / 100 \quad \text{สมการที่ 2}$$

4) การประเมิน z-Score

ประเมินผลการทดสอบ ที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับค่า assigned value โดยใช้ z score ในการประเมินผล ตามสมการที่ 3

$$z = \frac{(X - X^*)}{\sigma} \quad \text{สมการที่ 3}$$

σ

X ผลวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ

X* assigned value ใช้ค่า robust mean

σ target standard deviation ใช้ค่า SDp

การประเมินผลค่า z-Scores ดังนี้

$|z| \leq 2$ ผลทดสอบเป็นที่น่าพอใจ (Satisfactory)

$2 < |z| < 3$ ผลทดสอบอยู่ในเกณฑ์น่าสงสัย (Questionable)

$|z| \geq 3$ ผลทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจ (Unsatisfactory)

8. ระยะเวลา : ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558

9. สถานที่ดำเนินการ : กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กปผ. กรมวิชาการเกษตร

10. ผลการทดลองและวิจารณ์

10.1 การเตรียมตัวอย่าง

10.1.1 Homogeneity Test

ผลการตรวจวิเคราะห์มาประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้สถิติ F-test (One-way ANOVA) (ISO Guide 35, 2006) (ตารางที่ 2) พบว่าค่า F จากการทดลองมีค่าน้อยกว่า F-critical แสดงว่า ตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกัน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ Homogeneity test (จำนวนข้อมูล (n) =20)

Homogeneity test	Chilli (S1)				
	β - endosulfan	cyfluthrin	dimethoate	pirimiphos-ethyl	promecarb
Mean,mg/kg	0.103852	0.310315	0.221784	0.128694	0.097358
ISO 13528 (2005)					
S_s ,mg/kg	0.000158	0.008879	0.0062228	0.001976	0.003924
SD _p	0.023458	0.059501	0.0452017	0.028325	0.022024
0.3*SD _p	0.007037	0.017850	0.0135605	0.008498	0.006607

Pass/Failed	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
IUPAC (2006)					
S ² sam	-2.501E-08	-7.883E-05	3.872E-05	3.905E-06	2.110E-06
C	0.000117	0.001315	0.000381	0.000144	0.000089
Pass/Failed	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

10.1.2 Stability Test

การทดสอบความคงตัวของสารตกค้างในตัวอย่าง คีคาษาที่ อุณหภูมิห้อง (25 ± 5 °C) และตู้เย็นที่ 3, 5 และ 7 วัน นับจากวันส่งตัวอย่าง และ ที่อุณหภูมิ freezer (ไม่น้อยกว่า -18 °C) ที่ 30 วัน (วันรายงานผล) นับจากวันส่งตัวอย่าง ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้แก่ ความเข้มข้นเฉลี่ย และ % recovery ที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ ดังตารางที่ 3 นำผลต่างของความเข้มข้นเฉลี่ย (Di) กับความเข้มข้นที่ 0 วัน (D₀) (ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นจาก homogeneity test) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่าง (%RPD : Relative Percent Difference) ของผลการทดสอบที่ระยะเวลาต่างๆ กับผลการทดสอบที่ 0 วัน (ตารางที่ 4) และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นเฉลี่ย (mg/kg) (Di) ที่ระยะเวลาต่างๆ กับความเข้มข้นที่ 0 วัน (D₀) โดยให้ความเข้มข้นที่ 0 วันมีค่าเป็น 100 % (ตารางที่ 5) ผลการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิห้อง และตู้เย็น สารที่เติมในตัวอย่าง มีความคงทนที่ 0-7 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ freezer สารที่เติมในตัวอย่างยังคงมีความคงทนที่ระยะเวลา 30 วัน

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นเฉลี่ย และ % recovery ที่อุณหภูมิและระยะเวลา ต่างๆ

Temp.	Day	Chilli (S1)									
		β - endosulfan		cyfluthrin		dimethoate		pirimiphos-ethyl		promecarb	
		Conc. (mg/kg)	% Rec.	Conc. (mg/kg)	% Rec.	Conc. (mg/kg)	% Rec.	Conc. (mg/kg)	% Rec.	Conc. (mg/kg)	% Rec.
Room temp.	0	0.1039	96	0.3103	102	0.2218	105	0.1287	106	0.0974	99
	3	0.0996	115	0.2721	103	0.1812	91	0.1154	101	0.0810	80
	5	0.0999	82	0.2866	91	0.2259	113	0.1164	106	0.0769	87
	7	0.1084	102	0.3104	107	0.2297	115	0.1142	108	0.0865	98
Refrigerator	0	0.1039	96	0.3103	102	0.2218	105	0.1287	106	0.0974	99
	3	0.0973	115	0.3019	103	0.2013	91	0.1107	101	0.0823	80
	5	0.0939	82	0.2909	91	0.2001	113	0.1221	106	0.0813	87
	7	0.0974	102	0.2859	107	0.2212	115	0.1153	108	0.0906	98
Freezer	0	0.1039	96	0.3103	102	0.2218	105	0.1287	106	0.0974	99
	30	0.1131	112	0.3151	111	0.1960	94	0.1165	92	0.1025	100

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่าง (%RPD) ของความเข้มข้นเฉลี่ยที่ระยะเวลาต่างๆ กับความเข้มข้นที่ 0 วัน

Temp.	Day	Chilli (S1)				
		β - endosulfan	cyfluthrin	dimethoate	pirimiphos-ethyl	promecarb
		%RPD				
Room temp.	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	-4.2	-3.3	-5.0	-2.7	-4.6
	5	-3.9	-2.0	0.5	-2.5	-5.9

	7	4.2	0.0	0.9	-3.0	-2.9
Refrigerator	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	-6.6	-0.7	-2.4	-3.8	-4.2
	5	-10.1	-1.6	-2.6	-1.3	-4.5
	7	-6.5	-2.0	-0.1	-2.7	-1.8
Freezer	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	30	8.5	0.4	-3.1	-2.5	-1.7

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นเฉลี่ย (mg/kg) (Di) ที่ระยะเวลาต่างๆ กับความเข้มข้นที่ 0 วัน (D₀) โดยให้ความเข้มข้นที่ 0 วันมีค่าเป็น 100 %

Temp.	Day	Chilli (S1)				
		β- endosulfan	cyfluthrin	dimethoate	pirimiphos-ethyl	promecarb
% Residue decreasing from day 0						
Room temp.	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	-4.1	-12.3	-18.3	-10.3	-16.8
	5	-3.8	-7.6	1.8	-9.6	-21.0
	7	4.3	0.0	3.6	-11.3	-11.1
Refrigerator	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	-6.4	-2.7	-9.2	-14.0	-15.5
	5	-9.6	-6.3	-9.8	-5.1	-16.5
	7	-6.3	-7.9	-0.3	-10.4	-7.0
Freezer	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	30	8.9	1.5	-11.6	-9.5	-6.5

10.2 การประเมินผลการทดสอบ

10.2.1 False Positive and False Negative

1) False positives

พบว่าห้องปฏิบัติการรายงานผลเป็น false positives จำนวน 3 ห้องปฏิบัติการ โดยมี 1 ห้องปฏิบัติการ พบสาร lamda cyhalothrin ในตัวอย่าง พริก (BL-CH) และ พริก (S1) มี 2 ห้องปฏิบัติการ พบ methyl parathion, และ cypermethrin ในตัวอย่างพริก (S1) ซึ่งปริมาณที่พบ สูงกว่าค่า LOQ (ตารางที่ 6) ตารางที่ 6 การรายงานผลที่เป็น False positives

Sample No.	จำนวน LAB	Pesticide	Result (mg/kg)	LOQ (mg/kg)
BL-CH	1*	lamda cyhalothrin	0.05	0.01
S1	1	methyl parathion	0.14	0.01
	1*	lamda cyhalothrin	0.05	0.01
	1	cypermethrin	0.182	0.01

* เป็นห้องปฏิบัติการเดียวกัน

2) False negatives

พบว่าห้องปฏิบัติการรายงานผลของตัวอย่างพริก (S1) เป็น false negative 5 ห้องปฏิบัติการ โดยมี 2 ห้องปฏิบัติการ ไม่รายงานพบสาร β -endosulfan มี 3 ห้องปฏิบัติการ ไม่รายงานพบสาร pirimiphos-ethyl (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การรายงานผลที่เป็น False negatives

Sample No.	จำนวน LAB	Pesticide
S1	2	β -endosulfan
	3	pirimiphos-ethyl

10.2.2 การประเมิน Assigned (consensus) Values

การคำนวณค่า assigned values ที่ใช้ในการประเมินผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการที่ร่วมทดสอบ ตามแนวทางของ The International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of (Chemical) Analysis Laboratories และ ISO 13528 (2005) โดยใช้ robust mean (X^*) ที่คำนวณจากผลการตรวจวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ (ตารางที่ 8) จะเห็นว่าความเข้มข้นของ robust mean มีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับ ค่า median ของความเข้มข้น ของผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ

ตารางที่ 8 Assigned Values (Robust mean(X^*)) ที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการ

Sample No.	Pesticide	Participants			Robust mean(X^*) (mg/kg)
		Mean (mg/kg)	Median (mg/kg)	n	
S1	β -endosulfan	0.080	0.080	17	0.08
	cyfluthrin	0.248	0.230	17	0.23
	dimethoate	0.244	0.175	20	0.19
	pirimiphos-ethyl	0.102	0.095	18	0.10
	promecarb	0.092	0.100	9	0.09

n : จำนวนข้อมูล

10.2.3 การประเมิน Target Standard Deviation

ใช้ค่าของ Horwitz predicted SD (SD_p) ที่คำนวณจากความเข้มข้นของสารที่เป็นค่า assigned values หรือค่า robust mean (X^*) (ตารางที่ 8) โดยคำนวณ ตามสมการที่ 1 และ 2 (Horwitz and Albert, 2006) ผลการคำนวณดังตารางที่ 9 พบว่า ค่า % RSD ของผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ มีค่า สูงกว่า % RSD_p จากการคำนวณ เมื่อทำการตัด outline ของผลการทดสอบออก พบว่า % RSD จะมีค่าใกล้เคียงกับ % RSD_p จึงใช้ค่า Horwitz predicted % RSD_p โดยใช้สูตรการคำนวณสำหรับ reproducibility ดังสมการที่ 1 และหา Target Standard Deviation หรือ SD_p

ตารางที่ 9 ค่า Target Standard Deviation ที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการ

Sample No.	Pesticide	Participants			Horwitz predicted	
		Mean (mg/kg)	SD (mg/kg)	%RSD	SDp	% RSDp
S1	β -endosulfan	0.080	0.080	35.7	0.019	23.4
	cyfluthrin	0.248	0.230	55.4	0.046	20.0
	dimethoate	0.244	0.175	77.5	0.039	20.5
	pirimiphos-ethyl	0.102	0.095	35.7	0.023	22.6
	promecarb	0.092	0.100	60.3	0.021	23.0

10.3 การประเมินผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการ ที่ตอบรับเข้าร่วมทดสอบทั้งสิ้น 21 ห้องปฏิบัติการ มีการส่งผลการทดสอบทั้งสิ้น 21 ห้องปฏิบัติการ โดยมี 2 ห้องปฏิบัติการ ได้ส่งรายงานผลการทดสอบ 2 ชุด โดยใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ห้องปฏิบัติการได้แจ้งชนิดของสารพิษตกค้างที่ไม่ได้อยู่ในรายการทดสอบ (NT-not tested) ซึ่งจำนวนข้อมูลของผลการทดสอบ ที่ใช้ในการประเมิน อยู่ระหว่าง 9 - 20 ข้อมูล

10.3.1 การประเมินตัวอย่าง Blank sample

ตัวอย่าง พริก (BL-CH) พบว่ามีห้องปฏิบัติการรายงานผลเป็น false positives จำนวน 1 ห้องปฏิบัติการ โดยพบสาร lamda cyhalothrin ในตัวอย่าง ปริมาณสูงกว่าค่า LOQ ของห้องปฏิบัติการ ส่วนห้องปฏิบัติการอื่นรายงานว่าไม่พบสารพิษตกค้าง ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบของห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยสารพิษตกค้าง (ตารางที่ 1)

10.3.2 การประเมินตัวอย่าง fortified sample

ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ ได้รายงานผลการทดสอบตามวันเวลาที่กำหนดรวมทั้งสิ้น 21 ห้องปฏิบัติการ และมี 2 ห้องปฏิบัติการรายงานผล 2 รายงานตามเทคนิควิธีการตรวจวิเคราะห์ ผลการทดสอบที่คาดหวังรวมทั้งสิ้น 115 ข้อมูล มีการรายงานผลทั้งสิ้น 81 ข้อมูลคิดเป็น 70.4 % ของผลการทดสอบที่คาดหวัง พบที่มีการรายงานผลการทดสอบเป็น false negative 4.3 % และชนิดสารไม่อยู่ในขอบข่ายของห้องปฏิบัติการ 25.2 % สารที่มีการรายงานผลมากที่สุด ได้แก่ dimethoate มีการรายงานผล 87.0 % สารที่มีการรายงานผลน้อยที่สุด ได้แก่ promecarb มีการรายงานผล 39.1 % สารที่รายงานเป็น false negative ได้แก่ β -endosulfan และ pirimiphos-ethyl (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ภาพรวมของการรายงานผลการทดสอบ และ เปอร์เซ็นต์ผลการทดสอบสารแต่ละชนิด

Sample	Sample No.	Pesticide	Report	Not Tested	False Negative (Not Reported)	Total	% Result
Chilli	S1	β -endosulfan	17	4	2	23	73.9
		cyfluthrin	17	6	0	23	73.9
		dimethoate	20	3	0	23	87.0
		pirimiphos-ethyl	18	2	3	23	78.3
		promecarb	9	14	0	23	39.1
Total			81	29	5	115	average
% of data			70.4	25.2	4.3	100	70.4

ประเมิน z-Score โดยใช้ Assigned Values (ตารางที่ 8) และ ค่า Target Standard Deviation (ตารางที่ 9) คำนวณ z-Scores ตามสมการที่ 3 ผลการประเมินค่า z-Score พบว่าผลการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์น่าพอใจถึง 72.1 % โดยมีค่า $|z\text{-Score}| \leq 2$ พบว่า dimethoate ในตัวอย่าง S1 มีค่า z-Score อยู่ในช่วงนี้ ถึง 85 % ผลทดสอบอยู่ในเกณฑ์ น่าสงสัย 7.0 % โดยมีค่า $2 < |z\text{-Score}| < 3$ และ ผลทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจ 9.3 % โดยมีค่า $|z\text{-Score}| \geq 3$ ผลการทดสอบ cyfluthrin ในตัวอย่าง S1 มีผลการทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจมากที่สุดคือ 41.2 % และได้มีการนำผลการทดลองที่เป็น false negative หรือ not reported ของ β -endosulfan, pirimiphos-ethyl และ deltamethrin ประเมินค่า z-Score โดยความเข้มข้นที่ใช้ในการประเมิน เท่ากับ 0.00 mg/kg (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 % ของผลการทดสอบ ที่มีค่า z-Score ในช่วงต่างๆ

Sample	Sample Code	Pesticide	Reported data	$ z \leq 2$		$2 < z < 3$		$ z \geq 3$	
				Result	% Result	Result	% Result	Result	% Result
Chilli	S1	β -endosulfan*	19	14	73.7	2	10.5	3	15.8
		cyfluthrin	17	9	52.9	1	5.9	7	41.2
		dimethoate	20	17	85.0	-	-	3	15.0
		pirimiphos-ethyl*	21	16	76.2	1	4.8	4	19.0
		promecarb	9	6	66.7	2	22.2	1	11.1
sum of data			86	62	-	6	-	18	-
% of data			100	72.1	-	7.0	-	9.3	-

หมายเหตุ * นำข้อมูลที่เป็น NR หรือ false negative มาคำนวณ z-score

$|z| \leq 2$ ผลทดสอบเป็นที่น่าพอใจ (Satisfactory)

$2 < |z| < 3$ ผลทดสอบอยู่ในเกณฑ์น่าสงสัย (Questionable)

$|z| \geq 3$ ผลทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจ (Unsatisfactory)

10.3.3 วิธีและเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์

ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบใช้วิธีวิเคราะห์ที่ยอมรับได้ คือวิธี Steinwandter H. (1985) และ วิธี QuEChERS ส่วนเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์เป็นเครื่องมือที่มีความถูกต้อง แม่นยำและยอมรับได้ โดย

เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพรีทรอยด์ ได้แก่ GC- μ -ECD, GC-MS/MS และ GC-MS สารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ได้แก่ GC-FPD, GC-MS/MS และ GC-MS และสารกลุ่ม คาร์บาเมท ได้แก่ LC-MS, LC-MS/MS, LC-MS (TOF), HPLC/FLD และ HPLC สรุปได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เครื่องมือตรวจวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

Pesticide	Measurement technique	Ref.of Test Method
Organochlorine and Pyrethroid	GC- μ -ECD GC-MS/MS GC-MS	Steinwandter (1985) QuEChERS
Organophosphorus	GC-FPD GC-MS GC-MS/MS	Steinwandter (1985) QuEChERS
Carbamate	LC-MS LC-MS/MS LC-MS (TOF) HPLC/FLD HPLC	Steinwandter (1985) QuEChERS

11. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทดสอบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการ โปรแกรมการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผัก-ผลไม้ : DOA-PRL-01-15 โดยห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการในช่วง สิงหาคม - กันยายน 2558 ตัวอย่างทดสอบประกอบด้วย พริก sample blank รหัส BL-CH และ spiked sample รหัส S1 สารพิษตกค้างในขอบข่ายประกอบด้วยสาร 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 3 ชนิด กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 23 ชนิด กลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด และกลุ่มคาร์บาเมท 7 ชนิด รวมทั้งสิ้น 40 ชนิด แจ้งขอเชิญห้องปฏิบัติการเข้าร่วมการทดสอบจำนวน 24 ห้องปฏิบัติการ มีห้องปฏิบัติการตอบรับเข้าร่วมการทดสอบ จำนวน 21 ห้องปฏิบัติการ

ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างโดยใช้วิธี QuEChERS method (EN 15662, 2008) ไม่พบสารพิษตกค้างในขอบข่ายทดสอบ ในตัวอย่างพริก Blank sample นำตัวอย่าง Blank sample มาเตรียมตัวอย่าง fortified sample โดยเติมสาร β -endosulfan, cyfluthrin, dimethoate, pirimiphos-ethyl และ promecarb ที่ความเข้มข้น 0.10, 0.3, 0.20, 0.12 และ 0.10 mg/kg ตามลำดับ การประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน ของตัวอย่าง โดยใช้สถิติ โดยใช้สถิติ ISO 13528 (2005) พบว่า ค่า S_5 น้อยกว่า ค่า $0.3 \cdot SD_p$ แสดงว่าตัวอย่าง มีความเป็นเนื้อเดียวกัน และจากการใช้สถิติ IUPAC (2006) ในการประเมิน พบว่าค่า S^2_{sam} น้อยกว่าค่า C แสดงว่า ตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกัน การทดสอบความคงตัวของสารตกค้างในตัวอย่าง โดยศึกษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 5 °C) และตู้เย็น ที่ 3, 5 และ 7 วัน นับจากวันส่งตัวอย่าง และที่อุณหภูมิ freezer (ไม่น้อยกว่า 18 °C) ที่ 30 วัน) วันรายงานผล (นับจากวันส่งตัวอย่าง ทำการตรวจวิเคราะห์วันละ 5 ซ้ำ ประเมินโดยเปรียบเทียบความแตกต่าง (%RPD) ของความเข้มข้นเฉลี่ยที่ระยะเวลาต่างๆ กับความเข้มข้นเฉลี่ยที่ 0 วัน และประเมินเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารเทียบความเข้มข้นที่ 0 วัน เมื่อคิดความเข้มข้นที่ 0 วันเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษา พบว่า สารที่เติมในตัวอย่างทุกสาร มีความคงทน ที่ 0-7-วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและตู้เย็น และ

มีความคงทนที่ 30 วันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ freezer

ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบ ได้รายงานผลการทดสอบตามวันเวลาที่กำหนดรวมทั้งสิ้น 21 ห้องปฏิบัติการ และมี 2 ห้องปฏิบัติการรายงานผล 2 รายงานตามเทคนิควิธีการตรวจวิเคราะห์ ผลการทดสอบที่คาดหวังรวมทั้งสิ้น 115 ข้อมูล มีการรายงานผลทั้งสิ้น 81 ข้อมูลคิดเป็น 70.4 % ของผลการทดสอบที่คาดหวัง พบว่ามีการรายงานผลการทดสอบเป็น false negative 4.3 % และชนิดสารไม่อยู่ในขอบข่ายของห้องปฏิบัติการ 25.2 % สารที่มีการรายงานผลมากที่สุด ได้แก่ dimethoate มีการรายงานผล 87.0 % สารที่มีการรายงานผลน้อยที่สุด ได้แก่ promecarb มีการรายงานผล 39.1 % สารที่รายงานเป็น false negative ได้แก่ β -endosulfan และ pirimiphos-ethyl

ผลการประเมินค่า z-Score พบว่าผลการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ใน เกณฑ์ที่น่าพอใจถึง 72.1 % โดยมีค่า $|z\text{-Score}| \leq 2$ พบว่า dimethoate ในตัวอย่าง S1 มีค่า z-Score อยู่ในช่วงนี้ ถึง 85.0 % ผลทดสอบอยู่ในเกณฑ์น่าสงสัย 7.0 % โดยมีค่า $2 < |z\text{-Score}| < 3$ และผลทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจ 9.3 % โดยมีค่า $|z\text{-Score}| \geq 3$ ผลการทดสอบ cyfluthrin มีผลการทดสอบไม่เป็นที่น่าพอใจมากที่สุดคือ 41.2 % ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบใช้วิธีวิเคราะห์ที่ยอมรับได้ คือวิธี Steinwandter H. (1985) และ วิธี QuEChERS ส่วนเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์เป็นเครื่องมือที่มีความถูกต้อง แม่นยำและยอมรับได้

12. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

12.1 นำขั้นตอนการดำเนินการไปใช้ในการทดสอบความสามารถ ในการตรวจวิเคราะห์สารและพืชชนิดอื่นๆ ในครั้งต่อไป

12.2 ใช้เตรียมตัวอย่างเพื่อเป็น ตัวอย่างอ้างอิงเพื่อควบคุมประสิทธิภาพของการตรวจวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตร.

12.3 ใช้ในการรับรองห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ของห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง

13. เอกสารอ้างอิง

- DC-SANCO. 2010. General Protocol for EU Proficiency Tests for Pesticide Residues in Food and Feed. European Union, Health and Consumer Protection Directorate General.
- EN 15662. 2008. Foods of plant origin - Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE - QuEChERS-method

Horwitz, W. and Alibert, R. 2006. The Horwitz ratio (Horrat) : a useful index of method performance with respect to precision. Journal of AOAC International. 89,4, 2006, 1095-1108.

ISO Guide 35. 2006. Reference materials- General and statistical principles for certification. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland.

ISO 13528. 2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.

Steinwandter H. 1985. Universal 5 min on-line Method for Extracting and Isolating Pesticide Residue and Industrial Chemicals. Fresenius Z. Anal. Chem. No. 1155.

The International Harmonized Protocol for the Proficiency Testing of Analytical Chemistry Laboratories . Pure Appl. Chem., 78, 1 : 145-196. (2006)