

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

- 
1. **ชุดโครงการวิจัย**                      วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามมาตรฐานสากล  
(Research and Development on Analytical System for Agriculture Production Inputs)
  
  2. **โครงการวิจัย**                              วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตร  
Research and Development on Pesticide Residues Analysis  
**กิจกรรม**    การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์เพื่อรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการ  
**กิจกรรมย่อย (ถ้ามี)**                              -
  
  3. **ชื่อการทดลอง**                              การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง Organophosphate และ Pyrethroid ในมะม่วงของห้องปฏิบัติการ สวพ.8
  
  4. **คณะผู้ดำเนินงาน**  
**หัวหน้าการทดลอง**                              นางสาวสาวิตรี เขมวงศ์  
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ  
สังกัด กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.8  
**ผู้ร่วมงาน**    นางสร้อยญา ช่วงพิมพ์  
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ  
สังกัด กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.8

### 5. บทคัดย่อ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้าง โดยการใช่วิธีวิเคราะห์แบบรวม (multi-residue analysis) ในสารกลุ่ม organophosphate จำนวน 7 ชนิดสาร ได้แก่ dichlorvos, diazinon, chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl และ ethion และกลุ่ม pyrethroid จำนวน 4 ชนิดสาร ได้แก่ bifenthrin, lambda cyhalothrin, cypermethrin และ deltamethrin ในมะม่วง โดยใช้วิธีสกัดที่ดัดแปลงจากวิธี Steinwandter (1985) ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ชนิดสารด้วยเครื่อง gas chromatography (GC) ที่มีตัวตรวจวัดชนิด flame photometric detector (FPD) สำหรับวิเคราะห์สารกลุ่ม organophosphate และ electron capture detector (ECD) สำหรับวิเคราะห์สารกลุ่ม pyrethroid ผลการตรวจสอบพบช่วงของการวัด (range) ในสารกลุ่ม organophosphate

อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.01-4.00 mg/kg และสารกลุ่ม pyrethroid อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.01-2.00 mg/kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient; r) อยู่ในช่วง 0.99939-1.00000 และให้ค่าความเป็นเส้นตรง (linearity) ของสารกลุ่ม organophosphate อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.01-2.00 mg/kg และสารกลุ่ม pyrethroid อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.01-1.00 mg/kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ อยู่ในช่วง 0.99847-1.00000 การพิสูจน์ความแม่นยำ/ความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีทดสอบประเมินจากร้อยละการกลับคืน (%recovery) ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง ของสารตกค้าง ได้แก่ 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/kg พบค่าอยู่ในช่วง 90-111, 90-105 และ 93-101 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การหาค่าความเที่ยง (precision) ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/kg พบว่าทั้งแบบการทวนซ้ำ (repeatability precision) และการทำซ้ำ (reproducibility precision) ให้ค่า %RSD ระหว่าง 0.808-12.089 และค่า HORRAT (Horwitz ratio) < 2 ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ ส่วนค่าขีดจำกัดของการตรวจพบ (limit of detection; LOD) ในสารกลุ่ม organophosphate ได้แก่ dichlorvos, diazinon และ chlorpyrifos-methyl เท่ากับ 0.006 mg/kg ส่วน pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl และ ethion เท่ากับ 0.007 mg/kg ขณะที่สารกลุ่ม pyrethroid ทุกชนิดสารมีค่าเท่ากับ 0.005 mg/kg นอกจากนี้เมื่อหาค่าขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (limit of quantitation; LOQ) ในทุกชนิดสารมีค่าเท่ากับ 0.01 mg/kg ซึ่งจากผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า วิธีการวิเคราะห์สารตกค้างในมะม่วงนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์ตัวอย่าง และให้ผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

### Abstract

Multi-residue analysis for both organophosphate (dichlorvos, diazinon, chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl and ethion) and pyrethroid (bifenthrin, lambda cyhalothrin, cypermethrin and deltamethrin) was used in *Mangifera indica*. Modified method of Steinwandter (1985) and gas chromatography (GC) with flame photometric detector (FPD) were used for organophosphate whereas electron capture detector (ECD) was used for pyrethroid. The results showed that the concentration of organophosphate was in range between 0.01-4.00 mg/kg whereas 0.01-2.00 mg/kg for pyrethroid. Correlation coefficient; r and linearity were tested which showed in range of 0.99939-1.00000, 0.99847-1.00000 and 0.01-2.00, 0.01-1.00 mg/kg for organophosphate and pyrethroid, respectively. Accuracy was verified as the term of % recovery of residue in low, moderate and high concentration (0.01, 0.1 and 1.0 mg/kg) which gave the result in range of 90-111, 90-105 and 93-101%, respectively whereas both repeatability precision and reproducibility precision gave the appropriate accepted value of %RSD in range of 0.808-12.089 and HORRAT (Horwitz ratio) < 2. Limit of detection; LOD showed the result of 0.006 mg/kg for dichlorvos, diazinon, chlorpyrifos-methyl, 0.007 mg/kg for pirimiphos-methyl,

chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl and ethion whereas 0.005 mg/kg for pyrethroid, respectively. In addition, limit of quantitation; LOQ for all residues was 0.01 mg/kg. Above parameters were showed that method on analysis of organophosphate and pyrethroid in *Mangifera indica* was good fit.

## 6. คำนำ

ปัจจุบันการแข่งขันทางการค้ามีความรุนแรงมากขึ้น และแต่ละภูมิภาคในโลกมักมีการรวมตัวเป็นเขตเศรษฐกิจต่างๆ เพื่อให้มีอำนาจในการต่อรองทางการค้า และปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีกหิบายกขึ้นมาใช้เป็นมาตรการในการกีดกันทางการค้า คือ มาตรการทางด้านสุขอนามัย โดยเฉพาะความปลอดภัยในผลิตภัณฑ์อาหาร และการตกค้างของสารพิษทางการเกษตรก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผู้ใช้เป็นเหตุผลในการตีกลับสินค้าเกษตรของไทย ดังนั้นผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สารพิษตกค้างทางการเกษตรจึงมีความสำคัญ ในการตรวจวิเคราะห์สินค้าเกษตรก่อนส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ หรือแม้แต่การตรวจรับรองผลผลิตเกษตรจากแปลงที่ขอรับรองแปลงผลิต GAP ภายในประเทศ เพราะสุขภาพของผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญที่ควรตระหนักถึงและคอยเฝ้าระมัดระวังความปลอดภัย ให้ผู้บริโภคได้บริโภคสินค้าที่มีความปลอดภัย นอกจากนี้พบว่าปัจจุบันเกษตรกรมีการนำสารเคมีทางการเกษตร เข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้จากปริมาณการนำเข้าและการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี และในการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร อย่างแพร่หลาย อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีโอกาสตรวจพบการตกค้างของสารเคมีในผลผลิตทางการเกษตรมากขึ้น ซึ่งการตกค้างอาจเกิดจากเกษตรกรใช้สารเคมีอย่างไม่ถูกวิธี ตลอดจนวัตถุพิษที่ขายตามท้องตลาดมีความเข้มข้นไม่ตรงกับฉลากที่ได้ระบุไว้ โดยหากมีความเข้มข้นสูงเกินกว่ามาตรฐาน เมื่อเกษตรกรนำมาใช้ในกระบวนการผลิต จะทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีมากกว่าปกติ แม้เกษตรกรจะใช้สารเคมีอย่างถูกวิธี ดังนั้นผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการจึงมีความสำคัญมาก เพราะสามารถใช้ในการระบุได้ว่าตัวอย่างมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ควรมีความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือ โดยแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือนั้น คือ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (method validation)

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชผลเกษตร นอกจากเพื่อความถูกต้อง แม่นยำของผลวิเคราะห์แล้ว ยังเป็นหลักประกันในการรับรองที่เป็นสากล โดยเป็นข้อกำหนดข้อ 5.4.5 ของมาตรฐานห้องปฏิบัติการที่ต้องการขอการรับรองความสามารถตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างในกลุ่ม Organophosphate และ Pyrethroid เนื่องจากเป็นสารเคมีทางการเกษตรที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการขอรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ต่อไป

## 7. วิธีดำเนินการ

### 7.1 อุปกรณ์

7.1.1 เครื่องมือ Gas chromatography (GC) มีตัวตรวจจับชนิด Flame Photometric

- Detector (FPD) และหัวตรวจวัดชนิด Electron Capture Detector (ECD)
- 7.1.2 เครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง ความละเอียดในการอ่าน 0.00001 และ 2 ตำแหน่ง ความละเอียดในการอ่าน 0.01 ที่ผ่านการสอบเทียบ
- 7.1.3 Micropipette ขนาด 0.5-10 ul, 20-200 ul, 200-1,000 ul และ 500-5,000 ul ที่ผ่านการสอบเทียบ
- 7.1.4 เครื่องแก้ววัดปริมาตร ได้แก่ volumetric flask ขนาด 5, 10, 25, 1000 ml กระจบอกลงขนาด 50 ml ที่ผ่านการสอบเทียบ
- 7.1.5 Homogenizer ความเร็วรอบ 8000 - 24,000 รอบ/วินาที (rpm)
- 7.1.6 เครื่อง N-Evaporator
- 7.1.7 เครื่องบดตัวอย่าง
- 7.1.8 Rotary Evaporator พร้อมอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- 7.1.9 Dispenser ช่วงการใช้งาน 20-100 ml
- 7.1.10 ขวดแก้วแบบมีฝาปิด (Duran)
- 7.1.11 สารเคมี ได้แก่ Acetone (Analytical grade), Dichloromethane (Analytical grade และ Pesticide grade), Sodium chloride (Analytical grade), Hexane (Pesticide grade), Ethyl acetate (Pesticide grade), Silica gel ชนิด granular ขนาด 60-200 mesh, Sodium sulphate anhydrous granular และสารเคมีมาตรฐานความบริสุทธิ์สูง

## 7.2 วิธีการ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphate และ Pyrethroid ในมะม่วง ใช้วิธีวิเคราะห์แบบรวม (multi-residue analysis) โดยมีวิธีการดังนี้

- 7.2.1 ทำการสอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องแก้ว ที่มีผลต่อการวิเคราะห์
- 7.2.2 เตรียมตัวอย่าง และสกัดตัวอย่าง ตามวิธีของ Steinwandter (Steinwandter, 1985)
- 7.2.3 การกำจัดสิ่งปนเปื้อนในตัวอย่างวิเคราะห์ (Clean up) โดยแยกผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วย sodium sulphate anhydrous และ silica gel
- 7.2.4 ตรวจหาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphate ด้วยเครื่อง GC โดยใช้ตัวตรวจวัดชนิด Flame Photometric Detector (FPD) และกลุ่ม pyrethroid ด้วยเครื่อง GC โดยใช้ตัวตรวจวัดชนิด electron capture detector (ECD)
- 7.2.5 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้
- 7.2.5.1 การหา range ทำโดยทดสอบ reagent blank, sample blank และ fortified sample ความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ระดับๆละ 1 ซ้ำ ข้อมูลนำมาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นเป็น ppm ของ fortified sample (แกน x) กับ peak area (แกน y) แล้วพิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรง

7.2.5.2 การหา linearity ทำโดยทดสอบ reagent blank และ fortified sample ที่ความเข้มข้นภายในอยู่ในช่วง range ที่ได้จากการทดสอบ โดยจะใช้ความเข้มข้น อย่างน้อย 6 ระดับๆละ 3 ซ้ำ และนำข้อมูลเฉลี่ยมาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของ fortified sample (แกน x) กับ peak area (แกน y) แล้วคำนวณหาค่า correlation coefficient (r) โดยใช้เกณฑ์ยอมรับ คือ  $r \geq 0.095$

7.2.5.3 การหาค่า accuracy โดยทดสอบ reagent blank, sample blank และ fortified sample ความเข้มข้นภายในช่วงทดสอบ 3 ระดับ คือ ต่ำ กลาง และสูง ได้แก่ 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/kg ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ตามวิธีการทดสอบ แล้วคำนวณร้อยละการกลับคืนของสารที่วิเคราะห์ (%recovery) จากสมการ

$$\%recovery = \left[ \frac{X_1 - X_2}{C} \times 100 \right]$$

เมื่อ  $X_1$  = ความเข้มข้นของสารที่ตรวจพบในตัวอย่าง (mg/kg)

$X_2$  = ความเข้มข้นของสารที่ตรวจพบใน sample blank (mg/kg)

C = ความเข้มข้นของสารที่เติมลงในตัวอย่าง (mg/kg)

%recovery ใช้เกณฑ์ประเมินของ Codex

7.2.5.4 การหาค่า precision จะทำทั้งแบบการทวนซ้ำ (repeatability precision) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ภายในวันเดียวกัน และการทำซ้ำ (reproducibility precision) ซึ่งเป็นการทำซ้ำต่างวัน การหาค่า precision ทำโดยทดสอบ reagent blank, sample blank และ fortified sample ความเข้มข้นภายในช่วงทดสอบ 3 ระดับ คือ ต่ำ กลาง และสูง ได้แก่ 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/kg ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ และการประเมิน precision ทำโดยหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารในตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้ ( $\bar{X}$ ) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้นของสารในตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้ (SD) นำมาคำนวณค่าร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (%RSD)

$$\%RSD = \left[ \frac{SD}{\bar{X}} \times 100 \right]$$

การประเมินค่า precision จะใช้ HORRAT (Horwitz's ratio) คำนวณจากสมการ

$$HORRAT \text{ (Horwitz's ratio)} = \frac{\%RSD \text{ จากการทดลอง}}{\text{Predicted Horwitz RSD}}$$

โดยที่

Predicted Horwitz RSD<sub>r</sub> =  $0.66 \times 2^{(1-0.5 \log c)}$  (repeatability precision)

Predicted Horwitz RSD<sub>R</sub> =  $2^{(1-0.5 \log c)}$  (reproducibility precision)

C = concentration ratio

เกณฑ์การยอมรับจะใช้ AOAC : HORRAT  $\leq 2$  และ %RSD  $< 20$

- 7.2.5.5 การหาค่า limit of detection (LOD) ทำโดยวิเคราะห์ fortified sample blank ที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ โดยทดสอบ 10 ซ้ำ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ประเมินค่า LOD = 3SD หรือดูจากค่า signal/noise ของแต่ละสารต้องมีค่า  $\geq 3$
- 7.2.5.6 การหาค่า limit of quantitation (LOQ) ทำโดยวิเคราะห์ fortified sample blank ที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ โดยทดสอบ 10 ซ้ำ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ประเมินค่า LOD = 10SD จากนั้นจึงเตรียม fortified sample blank ที่ความเข้มข้น 10SD จำนวน 10 ซ้ำ แล้วจึงคำนวณค่า accuracy และ precision ตามข้อ 7.2.5.3 และ 7.2.5.4
- 7.2.5.7 บันทึกข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำมาสรุปผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ดังนี้ ช่วงของการวัด (Working range), ความเป็นเส้นตรง (Linearity), ค่าความแม่นยำ (Accuracy), ค่าความเที่ยง (Precision), ค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (limit of detection (LOD) และ ค่าขีดจำกัดความสามารถในเชิงปริมาณ (limit of quantitation (LOQ))

### 7.3 เวลาและสถานที่

ปีที่เริ่มต้น 2559 ปีที่สิ้นสุด 2560 รวม 2 ปี

ณ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

### - ผลการทดลอง

#### 8.1 สภาวะที่เหมาะสมในการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

สภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง GC-FPD (Agilent 6890N) ของห้องปฏิบัติการ สวพ.8 ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารในการทดลองกับสารกลุ่ม Organophosphate ทั้งหมด 7 ชนิดสาร ได้แก่ dichlorvos, diazinon, chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl และ ethion ดังนี้

detector : flame photometric detector (FPD-Detector)

column : capillary column DB-1701P  
(5% phenyl methyl siloxane)

	: model, agilent 122-7732
	: length, 30 เมตร
	: diameter (i.d.), 0.25 มิลลิเมตร
	: film thickness, 0.25 ไมโครเมตร
temperature	: injector 250°C
	: detector 250 °C
carrier gas	: helium, flow rate 2.2 มิลลิลิตร/นาที
	: air, flow rate 100 มิลลิลิตร/นาที
	: hydrogen, flow rate 75 มิลลิลิตร/นาที
make up gas	: nitrogen, flow rate 60 มิลลิลิตร/นาที
injection mode	: splitless, purge time 1 นาที
	: injection volume, 2 ไมโครลิตร
oven temperature program	
	: initial temperature, 100°C, hold 1 min
	: rate 10°C /min to 150°C, hold 1 min
	: rate 10°C /min to 180°C, hold 1 min
	: rate 10°C /min to 245°C, hold 5 min
	: rate 10°C /min to 250°C, hold 5 min

สภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง GC-ECD (Agilent 6890N) ในห้องปฏิบัติการ สวพ.8 ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารในการทดลองกับสารกลุ่ม Pyrethroid ทั้งหมด 4 ชนิดสาร ได้แก่ bifenthrin, deltamethrin lamda cyhalothrin และ cypermethrin ดังนี้

detector	: electron capture detector (ECD-Detector)
column	: capillary column DB-5 (5% phenyl methyl siloxane)
	: model, agilent 122-5032
	: length, 30 เมตร
	: diameter (i.d.), 0.25 มิลลิเมตร
	: film thickness, 0.25 ไมโครเมตร
temperature	: injector 250°C
	: detector 250 °C
carrier gas	: helium, flow rate 2.2 มิลลิลิตร/นาที
	: air, flow rate 100 มิลลิลิตร/นาที
	: hydrogen, flow rate 75 มิลลิลิตร/นาที

- make up gas : nitrogen, flow rate 60 มิลลิลิตร/นาที  
injection mode : splitless, purge time 1 นาที  
: injection volume, 2 ไมโครลิตร  
oven temperature program  
: initial temperature, 100°C, hold 1 min  
: rate 10°C /min to 150°C, hold 1 min  
: rate 10°C /min to 180°C, hold 1 min  
: rate 10°C /min to 245°C, hold 5 min  
: rate 10°C /min to 250°C, hold 5 min

## 8.2 การตรวจสอบช่วงของความเป็นเส้นตรง (range/linearity)

### 8.2.1 การตรวจสอบช่วงของการวัด (working range)

วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate ในมะม่วง โดยทดสอบ fortified sample blank ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2 และ 4 mg/kg และสารกลุ่ม pyrethroid ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5, 1.8 และ 2 mg/kg ความเข้มข้นละ 1 ซ้ำ พบว่าช่วงความเข้มข้นดังกล่าว เป็นช่วงที่ให้กราฟระหว่างความเข้มข้นของ fortified sample blank (แกน X) กับ Area Response (แกน Y) เป็นเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination ;  $R^2$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient;  $r$ ) แสดงดังตารางที่ 1 (เกณฑ์ยอมรับตาม AOAC ต้องมีค่า  $r \geq 0.995$ )

**ตารางที่ 1** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient;  $r$ ) จากการตรวจสอบช่วงของการวัด (range) ในสารกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid ในมะม่วง

Pesticides Group	Pesticides	Range (mg/kg)	$r$
Organophosphate	1. dichlorvos	0.01-4.00	1.00000
	2. diazinon	0.01-4.00	0.99994
	3. chlorpyrifos-methyl	0.01-4.00	0.99998
	4. pirimiphos-methyl	0.01-4.00	0.99999
	5. chlorpyrifos	0.01-4.00	1.00000
	6. pirimiphos-ethyl	0.01-4.00	0.99998
	7. ethion	0.01-4.00	1.00000
Pyrethroid	8. bifenthrin	0.01-2.00	0.99993
	9. lamda cyhalothrin	0.01-2.00	0.99974
	10. cypermethrin	0.01-2.00	0.99970
	11. deltamethrin	0.01-2.00	0.99939



**ตารางที่ 2** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient; r) จากการตรวจสอบความเป็นเส้นตรง (linearity) ของสารกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid ในมะม่วง

Pesticides Group	Pesticides	Range (mg/kg)	r
organophosphate	1. dichlorvos	0.01-2.00	1.00000
	2. diazinon	0.01-2.00	0.99997
	3. chlorpyrifos-methyl	0.01-2.00	1.00000
	4. pirimiphos-methyl	0.01-2.00	0.99999
	5. chlorpyrifos	0.01-2.00	1.00000
	6. pirimiphos-ethyl	0.01-2.00	0.99999
	7. ethion	0.01-2.00	1.00000
pyrethroid	8. bifenthrin	0.01-1.00	0.99980
	9. lamda cyhalothrin	0.01-1.00	0.99933
	10. cypermethrin	0.01-1.00	0.99903
	11. deltamethrin	0.01-1.00	0.99847

#### 8.2.2 การตรวจสอบความเป็นเส้นตรง (linearity)

วิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate ในมะม่วง โดย fortified sample blank ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1 และ 2 mg/kg และสารกลุ่ม pyrethroid ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 1 mg/kg อย่างน้อยความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของการทดลองแต่ละความเข้มข้นที่ให้ช่วงกราฟ ระหว่างความเข้มข้นของ fortified sample blank (แกน X) กับ Area Response (แกน Y) เป็นเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination ;  $R^2$ ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient; r) แสดงได้ดังตารางที่ 2 (เกณฑ์ยอมรับตาม AOAC ต้องมีค่า  $r \geq 0.995$ )

#### 8.3 การหาค่า Limit of Detection (LOD) และ Limit of Quantitation (LOQ)

เมื่อฉีด reagent blank, sample blank และ fortified sample blank ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และต่ำกว่าช่วงการวัด โดยพิจารณาจากค่า signal to noise  $\geq 3$  จะได้ค่า LOD ของสารพิษตกค้างแต่ละชนิด และพิสูจน์ค่า LOQ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของช่วงการวัด คือ 0.01 mg/kg โดยคำนวณจากค่า accuracy และ precision ซึ่งผลการทดลองของสารแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ค่า Limit of Detection (LOD) และ Limit of Quantitation (LOQ) ของสารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid ในมะม่วง

Pesticides Group	Pesticides	Concentration (mg/kg)	
		LOD	LOQ
organophosphate	1. dichlorvos	0.006	0.01
	2. diazinon	0.006	0.01
	3. chlorpyrifos-methyl	0.006	0.01
	4. pirimiphos-methyl	0.007	0.01
	5. chlorpyrifos	0.007	0.01
	6. pirimiphos-ethyl	0.007	0.01
	7. ethion	0.007	0.01
pyrethroid	8. bifenthrin	0.005	0.01
	9. lamda cyhalothrin	0.005	0.01
	10. cypermethrin	0.005	0.01
	11. deltamethrin	0.005	0.01

#### 8.4 การตรวจสอบความแม่นยำ (accuracy)

ทำการทดสอบ reagent blank, sample blank และ fortified sample blank ที่ระดับความเข้มข้นภายในช่วงการวัด 3 ระดับ โดยครอบคลุมความเข้มข้นที่ระดับต่ำ กลาง และสูง คือ 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/kg จำนวน 10 ซ้ำ ได้ค่าเฉลี่ยของ % recovery ของสารแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย % Recovery ของสารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid แต่ละชนิดในมะม่วง

Pesticides Group	Pesticides	% recovery (n=10)		
		0.01 (mg/kg)	0.1 (mg/kg)	1.0 (mg/kg)
organophosphate	1. dichlorvos	111	97	98
	2. diazinon	95	97	97
	3. chlorpyrifos-methyl	100	98	99
	4. pirimiphos-methyl	97	97	97
	5. chlorpyrifos	97	97	98
	6. pirimiphos-ethyl	95	96	97
	7. ethion	104	95	98
pyrethroid	8. bifenthrin	95	105	101
	9. lamda cyhalothrin	90	95	93
	10. cypermethrin	94	91	94
	11. deltamethrin	91	90	95

หมายเหตุ : ใช้เกณฑ์การยอมรับสารตกค้างจาก Codex ดังนี้

ที่ความเข้มข้น 0.01 mg/kg เกณฑ์การยอมรับ %Recovery เท่ากับ 60-120

ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/kg เกณฑ์การยอมรับ %Recovery เท่ากับ 70-120

ที่ความเข้มข้น 1.0 mg/kg เกณฑ์การยอมรับ %Recovery เท่ากับ 70-110

### 8.5 การตรวจสอบความเที่ยง (precision)

ทำการทดสอบ reagent blank, sample blank และ fortified sample blank ที่ระดับความเข้มข้นภายในช่วงการวัด 3 ระดับความเข้มข้น โดยครอบคลุมความเข้มข้นที่ระดับต่ำ กลาง และสูง คือ 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/kg จำนวน 10 ซ้ำ ได้ผลการทดสอบแบบ repeatability precision และ reproducibility precision ได้ค่า HORRAT ของสารแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 ค่า repeatability precision ของสารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid แต่ละชนิดในมะม่วง

Pesticides Group	Pesticides	0.01 mg/kg (n=10)		0.1 mg/kg (n=10)		1 mg/kg (n=10)	
		%RSD <sub>r</sub>	HORRAT	%RSD <sub>r</sub>	HORRAT	%RSD <sub>r</sub>	HORRAT
organo phosphate	1. dichlorvos	4.129	0.20	3.717	0.25	1.590	0.15
	2. diazinon	9.794	0.46	4.315	0.29	1.089	0.10
	3. chlorpyrifos-methyl	7.304	0.35	3.254	0.22	1.341	0.13
	4. pirimiphos-methyl	8.866	0.42	4.127	0.28	1.358	0.13
	5. chlorpyrifos	10.296	0.50	3.477	0.23	1.016	0.10
	6. pirimiphos-ethyl	12.089	0.58	4.042	0.27	1.306	0.12
	7. ethion	9.289	0.44	4.525	0.30	1.560	0.15
pyrethroid	8. bifenthrin	1.909	0.09	2.214	0.15	1.712	0.16
	9. lamda cyhalothrin	0.808	0.04	2.239	0.15	1.751	0.16
	10. cypermethrin	5.542	0.27	2.553	0.17	1.997	0.19
	11. deltamethrin	1.852	0.09	2.925	0.20	2.249	0.21

หมายเหตุ : เกณฑ์การยอมรับ AOAC : ค่า HORRAT  $\leq$  2

ตารางที่ 6 ค่า reproducibility precision ของสารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid แต่ละชนิดในมะม่วง

Pesticides Group	Pesticides	0.01 mg/kg (n=10)		0.1 mg/kg (n=10)		1 mg/kg (n=10)	
		%RSD <sub>R</sub>	HORRAT	%RSD <sub>R</sub>	HORRAT	%RSD <sub>R</sub>	HORRAT
organo phosphate	1. dichlorvos	8.687	0.28	3.373	0.15	1.312	0.08
	2. diazinon	9.810	0.31	6.492	0.28	1.523	0.10
	3. chlorpyrifos-methyl	6.633	0.21	3.299	0.14	1.466	0.09
	4. pirimiphos-methyl	8.482	0.27	3.697	0.16	1.717	0.11
	5. chlorpyrifos	10.339	0.33	2.706	0.12	1.483	0.09
	6. pirimiphos-ethyl	4.912	0.15	3.167	0.14	1.574	0.10
	7. ethion	6.877	0.22	4.628	0.20	1.789	0.11
pyrethroid	8. bifenthrin	4.851	0.15	2.950	0.13	2.552	0.16
	9. lamda cyhalothrin	10.735	0.33	3.093	0.14	2.402	0.15
	10. cypermethrin	7.872	0.25	3.013	0.13	2.332	0.15
	11. deltamethrin	4.549	0.14	4.786	0.21	2.184	0.14

หมายเหตุ : เกณฑ์การยอมรับ AOAC : ค่า HORRAT  $\leq 2$

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ dichlorvos, diazinon, chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl, ethion และสารกลุ่ม pyrethroid จำนวน 4 ชนิดสาร ได้แก่ bifenthrin, lamda cyhalothrin, cypermethrin, deltamethrin โดยทำการตรวจสอบคุณลักษณะ ได้แก่ range (การตรวจสอบช่วงของการวัด), linearity (การตรวจสอบความเป็นเส้นตรง), limit of detection : LOD (ค่าขีดจำกัดของการตรวจ), limit of quantitation : LOQ (ค่าขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ), accuracy (ความถูกต้อง/ความแม่นยำ) และ precision (ความเที่ยง) ทั้งแบบการทวนซ้ำ (repeatability precision) และการทำซ้ำ (reproducibility precision) ให้ผลการทำสอบในแต่ละคุณลักษณะ ผ่านเกณฑ์การประเมิน มีรายละเอียดดังนี้

1. ค่า range พบว่าสาร dichlorvos, diazinon, chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl และ ethion อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.01-4.00 mg/kg ส่วนสาร bifenthrin, lamda cyhalothrin, cypermethrin และ deltamethrin อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.01-2.00 mg/kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.99939-1.00000 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ
2. ค่า linearity สาร dichlorvos, diazinon, chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl และ ethion อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.01-2.00 mg/kg ส่วนสาร bifenthrin, lamda cyhalothrin, cypermethrin และ deltamethrin อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.01-1.00 mg/kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.99847-1.00000 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง
3. ค่า LOD ของสาร dichlorvos, diazinon และ chlorpyrifos-methyl เท่ากับ 0.006 mg/kg ส่วน pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, pirimiphos-ethyl และ ethion เท่ากับ 0.007 mg/kg ขณะที่ bifenthrin, lamda cyhalothrin, cypermethrin และ deltamethrin เท่ากับ 0.005 mg/kg
4. ค่า LOQ ของสารทุกชนิดทำการตรวจสอบโดยการยืนยันผลจากค่า accuracy และ precision มีค่าเท่ากับ 0.01 mg/kg
5. การตรวจสอบ accuracy จากการวิเคราะห์สารพิษตกค้างครอบคลุมระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง คือ 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/kg ให้ค่าเฉลี่ยของร้อยละการกลับคืน (% Recovery) ของทุกชนิดสารอยู่ในช่วง 90-111, 90-105 และ 93-101 ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์มีความแม่นยำ
6. การตรวจสอบ precision ครอบคลุมระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง คือ 0.01, 0.1 และ 1.0 mg/kg แบบ repeatability precision ให้ค่า HORRAT อยู่ระหว่าง 0.04-0.58, 0.15-0.30

และ 0.1-0.21 ตามลำดับ ส่วนแบบ reproducibility precision ให้ค่า HORRAT อยู่ระหว่าง 0.14-0.33, 0.12-0.28 และ 0.08-0.16 ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งสองแบบ แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์มีความเที่ยง เมื่อทำการทดสอบที่สภาวะแวดล้อมที่เหมือนและวันเวลาแตกต่างกัน

จากผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีข้างต้น แสดงว่าวิธีทดสอบดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการได้โดยให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างทางการเกษตร ที่เหมาะสมกับเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ และผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ สามารถนำไปประกอบการยื่นขอรับรองห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC17025: 2005 เพื่อเพิ่มขีดความสามารถห้องปฏิบัติการให้เท่าเทียมในระดับนานาชาติ และสามารถขยายขอบข่ายห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025:2005 เพื่อเพิ่มศักยภาพให้กับหน่วยงานและองค์กร

## 11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) :-

## 12. เอกสารอ้างอิง

- กนกพร อธิสุข และทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2547. Method Validate. เอกสารประกอบการฝึกอบรมกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- ดุขฎิ มั่นคงความดี และอุมาพร สุข่ม่วง. 2544. การพิสูจน์ความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี (Chemical Method Validation). เอกสารประกอบการฝึกอบรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงสาธารณสุข.
- ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- มาตรฐานสินค้าเกษตร. 2559. สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 55 หน้า.
- Steinwandter H. 1985. Universal 5 min on-line method for extracting and isolating pesticide residues and industrial chemicals. Fresenius Z. anal chem. 322 : 752-754.

## 13. ภาคผนวก

ตารางที่ 7 Mean % recovery ของสารกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid ในมะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)											
	dichlorvos			diazinon			chlorpyrifos-methyl			pirimiphos-methyl		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.011	0.098	0.988	0.009	0.098	0.982	0.010	0.098	0.996	0.009	0.098	0.991
2	0.011	0.098	0.945	0.009	0.098	0.946	0.010	0.098	0.953	0.010	0.098	0.949
3	0.011	0.097	0.997	0.009	0.098	0.986	0.010	0.098	1.003	0.009	0.096	0.989
4	0.011	0.100	0.998	0.009	0.099	0.990	0.010	0.101	1.003	0.010	0.099	0.999
5	0.012	0.094	0.964	0.010	0.094	0.952	0.010	0.095	0.972	0.009	0.093	0.959
6	0.011	0.097	1.008	0.009	0.098	0.989	0.010	0.098	1.008	0.009	0.096	0.996
7	0.011	0.098	0.997	0.010	0.098	0.982	0.010	0.099	1.006	0.010	0.098	0.990
8	0.012	0.097	0.964	0.010	0.095	0.950	0.010	0.099	0.971	0.010	0.095	0.956
9	0.011	0.098	0.962	0.010	0.097	0.945	0.010	0.100	0.968	0.010	0.097	0.954
10	0.011	0.095	0.965	0.010	0.095	0.951	0.010	0.095	0.972	0.011	0.095	0.954
<b>Average</b>	<b>0.011</b>	<b>0.097</b>	<b>0.979</b>	<b>0.010</b>	<b>0.097</b>	<b>0.967</b>	<b>0.010</b>	<b>0.098</b>	<b>0.985</b>	<b>0.010</b>	<b>0.097</b>	<b>0.974</b>
<b>Mean % Recovery</b>	<b>111</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>95</b>	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>100</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>97</b>

ตารางที่ 7 (ต่อ) Mean % recovery ของสารกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid  
ในมะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)								
	chlorpyrifos			pirimiphos-ethyl			ethion		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.011	0.098	1.005	0.009	0.097	0.993	0.010	0.096	0.996
2	0.009	0.098	0.966	0.010	0.097	0.950	0.011	0.096	0.953
3	0.009	0.097	0.993	0.009	0.096	0.990	0.009	0.095	0.997
4	0.010	0.100	1.010	0.010	0.098	1.000	0.011	0.098	1.001
5	0.009	0.094	0.962	0.009	0.093	0.957	0.009	0.092	0.965
6	0.010	0.097	0.998	0.009	0.096	0.993	0.010	0.095	1.002
7	0.010	0.097	0.989	0.010	0.097	0.988	0.010	0.095	0.995
8	0.009	0.096	0.957	0.010	0.095	0.952	0.010	0.095	0.961
9	0.010	0.097	0.952	0.010	0.096	0.952	0.011	0.095	0.959
10	0.010	0.094	0.956	0.010	0.094	0.950	0.011	0.092	0.969
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>0.010</b>	<b>0.097</b>	<b>0.979</b>	<b>0.010</b>	<b>0.096</b>	<b>0.972</b>	<b>0.010</b>	<b>0.095</b>	<b>0.980</b>
<b>Mean % Recovery</b>	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>104</b>	<b>95</b>	<b>98</b>



ตารางที่ 7 (ต่อ) Mean % recovery ของสารกลุ่ม organophosphate และ pyrethroid  
ในมะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)											
	bifenthrin			Lamda cyhalothrin			cypermethrin			deltamethrin		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.009	0.102	1.060	0.009	0.096	0.982	0.009	0.098	1.002	0.009	0.098	1.027
2	0.009	0.108	0.971	0.009	0.101	0.889	0.009	0.099	0.925	0.010	0.098	0.914
3	0.010	0.108	1.073	0.009	0.098	0.975	0.010	0.096	1.013	0.010	0.097	1.030
4	0.010	0.105	0.980	0.009	0.095	0.881	0.009	0.090	0.893	0.009	0.088	0.878
5	0.009	0.102	1.060	0.009	0.089	0.979	0.009	0.087	0.992	0.009	0.086	0.999
6	0.009	0.096	0.999	0.009	0.086	0.912	0.009	0.085	0.919	0.009	0.080	0.936
7	0.010	0.118	1.003	0.009	0.108	0.929	0.010	0.102	0.948	0.009	0.101	0.975
8	0.010	0.107	1.080	0.009	0.094	0.988	0.010	0.087	1.007	0.009	0.086	1.035
9	0.009	0.106	1.008	0.009	0.094	0.917	0.009	0.086	0.902	0.008	0.085	0.904
10	0.009	0.102	0.898	0.009	0.093	0.826	0.009	0.084	0.830	0.009	0.083	0.851
<b>Average</b>	<b>0.009</b>	<b>0.105</b>	<b>1.013</b>	<b>0.009</b>	<b>0.095</b>	<b>0.928</b>	<b>0.009</b>	<b>0.091</b>	<b>0.943</b>	<b>0.009</b>	<b>0.090</b>	<b>0.955</b>
<b>Mean % Recovery</b>	<b>95</b>	<b>105</b>	<b>101</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>91</b>	<b>94</b>	<b>91</b>	<b>90</b>	<b>95</b>

ตารางที่ 8 Precision แบบ repeatability precision ของสาร organophosphate  
และ pyrethroid มะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)											
	dichlorvos			diazinon			chlorpyrifos-methyl			pirimiphos-methyl		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.011	0.095	0.970	0.010	0.100	1.014	0.012	0.096	0.984	0.010	0.098	1.011
2	0.012	0.099	0.992	0.008	0.100	1.027	0.011	0.098	0.998	0.012	0.102	1.020
3	0.012	0.098	1.012	0.010	0.098	1.014	0.011	0.097	1.012	0.010	0.097	1.018
4	0.012	0.100	1.006	0.010	0.101	1.015	0.011	0.101	1.008	0.011	0.100	1.008
5	0.012	0.105	0.984	0.009	0.105	0.991	0.010	0.104	0.989	0.011	0.104	0.986
6	0.012	0.099	1.022	0.009	0.097	1.012	0.011	0.099	1.020	0.012	0.097	1.006
7	0.011	0.099	0.997	0.008	0.097	1.003	0.010	0.099	1.009	0.009	0.098	0.995
8	0.012	0.102	1.004	0.009	0.101	1.005	0.010	0.101	1.018	0.011	0.100	0.993
9	0.012	0.093	1.010	0.008	0.091	0.996	0.010	0.094	1.019	0.011	0.092	0.995
10	0.011	0.094	1.017	0.008	0.092	0.997	0.012	0.094	1.023	0.010	0.091	0.979
Average	0.012	0.098	1.001	0.009	0.098	1.007	0.011	0.098	1.008	0.011	0.098	1.001
SD	0.0005	0.004	0.016	0.001	0.004	0.011	0.001	0.003	0.014	0.001	0.004	0.014
% RSDr	4.129	3.717	1.590	9.794	4.315	1.089	7.304	3.254	1.341	8.866	4.127	1.358
Predicted Horwitz RSD	20.627	14.970	10.558	21.495	14.975	10.548	20.877	14.973	10.547	20.906	14.982	10.558
HORRAT	0.20	0.25	0.15	0.46	0.29	0.10	0.35	0.22	0.13	0.42	0.28	0.13

ตารางที่ 8 (ต่อ) Precision แบบ repeatability precision ของสาร organophosphate  
และ pyrethroid มะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)								
	chlorpyrifos			pirimiphos-ethyl			ethion		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.012	0.099	1.005	0.011	0.099	1.010	0.010	0.101	1.011
2	0.012	0.100	1.014	0.010	0.100	1.021	0.009	0.101	1.023
3	0.013	0.100	1.011	0.011	0.102	1.012	0.011	0.102	1.014
4	0.012	0.101	1.005	0.011	0.101	1.009	0.011	0.099	1.004
5	0.009	0.103	0.982	0.008	0.103	0.985	0.009	0.104	0.981
6	0.011	0.098	1.005	0.012	0.098	1.005	0.012	0.096	0.997
7	0.010	0.098	0.994	0.009	0.098	0.994	0.010	0.098	0.984
8	0.011	0.100	0.997	0.010	0.100	0.993	0.011	0.100	0.987
9	0.012	0.092	0.993	0.011	0.091	0.994	0.010	0.092	0.988
10	0.012	0.093	0.989	0.012	0.092	0.980	0.011	0.090	0.978
Average	0.011	0.098	1.000	0.011	0.098	1.000	0.010	0.098	0.997
SD	0.001	0.003	0.010	0.001	0.004	0.013	0.001	0.004	0.016
% RSDr	10.296	3.477	1.016	12.089	4.042	1.306	9.289	4.525	1.560
Predicted Horwitz RSD	20.708	14.971	10.561	20.965	14.970	10.560	20.996	14.073	10.565
<b>HORRAT</b>	<b>0.50</b>	<b>0.23</b>	<b>0.10</b>	<b>0.58</b>	<b>0.27</b>	<b>0.12</b>	<b>0.44</b>	<b>0.30</b>	<b>0.15</b>

ตารางที่ 8 (ต่อ) Precision แบบ repeatability precision ของสาร organophosphate  
และ pyrethroid มะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)											
	bifenthrin			Lamda cyhalothrin			cypermethrin			deltamethrin		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.011	0.097	0.942	0.008	0.100	0.952	0.012	0.097	1.001	0.011	0.096	0.998
2	0.011	0.097	0.915	0.008	0.100	0.924	0.010	0.099	0.968	0.010	0.097	0.963
3	0.011	0.095	0.938	0.008	0.098	0.947	0.011	0.096	1.000	0.011	0.093	0.991
4	0.011	0.099	0.931	0.008	0.102	0.940	0.011	0.100	0.989	0.010	0.098	0.982
5	0.011	0.099	0.920	0.008	0.103	0.925	0.011	0.101	0.967	0.010	0.099	0.951
6	0.011	0.099	0.958	0.008	0.103	0.968	0.011	0.101	1.018	0.010	0.099	1.005
7	0.011	0.099	0.944	0.008	0.103	0.950	0.011	0.101	0.983	0.010	0.100	0.972
8	0.011	0.102	0.951	0.008	0.103	0.959	0.011	0.104	0.995	0.010	0.103	0.988
9	0.011	0.102	0.940	0.008	0.105	0.947	0.012	0.103	0.979	0.010	0.102	0.968
10	0.011	0.101	0.968	0.008	0.105	0.976	0.012	0.102	1.028	0.010	0.101	1.027
Average	0.011	0.099	0.941	0.008	0.102	0.949	0.011	0.100	0.993	0.010	0.099	0.985
SD	0.0002	0.0022	0.0161	0.0001	0.0023	0.0166	0.0006	0.0026	0.0198	0.0002	0.0029	0.0221
% RSDr	1.909	2.214	1.712	0.808	2.239	1.751	5.542	2.553	1.997	1.852	2.925	2.249
Predicted Horwitz RSD	20.823	14.953	10.658	21.813	14.886	10.644	20.748	14.924	10.571	21.026	14.965	10.585
HORRAT	0.09	0.15	0.16	0.04	0.15	0.16	0.27	0.17	0.19	0.09	0.20	0.21

ตารางที่ 9 Precision แบบ reproducibility precision ของสาร organophosphate  
และ pyrethroid มะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)											
	dichlorvos			diazinon			chlorpyrifos-methyl			pirimiphos-methyl		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.013	0.095	1.010	0.010	0.093	0.993	0.011	0.094	1.012	0.010	0.092	0.985
2	0.012	0.097	1.009	0.009	0.097	1.012	0.011	0.097	1.010	0.010	0.097	1.013
3	0.011	0.101	1.003	0.009	0.101	1.012	0.010	0.100	1.002	0.009	0.101	1.007
4	0.009	0.093	1.012	0.008	0.093	1.025	0.011	0.093	1.018	0.010	0.093	1.022
5	0.013	0.093	1.004	0.011	0.094	1.009	0.010	0.092	1.006	0.012	0.101	1.004
6	0.012	0.097	1.023	0.010	0.092	1.004	0.011	0.096	1.025	0.011	0.092	1.005
7	0.011	0.095	1.001	0.011	0.094	1.011	0.010	0.095	0.997	0.011	0.095	1.010
8	0.011	0.094	1.002	0.010	0.095	1.014	0.011	0.093	1.003	0.010	0.093	1.006
9	0.011	0.102	0.980	0.009	0.078	0.978	0.010	0.098	0.981	0.010	0.099	0.968
10	0.010	0.098	0.982	0.011	0.099	0.981	0.012	0.102	0.979	0.009	0.098	0.976
Average	0.011	0.097	1.003	0.010	0.094	1.004	0.011	0.096	1.004	0.010	0.096	1.000
SD	0.0010	0.003	0.013	0.001	0.006	0.015	0.001	0.003	0.015	0.001	0.004	0.017
% RSDr	8.687	3.373	1.312	9.810	6.492	1.523	6.633	3.299	1.466	8.482	3.697	1.717
Predicted Horwitz RSD	31.413	22.747	15.993	32.073	22.854	15.991	31.714	22.767	15.992	31.939	22.765	16.001
HORRAT	0.28	0.15	0.08	0.31	0.28	0.10	0.21	0.14	0.09	0.27	0.16	0.11

ตารางที่ 9 (ต่อ) Precision แบบ repeatability precision ของสาร organophosphate  
และ pyrethroid มะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)								
	chlorpyrifos			pirimiphos-ethyl			ethion		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.012	0.093	0.991	0.010	0.092	0.985	0.010	0.092	0.987
2	0.014	0.096	1.007	0.010	0.096	1.011	0.012	0.096	1.010
3	0.010	0.100	1.009	0.010	0.101	1.009	0.011	0.101	1.005
4	0.010	0.092	1.015	0.010	0.095	1.018	0.010	0.092	1.016
5	0.011	0.094	1.003	0.011	0.100	1.002	0.012	0.106	0.997
6	0.011	0.093	1.000	0.011	0.095	0.997	0.011	0.094	1.017
7	0.011	0.094	1.007	0.010	0.093	1.005	0.011	0.094	1.000
8	0.011	0.095	1.003	0.010	0.095	1.008	0.010	0.096	1.005
9	0.011	0.097	0.969	0.010	0.099	0.972	0.010	0.099	0.964
10	0.011	0.098	0.977	0.011	0.097	0.975	0.011	0.101	0.973
Average	0.011	0.095	0.998	0.010	0.096	0.998	0.011	0.097	0.997
SD	0.001	0.003	0.015	0.001	0.003	0.016	0.001	0.004	0.018
% RSDr	10.339	2.706	1.483	4.912	3.167	1.574	6.877	4.628	1.789
Predicted Horwitz RSD	31.498	22.794	16.005	31.847	22.757	16.004	31.649	22.730	16.006
<b>HORRAT</b>	<b>0.33</b>	<b>0.12</b>	<b>0.09</b>	<b>0.15</b>	<b>0.14</b>	<b>0.10</b>	<b>0.22</b>	<b>0.20</b>	<b>0.11</b>

ตารางที่ 9 (ต่อ) Precision แบบ repeatability precision ของสาร organophosphate  
และ pyrethroid มะม่วง

Sample No.	Found Pesticides Concentration (mg/kg)											
	bifenthrin			Lamda cyhalothrin			cypermethrin			deltamethrin		
	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
1	0.011	0.099	0.958	0.008	0.103	0.968	0.012	0.101	1.018	0.010	0.099	1.005
2	0.010	0.097	1.013	0.008	0.101	1.025	0.010	0.099	1.035	0.011	0.098	1.043
3	0.011	0.100	0.952	0.009	0.102	0.964	0.011	0.096	0.971	0.009	0.099	0.981
4	0.011	0.098	1.020	0.010	0.100	1.021	0.010	0.097	1.032	0.010	0.098	1.039
5	0.011	0.106	1.023	0.010	0.096	1.020	0.010	0.098	1.032	0.010	0.093	1.006
6	0.010	0.105	0.980	0.009	0.097	0.984	0.010	0.095	0.996	0.010	0.094	1.001
7	0.010	0.102	1.012	0.010	0.096	1.014	0.010	0.096	1.029	0.010	0.094	1.011
8	0.010	0.102	0.981	0.010	0.105	0.975	0.010	0.105	0.987	0.010	0.109	0.985
9	0.010	0.098	0.989	0.010	0.101	0.990	0.010	0.100	0.997	0.099	0.100	0.990
10	0.011	0.099	0.979	0.010	0.099	0.976	0.010	0.099	0.986	0.009	0.101	0.983
Average	0.010	0.101	0.991	0.009	0.100	0.994	0.010	0.098	1.008	0.010	0.098	1.004
SD	0.0005	0.0030	0.0253	0.0010	0.0031	0.0239	0.0008	0.0030	0.0235	0.0005	0.0047	0.0219
% RSDr	4.851	2.950	2.552	10.735	3.093	2.402	7.872	3.013	2.332	4.549	4.786	2.184
Predicted Horwitz RSD	31.794	22.608	16.023	32.524	22.630	16.015	31.781	22.679	15.980	31.908	22.682	15.990
HORRAT	0.15	0.13	0.16	0.33	0.14	0.15	0.25	0.13	0.15	0.14	0.21	0.14