

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

-----

1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. **โครงการวิจัย** : การศึกษาความรุนแรงของผลกระทบและการเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษร้ายแรงหรือมีความคงทนในสภาพแวดล้อม
  - กิจกรรม** : การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในพืชผัก ผลไม้
  - กิจกรรมย่อย** : การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้จากแหล่งที่ได้รับการรับรองระบบ GAP
3. **ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย)** : วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้ในพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 2 หลังการรับรองระบบ GAP
 

**ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ)** : Qualitative and Quantitative of Pesticide Residues in Crops in Office of Agricultural Research and Development Region 2 Areas After Good Agricultural Practice System Certify
4. **คณะผู้ดำเนินการ**
  - หัวหน้าการทดลอง** นางสาวเบญจมาศ ใจแก้ว สังกัด กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2
  - ผู้ร่วมงาน**
    - นายยสิทธิ์ อินทรสถิตย์ สังกัด กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2
    - นางสาวสุธินี สาสีลัง สังกัด กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2
    - นางพรศิริ สายะพันธ์ สังกัด กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2

### 5. บทคัดย่อ

จากการตรวจติดตามสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรจากแปลงที่ผ่านการรับรองระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ในเขตสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 2 หลังการรับรองระบบ GAP ได้แก่ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร ตาก เพชรบูรณ์ และอุตรดิตถ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558 มีการสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตเพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรทั้งหมด 1,025 ตัวอย่าง จากพืช 27 ชนิด เป็นตัวอย่างจากแหล่งปลูก 661 ตัวอย่าง แหล่งรวบรวมผลผลิต 243 ตัวอย่าง และแหล่งจำหน่ายผลผลิต 121 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphates 23 สาร สารกลุ่ม organochlorines 3 สาร สารกลุ่ม carbamate 9 สาร สารกลุ่ม pyrethroids 6 สาร และ carbendazim ใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Steinwandter (Steinwandter H, 1985) จากการศึกษาพบการตกค้าง

ของสารพิษในตัวอย่างจากแหล่งปลูก แหล่งรวบรวม และแหล่งจำหน่าย จำนวน 192, 64 และ 30 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 29, 26 และ 30 ของจำนวนตัวอย่างพืชทั้งหมดในแต่ละแหล่งตามลำดับ จากข้อมูลการวิเคราะห์พบการตกค้างของสารพิษ 23 ชนิดสาร โดยชนิดสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด ได้แก่ chlorpyrifos คิดเป็นร้อยละ 25

---

รหัสการทดลอง 03-06-54-05-02-03-02-54

cypermethrin คิดเป็นร้อยละ 27 ส่วนใหญ่พบในตัวอย่างพริกและมะม่วง เมื่อนำข้อมูลชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน หรือ ค่า MRLs โดยใช้เกณฑ์พิจารณาเรียงลำดับ ดังนี้ มกษ 2556, Codex MRLs และประเทศคู่ค้า ได้แก่ EU MRLs และ Japan MRLs ตามลำดับ พบตัวอย่างที่มีการตกค้างของสารพิษเกินค่า MRLs จากแหล่งปลูก แหล่งรวบรวม และแหล่งจำหน่าย จำนวน 17, 5 และ 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 2.6, 2.1 และ 9.9 ของตัวอย่างวิเคราะห์ทั้งหมดตามลำดับ พืชที่พบการตกค้างเกินค่า MRLs ได้แก่ มะม่วง มะเขือม่วง มะนาว โหระพา ผักกวางตุ้ง คื่นช่าย ถั่วฝักยาว ผักคะน้า มะเขือ และพริก และพบสารที่เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ได้แก่ในมะนาว ตรวจพบ EPN (0.02-0.11 mg/kg) ผักกวางตุ้ง ตรวจพบ dicrotophos (3.57 mg/kg) และ monocrotophos (1.14 mg/kg) คื่นช่าย ตรวจพบ alpha -endosulfan (0.11 mg/kg), beta-endosulfan (0.05 mg/kg), Endosulfan sulfate (0.30 mg/kg) และ dicrotophos (0.30 mg/kg) พริก ตรวจพบ EPN(0.02-0.03 mg/kg) มะเขือม่วง ตรวจพบ dicrotophos (0.20 mg/kg) และกะหล่ำปลี ตรวจพบ dicrotophos (8.44 mg/kg) จากการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการแจ้งผู้เกี่ยวข้องได้แก่ ส่วนถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 และสำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืชเพื่อดำเนินการสำหรับพืชผักผลไม้ที่ไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งจะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรพบสารพิษตกค้างไม่เกินค่ามาตรฐานและปลอดภัยต่อผู้บริโภคต่อไป

### Abstract

To monitoring pesticide residues in agricultural products from Good Agricultural Practices (GAP) in the Office of Agricultural Research and Development Region 2 certified GAP system include Sukhothai, Phitsanulok, Kamphaeng Phet, Phichit, Tak, Phetchabun and Uttaradit. during the month of October 2553 to the month of September 2558 with a random sample output to determine the type and amount of toxic residues, agricultural total 1,025 samples from plants, 27 species are sample of growing 661 sample, collection yielding 243 samples and the distribution yield 121 samples. Residue Analysis group organophosphates 23 compounds organochlorines 3 compounds carbamate 9 compounds pyrethroids 6 compounds and carbendazim use analytical methods adapted from the method of Steinwandter (Steinwandter H, 1985), the study found a buildup of toxins in samples from the source. growing collection and distribution of 192, 64 and 30 samples representing 29, 26 and 30 of the total number of

plants in each, respectively. Data from the analysis of residues of toxic substances by 23 compounds of residues found were chlorpyrifos 25 percent cypermethrin 27 percent of the samples found in mango and chilli. When the data type and the pesticide residues detected were compared with standard or MRLs criteria consider the following order: the MOAC 2556, Codex MRLs and partner countries, including EU MRLs and Japan MRLs respectively samples are. the buildup of toxic substances exceeding the MRLs from growing collection and distribution of 17, 5 and 12 percent, for example 2.6, 2.1 and 9.9, respectively, all of the samples analyzed. Crop residues exceeding the MRLs were found to include mango, eggplant, lime, basil, chinese white cabbage, celery, yard long bean, kale, and chilli and Hazardous Substances Type 4 in lime detected EPN (0.02-0.11 mg/kg). chinese white cabbage detected dicrotophos (3.57 mg/kg) and monocrotophos (1.14 mg/kg) celery detect alpha-endosulfan (0.11 mg/kg), beta-endosulfan (0.05 mg/kg), Endosulfan sulfat (0.30 mg/kg) and dicrotophos (0.30 mg/kg) chili detected EPN (0.02-0.03 mg/kg) eggplant detected dicrotophos (0.20 mg/kg) and cabbage detected dicrotophos (8.44 mg/kg) of the study. This has informed the stakeholders are Group of Technology Transfer , Office of Agricultural Research and Development Region 2 and Plant Standard and Certification Division for vegetables that are not safe for the consumer. Which makes agricultural residues found up to standard and safe for the consumer.

## 6. คำนำ

การศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างพืชผักผลไม้ในพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 หลังการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช เพื่อต้องการทราบชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิตการเกษตรที่ใช้บริโภคภายในประเทศ และสินค้าเกษตรส่งออก โดยทำการตรวจวิเคราะห์ในพืชผักผลไม้จากแปลงผลิต แหล่งรวบรวม และแหล่งจำหน่ายในพื้นที่ของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 และเป็นการติดตามคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร ที่ผ่านการรับรองโดยกรมวิชาการเกษตรที่วางจำหน่ายในพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 เพื่อจะได้ทราบสถานการณ์โดยรวมของสารพิษตกค้างในผลผลิตการเกษตร ที่ใช้บริโภคในประเทศและสินค้าเกษตร ส่งออกซึ่งจะทำให้เกิดการผลิตสินค้าเกษตรตามความต้องการรวมทั้งสามารถกำหนดพื้นที่ปลูก ควบคุม และแก้ไขอย่างมีระบบ ให้เกษตรกรปลูกพืชตามระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช เกิดภาพ ลักษณะที่ดีสำหรับสินค้าเกษตรส่งออกจากประเทศไทย ได้ข้อมูลชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืช ผักต่างๆ ที่มีการใช้สารเคมีสูง และประชาชนในแต่ละท้องถิ่นบริโภคเป็นประจำ

สามารถระบุได้ว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้มีการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและเหมาะสม เนื่อง จากมีระบบการตรวจสอบย้อนกลับ และการเฝ้าระวัง

## 7. วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

1. ตัวอย่างพืชผักผลไม้ที่สุ่มเก็บจาก 3 แหล่ง คือ แปลงเกษตรกร จุตรรวบรวม และแหล่งจำหน่าย
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างพืชผักผลไม้ ได้แก่ ถุงมือ ถุงพลาสติก
3. เครื่องมือ สารเคมี สารมาตรฐาน เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

### วิธีการ

#### 1. การวางแผนการดำเนินงาน

การศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างพืชผักผลไม้ในพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 หลังการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช ในพื้นที่รับผิดชอบได้แก่ สุโขทัยพิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร ตาก เพชรบูรณ์ และอุตรดิตถ์ ซึ่งจะดำเนินการตามแผนโดยสุ่มเก็บตัวอย่างจาก 3 แหล่ง คือ จากแปลงเกษตรกรที่ผ่านการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช จากจตุรรวบรวม จากแหล่งจำหน่าย ดังนั้นเพื่อให้การตรวจวิเคราะห์ได้ผลถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็ว และทันเวลา มีแผนการดำเนินงานดังนี้

1.1 การวางแผนเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการให้พร้อมที่จะทำการสกัด และรวมทั้งเครื่องมือตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี จะต้องเตรียมพร้อมให้อยู่ในสภาพที่พร้อมสำหรับการใช้งานได้ทันทีที่ตัวอย่างส่งมาถึงห้องปฏิบัติการ

1.2 วางแผนการออกสุ่มเก็บตัวอย่างในพื้นที่รับผิดชอบได้แก่ สุโขทัยพิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร ตาก เพชรบูรณ์ และอุตรดิตถ์ ซึ่งจะดำเนินการโดยสุ่มเก็บตัวอย่างจาก 3 แหล่ง คือจากแปลงเกษตรกรที่ผ่านการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชจำนวน 100 ตัวอย่าง จากจตุรรวบรวมจำนวน 50 ตัวอย่าง และจากแหล่งจำหน่ายจำนวน 50 ตัวอย่าง

#### 2. การสุ่มเก็บตัวอย่าง

เจ้าหน้าที่ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชผักผลไม้ ณ แปลงเกษตรกรที่ผ่านการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช จุตรรวบรวม และแหล่งจำหน่าย ตามคู่มือการใช้บริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างคุณภาพวัตถุดิบพืชการเกษตรและสารธรรมชาติ (กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร, 2548) โดยดำเนินการดังนี้

## 2.1 วิธีการเก็บตัวอย่างพืชผักผลไม้จากไร่หรือแปลงปลูก

แปลงรูปยาวตลอด : ให้สุ่มโดยคัดแถวที่ปลูกหัวแปลงท้ายแปลงและด้านข้าง 2 ข้าง ทิ้งไป เลือกเฉพาะแถวกลางๆ ซึ่งมีที่ต้นก็ตาม ใช้วิธีจับฉลากเลือกมา 1 แถว แล้วสุ่มเก็บเฉพาะที่จับฉลากได้ โดยเว้น 3-5 ต้น แล้วแต่จำนวนต้นทั้งหมดในแปลงเพื่อให้ได้จำนวนตัวอย่างเท่าที่ต้องการ

แปลงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือกึ่งจัตุรัส : ให้สุ่มเก็บในแนวทแยง โดยเว้นต้นให้ได้จำนวนตามที่ต้องการ

แปลงรูปร่างอื่น : ถ้าพื้นที่มีขนาดเล็ก ให้เลือกตัวอย่างร่องเว้นร่อง หรือ ถ้าพื้นที่มีขนาดใหญ่ให้เลือกตัวอย่างเว้น 2-3 ร่อง โดยเลือกตัวอย่างที่มีขนาดกลางๆ ไม่ใหญ่และเล็กจนเกินไป และเป็นตัวอย่างที่ขึ้นภาพในช่วงความยาว 50 เซนติเมตร ของบริเวณที่เลือกนั้นๆ

## 2.2 วิธีชักตัวอย่างจากโรงคัดบรรจุหรือแหล่งจำหน่าย

ใช้หลักเกณฑ์ในการสุ่มตัวอย่างดังนี้

| น้ำหนักตัวอย่างในรุ่นทั้งหมด (ก.ก.) | จำนวนจุดที่เก็บ |
|-------------------------------------|-----------------|
| น้อยกว่า 50                         | 3               |
| 51-500                              | 5               |
| 501-2,000                           | 10              |
| มากกว่า 2,000                       | 15              |

## 2.3 ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

| ชนิดผัก-ผลไม้  | น้ำหนัก (กิโลกรัม)           |
|--|------------------------------|
| 1. พืชขนาดเล็ก (น้ำหนักหน่วยละไม่เกิน 25 กรัม เช่น พุทรา องุ่น)            | 1                            |
| 2. พืชขนาดกลาง (น้ำหนักหน่วยละประมาณ 25-250 กรัม เช่น ส้ม แดงควา แอปเปิ้ล) | 1 (ต้องมีอย่างน้อย 10 หน่วย) |
| 3. พืชขนาดใหญ่ (น้ำหนักหน่วยเกิน 250 กรัม เช่น แดงโม กะหล่ำปลี)            | 2 (ต้องมีอย่างน้อย 5 หน่วย)  |
| 4. ธัญพืช  | 1                            |
| 5. พืชน้ำหนักเบา เช่น สมุนไพรต่างๆ   | 0.5                          |
| 6. พืชอาหารสัตว์   | 1 (ต้องมีอย่างน้อย 10 หน่วย) |

ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติกใหม่ที่สะอาด ไม่ต้องเช็ดหรือล้างตัวอย่าง

การเก็บรักษาระหว่างการนำส่ง : ควรนำส่งตัวอย่างโดยเร็วที่สุด ระหว่างนำส่งให้แช่เย็นหรือแช่น้ำแข็ง หลีกเลี่ยงแสงแดด กรณีไม่สามารถนำส่งได้ทันทีให้เก็บรักษาโดยการแช่เย็น

### 3. การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ได้มาทำการลงทะเบียนรับตัวอย่าง ระบุ หมายเลขตัวอย่าง และบันทึกรายละเอียดตัวอย่าง วัน เดือน ปี ที่สุ่มตัวอย่าง เมื่อตัวอย่างมาถึงห้องปฏิบัติการก่อนส่งให้เจ้าหน้าที่เตรียมตัวอย่าง

#### การเตรียมตัวอย่างผัก

- พริก เด็ดก้านพริกทิ้ง คลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปปั่นให้ละเอียด
- ข้าวโพดฝักอ่อน นำมาหั่นและปั่นให้ละเอียด
- ชিং แบ่งชิ่งครึ่งหนึ่งจากทุกแง่ง นำมาหั่นและปั่นให้ละเอียด
- ใบมะกรูด เด็ดเฉพาะใบ แล้วนำมาปั่นให้ละเอียด
- โหระพา เด็ดยอด และเด็ดใบที่รับประทานได้ นำมาปั่นให้ละเอียด
- ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง ตัดรากทิ้ง นำมาหั่นและปั่นให้ละเอียด
- ถั่วงอกยาว มะนาว มะเขือม่วง นำมาหั่นและปั่นให้ละเอียด

#### การเตรียมตัวอย่างผลไม้

- แตงโม และฝรั่ง วิเคราะห์ทั้งเนื้อและเปลือกรวมกันโดยไม่ต้องเอาเมล็ดออก
- มะม่วง แบ่งครึ่งผลมะม่วงนำส่วนที่ไม่มีเมล็ดไปปั่นให้ละเอียดและคลุกเคล้าให้เข้ากัน

### 4. การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

#### 4.1 การสกัดสารพิษตกค้าง

การสกัดสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้ดำเนินการโดยวิธี In-house Test Method based on Steinwandter H. (1985)

#### 4.2 การตรวจวัดสารพิษตกค้าง

- วิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ด้วยเครื่อง GC-FPD detector
- วิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และ กลุ่มไพรีทรอยด์ ด้วยเครื่อง GC-ECD detector
- วิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มกลุ่มคาร์บาเมต ด้วยเครื่อง HPLC-FLD detector
- วิเคราะห์สาร carbendazim ด้วยเครื่อง HPLC-DAD detector

#### เวลาและสถานที่

ระยะเวลา เดือนตุลาคม 2553 - กันยายน 2558 ระยะเวลา 5 ปี

สถานที่ดำเนินการ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชผักผลไม้ในพื้นที่รับผิดชอบได้แก่ สุโขทัย พิษณุโลก

กำแพงเพชร พิจิตร ตาก เพชรบูรณ์ และอุตรดิตถ์ ทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 2 จ.พิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. ตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์

ได้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจติดตามการตกค้างของสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร โดยได้สุ่มตัวอย่างจาก 3 แหล่ง ได้แก่ แหล่งปลูกที่ผ่านการรับรองระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) จุฑารวมผลผลิต และจุดจำหน่ายผลผลิต ในเขตพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร ตาก เพชรบูรณ์ และอุตรดิตถ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวนทั้งสิ้น 1,025 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างจากแหล่งปลูก 661 ตัวอย่าง จุฑารวมผลผลิต 243 ตัวอย่าง และจุดจำหน่ายผลผลิต 121 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 27 พืช จำนวนตัวอย่างที่สุ่มวิเคราะห์แต่ละชนิดพืชมีดังนี้ กะหล่ำปลี(76 ตัวอย่าง), ผักกวางตุ้ง (11 ตัวอย่าง), ผักคะน้า (13 ตัวอย่าง), ผักบุ้ง (4 ตัวอย่าง), คื่นช่าย (8 ตัวอย่าง), เห็ดเข็มทอง (10 ตัวอย่าง), ผักสลัด (ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์) (32 ตัวอย่าง), มะนาว(71 ตัวอย่าง), ฝรั่ง(87 ตัวอย่าง), มะเขือม่วง(49 ตัวอย่าง), มะเขือ(5 ตัวอย่าง), พริก(188 ตัวอย่าง), หอมแดง(44 ตัวอย่าง), หน่อไม้ฝรั่ง(57 ตัวอย่าง), ใบมะกรูด(9 ตัวอย่าง), โหระพา(12 ตัวอย่าง), ข่า(3 ตัวอย่าง), ตะไคร้(5 ตัวอย่าง), พริกทอง(3 ตัวอย่าง), ข้าวโพดฝักอ่อน(5 ตัวอย่าง), ถั่วฝักยาว(4 ตัวอย่าง), มะม่วง(244 ตัวอย่าง), ฝรั่ง(19 ตัวอย่าง), แดงโม(37 ตัวอย่าง), ส้มโอ(21 ตัวอย่าง), มะละกอ(2 ตัวอย่าง)และ สับปะรด(5 ตัวอย่าง) (ตารางที่ 1)

### 2. ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืช

จากผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างพืช 1,025 ตัวอย่าง เพื่อหาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง 4 กลุ่มสาร และ 1 สาร ได้แก่ กลุ่ม organophosphates 23 สาร สารกลุ่ม organochlorines 3 สาร สารกลุ่ม carbamate 9 สาร สารกลุ่ม pyrethroids 6 สาร และ carbendazim ใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Steinwandter (Steinwandter H, 1985) พบการตกค้างของสารพิษในตัวอย่างทั้งสิ้น 286 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 28 ของจำนวนตัวอย่างพืชทั้งหมด โดยแต่ละแหล่งของตัวอย่าง ได้แก่ แหล่งปลูก แหล่งรวบรวมผลผลิต และแหล่งจำหน่ายผลผลิต พบการตกค้าง 129, 64 และ 30 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 29, 26 และ 25 ของจำนวนตัวอย่างพืชทั้งหมดในแต่ละแหล่ง ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 1) และเมื่อพิจารณาในแต่ละแหล่งของตัวอย่าง พบชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง ดังนี้

#### 2.1 ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากแหล่งปลูก

จากตัวอย่างวิเคราะห์ 661 ตัวอย่าง 12 พืช ตรวจพบการตกค้าง 192 ตัวอย่าง จาก 9 พืช โดยแต่ละพืชตรวจพบจำนวนการตกค้าง ดังนี้ กะหล่ำปลี(1 ตัวอย่าง), ผักสลัด(ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์) (11 ตัวอย่าง), มะนาว(35 ตัวอย่าง), มะเขือม่วง(17 ตัวอย่าง), พริก(69 ตัวอย่าง), มะม่วง(38 ตัวอย่าง), ฝรั่ง(4 ตัวอย่าง), แดงโม(2 ตัวอย่าง) และ ส้มโอ(15 ตัวอย่าง) โดยพืชที่ตรวจพบสารตกค้างมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ พริก ตรวจพบทั้งหมด 69 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 54 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด มะม่วง ตรวจพบทั้งหมด 38 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 21 ของจำนวนตัวอย่างมะม่วง ทั้งหมด และมะนาว ตรวจพบทั้งหมด 35 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 49 ของจำนวนตัวอย่างมะนาวทั้งหมด (ตารางที่ 2)

ชนิดสารพิษตกค้างที่ตรวจพบทั้งหมดมี 16 สาร ดังนี้ chlorpyrifos, profenophos, EPN, methidathion, cypermethrin, cyhalothrin, deltamethrin, methomyl, ethion, dimethoate, omethoate, l-cyhalothrin, pirimiphos methyl, triazophos, dicrotophos และ malathion จากผลการวิเคราะห์ ชนิดสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ chlorpyrifos และ cypermethrin โดยพบจำนวน 191 และ 189 ตัวอย่าง ตามลำดับ และส่วนใหญ่พบตกค้างในพริก โดย chlorpyrifos และ cypermethrin พบตกค้างในพริกจำนวน 69 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 54 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด พืชที่ตรวจพบจำนวนชนิดสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ พริก และมะม่วง โดยพริก ตรวจพบทั้งหมด 13 สาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-0.67 mg/kg), ethion(0.01mg/kg), profenophos(0.01-0.79mg/kg), methidathion (0.06mg/kg), cypermethrin(0.01-0.42mg/kg), cyhalothrin(0.01mg/kg), EPN(0.02-0.03mg/kg), deltamethrin(0.01-0.21mg/kg), pirimiphos methyl(0.01mg/kg), dimethoate(0.01-0.06mg/kg), omethoate(0.03mg/kg), l-cyhalothrin (0.01-0.06mg/kg) และ methomyl(0.01-0.94mg/kg) ส่วนมะม่วง ตรวจพบทั้งหมด 6 สาร ช่วงปริมาณดังนี้ cyhalothrin (0.01mg/kg), chlorpyrifos (0.01-0.18mg/kg), pirimiphos-methyl(0.01mg/kg), cypermethrin(0.01-0.06 mg/kg), profenofos(0.01mg/kg) และ ethion(0.09mg/kg)

## 2.2 ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากแหล่งรวบรวมผลผลิต

จากตัวอย่างวิเคราะห์ 243 ตัวอย่าง 11 พืช ตรวจพบการตกค้าง 64 ตัวอย่าง จาก 6 พืช โดยแต่ละพืชตรวจพบจำนวนการตกค้าง ดังนี้ ใบมะกรูด (6 ตัวอย่าง), โหระพา(8 ตัวอย่าง), พริก(31 ตัวอย่าง), ข่า (1 ตัวอย่าง), มะม่วง(17 ตัวอย่าง) และหอมแดง(1 ตัวอย่าง) โดยพืชที่ตรวจพบสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ พริก และมะม่วง โดยพริก ตรวจพบทั้งหมด 31 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 63 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด และ มะม่วง ตรวจพบทั้งหมด 17 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 25 ของจำนวนตัวอย่างมะม่วงทั้งหมด (ตารางที่ 3)



ชนิดสารพิษตกค้างที่ตรวจพบทั้งหมดมี 9 ชนิดสาร ดังนี้ chlorpyrifos, triazophos, cypermethrin, profenofos, deltamethrin, cyhalothrin, l-cyhalothrin, ethion และ carbofuran จากผลการวิเคราะห์ ชนิดสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ cypermethrin และ chlorpyrifos โดยพบจำนวน 62 และ 49 ตัวอย่าง ตามลำดับ และพืชที่ตรวจพบจำนวนชนิดสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ พริก และมะม่วง โดยพริก ตรวจพบทั้งหมด 7 สาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-0.06mg/kg), triazophos(0.03mg/kg), cypermethrin(0.01-0.04mg/kg), profenofos(0.01-2.04mg/kg), deltamethrin (0.01mg/kg), cyhalothrin(0.03mg/kg) และ l-cyhalothrin(0.01-0.05mg/kg) ส่วนมะม่วง ตรวจพบทั้งหมด 3 สาร ช่วงปริมาณ ดังนี้ chlorpyrifos(0.01-0.10mg/kg), cypermethrin(0.01-0.16mg/kg) และ cyhalothrin(0.01mg/kg)

### 2.3 ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากแหล่งจำหน่ายผลผลิต

จากตัวอย่างวิเคราะห์ 121 ตัวอย่าง 15 พืช ตรวจพบการตกค้าง 30 ตัวอย่าง จาก 10 พืช โดยแต่ละพืชตรวจพบจำนวนการตกค้าง ดังนี้ ผักกวางตุ้ง(1 ตัวอย่าง), คื่นช่าย(3 ตัวอย่าง), ถั่วฝักยาว(1 ตัวอย่าง), ผักคะน้า(5 ตัวอย่าง), ผักบุ้ง(1 ตัวอย่าง), พริก(3 ตัวอย่าง), มะเขือ(2 ตัวอย่าง), แดงโม(6 ตัวอย่าง), ฝรั่ง(6 ตัวอย่าง) และเห็ดเข็มทอง(2 ตัวอย่าง) โดยพืชที่ตรวจพบสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ ฝรั่ง และแดงโม โดยฝรั่ง ตรวจพบทั้งหมด 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างฝรั่งทั้งหมด และแดงโม ตรวจพบทั้งหมด 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 38 ของจำนวนตัวอย่างแดงโมทั้งหมด (ตารางที่ 4)

ชนิดสารพิษตกค้างที่ตรวจพบทั้งหมดมี 15 สาร ดังนี้ chlorpyrifos, alpha -endosulfan, beta-endosulfan, endosulfan sulfate, dicrotophos, methidathion, cypermethrin, monocrotophos, EPN, omethoate, pirimiphos-methyl, profenofos, prothiophos, ethion และ malathion จากผลการวิเคราะห์ ชนิดสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ cypermethrin และ chlorpyrifos โดยพบจำนวน 29 และ 24 ตัวอย่าง ตามลำดับ และพืชที่ตรวจพบจำนวนชนิดสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ คื่นช่ายและฝรั่ง โดยคื่นช่าย ตรวจพบทั้งหมด 7 สาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-5.15mg/kg), alpha -endosulfan (0.11mg/kg), beta-endosulfan(0.05mg/kg), endosulfan sulfate(0.30mg/kg), dicrotophos(0.30mg/kg), methidathion(0.08-0.27mg/kg) และ cypermethrin(0.03-0.29mg/kg) ส่วนฝรั่ง ตรวจพบทั้งหมด 5 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ prothiophos(0.01-0.03mg/kg), chlorpyrifos(0.02-0.03mg/kg), ethion (0.01 mg/kg), cypermethrin(0.01-0.13mg/kg), malathion(0.02mg/kg),

จากผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากตัวอย่างที่สุ่มเก็บทั้ง 3 แหล่ง จะพบว่าพืชที่มีความเสี่ยงสูงในการตรวจพบสารเคมีตกค้างทางการเกษตร ได้แก่ พริก มะม่วง คื่นช่าย ฝรั่ง และมะนาว โดยเฉพาะพริก จะพบจำนวนตัวอย่างที่มีการตกค้างและจำนวนชนิดของสารเคมีที่ตกค้างมากกว่าพืชชนิดอื่น สะท้อนให้เห็นถึงเกษตรกรมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพริกหลายหลายชนิด ทั้งนี้เนื่องจากพริกเป็นพืชที่มีศัตรูพืชและโรคจำนวนมาก ต้องมีการดูแลรักษาโดยการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต นอกจากนี้จากข้อมูลยังแสดงให้เห็นว่า เกษตรกรมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืคลากหลายชนิด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ตรวจพบมากถึง 19 สาร แต่ที่พบการตกค้างบ่อยครั้ง ได้แก่ chlorpyrifos และ cypermethrin โดยเฉพาะในพริก อาจเป็นไปได้ว่า สารทั้งสองชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กำจัดแมลงศัตรูพืช

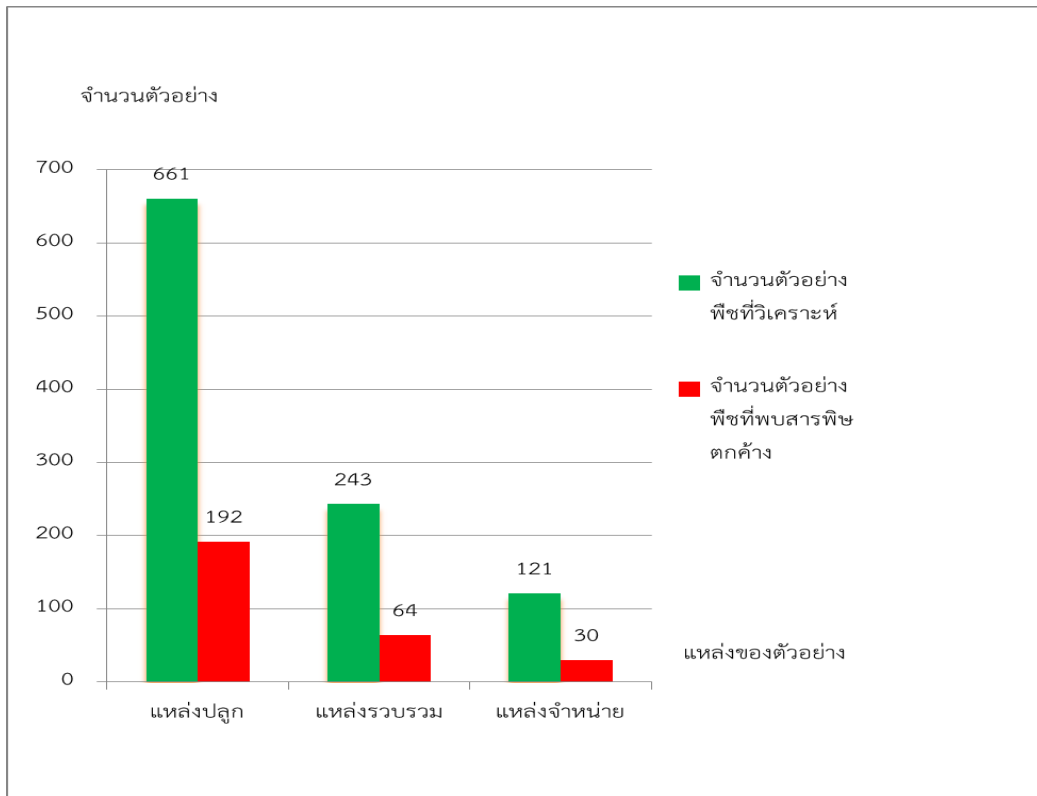
### 3. ปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชเกินเกณฑ์มาตรฐาน

การพิจารณาข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้างในพืชที่สุ่มเก็บจากทั้ง 3 แหล่ง แหล่งปลูก แหล่งรวบรวมผลผลิต และแหล่งจำหน่ายผลผลิต เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน หรือค่า MRLs ใช้เกณฑ์พิจารณาเรียงลำดับ ดังนี้ วัตถุประสงค์ที่ 4 (วอ.4), มกษ. 9002-2556, Codex MRLs และประเทศคู่ค้า ได้แก่ EU MRLs และ Japan MRLs ตามลำดับ จากข้อมูลชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรที่ตรวจวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานรายละเอียด โดยตรวจพบการตกค้างของสารเคมีที่เป็น วอ.4 ได้แก่ จากแปลงปลูกในกะหล่ำปลี พบ dicrotophos(8.44 mg/kg) มะนาว พบ EPN(0.02-0.11 mg/kg) และในพริก พบ EPN(0.02-0.03 mg/kg) และจากแหล่งจำหน่ายใน ผักกวางตุ้ง พบ dicrotophos (3.57 mg/kg) monocrotophos (1.14 mg/kg) และ EPN(1.71 mg/kg) คื่น ช าย พบ alpha -endosulfan(0.11 mg/kg) beta-endosulfan(0.05 mg/kg) endosulfan sulfate (0.30 mg/kg) dicrotophos(0.30 mg/kg) และพริก พบ EPN (0.02 mg/kg) พบการตกค้างของสารเกินค่า MRLs จำนวน 10 สาร จาก 286 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 3.49 ของตัวอย่างวิเคราะห์ที่พบสารพิษตกค้าง เรียงลำดับจากจำนวนตัวอย่างที่มีการตกค้างเกินค่า MRLs จากมากไปน้อย ได้แก่ จากแหล่งปลูก cypermethrin จำนวน 6 ตัวอย่าง chlorpyrifos จำนวน 6 ตัวอย่าง profenophos จำนวน 2 ตัวอย่าง methidathion จำนวน 1 ตัวอย่าง ethion จำนวน 1 ตัวอย่าง และ deltamethrin จำนวน 1 ตัวอย่าง จากแหล่งรวบรวม cypermethrin จำนวน 2 ตัวอย่าง chlorpyrifos จำนวน 2 ตัวอย่าง และ triazophos จำนวน 1 ตัวอย่าง และจากแหล่งจำหน่าย cypermethrin จำนวน 3 ตัวอย่าง methidathion จำนวน 2 ตัวอย่าง chlorpyrifos จำนวน 2 ตัวอย่าง pirimiphos –methyl จำนวน 2 ตัวอย่าง profenophos จำนวน 1 ตัวอย่าง monocrotophosจำนวน 1 ตัวอย่าง omethoate จำนวน 1 ตัวอย่าง

### 4. สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่เป็นวัตถุประสงค์ที่ 4 (วอ.4)

การพิจารณาข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้างในพืชที่สุ่มเก็บจากทั้ง 3 แหล่ง แหล่งปลูก แหล่งรวบรวมผลผลิต และแหล่งจำหน่ายผลผลิต เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ตรวจพบการตกค้างของวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 (วอ.4) 6 สาร ได้แก่ EPN, dicrotophos, monocrotophos, alpha-endosulfan, beta-endosulfan และ Endosulfan sulfate (ตารางที่ 5) โดยในปี 2554 จากแหล่งปลูกในมะนาว 2 ตัวอย่าง ตรวจพบ EPN (0.02-0.11mg/kg) จากแหล่งจำหน่ายในผักกวางตุ้ง 1 ตัวอย่าง ตรวจพบ dicrotophos (3.57mg/kg) และ monocrotophos (1.14 mg/kg) ในคื่นช่าย 1 ตัวอย่าง ตรวจพบ alpha -endosulfan (0.11mg/kg), beta-endosulfan (0.05mg/kg), Endosulfan sulfate (0.30mg/kg) และ dicrotophos (0.30mg/kg) ในปี 2555 จากแหล่งปลูกในพริก 2 ตัวอย่าง ตรวจพบ EPN(0.02-0.03mg/kg) ในมะเขือม่วง 1 ตัวอย่าง ตรวจพบ dicrotophos (0.20 mg/kg) ในกะหล่ำปลี 1 ตัวอย่าง ตรวจพบ dicrotophos (8.44 mg/kg) จากการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการแจ้งส่วนถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

การพบสารพิษตกค้างทางการเกษตรในตัวอย่างพืชจากแปลงผลิตหลังผ่านการรับรอง GAP นั้น เกิดจากการใช้สารเคมีที่ไม่ถูกต้อง โดยใช้มากกว่าคำแนะนำหรือตามที่ฉลากกำหนด แม้จะสุ่มเก็บตัวอย่างในระยะปลอดภัยต่อการตกค้างของสารที่ฉีดพ่น จึงทำให้ตรวจพบสารพิษตกค้างทางการเกษตรในปริมาณที่มากเกินค่า MRLs ซึ่งไม่ปลอดภัยต่อการนำมาบริโภค อย่างไรก็ตามจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบการตกค้างเกินค่า MRLs ในแต่ละชนิดสารยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ คือ น้อยกว่าร้อยละ 4 ของตัวอย่างวิเคราะห์ทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งปลูกและแหล่งจำหน่าย มีการตกค้างของสารเคมีทั้งในส่วนของชนิดสารและปริมาณ ที่มากกว่าตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งรวบรวม GAP แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรยังคงมีการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต ดังนั้นควรมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกวิธี เพื่อให้ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่ยังคงปลอดภัยต่อการนำมาบริโภค



แผนภูมิที่ 1 จำนวนตัวอย่างพืชที่พบสารพิษตกค้าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

ตารางที่ 1 พืชที่สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากแหล่งปลุก แหล่งรวบรวม และแหล่งจำหน่าย ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

| พืช | จำนวนตัวอย่าง<br>ทั้งหมด | จำนวนตัวอย่างในแต่ละแหล่ง |             |              |
|-----|--------------------------|---------------------------|-------------|--------------|
|     |                          | แหล่งปลุก                 | แหล่งรวบรวม | แหล่งจำหน่าย |
|     |                          |                           |             |              |

|                                      |       |     |     |     |
|--------------------------------------|-------|-----|-----|-----|
| 1. กะหล่ำปลี                         | 76    | 68  | 3   | 5   |
| 2. ผักกวางตุ้ง                       | 11    | -   | -   | 11  |
| 3. ผักคะน้า                          | 13    | -   | -   | 13  |
| 4. ผักบุ้ง                           | 4     | -   | -   | 4   |
| 5. คื่นช่าย                          | 8     | -   | -   | 8   |
| 6. เห็ดเข็มทอง                       | 10    | -   | -   | 10  |
| 7. ผักสลัด(ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์) | 32    | 22  | -   | 10  |
| 8. มะนาว                             | 71    | 71  | -   | -   |
| 9. ขิง                               | 87    | 23  | 64  | -   |
| 10. มะเขือม่วง                       | 49    | 49  | -   | -   |
| 11. มะเขือ                           | 5     | -   | -   | 5   |
| 12. พริก                             | 188   | 128 | 49  | 11  |
| 13. หอมแดง                           | 44    | 41  | 3   | -   |
| 14. หน่อไม้ฝรั่ง                     | 57    | 33  | 25  | -   |
| 15. ใบมะกรูด                         | 9     | -   | 9   | -   |
| 16. โหระพา                           | 12    | -   | 12  | -   |
| 17. ข่า                              | 3     | -   | 3   | -   |
| 18. ตะไคร้                           | 5     | -   | 5   | -   |
| 19. ฟักทอง                           | 3     | -   | 3   | -   |
| 20. ข้าวโพดฝักอ่อน                   | 5     | -   | -   | 5   |
| 21. ถั่วฝักยาว                       | 4     | -   | -   | 4   |
| 22. มะม่วง                           | 244   | 177 | 67  | -   |
| 23. ฝรั่ง                            | 19    | 7   | -   | 12  |
| 24. แตงโม                            | 37    | 21  | -   | 16  |
| 25. ส้มโอ                            | 21    | 21  | -   | -   |
| 26. มะละกอ                           | 2     | -   | -   | 2   |
| 27. สับปะรด                          | 5     | -   | -   | 5   |
| รวม                                  | 1,025 | 661 | 243 | 121 |

ตารางที่ 2 พืชที่พบสารพิษตกค้างจากการสู่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งปลูก GAP หลังการรับรองระบบ ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

| ชนิดตัวอย่าง | จำนวนตัวอย่าง |          | ชนิดสาร           | ผลการวิเคราะห์ |                   | จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs |
|--------------|---------------|----------|-------------------|----------------|-------------------|------------------------------|
|              | ทั้งหมด       | พบสาร %  |                   | ปริมาณ (mg/kg) | ค่า MRLs (mg/kg)  |                              |
| กะหล่ำปลี    | 68            | 1 (2%)   | dicrotophos       | 8.44           | -                 | -                            |
| มะม่วง       | 177           | 38 (22%) | cyhalothrin       | 0.01           | 0.50 (Japan MRLs) | -                            |
|              |               |          | chlorpyrifos      | 0.01-0.18      | 0.05 (Japan MRLs) | 2                            |
|              |               |          | pirimiphos-methyl | 0.01           | 0.10 (Japan MRLs) | -                            |
|              |               |          | cypermethrin      | 0.01-0.06      | 0.03 (Japan MRLs) | 2                            |
|              |               |          | ethion            | 0.09           | 0.3 (Japan MRLs)  | -                            |
|              |               |          | profenofos        | 0.01           | 0.05 (Japan MRLs) | -                            |
| ขิง          | 23            | -        | -                 | -              | -                 | -                            |
| มะเขือม่วง   | 49            | 17 (35%) | cypermethrin      | 0.01-0.14      | 0.03 (มกษ. 2556)  | 4                            |
|              |               |          | chlorpyrifos      | 0.03-0.08      | 0.02 (codex MRLs) | 3                            |
|              |               |          | omethoate         | 0.03-0.98      | 1.00 (Japan MRLs) | -                            |
|              |               |          | profenofos        | 0.01-0.20      | 0.05 (Japan MRLs) | 1                            |
|              |               |          | dicrotophos       | 0.20           | -                 | -                            |
| มะนาว        | 71            | 35 (49%) | chlorpyrifos      | 0.01-0.42      | -                 | -                            |
|              |               |          | EPN               | 0.02-0.11      | -                 | -                            |
|              |               |          | malathion         | 0.04           | -                 | -                            |
|              |               |          | Ethion            | 0.01-2.17      | 1 (มกษ. 2556)     | 1                            |
|              |               |          | cypermethrin      | 0.02-0.29      | -                 | -                            |
|              |               |          | pirimiphos-methyl | 0.01           | -                 | -                            |
|              |               |          | profenofos        | 0.05           | 0.05 (มกษ. 2556)  | -                            |
| ฝรั่ง        | 7             | 4 (57%)  | chlorpyrifos      | 0.02-0.03      | -                 | -                            |
|              |               |          | cypermethrin      | 0.01-0.17      | -                 | -                            |
| พริก         | 128           | 69 (54%) | chlorpyrifos      | 0.01-0.67      | 0.50 (EU MRLs)    | 1                            |
|              |               |          | profenofos        | 0.01-0.79      | 0.05 (EU MRLs)    | 1                            |
|              |               |          | EPN               | 0.02-0.03      | -                 | -                            |
|              |               |          | methidathion      | 0.06           | 0.02 (EU MRLs)    | 1                            |
|              |               |          | cypermethrin      | 0.01-0.42      | 2 (Japan MRLs)    | -                            |
|              |               |          | cyhalothrin       | 0.01           | 1.00 (Japan MRLs) | -                            |
|              |               |          | deltamethrin      | 0.01-0.21      | 0.2 (EU MRLs)     | 1                            |
|              |               |          | methomyl          | 0.01-0.94      | 1 (มกษ. 2556)     | -                            |
|              |               |          | dimethoate        | 0.01-0.06      | 2 (Japan MRLs)    | -                            |

**ตารางที่ 2(ต่อ)** พีชที่พบสารพิษตกค้างจากการสู่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งปลูก GAP หลังการรับรองระบบ ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

| ชนิดตัวอย่าง                      | จำนวนตัวอย่าง |          | ชนิดสาร           | ผลการวิเคราะห์ |                   | จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs |
|-----------------------------------|---------------|----------|-------------------|----------------|-------------------|------------------------------|
|                                   | ทั้งหมด       | พบสาร %  |                   | ปริมาณ (mg/kg) | ค่า MRLs (mg/kg)  |                              |
|                                   |               |          | omethoate         | 0.03           | 2 (Japan MRLs)    | -                            |
|                                   |               |          | l-cyhalothrin     | 0.01-0.06      | 0.3 (มกษ. 2556)   | -                            |
|                                   |               |          | ethion            | 0.01           | 3 (มกษ. 2556)     | -                            |
|                                   |               |          | pirimiphos methyl | 0.01           | 5 (Japan MRLs)    | -                            |
| หอมแดง                            | 41            | -        | -                 | -              | -                 | -                            |
| หน่อไม้ฝรั่ง                      | 33            | -        | -                 | -              | -                 | -                            |
| แตงโม                             | 21            | 2 (10%)  | chlorpyrifos      | 0.01           | -                 | -                            |
| ส้มโอ                             | 21            | 15 (71%) | cypermethrin      | 0.01-0.04      | 0.5 (มกษ. 2556)   | -                            |
|                                   |               |          | l-cyhalothrin     | 0.01-0.47      | -                 | -                            |
|                                   |               |          | chlorpyrifos      | 0.01           | 1 (Japan MRLs)    | -                            |
|                                   |               |          | profenofos        | 0.06-0.08      | 2 (มกษ. 2556)     | -                            |
|                                   |               |          | ethion            | 0.01-0.02      | 1 (มกษ. 2556)     | -                            |
|                                   |               |          | triazophos        | 0.01-0.03      | 0.02 (Japan MRLs) | -                            |
| ผักสลัด(ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์) | 22            | 11 (50%) | cypermethrin      | 0.13-0.72      | 5 (Japan MRLs)    | -                            |
|                                   |               |          | chlorpyrifos      | 0.01           | 0.5 (Japan MRLs)  | -                            |
| รวม                               | 661           | 192(29%) | -                 | -              | -                 | 17                           |

**ตารางที่ 3** พีชที่พบสารพิษตกค้างจากการสู่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งรวบรวม ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

| ชนิดตัวอย่าง | จำนวนตัวอย่าง |          | ชนิดสาร      | ผลการวิเคราะห์ |                  | จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs |
|--------------|---------------|----------|--------------|----------------|------------------|------------------------------|
|              | ทั้งหมด       | พบสาร %  |              | ปริมาณ (mg/kg) | ค่า MRLs (mg/kg) |                              |
| จิง          | 64            | -        | -            | -              | -                | -                            |
| ใบมะกรูด     | 9             | 6 (267%) | cypermethrin | 0.01-0.99      | 2 (EU MRLs)      | -                            |
|              |               |          | carbofuran   | 0.01           | 0.02 (EU MRLs)   | -                            |
| โหระพา       | 12            | 8 (67%)  | cypermethrin | 0.30-6.40      | 2 (EU MRLs)      | 2                            |

|      |    |          |              |           |                |   |
|------|----|----------|--------------|-----------|----------------|---|
| พริก | 49 | 31 (63%) | chlorpyrifos | 0.01-0.06 | 0.50 (EU MRLs) | - |
|      |    |          | triazophos   | 0.03      | 0.01 (EU MRLs) | 1 |
|      |    |          | cypermethrin | 0.01-0.04 | 0.05 (EU MRLs) | - |

**ตารางที่ 3(ต่อ)** พีชที่พบสารพิษตกค้างจากการสุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งรวบรวม ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

| ชนิดตัวอย่าง | จำนวนตัวอย่าง |          | ชนิดสาร       | ผลการวิเคราะห์ |                   | จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs |
|--------------|---------------|----------|---------------|----------------|-------------------|------------------------------|
|              | ทั้งหมด       | พบสาร %  |               | ปริมาณ (mg/kg) | ค่า MRLs (mg/kg)  |                              |
|              |               |          | profenofos    | 0.01-2.04      | 5.00 (มกษ. 2556)  | -                            |
|              |               |          | deltamethrin  | 0.01           | 0.2 (EU MRLs)     | -                            |
|              |               |          | cyhalothrin   | 0.03           | 3.0 (codex MRLs)  | -                            |
|              |               |          | l-cyhalothrin | 0.01-0.05      | 0.3 (มกษ. 2556)   | -                            |
| ข้า          | 3             | 1 (33%)  | ethion        | 0.02           | -                 | -                            |
| ตะไคร้       | 5             | -        | -             | -              | -                 | -                            |
| ฟักทอง       | 3             | -        | -             | -              | -                 | -                            |
| มะม่วง       | 67            | 17 (25%) | chlorpyrifos  | 0.01-0.10      | 0.05 (Japan MRLs) | 2                            |
|              |               |          | cypermethrin  | 0.01-0.16      | 0.03 (Japan MRLs) | 7                            |
|              |               |          | cyhalothrin   | 0.01           | 0.50 (Japan MRLs) | -                            |
| หน่อไม้ฝรั่ง | 25            | -        | -             | -              | -                 | -                            |
| กะหล่ำปลี    | 3             | -        | -             | -              | -                 | -                            |
| หอมแดง       | 3             | 1 (33%)  | chlorpyrifos  | 0.01           | 0.2 (มกษ. 2556)   | -                            |
| รวม          | 243           | 64(26%)  | -             | -              | -                 | 12                           |

**ตารางที่ 4** พีชที่พบสารพิษตกค้างจากการสุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งรวบรวม ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

| ชนิดตัวอย่าง | จำนวนตัวอย่าง |         | ชนิดสาร     | ผลการวิเคราะห์ |                  | จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs |
|--------------|---------------|---------|-------------|----------------|------------------|------------------------------|
|              | ทั้งหมด       | พบสาร % |             | ปริมาณ (mg/kg) | ค่า MRLs (mg/kg) |                              |
| กะหล่ำปลี    | 5             | -       | -           | -              | -                | -                            |
| ผักกวางตุ้ง  | 11            | 1 (9%)  | dicrotophos | 3.57           | -                | -                            |



|                |   |          |                  |           |                   |   |
|----------------|---|----------|------------------|-----------|-------------------|---|
|                |   |          | cypermethrin     | 0.03      | 5 (Japan MRLs)    | - |
|                |   |          | monocrotophos    | 1.14      | 0.05 (Japan MRLs) | 1 |
|                |   |          | methidathion     | 4.60      | 0.10 (Japan MRLs) | 1 |
|                |   |          | EPN              | 1.71      | -                 | - |
| ข้าวโพดฝักอ่อน | 5 |          | -                | -         | -                 | - |
| คีนช่าย        | 8 | 3 (238%) | chlorpyrifos     | 0.01-5.15 | 0.05 (Japan MRLs) | 2 |
|                |   |          | alpha-endosulfan | 0.11      | 2.00 (Japan MRLs) | - |
|                |   |          | beta-endosulfan  | 0.05      | 2.00 (Japan MRLs) | - |

ตารางที่ 4(ต่อ) พืชที่พบสารพิษตกค้างจากการสัมผัสกับตัวอย่างจากแหล่งรวบรวม ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

| ชนิดตัวอย่าง | จำนวนตัวอย่าง |          | ชนิดสาร            | ผลการวิเคราะห์ |                   | จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs |
|--------------|---------------|----------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|
|              | ทั้งหมด       | พบสาร %  |                    | ปริมาณ (mg/kg) | ค่า MRLs (mg/kg)  |                              |
|              |               |          | endosulfan sulfate | 0.30           | 2.00 (Japan MRLs) | -                            |
|              |               |          | dicrotophos        | 0.30           | -                 | -                            |
|              |               |          | methidathion       | 0.08-0.27      | 0.10 (Japan MRLs) | 1                            |
|              |               |          | cypermethrin       | 0.03-0.29      | 3.00 (Japan MRLs) | -                            |
| ถั่วฝักยาว   | 4             | 1 (25%)  | chlorpyrifos       | 0.03           | 1.00 (มกษ. 2556)  | -                            |
|              |               |          | omethoate          | 0.14           | 0.05 (มกษ. 2556)  | 1                            |
| ผักคะน้า     | 13            | 5 (238%) | chlorpyrifos       | 0.03           | 0.05 (EU MRLs)    | -                            |
|              |               |          | cypermethrin       | 0.01-0.87      | 1.00 (EU MRLs)    | -                            |
|              |               |          | pirimiphos-methyl  | 1.26           | 0.05 (EU MRLs)    | 1                            |
| ผักบุ้ง      | 4             | 1 (25%)  | cypermethrin       | 0.68           | -                 | -                            |
| พริก         | 11            | 3 (27%)  | chlorpyrifos       | 0.06           | 0.05 (EU MRLs)    | -                            |
|              |               |          | pirimiphos-methyl  | 0.03-0.06      | 0.02 (EU MRLs)    | 1                            |
|              |               |          | cypermethrin       | 0.06-0.23      | 0.05 (EU MRLs)    | 2                            |
|              |               |          | EPN                | 0.02           | -                 | -                            |
|              |               |          | profenophos        | 0.06           | 0.05 (EU MRLs)    | 1                            |
| มะเขือ       | 5             | 2 (40%)  | cypermethrin       | 0.01-0.07      | 0.03 (มกษ. 2556)  | 1                            |
| แตงโม        | 16            | 6 (38%)  | cypermethrin       | 0.01-0.07      | -                 | -                            |
|              |               |          | chlorpyrifos       | 0.02-0.03      | -                 | -                            |
| ฝรั่ง        | 12            | 6 (50%)  | prothiophos        | 0.01-0.03      | -                 | -                            |

|                                   |     |         |              |           |   |    |
|-----------------------------------|-----|---------|--------------|-----------|---|----|
|                                   |     |         | chlorpyrifos | 0.02-0.03 | - | -  |
|                                   |     |         | ethion       | 0.01      | - | -  |
|                                   |     |         | cypermethrin | 0.01-0.13 | - | -  |
|                                   |     |         | malathion    | 0.02      | - | -  |
| มะละกอ                            | 2   | -       | -            | -         | - | -  |
| ผักสลัด(ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์) | 10  | -       | -            | -         | - | -  |
| สับปะรด                           | 5   | -       | -            | -         | - | -  |
| เห็ดเข็มทอง                       | 10  | 2(20%)  | ethion       | 0.03      | - | -  |
|                                   |     |         | cypermethrin | 0.03      | - | -  |
| รวม                               | 121 | 30(25%) | -            | -         | - | 12 |

ตารางที่ 5 สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 (วอ.4)ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

| ปีที่พบ | แหล่งที่พบ   | ชนิดพืช     | จำนวนตัวอย่าง | ผลการวิเคราะห์       |                |                   | จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs |
|---------|--------------|-------------|---------------|----------------------|----------------|-------------------|------------------------------|
|         |              |             |               | ชนิดสาร              | ปริมาณ (mg/kg) | ค่า MRLs (mg/kg)  |                              |
| 2554    | แหล่งปลูก    | มะนาว       | 2             | EPN                  | 0.02-0.11      | -                 | -                            |
|         | แหล่งจำหน่าย | ผักกวางตุ้ง | 1             | dicrotophos          | 3.57           | -                 | -                            |
|         |              |             |               | monocrotophos        | 1.14           | 0.05 (Japan MRLs) | 1                            |
|         | แหล่งจำหน่าย | คื่นช่าย    | 1             | alpha-endosulfan     | 0.11           | 2.00 (Japan MRLs) | -                            |
|         |              |             |               | beta-endosulfan      | 0.05           | 2.00 (Japan MRLs) | -                            |
|         |              |             |               | endosulfan sulfatate | 0.30           | 2.00 (Japan MRLs) | -                            |
|         |              |             |               | dicrotophos          | 0.30           | -                 | -                            |
| 2555    | แหล่งปลูก    | พริก        | 2             | EPN                  | 0.02-0.03      | -                 | -                            |
| 2557    | แหล่งปลูก    | มะเขือม่วง  | 1             | dicrotophos          | 0.20           | -                 | -                            |
| 2558    | แหล่งปลูก    | กะหล่ำปลี   | 1             | dicrotophos          | 8.44           | -                 | -                            |
|         |              | รวม         | 8             | -                    | -              | -                 | 1                            |

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการตรวจติดตามการตกค้างของสารพิษทางการเกษตรในตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากแหล่งปลูกที่ผ่านการรับรอง GAP แหล่งรวมรวม และแหล่งจำหน่าย ใน 7 จังหวัด ได้แก่ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร ตาก เพชรบูรณ์ และอุดรดิตถ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวนทั้งหมด 1,025 ตัวอย่าง จากพืช 27 ชนิด ทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphates 23 สาร สารกลุ่ม organochlorines 3 สาร สารกลุ่ม carbamate 9 สาร สารกลุ่ม pyrethroids 6 สาร และ carbendazim ใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Steinwandter (Steinwandter H, 1985) ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

1. ตัวอย่างวิเคราะห์ที่สุ่มจากทั้ง 3 แหล่ง คือ แหล่งปลูกที่ผ่านการรับรอง GAP แหล่งรวมรวม และแหล่งจำหน่าย พบว่า ตัวอย่างจากแปลงของเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP และแหล่งจำหน่าย มีร้อยละการตรวจพบสารตกค้างทางการเกษตร มากกว่าแหล่งรวมรวม อีกทั้งตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ส่วนใหญ่แม้จะมีการตรวจพบสารตกค้างทางการเกษตร ต้องอยู่ในระดับที่ต้องเฝ้าระวังต่อการนำมาบริโภค คือ มีค่าสารตกค้างทางการเกษตรน้อยกว่าค่า MRL แต่ยังพบสาร วอ.4 ขณะที่แหล่งรวมรวม ตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ปลอดภัยในการบริโภค คือ มีค่าสารตกค้างมากกว่าค่า MRL น้อยกว่าตัวอย่างจากแปลงของเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรที่แปลงผลิตได้ผ่านการรับรองแปลง GAP แล้ว ควรมีการรักษามาตรฐานการผลิตให้มีความปลอดภัยจากการตกค้างของสารเคมีทางการเกษตร หรือหากมีการตกค้างก็อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ว่าผลผลิตทางการเกษตรจากแหล่งปลูกและแหล่งจำหน่าย มีการปะปนกันระหว่างผลผลิตจากแปลง GAP ที่มีกระบวนการควบคุมคุณภาพการผลิต และผลผลิตจากแปลงที่ยังไม่ได้เข้าโครงการ GAP ซึ่งอาจมีผลผลิตที่ผลิตจากกระบวนการที่ไม่ปลอดภัยจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร จึงทำให้ตรวจพบสารตกค้างที่สูงกว่าระดับความปลอดภัยมากกว่า

2. ชนิดสารตกค้างที่พบจากทั้ง 3 แหล่ง คือ แหล่งปลูกที่ผ่านการรับรอง GAP แหล่งรวมรวม และแหล่งจำหน่าย ส่วนใหญ่เป็นสารป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช โดยชนิดสารที่ตรวจพบการตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ chlorpyrifos และ cypermethrin อีกทั้งยังตรวจพบการตกค้างเกินค่าความปลอดภัย หรือ มีค่ามากกว่า MRL มากเป็น 2 อันดับแรกเช่นเดียวกัน ซึ่งสารเคมีทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดี ราคาไม่แพง หาซื้อได้ง่ายในร้านขายเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรทั่วไป เกษตรกรจึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สารพิษตกค้างชนิดอื่นที่ตรวจพบ ได้แก่ profenophos, EPN, methidathion, cyhalothrin, deltamethrin, methomyl, ethion, dimethoate, omethoate, l-cyhalothrin, pirimiphos methyl, triazophos, dicrotophos และ malathion

3. จากผลการวิเคราะห์ที่มีการตรวจพบสารเคมีตกค้างทางการเกษตรในผลผลิตเกินค่าความปลอดภัย หรือ มีค่ามากกว่า MRL นั้น แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรบางรายยังคงมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างไม่เหมาะสม ดังนั้นเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจในการติดตาม ควบคุมการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชให้

ถูกต้อง เหมาะสม และเข้มงวดยิ่งขึ้น รวมทั้งให้ความรู้และแรงจูงใจให้เกษตรกรใช้สารชีวภาพทดแทนการใช้สารเคมี หรือการใช้เทคโนโลยีกำจัดศัตรูพืชแบบผสมผสาน หากมีการระบาดของแมลงศัตรูพืชในระดับที่ไม่มากนัก อย่างไรก็ตามในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้ตรวจพบสารเคมีตกค้างที่เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 (วอ.4) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ได้ประกาศห้ามมิให้มีการผลิต นำเข้า ส่งออก และครอบครองตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2551 แสดงให้เห็นว่ายังมีการใช้วัตถุอันตรายชนิดที่ 4 (วอ.4) เกษตรกรไม่ปฏิบัติตามมาตรการการบังคับใช้กฎหมายควบคุมตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายของกรมวิชาการเกษตร จากการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการแจ้งส่วนถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 เพื่อดำเนินการหาแนวทางแก้ไขต่อไป

4. ชนิดพืชที่จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงที่ควรติดตามการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตอย่างใกล้ชิด มีทั้งสิ้น 8 ชนิด ได้แก่ พริก มะม่วง มะนาว คื่นช่าย ฝรั่ง แดงโม ส้มโอ มะเขือม่วงเนื่องจากเป็นพืชที่มีการตรวจพบสารเคมีตกค้างทางการเกษตรจากระบวนการผลิตอยู่ในระดับที่เกินค่าความปลอดภัย นอกจากนี้มีพืชอีก 6 ชนิด ได้แก่ ผักสลัด(ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์) ใบมะกรูด โหระพา ผักคะน้า มะเขือ และส้มโอ ที่ควรมีการเฝ้าติดตามการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตบ้างหรือสุ่มตรวจติดตามเป็นระยะ เนื่องจากมีการตรวจพบสารเคมีตกค้างทางการเกษตร แต่ปริมาณสารเคมีการตรวจพบยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

5. จากผลการดำเนินงานที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า การสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตร เป็นเพียงมาตรการหนึ่งที่ทำให้เกิดความปลอดภัยด้านพืชเพิ่มขึ้น แต่การพัฒนากระบวนการผลิตถึงมือผู้บริโภค โดยเฉพาะขั้นตอนการปลูกพืชในแปลงผลิต เป็นขั้นตอนที่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวนมาก และการตรวจสอบพืชให้มีความน่าเชื่อถือยังคงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้นอกจากทำให้ไม่ถูกนำมาใช้เป็นข้ออ้างหรือการกีดกันทางการค้าแล้ว ยังสามารถเพิ่มความเชื่อมั่นในสินค้าเกษตรโดยเฉพาะผลผลิตที่มาจากแปลงที่ผ่านการรับรอง GAP ว่ามีความปลอดภัยทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค ซึ่งการควบคุมมาตรฐานการผลิตควรเริ่มตั้งแต่กระบวนการต่างๆในแปลงผลิต จนกระทั่ง

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้ทราบสถานการณ์โดยรวมของสารพิษตกค้างในผลผลิตการเกษตรที่ใช้บริโภคในประเทศและสินค้าเกษตรส่งออกเป็นการติดตามคุณภาพ เกิดภาพลักษณ์ที่ดีสำหรับสินค้าเกษตรส่งออกจากประเทศไทย เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต และบรรลุวัตถุประสงค์ของการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องและเหมาะสม เนื่องจากมีระบบการตรวจสอบย้อนกลับและการเฝ้าระวัง

## 11. คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก และเจ้าหน้าที่ตรวจแปลง จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุดรดิตถ์ ศูนย์วิจัยพืชไร่เพชรบูรณ์ ที่อำนวยความสะดวกและให้ข้อมูลในการสุ่มเก็บตัวอย่าง

## 12. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยวัตถุพิษทางการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

2548. คู่มือการใช้บริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง คุณภาพวัตถุพิษทางการเกษตรและ

สารธรรมชาติ.ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด กรุงเทพฯ. 64 หน้า

มาตรฐานสินค้าเกษตร. 2556. สารพิษตกค้าง :ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและ

อาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 50 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.

Codex Alimentarius. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://www.codexalimentarius.net/peatres/data/index.html>. (1 กันยายน 2558)

EU Pesticides database. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

[http://ec.europa.eu/sanco\\_pesticides/public/index.cfm](http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm) (1 กันยายน 2558)

The Japan Food Chemical Research Foundation. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/search.html>. (1 กันยายน 2558)

## 13. ภาคผนวก

### วิธีการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

#### 1. การเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

##### เครื่องมือ

1) เครื่อง Gas Chromatography (GC) ยี่ห้อ Agilent technologies model 6890

ประกอบด้วย - หัวตรวจวัดชนิด Flame Photometric Detector (FPD)

- หัวตรวจวัดชนิด Electron Capture Detector (ECD)

- 2) เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ยี่ห้อ Agilent Technologies model 1100
- 3) เครื่อง Post column derivatizer ยี่ห้อ Pickering Laboratories-PCX5200
- 4) เครื่องชั่งยี่ห้อ Mettler Toledo ความละเอียดในการอ่าน 0.01 - 1500 กรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 5) เครื่องชั่งยี่ห้อ Mettler Toledo ความละเอียดในการอ่าน 0.01 ในช่วง 0-40 กรัม และ 0.1 มิลลิกรัม ในช่วง 0-200 กรัม ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 6) Rotavapor Evaporator Buchi mode R-200 model B-490 rang20-180 °C พร้อม cooling system Model CTL 911
- 7) เครื่องลดปริมาตรตัวทำละลายแบบ Nitrogen-Evaporator(N2-Evaporator) ยี่ห้อ Organomation Associates Inc.
- 8) Oven ยี่ห้อ Memmert ชนิด/แบบ UE600 5 °C – 350 °C
- 9) Freezer ยี่ห้อ Systemform ชนิด/แบบ MSE -10 BTS ช่วงอุณหภูมิ 23 °C - 17 °C
- 10) Freezer ยี่ห้อ Kelvinator ชนิด/แบบ BT 30 FS-4 ช่วงอุณหภูมิ -23 °C - 17 °C
- 11) Homogenizer ยี่ห้อ IKA Model T25 basic ความเร็วรอบ 8,000 - 24,000 รอบ/วินาที (rpm)
- 12) เครื่องปั่น food processor ยี่ห้อ Horbot
- 13) เครื่องปั่นเหวี่ยงชนิดควบคุมอุณหภูมิ รุ่น 2028R
- 14) เครื่องผสมสาร vortex mixer

#### วัสดุ/อุปกรณ์

- 1) Dispenser ยี่ห้อ Brand rang 20-100 ml ที่ได้รับการ calibrated
- 2) Volumetric flask 5,10,25,100 ml ที่ได้รับการ calibrated
- 3) Volumetric pipette 1,2,3,5,10 ml ที่ได้รับการ calibrated
- 4) Erlenmeyer flask 250 ml
- 5) Separatory funnel 250 ml
- 6) Beaker flask 400 ml
- 7) Flat bottom flask 250 ml
- 8) Graduated cylinger 50, 100 ml
- 9) Auto sampler vial ขนาด 1.5 ml

- 10) Graduated tube ขนาด 15 ml
- 11) Pasture pipette
- 12) กรวยกรองขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 mm
- 13) กระดาษกรองเบอร์ 1 ของ "Whatman" ขนาด 110 mm
- 14) ชุดกรองตัวทำละลาย พร้อม membrane filters (cellulose nitrate, Pore size 0.45  $\mu\text{m}$ , Diameter 47 mm และ durapore:0.22  $\mu\text{m}$ )
- 15) กระจกชั่งตวงขนาด 5 ml
- 16) กระดาษลีสมีส pH = 0 -14
- 17) Syringe filter;Membrane PTFE PE, Pore size 0.45 $\mu\text{m}$ , Diameter 13 mm
- 18) Syringe filter;Membrane Nylon, Pore size 0.2 $\mu\text{m}$ , Diameter 13 mm
- 19) ขวดแก้วมีฝาปิดขนาด 250 ml
- 20) Forceps

### สารเคมี

- 1) Acetone Analytical grade
- 2) Dichloromethane Analytical grade
- 3) Hexane Pesticide grade, Analytical grade
- 4) Ethyl acetate Pesticide grade
- 5) Methanol HPLC grade
- 6) Water HPLC grade
- 7) Petroleum ether
- 8) Sodium hydrogen carbonate( $\text{NaHCO}_3$ )
- 9) Silica gel 60 (0.063-0.200)
- 10) Sodium sulphate anhydrous ขนาด 12-60 mesh เเผาที่ 450°C นาน 4 ชั่วโมง  
เก็บที่อุณหภูมิ 130 °C
- 11) Magnesium sulfate anhydrous powder ( $\text{MgSO}_4$ , pesticide grade) เเผาที่ 450°C  
นาน 4 ชั่วโมง เก็บที่อุณหภูมิ 130 °C
- 12) Florisil ขนาด 60-100 mesh เเผาที่ 675 °C นาน 4 ชั่วโมง เก็บที่อุณหภูมิ 130 °C
- 13) Primary secondary amine (PSA) sorbent; 40 $\mu\text{m}$  particle size

- 14) Sulfuric acid
- 15) Sodium chloride
- 16) Graphitized carbon black (GCB) sorbent; 120/400 mesh size
- 17) O-phthalaldehyde diluents (chromatographic grade);CB910
- 18) Hydrolysis Reagent (chromatographic grade);CB130
- 19) Thiofluor (chromatographic grade)
- 20) O-Phthalaldehyde (chromatographic grade)

### สารมาตรฐาน (Pesticide Standard)

1) สารกลุ่ม Organophosphate ได้แก่ Methamidophos , Mevinphos, Parathion, Monocrotophos , Dimethoate , Diazinon , Chlorpyrifos , Prothiophos , Omethoate ,Parathion methyl , Malathion , Fenitrothion , Methidathion , Pirimiphos Methyl ,Triazophos Phosalone , Profenofos และ Ethion

2) สารกลุ่ม Organochlorine ได้แก่ Endosulfan ซึ่งอยู่ในรูป alpha-Endosulfan , bate-Endosulfan และ Endosulfan sulphate

3) สารกลุ่ม Pyrethroids ได้แก่ Cypermethrin , Fenvalerate , Cyhalothrin , Cyfluthrin และ Permethrin

4) สารกลุ่ม Carbamate ได้แก่ Methomyl, 3-OH-carbofuran, Aldicarb, Carbofuran, Carbaryl, Methiocarb และ Promecarb

5) สาร Fungicide คือ Carbendazim

เป็นสารมาตรฐานของ Dr.Ehrenstorfen และมีใบ Certificate of Analysis ที่แสดงถึง Product identification, Physical data, Toxicological data และ Analytical data ประกอบด้วย Method, Identity check, Purity และตัวอย่าง chromatogram

## 2. การเตรียมสารมาตรฐาน

ทำการเตรียมสารมาตรฐาน มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **Primary standard** คือสารมาตรฐานตั้งต้นที่อยู่ในสภาพของแข็งหรือของเหลว มีความเข้มข้นสูง มีความคงตัว ไม่สลายตัวง่าย ความบริสุทธิ์สูงมากกว่า 99% ขึ้นไป (ยกเว้นบางชนิดไม่สามารถทำให้บริสุทธิ์ได้ถึง 99% ต้องนำมาคำนวณกลับเพื่อให้ได้ 100% ก่อนชั่ง) Primary standard จะถูกบรรจุในขวดแก้ว และมีฉลากบอก %Purity ของสาร วันที่ผลิต วันหมดอายุ lot No. และประเทศที่ผลิต อายุการใช้งาน 1-2 ปี



**2. Stock standard solution** คือสารละลายมาตรฐานที่เตรียมจาก Primary standard มีความเข้มข้นสูง และใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่ำลงไป อายุการใช้งาน 1 ปี มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

2.1 เตรียมความพร้อมของเครื่องชั่ง

2.2 ชั่ง Volumetric flask ขนาด 10 ml เปลา่ บันทึกราค่าน้ำหนักไว้

2.3 ชั่ง Primary standard จากข้อ 1 คำนวณหาความเข้มข้นจริงของ Stock standard solution จากน้ำหนักจริงที่ชั่งได้ โดยพิจารณาค่า Purity ของ Pesticide standard แต่ละชนิดควบคู่ไปด้วย

2.4 เติมตัวทำละลายลงใน flask ที่ละน้อย พร้อมกับเขย่าให้ Primary standard ละลายหมด

2.5 เติมตัวทำละลายโดยใช้ Pasture pipette จนระดับของสารละลายใกล้ถึงเส้นระบุปริมาตรเล็กน้อย ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 วินาที จึงค่อยๆ เติมตัวทำละลายจนท่อน้ำสัมผัสเส้นระบุปริมาตรพอดี

ควรเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยตัวทำละลายที่ดี จะต้องละลาย Primary standard ได้หมดไม่ตกตะกอน และคงตัว (อัตราการระเหยต่ำ หรือมีจุดเดือดสูง) สารเคมีที่นิยมใช้เป็นตัวทำละลาย Pesticide standard ได้แก่ acetone , hexane, benzene, methanol, iso-octane, ethyl acetate, butyl acetate และ toluene การเตรียม Pesticide standard กลุ่ม Organochlorine และ Pyrethroids ใช้ hexane เป็นตัวทำละลาย Primary standard เพราะมีอัตราการระเหยต่ำหรือมีค่า vapor pressure/surface tension ต่ำ และสาร Pesticide standard ในกลุ่ม Organophosphate ใช้ ethyl acetate เป็นตัวทำละลาย Primary standard ส่วนสาร carbendazim ใช้ methanol เป็นตัวทำละลาย Primary standard

2.6 ปิดฝาและเขย่าให้สารละลายผสมกันดี ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 วินาที ถ่ายสารละลายลงใน vial ปิดปาก vial ด้วยกระดาษขลุ่ยนิยิม ปิดฝาเกลียวให้แน่น ชีตเส้นระบุปริมาตรของสารละลาย

2.7 ตีฉลากที่ระบุชื่อสาร ความเข้มข้น วันที่เตรียม และวันหมดอายุ เก็บในตู้เย็นหรือตู้แช่แข็ง

**3. Intermediate standard solution** คือสารละลายมาตรฐานที่เตรียมจาก Stock standard solution มีลักษณะเหมือน Stock standard solution แต่มีความเข้มข้นต่ำกว่า สามารถเตรียมได้โดยการ dilute Stock standard solution ให้ต่ำลง อายุการใช้งาน 6 เดือน ใช้สูตรการคำนวณ

$$N_1V_1 = N_2V_2 \quad \text{เมื่อ} \quad N_1 = \text{ความเข้มข้นของสารตั้งต้น}$$

$$V_1 = \text{ปริมาตรของสารตั้งต้นที่ต้องใช้}$$

$N_2$ =ความเข้มข้นของสารที่ต้องการเตรียม

$V_2$ =ปริมาตรสารที่ต้องการเตรียม

4. **Working standard solution** คือสารละลายมาตรฐานที่เตรียมจาก Intermediate standard solution เพื่อใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งจะเตรียมในช่วงใช้งาน โดยมีการคำนวณเช่นเดียวกับการเตรียม Intermediate standard solution

### 3. การทำ calibration curve

นำสารละลายมาตรฐานกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่มี 3 เข้มข้น สารละลายมาตรฐานกลุ่มไพรีทรอยด์ที่มี 3 ความเข้มข้น ฉีดเข้าเครื่อง GC ชนิด ECD สารละลายมาตรฐานกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตที่มี 3 ความเข้มข้น ฉีดเข้าเครื่อง GC ชนิด FPD และสารละลายคาร์เบนดาซิมที่มี 3 ความเข้มข้น ฉีดเข้าเครื่อง HPLC และฉีดสารละลายมาตรฐานเดี่ยวแต่ละชนิด วัดค่า Retention time ของสารมาตรฐานเดี่ยวเทียบกับสารมาตรฐานกลุ่มสารชนิดเดียวกันจะมีค่า retention time เท่ากัน นำ chromatogram ของสารมาตรฐานแต่ละกลุ่มมาวัดค่าพื้นที่ใต้พีคของสารแต่ละชนิดนำค่าความเข้มข้นและพื้นที่พีคของสารแต่ละชนิดมาเขียนกราฟโดยให้แกน X เป็นค่าความเข้มข้น แกน Y เป็นค่าพื้นที่ใต้พีคจะได้ calibration curve ของสารมาตรฐานแต่ละชนิด

### 4. การสกัดสารพิษตกค้าง

#### วิธีการสกัดพืชผักทั่วไป

- 1) ชั่งตัวอย่าง  $25 \pm 0.1$  กรัม ในขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Acetone 50 มิลลิลิตร บดด้วย Homogenizer นาน 1 นาที เติม Sodium chloride 10 กรัม และ Dichloromethane 40 มิลลิลิตร บดด้วย Homogenizer นาน 1 นาที ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน
- 2) เทสารละลายใส่ลงใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Sodium sulfate anhydrous 1 ซ้อนโต๊ะ ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว กรองผ่าน Sodium sulfate anhydrous รองรับด้วย cylinder ขนาด 50 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ล้าง cylinder ด้วย acetone 5 มิลลิลิตร
- 3) นำสารละลายไปลดปริมาตรด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเกือบแห้ง ล้าง round bottom flask ด้วย ethyl acetate 5 มิลลิลิตร
- 4) ดูดสารละลาย 1 มิลลิลิตร ใส่ vial เพื่อนำไปวิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต
- 5) จากข้อ 3) ใช้ autopipette ดูดสารละลาย 2 มิลลิลิตร ใส่ centrifuged tube ขนาด 15 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสารกลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- นำไปเป่าให้แห้งด้วย N<sub>2</sub>-Evaporator เติม acetonitrile 2 มิลลิลิตร โดยใช้ autopipette ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer

- เติม PSA 200 มิลลิกรัม , GCB 50 กรัม, MgSO<sub>4</sub> 300 มิลลิกรัม ผสมให้เข้ากันด้วยการเขย่าด้วยมือและ vortex mixer

- นำไปเหวี่ยงให้สารละลายแยกชั้นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงชนิดควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็ว 4,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที จนได้สารละลายใส และกรองผ่าน syringe filter (membrane:nylon, 13mm, pore size 0.2 µm) ใส่ vial ปิดฝานำไปตรวจปริมาณสารกลุ่มคาร์บาเมต

6) จากข้อ 3) นำสารละลายที่เหลือ 2 มิลลิลิตร ลดปริมาตรจนเกือบแห้ง แล้วนำไป clean up เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสารกลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน ไพรีทรอยด์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

#### การทำความสะอาดตัวอย่าง (clean up)

1. นำสารที่ลดปริมาตรแล้วเติม hexane : dichloromethane อัตราส่วน 4 :1 ปริมาณ 7 มิลลิลิตร

2. เตรียม column โดย บรรจุ sodium sulfate anhydrous สูงประมาณ 1 เซนติเมตร ที่มีสำลีอุดอยู่ตอนล่างแล้วเติม silica gel ที่ผ่านการอบ และ deactivate แล้ว 1 กรัม แล้วปิดทับด้วยชั้นของ sodium sulfate anhydrous อีกชั้นหนึ่ง

3. ล้าง column ด้วย hexane 5 มิลลิลิตร ค่อยๆ หยดสารละลายตัวอย่างจากข้อ 1 ไหลผ่านชั้น silica gel รองรับสารด้วย Round bottom flask จนปริมาตรท่อน้ำของสารแตะที่ผิวหน้า sodium sulfate

4. เติม hexane : dichloromethane อัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร แล้วไหลผ่านชั้น silica gel รองรับสารด้วย round bottom flask รวมกับข้อ 3

5. นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งแล้วล้าง round bottom flask ด้วย Hexane Pesticide grade 2 มิลลิลิตร ตูดใส่ vial นำไปตรวจสารพิษตกค้าง กลุ่มออร์กาโนคลอรีน และกลุ่มไพรีทรอยด์ ด้วยเครื่อง GC -ECD detector

#### การ Clean up

การ pack column ใช้ เซมซีดยาเปล่า ขนาด 5 ml เป็น Column

pack column ด้วยสำลีที่ล้างด้วย dichloromethane เล็กน้อย

เติม sodium sulphate สูง 1cm

เติม Silica gel (ขนาด 20-120 mesh) ที่ deactivate 1.0 g

เติม sodium sulphate สูง 1cm

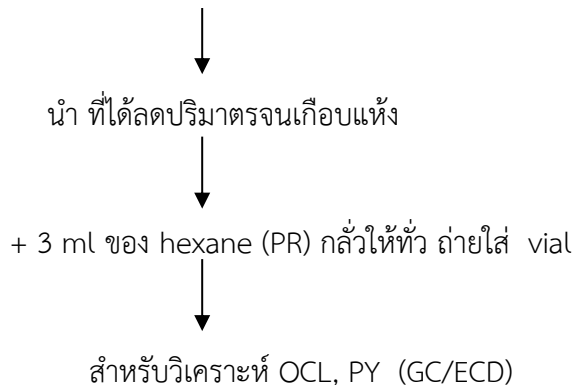
### ควรรอวังไม่ให้ Column แห้ง

ติดตั้ง Column ที่ pack แล้ว ในแนวตั้งและต่อกับ stopcock เพื่อใช้สำหรับปรับความเร็ว

**Wash:** เท hexane 5 ml ให้ไหลผ่าน column (เมื่อ hexane มีระดับถึงผิว sodium sulphate ปิด stopcock) ทิ้ง hexane นั้น

**Load :** เท sample ใส่ column ใช้ rbf หรือ tube รอง solution ที่จะได้เปิด stopcock

**Etute :** ล้างภาชนะที่ใส่ sample ด้วย 5 ml ของ hexane (PR):dichloromethane(PR)(4:1) และเทใส่ column ล้างภาชนะที่ใส่ sample เดิม ด้วย 10 ml ของ hexane (PR):dichloromethane(PR)(1:1) และเทใส่ column และเก็บ solution รวมใน rbf เดียวกัน



### วิธีการสกัดขิงเพื่อหาสาร Carbendazim

- 1) ชั่งตัวอย่าง 50 กรัม ใส่ขวดขนาด 250 มิลลิลิตร เติม acetone 150 มิลลิลิตร
- 2) ปั่นด้วยเครื่อง homogenizer นาน 1 นาที ที่ระดับความเร็วรอบ 19,000 รอบ/นาที กรองผ่าน suction flask
- 3) แบ่งสารสกัดจากข้อ 2 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร เทใส่ separatory funnel ขนาด 500 มิลลิลิตร เติม 0.5 N Sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ) 10 มิลลิลิตร , 10% Sodium chloride 10 มิลลิลิตร , Petroleum ether 50 มิลลิลิตร และ Dichloromethane ( $CH_2Cl_2$ ) 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันสลับกับการปล่อยแก๊สออก
- 4) แยกสารชั้นล่างใส่ในบีกเกอร์ ส่วนสารชั้นบนปล่อยทิ้ง
- 5) นำสารชั้นล่างในบีกเกอร์เทใส่ separatory funnel แล้วเติม Dichloromethane 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันปล่อยไว้สักพัก แล้วไขชั้นล่างทิ้ง
- 6) นำสารชั้นบนมาเติม Sodium chloride อิมตัว 10 มิลลิลิตร และ Sodium hydrogen carbonate (Sat.  $NaHCO_3$ ) อิมตัว 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันปรับ pH =8 โดยใช้ สารละลายอิมตัว Sodium hydrogen carbonate (Sat.  $NaHCO_3$ ) หรือ สารละลายอิมตัว Sodium chloride (Sat. NaCl)

7) ใส่ Dichloromethane 40 มิลลิลิตร เขย่านาน 1 นาที กรองสารละลายชั้นล่าง ผ่าน Sodium sulfate anhydrous ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ใส่ใน round bottom flask สกัดซ้ำโดยใส่ Dichloromethane 40 มิลลิลิตร กรองสารละลายชั้นล่าง ผ่าน Sodium sulfate anhydrous ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ใส่ใน round bottom flask อันเดิม แล้วนำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง

8) เติม Methanol (HPLC grade) 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ทั่วแล้วกรองผ่านจานบินใส่ vial ปิดฝานำไปตรวจปริมาณสารพิษตกค้าง Carbendazim ด้วยเครื่อง HPLC-DAD detector

## 5. การตรวจวัดสารพิษตกค้าง

### 5.1 การวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphate โดยเครื่อง GC-FPD detector

Flame Photometric Detector หรือ FPD เป็น detector ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดสารประกอบซัลเฟอร์และฟอสฟอรัสที่มีสภาพไวสูงและเฉพาะ (selective) มาก โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อสารตัวอย่างที่ประกอบด้วยซัลเฟอร์และฟอสฟอรัสเข้าสู่เปลวไฟไฮโดรเจน ทำให้เกิดสารที่สามารถเปล่งแสงทางเคมี (chemiluminescence) ได้ ซึ่งจะเปล่งแสงออกมาที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเปลวไฟนั้นขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการไหลของ gas และอุณหภูมิ เมื่อสลายตัวจะให้พลังงานออกมาเป็นโฟตรอนที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ ในการวัด ดำเนินการดังนี้

1. วัดสารมาตรฐาน ทำ Calibration curve โดยใช้สารมาตรฐานอย่างน้อย 3 ระดับความเข้มข้น โดยมีข้อกำหนดให้ Calibration factor  $R^2 \geq 0.995$

2. วัด Solvent Blank เพื่อตรวจสอบสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบทุกครั้ง

3. วัดตัวอย่าง

4. การเตรียมเครื่อง GC มีสถานะการใช้ งานดังนี้

Column : Capillary column DB-1701P ,30 m. length 0.25  $\mu\text{m}$ . (id)

0.25  $\mu\text{m}$ . Thickness

Temperature : Injector 230 °C

Detector 300 °C

Oven temperature program :

$30\text{ }^\circ\text{C} / \text{min}$   $30\text{ }^\circ\text{C} / \text{min}$   
 $90\text{ }^\circ\text{C} (0.50\text{ min}) \longrightarrow 200\text{ }^\circ\text{C} (2\text{ min}) \longrightarrow 260\text{ }^\circ\text{C} (18.83\text{ min})$

Flow rate: carrier gas : helium 1 mL/min

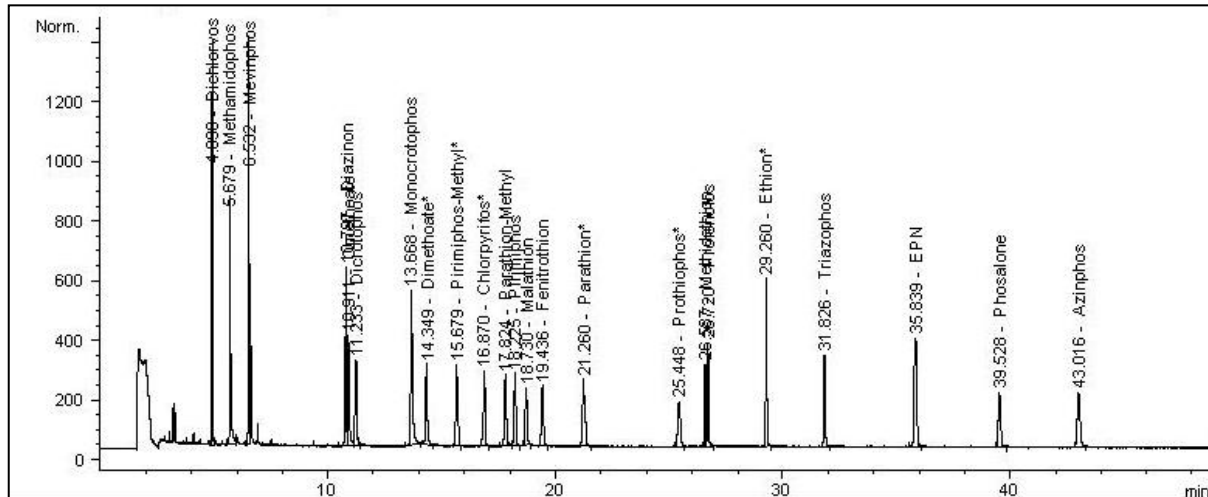
Air 60 mL/min

Hydrogen 60 mL/min

Make up gas: nitrogen 60 mL/min

Injection mode: splitless (purge on time 1 min)

Injection volume : 1 µL



ภาพที่ 1 Chromatogram ของการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง Organophosphate

## 5.2 การวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม Organochlorine และ กลุ่ม Pyrethroids

โดยเครื่อง GC-ECD detector

Electron Capture Detector หรือ ECD เป็น detector ที่มีความเฉพาะเจาะจงชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ดีสำหรับตรวจวัดสารประกอบที่มีไฮโดรเจนอะตอมเป็นองค์ประกอบ ใช้มากที่สุดในงานวิเคราะห์ทาง trace environmental pollutants เช่น การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชป้องกันกำจัดแมลง เพราะสารประกอบเหล่านี้มีธาตุที่มี electro negativity สูง เป็นองค์ประกอบ ซึ่งไวต่อ detector ECD โดยตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของ gas ใน ionization chamber ที่มี radioactive source  $^{63}\text{Ni}$  ซึ่งสามารถใช้รังสีเบต้า ที่ทำให้ carrier gas เกิด ionize ให้ electron และ electron ที่เกิดขึ้นจะวิ่งไปสะสมที่ขั้ว (collector electrode) ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสอง และยังมี electron เหลืออยู่อีกจำนวนหนึ่งเป็น electron cloud ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เมื่อมีสารตัวอย่างออกจาก column เข้าไปใน detector โมเลกุลของสารตัวอย่างจะดูดกลืน electron ไปได้จำนวนหนึ่งตามปริมาณของสารตัวอย่าง ทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจาก electron ลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้เกิดสัญญาณส่งไปยังเครื่องบันทึก carrier gas ที่เหมาะสม คือ อีเลียม ไนโตรเจน หรือ อาร์กอน+10% มีเทน ความไวของเครื่องขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของ carrier gas ซึ่งจะทำให้เกิด electron cloud และอุณหภูมิของ detector เนื่องจาก ออกซิเจนและน้ำเป็นสารที่

ดูดกลืน electron ได้ ดังนั้น ถ้า carrier gas มีน้ำหรือออกซิเจนปนอยู่จะทำให้ความไวของ detector ลดลง ในการวัด ดำเนินการดังนี้

1. วัดสารมาตรฐาน ทำ Calibration curve โดยใช้สารมาตรฐานอย่างน้อย 3 ระดับความเข้มข้น โดยมีข้อกำหนดให้ Calibration factor  $R^2 \geq 0.995$

2. วัด Solvent Blank เพื่อตรวจสอบสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบทุกครั้ง

3. วัดตัวอย่าง

4. การเตรียมเครื่อง GC มีสถานะการใช้งานดังนี้

Column :Capillary column DB-5 ,30 m. length 0.25  $\mu$ m.(id) 0.25  $\mu$ m.

Thickness

Temperature :Injector 250 °C

Detector 350 °C

Oven temperature program :

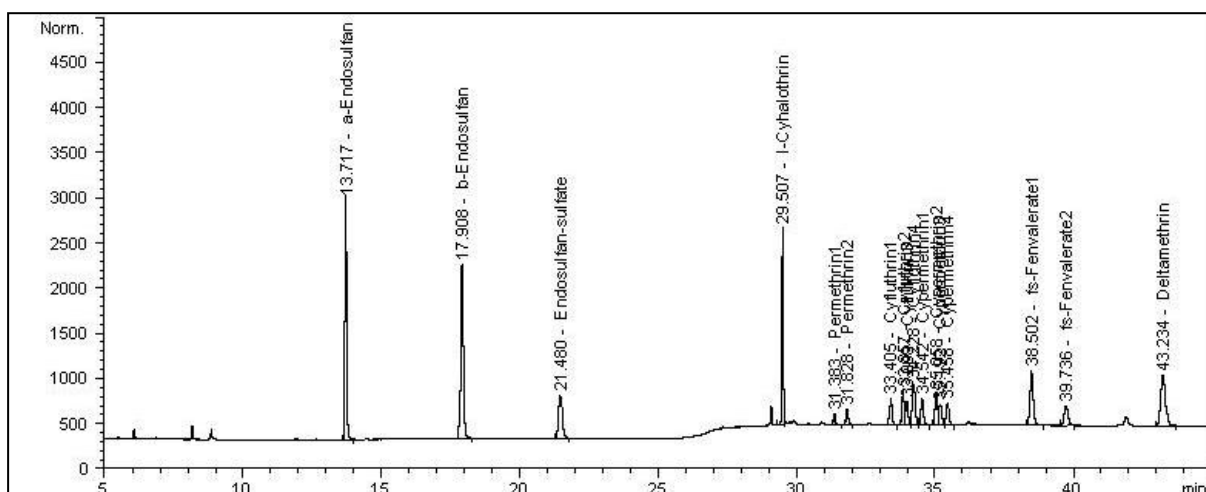
90 °C ( 0.50 min )  $\xrightarrow{30\text{ }^{\circ}\text{C / min}}$  200 °C(2 min)  $\xrightarrow{30\text{ }^{\circ}\text{C / min}}$  260 °C (18.83 min)

Flow rate: carrier gas ; helium 1 ml/min

Make up gas: nitrogen 60 ml/min

Injection mode: splitless (purge on time 1 min)

Injection volume : 1  $\mu$ l



## ภาพที่ 2 Chromatogram ของการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง Organochlorine และ กลุ่ม Pyrethroids

### 5.3 การวิเคราะห์สารด้วยเครื่อง HPLC-DAD detector และ HPLC-FLD detector

หลักการพื้นฐานของ Liquid Chromatography สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ง่าย คือการแยกสารละลายผสมที่ประกอบด้วยสารหลายชนิดด้วยกันใน closed column ซึ่งบรรจุด้วยของแข็งขนาดเล็กๆ ที่มีรูพรุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 150 ไมครอน ในหลอดยาวเล็กๆ เรียกว่า column สารละลายเมื่อถูกฉีดลงไปในส่วนบนของ column โดย mobile phase จะทำหน้าที่พาสารผ่านไปยัง column สารประกอบแต่ละตัวจะถูกดูดซับและทำให้หลุดออกไปจากการดูดซับ (desorption) บนอนุภาคที่บรรจุอยู่ใน column ผลที่ตามมาคือ สารประกอบจะเคลื่อนที่ไปตาม column ได้ช้าลง และอัตราเร็วของการเคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับสัมพรรคภาพ (affinity) ของสารกับอนุภาคที่บรรจุอยู่ใน column ความแตกต่างของอัตราการเคลื่อนที่ของสารประกอบจะมีผลทำให้เกิดการแยกสารประกอบนั้นใน column ใน elution chromatography สารประกอบซึ่งถูกแยกนั้นจะเคลื่อนที่ไปตามความยาวทั้งหมดของ column โดยมี mobile phase เป็นตัวพาไป เมื่อวัดความเข้มข้นของสารประกอบแต่ละชนิดที่ผ่านออกมาจาก column และนำค่านี้ไป plot graph กับปริมาตรของ mobile phase graph ที่ได้คือ chromatogram ระยะเวลาของการศึกษาทาง Liquid Chromatography นั้น จะเก็บปริมาตรของ mobile phase แล้วนำมาวัดความเข้มข้นของตัวถูกละลายได้โดยใช้วิธีที่เหมาะสม เช่น ใช้วิธีทาง spectrophotometry แต่ปัจจุบันสามารถวัดส่วนที่ผ่านออกมาจาก column ได้โดยใช้ detector ซึ่งเป็นการวัดสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีของตัวถูกละลายหรือของ mobile phase

#### การวัดสาร Carbendazim ด้วยเครื่อง HPLC-DAD detector

Diode Array Detector หรือ DAD เป็น detector ที่สามารถวัดแสงได้หลายความยาวคลื่น โดยมี deuterium หรือ xenon เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยแสงที่เปล่งออกมาจะผ่าน detector flow cell ไปรวมที่ holographic grating แล้วกระจายออกเป็นความยาวคลื่นต่างๆ ไปตกกระทบกับแผง diode array โดย DAD สามารถ scan spectrum ได้รวดเร็วมาก การนำเอา detector นี้มาใช้กับ HPLC จะทำให้ทราบข้อมูลต่างๆ ของ peak ใน spectrum ที่อยู่ใน chromatogram ได้อย่างดี และสามารถเปรียบเทียบ spectrum เป็น 3 มิติ โดย spectrum แสดงค่า absorbant ความยาวคลื่น และเวลา และข้อมูลที่ได้จาก spectrum ยังใช้ตรวจหาสารเจือปนได้อีกด้วย การวัดสาร carbendazim ดำเนินการดังนี้

1. วัดสารมาตรฐาน
2. วัด Solvent Blank เพื่อตรวจสอบสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบทุกครั้ง
3. วัดตัวอย่าง
4. การเตรียม condition ของเครื่อง HPLC สำหรับวิเคราะห์สาร carbendazim



Mobile phase ใช้ Methanol และ water (HPLC grade) อัตราส่วน 40 : 60

Flow rate 1.0 ml/min

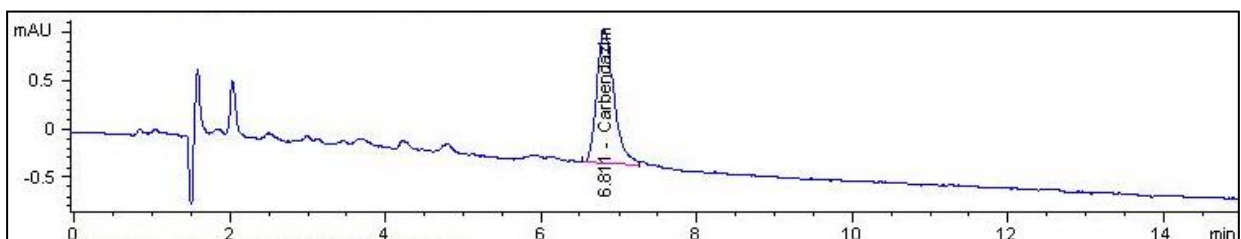
Pressue 350 psi

Run time 15 นาที

Inject volume 10 µl

Column Zorbax Eclipse XDB-C8 4.6x150 mm.

Detector Diode Array Detector (DAD)



ภาพที่ 3 Chromatogram ของการวิเคราะห์สารพิษตกค้างของ Carbendazim

### การวัดสาร Carbamate ด้วยเครื่อง HPLC-FLD detector ที่ต่อเข้ากับเครื่อง post column derivatizer

Fluorescence Detector เป็นดีเทคเตอร์ที่มีความไวสูงและเฉพาะเนื่องจากความสามารถในการวัด fluorescence ที่ได้ออกมาจากตัวอย่างที่ถูกกระตุ้น (excited) ด้วยแสงยูวี โดยที่แสงยูวีจากแหล่งกำเนิดแสง light source ผ่านเครื่องกรองแสงคือ monochromator เพื่อให้แสงที่มีความยาวคลื่นตามต้องการผ่านเข้าไปยัง flow cell ที่มีสารตัวอย่างที่ออกมาจากคอลัมน์ เมื่อตัวอย่างถูกกระตุ้นจะปล่อย emission ออกมาทุกทิศทางแต่จะมี emission ที่ตั้งฉากกับทิศทางที่แสงผ่านมาที่สาร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นเฉพาะผ่านไปยัง filter ตัดแสงที่ไม่ต้องการออกจากรัศมีแสงที่เข้าไปยัง photo cell ตรวจวัดสัญญาณออกมาเป็นโครมาโทแกรม ค่าที่วัดได้เป็นค่าความเข้มของการฟลูออเรสเซนซ์ที่ไปถึงเครื่องวัดแสง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการฟลูออเรสเซนซ์ทั้งหมด ดังนั้นทั้งความยาวคลื่น excitation และ emission จึงเป็นความยาวคลื่นที่เป็นลักษณะจำเพาะกับตัวอย่างนั้นๆ เท่านั้น สำหรับขั้นตอนการตรวจวัดมีดังนี้

1. วัดสารมาตรฐาน
2. วัด Solvent Blank เพื่อตรวจสอบสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบทุกครั้ง
3. วัดตัวอย่าง

#### 4. การเตรียม condition ของเครื่อง HPLC สำหรับวิเคราะห์สาร carbamate

Mobile phase ใช้ Methanol และ water (HPLC grade) อัตราส่วน 18 : 82

Flow rate 1.0 ml/min

Run time 35 นาที

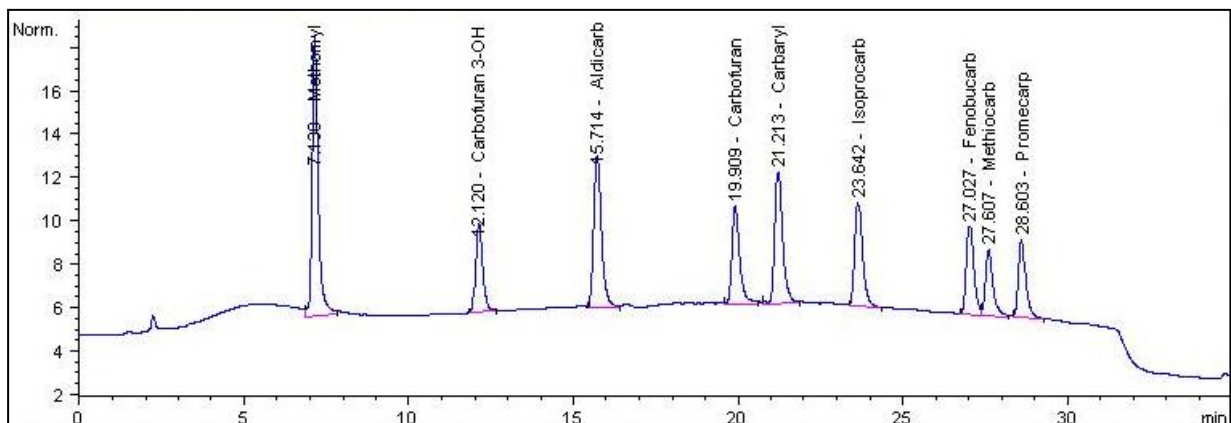
Inject volume 10  $\mu$ l

Column C18 5  $\mu$ m 4.6x150 mm.

Fluorescence Detector (FLD)

Signals Excitation:330 nm

Emission:465 nm



ภาพที่ 4 Chromatogram ของการวิเคราะห์สารพิษตกค้างของ Carbamate

#### 5.4 การคำนวณปริมาณสารพิษตกค้าง

นำสารละลายตัวอย่างฉีดเข้าเครื่อง GC และ HPLC เมื่อได้ Chromatogram ของสารตัวอย่าง วัดค่า Retention time ของสารเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกัน ค่า Retention time จะเท่ากัน นำค่าพื้นที่ใต้พีคของสารตัวอย่างไปหาความเข้มข้นจาก calibration curve ของสารนั้น นำค่าที่ได้ไปคำนวณกลับเพื่อหาปริมาณสารพิษตกค้างจากสูตร

$$C = M \times P \times V / W$$

C = ปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่าง mg/kg

M = ความเข้มข้นของสารพิษตกค้างที่อ่านจาก calibration curve (ng/ $\mu$ l)

P = ปริมาตรที่ปรับ (ml) / ปริมาตรที่แบ่งไป (ml)

V = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ปรับครั้งสุดท้าย (ml)

$$W = \text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}$$