

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

- 
1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
  2. **โครงการวิจัย** : การศึกษาความรุนแรงของผลกระทบและการเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันศัตรูพืชที่มีพิษร้ายแรงหรือมีความคงทนในสภาพแวดล้อม
    - กิจกรรมที่ 2 : การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในพืชผัก ผลไม้
    - กิจกรรมย่อยที่ 2.3 : การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในพืชผัก ผลไม้จากแหล่งที่ได้รับการรับรองระบบ GAP
  3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้ในพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 หลังการรับรองระบบ GAP (2554-2558)
 

**ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ)** : Qualitative and Quantitative of Pesticide Residues in Commodities in Office of Agricultural Research and Development Region 1 after Good Agricultural Practice Certified
  4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

**หัวหน้าการทดลอง** : นางเนาวรัตน์ ตั้งมันคงวรกุล สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1

**ผู้ร่วมงาน** : นายณัฐนัย ตั้งมันคงวรกุล สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1

นางนงพงา โอลเสน สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1
  5. **บทคัดย่อ**

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัส, กลุ่มออร์แกโนคลอรีน, กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มคาร์บาเมต ในตัวอย่างผักผลไม้เพื่อหาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553-กันยายน 2558 ในพื้นที่รับผิดชอบหลังการรับรองระบบ GAP จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 1,010 ตัวอย่าง คือ จากแหล่งปลูกที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร 444 ตัวอย่าง, แหล่งรวบรวมพืชผักและผลไม้ 408 ตัวอย่าง และแหล่งจำหน่าย 158 ตัวอย่าง วิธีวิเคราะห์ที่ใช้วิธีดัดแปลงมาจากวิธีของ Steinwandtern H., (1985) การทดลองนี้ได้สุ่มเก็บตัวอย่างผักผลไม้ ได้แก่ คื่นฉ่าย, พริกหวาน, มะม่วง, ลำไยสด และส้มจากแปลง GAP, โรงคัดบรรจุ และแหล่งจำหน่าย พบสารทั้งสิ้น 26 ชนิด ได้แก่ กลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัส 16 ชนิด, กลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด และกลุ่มคาร์บาเมต 3 ชนิด สำหรับลำไยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทางภาคเหนือพบการตกค้างจำนวน 595 ตัวอย่าง คิดเป็น (83%) และเกินค่า MRLs จำนวน 154 ตัวอย่าง คิดเป็น 26%

**Abstract**

A total of 1,010 vegetable and fruit samples under the Office of Agricultural Research and Development Region 1 responsibility after good agricultural practice accreditation, are analyzed to find the qualitative and quantitative of pesticide residues since October, 2010 – September, 2015. The samples in GAP fields, packing houses and supplier sources are 444, 408

---

รหัสการทดลอง 03-06-54-05-02-03-01-54

and 158 samples, respectively. An analysis method is used the in-house method based on *Steinwandtern H.* (1985). The sampling for the celeries, sweet peppers, mangoes, longans and oranges from GAP fields, packing houses and supplier sources were found 26 substances, i.e. organophosphorus (16 substances), pyrethroid (7 substances) and carbamate (3 substances). For the longans, an important economic plant for the Northern of Thailand, are found the remaining in 595 samples (83%) and 154 samples (26%) more than the maximum residue limits.

## 6. คำนำ

ปัจจุบันประชากรโลกได้ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยด้านอาหาร มีการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (maximum residue limit for pesticide; MRL) ค่านี้สัมพันธ์กับชนิดพืชและสารพิษตกค้าง สำหรับประเทศไทยมีการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Thai MRLs) โดยคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติและออกเป็นประกาศกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 9002-2556) เรื่อง สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด ส่วนการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดระหว่างประเทศได้แก่ Japan MRL, EU MRL เป็นต้น ส่วนการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดในระดับสากลเป็นหน้าที่ของ คณะกรรมาธิการโคdexมาตรฐานอาหาร (Codex Alimentarius Commission หรือ Codex) กำหนดเป็นค่า Codex MRL (Codex Alimentarius. 2016.)

ประเด็นปัญหาดังกล่าวทำให้หลายประเทศเพิ่มความเข้มงวดกับผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะกลุ่มประเทศสมาชิกองค์การการค้าโลกได้กำหนดกฎระเบียบและมาตรการต่างๆ ภายใต้เขตการค้าเสรีเพื่อการผลิตที่ปลอดภัยตามมาตรฐานสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (SPS) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงกฎระเบียบและมาตรการตลอดเวลา ดังนั้นประเทศไทยต้องมีความพร้อมที่จะปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ และปรับปรุงสินค้าให้ได้คุณภาพ มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับสากล

ในปี พ.ศ. 2554 องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ระบุว่า ประเทศไทยมีพื้นที่เกษตรกรรมเป็นอันดับที่ 48 ของโลก และธนาคารโลกระบุว่า ประเทศไทยใช้สารกำจัดศัตรูพืชเป็นอันดับที่ 5 ของโลก (คม ชัด ลึก ฉบับวันที่ 8 กันยายน 2554) ดังนั้น กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานหนึ่งที่กำลังดูแลความปลอดภัยของ

ผลิตผลทางการเกษตรและได้ให้ความสำคัญในเรื่องระบบการผลิตในแปลงปลูก โดยเน้นการทำเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ลดการใช้สารเคมี โดยใช้สารสกัดจากพืชหรือชีวภัณฑ์ต่างๆ ทดแทนและใช้สารเคมีอย่างปลอดภัยเพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม การจัดระบบสินค้าที่ผ่านกระบวนการผลิตในระดับไร่นาถึงผู้บริโภคภายในประเทศ และการส่งออกอย่างมีมาตรฐาน จำเป็นต้องสร้างระบบการวิเคราะห์ ตรวจสอบ ผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร เพื่อเป็นการรับรองและประกันคุณภาพ เสริมสร้างความเชื่อมั่นให้สินค้าเกษตรก้าวไกลในตลาดโลกโดยไม่ถูกกีดกัน การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้หลังการรับรองระบบ GAP จึงเป็นการติดตามปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความรู้ในเรื่องคุณภาพผลิตผลเกษตรมากขึ้น และประเด็นดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศ ดังนั้น ประเทศไทยก็ควรมีการวิจัยที่เน้นถึงคุณภาพผลิตผลพืชที่เป็นอาหาร เพื่อประกันระบบการเกษตรและเศรษฐกิจการเกษตรให้ยั่งยืนต่อไป

## 7. วิธีดำเนินการ

### 7.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

7.1.1 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีหือ Agilent technologies model 6890 ที่มีหัวตรวจวัดชนิด flame photometric detector (FPD) และ micro-electron capture detector ( $\mu$ -ECD)

7.1.2 เครื่องลิวิดโครมาโทกราฟีหือ Agilent technologies model 1100 ที่มีหัวตรวจวัดชนิด fluorescence detector (FLD) ต่อพวงกับเครื่องทำอนุพันธ์ (post-column derivatizer) ยี่ห้อ Pickering model PCX5200

7.1.3 เครื่องมืออื่นๆ ได้แก่ เครื่องซังไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง, เครื่องบดตัวอย่าง (food processor), โฮโมจิไนเซอร์ (homogenizer), เครื่องระเหยสารละลายชนิด rotary evaporator และ ชนิด nitrogen evaporator และเครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer)

7.1.4 เครื่องแก้ว ได้แก่ ขวดแก้ว (glass lab bottle) พร้อมฝาปิด, ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask), กระบอกตวง (cylinder), ขวดก้นแบน (flat bottom flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร, ขวดฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ (autosampler vial) ขนาด 2 มิลลิลิตร, ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร, กรวยแก้ว (glass funnel) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร, ปิเปตต์ (volumetric pipette)

7.1.5 อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ ตัวกรองขนาด 0.2 ไมครอน และหลอดดูดสารละลาย (pasture pipette)

### 7.2 สารเคมี

#### 7.2.1 สารมาตรฐาน

- สารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (organophosphorus) จำนวน 23 ชนิด ได้แก่ DDVP (dichlorvos) methamidophos mevinphos omethoate dicrotophos monocrotophos dimethoate diazinon parathion methyl fenitrothion pirimiphos methyl malathion chlorpyrifos parathion

ethyl pirimiphos ethyl methidathion prothiophos profenofos ethion EPN phosalone azinphos ethyl และ triazophos

- สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ alpha-endosulfan beta-endosulfan และ endosulfan sulfate

- สารกลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethroid) จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ bifenthrin cyhalothrin permethrin cyfluthrin cypermethrin fenvalerate และ deltamethrin

- สารกลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ methomyl aldicarb carbosulfan carbaryl และ methiocarb

7.2.2 ตัวทำละลาย ได้แก่ acetone ชนิด analytical grade และ pesticide grade, dichloromethane ชนิด analytical grade และ pesticide grade, sodium chloride ชนิด analytical grade hexane ชนิด pesticide grade และ acetonitrile ชนิด HPLC grade

7.2.3 สารสำหรับทำอนุพันธ์ ได้แก่ 0.05 M NaOH (CB130), o-phthalaldehyde (OPA), thiofluor, methanol ชนิด HPLC grade และ borate buffer pH 9.1 (CB910)

7.2.4 สารเคมีอื่นๆ ได้แก่ silica gel 60 (70-230 mesh) ชนิด pesticide grade เผาที่ 550 °C นาน 4 ชั่วโมง และ sodium sulphate anhydrous granular ที่เผาด้วยอุณหภูมิ 450°C นาน 5 ชั่วโมง และเก็บในตู้อบที่อุณหภูมิ 130°C

### 7.3 วิธีการ

#### 7.3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

การเตรียมสารละลายมาตรฐานในกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ออร์กาโนคลอรีนและไพรีทรอยด์ ใช้ตัวทำละลาย คือ acetone และ hexane ส่วนสารกลุ่มคาร์บาเมตใช้ตัวทำละลาย คือ acetonitrile

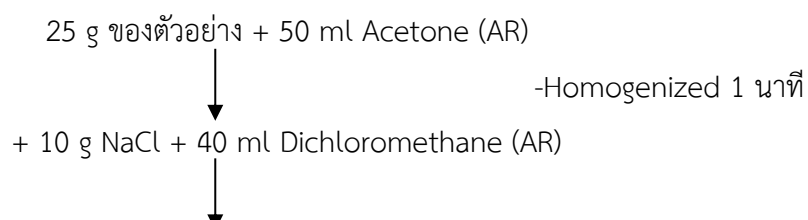
7.3.1.1 การเตรียม stock standard solution ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร คำนวณดังภาคผนวก 1

7.3.1.2 การเตรียม intermediate mixed standard solution ความเข้มข้น 50 และ 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร คำนวณดังภาคผนวก 2

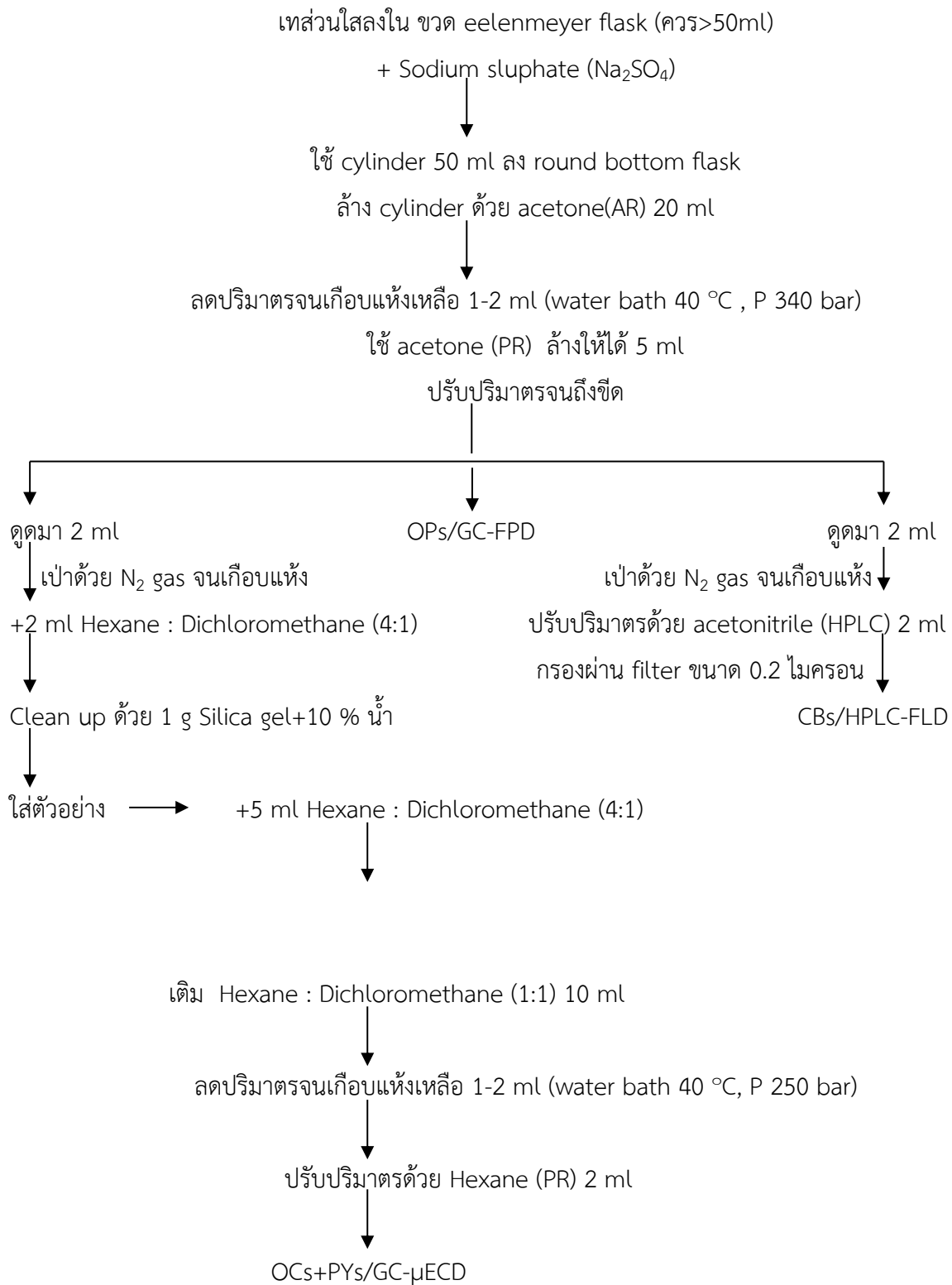
7.3.1.3 การเตรียม working mixed standard solution ความเข้มข้น 0.02, 0.05, 1 และ 2 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร คำนวณดังภาคผนวก 2

#### 7.3.2 การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง 4 กลุ่ม

7.3.2.1 เตรียมและสกัดตัวอย่างผักและผลไม้โดยใช้วิธีสกัด (Steinwandtern H., 1985) ดังภาพที่ 1



Homogenized 1 นาที



ภาพที่ 1 วิธีการสกัดตัวอย่างผักและผลไม้โดยใช้วิธีดัดแปลงมาจากวิธีของ Steinwandtern H. (1985)

### 7.3.2.2 เตรียมสถานะของเครื่องโครมาโทกราฟี ดังนี้

สำหรับวิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (organophosphorus) ใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) วิเคราะห์ที่มีหัวตรวจวัดชนิด flame photometric detector (FPD)

Inlet	Mode: Splitless Initial temperature: 250 °C Gas type: Helium Injection volume 1 µl		
Column	DB-1701P (30m x 25mm x 0.25 µm) (14%-Cyanopropyl-phenyl)-dimethylpolysiloxane Mode: Constant flow, 2.0 mL/min		
Detector	Detector type : FPD Temperature: 250 °C Hydrogen, flow rate 75 mL/min Air, flow rate 100 mL/min Makeup gas type : Nitrogen 60.0 mL/min		
Oven temperature program	Initial temperature: 80°C Initial time: 0.00 min Equilibrium time: 1.00 min		
	Rate	Final temperature	Final time
	10.00	180	0.00
	4.00	205	7.00
	30.00	260	17.00

สำหรับวิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) และสารกลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethroid) ใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) วิเคราะห์ที่มีหัวตรวจวัดชนิด micro-electron capture detector (µ-ECD)

Inlet	Mode : Splitless Initial temperature : 250 °C Gas type : Helium Injection volume 1 µl		
Column	HP-5(30m x 32mm x 0.25 µm) (5%-Phenyl methyl siloxane Mode: Constant flow, 2.0 mL/min		
Detector	Detector type : µ-ECD Temperature: 300 °C Makeup gas type : Nitrogen 60.0 mL/min		
Oven temperature program	Initial temperature: 120°C Initial time: 1.00 min Equilibrium time: 1.00 min		
	Rate	Final temperature	Final time
	20.00	200	2.00
	1.00	210	2.00

50.00	250	1.00
20.00	280	15.00

สำหรับวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) ใช้เครื่องลิควิดโครมาโทกราฟี (ข้อ 7.1.2)

Injection	Injection volume 20 $\mu$ l in acetonitrile																												
Analytical conditions	Column : C <sub>8</sub> analytical column 4 mm ID×250 mm 5 $\mu$ m Column temperature: 42 °C Mobile phase: water/acetonitrile																												
Detector	Detector type : Fluorescence detector (FLD) $\lambda_{ex}$ = 330 nm, $\lambda_{em}$ = 465 nm																												
Post-column conditions	Reactor volume: 0.5 mL Reactor temperature: 100 °C Reagent 1: 0.05 M NaOH (CB130) Reagent 2: 100 mg of OPA and 2 g of thiofluor in 950 mL of o-phthalaldehyde and thiofluor in pH 9.1 borate buffer (CB910) Reagents flow rate: 0.3 mL/min																												
HPLC gradient	Equilibrium: 1.000 mL/min 90.0% water+ 10.0% acetonitrile =10.0%																												
	<table> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>% water</th> <th>% acetonitrile</th> <th>flow (min/mL)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00</td> <td>90.0</td> <td>10.0</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>2.00</td> <td>90.0</td> <td>10.0</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>46.00</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>46.10</td> <td>30.0</td> <td>70.0</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>49.00</td> <td>30.0</td> <td>70.0</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>60.00</td> <td>90.0</td> <td>10.0</td> <td>1.000</td> </tr> </tbody> </table>	Time	% water	% acetonitrile	flow (min/mL)	0.00	90.0	10.0	1.000	2.00	90.0	10.0	1.000	46.00	49.0	51.0	1.000	46.10	30.0	70.0	1.000	49.00	30.0	70.0	1.000	60.00	90.0	10.0	1.000
Time	% water	% acetonitrile	flow (min/mL)																										
0.00	90.0	10.0	1.000																										
2.00	90.0	10.0	1.000																										
46.00	49.0	51.0	1.000																										
46.10	30.0	70.0	1.000																										
49.00	30.0	70.0	1.000																										
60.00	90.0	10.0	1.000																										

7.3.2.3 นีตสารละลายเข้าเครื่องโครมาโทกราฟีเมื่อ baseline เรียบ

7.3.2.4 วัดค่า retention time ( $t_R$ ) และความเข้มข้นของสารละลายเปรียบเทียบกับ กราฟมาตรฐาน (calibration curve) ด้วยสารมาตรฐานอย่างน้อย 3 ระดับความเข้มข้น โดยค่า calibration factor ( $R^2$ )  $\geq$  0.995 จากนั้นคำนวณปริมาณสารพิษตกค้างดังภาคผนวก 4

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสวพ.1 ในเดือน ตุลาคม 2553-กันยายน2558 ในพืช 5 ชนิด ได้แก่ คื่นฉ่าย, พริกหวาน, มะม่วง, ลำไยสด และ ส้ม โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งปลูก แหล่งรวบรวม และแหล่งจำหน่าย หลังการรับรองระบบ GAP จำนวนทั้งสิ้น 1,010 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างจากแหล่งปลูก แหล่งรวบรวม และแหล่งจำหน่าย ระหว่างเดือน ตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

ชนิดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	จำนวนตัวอย่างในแต่ละแหล่ง		
		แหล่งปลูก	แหล่งรวบรวม	แหล่งจำหน่าย
1. คื่นฉ่าย	58	9	10	39
2. พริกหวาน	79	13	10	56
3. มะม่วง	60	21	7	32
4. ลำไยสด	717	367	350	-
5. ส้ม	96	34	31	31

ตัวอย่างที่สุ่มเก็บจากแหล่งปลูกหลังการรับรองระบบ GAP จำนวน 444 ตัวอย่าง พบสารทั้งสิ้น 17 ชนิด ได้แก่ กลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัส 11 ชนิด, กลุ่มไพรีทรอยด์ 5 ชนิด และกลุ่มคาร์บาเมต 1 ชนิด ตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรของประเทศไทย (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) และ EU MRLs (European Commission, 2015) มีจำนวนทั้งสิ้น 313 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 70 ตัวอย่างส้มและลำไยพบชนิดสารมากที่สุด (12 ชนิดสาร) ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างจากแหล่งปลูกหลังการรับรองระบบ GAP ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

ชนิดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง		ผลการวิเคราะห์			จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs
	ทั้งหมด	พบสาร (%)	ชนิดสาร	ปริมาณ (mg/kg)	ค่า MRLs (mg/kg)	
1. คื่นฉ่าย	9	1 (11%)	ND	-	-	-
		7 (78%)	chlorpyrifos	0.02-0.11	5.00 (EU MRLs)	-
		1 (11%)	cyfluthrin	0.07	0.10 (EU MRLs)	-
		5 (56%)	cypermethrin	0.15-0.92	0.10 (EU MRLs)	5 (56%)
		1 (11%)	ethion	0.01	3.00 (EU MRLs)	-
		1 (11%)	lamda-cyhalothrin	0.01	0.05 (EU MRLs)	-
		1 (11%)	profenofos	0.10	0.05 (EU MRLs)	1 (11%)
2. พริกหวาน	13	5 (38%)	ND	-	-	-
		1 (8%)	chlorpyrifos	0.03	2.00 (Thai MRLs)	-
		3 (23%)	cypermethrin	0.01-0.13	0.50 (EU MRLs)	-
		2 (15%)	ethion	0.02-0.08	0.01 (EU MRLs)	2 (15%)
		1 (8%)	lamda-cyhalothrin	0.02	0.10 (EU MRLs)	-
		1 (8%)	profenofos	0.04	0.50 (Thai MRLs)	-



		1 (8%)	triazophos	0.03	0.01 (EU MRLs)	1 (8%)
3. มะม่วง	21	6 (29%)	ND	-	-	-
		1 (5%)	chlorpyrifos	0.03	0.05 (EU MRLs)	-
		5 (24%)	cypermethrin	0.01-0.05	0.70 (Thai MRLs)	-
		3 (14%)	EPN	0.04-0.16	สารเฝ้าระวัง	3 (14%)
		2 (10%)	ethion	0.01-0.03	0.01 (EU MRLs)	1 (5%)
		2 (10%)	lamda-cyhalothrin	0.02-0.05	0.20 (Thai MRLs)	-
4. ลำไยสด	367	63 (17%)	ND	-	-	-
		206 (56%)	chlorpyrifos	0.01-1.74	0.50 (Thai MRLs)	5 (1%)
		237 (65%)	cypermethrin	0.01-5.43	1.00 (Thai MRLs)	7 (2%)
		18 (5%)	deltamethrin	0.01-0.06	0.05 (EU MRLs)	2 (0.5%)
		2 (0.5%)	diazinon	0.01	0.01 (EU MRLs)	7 (2%)
		3 (1%)	EPN	0.03-0.09	สารเฝ้าระวัง	3 (1%)
		4 (1%)	ethion	0.01-2.10	0.01 (EU MRLs)	24 (7%)
		10 (3%)	lamda-cyhalothrin	0.01-0.08	0.50 (Thai MRLs)	-
		1 (0.3%)	methomyl	0.55	0.02 (EU MRLs)	1 (0.3%)
		1 (0.3%)	monocrotophos	0.08	วัตถุอันตรายประเภทที่ 4	1 (0.3%)
		1 (0.3%)	permethrin	0.23	0.01 (EU MRLs)	1 (0.3%)
		11 (3%)	profenofos	0.21-3.27	0.01 (EU MRLs)	22 (6%)
		1 (0.3%)	triazophos	0.01	0.01 (EU MRLs)	-
5. ส้ม	34	8 (24%)	ND	-	-	-
		20 (59%)	chlorpyrifos	0.01-1.83	0.30 (EU MRLs)	6 (18%)
		21 (62%)	cypermethrin	0.01-1.40	0.30 (Thai MRLs)	9 (26%)
		1 (3%)	deltamethrin	0.03	0.05 (EU MRLs)	-
		4 (12%)	diazinon	0.31-0.65	0.01 (EU MRLs)	4 (12%)
		1 (3%)	dimethoate	0.01	0.02 (EU MRLs)	-
		23 (68%)	ethion	0.02-4.16	2.00 (Thai MRLs)	3 (9%)
		5 (15%)	lamda-cyhalothrin	0.06-0.15	0.20 (EU MRLs)	-
		5 (15%)	malathion	0.11-2.64	7.00 (Thai MRLs)	-
		5 (15%)	methidathion	0.02-0.57	0.50 (Thai MRLs)	1 (3%)
		1 (3%)	monocrotophos	0.02	วัตถุอันตรายประเภทที่ 4	1 (3%)
		1 (3%)	pirimiphos methyl	0.01	0.10 (EU MRLs)	-
		3 (9%)	profenofos	0.03-0.17	0.10 (Thai MRLs)	1 (3%)

ตัวอย่างที่สุ่มเก็บจากแหล่งรวบรวมหลังการรับรองระบบ GAP จำนวน 408 ตัวอย่าง พบสารทั้งสิ้น 23 ชนิด เป็นสารกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัส 14 ชนิด, กลุ่มไพรีทรอยด์ 6 ชนิด และกลุ่มคาร์บาเมต 3 ชนิด ตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานมีจำนวนทั้งสิ้น 81 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 20 ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างจากแหล่งรวบรวมหลังการรับรองระบบ GAP ระหว่างเดือน ตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558**

ชนิดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง		ผลการวิเคราะห์			จำนวนตัวอย่างที่เกินค่า MRLs
	ทั้งหมด	พบสาร (%)	ชนิดสาร	ปริมาณ (mg/kg)	ค่า MRLs (mg/kg)	
1. คื่นฉ่าย	10	2 (20%)	ND	-	-	-
		1 (10%)	bifenthrin	0.06	0.10 (EU MRLs)	-
		2 (20%)	chlorpyrifos	0.01-0.02	5.00 (EU MRLs)	-
		6 (60%)	cypermethrin	0.01-5.4	0.10 (EU MRLs)	1 (10%)
		1 (10%)	deltamethrin	0.06	0.05 (EU MRLs)	1 (10%)
		1 (10%)	EPN	0.01	สารเฝ้าระวัง	1 (10%)
		2 (20%)	lamda-cyhalothrin	0.01-0.09	0.05 (EU MRLs)	1 (10%)
		1 (10%)	triazophos	0.02	0.02 (EU MRLs)	-
2. พริกหวาน	10	2 (20%)	ND	-	-	-
		1 (10%)	chlorpyrifos	0.31	2.00 (Thai MRLs)	1 (10%)
		4 (40%)	cypermethrin	0.05-0.51	0.50 (EU MRLs)	1 (10%)
		1 (10%)	diazinon	0.38	0.05 (EU MRLs)	1 (10%)
		1 (10%)	triazophos	0.01	0.01 (EU MRLs)	-
3. มะม่วง	7	4 (57%)	ND	-	-	-
		1 (14%)	chlorpyrifos	0.02	0.05 (EU MRLs)	-
		1 (14%)	triazophos	0.02	0.01 (EU MRLs)	1 (14%)
4. ลำไยสด	350	45 (13%)	ND	-	-	-
		2 (0.6%)	bifenthrin	0.01	0.01 (EU MRLs)	3 (1%)
		237 (68%)	chlorpyrifos	0.01-2.61	0.50 (Thai MRLs)	11 (3%)
		258 (74%)	cypermethrin	0.01-3.45	1.00 (Thai MRLs)	9 (3%)
		3 (1%)	deltamethrin	0.01-0.04	0.05 (EU MRLs)	-
		5 (1%)	diazinon	0.01-0.04	0.01 (EU MRLs)	3 (1%)
		3 (1%)	dimethoate	0.01-0.06	0.01 (EU MRLs)	2 (0.6%)
		3 (1%)	EPN	0.03-0.04	สารเฝ้าระวัง	3 (1%)
		9 (3%)	ethion	0.02-0.39	0.01 (EU MRLs)	10 (3%)

		1 (0.3%)	fenitrothion	0.05	0.01 (EU MRLs)	1 (0.3%)
		3 (1%)	fenvalerate	0.04-0.16	1.00 (Thai MRLs)	-
		16 (5%)	lamda-cyhalothrin	0.01-0.04	0.50 (Thai MRLs)	-
		1 (0.3%)	prothiophos	0.03	0.01 (EU MRLs)	1 (0.3%)
		2 (0.6%)	triazophos	0.03-0.07	0.01 (EU MRLs)	2 (0.6%)
		1 (0.3%)	malathion	0.03	0.02 (EU MRLs)	1 (0.3%)
		1 (0.3%)	methidathion	0.03	0.02 (EU MRLs)	1 (0.3%)
		2 (0.6%)	methiocarb	0.24-0.61	0.20 (EU MRLs)	-
		2 (0.6%)	phosalone	0.05-0.27	0.01 (EU MRLs)	2 (0.6%)
		2 (1%)	pirimiphos methyl	0.02-0.21	0.01 (EU MRLs)	2 (0.6%)
		34 (10%)	methomyl	0.09-1.28	0.02 (EU MRLs)	34 (10%)
		2 (0.6%)	profenofos	0.03-0.06	0.01 (EU MRLs)	1 (0.6%)
		3 (1%)	carbaryl	0.15-0.24	1.00 (Thai MRLs)	-
5. ส้ม	31	1 (3%)	azinphos ethyl	0.14	วัดอุณหภูมิรายประเภท ที่ 4	1 (3%)
		23 (74%)	chlorpyrifos	0.03-0.29	0.30 (EU MRLs)	-
		25 (81%)	cypermethrin	0.01-0.75	0.30 (Thai MRLs)	5 (16%)
		4 (13%)	deltamethrin	0.01-0.03	0.50 (EU MRLs)	-
		14 (45%)	diazinon	0.02-0.40	0.01 (EU MRLs)	14 (45%)
		7 (23%)	dimethoate	0.03-0.74	0.02 (EU MRLs)	7 (23%)
		22 (71%)	ethion	0.01-1.68	2.00 (Thai MRLs)	-
		16 (52%)	lamda-cyhalothrin	0.01-0.22	0.20 (EU MRLs)	1 (3%)
		12 (39%)	malathion	0.07-8.62	7.00 (Thai MRLs)	1 (3%)
		8 (26%)	methidathion	0.1-1.71	0.50 (Thai MRLs)	-
		2 (6%)	permethrin	0.02-0.03	0.05 (EU MRLs)	-
		18 (58%)	profenofos	0.02-2.62	0.10 (Thai MRLs)	14 (45%)
		2 (6%)	triazophos	0.01-0.03	0.01 (EU MRLs)	1 (3%)

ตัวอย่างที่สุ่มเก็บจากแหล่งจำหน่ายหลังการรับรองระบบ GAP จำนวน 158 ตัวอย่าง พบสารทั้งสิ้น 19 ชนิด เป็นสารกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัส 12 ชนิด และกลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด ตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานมีจำนวนทั้งสิ้น 73 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 46 ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างจากแหล่งจำหน่ายหลังการรับรองระบบ GAP ระหว่างเดือน ตุลาคม 2553 ถึงเดือน กันยายน 2558

ชนิดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	ผลการวิเคราะห์	จำนวนตัวอย่างที่
--------------	---------------	----------------	------------------

	ทั้งหมด	พบสาร (%)	ชนิดสาร	ปริมาณ	ค่า MRLs	เกินค่า MRLs
				(mg/kg)	(mg/kg)	
1. คีนฉ่าย	39	1 (3%)	ND	-	-	-
		1 (3%)	bifenthrin	0.09	0.10 (EU MRLs)	-
		16 (41%)	chlorpyrifos	0.01-0.26	5.00 (EU MRLs)	-
		20 (51%)	cypermethrin	0.02-2.58	0.10 (EU MRLs)	10 (26%)
		4 (10%)	deltamethrin	0.05-0.09	0.05 (EU MRLs)	1 (3%)
		4 (10%)	ethion	0.01-0.03	3.00 (EU MRLs)	-
		2 (5%)	lamda-cyhalothrin	0.07-0.13	0.05 (EU MRLs)	2 (5%)
		1 (3%)	malathion	0.49	0.02 (EU MRLs)	1 (3%)
		1 (3%)	methidathion	0.42	0.10 (EU MRLs)	1 (3%)
		7 (18%)	permethrin	0.01-1.52	0.10 (EU MRLs)	1 (3%)
		2 (5%)	profenofos	0.05	0.05 (EU MRLs)	-
		1 (3%)	prothiophos	0.03	0.01 (EU MRLs)	1 (3%)
		4 (10%)	triazophos	0.01-0.05	0.02 (EU MRLs)	3 (8%)
2. พริกหวาน	56	10 (18%)	ND	-	-	-
		2 (4%)	bifenthrin	0.02	0.50 (EU MRLs)	-
		5 (9%)	chlorpyrifos	0.01-0.12	2.00 (Thai MRLs)	-
		15 (27%)	cypermethrin	0.01-0.35	0.50 (EU MRLs)	-
		3 (5%)	ethion	0.01-1.13	0.01 (EU MRLs)	2 (4%)
		1 (2%)	fenvalerate	0.01	0.05 (EU MRLs)	-
		4 (7%)	lamda-cyhalothrin	0.02-0.17	0.10 (EU MRLs)	1 (2%)
		1 (2%)	monocrotophos	0.01	วัตถุอันตรายประเภทที่ 4	1 (2%)
		1 (2%)	permethrin	0.05	0.05 (EU MRLs)	-
		1 (2%)	triazophos	0.02	0.01 (EU MRLs)	1 (2%)
3. มะม่วง	32	6 (19%)	ND	-	-	-
		2 (6%)	chlorpyrifos	0.01-0.02	0.05 (EU MRLs)	-
		4 (13%)	cypermethrin	0.01-0.67	0.70 (EU MRLs)	-
		2 (6%)	lamda-cyhalothrin	0.02	0.20 (EU MRLs)	-
		1 (3%)	triazophos	0.01	0.01 (EU MRLs)	-
4. ส้ม	31	1 (3%)	ND	-	-	-
		24 (77%)	chlorpyrifos	0.01-0.45	0.30 (EU MRLs)	3 (10%)
		1 (3%)	cyfluthrin	0.03	0.02 (EU MRLs)	1 (3%)
		21 (68%)	cypermethrin	0.03-0.87	0.30 (Thai MRLs)	5 (16%)
		2 (6%)	deltamethrin	0.13-1.36	0.50 (EU MRLs)	1 (3%)
		16 (52%)	diazinon	0.01-0.53	0.01 (EU MRLs)	15 (48%)

		4 (13%)	dimethoate	0.03-0.26	0.02 (EU MRLs)	4 (13%)
		23 (74%)	ethion	0.01-1.42	2.00 (Thai MRLs)	-
		1 (3%)	fenvalerate	0.01	0.02 (EU MRLs)	-
		12 (39%)	lamda-cyhalothrin	0.01-0.18	0.20 (EU MRLs)	-
		10 (32%)	malathion	0.01-6.8	7.00 (Thai MRLs)	-
		1 (3%)	methamidophos	0.1	วัตถุอันตรายประเภทที่ 4	1 (3%)
		5 (16%)	methidathion	0.4-1.95	0.50 (Thai MRLs)	4 (13%)
		1 (3%)	monocrotophos	0.41	วัตถุอันตรายประเภทที่ 4	1 (3%)
		4 (13%)	pirimiphos methyl	0.03-0.09	0.10 (EU MRLs)	-
		18 (58%)	profenofos	0.01-0.72	0.10 (Thai MRLs)	11 (35%)
		2 (6%)	prothiophos	0.01-0.02	0.10 (EU MRLs)	1 (3%)
		2 (6%)	triazophos	0.01-0.04	0.01 (EU MRLs)	1 (3%)

พบการใช้สารในกลุ่มสารเฝ้าระวัง ได้แก่ EPN เป็นสารกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัสและ methomyl เป็นสารกลุ่มคาร์บาเมต ในตัวอย่างที่วิเคราะห์ดังตารางที่ 5

#### ตารางที่ 5 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างพืชที่พบสารในกลุ่มสารเฝ้าระวัง

ชนิดตัวอย่าง	แหล่งเก็บ	จำนวน (ตัวอย่าง)		คิดเป็น (%)	ชนิดสาร	ปริมาณ (mg/kg)
		ทั้งหมด	พบสาร			
1. คื่นฉ่าย	แหล่งรวบรวม	10	1	10	EPN	0.01
2. มะม่วง	แปลงเกษตรกร	21	3	14	EPN	0.04-0.16
3. ลำไยสด	แปลงเกษตรกร	367	3	1	EPN	0.03-0.09
			1	0.3	methomyl	0.55
	แหล่งรวบรวม	350	3	1	EPN	0.03-0.04
			34	10	methomyl	0.09-1.28

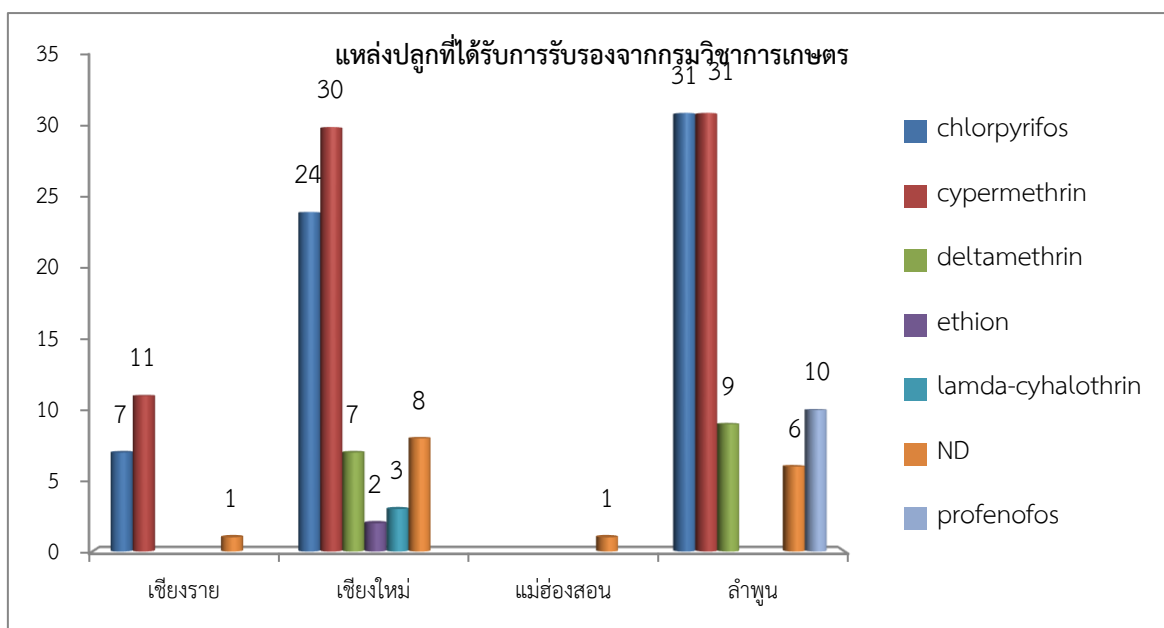
นอกจากนี้ พบว่ามีสารในกลุ่มวัตถุอันตรายประเภทที่ 4 ที่พบในตัวอย่าง มีทั้งสิ้น 3 ชนิดสารและเป็นสารในกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัส คือ azinphos ethyl monocrotophos และ methamidophos จำนวน ดังตารางที่ 6

#### ตารางที่ 6 ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างพืชที่พบสารในกลุ่มวัตถุอันตรายประเภทที่ 4

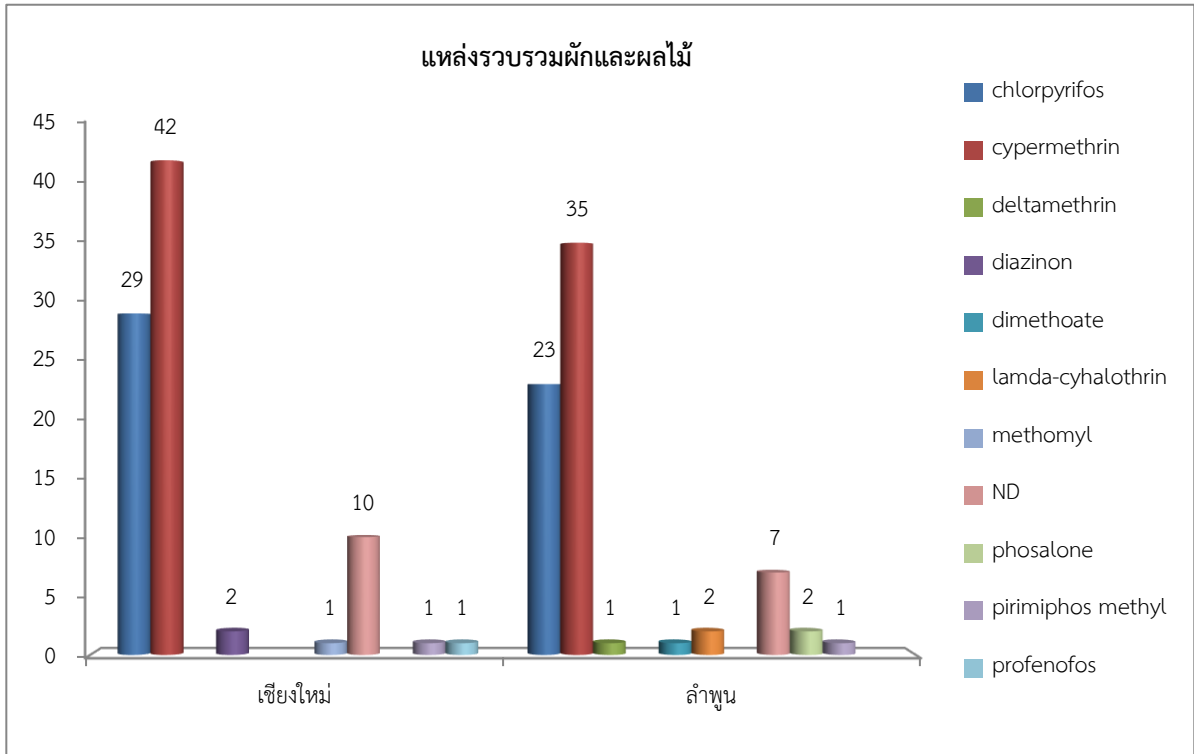
ชนิดตัวอย่าง	แหล่งเก็บ	จำนวน (ตัวอย่าง)		คิดเป็น (%)	ชนิดสาร	ปริมาณ (mg/kg)
		ทั้งหมด	พบสาร			
1. พริกหวาน	แหล่งจำหน่าย	56	1	2	monocrotophos	0.01

2. ลำไยสด	แปลงเกษตรกร	367	1	0.3	monocrotophos	0.08
3. ส้ม	แปลงเกษตรกร	34	1	3	monocrotophos	0.02
	แหล่งรวบรวม	31	1	3	azinphos ethyl	0.14
	แหล่งจำหน่าย	31	1	3	methamidophos	0.1
	แหล่งจำหน่าย	31	1	3	monocrotophos	0.41

การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ในตัวอย่างลำไยสดที่สุ่มเก็บในเดือนตุลาคม 2556 ถึงเดือนสิงหาคม 2557 และระหว่างเดือน ตุลาคม 2557 ถึงเดือนสิงหาคม 2558 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งปลูกที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร 100 ตัวอย่าง/ปี และ แหล่งรวบรวมพืชผักผลไม้จำนวน 100 ตัวอย่าง/ปี รวมทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งปลูกและแหล่งรวบรวมพืชผักผลไม้ เมื่อพิจารณาตามจังหวัดที่สุ่มเก็บตัวอย่าง พบว่าจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนมีการใช้สารหลายชนิด ดังแสดงในภาพที่ 5-ภาพที่ 5

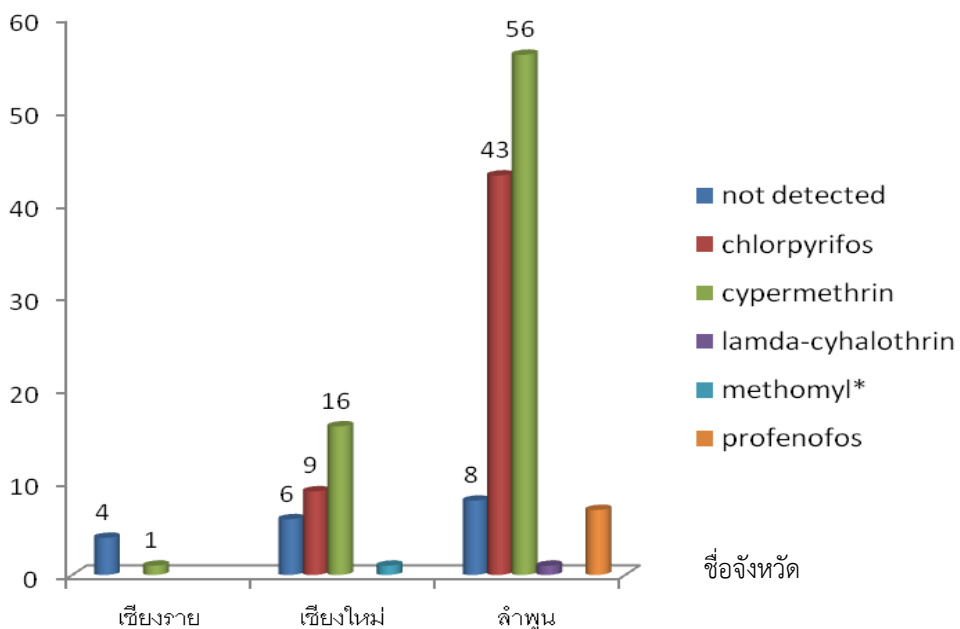


**ภาพที่ 2** แสดงจำนวนตัวอย่างที่พบสารตกค้างในลำไยสดสุ่มจากแหล่งปลูกที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ระหว่างเดือน ตุลาคม 2556 - สิงหาคม 2557 ตามจังหวัดที่สุ่มเก็บตัวอย่าง

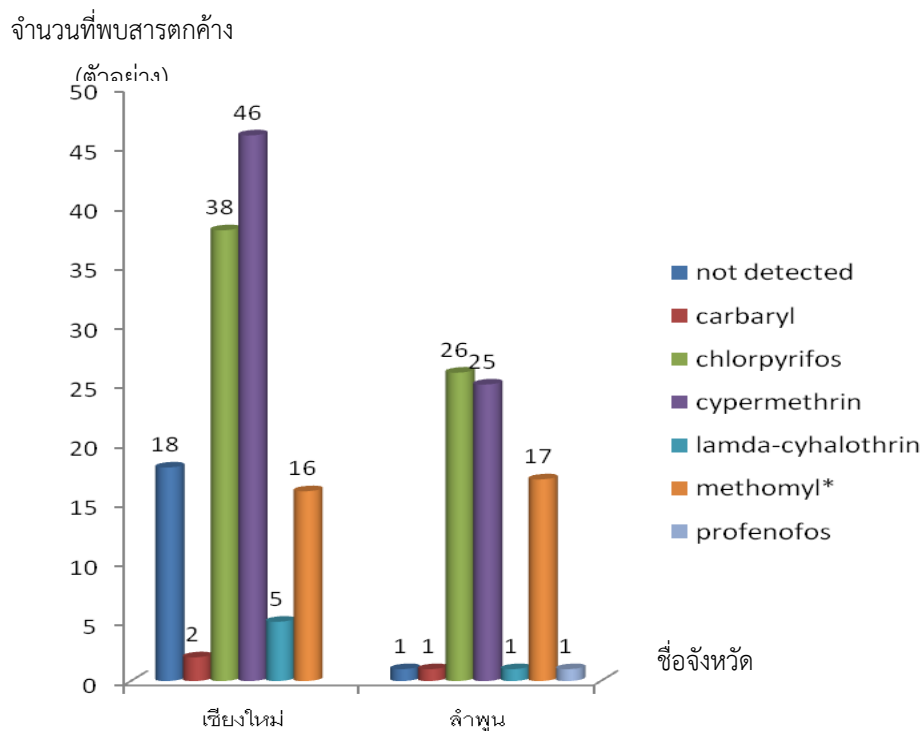


**ภาพที่ 3** แสดงจำนวนตัวอย่างที่พบสารตกค้างในลำไยสดสุ่มจากแหล่งรวบรวมพืชผักผลไม้ ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ระหว่างเดือน ตุลาคม 2556 - สิงหาคม 2557 ตามจังหวัดที่สุ่มเก็บตัวอย่าง

จำนวนที่พบสารตกค้าง (ตัวอย่าง)



**ภาพที่ 4** แสดงจำนวนตัวอย่างที่พบสารตกค้างในลำไยสดสุ่มจากแหล่งปลูกที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ระหว่างเดือน ตุลาคม 2557 - สิงหาคม 2558 ตามจังหวัดที่สุ่มเก็บตัวอย่าง



**ภาพที่ 5** แสดงจำนวนตัวอย่างที่พบสารตกค้างในลำไยสดสุ่มจากแหล่งรวบรวมพืชผักผลไม้ ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ระหว่างเดือน ตุลาคม 2557 - สิงหาคม 2558 ตามจังหวัดที่สุ่มเก็บตัวอย่าง

จากผลการวิเคราะห์พบการตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในตัวอย่างที่วิเคราะห์จำนวนมาก สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชในปี 2554-2558 ที่พบการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรมากกว่า 100,000 ตัน/ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558)



## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ตัวอย่างที่เก็บในแหล่งปลูก แหล่งรวบรวม และแหล่งจำหน่าย พบสารทั้งสิ้น 26 ชนิด ได้แก่ กลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัส 16 ชนิด, กลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด และกลุ่มคาร์บาเมต 3 ชนิด ลำไยเป็นพืชที่พบสารมากที่สุด (99%) รองลงมาคือ ส้ม(96%) พริกหวาน(95%) มะม่วง(93%) และคื่นฉ่าย (93%) ตามลำดับ แต่พบว่าลำไยมีความปลอดภัยในการบริโภคสูงสุด เนื่องจากการพบสารเกินค่ามาตรฐาน สารเฝ้าระวัง และวัตถุอันตรายประเภทที่ 4 มีค่าต่ำสุด (9%) รองลงมาคือ พริกหวาน(13%) ส้ม(16%) มะม่วง(17%) และคื่นฉ่าย (26%) ตามลำดับ ในระหว่างเดือนตุลาคม 2556 ถึง เดือนสิงหาคม 2558 พื้นที่ที่พบสารตกค้างมากชนิด คือ เชียงใหม่และลำพูน

จากข้อมูลดังกล่าว ปัญหาการตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรยังมีความสำคัญ ดังนั้นควรมีมาตรการในการลดการตกค้าง เพิ่มความปลอดภัยในการบริโภค เช่น ใช้สารทดแทน เพิ่มกรรมวิธีในการลดการตกค้างในการผลิต ปรับปรุงมาตรการทางกฎหมาย ให้ความรู้ต่อประชาชนในเรื่องที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในการบริโภค และ การใช้สารดังกล่าวอย่างถูกวิธี เป็นต้น

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 เพื่อทราบข้อมูลชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้จาก แปลงผลิต แหล่งรวบรวม และแหล่งจำหน่าย ในพื้นที่ สวพ.1 หลังการรับรองระบบ GAP

10.2 เป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพสินค้าเกษตรในเขตภาคเหนือตอนบน

10.3 เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังการตกค้างของวัตถุเคมีพิษทางการเกษตรในพืช

10.4 เป็นข้อมูลในการสร้างมาตรการเพื่อแก้ไขปัญหาสารพิษตกค้างในผัก และผลไม้ ลดความเสี่ยงภัยในการบริโภค และเพิ่มมูลค่าการส่งออก

## 11. คำขอบคุณ -

## 12. เอกสารอ้างอิง

แกะรอย 6 ยักษ์ใหญ่ “ค้าสารเคมีข้ามชาติ”. (2554, 8 กันยายน). คม ชัด ลึก, หน้า 1.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (มกษ. 9002-2556)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช. Available at: URL: [http://www.oae.go.th/ewt\\_news.php?nid=146](http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=146)

European Commission. 2015. Plants EU Pesticides database. Available at: URL: [http:// ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN](http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN)

Codex Alimentarius. 2016. Pesticide Residues in Food and Feed. Available at: URL: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/pestres/pesticides/en/>

Steinwandter H. 1985. Univer 5 min on-line Method for Extracting and Isolating Pesticide Residues and Industrial Chemicals. Fresenius Z Anal. Chem.322:752-754

### 13. ภาคผนวก

#### ภาคผนวก 1

##### วิธีการคำนวณในการเตรียม stock standard solution

จากสมการ

$$\text{ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน(ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ชั่ง(มิลลิกรัม)} \times \text{ความบริสุทธิ์ของสาร(\%)} \times 10^3}{\text{ปริมาตรที่เตรียม (มิลลิลิตร)} \times 100}$$

#### ภาคผนวก 2

##### วิธีการคำนวณในการเตรียม intermediate mixed standard solution

##### การเตรียม intermediate mixed standard solution

จากสมการ

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

โดยที่

$N_1$  = ความเข้มข้นของ สารตั้งต้น(ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

$N_2$  = ความเข้มข้นของ สารที่ต้องการเตรียม(ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

$V_1$  = ปริมาตรของสารตั้งต้นที่ต้องดูตมา (มิลลิลิตร)

$V_2$  = ปริมาตรของสารที่ต้องการเตรียม (มิลลิลิตร)

#### ภาคผนวก 3

##### คำย่อ

OPs สารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (organophosphorus)

OCs สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine)

PYs สารกลุ่มไพเรทรอยด์ (pyrethroid)

CBs สารกลุ่มคาร์บาเมต (carbamate)

#### ภาคผนวก 4

##### วิธีการคำนวณปริมาณสารพิษตกค้าง

จากสมการ

$$C = \frac{M \times P \times V}{W}$$

โดยที่

$C$  = ปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่าง (มิลลิกรัม/ กิโลกรัม)

M = ความเข้มข้นของสารพิษตกค้างตัวอย่างที่อ่านจากกราฟมาตรฐาน  
(นาโนกรัม/ไมโครลิตร)

P = ปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้สกัดทั้งหมด (มิลลิลิตร)หารด้วยปริมาตร  
ตัวทำละลายในขั้นตอนการสกัดที่แบ่งไปลดปริมาตร (มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ปรับครั้งสุดท้าย (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)