

## รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย : การศึกษาเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL)  
กิจกรรม : ศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างของวัตถุมีพิษในผัก เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL)
3. ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย) : วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างindoxacarb ในถั่วฝักยาวเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง(MRL)  
ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ) : Residue Trial of indoxacarb in Yard Long Bean to Establish Maximum Residue Limit (MRL)
4. คณะผู้ดำเนินงาน  
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวจินตนา ภู่มงกุฏชัย กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร กปผ.  
ผู้ร่วมงาน : นางสาวพนิดา ไชยยันต์บุรณ์ กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร กปผ.  
นายบุญทวีศักดิ์ บุญทวี กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร กปผ.

### 5. บทคัดย่อ (Abstracts)

การทดลองเพื่อศึกษาการสลายตัวของ indoxacarb ในถั่วฝักยาวของเกษตรกร ประกอบด้วย 6 การทดลอง การทดลองครั้งที่ 1 ระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2556 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม การทดลองครั้งที่ 2 ระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2556 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม การทดลองครั้งที่ 3 ระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2557 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม การทดลองครั้งที่ 4 ระหว่างเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2557 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม การทดลองครั้งที่ 5 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม 2557 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม การทดลองครั้งที่ 6 ระหว่างเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม 2558 ที่ อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง แต่ละการทดลองประกอบด้วย 2 แปลงทดลองย่อย ได้แก่ แปลงควบคุม (ไม่พ่น indoxacarb) และแปลงที่พ่น indoxacarb 30% WG ตามอัตราแนะนำ (2.5 g/น้ำ 20 L) พ่น indoxacarb สัปดาห์ละครั้งจำนวน 3 ครั้ง เก็บผลผลิตที่ 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 17 วันหลังจากพ่นครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บถั่วฝักยาวตามระยะเวลาที่กำหนด และนำเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อหาปริมาณสารพิษตกค้างของ indoxacarb ด้วย Modified Steinwandter method และวิเคราะห์ผลด้วย LC-MS/MS จากการทดลองครั้งที่ 1 ปริมาณ indoxacarb ลดลงจาก 0.17 mg/kg ถึง ND การทดลองครั้งที่ 2 ลดลงจาก 0.23 mg/kg ถึง ND การทดลองครั้งที่ 3 ลดลงจาก 0.14 mg/kg ถึง ND การทดลองครั้งที่ 4 ลดลงจาก 0.57 mg/kg ถึง ND การทดลองครั้งที่ 5 ลดลงจาก 0.13 mg/kg ถึง ND และการทดลองครั้งที่ 6 ลดลงจาก 0.18 mg/kg ถึง ND ระหว่าง 0 - 7 วัน ฉลากกำหนดให้เก็บผลผลิตหลังการพ่น indoxacarb 14 วันไม่พบปริมาณตกค้างของทั้ง 6 การทดลอง การสลายตัวจากแปลงทดลองของ indoxacarb ในถั่วฝักยาวมีอัตรา 0.02 - 0.06 mg/kg/d มี half-life 0.9 - 1.8 วันของการทดลองครั้งที่ 1 - 6 CODEX ไม่ได้กำหนดค่า MRL ไว้ แต่ EU กำหนดค่า MRL ไว้เท่ากับ 0.3 mg/kg จะพบว่าตั้งแต่ที่ 0 วัน indoxacarb ตกค้างมีปริมาณต่ำกว่า 0.3 mg/kg ยกเว้นการทดลองที่ 4 ที่พบปริมาณ 0.57 mg/kg ข้อมูลที่ได้จาก

การศึกษาการสลายตัวทั้ง 6 การทดลองข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการสลายตัวทั้ง 6 การทดลอง สามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณากำหนดค่า National MRL, ASEAN MRL และ CODEX MRL ต่อไป นอกจากนี้ได้สุ่มเก็บถั่วฝักยาว จากแหล่งจำหน่าย ระหว่าง พ.ศ.2556-2558 จำนวน 114 ตัวอย่าง จากจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม จันทบุรี สุพรรณบุรี อ่างทอง ราชบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และนนทบุรี วิเคราะห์สารพิษตกค้าง กลุ่ม organophosphate 24 ชนิด กลุ่ม pyrethroid 7 ชนิด กลุ่ม endosulfan 3 isomer ได้แก่ a-endosulfan, b- endosulfan และ endosulfan-sulfate และ indoxacarb ด้วย GC-FPD, GC-ECD และ LC-MS/MS มีเพียง 47 ตัวอย่างไม่พบสารพิษตกค้าง ที่เหลือ 67 ตัวอย่างตรวจพบสารพิษตกค้าง 12 ชนิด ปริมาณ 0.01 - 14.88 mg/kg ได้แก่ chlorpyrifos 17 ตัวอย่าง (0.01 - 1.44 mg/kg) cypermethrin 34 ตัวอย่าง (0.01 - 14.88 mg/kg) endosulfan 11 ตัวอย่าง (0.01 - 2.0 mg/kg) ethion 7 ตัวอย่าง (0.01 - 0.05 mg/kg) omethoate 5 ตัวอย่าง (0.02 - 4.21 mg/kg) triazophos 3 ตัวอย่าง (0.06 - 0.56 mg/kg) L-cyhalothrin 3 ตัวอย่าง (0.01 - 0.11 mg/kg) deltamethrin 2 ตัวอย่าง (0.03-0.05 mg/kg) profenofos 2 ตัวอย่าง (0.02-0.83 mg/kg) dimethoate 1 ตัวอย่าง (0.93 mg/kg) pirimiphos-methyl 1 ตัวอย่าง (0.01 mg/kg) permethrin 1 ตัวอย่าง (0.01 mg/kg) ส่วน indoxacarb ตรวจไม่พบในทุกตัวอย่าง นอกจากนี้ cypermethrin ที่พบปริมาณสูงสุดคือ 14.88 mg/kg เป็นตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดนครปฐม อย่างไรก็ตามเมื่อนำปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่พบแต่ละชนิดมาประเมินความเสี่ยงที่จะได้รับต่อการบริโภคแบบเฉียบพลัน และแบบเรื้อรัง พบว่าเกือบทุกตัวอย่างของถั่วฝักยาวทั้งจากแปลงและจากแหล่งจำหน่ายไม่เกิดอาการแบบเฉียบพลันหรือแบบเรื้อรังจากการบริโภค เมื่อเปรียบเทียบกับ acute reference dose (ARfD) และ acceptable dietary intake (ADI) ของวัตถุมีพิษนั้นๆ

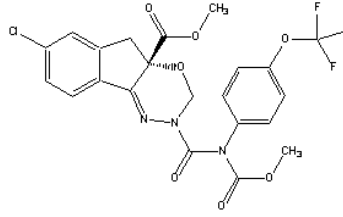
Supervised residue trials of indoxacarb in yard long bean were carried on in Nakhon Pathom and Ang Thong Provinces during 2013 - 2016. The trials composed 6 experiments, each experiment was divided into 2 plots; first was control plot (not sprayed indoxacarb) and second was sprayed plot (sprayed indoxacarb 30%WG with recommended dose 2.5g/water 20L). Indoxacarb was sprayed 3 times every 7 days. Harvested times were 0 (2 hours), 1, 3, 5, 7, 10, 14 and 17 days after the last application. Yard long beans were random sampling in both plots. In the laboratory; yard long bean samples are subsampling, chopping, extracting with modified Steinwandter method and analyzing with LC-MS/MS. Indoxacarb residues were degraded from 0.17, 0.23, 0.14, 0.57, 0.13 and 0.18 to ND of the 1<sup>st</sup>-6<sup>th</sup> experiment, respectively. At PHI: 14 days after last application, the residue of indoxacarb was not found. Degradation rates of indoxacarb were 0.02 - 0.06 mg/kg/d and the residue dissipated with half-life of 0.9 - 1.8 days. Codex MRL is not set but EU MRL is 0.3 mg/kg . At 0 day of all experiments indoxacarb residues were less than EU MRL except the fourth experiment, the residues were 0.57 mg/kg which were higher than EU MRL.

One hundred and fourteen samples of yard long beans were collected from the markets in Samut Songkhram, Samut Sakhon, Chanthaburi, Suphan Buri, Ang Thong, Ratchaburi, Nakhon Pathom, Kanchanaburi and Nonthaburi during January 2013 – September 2016. Twenty-four kinds of organophosphorus, seven kinds of pyrethroids, three isomers of endosulfan and indoxacarb were analysed and detected by using GC-FPD, GC-ECD and LC-MS/MS. The results showed that the residues were detected with ranging 0.01 – 14.88 mg/kg in 67 samples and 12 kinds of pesticide, as follows : chlorpyrifos 17 samples (0.01 - 1.44 mg/kg), cypermethrin 34 samples (0.01 - 14.88 mg/kg), endosulfan 11 samples (0.01 - 2.0 mg/kg), ethion 7 samples (0.01 - 0.05 mg/kg), omethoate 5 samples (0.02 - 4.21 mg/kg), triazophos 3 samples (0.06 - 0.56 mg/kg), L-cyhalothrin 3 samples (0.01 - 0.11 mg/kg), deltamethrin 2 samples (0.03 - 0.05 mg/kg), profenofos 2 samples (0.02-0.83 mg/kg), dimethoate 1 sample (0.93 mg/kg), pirimiphos-methyl 1 sample (0.01 mg/kg), permethrin 1 sample (0.01 mg/kg). Indoxacarb residue was not found in all of samples. The highest residue was 14.88 mg/kg of cypermethrin which the sample was collected from Nakhon Pathom Province. Dietary intake was estimated from consumption and residue levels. There are different types of consumers and in this study; in infants (0 - 3 years) and gen pop (>3 years) were used for assessment of exposure. When the residue dietary intake estimates were then compared against the acceptable daily intake (ADI) for long term consumption and acute reference dose (ARfD) for short term consumption. Almost yard long bean samples would not cause adverse health effects from long term and short term consumption except omethoate 4.21 mg/kg which the sample was collected from Samut Songkhram. Moreover of triazophos only gen pop would cause adverse health effects from acute intake. The residue of indoxacarb in yard long bean from 6 trials should be submitted to set National MRL, ASEAN MRL and Codex MRL. DOA could make a policy of pesticide usage. Both of the data of residue trials and monitoring

## 6. คำนำ

Indoxacarb จัดเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม oxadiazines ใช้สำหรับทดแทนสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต(organophosphates) เพื่อใช้กำจัดแมลงจำพวกผีเสื้อ เช่น หนอนกระทู้ เป็นต้น Indoxacarb เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงประเภท non systemic ออกฤทธิ์โดยจับกับ sodium channels ของแมลงทำให้ยับยั้งการไหลของ sodium ions เข้าสู่เซลล์ประสาท ทำให้ระบบประสาทของแมลงบกพร่อง เกิดอัมพาตและตายในที่สุด (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553) LD<sub>50</sub> สำหรับหนู > 5000 mg/kg

สูตรโครงสร้างทางเคมี



## ชื่อทางเคมี

(S)-methyl 7-chloro-2, 5-dihydro-2- [[[(methoxycarbonyl) [4 -(trifluoromethoxy) phenyl] amino] carbonyl] indeno[1,2-e][1,3,4] oxadiazine-4a(3H)-carboxylate

สูตรโมเลกุล C22H17ClF3N3O7

MW : 527.84 g/mol

ประเทศไทยได้รับการแจ้งเตือนจากสหภาพยุโรป (RASFF) 1 ครั้ง ว่าพบ indoxacarb ในถั่วฝักยาว สำหรับ CODEX ไม่กำหนดค่า MRL ในถั่วฝักยาว แต่ EU กำหนดค่า MRL ไว้ที่ 0.3 mg/kg ในถั่วฝักยาว การสลายตัวของ indoxacarb ในถั่วฝักยาวดำเนินการศึกษาในแปลงทดลองตามวิธีการใช้วัตถุอันตรายอย่างถูกต้องและปลอดภัย (GAP) เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นพร้อมสำหรับการกำหนดค่า maximum residue limit (MRL) ในสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศของประเทศไทย และเพื่อกำหนดเป็นค่า MRL ของประเทศ นอกจากนี้ที่ใช้ประกอบการพิจารณายอมรับและต่อรองกับคณะกรรมการระหว่างประเทศ ในกลุ่ม ASEAN และ CODEX เพื่อรักษาผลประโยชน์ในการค้าผลผลิตทางการเกษตรระหว่างประเทศ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษายังใช้ในการจัดการปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค รวมทั้งการใช้วัตถุอันตรายที่ถูกต้องและปลอดภัย และการส่งออกพืชผักไปกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

## 7.วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

1 ผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดแมลง indoxacarb ชนิด 30%WG มีชื่อการค้า อวาทา

2 สารมาตรฐานกลุ่ม organophosphate 24 ชนิด ได้แก่ DDVP, omethoate, dicrotophos, monocrotophos, pirimiphos-methyl, pirimiphos - ethyl, parathion - methyl, parathion, chlorpyrifos, chlorpyrifos - methyl, malathion, methidathion, profenofos, azinphos - ethyl, ethion, acephate, triazophos, phosalone, diazinon, methamidophos, EPN, fenitrothion, mevinphos, dimethoate

สารมาตรฐานกลุ่ม pyrethroid 7 ชนิด ได้แก่ bifenthrin, cyfluthrin, cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, L-cyhalothrin และ permethrin

สารมาตรฐานกลุ่ม endosulfan 3 isomer ได้แก่ a-endosulfan, b- endosulfan และ endosulfan-sulfate

และสารมาตรฐาน indoxacarb

3 สารเคมีต่างๆ ได้แก่ ethyl acetate (PR grade), acetone (AR และ PR grade), acetonitrile (PR grade), dichloromethane (AR และ PR grade), hexane (AR และ PR grade), water (HPLC grade), silica gel, NaCl, PSA, envicarb, MgSO<sub>4</sub> และ NaSO<sub>4</sub>

4 เครื่องแก้วชนิดต่างๆ ได้แก่ flat bottom flask, volumetric flask, reagent bottle, pipet, cylinder

5 เครื่องมือชนิดต่างๆ เช่น เครื่องหั่นและผสมอาหาร (food processor), เครื่องสกัดวัตถุดิบพืชโดยการปั่น (homogenizer), เครื่องระเหยสารละลาย (rotary evaporator), เครื่องกวนตัวอย่าง (vortex mixer), เครื่องปั่นเหวี่ยงสารละลาย (centrifuge), เครื่องเขย่าสาร (shaker) และเครื่องชั่งไฟฟ้า (electronic balance)

6 เครื่องตรวจวิเคราะห์วัตถุดิบพืช ชนิด High Performance Liquid Chromatography /Mass Spectrometer tandem (LC-MS/MS) และ Gas Chromatograph (GC) ที่มีหัวตรวจ (detector) ชนิด flame photometric detector (FPD) และชนิด electron capture detector (ECD)

## วิธีการ

ในการศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างของ indoxacarb ในถั่วฝักยาวเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

### 1. การทำแปลงทดลองตามการปฏิบัติของเกษตรกร

#### 1.1 การวางแผนการทดลองและการทำแปลงทดลอง

คัดเลือกและทำแปลงทดลองปลูกถั่วฝักยาวของเกษตรกร 6 การทดลอง ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 ระหว่างเดือนเมษายน - พฤษภาคม 2556 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม

การทดลองครั้งที่ 2 ระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2556 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม

การทดลองครั้งที่ 3 ระหว่างเดือนเมษายน - พฤษภาคม 2557 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม

การทดลองครั้งที่ 4 ระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2557 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม

การทดลองครั้งที่ 5 ระหว่างเดือน พฤศจิกายน - ธันวาคม 2557 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม

การทดลองครั้งที่ 6 ระหว่างเดือน กรกฎาคม - สิงหาคม 2558 ที่ อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง

ทำการทดลองตาม supervised residue trial แต่ละการทดลองประกอบด้วย 2 แปลงทดลองย่อย

คือ

- แปลงเปรียบเทียบ (Control) เป็นแปลงที่ไม่ใช้ indoxacarb

- แปลงที่พ่น indoxacarb 30%WG ตามอัตราแนะนำของฉลาก(recommended dose)คือ 2.5g ต่อ

น้ำ 20 L

แต่ละแปลงทดลองมี 3 ซ้ำ (replication) 8 วิธีการ (treatment) คือ ระยะเวลาเก็บหลังการพ่น indoxacarb ครั้งสุดท้ายได้แก่ 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 17 วัน

การเก็บตัวอย่างถั่วฝักยาวจากแปลงทดลองในแต่ละวันที่กำหนด ตามระยะเวลาต่างๆ หลังการพ่น วัตถุดิบพืชครั้งสุดท้าย โดยเก็บถั่วฝักยาวแบบสุ่มกระจายทั่วแปลงให้ได้น้ำหนักไม่ต่ำกว่า 1 kg (FAO, 2002)

#### 1.2 การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง indoxacarb ในถั่วฝักยาว

1) การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่เข้าเครื่องหั่นและผสมอาหาร (food processor) ปั่นให้ละเอียด คลุกเคล้า ให้เข้ากัน และชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 25 g

2) การสกัดตัวอย่าง ตามวิธี modified Steinwandter (1985) ซึ่งตัวอย่างถั่วฝักยาวที่มีการเตรียมตัวอย่าง 25 g. เติม acetone และปั่นด้วย homogenizer นาน 1 นาทีและเติม dichloromethane และ sodium sulphate ปั่นอีกครั้งนาน 1 นาที กรองสารละลายผ่าน  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  และแบ่งปริมาตร 50 ml. นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งและปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate 5 ml. แบ่งออก 2 ml. เปลี่ยนตัวทำละลายเป็น ACN เติม PSA 200 mg, encicarb 50 g,  $\text{MgSO}_4$  300 mg เขย่าแรงๆ นำไป centrifuge 3000 rpm 3 นาที กรองสารละลายผ่าน filter membrane ขนาด 2  $\mu\text{m}$  นำไป inject ด้วย LC-MS/MS

### 3) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

i) เตรียมสารละลายมาตรฐานของ indoxacarb ที่มีความบริสุทธิ์ 99.5 % ใน acetonitrile (HPLC grade) ให้ได้ความเข้มข้น 1,000  $\mu\text{g/ml}$

ii) เจือจาง stock standard solution ที่มีความเข้มข้น 25  $\mu\text{g/ml}$  เป็น intermediate standard solution และเจือจางเป็น working standard solution ที่มีความเข้มข้นเหมาะสมสำหรับฉีดเข้าเครื่อง LC-MS/MS

### 4) การตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS/MS รายละเอียดในส่วนของ HPLC และ MS

LC/MS/MS : Agilent 1200HPLC และ Agilent 6410 Triple Quadrupole

Colum : Kinetex™ 2.6  $\mu\text{m}$  XB-C18 100 Å, LC Column 100 x 2.1 mm

mobile phase : 5 mM ammonium formate in water และ acetonitrile

flow rate : 0.4 ml/ Injection volume : 2  $\mu\text{l}$

MS : ESI Positive mode gas T : 350 °C

gas flow : 12 L/min nebulizer : 40 psi และ capillary 4000 V และ ใช้

MRM

หลังจากฉีดสารละลายมาตรฐานของ indoxacarb (working standard solution) 5 ระดับความเข้มข้น นำค่าพื้นที่ใต้ peak และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน indoxacarb มาสร้างเป็นกราฟเส้นตรง (calibration curve) โดยมี  $R^2 > 0.995$  คำนวณปริมาณของสารพิษตกค้าง indoxacarb จาก calibration curve ด้วยการนำค่าพื้นที่ใต้ peak ของสารที่ตรวจวิเคราะห์ไปอ่านค่าความเข้มข้นจากกราฟ

### 2. การดำเนินการเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในถั่วฝักยาวจากแหล่งจำหน่าย

เก็บตัวอย่างถั่วฝักยาวจากแหล่งจำหน่าย จาก 9 จังหวัดได้แก่ จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม จันทบุรี สุพรรณบุรี อ่างทอง ราชบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และนนทบุรี จำนวน 114 ตัวอย่าง ๆ ละ 1 kg ระหว่าง มกราคม 2556 - กันยายน 2558 นำมาสกัดและตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของ indoxacarb และสารชนิดอื่นในกลุ่ม organophosphate pyrethroid และ endosulfan โดยมีการเตรียมตัวอย่าง การสกัดตัวอย่าง และการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างดังนี้

2.1 การสกัดตัวอย่าง (modified Steinwandter,1985) ซึ่งตัวอย่างถั่วฝักยาวที่ปั่นละเอียด 25 g. เติม acetone และปั่นด้วย homogenizer นาน 1 นาทีและเติม dichloromethane และ sodium sulphate ปั่นอีกครั้งนาน 1 นาที กรองสารละลายผ่าน  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  และแบ่งปริมาตร 50 ml. นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง

และปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate 5 ml. แบ่งออก 2 ml. เปลี่ยนตัวทำละลายเป็น ACN เติม PSA 200 mg, envicarb 50 g, MgSO<sub>4</sub> 300 mg เขย่าแรงๆ นำไป centrifuge 3000 rpm 3 นาที กรองสารละลายผ่าน filter membrane ขนาด 2 µm นำไปวิเคราะห์ indoxacarb ส่วนที่แบ่งออก 2 ml. นำไปลดปริมาตรจนแห้ง เปลี่ยนใช้ mixture ของ hexane : dichloromethane ละลาย นำไป clean up ด้วย silica 1 g. ที่ deactivated ด้วยน้ำ 10% โดย elute ด้วย hexane : dichloromethane 4:1 5 ml. และ hexane : dichloromethane 1:1 10 ml. นำปริมาตรทั้งหมดที่ได้ไปลดปริมาตรจนเกือบแห้งและปรับปริมาตรด้วย hexane 2 ml. ฉีดด้วย GC-ECD เพื่อวิเคราะห์หาสารกลุ่ม pyrethroid และ endosulfan ส่วนที่เหลือนำไปฉีดด้วย GC-FPD เพื่อวิเคราะห์หาสารกลุ่ม organophosphate

## 2.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานของสารกลุ่ม organophosphate 25 ชนิด ใน ethyl acetate (PR grade) สารมาตรฐานกลุ่ม pyrethroid 7 ชนิดและกลุ่ม endosulfan 3 ชนิดเตรียมใน iso-octane ให้ได้ความเข้มข้น 1,000 µg/ml

2) mix stock standard solution แยก 2 กลุ่มตามชนิดของ solvent และเจือจางให้มีความเข้มข้นประมาณ 50-100 µg/ml เป็น intermediate standard solution

3) เจือจาง intermediate standard solution เป็น working standard solution ที่มีความเข้มข้นเหมาะสมสำหรับฉีดเข้าเครื่อง GC

2.3 การตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างด้วย GC นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดและสารละลายมาตรฐานแต่ละกลุ่มฉีดเปรียบเทียบกันด้วย GC ดังนี้

สารกลุ่ม organophosphate ใช้ GC ที่มี detector เป็น FPD

สารกลุ่ม pyrethroid และ endosulfan ใช้ GC ที่มี detector เป็น ECD

GC model : Agilent 6890 N

Column (FPD) : HP -1701 (14%-Cyanopropylphenyl-86%-Dimethylsiloxane)  
0.25 µm film thickness , 30 m. length , 0.32 mm.id.

(ECD) : Ultra 1 0.17 µm film thickness, 25m length, 0.32 mm id.

Temperature : injector 200 °C , detector , 250 °C

Injection volume : 1 µl

2.4 การตรวจวิเคราะห์ indoxacarb ด้วยเครื่อง LC-MS/MS ตาม 1.2 (4)

## 8.ผลการทดลองและวิจารณ์

ถั่วฝักยาวที่ไม่พ่น indoxacarb (แปลงควบคุม) ตรวจไม่พบสารตกค้าง ในขณะที่ถั่วฝักยาวที่พ่นด้วย indoxacarb ในอัตราแนะนำ (2.5 g ต่อน้ำ 20 L) หลังการพ่นครั้งสุดท้าย 2 ชั่วโมง นำถั่วฝักยาวที่ได้รับการพ่นมาตรวจวิเคราะห์ จากการทดลองครั้งที่ 1 พบปริมาณสารตกค้างของ indoxacarb ลดลงจาก 0.17, 0.07, 0.02, 0.01, ND, ND, ND และ ND mg/kg การทดลองที่ 2 ลดลงจาก 0.23, 0.19, 0.06, 0.03, 0.01, ND, ND และ

ND mg/kg การทดลองที่ 3 ลดลงจาก 0.14, 0.12, 0.06, 0.02, 0.01, ND, ND และ ND mg/kg การทดลองที่ 4 ลดลงจาก 0.57, 0.07, 0.01, 0.01, ND, ND, ND และ ND mg/kg การทดลองที่ 5 ลดลงจาก 0.13, 0.07, 0.03, 0.01, 0.01, ND, ND และ ND mg/kg และการทดลองที่ 6 ลดลงจาก 0.18, 0.17, 0.07, 0.02, 0.01, ND, ND และ ND mg/kg ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 17 วันตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เมื่อนำปริมาณสารตกค้างและระยะเวลาที่เก็บถั่วฝักยาวหลังการพ่นครั้งสุดท้าย มา plot semi-log ในลักษณะ linear regression พบอัตราการสลายตัวของ indoxacarb เท่ากับ 0.03, 0.03, 0.02, 0.06, 0.02 และ 0.03 mg/kg /วัน ของการทดลองครั้งที่ 1 - 6 (ภาพที่ 1 - 6) การสลายตัวของ indoxacarb มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาเก็บผลผลิต โดยเฉพาะช่วงวันแรกๆ การสลายตัวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนวันท้ายๆ ของการทดลอง การสลายตัวจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เมื่อคำนวณ half-life ของ indoxacarb ที่ได้จากการทดลอง เท่ากับ 1.1, 1.5, 1.7, 0.9, 1.8 และ 1.6 วันของการทดลองที่ 1 - 6 ตามลำดับ CODEX ไม่ได้กำหนดค่า MRL ของ indoxacarb ไว้ (CAC,2016) ประเทศญี่ปุ่น ไม่ได้กำหนดค่า MRL ไว้ เมื่อใช้ค่า default ซึ่งเท่ากับ 0.01 mg/kg พบว่าจำเป็นต้องทิ้งระยะหลังการพ่น indoxacarb ไว้ 10 วันจึงจะมีปริมาณสารพิษตกค้างน้อยกว่า 0.01mg/kg (Japan, 2016) ส่วน EU กำหนดให้มีค่า MRL เท่ากับ 0.3 mg/kg (EC ,2015) จากผลการทดลองพบว่าที่ 0 วันของการทดลองที่ 4 พบปริมาณ indoxacarb ตกค้างถึง 0.57 mg/kg ซึ่งเป็นเพียงค่าที่มากกว่า EU MRL นอกจากนั้นทุกค่าต่ำกว่า 3 mg/kg ปริมาณสารตกค้างที่ระยะปลอดภัยที่เวลา 14 วัน : PHI (ตามฉลากกำหนด) ไม่พบ indoxacarb จากทุกการทดลองเช่นเดียวกับ urvashi และคณะ (2012) ได้ศึกษาการสลายตัวของ indoxacarb ในกะหล่ำปลี โดยศึกษา 2 ความเข้มข้น คือ ตามอัตราแนะนำและ 2 เท่าของอัตราแนะนำ พบปริมาณ indoxacarb ลดลงจาก 0.18 และ 0.39 mg/kg และมี half life เท่ากับ 2.88 และ 1.92 วัน ตามลำดับ ส่วน Jayakrishnan และ Madhuban (2012) ได้ศึกษาด้วยการศึกษา indoxacarb ในโครงการ IPC ของมะเขือพบ half-life เท่ากับ 3.0 - 3.8 วัน จากการทดลอง 2 ปี

จากการสุ่มตัวอย่างถั่วฝักยาว จำนวน 114 ตัวอย่าง จากแหล่งจำหน่าย 9 จังหวัดได้แก่ จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม จันทบุรี สุพรรณบุรี อ่างทอง ราชบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และนนทบุรี วิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate 24 ชนิด กลุ่ม pyrethroid 7 ชนิดและกลุ่ม endosulfan 3 isomer และ indoxacarb ด้วย GC-FPD, GC-ECD และ LC-MS/MS จังหวัดที่พบปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด ได้แก่ จังหวัดนครปฐม (ตารางที่ 2) มีเพียง 47 ตัวอย่างไม่พบสารพิษตกค้าง ที่เหลือ 67 ตัวอย่างตรวจพบสารพิษตกค้าง 12 ชนิด ปริมาณ 0.01 - 14.88 mg/kg ได้แก่ cypermethrin 34 ตัวอย่าง (0.01 - 14.88 mg/kg) chlorpyrifos 17 ตัวอย่าง (0.01 - 1.44 mg/kg) endosulfan 11 ตัวอย่าง (0.01 - 2.0 mg/kg) ethion 7 ตัวอย่าง (0.01 - 0.05 mg/kg) omethoate 5 ตัวอย่าง (0.02 - 4.21 mg/kg) triazophos 3 ตัวอย่าง (0.06 - 0.56 mg/kg) L-cyhalothrin 3 ตัวอย่าง (0.01 - 0.11 mg/kg) deltamethrin 2 ตัวอย่าง (0.03 - 0.05 mg/kg) profenofos 2 ตัวอย่าง (0.02 - 0.83 mg/kg) dimethoate 1 ตัวอย่าง (0.93 mg/kg) pirimiphos-methyl 1 ตัวอย่าง (0.01 mg/kg) permethrin 1 ตัวอย่าง (0.01 mg/kg) ส่วน indoxacarb ตรวจไม่พบในทุก



ตัวอย่าง (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ cypermethrin ที่พบปริมาณสูงสุดคือ 14.88 mg/kg เป็นตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดนครปฐม

จากตัวอย่างที่สุ่มเก็บทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า MRL ของ CODEX, Japan และ EU พบว่า CODEX ไม่กำหนดค่า MRL ครบทุกสาร จึงมีตัวอย่างที่เกินมาตรฐาน เพียง 12 ตัวอย่าง เช่นเดียวกับ Japan MRL ที่พบตัวอย่างเกินค่ามาตรฐาน 9 ตัวอย่าง ในขณะที่ EU กำหนดค่าไว้เกือบครบทุกสารในพืชทุกชนิด จึงมีจำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า EU MRL ถึง 17 ตัวอย่าง ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบชนิดสารที่ตรวจพบเกินมาตรฐานทั้ง 3 พบว่าจำนวนตัวอย่างแตกต่างจากที่ได้กล่าวมาแล้ว เนื่องจากสารบางชนิด พบปริมาณสารพิษตกค้างเกินมาตรฐานหลายค่าจึงทำให้จำนวนตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น การกำหนดของแต่ละมาตรฐานแตกต่างกัน เมื่อประเทศไทยส่งออกถั่วฝักยาวจะทำให้มีโอกาสตรวจพบตัวอย่างที่เกินมาตรฐานแตกต่างกัน ซึ่งผู้ส่งออกจะต้องตระหนักถึงและมีความเข้าใจดีต่อการเตรียมตัวอย่างเพื่อการส่งออกในแต่ละประเทศ ถึงแม้ว่าจำนวนชนิดที่พบจะไม่มากก็ตาม แต่แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรหลายชนิด ประกอบกับถั่วฝักยาวเป็นพืชที่ไม่ได้เก็บผลผลิตในครั้งเดียว เกษตรกรจะเก็บผลผลิตทุกวัน การใช้วัตถุอันตรายจะต้องมีการวางแผนอย่างดี และใช้สารที่มีระยะปลอดภัยต่อการเก็บที่สั้นที่สุดหรือใช้สลับกับสารชีวภาพแทน จึงจะไม่พบสารพิษตกค้างมากชนิด นอกจากนี้เมื่อนำค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างแต่ละชนิดที่ตรวจพบในตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งจำหน่ายรวมถึง indoxacarb ที่ 0 และ 1 วัน นำมาประเมินความเสี่ยง จากการบริโภคแบบเรื้อรัง (chronic dietary intake) และแบบพิษเฉียบพลัน (acute dietary intake) ทำการประเมินใน 2 กลุ่มประชากร คือ gen pop (general population: ผู้มีอายุมากกว่า 3 ปีขึ้นไป) และ เด็กอายุ 0 - 3 ปี ผลที่ได้เปรียบเทียบกับค่า ADI และ ARfD ของ EFSA โดยใช้ข้อมูลการบริโภคของคนไทย (acfs, 2010) พบว่าตัวอย่างของถั่วฝักยาวที่ตรวจพบ omethoate ในประชากรทั้ง 2 กลุ่มจะเกิดอาการจากการได้รับสัมผัสแบบเรื้อรังหรือเฉียบพลัน (ตารางที่ 4) ซึ่งมีเพียงตัวอย่างเดียวเป็นตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดสมุทรสงคราม นอกจากนี้ถั่วฝักยาวที่เก็บจากจังหวัดนครปฐม 1 ตัวอย่างที่ตรวจพบ triazophos 0.56 mg/kg อาจก่อให้เกิดอาการจากการได้รับสัมผัสบริโภคแบบเฉียบพลันในผู้ใหญ่ หรือประชากรที่มีอายุมากกว่า 3 ปี นอกจากนี้ มกช. (2554) ได้เคยประเมินความเสี่ยงแบบเรื้อรังโดยใช้เกณฑ์ต่ำ คือที่ 50% ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างจากจังหวัดราชบุรีที่ตรวจพบ dimethoate 0.93 mg/kg และตัวอย่างจากจังหวัดนครปฐมที่พบ cypermethrin 14.88 mg/kg จะก่อให้เกิดอาการจากการได้รับสัมผัสแบบเรื้อรังได้

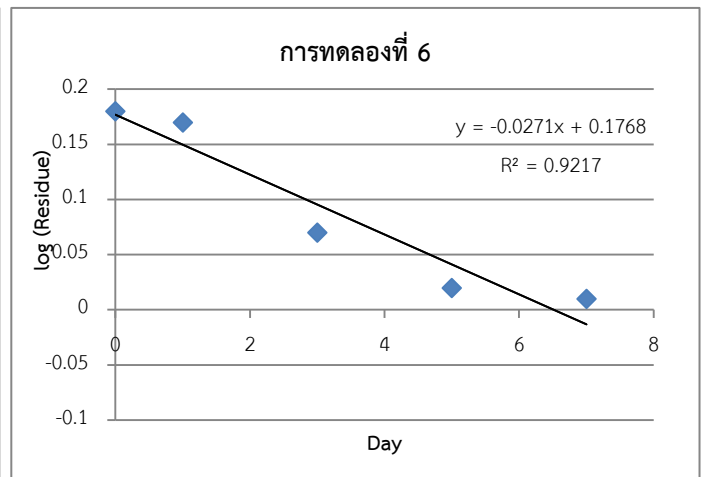
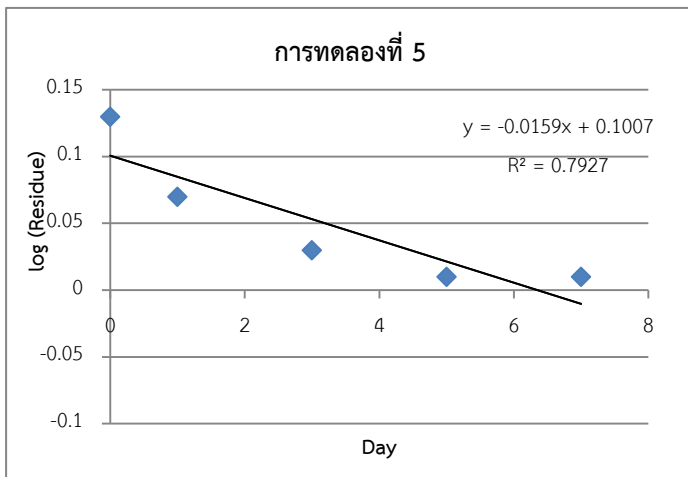
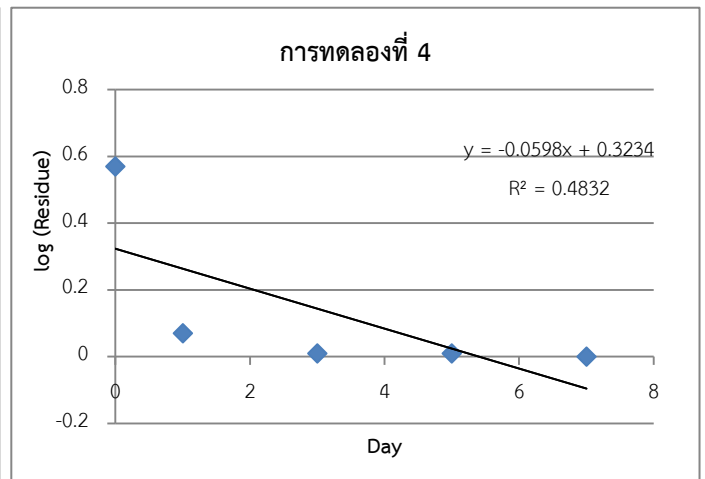
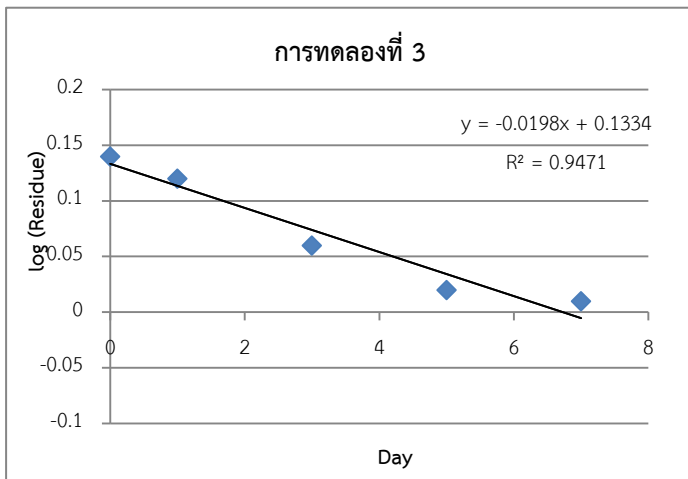
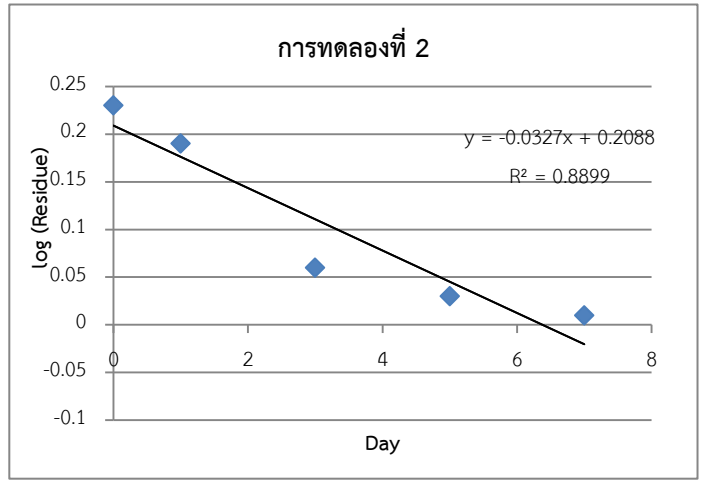
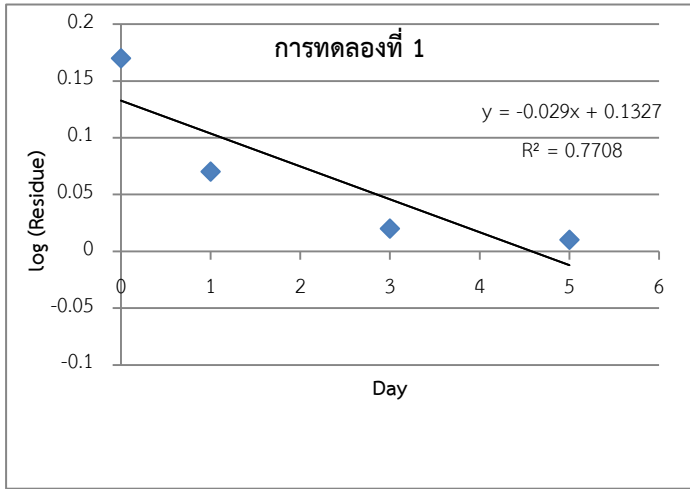
**ตารางที่ 1** ปริมาณสารพิษตกค้างเฉลี่ยของ indoxacarb ในถั่วฝักยาวการทดลองที่ 1 – 6

ระยะเวลา หลังการฉีดพ่น (วัน)	ปริมาณสารพิษตกค้างในถั่วฝักยาว (mg/kg)					
	การทดลอง ที่ 1	การทดลอง ที่ 2	การทดลอง ที่ 3	การทดลอง ที่ 4	การทดลอง ที่ 5	การทดลอง ที่ 6
0	0.17	0.23	0.14	0.57	0.13	0.18
1	0.07	0.19	0.12	0.07	0.07	0.17
3	0.02	0.06	0.06	0.01	0.03	0.07

5	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02
7	ND	0.01	0.01	ND	0.01	0.01
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Regression equation	$y = 0.1327 - 0.029x$	$y = 0.2088 - 0.0327x$	$y = 0.1334 - 0.0198x$	$y = 0.3234 - 0.0598x$	$y = 0.1007 - 0.0159x$	$y = 0.1768 - 0.0271x$
$T_{1/2}$ (Day)	1.7	0.9	1.2	1.8	1.6	1.5

หมายเหตุ Codex MRL ไม่กำหนดค่า indoxacarb ในถั่วฝักยาวแต่ EU กำหนด = 0.3 mg/kg, PHI =14 วัน

$T_{1/2}$  = half life ของ indoxacarb ในถั่วฝักยาว



ภาพที่ 1 กราฟ Semi logarithm การสลายตัวของ indoxacarb ในถั่วฝักยาวที่ระยะเวลาต่างๆ ของการทดลองที่ 1-6

ตารางที่ 2 ปริมาณสารพิษตกค้างในกล้วยจากแหล่งจำหน่าย 2556-2558

จังหวัด	จำนวนตัวอย่าง		ปริมาณสารพิษตกค้าง ที่พบ (mg/kg)
	ที่ตรวจ	ที่พบ (%)	
ราชบุรี	22	16 (73)	0.01 - 2.0
นครปฐม	19	12 (63)	0.01 - 14.88
สมุทรสงคราม	19	13 (68)	0.01 - 9.4
สมุทรสาคร	17	10 (59)	0.01 - 0.83
กาญจนบุรี	17	11 (65)	0.01 - 0.18
สุพรรณบุรี	7	4 (57)	0.01 - 5.33
จันทบุรี	5	0	-
นนทบุรี	4	1 (25)	0.01
อ่างทอง	4	0	-
รวม	114	67 (59)	0.01 - 14.88

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณของสารพิษตกค้างในกล้วย 114 ตัวอย่าง พ.ศ.2556-2558

ชนิดของ สารพิษตกค้าง	จำนวน ตัวอย่างที่พบ (%)	ปริมาณสารพิษ ตกค้างที่พบ	จำนวนตัวอย่างที่พบเกินมาตรฐาน		
			CODEX <sup>1</sup>	Japan <sup>2</sup>	EU <sup>3</sup>
cypermethrin	34 (30)	0.01 - 14.88	6	7	6
chlorpyrifos	17 (15)	0.01 - 1.44	17	4	6
endosulfan	11 (10)	0.01 - 2.0	-	1	4
ethion	7 (6)	0.01 - 0.05	-	-	7
omethoate	5 (4)	0.02 - 4.21	-	1	-
triazophos	3 (3)	0.06 - 0.56	-	-	3
L-cyhalothrin	3 (3)	0.01 - 0.11	-	-	-
deltamethrin	2 (2)	0.03 - 0.05	-	-	-
profenofos	2 (2)	0.02 - 0.83	-	-	2
dimethoate	1 (1)	0.93	-	-	1
pirimiphos- met	1 (1)	0.01	-	-	-
permethrin	1 (1)	0.01	-	-	-
12 ชนิด		0.01 - 14.88	23 (20%)	13 (11%)	29 (25%)

หมายเหตุ <sup>1</sup> CAC, 2016.      <sup>2</sup> Japan, 2006      <sup>3</sup> EC, 2015

**ตารางที่ 4** ผลการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคถั่วฝักยาวที่มีสารพิษตกค้างชนิดต่างๆ ที่ตรวจพบ

ชนิดของสารพิษตกค้าง	ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่พบ (mg/kg)	ADI (mg/kg bw)	ARfD (mg/kg bw)	% ADI		% ARfD	
				gen pop	children	gen pop	children
ethion	0.05	0.002	0.002	2	1	5	3
triazophos	0.56	0.001	0.001	41	22	103	67
chlorpyrifos	1.44	0.01	0.1	11	6	3	2
profenofos	0.83	0.03	1	2	1	0	0
omethoate	4.21	0.0003	0.002	1027	559	385	251
L- cyhalothrin	0.11	0.005	0.005	0	1	4	3
cypermethrin	14.88	0.02	0.04	54	30	68	44
deltamethrin	0.05	0.01	0.01	0	0	1	1
pirimiphos-met	0.01	0.004	0.015	0	0	0	0
permethrin	0.01	0.05	0.05	0	0	0	0
dimethoate	0.93	0.001	0.01	68	37	17	11
endosulfan	2	0.006	0.02	24	13	18	12
Indoxacarb ที่ 0 วัน	0.57	0.006	0.125	7	4	1	1
Indoxacarb ที่ 1 วัน	0.19	0.006	0.125	2	1	0	0

หมายเหตุ % ADI >100 = มีความเสี่ยงเกิดอาการแบบเรื้อรังจากการบริโภค

% ARfD >1000 = มีความเสี่ยงเกิดอาการแบบเฉียบพลันจากการบริโภค

### 9.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการสลายตัวของ indoxacarb ในถั่วฝักยาวที่ระยะปลอดภัย (PHI) คือ 14 วัน ไม่พบปริมาณสารพิษตกค้าง ซึ่งมีความปลอดภัยต่อการบริโภค เกษตรกรสามารถหยุดการใช้ indoxacarb ได้ตั้งแต่ 10 วันก่อนเก็บถั่วฝักยาว แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้สารเพื่อป้องกันกำจัดแมลงระหว่างนี้ควรใช้สารที่มีระยะปลอดภัยที่สูงกว่า รวมถึงการใช้สารที่สกัดจากธรรมชาติที่จะไม่ส่งผลต่อสารพิษตกค้างที่อาจตรวจพบหลังการใช้ได้ ผลของการทดลองสารตกค้างทั้ง 6 ครั้ง ยืนยันผลแน่ชัดสามารถนำไปรวมกำหนดค่า MRL ของ National ASEAN และ CODEX ได้ จากการคำนวณความเสี่ยงจากการบริโภคถั่วฝักยาวไม่เกิดความเสียหายตั้งแต่ที่ 0 วันไม่ก่อให้เกิดอาการแบบเรื้อรังและเฉียบพลัน การเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในถั่วฝักยาวจากแหล่งจำหน่าย 9 จังหวัด จำนวน 114 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างรวม 12 ชนิด เกือบทุกตัวอย่างเมื่อบริโภคจะไม่เกิดอาการแบบเรื้อรังและเฉียบพลันยกเว้นถั่วฝักยาวที่เก็บจากสมุทรสงครามที่ตรวจพบ omethoate 4.21 mg/kg เมื่อประชากร 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีอายุ 0 - 3 ปี และกลุ่มที่มีอายุ >3 ปีบริโภคจะแสดงอาการให้เห็น และตัวอย่างถั่วฝักยาวจากจังหวัดนครปฐมที่พบ triazophos 0.56 mg/kg เฉพาะในกลุ่มประชากรที่มีอายุ >3 ปี จะแสดงอาการแบบเฉียบพลันจากการบริโภค อย่างไรก็ตามสำหรับการบริโภคถั่วฝักยาวถือว่าปลอดภัยมีเพียง 2 ตัวอย่างจาก 114 ตัวอย่าง ที่เมื่อประเมินความเสี่ยงแล้วจะเกิดอาการ แต่ถ้าก่อนบริโภคผ่านการล้างหรือการประกอบอาหารด้วยความร้อน

ปริมาณสารพิษตกค้างเหล่านั้นจะลดลง ซึ่งจะเพิ่มความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร แนะนำให้ใช้ carbosulfan imidacloprid fipronil carbofuran ในการกำจัดหอนเจาะต้นถั่ว ใช้ cypermethrin betacyfluthrin permethrin deltamethrin BT ในการกำจัดหอนเจาะฝักถั่ว ใช้ beta-cyfluthrin fipronil ในการกำจัดหอนแมลงวันชอนใบ ใช้ nuclearpolyhedrosis ในการกำจัดหอนกระทู้หอม ใช้ กำมะถัน และ phosalone ในการกำจัดไรขาวพริกอีกด้วย

## 10.การนำไปใช้ประโยชน์

1. นำผลการทดลองทั้ง 6 ครั้งเพื่อ นำไปกำหนดค่า National MRL , ASEAN MRL และ CODEX MRL
2. ผลการทดลองการสำรวจสารพิษตกค้างจากแหล่งจำหน่ายนำเสนอดกรมวิชาการเกษตร นำข้อมูลร่วมพิจารณา กำหนดแนวทางในการแนะนำ การใช้วัตถุมีพิษในถั่วฝักยาวให้แก่เกษตรกรต่อไป
3. นำข้อมูลชนิดของสารพิษตกค้างที่พบแต่ไม่มีกำหนดในฉลาก นำเสนอดกรมวิชาการเกษตรเพื่อแนะนำการ เลือกใช้วัตถุอันตรายของเกษตรกร และหาเครือข่ายการให้คำแนะนำการใช้ฯ ที่ถูกต้องจากร้านจำหน่ายวัตถุ อันตรายทางการเกษตร
4. นำเสนอดกรมวิชาการเกษตรเพื่อกำหนดแนวทางและทิศทางการใช้วัตถุอันตรายในอนาคต และกำหนดนโยบาย ด้านวัตถุอันตรายตั้งแต่การขึ้นทะเบียนถึงการใช้ของสารที่เป็นปัญหาต่างๆ

## 11.เอกสารอ้างอิง

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553. สำนักวิจัย พัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

acfs,2010. [www.consumption.acfs.go.th](http://www.consumption.acfs.go.th) 2007-2010. Food consumption V1.0.6 Database of Food Consumption of Thai people (Dewo Site)

British Crop Protection Council : BCPC, 2003. The e-Pesticide Manual (Thirteenth Edition 13) Version 3

EC, 2015. (EUROPA) [http://ec.europa.eu/sanco\\_pesticides/public/index](http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index)

FAO, 2002. Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Codex Alimentarius Commission (CAC) 2016, <http://www.codexalimentarius.net/mrls/>.

Steinwandter H., 1985. Universal 5 min on line Mehtod for Extracting and Isolating Pesticide Residues and Industrial Chemicals. Fresenius. Z.Anal. Chem. No.1155.

Japan, 2016 The Japan Food Chemical Research Foundation.

<http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/search.html>

Urvashi, Gagen Jyot, S.K.Sahoo, Sarabjit Kaus, R.S.Battu and Balwinder Singh, 2012. Estimation of Indoxacarb Residues by QuEChERS Technique and Its Degradation Pattern Bull. Environ. Contam. Toxicol; 88 : 372-376.

Jayakrishnan Saimandir and Madhuban Gopal, 2012. Evaluation of Synthetic and Natural Insecticides for the management of Insect pest Control of Eggplant (*Solanum melongena L.*) and Pesticide Residue Dissipation Pattern. American Journal of Plant Sciences; 3:214-227.

[http://www.mhlw.go.jp/english/topics/food\\_safety/positivelist\\_060228//index.html](http://www.mhlw.go.jp/english/topics/food_safety/positivelist_060228//index.html)

MRLs Database. (The Japan Food Chemical Research Foundation) 2006 mhlw.go.jp มกอช.,2554. รายงานเรื่องผลการประเมินความเสี่ยงสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ตามโครงการเฝ้าระวังความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหาร ประจำเดือนพฤษภาคม ถึง กรกฎาคม 2554. ที่ กษ 0203/2213 ลงวันที่ 9 ธันวาคม 2554.