

## รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองสิ้นสุด

- 
1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
  2. **โครงการวิจัย** : การศึกษาเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL)  
**กิจกรรมที่ 2** : ศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างในผักเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL)
  3. **ชื่อการทดลอง 2.3** : วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างอินโดกซาคาร์บ (indoxacarb) ในคะน้า เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง ครั้งที่ 1-6  
 : Residue Trial of Indoxacarb in Chinese Kale to Establish Maximum Residue Limit (MRL) Trail 1-6
  4. **คณะผู้ดำเนินงาน**  
**หัวหน้าการทดลอง** : น.ส.ลักขมี เดชานุรักษ์นุกูล<sup>1/</sup>  
**ผู้ร่วมงาน** : น.ส.ศศิมา มั่งนิมิตร<sup>2/</sup>  
 นายวิทยา บัวศรี<sup>3/</sup>

### 5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาวิจัยปริมาณสารพิษตกค้างของ indoxacarb ในคะน้า หลังการใช้สารพิษอย่างถูกต้องตามหลักวิธีปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice: GAP) โดยทำการทดลองแบบ supervised trial ตาม Codex Guideline จำนวนทั้งสิ้น 6 การทดลอง การทดลองครั้งที่1 ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 ถึง มีนาคม 2556 ครั้งที่2 ที่ อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี ในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2556 ครั้งที่3 อ.เมือง จ.นครปฐม ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2556 ถึงธันวาคม 2556 ครั้งที่4 ที่ อ.สันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ 2557 ครั้งที่5 ที่อ.ลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2557 ถึง ธันวาคม 2557 และครั้งที่ 6 ที่ อ.โพธาราม จังหวัดราชบุรี ในช่วงเดือนมกราคม 2558 ถึง กุมภาพันธ์ 2558 การทดลองดังกล่าวใช้วิธีการพ่นวัตถุที่มีพิษ indoxacarb 15% w/v SC ปริมาณ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร (84.4 g ai/ha) ตามอัตราแนะนำ ทุก 7 วัน รวม 3 ครั้ง แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์สารพิษตกค้างในวันที่ 0 1 3 5 7 10 14 และ 21 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ทั้งนี้วิธีการตรวจวิเคราะห์ indoxacarb ในคะน้าสำหรับการวิจัยนี้มีค่า the Limit of Quantitation (LOQ) :GC-ECD เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ LOQ :LC-MS/MS เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่า Codex MRL และ Thai MRL ของ indoxacarb ใน Broccoli กำหนดให้มีสารพิษตกค้างเท่ากับ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นผลจากการทดลองทั้ง 6 การทดลอง ชี้ให้เห็นว่าหลังการพ่นสาร indoxacarb แล้ว 14 วัน จึงจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค นอกจากการทดลองข้างต้นแล้วยังมีการสุ่มเก็บตัวอย่างคะน้าตามแหล่งผลิตและแหล่งจำหน่ายรวม 18 จังหวัด จำนวน 93 ตัวอย่าง นำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง 105 ชนิด ได้แก่ สารกลุ่ม organophosphate pyrethroid endosulfan carbamate และสารชนิดอื่นๆ ด้วยเครื่อง GC-ECD/FPD และ LC-MS/MS ตรวจพบสารพิษตกค้างในคะน้าจำนวน 47 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50.53 ของตัวอย่างทั้งหมด

วัตถุที่มีพิษที่ตรวจพบ 20 ชนิด ได้แก่ profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan ethion phenthoate triflumuron carbofuran fenoxycarb carbofuran L-cyhalothrin omethoate methomyl acephate EPN dimethoate lufenuron indoxacarb dicrotophos และ parathion ปริมาณที่พบ <math>0.01-6.47\text{ mg/kg}</math> สารที่พบเกินค่าความปลอดภัย MRL (Maximum Residue Limited) ได้แก่ profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan ethion phenthoate triflumuron carbofuran fenoxycarb และ carbofuran จำนวน 29 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 31.18 ของตัวอย่างทั้งหมด สารพิษตกค้างที่ตรวจพบเกินค่าความปลอดภัยมากที่สุด 5 อันดับแรก ในคะแน ได้แก่ profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan และ ethion

### คำสำคัญ อินดอกซาคาร์บ indoxacarb สารพิษตกค้าง คะน้า MRL

<sup>1</sup>ลักษมี เตชานุรักษ์นุกูล นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กลุ่มวิจัยวัตถุพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

<sup>2</sup>ศศิมา มั่งนิมิตร นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กลุ่มวิจัยวัตถุพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

<sup>3</sup>วิทยา บัวศรี นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ กลุ่มวิจัยวัตถุพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

### Abstract

The study on the fate of indoxacarb residues in Chinese kale after the use of the *pesticide according to Good Agricultural Practice* (GAP) was conducted through six supervised field trials completed in accordance with the Codex Guideline. The first supervised field trials conducted during February-March, 2013 in Nakhon Pathom Province, the second trial conducted during March-April, 2013 in Pathum Thani Province, the third trial conducted during November-December, 2013 in Nakhon Pathom Province, the fourth trial conducted during January-February, 2014 in Chiang Mai Province, the fifth trial conducted during November-December, 2014 in Pathum Thani Province and the sixth trial conducted during January-February, 2015 in Ratcha Buri Province. Indoxacarb 15% w/v (SC) with a concentration of 15 ml/20 liter of water (84.4 g a.i./ ha) was sprayed weekly for three times. Later, random samples of whole plants were taken from each plot for analysis on 0, 1, 3, 5, 7, 14 and 21 days after the final application of the pesticide. For this study, the Limit of Quantitation (LOQ): GC-ECD of indoxacarb was 0.1 mg/kg and 0.01 mg/kg for LC-MS/MS. While both of the Codex MRL and the Thai MRL for indoxacarb in broccoli are 0.2 mg/kg. The 6 trials have thus suggested a minimum pre-harvest interval of 14 days for Chinese kale after the treatment of indoxacarb so that the product is safe for consumers. For this research, the monitoring of pesticides residue in Chinese kale was also conducted in the major growing areas and markets in 18 provinces. A total of 93 samples were collected to be analyzed by GC-ECD/FPD and LC-MS/MS for 105 pesticides in forms of organophosphates, pyrethroids, endosulfan, and carbamates as well as other

compounds. The result of the monitoring of pesticide residues in Chinese kale showed that 47 (50.53%) of total samples were contaminated by profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan ethion phenthoate triflumuron carbofuran fenoxycarb carbofuran L-cyhalothrin omethoate methomyl acephate EPN dimethoate lufenuron indoxacarb dicrotophos and parathion ranging from <0.01-6.47 mg/kg and that 29 (31.18%) of total samples were contaminated over the Maximum Residue Limits (MRLs) by profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan ethion phenthoate triflumuron carbofuran fenoxycarb and carbofuran. The research revealed that the first five pesticides most frequently found exceeding the MRLs in Chinese kale were profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan and ethion

**Key words:** indoxacarb, pesticides, residue, Chinese kale, MRL

## 6. คำนำ

ปัจจุบันสถานการณ์การค้าโลกมีความเปลี่ยนแปลง เนื่องจากระเบียบการค้าโลกเริ่มมีความเข้มข้นขึ้น อีกทั้งตลาดต่างประเทศที่เป็นตลาดสำคัญของไทยนั้นเป็นประเทศพัฒนาแล้ว ประชากรส่วนใหญ่มีความต้องการสินค้าที่ต้องมีทั้งคุณภาพมาตรฐาน และความปลอดภัย จึงมีการกำหนดบังคับใช้กฎ ระเบียบต่างๆ ที่เป็นเงื่อนไขสำคัญในการค้าสินค้าอาหารมากขึ้น อีกทั้งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ปัญหาหลักสำคัญที่เกิดขึ้นในเรื่องของความปลอดภัยในอาหาร จึงมีที่มาจากสารเคมีที่ใช้ในทางการเกษตร การที่มีสารพิษตกค้างอยู่ในผลิตผลทางการเกษตรในปริมาณสูง ทำให้เกิดปัญหาเมื่อสินค้าเกษตรต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผัก ผลไม้ ที่ส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ เมื่อประเทศผู้นำเข้าซึ่งมีระบบตรวจสอบสารพิษตกค้างเข้มงวด ตรวจพบชนิดสารพิษและปริมาณที่เกินค่ากำหนดสากล ผลิตผลเกษตรต่าง ๆ ดังกล่าวจึงถูกปฏิเสธการนำเข้าบ่อยครั้ง ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ และเสียชื่อเสียงของประเทศเป็นอย่างมาก นอกจากนี้หากผลิตผลประเภทเดียวกันนั้นถูกบริโภคภายในประเทศก็จะเกิดอันตรายแก่สุขภาพของประชากรในประเทศเช่นเดียวกัน

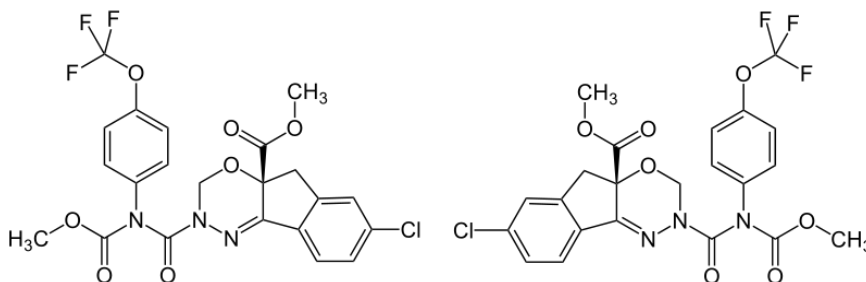
การกำหนดค่ามาตรฐานเกี่ยวกับปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างที่ยอมรับให้มีได้ในผลิตผลเกษตร (Maximum Residue Limits - MRLs) วัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นหลักในการปฏิบัติให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค และช่วยให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปอย่างราบรื่น โดยมีมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมานี้เป็นสิ่งที่ช่วยในการตัดสินใจ ตามปกติการกำหนดค่า MRLs ดำเนินการโดยคณะกรรมการร่วมของ Codex ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญจากองค์การอาหารและเกษตร (FAO) ร่วมกับองค์การอนามัยโลก (WHO) ค่าที่กำหนดขึ้นมาจะส่งให้ประเทศสมาชิกพิจารณาว่าเหมาะสมหรือไม่ และสามารถรับรองได้ถ้ามีข้อมูลที่เหมาะสม ค่า MRLs นี้มีที่มาจากองค์ประกอบหลายประการ ส่วนหนึ่งมาจากการศึกษาทางพิษวิทยากับสัตว์ทดลองได้ค่าปริมาณที่สามารถรับสารเข้าสู่ร่างกาย แล้วไม่เกิดอันตรายหรือเกิดผลข้างเคียงที่ผิดปกติ เรียกค่านี้ว่า allowable daily intake : ADI เมื่อได้ค่าทางพิษวิทยาแล้วจะต้องทำการศึกษาในแปลงทดลอง (experimental field trial) ปลูกพืชโดยใช้สารเคมีตามคำแนะนำภายใต้การปฏิบัติการทางการเกษตรที่ถูกต้องและเหมาะสม (Good Agricultural Practice: GAP) แล้วตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างภายหลังการเก็บเกี่ยว ค่าปริมาณสารพิษตกค้างภายหลังการเก็บเกี่ยวจะถูกเสนอให้เป็น proposed MRL ซึ่งจะเหมาะสมหรือไม่ จะต้องตรวจสอบโดยการศึกษาทาง

พิษวิทยาร่วมกับข้อมูลการบริโภคอาหาร(Food Consumption Data) ถ้าพิจารณาได้ว่าปริมาณสารที่รับเข้าไป น้อยกว่าค่า ADI ถือว่าปลอดภัยและการใช้สารนั้นเหมาะสม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวตามการทดลองนั้นถูกต้อง สามารถนำไปแนะนำและกำหนดในฉลากเป็นคำแนะนำที่ถูกต้อง (FAO, 1990)

ประเทศพัฒนาแล้วจะมีข้อมูลในเรื่องนี้ค่อนข้างครบถ้วน สามารถใช้ในการตัดสินใจกำหนดมาตรฐานสารพิษ ตกค้างได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งใช้เป็นตัวกำหนดในสินค้านำเข้าจากประเทศอื่นด้วย ประเทศไทยเองจำเป็นต้อง ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผล เพื่อใช้กำหนดค่า MRLs ในประเทศ และเพื่อประโยชน์ในการต่อรอง ทางด้านการค้า ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถปฏิบัติตามมาตรฐานที่ ประเทศอื่นกำหนดได้โดยไม่เสียประโยชน์

คะน้า (Chinese Kale) อยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* เป็นพืช เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ทั้งนี้จากข้อมูลสรุปของสำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรม วิชาการเกษตร ที่ได้รับการแจ้งเตือนตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเกินค่าตกค้างสูงสุด (MRL) ที่กำหนดตั้งแต่ปี 2549-2555 จากสหภาพยุโรปที่ผ่านระบบ Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) ประเทศญี่ปุ่น และสิงคโปร์ สารตกค้างที่ตรวจพบบ่อย ได้แก่ procymidone omethoate carbendazim acetamiprid dicrotophos imidacloprid carbofuran diafenthiuron metalaxyl tolfenpyrad profenophos dimethomorph chlorfuazuron dinotefuran และindoxacarb

อินดอกซาคาร์บ (indoxacarb) จัดเป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่ม oxadiazines ชนิดไม่ดูดซึม (non-systemic) น้ำหนักโมเลกุล 527.84 g/mol ค่า ADI of 0.006 mg/kg bw per day และค่า ARfD of 0.125 mg/kg bw. ชื่อทางเคมี (ISO common name) ของ indoxacarb จะอยู่ในรูป S-enantiomer แต่ในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (technical material) สำหรับใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช อยู่ในรูปสารผสมของ active S-isomer and the inactive R-isomer. ค่าปริมาณสารพิษตกค้างของ indoxacarb ให้ใช้ผลรวมของ indoxacarb and its R-enantiomer (European Food Safety Authority, 2012) Indoxacarb ออกฤทธิ์โดยจับกับ sodium channels ของแมลงทำให้ยับยั้งการไหลของ sodium ions เข้าสู่เซลล์ประสาท ทำให้ระบบประสาทของแมลง บกพร่อง เกิดอัมพาตและตายในที่สุด ข้อมูลจากเอกสารวิชาการเกษตร คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและ สัตว์ศัตรูพืช กลุ่มกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร ปี2553 แนะนำให้ใช้ indoxacarb สำหรับกำจัดหนอนใย ผัก (*Plutella xylostella*) และ หนอนคืบกะหล่ำ (*Trichoplusia ni*) ในพืชตระกูลกะหล่ำ (Cruciferous) ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คะน้า ผักกาดขาวปลี ผักกาดเขียวปลี และผักกาดหัว ในสูตรความเข้มข้น 15 % w/v SC อัตราการใช้ 15 มล./น้ำ 20 ลิตร ระยะเวลาหลังจากใช้ครั้งสุดท้ายถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต (pre harvest interval : PHI) เท่ากับ 7 วัน



R-enantiomer

S-enantiomer

สูตรโครงสร้างทางเคมี indoxacarb

ปัจจุบันค่าน้ำมีการปลูกเพื่อบริโภคสดภายในประเทศและส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ อีกทั้งยังพบปัญหาเรื่องสารพิษตกค้าง การศึกษาการสลายตัวของอินดิออกซาคาร์บในค่าน้ำ จึงเป็นการศึกษาเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการประกอบการพิจารณาการกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL) จากการใช้วัตถุมีพิษอย่างถูกต้องและปลอดภัย ตามมาตรฐานของ Codex เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค เป็นข้อมูลในการแนะนำการใช้วัตถุมีพิษที่ถูกต้องและปลอดภัยแก่เกษตรกร ในการแก้ปัญหาการปนเปื้อนของวัตถุมีพิษการเกษตรในผลผลิต ใช้ในการต่อรองและรักษาผลประโยชน์ในการค้าขายสินค้าเกษตร

## 7. วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

### 1 การทำแปลงทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Supervised Trial มี 4 ซ้ำ (replication) และ 6 กรรมวิธี คือระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างที่ 0 1 3 5 7 10 14 และ 21 วัน หลังการพ่นวัตถุมีพิษครั้งสุดท้าย แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อย (Experiments) ได้แก่ แปลงควบคุม(พ่นด้วยน้ำเปล่า) และ แปลงที่ใช้อินดิออกซาคาร์บ 15% w/v SC อัตราแนะนำ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร โดยใช้ น้ำ 120 ลิตรต่อไร่ (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553) ใช้เครื่องพ่นแบบเครื่องยนต์สะพายหลัง พ่นวัตถุมีพิษอินดิออกซาคาร์บ ทุก 7 วัน รวม 3 ครั้ง สุ่มเก็บตัวอย่างค่าน้ำมาวิเคราะห์สารพิษตกค้างอินดิออกซาคาร์บ ตามระยะเวลา 0 1 3 5 7 10 14 และ 21 วัน หลังการใช้วัตถุมีพิษครั้งสุดท้าย น้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัม (FAO, 1990)

### 2 ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

#### 2.1 การหาประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์

ทำการทดลองที่ความเข้มข้น 0.05 0.1 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับเครื่อง Gas Chromatography (GC-ECD) และ ที่ความเข้มข้น 0.01 0.05 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสำหรับเครื่อง Liquid Chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) (LC-MS/MS) ทำการทดลองความเข้มข้นละ 6 ซ้ำ แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD และ LC-MS/MS หาค่า % recovery และ ค่าปริมาณสารพิษตกค้างต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ (limit of quantitation: LOQ) ของวิธีการ

#### 2.2 การสกัดและวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง

สกัดตัวอย่างและจัดสิ่งปนเปื้อน ตามวิธีวิเคราะห์ QuEChERS-method (EN 15662:2008) ดังนี้

2.2.1 ซั่งตัวอย่างค่าน้ำ ตัวอย่างละ 10 กรัม ใส่ centrifuge tubes ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย

acetonitrile ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติม Disodium hydrogencitrate sesquihydrate จำนวน 0.5 กรัม เติม Trisodium citrate dehydrate จำนวน 1 กรัม เติม magnesium sulfate 4.0 กรัม และ sodium chloride 1.0 กรัม ปิดฝาแล้วเขย่าด้วยมือ และเขย่าด้วย vortex mixer ระดับความเร็วรอบสูงสุดนาน 1 นาที

2.2.2 นำไป centrifuge ที่ความเร็วรอบ >3,500 rpm นาน 5 นาที

2.2.3 การขจัดสิ่งปนเปื้อน (Dispersive-SPE Cleanup) ดูดสารละลายของตัวอย่าง ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ใส่ใน microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่ใส่ PSA 25 มิลลิกรัม และ magnesium sulfate 150 มิลลิกรัม ไว้แล้ว เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex ที่ระดับความเร็วรอบสูงสุด นาน 30 วินาที นำไป centrifuge ที่ระดับความเร็วรอบ >3,500 rpm นาน 5 นาที ดูดสารละลายส่วนบนของตัวอย่างใส่ GC-vial จากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของอินดีอกซาคาร์บ

### 2.3 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC-ECD)

เครื่อง Gas Chromatography ซึ่งมีหัวตรวจวัดชนิด Electron Capture Detector: ECD ยี่ห้อ Agilent รุ่น 6890 คอลัมน์ที่ใช้ capillary column HP-ultra1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร ความยาว 25 เมตร ความหนาของฟิล์ม liquid phase ที่ใช้เคลือบในคอลัมน์ 0.17 ไมโครเมตร

### 2.4 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง Liquid Chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS)

เครื่อง HPLC Agilent รุ่น 1200 ซึ่งมีหัวตรวจวัดชนิด triple quad LC-MS system ยี่ห้อ Agilent รุ่น 6410 คอลัมน์ที่ใช้ Phenomenex: Kinetex 2.6 $\mu$  XB-C18 100A 100x 2.1mm ชนิด Mobile phase 5 mM ammonium formate และ Acetonitrile

### ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ ตุลาคม 2556- กันยายน 2558

การทดลองครั้งที่ 1	กุมภาพันธ์ – มีนาคม 2556	อำเภอเมือง	จังหวัดนครปฐม
การทดลองครั้งที่ 2	มีนาคม – เมษายน 2556	อำเภอหนองเสือ	จังหวัดปทุมธานี
การทดลองครั้งที่ 3	พฤศจิกายน – ธันวาคม 2556	อำเภอเมือง	จังหวัดนครปฐม
การทดลองครั้งที่ 4	มกราคม – กุมภาพันธ์ 2557	อำเภอสนทราย	จังหวัดเชียงใหม่
การทดลองครั้งที่ 5	พฤศจิกายน-ธันวาคม 2557	อำเภอลาดหลุมแก้ว	จังหวัดปทุมธานี
การทดลองครั้งที่ 6	มกราคม - กุมภาพันธ์ 2558	อำเภอโพธาราม	จังหวัดราชบุรี

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

### ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาการสลายตัวของอินดีอกซาคาร์บ 15% w/v SC อัตราแนะนำ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ในค่น้ำของ

การทดลองครั้งที่ 1 ตรวจสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง GC-ECD ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างอินดีอกซาคาร์บ ในแปลงควบคุม ตรวจพบสารพิษตกค้างปริมาณ 3.43 2.12 1.01 0.67 0.59 0.31 และ 0.10 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม ในแปลงที่พ่นตามอัตราแนะนำ หลังการใช้สารครั้งสุดท้ายที่ระยะเวลา 0 1 3 5 7 10 และ 14 วัน ตามลำดับ การทดลองครั้งที่ 2 ตรวจสอบสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง GC-ECD พบสารพิษตกค้าง อินดอกซาคาร์บ 5.64 2.40 1.49 0.99 0.70 0.38 และ <0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0 1 3 5 7 10 และ 14 วัน ตามลำดับ สำหรับแปลงควบคุมตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง (ตารางที่1และ2) ค่า % recovery ที่ระดับความเข้มข้น 0.05 0.1 และ 0.2 อยู่ในช่วง 75-118 82-108 และ 95-110 ตามลำดับ โดยมีค่าปริมาณสารพิษตกค้างต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ (limit of quantitation: LOQ) ของวิธีการนี้ เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การทดลองครั้งที่3 ตรวจสอบสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง GC-ECD ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างอินดอกซาคาร์บ ในแปลงควบคุม ตรวจพบสารพิษตกค้างปริมาณ 4.63 2.92 1.55 0.74 0.52 0.35 และ 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแปลงที่พ่นตามอัตราแนะนำ หลังการใช้สารครั้งสุดท้ายที่ระยะเวลา 0 1 3 5 7 10 และ 14 วัน ตามลำดับ การทดลองครั้งที่ 4 ตรวจสอบสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง GC-ECD พบสารพิษตกค้าง อินดอกซาคาร์บ 4.30 2.28 1.33 0.73 0.91 0.48 <0.1 และ <0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0 1 3 5 7 10 14 และ 21 วัน ตามลำดับ สำหรับแปลงควบคุมตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง (ตารางที่3และ4) ค่า % recovery ที่ระดับความเข้มข้น 0.05 0.1 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วง 75-118 82-108 และ 95-110 ตามลำดับ โดยมีค่าปริมาณสารพิษตกค้างต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ (LOQ) ของวิธีการนี้ เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การทดลองครั้งที่5 ตรวจสอบสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง LC-MS/MS พบปริมาณ 2.46 1.73 0.95 0.60 0.31 0.19 0.03 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0 1 3 5 7 10 14 และ 21 วัน ตามลำดับ ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างอินดอกซาคาร์บในแปลงควบคุม การทดลองครั้งที่ 6 ตรวจสอบสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง LC-MS/MS พบสารพิษตกค้าง 2.98, 2.60, 1.30, 0.76, 0.43, 0.15, 0.05 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0 1 3 5 7 10 14 และ 21 วัน ตามลำดับ สำหรับแปลงควบคุมตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง (ตารางที่5และ6) ค่า % recovery ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 0.05 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วง 104-114 98-102 และ 101-107 ตามลำดับ โดยมีค่าปริมาณสารพิษตกค้างต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ (LOQ) ของวิธีการนี้ เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เมื่อดูค่าปริมาณสารพิษตกค้างจากทั้ง 6 การทดลองพบว่า ที่ระยะเวลา 7 วัน ปริมาณสารพิษตกค้างที่พบ 0.59 0.70 0.52 0.91 0.31 และ 0.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีค่าสูงกว่า ค่า Codex MRL ที่กำหนดใน Broccoli 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งตามคำแนะนำในฉลากระบุให้เก็บเกี่ยวได้ที่ระยะ 7 วันหลังการใช้สารอินดอกซาคาร์บครั้งสุดท้าย เมื่อพิจารณาดูที่ระยะเวลา 14 วันหลังการพ่นวัตถุมีพิษ ตรวจพบสารพิษตกค้างอินดอกซาคาร์บ ปริมาณ 0.2 และ <0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าที่ตรวจพบต่ำกว่าค่า Codex MRL ที่กำหนดใน Broccoli 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (FAO/WHO, 2014) จากข้อมูลการทดลองของสารอินดอกซาคาร์บในคะน้า พบว่าใช้ระยะเวลาในการสลายตัวที่จะให้ค่าที่ต่ำกว่าค่า Codex MRL พบการแจ้งเตือนจากประเทศปลายทางในตรวจพบสารชนิดนี้ในคะน้า ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อินดอกซาคาร์บในช่วงใกล้เก็บเกี่ยวผลผลิต ระยะเวลาที่ปลอดภัยสำหรับเก็บเกี่ยวผลผลิตในการบริโภคคือ 14 วัน

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างคะน้าในปี 2556-2558 รวม 93 ตัวอย่าง ตามแหล่งผลิตและแหล่งจำหน่าย 18 จังหวัด ได้แก่ จ.นครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร เพชรบุรี ปทุมธานี ลพบุรี เพชรบูรณ์ ชัยนาท สุโขทัย พิษณุโลก

นครสวรรค์ กำแพงเพชร ตาก ลำปาง น่าน เชียงใหม่ สุรินทร์ และ ศรีสะเกษ จำนวน 93 ตัวอย่าง เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง กลุ่ม Organophosphates Pyrethroids Endosulfan Carbamates indoxacarb และสารชนิดอื่นๆ รวม 105 ชนิด ด้วยเครื่อง GC-ECD/FPD และ LC-MS/MS ได้ผลดังนี้

ตรวจพบสารพิษตกค้างในคะน้าจำนวน 47 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50.53 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด ตรวจพบสารเกินค่ามาตรฐานความปลอดภัยจำนวน 29 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 31.18 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด วัตถุประสงค์ที่ตรวจพบมากที่สุดคือ profenophos จำนวน 22 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ 0.01-1.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบเกินค่า Japan MRL ใน Kale (0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 13 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 13.97 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด รองลงมาคือ cypermethrin ตรวจพบ 18 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ <0.01-6.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบเกินค่า Japan MRL ใน Kale (1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.60 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด พบ chlorpyrifos จำนวน 8 ตัวอย่าง ปริมาณ <0.01 - 1.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบเกินค่า Japan MRL (1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 1.07 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด พบ endosulfan จำนวน 5 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.07-1.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบเกินค่า Japan MRL (1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 1.07 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด พบ ethion จำนวน 2 ตัวอย่าง ปริมาณ < 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบเกินค่า Japan MRL (1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 1.07 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด ตรวจพบวัตถุประสงค์พิษในตัวอย่างคะน้าชนิดละ 1 ตัวอย่าง และเกินค่าความปลอดภัยชนิดละ 1 ตัวอย่าง ได้แก่ phenthoate triflumuron carbofuran fenoxycarb และ carbofuran

ตรวจพบวัตถุประสงค์พิษอีก 10 ชนิด แต่ไม่เกินค่าความปลอดภัยได้แก่ L-cyhalothrin omethoate methomyl acephate EPN dimethoate lufenuron indoxacarb dicrotophos และ parathion พบร้อยละ 4.30 4.30 3.22 2.15 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 และ 1.07 ตามลำดับ ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด โดยตรวจพบ L-cyhalothrin 4 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.05-0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม L- omethoate 4 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.02-0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม methomyl 3 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01-0.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม acephate 2 ตัวอย่าง ปริมาณ <0.01-0.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม EPN 1 ตัวอย่าง ปริมาณ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม dimethoate 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม lufenuron 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม indoxacarb 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม dicrotophos 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ paration 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2)

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองโดยการฉีดพ่นวัตถุประสงค์พิษอินโดกซาคาร์บ 15% w/v SC ตามอัตราแนะนำ 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ทุก 7 วัน รวม 3 ครั้ง เมื่อนำข้อมูลการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่า Codex MRL ตามคำแนะนำในฉลากระบุให้เก็บเกี่ยวได้ที่ระยะ 7 วันหลังการใช้สารอินโดกซาคาร์บครั้งสุดท้ายพบว่าปริมาณสารพิษตกค้างที่พบทั้ง 6 การทดลอง มีค่าสูงกว่า ค่า Codex MRL ที่กำหนดใน Broccoli 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อพิจารณาดูที่ระยะเวลา 14 วันหลังการพ่นวัตถุประสงค์พิษ ตรวจพบสารพิษตกค้างอินโดกซาคาร์บ ในปริมาณที่ต่ำกว่า



ค่า Codex MRL ที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อินดอกซาคาร์บในช่วงใกล้เก็บเกี่ยวผลผลิต ระยะเวลาที่ 14 วัน สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภคและลดปัญหาสารพิษตกค้างสำหรับการส่งออก

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างคะน้าในปี 2556-2558 ตามแหล่งผลิต และแหล่งจำหน่ายในจังหวัดต่างๆ รวม 93 ตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphates Pyrethroids Endosulfan Carbamates indoxacarb และสารชนิดอื่นๆ รวม 105 ชนิด ด้วยเครื่อง GC-ECD/FPD และ LC-MS/MS ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 3)

ตรวจพบสารพิษตกค้างในคะน้าจำนวน 47 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50.53 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด พบสาร 20 ชนิด ได้แก่ profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan ethion phenthoate triflumuron carbofuran fenoxycarb carbofuran L-cyhalothrin omethoate methomyl acephate EPN dimethoate lufenuron indoxacarb dicotophos และ parathion ช่วงปริมาณที่พบ <0.01- 6.47 mg/kg สารที่พบเกินค่าความปลอดภัย MRL (Maximum Residue Limited) ได้แก่ profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan ethion phenthoate triflumuron carbofuran fenoxycarb และ carbofuran จำนวน 29 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 31.18 ของตัวอย่างคะน้าทั้งหมด วัตถุพิษอื่นที่ตรวจพบแต่ไม่เกินค่า MRL ได้แก่ L-cyhalothrin omethoate methomyl acephate EPN dimethoate lufenuron indoxacarb dicotophos และ parathion สารพิษตกค้างที่ตรวจพบเกินค่าความปลอดภัยมากที่สุด 5 อันดับแรก ในคะน้า ได้แก่ profenophos cypermethrin chlorpyrifos endosulfan และ ethion ดังนั้นการเกิดปัญหาเรื่องสารพิษตกค้างในพืชดังกล่าวภายหลังการใช้ เกิดเนื่องจากคุณสมบัติของสารที่สลายตัวได้เร็วเข้าแตกต่างกัน การที่เกษตรกรผู้ใช้ขาดความรู้เกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้อย่างถูกต้องตาม GAP การไม่ปฏิบัติตามฉลากที่ให้รายละเอียดที่ระบุให้ใช้กับพืชชนิดใดและจะต้องทิ้งระยะเวลาก่อนการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสม หรือคำแนะนำในฉลากไม่เหมาะสมต้องมีการปรับเปลี่ยนปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องเนื่องจากได้มีการปรับเปลี่ยนค่า MRLs จึงส่งผลให้มีการตรวจพบสารพิษตกค้างในพืชอาหาร หากมีการเปลี่ยนแปลงค่า MRLs จนเห็นว่าต่ำเกินไป หรือค่า PHI (Pre Harvest Interval) ที่นาน อาจเกิดความเสี่ยงเรื่องสารตกค้างเมื่อใช้ในวงใกล้เก็บเกี่ยว จึงควรหาสารทดแทนที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ราคาไม่แพงและมีค่า MRLs ที่กำหนดค่อนข้างสูง สลายตัวเร็ว มีค่า PHI สั้น ค่า PHI จะสัมพันธ์กับอัตราใช้ ถ้าเพิ่มอัตราการใช้ค่า PHI ก็จะไปสั้นลง อาจต้องทิ้งระยะให้นานขึ้นถึงจะปลอดภัย สิ่งเหล่านี้ต้องมีการศึกษาวิจัย ไม่สามารถคาดคะเนเองได้ ดังนั้นการศึกษาเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRLs) จึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการใช้เป็นข้อมูลเพื่อผลิตสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

### การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- นำข้อมูลการทดลองศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้าง (declined study) ไปใช้ในการประกอบการพิจารณาการกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL) ของประเทศไทย และกลุ่มประเทศอาเซียน (ASEAN MRL) และใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาจัดตั้งค่า Codex ทำให้สินค้าเกษตรของไทยสามารถส่งไปขายต่างประเทศได้มากขึ้นเนื่องจากอุปสรรคที่เกิดจากการกีดกันทางการค้าที่น้อยลง

2. ใช้เป็นข้อมูลในการแนะนำการใช้วัตถุมีพิษที่ถูกต้องและปลอดภัยแก่เกษตรกร ซึ่งสามารถคาดการณ์ระดับสารพิษตกค้างที่อาจมีได้ในผลผลิตจากการใช้วัตถุมีพิษในอัตราแนะนำ เพื่อลดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตการเกษตรและสิ่งแวดล้อม
3. นำข้อมูลไปใช้ประกอบในการพิจารณาทบทวนฉลากวัตถุอันตราย ในการยกเลิกการใช้วัตถุมีพิษหรือแก้ไขฉลากคำแนะนำการใช้สาร การกำหนดค่า PHI เพื่อให้เกษตรกรได้ใช้ผลิตภัณฑ์วัตถุมีพิษที่มีคุณภาพเหมาะสมและปลอดภัย
4. ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตัวอย่างจากแหล่งผลิตและแหล่งจำหน่าย จะเป็นข้อมูลพื้นฐานทำให้ทราบถึงสถานการณ์สารพิษตกค้างในผลผลิตการเกษตรและคุณภาพของผลผลิตเพื่อเป็นข้อมูลในการคุ้มครองผู้บริโภค

#### เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. เอกสารวิชาการ คำแนะนำ การป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืช ปี 2553. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- European Standard. 2008. EN 15662:2008, Foods of plant origin-Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS(/MS) following acetonitrile extraction/partitioning and cleanup by dispersive SPE — QuEChERS-method.
- European Food Safety Authority, 2012 EFSA Journal 2012;10(7):2833. Reasoned opinion on the modification of the existing MRLs for indoxacarb in various crops<sup>1</sup>, European Food Safety Authority<sup>2</sup>, European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy, p 1-33.
- FAO, 1990. Guideline on producing pesticide residue data from supervised trial. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- FAO/WHO, 2014. Codex Committee on Pesticide Residues 46<sup>th</sup> Session, 5-10 May 2014, Nanjing, P.R. China.

ตารางที่ 1 ปริมาณสารพิษตกค้างของอินดิออกซาคาร์บในคะน้า ครั้งที่1-6 ที่ระยะเวลาต่างๆภายหลังการใช้วัตถุมีพิษ

ระยะเวลาเก็บตัวอย่างหลังการใช้วัตถุมีพิษ (วัน)	ปริมาณสารพิษตกค้าง (มก./กก.)						
	แปลงควบคุม	แปลงอัตราแนะนำ (15 มล./น้ำ 20 ลิตร)					
		Indoxacarb (มก./กก.)					
		ครั้งที่1 (GC-ECD)	ครั้งที่ 2 (GC-ECD)	ครั้งที่3 (GC-ECD)	ครั้งที่4 (GC-ECD)	ครั้งที่5 (LC-MS/MS)	ครั้งที่6 (LC-MS/MS)
0 <sup>1/</sup>	ND <sup>2/</sup>	3.43	5.64	4.63	4.30	2.46	2.98
1	ND	2.12	2.40	2.92	2.28	1.73	2.60
3	ND	1.01	1.49	1.55	1.33	0.95	1.30
5	ND	0.67	0.99	0.74	0.73	0.60	0.76
7	ND	0.59	0.70	0.52	0.91	0.31	0.43
10	ND	0.31	0.38	0.35	0.48	0.19	0.15
14	ND	0.10	<0.1	0.20	<0.1	0.03	0.05
21	ND	-	-	-	<0.1	0.01	0.02

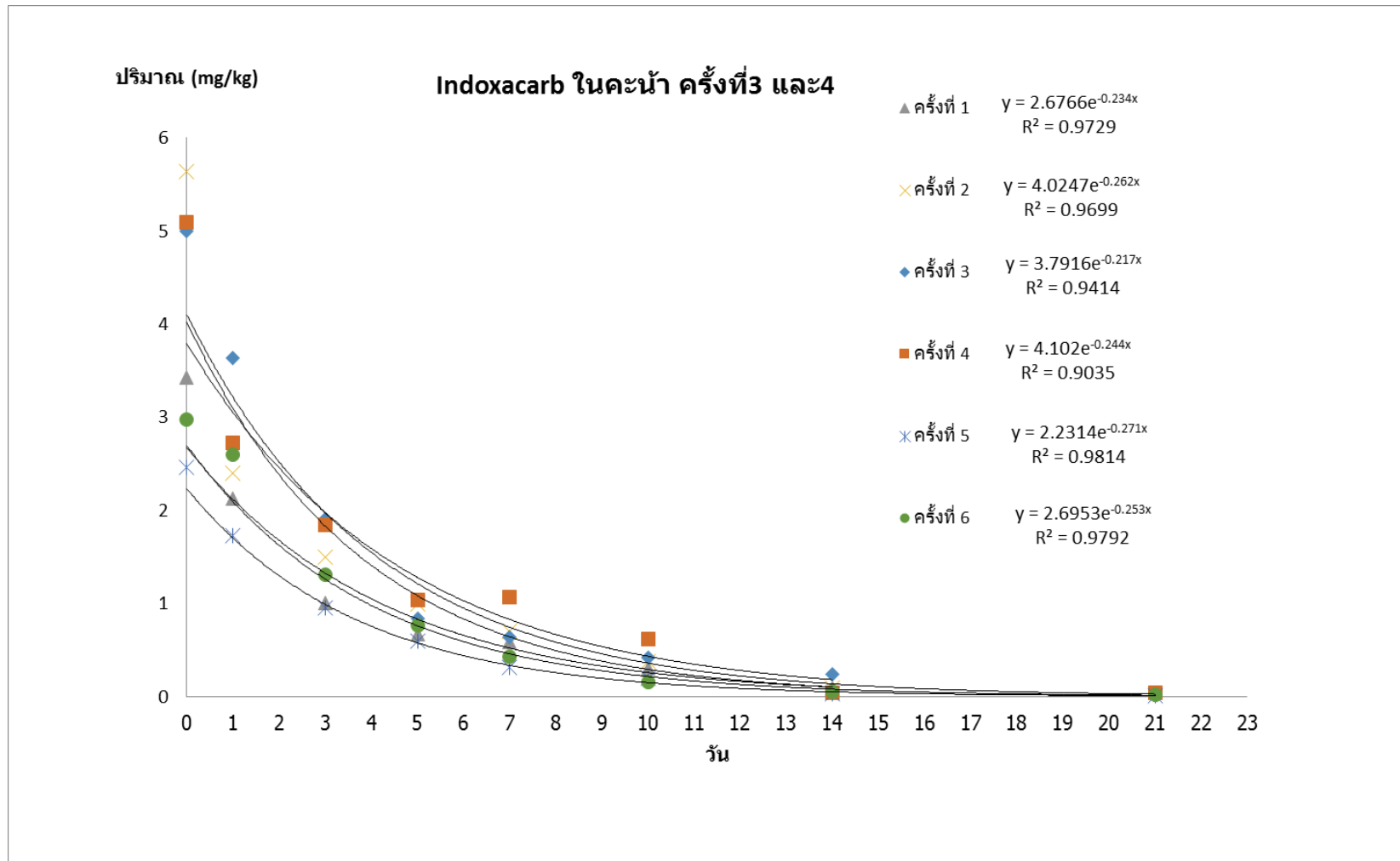
หมายเหตุ

0<sup>1/</sup> หมายถึง 2 ชั่วโมงหลังการพ่นวัตถุมีพิษครั้งสุดท้าย

ND<sup>2/</sup> หมายถึง Not Detected < Limit of detection (LOD) มีค่า 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

GC-ECD: Limit of quantification (LOQ) : indoxacarb มีค่า 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

LC-MS/MS: Limit of quantification (LOQ) : indoxacarb มีค่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่1 แนวโน้มการสลายตัวของอินต็อกซาคาร์บในคะน้ำ การทดลองครั้งที่1-6

ตารางที่ 2 วัตถุมีพิษที่ตรวจพบในค่น้ำ จากแหล่งผลิตและแหล่งจำหน่ายปี 2556 - 2558 จำนวน 93 ตัวอย่าง

ชนิดวัตถุมีพิษ	ตรวจพบ (%)	ตรวจพบเกินค่า MRL (%)	ปริมาณ (มก./กก.)	ค่า MRLs (มก./กก.)
profenophos	22 (23.66)	13 (13.97)	0.01-1.85	Japan 0.05
cypermethrin	18 (19.35)	8 (8.60)	<0.01-6.47	Japan 1
chlorpyrifos	8 (8.60)	1 (1.07)	<0.01-1.02	Japan 1
endosulfan	5 (5.37)	1 (1.07)	0.07-1.16	Japan 1
ethion	2 (2.15)	1 (1.07)	<0.01-0.03	EU 0.01 Japan 0.3
phenthoate	1 (1.07)	1 (1.07)	0.05	Japan 0.02
triflumuron	1 (1.07)	1 (1.07)	0.18	EU 0.05 Japan 0.02
carbofuran	1 (1.07)	1 (1.07)	0.22	EU 0.01 Japan 0.5
fenoxy carb	1 (1.07)	1 (1.07)	0.07	EU, Japan 0.05
carbofuran	1 (1.07)	1 (1.07)	0.67	Japan 0.5
L-cyhalothrin	4 (4.30)	-	0.05-0.15	Japan 0.5
omethoate	4 (4.30)	-	0.02-0.04	Japan 1
methomyl	3 (3.22)	-	0.01-0.25	Japan 5
acephate	2 (2.15)	-	<0.01-0.49	EU 0.01 Japan 5
EPN	1 (1.07)	-	<0.01	Japan 0.1
dimethoate	1 (1.07)	-	0.01	EU 0.02 Japan 1
lufenuron	1 (1.07)	-	0.08	EU 0.2 Japan 5.0
indoxacarb	1 (1.07)	-	0.06	Codex 0.2 Japan 12
dicrotophos	1 (1.07)	-	0.11	-
parathion	1 (1.07)	-	0.08	Japan 0.4

หมายเหตุ

แหล่งผลิตและแหล่งจำหน่าย 18 จังหวัด ได้แก่ นครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร เพชรบุรี ปทุมธานี ลพบุรี เพชรบูรณ์ ชัยนาท สุโขทัย พิษณุโลก นครสวรรค์ กำแพงเพชร ตาก ลำปาง น่าน เชียงใหม่ สุรินทร์ และ ศรีสะเกษ

ตารางที่ 3 สรุปสารพิษตกค้างที่พบเกินค่า MRL ในคะน้า ปี 2556-2558

ชนิด ตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง			ผลการวิเคราะห์		
	ทั้งหมด	ตรวจพบ (%)	ตรวจพบ เกินค่า MRL (%)	ชนิดสาร	ปริมาณ (mg/kg)	ค่า MRL (mg/kg)
คะน้า	93	47 (50.53)	29 (31.18)	profenophos	0.01-1.85	Japan 0.05
				cypermethrin	<0.01-6.47	Japan 1
				chlorpyrifos	<0.01-1.02	Japan 1
				endosulfan	0.07-1.16	Japan 1
				ethion	<0.01-0.03	EU 0.01, Japan 0.3
				phenthoate	0.05	Japan 0.02
				triflumuron	0.18	EU 0.05, Japan 0.02
				carbofuran	0.22	EU 0.01, Japan 0.5
				fenoxycarb	0.07	EU, Japan 0.05
				carbofuran	0.67	Japan 0.5