



กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดและระยะเวลาเก็บผลผลิตที่ปลอดภัยหลัง  
การพ่นสารครั้งสุดท้าย เพื่อลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลทางเกษตร

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ

Assignments of maximum residue limits (MRL) and pre harvest interval  
(PHI) to reduce risk of pesticide residues in agricultural commodity

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

ประชาติปัทย์ พงษ์ภิญโญ

Prachatipat Pongpinyo

ปี 2565

## บทสรุปผู้บริหาร

### 1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

สินค้าเกษตรเป็นสินค้าเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากมีปริมาณและมูลค่าสูงในตลาดส่งออก โครงการวิจัยการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดและระยะเวลาเก็บผลผลิตที่ปลอดภัยหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย เพื่อลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลทางเกษตร จึงเป็นโครงการที่สำคัญต่อสถานการณ์การส่งออกของประเทศไทย เนื่องจากการศึกษาที่จะได้ชุดข้อมูลสารพิษตกค้างจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ซึ่งนำไปสู่ข้อมูลจากการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคและคำแนะนำเกี่ยวกับระยะเวลาที่ปลอดภัยในการเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังการใช้ครั้งสุดท้าย (Pre Harvest Interval หรือ PHI) ในพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยผลการทดลองและการประมวลผลจากโครงการวิจัยนี้จะนำไปเสนอขอกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (Maximum Residue Limit หรือ MRL) สำหรับประเทศไทย อาเซียน และ codex ซึ่งส่งผลดีต่อการส่งออกสินค้าเกษตรไปยังกลุ่มประเทศคู่ค้าได้อย่างเสรี เป็นการช่วยเพิ่มรายได้แก่เกษตรกร เพิ่มการค้าการลงทุนทั้งภายในและภายนอกประเทศ และทำให้เกิดรายได้แก่ประเทศชาติ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่เปิดการค้าเสรี จึงมีการนำเข้าและขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติมอย่างหลากหลาย ทำให้เกษตรกรมีทางเลือกในการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มากขึ้น ค่า MRLs ของวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่กำหนดไว้จึงไม่ครอบคลุมพืชส่งออกของประเทศไทย ทำให้ประเทศไทยเสียโอกาสทางการค้ากับต่างประเทศและเสียเปรียบในการส่งออกสินค้าเกษตร โดยค่า MRLs ส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลที่ศึกษาในพืชและวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่นิยมใช้ในยุโรปและประเทศตะวันตก ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องทำการทดลองในพืชเมืองร้อน เพื่อนำเสนอข้อมูลต่อ codex ในการกำหนดค่า MRLs ของพืชเมืองร้อนขึ้น เพื่อผลประโยชน์ในการต่อรองทางด้านการค้าเสรี เนื่องจากบางประเทศผู้นำเข้าสินค้าเกษตรนำค่า MRLs มาเป็นข้ออ้างในการกีดกันทางการค้าสำหรับพืชและวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ไม่มีการกำหนดไว้โดย codex การศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างเพื่อกำหนดค่า MRLs จึงเป็นการลดปัญหาจากการตรวจพบสารพิษตกค้างที่ไม่ได้มีการกำหนดค่า MRLs และใช้ default MRL ที่ 0.01 mg/kg ซึ่งเท่ากับขีดจำกัดเชิงปริมาณ (limit of quantification หรือ LOQ) ค่า MRLs มีการประเมินมาจากความเสี่ยงของการบริโภคผลผลิตเกษตรที่มีการปนเปื้อนสารพิษตกค้าง ซึ่งเป็นการประเมินทั้งความเป็นพิษแบบเรื้อรังและแบบเฉียบพลัน ค่าที่ประเมินได้เป็นค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างที่ยอมให้มีได้ในผลิตผลทางการเกษตร จึงเป็นเกณฑ์กำหนดว่าผลผลิตเกษตรที่มีสารพิษตกค้างต่ำกว่าค่า MRLs ถือว่าปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถนำมาประเมิน PHI เป็นระยะที่ปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลต่ำกว่าค่า MRLs เมื่อใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในอัตราแนะนำและเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ PHI ถือว่ามีความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลเกษตรน้อย ดังนั้นค่า MRL และ PHI จึงเป็นส่วนสำคัญในการลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลเกษตร ทำให้สามารถใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรได้อย่างถูกต้องและลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลเกษตร ซึ่งจะส่งผลดีต่อภาพลักษณ์ด้านการเกษตรของประเทศ และเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรของ acetamiprid, procymidone, myclobutanil และ pyridaben ในมะม่วง etofenprox และ lufenuron ในพริก iprodione, spinetoram และ tolfenpyrad ในคะน้า และ fipronil และ tolfenpyrad ในมะเขือเทศ

2.2 จัดทำข้อมูลการสลายตัวและการประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตรายทางการเกษตรในมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ เพื่อกำหนดระยะเก็บเกี่ยวปลอดภัย (Pre Harvest Interval หรือ PHI) หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย

2.3 เพื่อเสนอข้อกำหนดค่า MRL ในมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ สำหรับประเทศไทย อาเซียน และ codex

## 3. ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการวิจัยนี้ ศึกษาการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในผลไม้และผักที่เป็นสินค้าเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในผลไม้เป็นการศึกษาการสลายตัวของ acetamiprid, procymidone, myclobutanil และ pyridaben ในมะม่วง และในผักเป็นการศึกษาการสลายตัวของ etofenprox และ lufenuron ในพริก iprodione, spinetoram และ tolfenpyrad ในคะน้า และ etofenprox และ chlorantraniliprole ในมะเขือเทศ แต่ผลการทดลองจะดำเนินการทดลองในแปลงทดลองแบบ supervised residue trials ตามมาตรฐานของโคเด็กซ์ (Codex guideline) รวม 6 แปลงทดลอง โดยใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรตามอัตราแนะนำและเก็บผลผลิตที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการพ่นครั้งสุดท้าย แล้วนำตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างตามหลักเกณฑ์ของหลักปฏิบัติที่ดีของห้องปฏิบัติการ (Good Laboratory Practice หรือ GLP) เพื่อให้ได้ข้อมูลสารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ภายใต้ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุที่มีพิษทางการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลสารพิษตกค้างจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรในพืชเศรษฐกิจ ทั้งนี้ จะแบ่งการทดลองเป็นปีละ 2 แปลงทดลอง เพื่อให้เกิดความแตกต่างของสถานที่ ระยะเวลา และฤดูกาล เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการของแผนงานย่อยทำให้ได้ชุดข้อมูลสารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรรวม 66 ชุดข้อมูล ซึ่งใช้ในการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคและระยะเวลาที่ปลอดภัยในการเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังการใช้ครั้งสุดท้าย (pre harvest interval หรือ PHI) จากนั้น จะนำเสนอเพื่อขอ กำหนดค่า MRLs สำหรับประเทศไทย อาเซียน และ codex ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในทางการค้า ทำให้สามารถส่งออกสินค้าเกษตรไปยังกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียนและ codex ได้อย่างเสรี เป็นการยกระดับการแข่งขันสินค้าเกษตรในตลาดต่างประเทศ ส่งผลให้เศรษฐกิจขยายตัวอย่างมีเสถียรภาพ

4. งบประมาณที่ใช้ (ปี 2565) 3,540,000 บาท และ ระยะเวลาที่ดำเนินงาน 1 ตุลาคม 2564 – 30 กันยายน 2565

## 5. ผลการวิจัย

โครงการวิจัยการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดและระยะเวลาเก็บผลผลิตที่ปลอดภัยหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย เพื่อลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลทางเกษตร ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อยจำนวน 2 โครงการ ได้แก่ โครงการย่อยที่ 1 วิจัยการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในมะม่วง มี 4 การทดลอง และโครงการย่อยที่ 2 วิจัยการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในพริก คะน้า และมะเขือเทศ มี 7 การทดลอง ดำเนินการต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 ปี

ในปีแรก (ปี 2565) ได้วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) เพื่อให้ได้วิธีการวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารตกค้างจากแปลงทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำนวน 11 วิธี ประกอบด้วย

- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง acetamiprid ในมะม่วง จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง procymidone ในมะม่วง จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง myclobutanil ในมะม่วง จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง pyridaben ในมะม่วง จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง etofenprox ในพริก จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง lufenuron ในพริก จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง iprodione ในคะน้า จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง spinetoram ในคะน้า จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในคะน้า จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง fipronil ในมะเขือเทศ จำนวน 1 วิธี
- วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในมะเขือเทศ

เมื่อตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่างจากแปลงทดลองจำนวน 2 แปลงต่อการทดลองรวมเป็น 22 แปลงทดลอง ได้ชุดข้อมูลสารพิษตกค้างจำนวน 22 ชุดข้อมูล ประกอบด้วย

- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง acetamiprid ในมะม่วง จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง procymidone ในมะม่วง จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง myclobutanil ในมะม่วง จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง pyridaben ในมะม่วง จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง etofenprox ในพริก จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง lufenuron ในพริก จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง iprodione ในคะน้า จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง spinetoram ในคะน้าจำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในคะน้า จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง fipronil ในมะเขือเทศ จำนวน 2 ชุดข้อมูล
- ชุดข้อมูลสารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในมะเขือเทศ จำนวน 2 ชุดข้อมูล

## 6. ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย

6.1 ข้อเสนอแนะจากผลงานวิจัย สภาพแวดล้อมและปัจจัยภายนอกต่างๆ มีผลต่อการสลายตัวของสารพิษตกค้าง ดังนั้นการดำเนินงานในแปลงทดลอง ควรมีความแตกต่างของสถานที่ ระยะเวลา และฤดูกาล เพื่อให้ข้อมูลมีความหลากหลายและไม่เกิดความเอนเอียงของข้อมูล

6.2 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย ในการสุ่มเก็บตัวอย่างหลังการพ่นสารครั้งสุดท้ายของพืชแต่ละชนิด มีรายละเอียดแตกต่างกัน ผู้วิจัยต้องสุ่มตัวอย่างให้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์การทำการทดลองสารพิษตกค้างตามข้อกำหนดของ codex ซึ่งอาจเป็นการระบุจำนวนตัวอย่างของพืชตัวแทน ผู้วิจัยจำเป็นต้องจัดกลุ่มพืชของมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ ให้ถูกต้อง เพื่อให้จำนวนตัวอย่างเป็นไปตามข้อกำหนดของ codex

## 7. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัย สามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ดังนี้

7.1 ด้านวิชาการ วิธีตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง acetamiprid, procymidone, myclobutanil, pyridaben, etofenprox, lufenuron, iprodione, spinetoram, tolfenpyrad และ fipronil พร้อมสารอนุพันธ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรกับพืชอื่นๆได้

7.2 ด้านสังคม เกษตรกรมีทางเลือกในการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้อย่างถูกต้องตามหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agriculture Practices หรือ GAP)

## 8. การเผยแพร่ผลงานวิจัย

เมื่อได้รับการกำหนดค่า MRLs ของประเทศไทย จะมีการเผยแพร่ในประกาศในราชกิจจานุเบกษา เกี่ยวกับมาตรฐานสินค้าเกษตร และเมื่อได้รับการกำหนดค่า MRLs ของ codex จะมีการเผยแพร่ผ่านฐานข้อมูลออนไลน์ของ codex หรือ codex online database

## บทคัดย่อ

การวิจัยการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดและระยะเวลาเก็บผลผลิตที่ปลอดภัยหลังการพ่นสาร  
ครั้งสุดท้าย เพื่อลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลทางเกษตร โดยกำหนดการทดลองตามวิธีการศึกษาการ  
ใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรอย่างถูกต้องและปลอดภัย (Good Agricultural Practice, GAP) เพื่อกำหนดค่า  
ปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (Maximum Residue Limit, MRL) ทำการทดลองในแปลงทดลองปีละ 2 แปลง  
โดยวางแผนการทดลองแบบ supervised residue trial ตามหลักเกณฑ์ของโคเด็กซ์ ทำการเก็บผลผลิตที่  
ระยะเวลาต่างๆ หลังการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรครั้งสุดท้าย นำตัวอย่างมาสกัดและวิเคราะห์ชนิดของ  
สารพิษตกค้างด้วยวิธีตามหลักมาตรฐานสากล ซึ่งโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัยย่อย ได้แก่ วิจัยการ  
สลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในมะม่วง ประกอบด้วย 4 การทดลอง โครงการย่อยที่ 2 วิจัยการ  
สลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในพริก คะน้า และมะเขือเทศ ประกอบด้วย 7 การทดลอง โดยในปี  
2565 ได้วิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ในตัวอย่างมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ ที่มีความน่าเชื่อถือ มี  
กระบวนการสกัดและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ เพื่อให้ได้วิธีวิเคราะห์ ที่มีความถูกต้องแม่นยำ จำนวน  
11 วิธี และสามารถนำวิธีที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างจากแปลงทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย  
มีร้อยละการได้กลับคืนเฉลี่ย (%recovery) อยู่ในช่วง 70-119% และค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์  
(%RSD) อยู่ในช่วง 2-17% มีขีดจำกัดการตรวจวัด (LOD) และขีดจำกัดการตรวจวัดเชิงปริมาณ (LOQ) เท่ากับ  
0.005 และ 0.01 mg/kg ยกเว้นวิธีการสกัดสไปนีโทแรมในคะน้า มีค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.01 และ 0.05  
mg/kg ตามลำดับ

## Abstract

Assignments of maximum residue limits (MRL) and pre harvest interval (PHI) to reduce risk of pesticide residues in agricultural commodity. The experimental design was conducted by the pesticide use both acceptable and reliable under the agricultural standard on good agricultural practices (GAP) for determining of the maximum residue limits (MRLs). Two experiment plots were conducted for each year. The experimental design was carried out by the supervised residue trial according to the Codex guidelines, and the samples were collected at the day after the last application on the different times. The pesticide residues were extracted and analyzed according to the international standard methods. This project consists of 2 subprojects which were the study of pesticide degradation in mangoes including 4 experiments, the study on degradation of pesticide residues in chili, kale and tomato including 7 experiments. In 2022, a method for analyzing pesticide residues in mango, chili, kale and tomato. The obtained 11 analysis method were used for analysis of pesticide residues from trial plot efficiently. The average recoveries for the accuracy range from 70-119% and the RSD of precision ranged from 2-17%. The limit of detection (LOD) was 0.005 mg/kg while the limit of quantification (LOQ) was 0.01 mg/kg, excepted the determination of spinetoram in kale, the LOD and LOQ was 0.01 and 0.05 mg/kg, respectively.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดและระยะเวลาเก็บผลผลิตที่ปลอดภัยหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย เพื่อลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลทางเกษตร โดยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้เสนอสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) และพิจารณากำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL) เพื่อกำหนดเกณฑ์การค้าระหว่างประเทศที่ชัดเจน และลดการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศ ช่วยเพิ่มมูลค่าในการส่งออก มะม่วง พริก ค่ะน้า และมะเขือเทศ ไปยังประเทศปลายทางได้มากยิ่งขึ้น โดยโครงการวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

ขอขอบคุณ คุณพนิดา ไชยยันต์บุรณ์ อดีตผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ กรมวิชาการเกษตร คุณจินตนา ภูมังกุญชัย อดีตผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นในการทำงานโครงการวิจัยตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในการจัดทำแผนงานและรายงานผลงานวิจัยต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดี และขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

โครงการนี้สำเร็จล่วงได้จากกการได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง พริก ค่ะน้า และมะเขือเทศ ในแต่ละพื้นที่ ทำให้ได้ข้อมูลวิจัยอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อผลงานวิจัยภายใต้โครงการนี้ ขอขอบคุณพนักงานราชการ ข้าราชการ และหัวหน้าการทดลองทุกท่าน ในการช่วยเก็บและรวบรวมข้อมูลงานวิจัยในโครงการ ให้ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี

นายประชาติปัทย์ พงษ์ภิญโญ

หัวหน้าโครงการวิจัย

มกราคม 2566



## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	2
บทคัดย่อ	6
Abstract	7
กิตติกรรมประกาศ	8
สารบัญ	9
สารบัญภาพ	10
สารบัญตาราง	11
บทที่ 1 บทนำ	12
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	16
บทที่ 3 ผลการศึกษา	18
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	32
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	35

## สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 1	ขอบเขตของโครงการวิจัย	15
ภาพที่ 2	ความเป็นเส้นตรงของสาร etofenprox ในตัวทำละลายสารสกัดพริก	20
ภาพที่ 3	ความเป็นเส้นตรงของ lufenuron ในตัวทำละลายสารสกัดพริก	21
ภาพที่ 4	ความเป็นเส้นตรงของ iprodione ในตัวทำละลายสารสกัดคะน้า	22
ภาพที่ 5	ความเป็นเส้นตรงของ tofenpyrad ในตัวทำละลาย acetonitrile และ matrix คะน้า	25
ภาพที่ 6	ความเป็นเส้นตรงของ fipronil ในตัวทำละลาย acetonitrile	26
ภาพที่ 7	ความเป็นเส้นตรงของ tolfenpyrad ในตัวทำละลาย acetonitrile	28

กรมวิชาการเกษตร

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ผลการทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง acetamiprid ในมะม่วงที่ระดับ LOD และ LOQ	18
ตารางที่ 2	ผลการทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง procymidone ที่ระดับ LOD และ LOQ	19
ตารางที่ 3	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง etofenprox ในพริก	21
ตารางที่ 4	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง lufenuron ในพริก	22
ตารางที่ 5	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง iprodione ในคะน้า	23
ตารางที่ 6	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง spinetoram ในคะน้า	24
ตารางที่ 7	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในคะน้า	26
ตารางที่ 8	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง fipronil ในมะเขือเทศ	27
ตารางที่ 9	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในมะเขือเทศ	28
ตารางที่ 10	ข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างในตัวอย่างมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ จากแปลงทดลอง	29

## บทที่ 1 บทนำ

### 1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

#### วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

#### พันธกิจ

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรสู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตภัณฑ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

### 2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน

#### ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง

เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

#### ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน

เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

#### ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์

คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษ และภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

#### ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม

สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

#### ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

#### ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

### 3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 จำนวน 3,540,000 บาท

#### 4. รายละเอียดโครงการ

##### ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

สินค้าเกษตรเป็นสินค้าที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ให้แก่ประชากรได้เป็นจำนวนมากและเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้เข้าสู่ประเทศในมูลค่าสูง ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบการผลิตพืชให้ได้ผลผลิตสูง มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาด เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในตลาดต่างประเทศ ทำให้เกิดการเจริญเติบโตในตลาดส่งออกและกระจายรายได้ให้กับภาคเกษตรของประเทศ การดูแลป้องกันและกำจัดศัตรูพืชจัดกระบวนการหนึ่งที่สำคัญต่อคุณภาพของผลผลิต

การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรได้ ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่เปิดการค้าเสรี จึงมีการนำเข้าและขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่หลากหลาย ทำให้เกษตรกรมีทางเลือกในการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มากขึ้น ค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (Maximum Residue Limit, MRL) ของวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่กำหนดไว้จึงไม่ครอบคลุมพืชส่งออกของประเทศไทย ทำให้ประเทศไทยเสียโอกาสทางการค้ากับต่างประเทศและเสียเปรียบในการส่งออกสินค้าเกษตร โดยค่า MRLs ส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลการศึกษาในพืชและวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่นิยมใช้ในยุโรปและประเทศตะวันตก ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องทำการทดลองในพืชเมืองร้อน เพื่อนำเสนอข้อมูลต่อ codex ในการกำหนด MRLs ของพืชเมืองร้อนขึ้น เพื่อผลประโยชน์ในการต่อรองทางด้านการค้าเสรี เนื่องจากบางประเทศผู้นำเข้าสินค้าเกษตรนำค่า MRLs มาเป็นข้ออ้างในการกีดกันทางการค้าสำหรับพืชและวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ไม่มีการกำหนดไว้โดย Codex การศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างเพื่อกำหนดค่า MRLs จึงเป็นการลดปัญหาจากการตรวจพบสารพิษตกค้างที่ไม่ได้มีการกำหนดค่า MRLs และใช้ default limit ซึ่งเท่ากับ 0.01 mg/kg ซึ่งเท่ากับขีดจำกัดเชิงปริมาณ (limit of quantification หรือ LOQ)

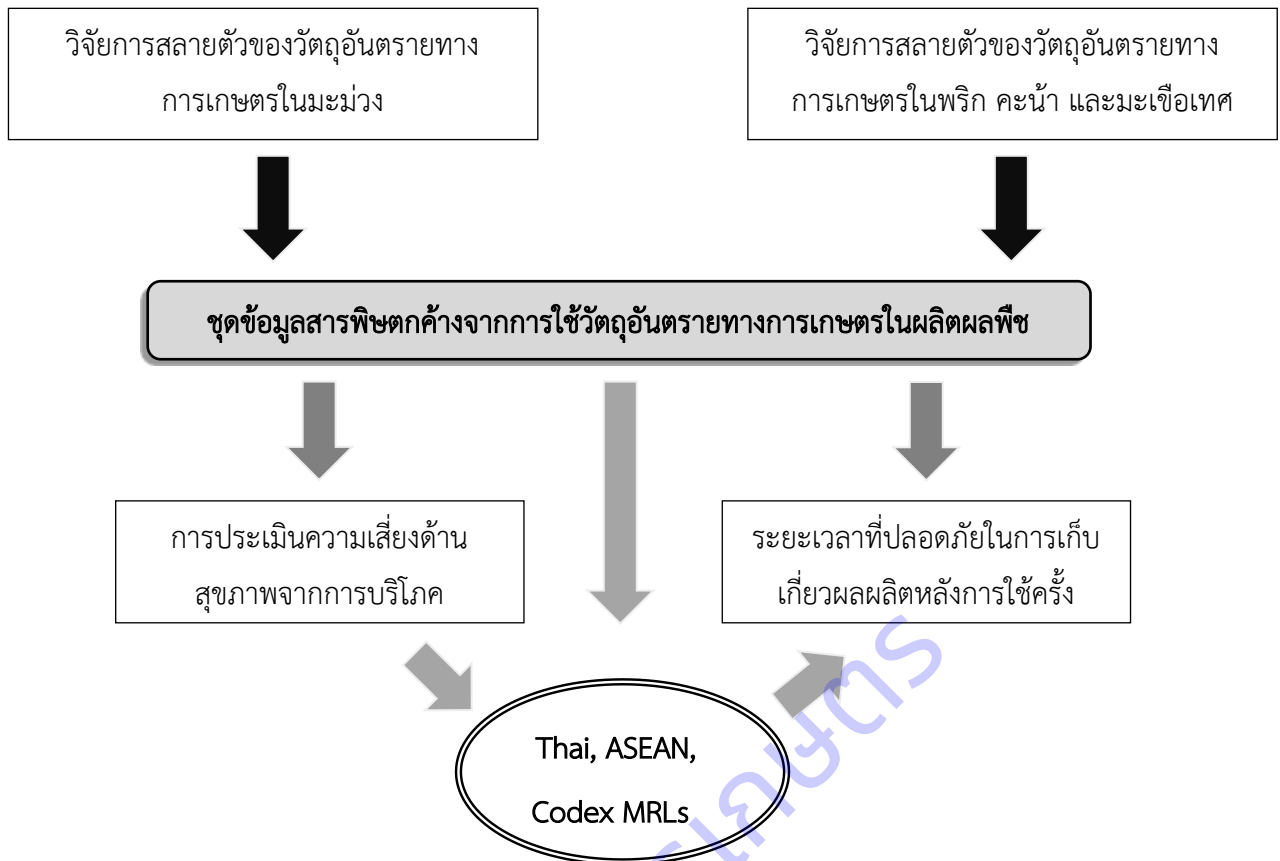
ค่า MRLs มีการประเมินมาจากความเสี่ยงของการบริโภคผลผลิตผลการเกษตรที่มีการปนเปื้อนสารพิษตกค้าง ซึ่งเป็นการประเมินทั้งความเป็นพิษแบบเรื้อรังและแบบเฉียบพลัน ค่าที่ประเมินได้เป็นค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างที่ยอมให้มีได้ในผลิตผลทางการเกษตร จึงเป็นเกณฑ์กำหนดว่าผลผลิตเกษตรที่มีสารพิษตกค้างต่ำกว่าค่า MRLs ถือว่าปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถนำมาประเมินระยะเวลาที่ปลอดภัยในการเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังการใช้ครั้งสุดท้าย (pre harvest interval หรือ PHI) เป็นระยะที่ปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลต่ำกว่าค่า MRLs เมื่อใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในอัตราแนะนำและเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ PHI ถือว่ามีความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลเกษตรน้อย ดังนั้นค่า MRL และ PHI จึงมีส่วนสำคัญในการลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลเกษตร ทำให้สามารถใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรได้อย่างถูกต้องและลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลเกษตร ซึ่งจะส่งผลดีต่อภาพลักษณ์ด้านการเกษตรของประเทศ และเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

## วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตร ได้แก่ acetamiprid, procymidone, myclobutanil และ pyridaben ในมะม่วง etofenprox และ lufenuron ในพริก iprodione, spinetoram และ tolfenpyrad ในคะน้า และ fipronil และ tolfenpyrad ในมะเขือเทศ
2. จัดทำข้อมูลการสลายตัว และการประเมินความเสี่ยงวัตถุอันตรายทางการเกษตร ในมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ เพื่อกำหนดระยะเก็บเกี่ยวปลอดภัย (Pre-Harvest Interval: PHI) หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย
3. เพื่อเสนอข้อกำหนดค่า MRL ในมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ สำหรับประเทศไทย อาเซียน และ codex

## ขอบเขตการศึกษา

โครงการวิจัยนี้ศึกษาการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในผลไม้และผักที่เป็นสินค้าเศรษฐกิจของประเทศไทย ในผลไม้เป็นการศึกษาการสลายตัวของ acetamiprid, procymidone, myclobutanil และ pyridaben ในมะม่วง และในผักเป็นการศึกษาการสลายตัวของ etofenprox และ lufenuron ในพริก iprodione, spinetoram และ tolfenpyrad ในคะน้า และ fipronil และ tolfenpyrad ในมะเขือเทศ แต่ละการทดลองจะดำเนินการวิจัยในแปลงทดลองรวม 6 แปลงทดลอง โดยใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรตามอัตราแนะนำ และเก็บผลผลิตที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการพ่นครั้งสุดท้าย แล้วนำตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุเคมีทางการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลสารพิษตกค้างจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรในพืชเศรษฐกิจ โดยแบ่งเป็นปีละ 2 แปลงทดลอง เพื่อให้เกิดความแตกต่างของสถานที่ ระยะเวลา และฤดูกาล เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการของแผนงานย่อยทำให้ได้ชุดข้อมูลสารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรรวม 66 ชุดข้อมูล ซึ่งใช้ในการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคและระยะเวลาที่ปลอดภัยในการเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังการใช้ครั้งสุดท้าย (pre harvest interval หรือ PHI) จากนั้น จะนำเสนอเพื่อขอข้อกำหนดค่า MRLs สำหรับประเทศไทย อาเซียน และ codex ดังรายละเอียดความเชื่อมโยงขอบเขตของแผนงานในภาพที่ 2 สำหรับค่า MRLs นั้นเป็นค่าที่ใช้ในทางการค้า ทำให้สามารถส่งออกสินค้าเกษตรไปยังกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียนและ codex ได้อย่างเสรี เป็นการยกระดับการแข่งขันสินค้าเกษตรในตลาดต่างประเทศ ส่งผลให้เศรษฐกิจขยายตัวอย่างมีเสถียรภาพ



ภาพที่ 1 ขอบเขตของโครงการวิจัย

### นิยามศัพท์

**สารพิษตกค้าง** (pesticide residue) หมายถึง สารตกค้างในสินค้าเกษตรที่เกิดจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร

**ปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง** (Maximum Residue Limit ; MRL) หมายถึง ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ในสินค้าเกษตร กำหนดโดยคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตร เป็นค่ามาตรฐานเพื่อใช้บอกถึงปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ยอมให้มีได้

**ระยะเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัยหลังการพ่นสาร** (Pre Harvest Interval; PHI) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่ฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้ายจนถึงวันเก็บเกี่ยว หรือระยะหยุดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชก่อนเก็บเกี่ยว

## บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

### 1. วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองภายใต้โครงการของแผนงานย่อยจะดำเนินการตามหลักเกณฑ์การทำการทดลองสารพิษตกค้าง (supervised residue trials) และตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างตามหลักเกณฑ์ของหลักปฏิบัติที่ดีของห้องปฏิบัติการ (Good Laboratory Practice หรือ GLP) โดยศึกษาการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรรวมเป็น 11 การทดลอง ในปี 2565 แต่ละการทดลองจะทำ 2 แปลงทดลองต่างสถานที่ ต่างเวลา และต่างฤดูกาล แบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

#### 1) เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

- เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ หลอดปิ่นเหวี่ยง ขวดบรรจุสาร กระจกตวง ปีกเกอร์ ขวดวัดปริมาตร และตัวกรอง

- เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 5 ตำแหน่ง ที่ผ่านการสอบเทียบ เครื่องปั่นตัวอย่าง ไมโครปิเปต เครื่องเขย่าสาร และเครื่องปั่นเหวี่ยง

- เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ GC-MS/MS และ LC-MS/MS พร้อมคอลัมน์ชนิดต่างๆ

- เครื่องพันวัตถุอันตรายทางการเกษตร

- อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในแปลงทดลอง ได้แก่ นาฬิกาจับเวลา เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เครื่องวัดความเร็วลม ชุดป้องกันสารพิษ เป็นต้น

- สารเคมี ได้แก่ acetonitrile, formic acid, ammonium formate, water, sodium chloride (NaCl), magnesium sulphate ( $MgSO_4$ ), trisodium citrate di-hydrate ( $Na_3\text{citrate} \cdot 2H_2O$ ), disodium hydrogencitrate ( $Na_2H\text{citrate} \cdot 1.5H_2O$ ), primary secondary amine (PSA), graphitized carbon black (GCB), Carbon (C18) เป็นต้น

- สารมาตรฐานซึ่งมีความบริสุทธิ์ >95%

- ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ระบุความเข้มข้นบนฉลากและตรวจวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์

#### 2) ตรวจสอบหรือทวนสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์

- เตรียมสารละลายมาตรฐาน ได้แก่ stock solution, intermediate standard solution และ working standard solution

- ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง

- ศึกษาวิธีการสกัดสารพิษตกค้างและสารอนุพันธ์ในตัวอย่าง

- ตรวจสอบหรือทวนสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ด้วยตัวแปรต่างๆ

- ศึกษาข้อมูลความคงทนของสารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในตัวอย่างที่ศึกษา

#### 3) ดำเนินการในแปลงทดลอง

- สํารวจและทำการทดลอง ปีละ 2 แปลงทดลอง โดยแต่ละแปลงห่างกันอย่างน้อย 30 km



- แบ่งแปลงทดลองออกเป็น 2 แปลงย่อย คือ แปลงควบคุม (untreated) เป็นแปลงที่ไม่ได้พ่นสาร และแปลงที่พ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตร (treated)
  - สอบเทียบเครื่องพ่น เพื่อหาอัตราการไหลของเครื่อง คำนวณหาปริมาณน้ำ ปริมาณสารที่ใช้ คำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินพ่น และปรับเวลาการเดินของผู้พ่น เพื่อควบคุมการพ่นให้มีความสม่ำเสมอ
  - พ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตร ในแต่ละแปลงทดลองตามอัตราแนะนำ
  - สุ่มเก็บตัวอย่างหลังพ่นสารครั้งสุดท้ายจากแปลงควบคุม และแปลงที่พ่นสาร โดยสุ่มตัวอย่างแปลงละ 2 ซ้ำ ตามระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง โดยแพ็คตัวอย่างใส่ถุงพร้อมป้ายบ่งชี้ เก็บถุงตัวอย่างในกล่องโฟมที่มีการบรรจุน้ำแข็ง เพื่อรักษาสภาพตัวอย่างขณะขนส่งไปห้องปฏิบัติการ
  - จัดบันทึกข้อมูลระหว่างการทำการทดลอง
- 4) ตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง
- เตรียมตัวอย่างตาม Codex Guideline และปั่นตัวอย่างกับไนโตรเจนเหลวให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นตัวอย่าง เก็บตัวอย่างที่ปั่นเสร็จไว้ที่อุณหภูมิ  $-20\pm 5^{\circ}\text{C}$
  - ตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างและสารอนุพันธ์ในตัวอย่างตามวิธีที่ศึกษาไว้
  - รวบรวมข้อมูลโดยมีการจัดบันทึกทุกขั้นตอนการวิเคราะห์ตามข้อกำหนดของ OECD-GLP
  - สรุปประเมินข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้าง

### 3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

- ไม่มี     มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่.....
- เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....
- เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

## บทที่ 3 ผลการศึกษา

### 3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

โครงการวิจัยการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดและระยะเวลาเก็บผลผลิตที่ปลอดภัยหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย เพื่อลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลทางเกษตร ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อยจำนวน 2 โครงการ ได้แก่ โครงการย่อยที่ 1 วิจัยการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในมะม่วง มีการทดลองทั้งหมด 4 การทดลอง และโครงการย่อยที่ 2 วิจัยการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในพริก ค่ะน้า และมะเขือเทศ มีการทดลองทั้งหมด 7 การทดลอง ดำเนินการต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 ปี โดยในปีแรก (ปี 2565) ทำการตรวจสอบหรือทวนสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) เพื่อให้ได้วิธีการวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่มีความน่าเชื่อถือ มีกระบวนการสกัดและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของวิธี และสามารถนำวิธีที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างจากแปลงทดลองมะม่วง พริก ค่ะน้า และมะเขือเทศ

#### 3.1.1 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง acetamiprid ในมะม่วง

ทดสอบวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง acetamiprid ในมะม่วง โดยเติมสารมาตรฐาน acetamiprid ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนในตัวอย่างมะม่วง โดยทำการทดสอบที่ความเข้มข้น 0.005- 0.20 mg/kg ความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ นำมาวิเคราะห์โดยสกัดด้วยวิธี QuEChERS วิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS/MS เพื่อพิสูจน์ความแม่นยำ (accuracy) ซึ่งประเมินค่าจาก %recovery ให้อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ คือ 70-120% และพิสูจน์ความเที่ยง (precision) ประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ซึ่งต้องอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ คือ  $\leq 20\%$  (SANTE, 2020) พร้อมทั้งศึกษาขีดจำกัดการตรวจวัด (Limit of Detection, LOD) โดย LOD เท่ากับ  $3 \times SD$  และศึกษาขีดจำกัดการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ) โดย LOQ เท่ากับ  $10 \times SD$  (Eurachem, 2014)

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง acetamiprid ในมะม่วงที่ระดับ LOD และ LOQ

Sample	Linearity/ Range (mg/kg)	Spike Level (mg/kg)	%Recovery (n=7)				%RSD <sub>r</sub>
			min	max	mean	SD	
Whole fruit	0.005-0.2	0.005	70	84	73	5.13	6.98
		0.01	80	86	83	2.34	2.82
Fresh	0.005-0.2	0.005	100	112	105	3.63	3.45
		0.01	96	105	100	3.21	3.19
Peel	0.005-0.2	0.005	88	108	100	6.58	6.56
		0.01	78	99	89	8.67	9.78

LOD = 0.005 mg/kg, LOQ = 0.01 mg/kg

จากการทดลอง พบว่า วิธีการสกัดดังกล่าว ให้ %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 70-94% ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ และ %RSD เท่ากับ 2-7% วิธีการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำมาสกัดตัวอย่างมะม่วงจากแปลงทดลองได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์ โดยมี LOD เท่ากับ 0.005 และ LOQ เท่ากับ 0.01 mg/kg แสดงดังตารางที่ 1

### 3.1.2 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง procymidone ในมะม่วง

ทดสอบวิธีการวิเคราะห์ โดยการเติมสารมาตรฐาน procymidone ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนในตัวอย่างมะม่วง (เนื้อรวมเปลือก (Whole fruit) เนื้อ (Flesh) และเปลือก (Peel)) โดยทำการทดสอบที่ความเข้มข้นระดับ 0.005 และ 0.01 mg/kg เพื่อทดสอบค่าต่ำสุดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ) และค่าต่ำสุดของการตรวจวัดได้ (Limit of Detection, LOD) ความเข้มข้นละ 6 ซ้ำ นำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการสกัด ตามวิธีทดสอบ QuEChERS (EN 15662, 2008) และหาเปอร์เซ็นต์ที่ได้กลับคืนมา (%recovery) และความเที่ยง (precision) ที่ได้จากการทำซ้ำ (replicate) จากผลการทดลอง พบ %recovery อยู่ในช่วง 84-116 และ %RSD เท่ากับ 4-10% ค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.005 และ 0.01 mg/kg แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง procymidone ที่ระดับ LOD และ LOQ

Sample fractions	Linearity/ Range (mg/kg)	Fortified Level (mg/kg)	%Recovery (n=6)			
			min	max	mean	SD
Whole fruit	0.005-0.2	0.005	102	114	108	4.12
		0.01	88	100	95	4.66
Fresh	0.005-0.2	0.005	93	100	96	2.72
		0.01	88	95	92	2.98
Peel	0.005-0.2	0.005	91	117	105	9.03
		0.01	93	105	98	4.72

LOD = 0.005 mg/kg, LOQ = 0.01 mg/kg

### 3.1.3 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง myclobutanil ในมะม่วง

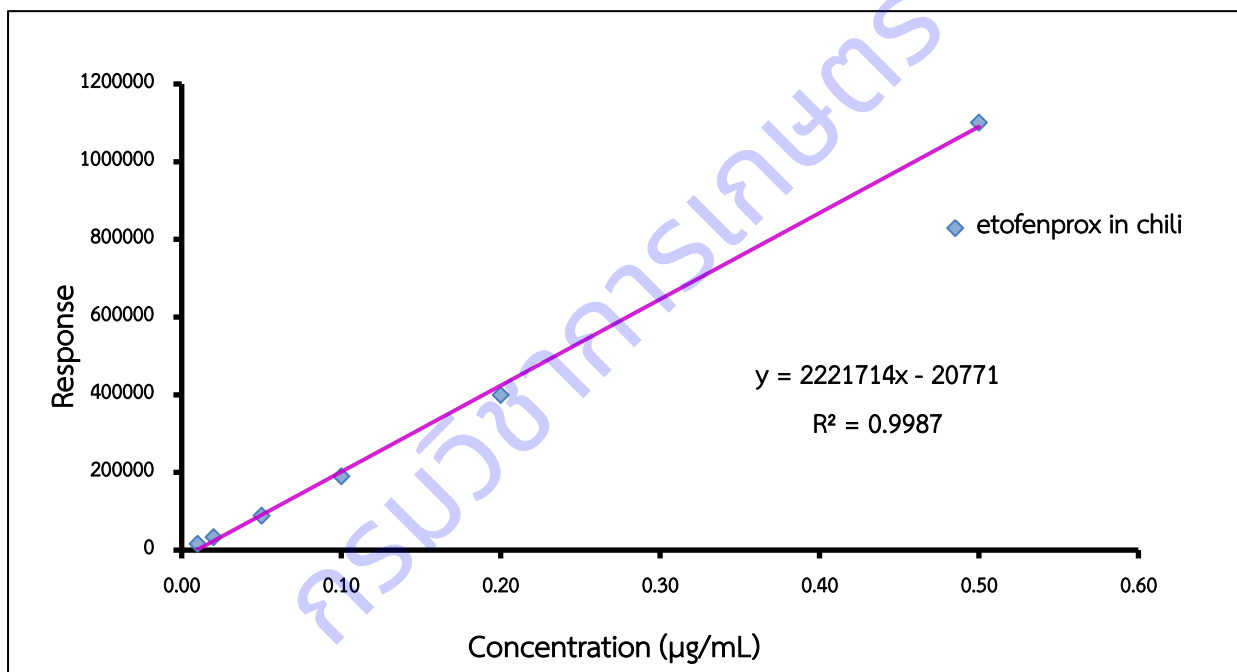
จากการทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง myclobutanil และสารอนุพันธ์ในมะม่วง พบว่าขีดจำกัดการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation หรือ LOQ) เท่ากับ 0.01 mg/kg ของทั้ง myclobutanil และอนุพันธ์คือ myclobutanil-3-hydroxybutyl ในมะม่วง และผลการทดสอบ %recovery ของ myclobutanil ในตัวอย่างมะม่วง อยู่ในช่วง 86-118% ที่ความเข้มข้น 0.01- 1.00 mg/kg และ myclobutanil-3-hydroxybutyl ในมะม่วง อยู่ในช่วง 76-105% ที่ความเข้มข้น 0.01- 1.00 mg/kg ซึ่งช่วงของการตรวจวัด myclobutanil และ myclobutanil-3-hydroxybutyl อยู่ในช่วง 0.005- 0.50 mg/kg

### 3.1.4 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง pyridaben ในมะม่วง

จากการทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง pyridaben ในมะม่วง โดยการสกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS (EN15662, 2008) พบว่า %recovery อยู่ในช่วง 80-113% และ %RSD 4-7% มีขีดจำกัดของการตรวจพบ (limit of detection หรือ LOD) เท่ากับ 0.005 mg/kg ขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (limit of quantification หรือ LOQ) เท่ากับ 0.01 mg/kg

### 3.1.1 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง etofenprox ในพริก

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ etofenprox ด้วยเทคนิค LC-MS/MS โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน etofenprox ในตัวทำละลายสารสกัด และฉีดสารดังกล่าวที่ความเข้มข้น 0.10 µg/mL พบว่า ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมสาร etofenprox มีค่า retention time ที่ 6.47 นาที จากการศึกษาระยะเวลาเป็นเส้นตรงโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า etofenprox ให้ช่วงความเป็นเส้นตรงที่ความเข้มข้น 0.005-0.50 µg/mL มีค่า  $R^2 = 0.9987$  ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความเป็นเส้นตรงของสาร etofenprox ในตัวทำละลายสารสกัดพริก

การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ etofenprox ในพริก สามารถพิสูจน์ความแม่นยำ (accuracy) ประเมินค่าจาก %recovery โดยการเติมสารมาตรฐาน etofenprox ลงในตัวอย่างพริก ให้มีความเข้มข้น ในตัวอย่าง เท่ากับ 0.01, 0.10 และ 0.50 mg/kg ทำการทดลองความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ สกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS (EN 15662, 2008) โดยผลของ %recovery ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ 70-120% และพิสูจน์ความเที่ยง (precision) ประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ซึ่งต้องอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ คือ  $\leq 20\%$  (SANTE, 2020) พร้อมทั้งศึกษาขีดจำกัดการตรวจวัด (Limit of Detection, LOD) โดย LOD เท่ากับ  $3 \times SD$  และศึกษาขีดจำกัดการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ)

โดย LOQ เท่ากับ  $10 \times SD$  (Eurachem, 2014) จากผลการศึกษา พบว่า วิธีการสกัดดังกล่าว ให้ %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 78-99% และ %RSD อยู่ในช่วง 3-10% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ แสดงดังตารางที่ 3 ดังนั้น วิธีการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำมาสกัดตัวอย่างพริกจากแปลงทดลองได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์ โดยมี LOD เท่ากับ 0.005 และ LOQ เท่ากับ 0.01 mg/kg

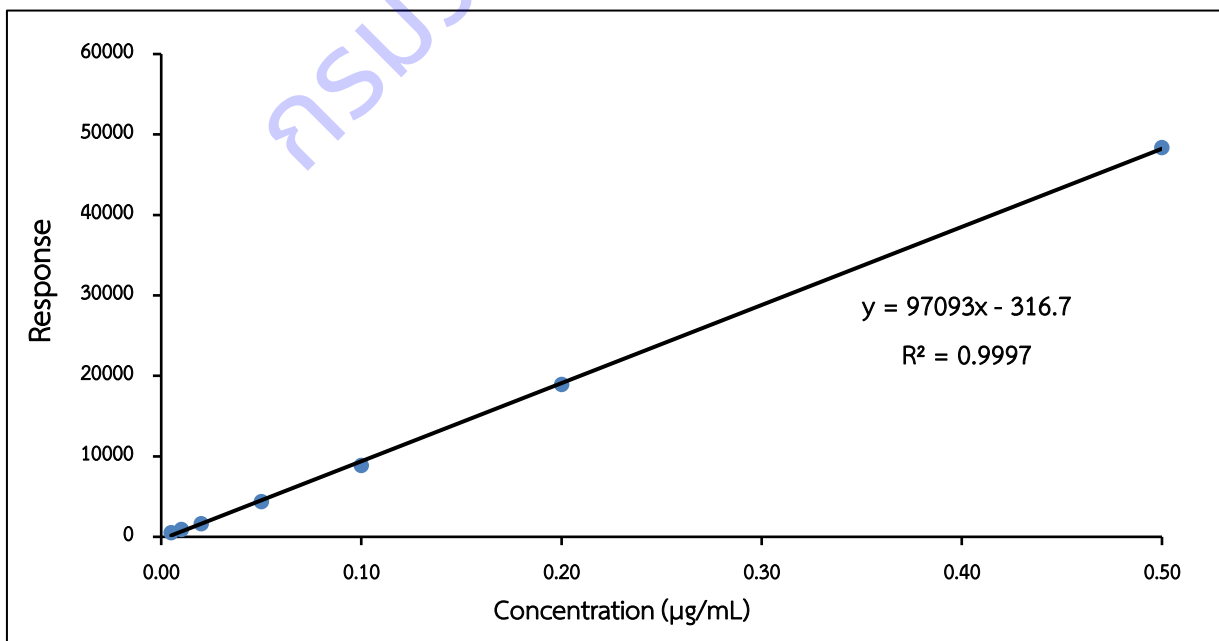
**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง etofenprox ในพริก

Spiked level (mg/kg)	%Recovery (n=10)	Average (%)	SD	%RSD
0.01	79, 80, 78, 93, 78, 95, 78, 74, 76, 93	82	7.96	10
0.10	100, 101, 97, 97, 104, 97, 98, 105, 96, 99	99	3.10	3
0.50	85, 74, 77, 76, 81, 80, 79, 74, 76, 80	78	3.46	4

LOD = 0.005 mg/kg, LOQ = 0.01 mg/kg

### 3.1.2 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง lufenuron ในพริก

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ lufenuron ด้วยเทคนิค LC-MS/MS โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน lufenuron ในตัวทำละลายสารสกัด และฉีดสารดังกล่าวที่ความเข้มข้น 0.10  $\mu\text{g/mL}$  พบว่า lufenuron มีค่า retention time ของ อยู่ที่ 5.89 นาที เมื่อสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานและสัญญาณของเครื่องตรวจวิเคราะห์ พบว่า ให้ช่วงความเป็นเส้นตรงที่ระดับความเข้มข้น 0.005-0.50  $\mu\text{g/mL}$  โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9997 ผ่านเกณฑ์การยอมรับที่กำหนดให้ค่า  $R^2$  มากกว่า 0.995 แสดงดังภาพที่ 3



**ภาพที่ 3** ความเป็นเส้นตรงของ lufenuron ในตัวทำละลายสารสกัดพริก

จากนั้นทำการประเมินค่า accuracy จาก %recover ที่ความระดับความเข้มข้น 0.01, 0.10, 0.50 และ 2.0 mg/kg จำนวน 7-10 ซ้ำ พบว่า %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 84-102 ผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ร้อยละ 70-120 สำหรับค่า precision สามารถหาจาก %RSD ที่ได้จากการทำซ้ำ พบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3-7 โดยช่วง %RSD ที่ยอมรับได้ คือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 (SANTE, 2020) โดยกำหนดให้วิธีนี้มีค่า LOQ เท่ากับ 0.01 mg/kg และมีค่า LOD เท่ากับ 0.005 mg/kg รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

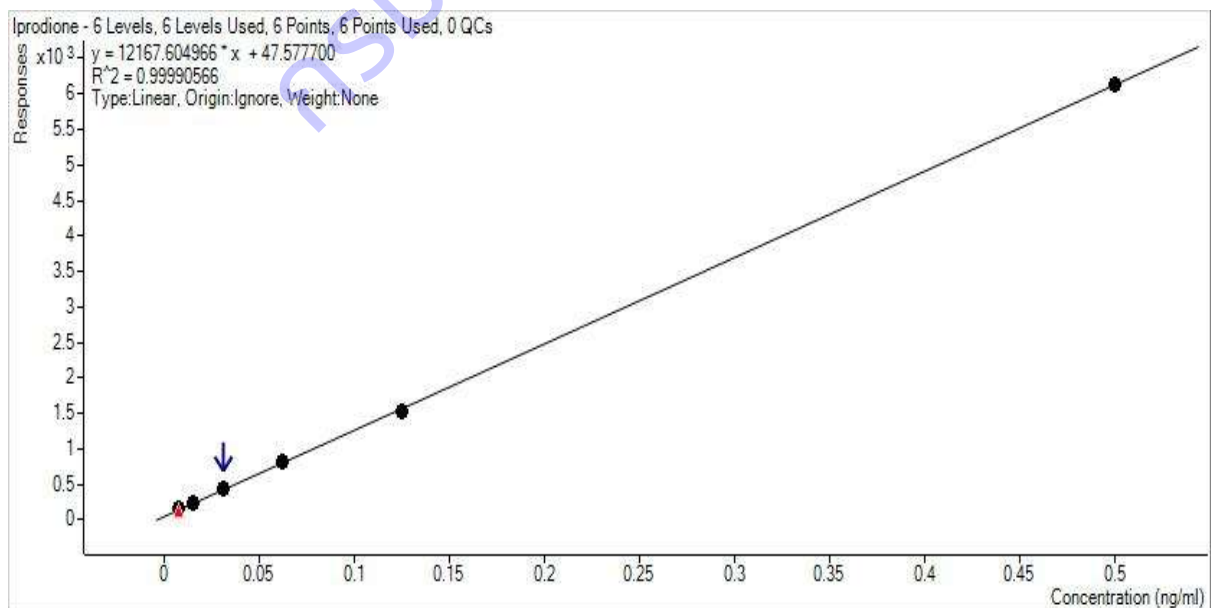
**ตารางที่ 4** ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง lufenuron ในพริก

spiked level (mg/kg)	%recovery	%recovery average	SD	% RSD
0.01	101, 115, 92, 114, 102, 103, 94, 99, 101, 98	102	7.11	7
0.10	92, 89, 82, 87, 91, 84, 87	87	3.17	4
0.50	87, 79, 83, 81, 86, 91, 85	85	3.79	4
2.00	86, 86, 85, 83, 88, 81, 82	84	2.23	3

LOQ = 0.01 mg/kg LOD = 0.005 mg/kg

### 3.1.3 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง iprodione ในค่น้ำ

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ iprodione ด้วยเทคนิค LC-MS/MS โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน iprodione ในตัวทำละลายสกัด และฉีดสารดังกล่าวที่ความเข้มข้น 0.10 µg/mL พบว่าภายใต้สถานะที่เหมาะสมสาร iprodione มีค่า retention time ที่ 1.31 นาที และจากการศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า iprodione ให้ช่วงความเป็นเส้นตรงที่ความเข้มข้น 0.008-0.50 µg/mL มีค่า  $R^2 = 0.9987$  ภาพที่ 4



**ภาพที่ 4** ความเป็นเส้นตรงของ iprodione ในตัวทำละลายสารสกัดค่น้ำ

การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ iprodione ในคะน้า สามารถพิสูจน์ความแม่นยำ (accuracy) ประเมินค่าจาก %recovery โดยการเติมสารมาตรฐาน iprodione ในคะน้า ให้มีความเข้มข้นในตัวอย่าง เท่ากับ 0.01, 0.10, 1.00 และ 10.0 mg/kg ทำการทดลองความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ สกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS (EN 15662, 2008) พบว่า วิธีการสกัดดังกล่าว ให้ %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 80-91% ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ (70-120%) สำหรับการพิสูจน์ความเที่ยง (precision) ซึ่งประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) พบว่า อยู่ในช่วง 3-17% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ คือ  $\leq 20\%$  แสดงดังตารางที่ 5 ดังนั้น วิธีการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำมาใช้สกัดตัวอย่างคะน้าจากแปลงทดลองได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์ โดยมี LOD เท่ากับ 0.005 และ LOQ เท่ากับ 0.01 mg/kg

**ตารางที่ 5** ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง iprodione ในคะน้า

Spiked level (mg/kg)	%Recovery (n=7)	Average (%)	SD	%RSD
0.01	97, 97, 80, 86, 89, 94, 96	91	6.52	7
0.10	70, 74, 74, 73, 73, 85, 109	80	13.7	17
1.00	71, 92, 92, 92, 95, 95, 96	90	8.95	10
10.0	86, 88, 88, 84, 85, 89, 92	87	2.82	3

LOD = 0.005 mg/kg, LOQ = 0.01 mg/kg

### 3.1.4 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง spinetoram ในคะน้า

การศึกษาสารพิษตกค้าง spinetoram ในสินค้าเกษตรตาม residue definition ของ CODEX คือ วิเคราะห์สารพิษตกค้างของ spinetoram และ N-demethyl-175 และ N-formyl-175 metabolite ที่เป็นองค์ประกอบหลักของ spinetoram (Spinetoram and N-demethyl and N-formyl metabolites of the major spinetoram component) ดังนั้น การศึกษาวิจัยปริมาณสารพิษตกค้างของสไปนีโทแรม (spinetoram) ในคะน้า เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่างคะน้า ดังนี้ ได้แก่ XDE-175-J, XDE-175-L, N-demethyl-175-J และ N-formyl-175-J

ผลการตรวจสอบ working range จากการ spike สารมาตรฐาน XDE-175 and metabolites ในตัวอย่างที่ 6 ระดับความเข้มข้น คือ 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0 และ 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ สกัดสารพิษตกค้าง spinetoram ในคะน้า วิธีปรับจาก Method GRM 05.03 (Dow AgroSciences Protocol No. 050051) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้สร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง พบมีค่า Coefficient of Determination ( $R^2$ ) อยู่ในช่วง 0.9957-0.9979 ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ

การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ spinetoram ในคะน้า สามารถพิสูจน์ความแม่นยำ (accuracy) ประเมินค่าจาก %recovery และความเที่ยง (precision) ซึ่งประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) โดยการ spike สารมาตรฐาน XDE-175 and metabolite ในตัวอย่างคะน้า ให้ได้ความเข้มข้นในตัวอย่าง เท่ากับ 0.05, 0.10, 1.0, และ 10 µg/kg ความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ เมื่อคำนวณหา %recovery และ %RSD พบว่า %recovery อยู่ในเกณฑ์การยอมรับตาม SANTE/11813/2017 ทุกระดับความเข้มข้น มี %RSD น้อยกว่า 20% ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ ของ European Commission, 2017 แสดงดังตารางที่ 6 ดังนั้น วิธีการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำมาใช้สกัดตัวอย่างคะน้าจากแปลงทดลองได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์ โดยมี LOD เท่ากับ 0.01 และ LOQ เท่ากับ 0.05 mg/kg

**ตารางที่ 6** ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง spinetoram ในคะน้า

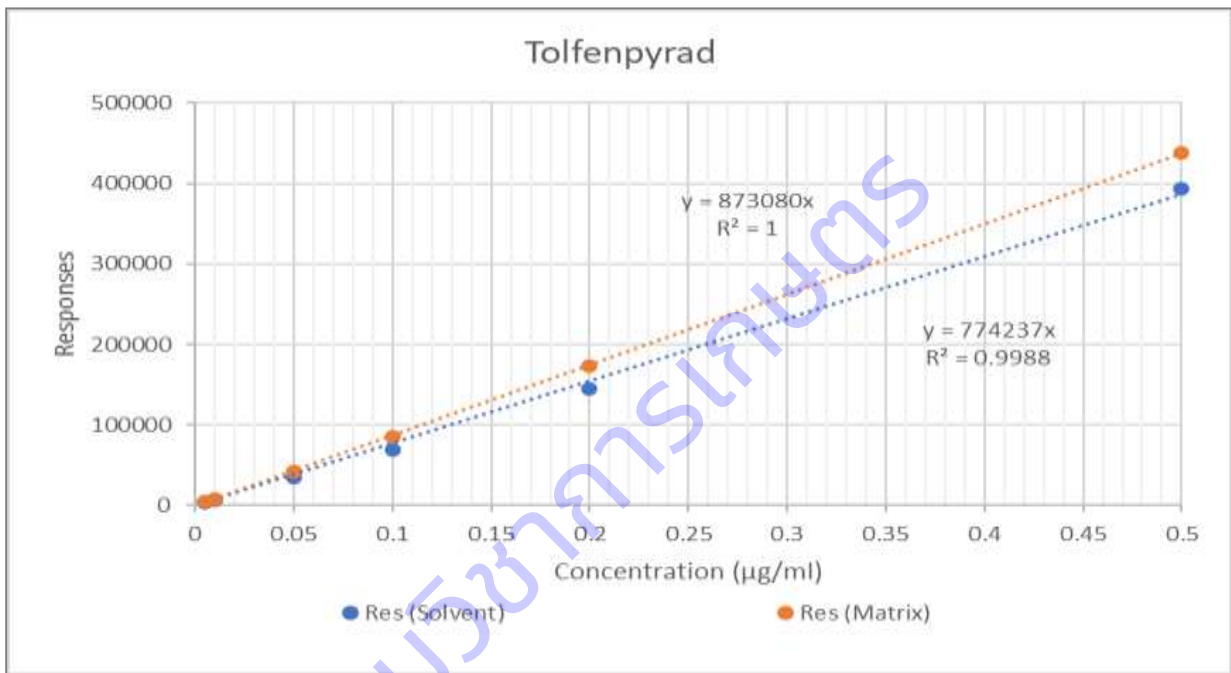
concentration (µg/kg)	compound	%Recovery	%RSD
0.05	XDE-175-J	75 - 94	7.6
	XDE-175-L	77 - 114	12.0
	N-demethyl-175-J	73 - 102	10.7
	N-formyl-175-J	77 - 96	7.7
0.1	XDE-175-J	71 - 89	8.3
	XDE-175-L	111 - 117	1.8
	N-demethyl-175-J	72 - 107	16.3
	N-formyl-175-J	72 - 76	1.9
1.0	XDE-175-J	95 - 133	11.0
	XDE-175-L	71 - 86	6.7
	N-demethyl-175-J	79 - 101	7.5
	N-formyl-175-J	99 - 113	4.8
10	XDE-175-J	101 - 117	4.8
	XDE-175-L	102 - 116	4.9
	N-demethyl-175-J	92 - 101	2.8
	N-formyl-175-J	84 - 119	10.8

### 3.1.5 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในคะน้า

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ tolfenpyrad ด้วยเทคนิค LC-MS/MS ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง จึงจำเป็นต้องศึกษาผลของสารปนเปื้อนในตัวอย่างที่ผ่านการสกัด (Matrix effect) ด้วยสารละลายที่สกัดจากตัวอย่าง control ของคะน้า เปรียบเทียบ Matrix match calibration curve กับ Standard calibration curve ของ tolfenpyrad โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ ความเข้มข้น 0.005-0.5 µg/ml



แบ่งออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ เตรียมสารมาตรฐานใน solvent (ACN) และเตรียมสารมาตรฐานใน matrix ของค่น้ำที่ได้จากวิธีการสกัดตัวอย่าง control จากนั้นนำค่า slope ของ curve ทั้งสองมาหา %Matrix effect (ME) เพื่อดูว่า matrix มีผลต่อวิธีวิเคราะห์หรือไม่ โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน lufenuron ในตัวทำละลายสารสกัดและฉีดสารดังกล่าวที่ความเข้มข้น 0.10 µg/mL จากผลการทดลองพบว่า %ME ของ tolfenpyrad ในค่น้ำ มีค่าเท่ากับ 12.8% ซึ่งไม่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับที่ไม่เกิน 10% (NATA, 2018) แสดงว่า matrix ค่น้ำมีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง tolfenpyrad ดังนั้นจึงต้องเตรียม calibration curve ในสารละลาย matrix ที่ได้จากวิธีการสกัด ค่น้ำเท่านั้น และวิธีทดสอบนี้มีช่วงความเป็นเส้นตรง (linearity) อยู่ในช่วง 0.005-0.50 µg/ml ภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความเป็นเส้นตรงของ tolfenpyrad ในตัวทำละลาย acetonitrile และ matrix ค่น้ำ

การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ tolfenpyrad ในค่น้ำ สามารถพิสูจน์ความแม่นยำ (accuracy) ประเมินค่าจาก %recovery โดยการเติมสารมาตรฐาน tolfenpyrad ในค่น้ำ ให้มีความเข้มข้นในตัวอย่าง เท่ากับ 0.01, 0.10, 1.0 และ 10 mg/kg ทำการทดลองความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ สกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS (EN 15662, 2008) พบว่า วิธีการสกัดดังกล่าว ให้ %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 92-103% ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ (70-120%) สำหรับการพิสูจน์ความเที่ยง (precision) ซึ่งประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) พบว่า อยู่ในช่วง 2-7% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ คือ  $\leq 20\%$  แสดงดังตารางที่ 7 ดังนั้นวิธีการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำมาสกัดตัวอย่างค่น้ำจากแปลงทดลองได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์ โดยมี LOD เท่ากับ 0.005 และ LOQ เท่ากับ 0.01 mg/kg

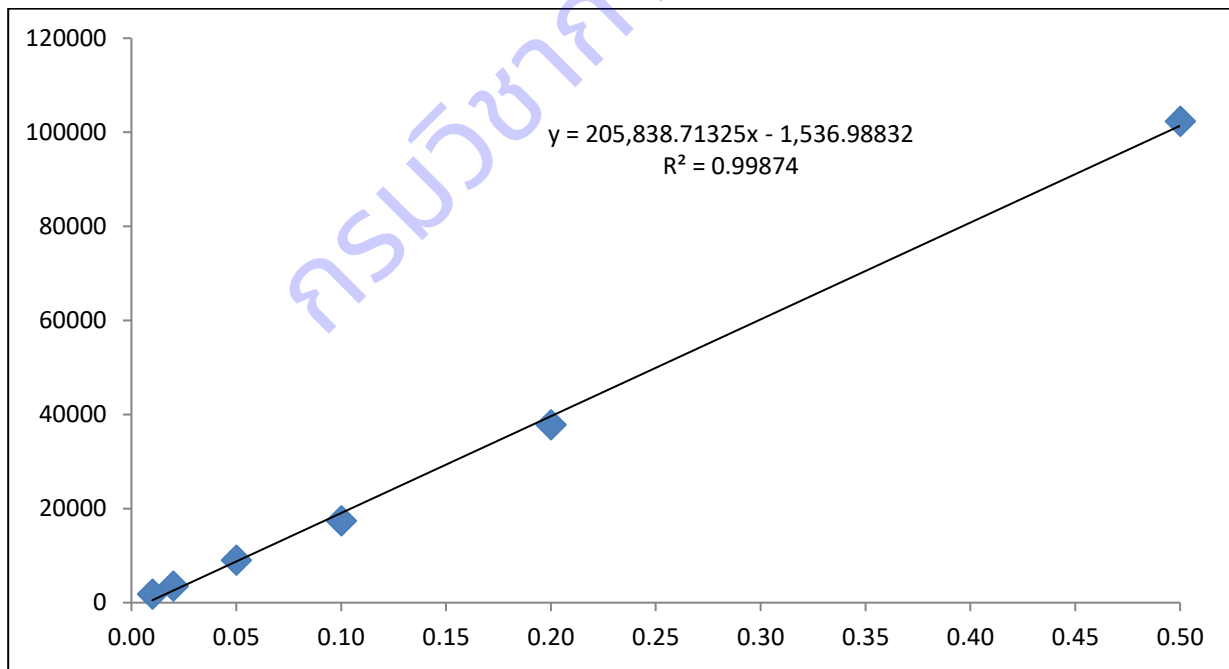
ตารางที่ 7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในคะน้า

ระดับความเข้มข้น (mg/kg)	%recovery	ค่าเฉลี่ย %recovery	%RSD
0.01	96, 92, 92, 90, 88, 88, 97, 101	93	5
0.1	101, 97, 97, 96, 98, 95, 95	97	2
1.0	111, 103, 104, 101, 101, 98, 100	103	4
10.0	91, 83, 98, 97, 99, 86, 91	92	7

LOD = 0.005 mg/kg, LOQ = 0.01 mg/kg

### 3.1.6 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง fipronil ในมะเขือเทศ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ fipronil ด้วยเทคนิค LC-MS/MS โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน fipronil ในตัวทำละลาย ที่ความเข้มข้น 0.005-1.5 µg/mL จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานกับสัญญาณที่ตรวจวัดได้ พบว่าช่วงความเข้มข้นที่ตอบสนองเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวิเคราะห์อยู่ในช่วง 0.01-0.50 µg/mL โดยให้ค่า R<sup>2</sup> มากกว่า 0.990 ดังภาพที่ 6 ดังนั้น จึงเลือกช่วงความเข้มข้นดังกล่าวในการเตรียม calibration curve สำหรับวิธีวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 6 ความเป็นเส้นตรงของ fipronil ในตัวทำละลาย acetonitrile

การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ fipronil ในมะเขือเทศ สามารถพิสูจน์ความแม่นยำ (accuracy) ประเมินค่าจาก %recovery โดยการเติมสารมาตรฐาน fipronil ในมะเขือเทศ ให้มีความเข้มข้นในตัวอย่าง เท่ากับ 0.01, 0.10 และ 0.50 mg/kg ทำการทดลองความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ สกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS (EN 15662, 2008) พบว่า วิธีการสกัดดังกล่าว ให้ %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 95-106% ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ (70-120%) สำหรับการพิสูจน์ความเที่ยง (precision) ซึ่งประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) พบว่า อยู่ในช่วง 2-7% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ คือ  $\leq 20\%$  แสดงดังตารางที่ 8 ดังนั้นวิธีการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำมาสกัดตัวอย่างค่น้ำจากแปลงทดลองได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ มีประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์ โดยมี LOD เท่ากับ 0.005 และ LOQ เท่ากับ 0.01 mg/kg

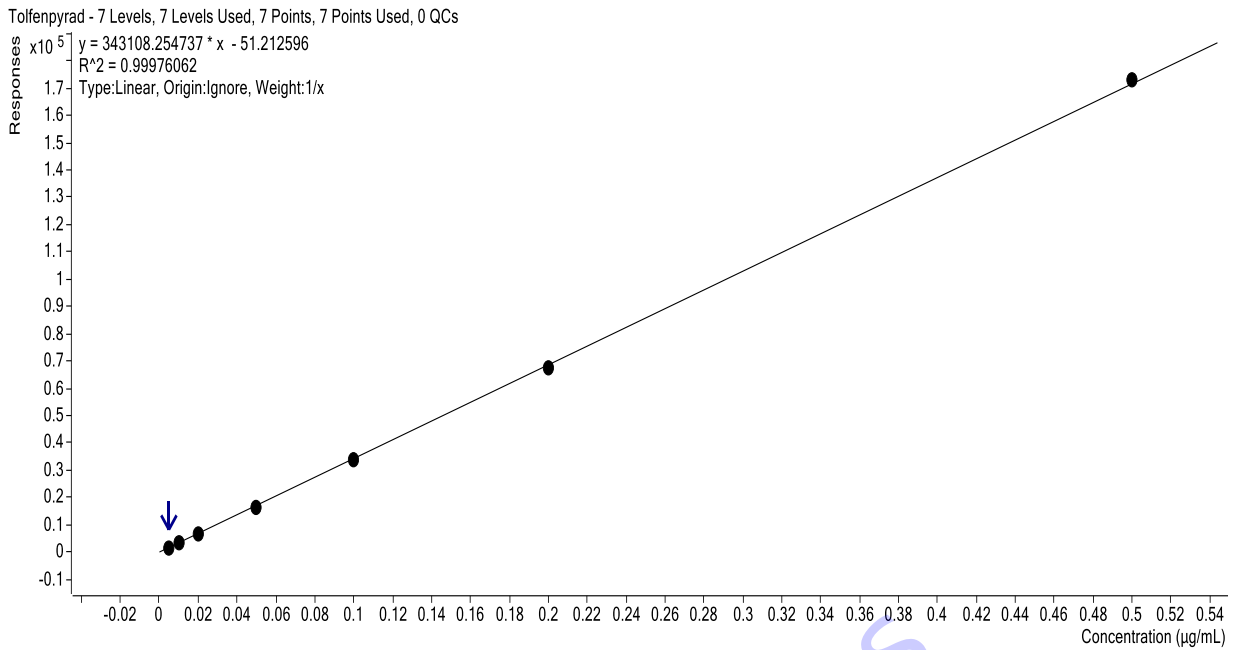
**ตารางที่ 8** ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง fipronil ในมะเขือเทศ

Spiked level (mg/kg)	%Recovery (n=7)	Average (%)	SD	%RSD
0.01	108, 101, 101, 111, 95, 106, 117	106	7.30	7
0.10	102, 100, 102, 99, 96, 98, 103	100	2.52	3
0.50	94, 97, 96, 93, 93, 97, 93	95	1.89	2

LOD = 0.005 mg/kg, LOQ = 0.01 mg/kg

### 3.1.7 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในมะเขือเทศ

การตรวจสอบช่วงการใช้งานของเครื่องมือ (Range) และหาสภาวะการทำงานของเครื่อง LC-MS/MS ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน tolfenpyrad โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐาน tolfenpyrad ในตัวทำละลาย acetonitrile ที่ความเข้มข้นต่างๆ ตั้งแต่ 0.001-0.50  $\mu\text{g/mL}$  ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS/MS จากผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น สามารถนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานในแกน x กับสัญญาณจากเครื่องมือ (responses) ในแกน y ซึ่งคำนวณจากพื้นที่ใต้พีค (peak area) ของสาร พบว่า ช่วงความเข้มข้นที่ตอบสนองเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวิเคราะห์อยู่ในช่วง 0.005-0.50  $\mu\text{g/mL}$  โดยค่า coefficient of determination ( $R^2$ ) ไม่น้อยกว่า 0.990 ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความเป็นเส้นตรงของ tolfenpyrad ในตัวทำละลาย acetonitrile

การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ fipronil ในมะเขือเทศ สามารถพิสูจน์ความแม่นยำ (accuracy) ประเมินค่าจาก %recovery โดยการเติมสารมาตรฐาน tolfenpyrad ในมะเขือเทศ ให้มีความเข้มข้นในตัวอย่าง เท่ากับ 0.01, 0.10 และ 0.50 mg/kg ทำการทดลองความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ แล้วสกัดสารพิษตกค้างในตัวอย่างมะเขือเทศที่เติมสารมาตรฐานลงไปโดยวิธีวิเคราะห์ QuEChERS Method จากผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างของ tolfenpyrad ในมะเขือเทศ พบว่า %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 82-83% ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ 70-120% สำหรับการพิสูจน์ความเที่ยง (precision) ซึ่งประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) พบว่า %RSD อยู่ในช่วง 4-15% ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การการยอมรับที่  $\leq 20\%$  โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection; LOD) เท่ากับ 0.005 mg/kg และความเข้มข้นต่ำสุดของสารวิเคราะห์ที่สามารถตรวจหาปริมาณได้ โดยมีความถูกต้องและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ (Limit of Quantitation; LOQ) เท่ากับ 0.01 mg/kg แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในมะเขือเทศ

Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)	Average (%)	SD	%RSD
0.01	83, 78, 83, 77, 80, 85, 87	82	3.67	4
0.10	110, 83, 76, 75, 82, 80, 73	83	12.59	15
0.50	86, 85, 82, 80, 87, 80, 79	83	3.25	4

LOD = 0.005 mg/kg, LOQ = 0.01 mg/kg

จากการศึกษาภายใต้โครงการวิจัยการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดและระยะเวลาเก็บผลผลิตที่ปลอดภัยหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย เพื่อลดความเสี่ยงของสารพิษตกค้างในผลิตผลทางเกษตร พบว่า ในปี 2565 ได้วิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ในตัวอย่างมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ ที่มีความน่าเชื่อถือ มีกระบวนการสกัดและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของวิธี จำนวน 11 วิธี และสามารถนำวิธีที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างจากแปลงทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ยังได้ข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างจากแปลงทดลองมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ โดยในปี 2565 ได้ข้อมูลการสลายของสารพิษตกค้าง จากการทดลองในแปลงที่ 1 และแปลงทดลองที่ 2 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** ข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างในตัวอย่างมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ จากแปลงทดลอง

พืช	สารพิษตกค้าง	ปริมาณสารพิษตกค้าง(mg/kg)	
		แปลงที่1	แปลงที่2
มะม่วง	acetamiprid	0.03-0.56	0.04-0.88
	procymidone	0.48-4.24	1.03-6.57
	myclobutanil	0.01-0.08	0.02-0.12
	pyridaben	0.03-0.15	0.02-0.35
พริก	etofenprox	0.68-1.90	0.65-1.47
	lufenuron	0.41-1.86	0.45-0.92
คะน้า	iprodione	2.35-18.08	1.87-13.64
	spinetoram	0.12-15.00	0.15-8.90
	tolfenpyrad	2.02-11.75	1.81-7.81
มะเขือเทศ	fipronil	0.02-0.19	0.01-0.05
	tolfenpyrad	0.08-0.26	0.01-0.05

### 3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำ รับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต	เชิงคุณภาพ
1.เทคโนโลยี/ กระบวนการ ใหม่ ระดับ ห้องปฏิบัติการ	10	กระบวนการ ใหม่	1. ได้วิธีการตรวจ วิเคราะห์สารพิษตกค้างที่ มีความน่าเชื่อถือ มี กระบวนการสกัดและ ตรวจสอบความใช้ได้ของ วิธีวิเคราะห์ (Method Validation) เพื่อความ ถูกต้องและแม่นยำของวิธี สามารถนำวิธีที่ได้ไป ตรวจวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณสารตกค้าง จากแปลงทดลอง	11	กระบวนการ ใหม่	1. กระบวนการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี วิเคราะห์สารพิษตกค้างพร้อมสารอนุพันธ์ของ - acetamiprid ในมะม่วง - procymidone ในมะม่วง - myclobutanil ในมะม่วง - pyridaben ในมะม่วง - etofenprox ในพริก - lufenuron ในพริก - iprodione ในคะน้า - spinetoram ในคะน้า - tolfenpyrad ในคะน้า - fipronil ในมะเขือเทศ - tolfenpyrad ในมะเขือเทศ **รายละเอียดและหลักฐานในภาคผนวก ข้อ1	1. ได้วิธีการตรวจ วิเคราะห์สารพิษ ตกค้างใน ตัวอย่าง มะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศที่มี ความถูกต้องและ แม่นยำ
2.เทคโนโลยี/ กระบวนการ ใหม่ ระดับ ห้องปฏิบัติการ	22	กระบวนการ ใหม่	2. ได้ข้อมูลการสลายตัว ของสารพิษตกค้าง จาก แปลงทดลองที่ 1 และ 2	22	กระบวนการ ใหม่	2. ข้อมูลสารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทาง การเกษตร - acetamiprid ในมะม่วง แปลงที่ 1 และ 2 - procymidone ในมะม่วง แปลงที่ 1 และ 2 - myclobutanil ในมะม่วง แปลงที่ 1 และ 2 - pyridaben ในมะม่วง แปลงที่ 1 และ 2 - etofenprox ในพริก แปลงที่ 1 และ 2 - lufenuron ในพริก แปลงที่ 1 และ 2 - iprodione ในคะน้า แปลงที่ 1 และ 2 - spinetoram ในคะน้า แปลงที่ 1 และ 2 - tolfenpyrad ในคะน้า แปลงที่ 1 และ 2 - fipronil ในมะเขือเทศ แปลงที่ 1 และ 2 - tolfenpyrad ในมะเขือเทศ แปลงที่ 1 และ 2 **รายละเอียดและหลักฐานในภาคผนวก ข้อ 2	2. ได้ข้อมูลการ สลายตัวของสารพิษ ตกค้างในตัวอย่าง มะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ จาก แปลงทดลองแปลงที่ 1 และ แปลงที่ 2

### 3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
นำวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) ได้แก่ การ ตรวจวิเคราะห์ acetamiprid, procymidone, myclobutanil และ pyridaben ในมะม่วง etofenprox และ lufenuron ในพริก iprodione, spinetoram และ tolfenpyrad ในคะน้า fipronil และ tolfenpyrad ในมะเขือเทศ มาใช้ในการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างจากแปลงทดลองในปี 2565 (แปลงทดลองที่ 1 และ 2) ได้อย่างมี ประสิทธิภาพ	2565

### 3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
ด้านเศรษฐกิจ : ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง acetamiprid, procymidone, myclobutanil และ pyridaben ในมะม่วง etofenprox และ lufenuron ในพริก iprodione, spinetoram และ tolfenpyrad ในคะน้า fipronil และ tolfenpyrad ในมะเขือเทศ มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล	2565
ด้านสังคม :-	-
ด้านสิ่งแวดล้อม :	

### 3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

#### วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้วิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่มีความน่าเชื่อถือ มีกระบวนการสกัดและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของวิธี และสามารถนำวิธีที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างจากแปลงทดลอง ในปี 2566 และปี 2567 ต่อไป และเมื่อสิ้นสุดแผนงานวิจัยในระยะเวลา 3 ปี (ปี 2565-2567) นำข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างสารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรจากแปลงทดลอง มะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ เสนอ มกอช. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณา กำหนดค่ามาตรฐาน MRLs

**ด้านวิชาการ** โดยใคร สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.)

อย่างไร เมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัย ในระยะเวลา 3 ปี (ปี 2565-2567) สามารถรวบรวมข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างและนำข้อมูลจากทั้งหมด 11 การทดลอง การทดลองละ 6 แปลง (ปีละ 2 แปลงทดลอง) ไปใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณากำหนดค่า MRLs เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการส่งออก มะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศไปยังประเทศคู่ค้า

#### \* คำจำกัดความการนำไปใช้ประโยชน์ในแต่ละด้าน

- 1. ด้านนโยบายและสาธารณะ** การนำความรู้จากงานวิจัยไปใช้ในกระบวนการกำหนดนโยบาย อาจเป็นนโยบายระดับประเทศ ระดับภูมิภาค ระดับจังหวัด ระดับท้องถิ่นการใช้ประโยชน์ด้านนโยบายจะรวมทั้งการนำองค์ความรู้ไปสังเคราะห์เป็นนโยบายหรือทางเลือกเชิงนโยบาย (Policy options) แล้วนำนโยบายนั้นไปสู่ผู้ใช้ประโยชน์ในวงกว้างเพื่อประโยชน์ของสังคม และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชน สร้างสังคมคุณภาพ และส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- 2. ด้านพาณิชย์/เศรษฐกิจ** เป็นผลงานวิจัยที่เน้นสร้างนวัตกรรม เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการพัฒนาจากสิ่งที่มีอยู่เดิม โดยเป็นการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเชิงพาณิชย์หรือลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ หรือนำไปสู่การพัฒนาในรูปแบบธุรกิจใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและบริการ

**3. ด้านสังคมและชุมชน** การนำกระบวนการ วิธีการ องค์ความรู้ การเปลี่ยนแปลงการเสริมพลัง อันเป็นผลกระทบ ที่เกิดจากการวิจัยและพัฒนาชุมชน ท้องถิ่นพื้นที่ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์การขยายผลต่อชุมชน ท้องถิ่น หรือรวมถึงสังคมอื่น

**4. ด้านวิชาการ** เป็นผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ การนำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ระดับชาติหนังสือ ตำรา บทเรียน ไปเป็นประโยชน์ด้านวิชาการ การเรียนรู้ การเรียนการสอนในวงนักวิชาการและผู้สนใจด้านวิชาการ รวมถึงการนำผลงานวิจัยไปวิจัยต่อยอดสื่อสารณะ การเผยแพร่ความรู้จากผลงานวิจัยที่ได้ต่อสาธารณะ ผ่านทางหนังสือพิมพ์ / วารสาร / โทรทัศน์ / วิทยุ / คู่มือ / แผ่นพับ การฝึกอบรม และสื่อสังคมออนไลน์ต่าง ๆ เป็นต้น

## บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

### สรุปผลและอภิปรายผล

#### โครงการวิจัยย่อยที่ 1 วิจัยการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในมะม่วง

**สรุปผล** จากการศึกษาภายใต้โครงการวิจัยย่อย วิจัยการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในมะม่วง พบว่า ในปี 2565 ได้วิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ในตัวอย่างมะม่วง ที่มีความน่าเชื่อถือ มีกระบวนการสกัดและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของวิธี จำนวน 4 วิธี และสามารถนำวิธีที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างจากแปลงทดลองมะม่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังได้ข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างจากแปลงทดลองแปลงที่ 1 และแปลงทดลองแปลงที่ 2 รวม 4 ชุดข้อมูล (จากการทดลอง 4 การทดลอง)

**อภิปรายผล** ข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างจากแปลงทดลองมะม่วงอาจจะยังได้ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ยังขาดในส่วนของการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้เนื่องจากงบประมาณ ในปี 2565 ที่โดนตัดออกไปในงวดที่ 3 ทำให้ยังขาดงบประมาณที่จะไปดำเนินการต่อในส่วนนี้

#### โครงการวิจัยย่อยที่ 2 วิจัยการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในพริก คื่นหว่า และมะเขือเทศ

**สรุปผล** จากการศึกษาภายใต้โครงการวิจัยย่อย วิจัยการสลายตัวของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในพริก คื่นหว่า และมะเขือเทศ พบว่า ในปี 2565 ได้วิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ในตัวอย่างพริก คื่นหว่า และมะเขือเทศ ที่มีความน่าเชื่อถือ มีกระบวนการสกัดและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของวิธี จำนวน 7 วิธี และสามารถนำวิธีที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างจากแปลงทดลองพริก คื่นหว่า และมะเขือเทศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังได้ข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างจากแปลงทดลองแปลงที่ 1 และแปลงทดลองแปลงที่ 2 รวม 7 ชุดข้อมูล (จากการทดลอง 7 การทดลอง)



**อภิปรายผล** ข้อมูลการสลายตัวของสารพิษตกค้างจากแปลงทดลองมะม่วงอาจจะยังได้ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน สมบูรณ์ ยังขาดในส่วนของการรวบรวมข้อมูลเพื่อการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้เนื่องจากงบประมาณ ในปี 2565 ที่โดนตัดออกไปในงวดที่ 3 ทำให้ยังขาดงบประมาณที่จะไปดำเนินการต่อในส่วนนี้

#### **ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป**

ไม่มี

#### **ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน**

1. ยานพาหนะเก่า ไม่พร้อมในการเดินทางไปปฏิบัติงานในแปลงทดลองและไม่มีงบประมาณในการซ่อมแซม นักวิจัยมีความเสี่ยงในการเดินทาง และดำเนินได้ล่าช้า ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย
2. เครื่องมือการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างเกิดการชำรุดเสียหาย ไม่พร้อมใช้งาน ทำให้เกิดความล่าช้าในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง
3. เงินงบประมาณล่าช้า โดยเฉพาะงวดที่ 2 ที่ใช้สำหรับการดำเนินงานไตรมาส 3 ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องดำเนินงานในแปลงที่ 2 แต่เนื่องจากผักและผลไม้ ในแปลงทดลองมีการเจริญเติบโตตามฤดูกาลและพร้อมที่จะดำเนินงานวิจัยจึงจำเป็นต้องออกไปดำเนินงานให้ทันเวลาเพื่อให้งานสำเร็จ ทำให้นักวิจัยจำเป็นต้องใช้จ่ายเงินส่วนตัวในการออกไปปฏิบัติงาน
4. เงินงบประมาณในงวดที่ 3 ที่โดนตัดออก ยังขาดงบประมาณที่จะดำเนินการส่วนของการรวบรวมข้อมูลเพื่อการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ทำให้ได้งานวิจัยที่ไม่ครบถ้วน สมบูรณ์

## เอกสารอ้างอิง

- EN 15662. 2008. Foods of plant origin- Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partition and clean-up by dispersive SPE-QuEChERS-method.
- Eurachem. 2014. The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics.
- NATA. 2018. General Accreditation Guidance-Validation and verification of quantitative and qualitative test method.
- SANTE. 2017. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. European Commission, Directorate General for Health and Food Safety. Safety of the Food Chain Pesticides and Biocides.
- SANTE. 2020. Guidance Document on Pesticide Analytical Methods for Risk Assessment and Post-approval Control and Monitoring Purposes (SANTE/2020/12830 Rev.1)Source: [https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-02/pesticides\\_mrl\\_guidelines\\_2020-12830.pdf](https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-02/pesticides_mrl_guidelines_2020-12830.pdf) (retrieved on February 11, 2022)

## ภาคผนวก

### แสดงหลักฐานเชิงประจักษ์

#### 1. กระบวนการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างพร้อมสารอนุพันธ์ 11 กระบวนการ แสดงดังตาราง

พืช	สารพิษตกค้าง	Recovery (%)	RSD (%)	Working range (mg/kg)	Linear range (µg/mL)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	เทคนิคการตรวจวิเคราะห์	วิธีสกัด
มะม่วง	acetamiprid	70-94	2-7	0.01-1.0	0.005-1.0	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
	procymidone	84-116	4-10	0.01-5.0	0.002-0.5	0.005	0.01	GC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
	Myclobutanil	86-118	2-11	0.01-1.0	0.005-0.50	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
	และอนุพันธ์	76-105	6-9	0.01-1.0	0.005-0.50	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
	pyridaben	89-113	4-7	0.01-5.0	0.005-1.0	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
พริก	etofenprox	78-99	3-10	0.01-5.0	0.005-0.50	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
	lufenuron	84-112	3-8	0.01-2.0	0.005-0.50	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
คะน้า	iprodione	80-87	3-17	0.01-20	0.008-0.50	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
	spinetoram	71-119	2-12	0.05-10	0.05-10	0.01	0.05	LC-MS/MS	Method GRM 05.03 (Dow AgroSciences Protocol No. 050051)
	tolfenpyrad	93-100	2-8	0.01-10	0.005-0.50	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
มะเขือเทศ	fipronil	95-106	2-7	0.01-0.50	0.01-0.50	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)
	tolfenpyrad	77-86	2-15	0.01-0.50	0.005-0.50	0.005	0.01	LC-MS/MS	QuEChERS (EN 15662: 2008)

## ภาคผนวก (ต่อ)

### แสดงหลักฐานเชิงประจักษ์

2. จากการทำแปลงทดลองการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ในมะม่วง พริก คะน้า และมะเขือเทศ ได้ข้อมูลการ

สลายตัวของสารพิษตกค้าง จากแปลงทดลองที่ 1 และ 2 จำนวน 22 ชุดข้อมูล

2.1 ข้อมูลสารพิษตกค้าง acetamiprid ในมะม่วง จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.03-0.56 mg/kg

2.2 ข้อมูลสารพิษตกค้าง acetamiprid ในมะม่วง จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.04-0.88 mg/kg

2.3 ข้อมูลสารพิษตกค้าง procymidone ในมะม่วง จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.48-4.24 mg/kg

2.4 ข้อมูลสารพิษตกค้าง procymidone ในมะม่วง จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 1.03-6.57 mg/kg

2.5 ข้อมูลสารพิษตกค้าง myclobutanil ในมะม่วง จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.01-0.08 mg/kg

2.6 ข้อมูลสารพิษตกค้าง myclobutanil ในมะม่วง จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.02-0.12 mg/kg

2.7 ข้อมูลสารพิษตกค้าง pyridaben ในมะม่วง จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.03-0.15 mg/kg

2.8 ข้อมูลสารพิษตกค้าง pyridaben ในมะม่วง จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.02-0.35 mg/kg

2.9 ข้อมูลสารพิษตกค้าง etofenprox ในพริก จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.68-1.90 mg/kg

2.10 ข้อมูลสารพิษตกค้าง etofenprox ในพริก จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.65-1.47 mg/kg

2.11 ข้อมูลสารพิษตกค้าง lufenuron ในพริก จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.41-1.86 mg/kg

2.12 ข้อมูลสารพิษตกค้าง lufenuron ในพริก จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.45-0.92 mg/kg

2.13 ข้อมูลสารพิษตกค้าง iprodione ในคะน้า จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 2.35-18.1 mg/kg

2.14 ข้อมูลสารพิษตกค้าง iprodione ในคะน้า จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 1.87-13.6 mg/kg

2.15 ข้อมูลสารพิษตกค้าง spinetoram ในคะน้า จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.12-15.0 mg/kg

2.16 ข้อมูลสารพิษตกค้าง spinetoram ในคะน้า จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.15-8.90 mg/kg

2.17 ข้อมูลสารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในคะน้า จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 2.02-11.8 mg/kg

2.18 ข้อมูลสารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในคะน้า จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 1.81-7.81 mg/kg

2.19 ข้อมูลสารพิษตกค้าง fipronil ในมะเขือเทศ จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.02-0.19 mg/kg

2.20 ข้อมูลสารพิษตกค้าง fipronil ในมะเขือเทศ จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.01-0.05 mg/kg

2.21 ข้อมูลสารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในมะเขือเทศ จากแปลงทดลองที่ 1 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.08-0.26 mg/kg

2.22 ข้อมูลสารพิษตกค้าง tolfenpyrad ในมะเขือเทศ จากแปลงทดลองที่ 2 พบปริมาณสารพิษตกค้าง อยู่ในช่วง 0.01-0.05 mg/kg