



## วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างอีไธออนในส้มเขียวหวาน เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (ครั้งที่ 1-2)

### Residue Trial of Ethion in Tangerine to Establish Maximum Residue Limit (MRL)(Trial 1-2)

ยงยุทธ ไม้แก้ว    น้ำเย็น ศิริพัฒน์    ประภัสสรฯ พิมพ์พันธ์ุ

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

#### บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างของอีไธออนในส้มเขียวหวาน ณ แปลงของเกษตรกร จำนวน 2 แปลง ในพื้นที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือน ธันวาคม 2552 และอำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2553 ในแต่ละแปลง แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ฉีดพ่นสารอีไธออน 50% W/V EC ตามอัตราแนะนำในส้มโอ คือ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ส่วนการทดลองที่ 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารเป็นแปลงเปรียบเทียบ แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำๆ ละ 4 ต้น ฉีดพ่นสารอีไธออนในระยะที่ผลส้มเขียวหวานมีอายุก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 1 เดือน ฉีดพ่นรวม 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน หลังจากฉีดพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างส้มเขียวหวานไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างอีไธออน ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน โดยใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโตกราฟี ผลการวิจัย ในแปลงทดลองที่ 1 จ. เชียงใหม่ พบปริมาณอีไธออนตกค้างในส้มเขียวหวานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.72, 1.44, 1.14, 0.98, 0.60, 0.13 และ 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแปลงทดลองที่ 2 จ. ชัยนาท พบปริมาณอีไธออนตกค้างในส้มเขียวหวานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.90, 1.59, 1.09, 0.27, 0.09, 0.06 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0, 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ภายหลังจากการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ตามลำดับ พบว่าต้องทิ้งระยะเพื่อเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัยนาน 14 วัน นอกจากนี้ยังได้สำรวจตัวอย่างส้มเขียวหวานจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ ทั่วประเทศ จำนวน 59 ตัวอย่าง ผลปรากฏว่า ตรวจพบสารพิษตกค้างอีไธออน จำนวน 41 ตัวอย่าง (ร้อยละ 69.5) ในปริมาณ 0.02 – 2.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Codex MRL ได้กำหนดค่าของสารพิษตกค้างอีไธออนในพืชตระกูลส้ม (Citrus fruits) ไว้เท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ของประเทศไทยกำหนดไว้ที่ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

#### คำนำ

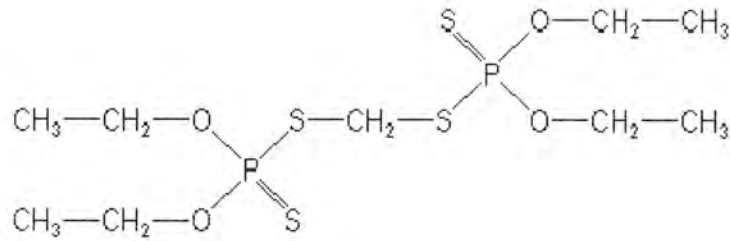
ส้มเขียวหวาน (Tangerine) อยู่ในกลุ่มส้มเปลือกอ่อน (Mandarins) จัดเป็นส้มกลุ่มที่ปลูกกันมากที่สุดในพื้นที่เอเชียซึ่งรวมทั้งประเทศไทยด้วย แหล่งที่ผลิตสำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ จีน ไต้หวัน อินเดีย ออสเตรเลีย และย่านเมดิเตอร์เรเนียน ส่วนประเทศในเอเชียที่มีปลูกค่อนข้างมาก ได้แก่ ฟิลิปปินส์และอินโดนีเซีย รวมทั้งประเทศไทย สายพันธุ์ส้มที่สำคัญของไทยได้แก่ ส้มเขียวหวาน และส้มโชกุน (กาญจน์และคณะ, 2553) ในปี พ.ศ.2549 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกส้มเปลือกอ่อนไม่น้อยกว่า 500,000 ไร่ กระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยมีแหล่งปลูกสำคัญอยู่ในเชียงใหม่ ลำปาง แพร่ เชียงราย สุโขทัย ตาก และชุมพร ได้ผลผลิต



รวมกว่า 740,000 แสตนตัน/ปี หรือเฉลี่ย 1,950 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งปี 2548 ไทยมีการส่งออกส้มคิดเป็นมูลค่ารวมกว่า 111.12 ล้านบาท ขณะเดียวกันไทยก็ยังมีการนำเข้าส้มจากต่างประเทศในปริมาณมากถึง 2,429.48 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 50.22 ล้านบาท

ส้มเขียวหวานเป็นพืชมีศัตรูรบกวนหลายชนิด ทั้งแมลงและไรศัตรูมาก กรมวิชาการเกษตร (2552) และกลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา (2553) ได้แนะนำลักษณะการเข้าทำลายและการป้องกันกำจัดไว้ได้แก่ หนอนซอนใบส้ม กัดกินใบอ่อนโดยไซซอนอยู่ระหว่างผิวใบ มักพบทำลายด้านใต้ใบมากกว่าบนใบ บริเวณที่ถูกทำลายเป็นรอยสีขาวกวน ใบมีลักษณะบิดงอลงทางด้านที่มีการถูกทำลาย ทำให้ใบเสียรูปร่าง ให้ทำการกำจัดด้วยอิมิดาโคลพริด หรือฟลูเฟนออกซูรอน เพลี้ยไฟพริก ดูดกินน้ำเลี้ยงจากยอดอ่อน ใบอ่อนและผลอ่อน ให้ทำการกำจัดด้วยอิมิดาโคลพริด หรือไพซาโลน เพลี้ยไก่แจ้ส้ม ดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนตาและยอดอ่อนของต้นส้มเขียวหวาน ขณะดูดกินน้ำเลี้ยงตัวอ่อนจะกลั่นสารสีชาวมียลักษณะคล้ายเส้นด้าย และอาจเกิดราดำขึ้นตามส่วนที่ถูกทำลาย ใบมีลักษณะเป็นคลื่น ใบร่วง ควรกำจัดเมื่อพบตัวเต็มวัยด้วยอิมิดาโคลพริด หนอนเจาะสมอฝ้าย กัดกินทำลายดอกและผลอ่อน หนอนวัยแรกจะกินช่อดอกและใบ และเมื่อโตขึ้นจะเข้าทำลายผลส้มที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ผลเน่าและร่วงในช่วงส้มออกดอกและผลอ่อน กำจัดด้วยคลอร์ฟลูอาซูรอน เพลี้ยอ่อน ดูดกินน้ำเลี้ยงตามยอดอ่อน ใต้ใบอ่อน แมลงจะขับถ่ายมูลหวาน ทำให้เกิดราดำ ให้ตัดและเก็บส่วนที่ถูกทำลายเผา และกำจัดด้วยคาร์โบซัลแฟน ไรแดงแอฟริกัน มีขนาดเล็กมาก มีสีแดง ดูดกินน้ำเลี้ยงที่ผิวใบและเปลือกผลส้ม ให้ทำการกำจัดด้วยไพพราร์ไจต์ หรือ อามีทราซ ไรสนิมส้ม ดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบและผล ทำให้ใบมีลักษณะกระด้าง สีเขียวคล้ำไม่เป็นมัน การกำจัดเมื่อพบมีการระบาด ทำการกำจัดด้วยกำมะถันหรือไพริดาเบน

อีโรอน (ethion) เป็นสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตประเภท non-systemic (EXTOXNET, 2011) พวกอะลิฟาติก ออร์กาโนโรโอฟอสเฟต (aliphatic organothiophosphate insecticide) มีทั้งซัลเฟอร์และฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบ มีชื่อทาง IUPAC ว่า O,O,O',O'-tetraethyl S,S'-methylene bis(phosphorodithioate) สูตรโครงสร้างเป็น  $C_9H_{22}O_4P_2S_4$  ดังแสดงในภาพที่ 1 (Wood, 2009) มีมวลโมเลกุล 384.48 เลขทะเบียนบ่งชี้ (CAS No.) 563-12-2 สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน โดยการยับยั้งเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (cholinesterest inhibitor) (PAN, 2009) มีความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลองประเภทหนูทางปาก ที่ระดับ  $LD_{50}$  21-191 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทางผิวหนังต่อหนูที่ระดับ 62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และต่อผิวหนังกระต่ายที่ระดับ 890 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ถ้าได้รับโดยตรงอาจก่อให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดช่องท้อง ท้องเสีย น้ำลายฟูมปาก ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อกระตุก หายใจลำบาก เกิดอาการตาพร่ามัว และแน่นหน้าอก ไปจนถึงเสียชีวิตได้ อาจมีผลบ้างในระบบสืบพันธุ์แต่ไม่เป็นที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ ไม่เป็นสารก่อกลายพันธุ์ และไม่เป็นสารก่อมะเร็ง อาการหลักคือยับยั้งระบบประสาท (EXTOXNET, 2011)



ภาพที่ 1. สูตรโครงสร้างของสารอีไธออน (Wood, 2009)

ในประเทศไทย สารอีไธออนที่จดทะเบียนไว้กับสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร โดยอัตราแนะนำสำหรับฆ่าหนอนซอนใบส้มและเปลี้ยไฟพริก ฟันอีไธออน 50% WV EC ในต้นส้มเขียวหวานตามที่ระบุในฉลาก เท่ากับ 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร และควรทิ้งระยะเก็บเกี่ยวภายหลังการพ่นสาร 21 วัน (กลุ่มกัญและสัตววิทยา, 2553) สำหรับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างอีไธออนในส้มทั้งชนิดหวานและเปรี้ยว Codex ไม่ได้กำหนดไว้ มีค่า ADI ที่ระดับ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน และค่า Acute Reference Dose อยู่ที่ระดับ 0.0005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ประเทศไทยกำหนดค่ามาตรฐานของอีไธออนไว้ที่ระดับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งแตกต่างจากค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างของกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่น ที่กำหนดไว้ที่ระดับ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างอีไธออนในส้มเขียวหวาน เพื่อการพิจารณาปรับปรุงค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างในส้มเขียวหวานของไทย และส่งข้อมูลไปพิจารณาค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างที่เหมาะสมในระดับอาเซียน และ Codex ต่อไป

## วิธีดำเนินการ

ทำแปลงทดลองส้มเขียวหวานในแปลงเกษตรกรที่ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอนองมะโมง จังหวัดชัยนาท รวม 2 แปลงทดลอง มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

### 1. วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Supervised Trial มี 2 การทดลอง

**การทดลองที่ 1** ทดลองในต้นส้มเขียวหวานที่พ่นสารอีไธออนในอัตราแนะนำ เท่ากับ 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยใช้สาร อีไธออน 50% WV EC ซึ่งมีการตรวจเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์ก่อน มีค่าเท่ากับ 50.2% WV EC

**การทดลองที่ 2** เป็นแปลงเปรียบเทียบ (Control) คือ ต้นส้มเขียวหวาน ที่ไม่มีการพ่นอีไธออน โดยพ่นเฉพาะน้ำเปล่า

แต่ละการทดลองมี 8 กรรมวิธี (Treatment) หรือระยะเวลาที่ส้มเก็บส้มเขียวหวานมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง 0 วัน (2 ชั่วโมง หลังการพ่นอีไธออนครั้งสุดท้าย) 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน หลังการพ่นสารอีไธออนครั้งสุดท้าย รวมเก็บตัวอย่าง 7 ครั้ง และทำ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีส้มเขียวหวาน 4 ต้น



## 2. การทำแปลงทดลอง

ทำแปลงทดลองส้มเขียวหวานในแปลงของเกษตรกรที่ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท รวม 2 แปลงทดลอง ในปี 2552-53 เป็นสวนส้มเขียวหวานที่มีระบบให้น้ำแบบท่อหยดและแบบสปริงเกอร์ ตามลำดับ อายุของต้นส้มเขียวหวานประมาณ 10 ปี ในแต่ละการทดลองมีต้นส้มเขียวหวานเปรียบเทียบ

## 3. วิธีการดำเนินการทดลอง

เลือกต้นส้มเขียวหวานที่มีขนาดของต้นใกล้เคียงกัน 24 ต้น และมีผลผลิตมากพอที่จะทดลองแบ่งเป็น 2 กลุ่มๆละ 12 ต้น ติดป้ายระบุว่าเป็น treatment หรือ control และซ้ำที่ 1-3 กำหนดให้เกษตรกรปฏิบัติดูแลให้น้ำ ใส่ปุ๋ย และพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอื่น ๆ ตามปกติ ยกเว้นสารฆ่าแมลงอีไธออนจะผสมและกำกับดูแลการพ่นเอง ก่อนทำการพ่นสาร ต้องทดสอบปริมาณการใช้น้ำของส้มเขียวหวานแต่ละต้นที่สามารถฉีดพ่นสารให้สม่ำเสมอและทั่วต้นส้มเขียวหวาน จากการทดสอบพบว่าใช้น้ำ 10 ลิตรต่อต้น จึงสามารถเตรียมสารละลายอีไธออนที่ใช้ฉีดพ่นในแปลงทดลองได้ จากอัตราแนะนำของสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช แนะนำให้ใช้อีไธออน 50% W/V EC เท่ากับ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร จึงตวงอีไธออน ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 40 ลิตร สำหรับการฉีดพ่นส้มเขียวหวาน 4 ต้น หรือ 1 Replication ฉีดพ่นต้นส้มเขียวหวานให้สม่ำเสมอทั่วทั้งต้นในแต่ละซ้ำ และฉีดพ่นทุก 7 วัน อย่างต่อเนื่องรวม 4 ครั้ง วัดปริมาตรสารละลายที่เหลือเพื่อคำนวณปริมาณสารที่พ่นในแปลงทดลอง จัดบันทึก อุณหภูมิ สภาพดินฟ้าอากาศ ตลอดช่วงการทดลอง

## 4. การสุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์

สุ่มตัวอย่างส้มเขียวหวานจากแปลงทดลอง ภายหลังจากพ่นอีไธออนครั้งสุดท้าย โดยทิ้งระยะเวลาไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อให้สารที่พ่นแห้ง (เป็นตัวอย่างที่ 0 วัน) จากนั้นสุ่มตัวอย่างส้มเขียวหวาน ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ รวม 8 ครั้ง โดยสุ่มผลที่เจริญเติบโตเต็มที่อย่างน้อย 5 ผลต่อต้นรวมเป็น 1 ตัวอย่าง โดยสุ่มรอบต้นและจากทุกส่วนของต้น (ด้านบนและล่าง ด้านนอกและด้านในทรงพุ่ม) บรรจุในถุงพลาสติกปิดถุงให้แน่น บันทึกรายละเอียดของตัวอย่าง แขนงถึงน้ำแข็งเพื่อรักษาสภาพของตัวอย่าง รีบนำกลับห้องปฏิบัติการ

นอกจากนี้ ยังได้สุ่มเก็บตัวอย่างส้มเขียวหวานจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ รวม 18 จังหวัด นำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง รวมตัวอย่างส้มเขียวหวานทั้งหมด 59 ตัวอย่าง

## 5. การเตรียมตัวอย่างและการสกัดตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างส้มเขียวหวานทุกผล ทั้งส่วนเนื้อและเปลือก มา 1 ใน 2 ส่วนของแต่ละผล หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปปั่นละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่องเตรียมตัวอย่าง (Lab Micronizer) คนให้เข้ากันแล้วสุ่มชั่งตัวอย่างละ  $25 \pm 0.1$  กรัม สกัดหาสารพิษตกค้างอีไธออนในแต่ละซ้ำ ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Steinwandter (1985) สกัดโดยปั่นกับ acetone 50 ml ด้วยเครื่อง homogenizer นาน 1 นาที ที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที แล้วเติม dichloromethane 40 ml และ sodium chloride 8 กรัม ปั่นอีกครั้งนาน 1 นาที เติม sodium sulfate anhydrous 20 กรัม เขย่าเบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เทส่วนใสปริมาตร 50 ml นำสารละลายที่ได้กรองผ่าน sodium sulfate anhydrous 20 กรัม นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องระเหยสารละลายที่ตั้งอุณหภูมิไว้  $40^{\circ}\text{C}$  จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรเป็น 5 ml ด้วย ethyl acetate (PR) ถ้าปริมาตร





เกินให้ลดปริมาตรด้วยการเป่าด้วยไนโตรเจน และถ่ายลงใน vial สำหรับการวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วย GC (FPD)

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Stock solution ให้มีความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้ isooctane (PR) เป็นตัวทำละลาย เตรียม Intermediate solution ที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเตรียม Working stock solution ที่มีความเข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นจึงเตรียม Working solution โดยดูด Working stock solution มา 1, 2.5 และ 5 ml ใส่ลงใน volumetric flask 10 ml แล้วเจือจางด้วย ethyl acetate (PR) จะได้สารละลายมาตรฐานอีไธออน ที่มีความเข้มข้น 0.2, 0.5 และ 1.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นำสารละลายมาตรฐานอีไธออนไปหา calibration curve ที่มีความเข้มข้น 0.2, 0.5, 1.0 และ 2.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร แล้วการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง หลังการสกัดตัวอย่างสัมพันธ์ปริมาณที่ปรับปริมาตรแน่นอนแล้ว นำไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างของอีไธออน โดยใช้เครื่อง Gas Chromatograph (GC) : Agilent 6,890 ชนิด Flame Photometric Detector (FPD) โดยมีสภาวะการใช้งานดังนี้

**Column :** DB-1701P, 0.25 $\mu$ m thickness, 30m length, 0.32mm.id.

**Temperature:** injector 250°C, detector 250°C, oven temperature program ดังนี้

: 120°C (2 min)  $\longrightarrow$  10°C/min 210°C (2 min)  $\longrightarrow$   
2°C/min 220°C (2 min)  $\longrightarrow$  10°C/min 250°C (5 min)

**Inject mode :** splitless (purge on time= 1 min) **Carrier gas :** helium, flow rate 2 ml/min

**Make up gas :** nitrogen, flow rate 58 ml/min

**Flame gas :** hydrogen, flow rate 75 ml/min; air, flow rate 100 ml/min

**Injection volume :** 1  $\mu$ l

การคำนวณปริมาณสารพิษตกค้าง โดยวัดค่า retention time ของพีค นำไปเปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกันจะมีค่า retention time เท่ากัน คำนวณความเข้มข้นของสารพิษตกค้างอีไธออน ในสารละลายตัวอย่าง ปรับปริมาตรสารตัวอย่างให้มีปริมาตรที่แน่นอน แล้วฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าเครื่อง GC พีคของอีไธออน ในสารละลายตัวอย่าง ต้องมี retention time เท่ากับสารละลายมาตรฐานหรือมีการเคลื่อนไปจากเดิมไม่เกินร้อยละ 5 ของ retention time เครื่องจะคำนวณหาพื้นที่ใต้พีคของสารละลายตัวอย่างอัตโนมัติ เมื่อเลือกฟังก์ชันเป็น ESTD (External Standard) ในส่วนของโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อรายงานผล การวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างอีไธออน ที่ตรวจพบคำนวณโดยโปรแกรมสำเร็จรูปในเครื่อง GC สามารถหาได้โดยการอ่านค่าความเข้มข้นที่ได้จาก Calibration curve โดยได้คำนวณสมการ Linear Regression และต้องมีค่า Correlation ไม่น้อยกว่า 0.99 หากความเข้มข้นของสารในตัวอย่างตามสูตร ดังต่อไปนี้

$$C_{\text{sample}} = C_{\text{calib.}} \times V_{\text{sample}} \times F / W_{\text{sample}}$$

โดยที่  $C_{\text{sample}}$  = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

$C_{\text{calib.}}$  = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง ที่ได้จากการเทียบ Calibration curve ใน GC Report (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดังนี้



$$C_{\text{calib.}} = \frac{\text{Area of sample} \times \text{Conc. of Standard}}{\text{Area of Standard}}$$

$V_{\text{sample}}$  = ปริมาตรที่ปรับครั้งสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างก่อนการฉีด (มิลลิลิตร)

$W_{\text{sample}}$  = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาสกัด (กรัม)

F = Correction Factor = 90ml/50ml

## 6. การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ แปลผลข้อมูลและเขียนกราฟการสลายตัวของสารพิษตกค้าง หาค่าสมการของกราฟการสลายตัว และได้สุ่มเก็บตัวอย่างส้มเขียวหวานจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ รวม 59 ตัวอย่าง นำผลการวิเคราะห์ทั้งหมดมาสรุปข้อมูลช่วงความเข้มข้นของสารพิษตกค้างที่ตรวจพบ และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้าง

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) ตุลาคม 2552 – กันยายน 2553

### สถานที่ดำเนินการ

ทำแปลงทดลองส้มเขียวหวานของเกษตรกร ในอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท วิเคราะห์สารพิษตกค้างอีไรโออนในส้มเขียวหวาน ณ ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง ของกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษ การเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรุงเทพฯ

## ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองเพื่อศึกษาการสลายตัวของสารอีไรโออน ในส้มเขียวหวาน โดยการทำแปลงทดลอง 2 แปลง เป็นแปลงทดลองครั้งที่ 1 และ 2 โดยปลูกในสถานที่แตกต่างกัน ที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท ตามลำดับ ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างอีไรโออน ในส้มเขียวหวานที่ระยะเวลาต่างๆ ภายหลังการพ่นสารอีไรโออนตามอัตราแนะนำ โดยมีต้นส้มเปรียบเทียบ และสุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ตามกรรมวิธี ผลปรากฏดังนี้

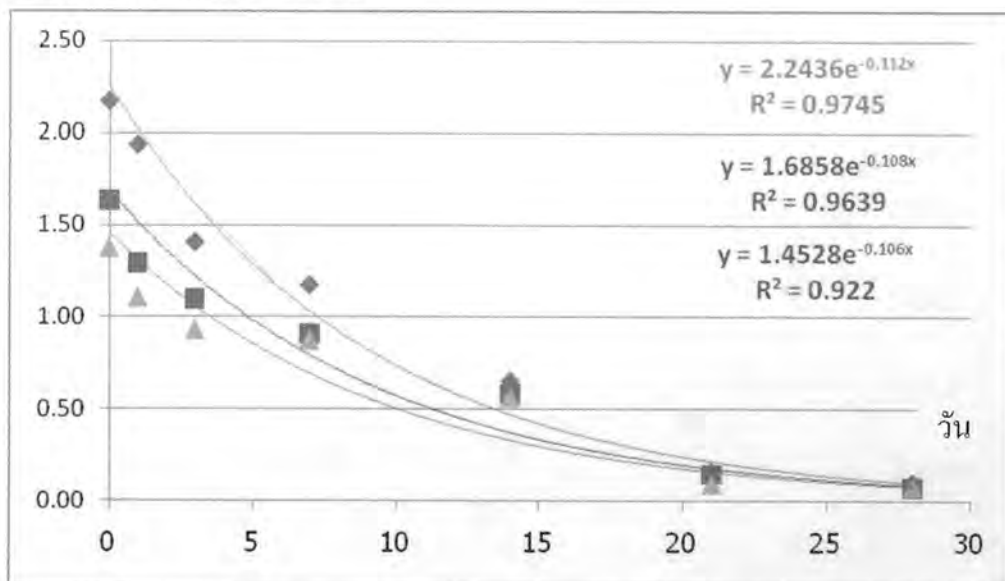
**แปลงทดลองที่ 1** อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นที่ราบสูงในหุบเขา มีแสงแดดจัด ไม่มีฝนตก อากาศค่อนข้างหนาวที่ระดับ 15 – 25 องศาเซลเซียส พ่นสารที่ทดสอบในช่วงเช้า จำนวน 3 ครั้ง สุ่มเก็บผลส้มตาม Codex Guidelines และนำกลับไปยังห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง ของกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างตามกรรมวิธี พบสารพิษตกค้างอีไรโออนในส้มเขียวหวานเฉลี่ย เท่ากับ 1.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ 0 วัน แล้วค่อยๆ ลดลงเป็น 1.44, 1.14, 0.98, 0.60, 0.13 และ 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ เมื่อนำค่าปริมาณสารพิษตกค้างอีไรโออนทั้ง 3 ชั่วโมง มาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เก็บเกี่ยว (ดังแสดงในภาพที่ 2) จะพบเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษนี้ ในลักษณะเดียวกัน โดยมีการสลายตัวและปริมาณมีแนวโน้มลดลงเมื่อทั้งระยะเก็บเกี่ยวมากขึ้น และเป็นไปดังสมการ  $Y = 2.2436e^{-0.112x}$



$Y = 1.6858e^{-0.108x}$  และ  $y = 1.4528e^{-0.106x}$  ของการทดลองซ้ำที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยมีค่า  $R^2$  มากกว่า 0.9 ทุกซ้ำ จากการทดลองพบว่า ถ้าต้องการให้สารพิษตกค้างสลายตัวเหลือประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เท่ากับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างในส้มเขียวหวานของประเทศไทย ต้องทิ้งระยะเก็บเกี่ยวไว้ 7 วัน แต่ถ้าปรับลดค่า MRL เป็น 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป จะต้องทิ้งระยะเก็บเกี่ยวไว้มากกว่า 21 วัน ซึ่งนานมากในทางปฏิบัติ ค่าที่เหมาะสมในทางปฏิบัติและยังคงปลอดภัยควรจะเป็น 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และควรทิ้งระยะเก็บเกี่ยวที่ 14 วัน

**แปลงทดลองที่ 2** อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นที่ราบยกคันดินตามแนวปลูก มีแสงแดดจัด มีฝนตกเบาๆในช่วงบ่ายถึงค่ำในบางวัน อากาศค่อนข้างร้อนที่ระดับ 28 – 35 องศาเซลเซียส พ่นสารที่ทดสอบ 3 ครั้ง หลังการพ่นสารครั้งสุดท้ายสุ่มเก็บผลส้มนำกลับไปยังห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง ของกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างตามกรรมวิธี พบสารพิษตกค้างอีไธออน ในส้มเขียวหวานเฉลี่ยเท่ากับ 1.90, 1.59, 1.09, 0.27, 0.09, 0.06 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0, 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ภายหลังจากการฉีดพ่นครั้งสุดท้าย ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในแปลงทดลองที่ 1 แม้ว่าในวันแรกจะพบสารพิษตกค้างในปริมาณต่ำกว่าค่า Codex MRL แต่สารพิษก็ยังคงสลายตัวอย่างช้าๆ

ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



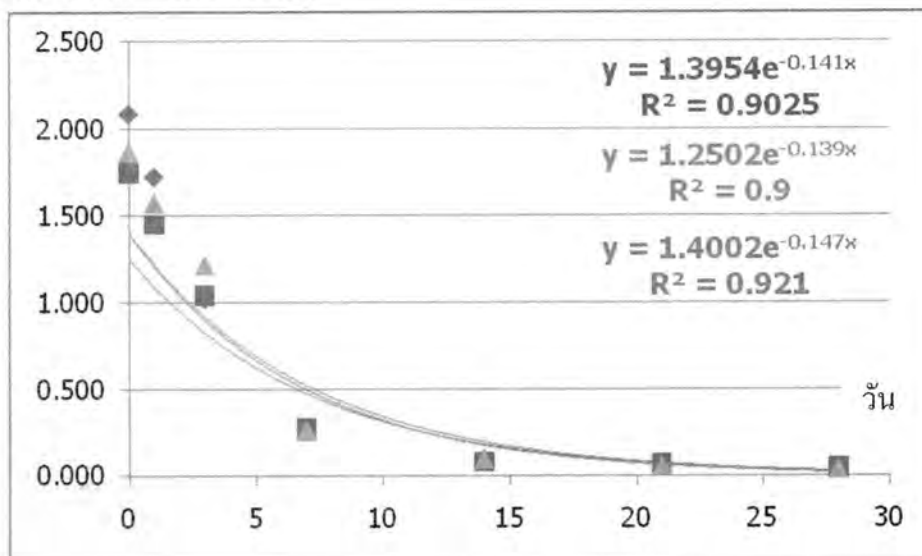
ภาพที่ 2. การสลายตัวของสารพิษตกค้างอีไธออนในส้มเขียวหวาน  
แปลงที่ 1 อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เก็บเกี่ยว (ดังแสดงในภาพที่ 3) จะพบเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษนี้ ในลักษณะเดียวกัน โดยมีการสลายตัวและปริมาณมีแนวโน้มลดลงเมื่อทิ้งระยะเก็บเกี่ยวมากขึ้น และเป็นไปดังสมการ  $Y = 1.3954e^{-0.141x}$ ,  $Y = 1.2502e^{-0.139x}$  และ  $y = 1.4002e^{-0.147x}$  ของการทดลองซ้ำที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยมีค่า  $R^2$  มากกว่า 0.9 พบว่ามีการสลายตัวค่อนข้างเร็วในช่วง 0-5 วัน ภายหลังจากการพ่นสาร หลังจากนั้นการสลายตัวเป็นไปอย่างช้าๆ แต่เร็วกว่าแปลงที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากการ

ทดลองนี้ทำในฤดูฝน ช่วงเวลาที่ทดลองมีฝนตกและอากาศค่อนข้างร้อน มีผลทำให้เกิดการสลายตัวของสารพิษตกค้างอีไธออนมากขึ้น ถ้าต้องการให้สารพิษตกค้างสลายตัวเหลือ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต้องทิ้งระยะเก็บเกี่ยวไว้เพียง 3 วัน แต่ถ้าปรับลดค่า MRL ของไทยเป็น 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะต้องทิ้งระยะเก็บเกี่ยวไว้ 14 วัน ซึ่งยังน้อยกว่าผลากที่กำหนดไว้ที่ 21 วัน

นอกจากนี้ ได้สำรวจตัวอย่างส้มเขียวหวานจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ ใน 18 จังหวัด จำนวน 59 ตัวอย่าง ผลปรากฏว่า ตรวจพบสารพิษตกค้าง 58 ตัวอย่าง (ร้อยละ 98.3) และพบว่า เกษตรกรมักใช้สารเคมีมากกว่า 1 ชนิดในการพ่นต้นส้มเขียวหวาน ในตัวอย่างเดียวพบสารพิษตกค้างสูงสุด 4 ชนิด และพบสารพิษตกค้างอีไธออน จำนวน 41 ตัวอย่าง (ร้อยละ 69.5) ในปริมาณ 0.02 – 2.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกินค่ามาตรฐานของไทย (1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 5 ตัวอย่าง ทำให้มีความเสี่ยงต่อการบริโภคได้ และเกินค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป (0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ถึง 30 ตัวอย่าง และยังตรวจพบสารอื่นๆ รวม 10 ชนิด ที่พบมากคือ cypermethrin และ chlorpyrifos ร้อยละ 76.3 และ 67.8 ตามลำดับ จึงต้องมีการเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในส้มเขียวหวาน และแนะนำเกษตรกรให้ใช้สารชนิดอื่นที่สลายตัวเร็ว หรือใช้สารอีไธออนในอัตราที่แนะนำและต้องทิ้งระยะเวลาไว้มากกว่า 14 วัน จึงเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ทั้งนี้จะได้ส่งข้อมูลเพื่อปรับปรุงผลากในการทิ้งระยะเวลาหลังพ่นสารครั้งสุดท้าย จาก 21 วัน เป็น 14 วัน และแนะนำให้ใช้สารฆ่าแมลง

ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



ภาพที่ 3. การสลายตัวของสารพิษตกค้างอีไธออนในส้มเขียวหวาน

แปลงที่ 2 อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท

เพียงชนิดเดียวและศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างชนิดอื่นประกอบ เพื่อการพิจารณาการใช้ที่ถูกต้อง ไม่จำเป็นต้องใช้สารพิษหลายชนิด และเพื่อให้ยังมีการบริโภคอย่างปลอดภัย





## สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทดลองเพื่อศึกษาการสลายตัวของสารอีไธออนในส้มเขียวหวาน จำนวน 2 แปลง ที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอนองมะโมง จังหวัดชัยนาท พบว่าแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษนี้เป็นไปในลักษณะเดียวกันทั้งสองแปลง โดยมีการสลายตัวอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และปริมาณมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวมากขึ้น ถ้าต้องการให้สารพิษตกค้างสลายตัวเหลือ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต้องทิ้งระยะเก็บเกี่ยวไว้ 14 วัน แต่ถ้าปรับลดค่า MRL ของไทยเป็น 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะทิ้งระยะเก็บเกี่ยวไว้นานถึง 21 วัน ซึ่งยากแก่การปฏิบัติของเกษตรกร และจากการสำรวจตัวอย่างส้มจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ พบสารตกค้างมากถึง 10 ชนิด บางตัวอย่างเกินค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างและพบสารพิษตกค้างมากถึง 4 ชนิดในตัวอย่างเดียว จึงควรแนะนำให้ใช้สารฆ่าแมลงเพียงชนิดเดียว และศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างชนิดอื่นประกอบ เพื่อการพิจารณาการใช้ที่ถูกต้อง ไม่จำเป็นต้องใช้สารพิษหลายชนิดเพื่อกำจัดศัตรูพืชชนิดเดียวกัน อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการวิจัยจะนำไปพิจารณาปรับลดค่ามาตรฐานสารพิษชนิดนี้ในส้มเขียวหวานสำหรับประเทศไทย (National MRL) และใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณาทบทวนค่า MRL ของสารพิษตกค้างอีไธออนในส้มเขียวหวานของกลุ่มประเทศอาเซียน (Asean MRL) และของ Codex MRL ต่อไป

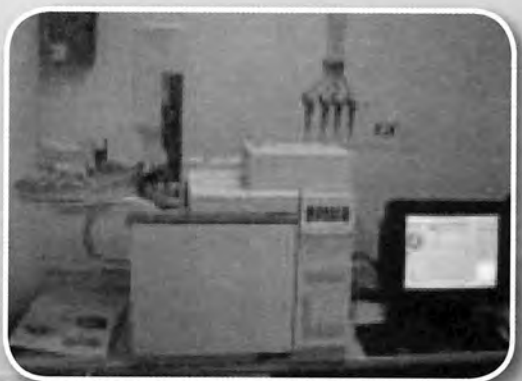
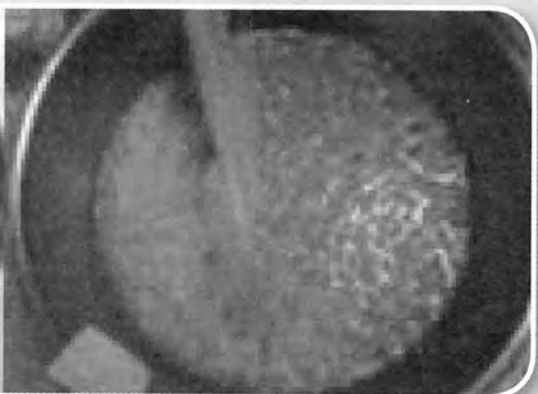
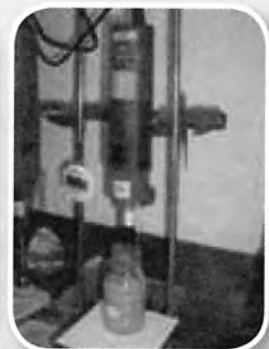
## การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างอีไธออน ในส้มเขียวหวานเพื่อนำไปกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง สามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาปรับลดค่ามาตรฐานสารพิษชนิดนี้ในส้มเขียวหวานสำหรับประเทศไทย (National MRL) และใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณาจัดตั้งค่า MRL ของกลุ่มประเทศอาเซียน (Asean MRL) และของ Codex MRL
2. เพื่อนำข้อมูลการสลายตัวไปเจรจาต่อรองกับสหภาพยุโรปที่กำหนดไว้ที่ระดับ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ให้ปรับเป็น 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพื่อประโยชน์ทางการค้าและยังคงความปลอดภัย
3. ได้ข้อมูลเพื่อแนะนำให้เกษตรกร ทิ้งระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตส้มเขียวหวาน เพื่อจำหน่ายให้ผู้บริโภคได้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยไม่เสียเปรียบทางการค้าโดยเฉพาะกับประเทศคู่แข่งที่มีการกีดกันทางการค้าที่มีใช้ภาษี และในปัจจุบันนี้ แต่ละประเทศคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยในการบริโภคอาหารมากขึ้น จึงใช้ค่า MRL เป็นสิ่งบ่งบอกถึงคุณภาพของสินค้าเกษตร และมักเผยแพร่ให้แก่ประเทศอื่นๆ ทั่วโลก ทำให้สินค้าไทยมีมาตรฐานที่สามารถปฏิบัติและจำหน่ายได้มากยิ่งขึ้น
4. ทำให้ได้ข้อมูลการสลายตัวของอีไธออน ในส้มเขียวหวานและใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตส้มเขียวหวานที่ปลอดภัย ภายหลังจากการพ่นสารอีไธออน ครั้งสุดท้ายที่ 14 วัน เมื่อปรับค่า MRL ของไทยจาก 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นที่ระดับ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจะได้เสนอต่อคณะกรรมการวัตถุอันตรายของกรมวิชาการเกษตร เพื่อการพิจารณาปรับลดราคาต่อไป



### เอกสารอ้างอิง

1. กาญจน์ จันทร์ลอย, สามารถ เศรษฐวิทยา, นางมณฑา วงศ์มณีโรจน์ และวี เสฐฐภักดี, 2553. ความหลากหลายของสายพันธุ์พืชตระกูลส้ม. ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ <http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch52/04-plant/kanchana/plant00.html> Available online 16 มีนาคม 2553.
2. กรมวิชาการเกษตร. 2552. คู่มือ GAP ส้มเปลือกอ่อน. <http://gap.doa.go.th/gap/academic.html> Available-online 11Oct2009.
3. กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูศัตรูพืช ปี 2553. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช เอกสารวิชาการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 303 หน้า.
4. EXTOWNET (The Extension Toxicology Network), 2011. Pesticide Information Profile : Ethion. <http://extownet.orst.edu/pips/ethion.htm> Available-online 15Jan2011.
5. PAN (Pesticide Action Network), 2009. Pesticide Database : Ethion. [http://www.pesticideinfo.org/Detail\\_ChemUse.jsp?Rec\\_Id=PC32869](http://www.pesticideinfo.org/Detail_ChemUse.jsp?Rec_Id=PC32869) Available-online 15 Jan 2011.
6. Wood, A. 2009. Ethion Data Sheet. <http://www.alanwood.net/pesticides/ethion.html> Available-online 11 Oct 2009



ภาพแปลงทดลองและ  
การสกัดสารพิษตกค้าง  
ethion ในส้มเขียวหวาน