



วิทยานิพนธ์

การศึกษาเปรียบเทียบและประสิทธิภาพของระบบการตรวจวิเคราะห์
สารกำจัดศัตรูพืช

THE COMPARATIVE STUDY AND EFFICIENCY TEST OF
PESTICIDE RESIDUE ANALYSIS SYSTEM

นางสาวสุจินดา อัสวสุจินดารัตน์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

ภาควิชา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบและประสิทธิภาพของระบบการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช

The Comparative Study and Efficiency Test of Pesticide Residue Analysis System

โดย

นางสาวสุจินดา อัสวสุจินดารัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)

พ.ศ. 2550

สุจินดา อัสวสุจินดารัตน์ 2550: การศึกษาเปรียบเทียบและประสิทธิภาพของระบบการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช ปริมาณมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาการเกษตรที่ปรึกษา: อาจารย์รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล, Dr.Agric.Sci. 95 หน้า

ศึกษาการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในน้ำผักและผลไม้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยวิธีการทำปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสซึ่งสกัดจากปลาไหลไฟฟ้ากับอะเซทิลไธโอโคลีน(สับสเตรท) ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของสับสเตรท คือ $1.2 \mu\text{mol}$ และเอนไซม์ คือ 0.02 unit เกิดกิจกรรมที่ดีที่สุด ภายใต้อุณหภูมิ 37°C ในเวลา 15 นาที และผลการทดสอบการยับยั้งของสารกำจัดแมลงในน้ำคั้นผักและน้ำผลไม้พบว่าน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่งและน้ำคั้นแคนตาลูปให้ผลวิเคราะห์ที่ต่ำกว่าการทดลองที่ใช้น้ำคั้นแตงกวา น้ำส้มวาเลนเซียและน้ำคั้นผัก ตามลำดับ

ศึกษาเปรียบเทียบการตรวจวิเคราะห์คลอร์ไพริฟอสตามวิธี Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC (Shimadzu GC-14B) และวิธี ELISA ชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well ของบริษัท Strategic diagnostics inc. ในตัวอย่างผักจากตลาดสด อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม และร้านค้าของสหกรณ์ ม.เกษตรศาสตร์ พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี เท่ากับ 0.99 แต่ถ้าความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสต่ำกว่าค่า LOD (0.01 ppm) จะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง GC ในขณะที่สามารถใช้ ELISA วิเคราะห์ได้

ศึกษาผลของการห่อผลมะม่วงด้วยถุงกระดาษหลังฉีดพ่นสารคลอร์ไพริฟอสบนผลตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร GAP ในแปลงปลูกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี และผลของการอบไอน้ำหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงเพื่อการส่งออกต่อการสลายตัวของสารคลอร์ไพริฟอส พบว่าการห่อผลมะม่วงทำให้สารคลอร์ไพริฟอสสลายตัวช้ากว่าการไม่ห่อผลเล็กน้อย โดยเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอสที่ 60 วัน ของมะม่วงที่ไม่ห่อผล และห่อผล คือ 100% และ 98% ตามลำดับ และผลของการอบไอน้ำในผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 47°C นาน 20 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอสเท่ากับ 62.5% - 46.75%

Sujinda Aussawasujindarat 2007: The Comparative Study and Efficiency Test of Pesticide Residue Analysis System. Master of Science (Postharvest Technology), Major Field: Postharvest Technology, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Mrs. Roongnapa Korpraditskul, Dr.Agri.Sci. 95 pages.

Study on the methodology development to analyze pesticide residue in fruit and vegetable juice without solvent extraction process was carried out. The result from reaction between acetyl choline esterase enzyme obtained from electric eel and acetyl thiocholine showed that the concentration of substrate and enzyme at 1.2 μmol and 0.02 unit, respectively, at 37 °C within 15 min gave highest activities. The results of enzyme inhibition by studied chlorpyrifos with asparagus juice and cantaloupe juice showed less efficient determination compared to cucumber juice, Valencia orange juice and mixed vegetable juice, respectively.

Comparative studied of Chlorpyrifos pesticide analysis methods following Multiresidue Analysis with the Gas Chromatograph (Shimadzu GC 14-B) and the ELISA test kit named Chlorpyrifos plate kit 96 well (for water analysis; purchased from Strategic diagnostics inc.) were carried out in the vegetable sampling from wet market in Kamphaengsaen and a co-operative market place of Kasetsart University, Kamphaengsaen campus. It was found that correlation coefficient from the two methods was 0.99. However, when the concentration of chlorpyrifos is lower than Limit of Determination (0.01 ppm), analysis results by GC was not achieved while ELISA method was capable.

Effect of wrapped mango by double-layer paper bag was studied for the residue in fruit after spraying pesticide on fruit at the rate recommended by GAP farm with the Nam Dog Mai Sri Tong variety. Effect of VHT to the pesticide residue was also carried out. The degradation rate of chlorpyrifos of wrapped and unwrapped mango at 60 days after spraying were 100 and 98%, respectively. Result of VHT of mango fruits at 47 °C 20 min showed the range of degradation at 62.5-46.8 %.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้เพราะได้รับความกรุณาจากคณะบุคคลหลายฝ่าย ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ได้แก่ ดร.รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. ชัยณรงค์ รัตนกริธากุล และ ดร.พุทธพร ส่องศรี กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลือ ชี้แนะและปรับปรุงแก้ไขด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา และผศ.ดร. อรุณศรี ลิขิจำเนียร ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ งานวิจัยสภาวะแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน ตลอดจนเอื้อเฟื้อเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ บริษัทกำแพงแสนคอมเมอร์เชียล จำกัด และกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ จังหวัดสุพรรณบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุวิจัยและเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลงมิได้โดยหากปราศจาก คุณพ่อ พี่น้อง และเพื่อนๆ ที่ช่วยเหลือ และให้กำลังใจ มาโดยตลอด

อนึ่ง ประโยชน์ที่และคุณค่าที่พึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขออุทิศแด่คุณแม่ผู้ล่วงลับ และขอมอบให้แก่ผู้มีส่วนร่วมทุกท่าน ตลอดทั้งผู้ที่ผู้วิจัยอ้างถึง ในการทำวิทยานิพนธ์นี้

สุจินดา อัสวสุจินดารัตน์

กันยายน 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	31
ผลและวิจารณ์	46
สรุปและข้อเสนอแนะ	65
สรุป	65
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก	79
ภาคผนวก ข	84
ภาคผนวก ค	92
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	96

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1	คุณสมบัติของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช คลอร์ไพริฟอส ไดเมทโซเอท และเมทโธมิล ที่อยู่ในกลุ่มสารที่เกษตรกรนิยมใช้สูงสุดในการกำจัดศัตรูพืชในแปลงปลูกผักและไม้ผล	32
2	แสดงขั้นตอนการทดลอง และวันที่เก็บตัวอย่างมะม่วงนำดอกไม้ในแปลงทดลองเพื่อการวิเคราะห์	44
3	ผลของเวลาต่อการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสกับไทโอโคลีน	47
4	ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสกับไทโอโคลีน	48
5	ผลของอุณหภูมิต่อความเข้มของสี DTNB	48
6	ค่าการดูดกลืนแสงที่แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมการยับยั้งเอนไซม์ในน้ำคั้นผักและผลไม้ต่างๆด้วยสารคลอร์ไพริฟอส ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบCRD – DMRT Duncan ‘s Multiple Range Test	51
7	ผลของความเข้มข้นของเมทานอลในน้ำกลั่นต่อค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคีนได้จากการวิเคราะห์(% recovery) โดยการทดลองในกะหล่ำปลีและผักกาดขาวในการวิเคราะห์ด้วย ELISA	53
8	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเอาคีนได้วิธีการสกัดแบบ Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) และ Yumiko Nakamura และคณะ(1994) จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC	54
9	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคีนได้ของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ความเข้มข้นต่างๆในผักและผลไม้ 9 ชนิด	56
10	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคีนได้ของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่ความเข้มข้น 1 ppmในผัก 4 ชนิด ด้วยวิธีการวิเคราะห์ของ Michelangelo และคณะ(2003)	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในผักด้วย หลักการ ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC	59
12	ผลการสำรวจการใช้สารกำจัดแมลงในมะม่วงของ GAP ของกรมวิชาการ เกษตรกระทรวงเกษตรและ สหกรณ์ และแปลงเกษตรกรมะม่วงน้ำดอกไม้ ส่งออก (กรมวิชาการเกษตร, 2547)	61
13	ปริมาณของคลอร์ไพริฟอสในรูป WG ที่ตกค้างในมะม่วง และในรูป EC ที่ ตกค้างในถั่วฝักยาว (ศิริพันธ์และบัณฑิต, 2541) ที่ 0 วัน	63
14	แสดงปริมาณของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่อบไอน้ำด้วยเครื่อง VHT ที่บริษัทส่งออก และชุดจำลอง VHT	64
15	ตารางเปรียบเทียบขั้นตอนการวิเคราะห์ สารเคมี เวลา และค่าใช้จ่ายในการ วิเคราะห์ระหว่างการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC	67
ตารางผนวกที่		
ก1	สารกำจัดศัตรูพืช และช่วงความเข้มข้นที่สามารถวิเคราะห์ได้ของชุด ELISA Test Kit บริษัท Horiba biotechnology	80
ก2	เปรียบเทียบการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงด้วยเครื่อง GC หลักการ ELISA และ หลักการการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเตอเรส	81
ก3	เปรียบเทียบชนิดและค่า MRL ประเทศญี่ปุ่นของสารเคมีกำจัดแมลงที่ เกษตรกร	82
ก4	ค่า MRL ประเทศญี่ปุ่นของสารเคมีกำจัดแมลงที่ GAP มะม่วงของกรม วิชาการเกษตรกำหนดให้ใช้	82

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างพื้นฐานของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	6
2	ปฏิกิริยาระหว่าง อะซิติล โคลีน และอะซิติล โคลีนเอสเตอเรส(AChE)	7
3	โครงสร้างโมเลกุลของคลอร์ไพริฟอส	9
4	หลักการของ Competitive Enzyme-linked immunosorbent assay(ELISA) เพื่อการหาแอนติเจน โดยใช้ enzyme-labelled antigen	13
5	หลักการของ Competitive Enzyme-linked immunosorbent assay(ELISA) เพื่อการหาแอนติเจน โดยใช้ enzyme-labelled antibody	13
6	การอบไอน้ำมะม่วงด้วยห้องอบVHT ของโรงงานส่งออก (ก) และชุดจำลอง VHT (ข)	45
7	แผนแสดงตำแหน่งผลมะม่วงในชุดจำลอง VHT และภาพด้านข้างของชุดจำลอง VHT	45
8	การเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติล โคลีนเอสเตอเรส กับไทโอโคลีน ที่อุณหภูมิ 37 °C	47
9	แสดงอัตราการลดลงของปฏิกิริยาเอนไซม์-สารตั้งต้นที่ถูกยับยั้งโดยสารคลอร์ไพริฟอส ไดมัทโรเอท และเมทโรมิล ที่ความเข้มข้นต่างๆ	50
10	เปรียบเทียบปฏิกิริยาการยับยั้งเอนไซม์ด้วยสารคลอร์ไพริฟอส ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในน้ำคั้นจากผักและผลไม้	52
11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารคลอร์ไพริฟอสที่วิเคราะห์ได้ในมะม่วงที่ใส่สารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส กับความเข้มข้นของสารคลอร์ไพริฟอสที่คำนวณได้	55
12	วิธีการปฏิบัติในการใช้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จ.สุพรรณบุรี	62
13	การเปรียบเทียบปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในมะม่วงที่ห่อผลและไม่ห่อผลในวันที่ 0, 20, 40 และ 60 วัน	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข1 บันทึกการรายงานการตรวจแปลง GAP ของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก	88
ข2 บันทึกการรายงานการตรวจแปลง GAP ของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก	89
ข3 บันทึกการรายงานการตรวจแปลง GAP ของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก	90
ค1 ลักษณะทั่วไปของแปลงมะม่วงน้ำดอกไม้ จ.สุพรรณบุรี	92
ค2 สถานที่เก็บสารเคมีทางการเกษตร	92
ค3 เอกสาร GAP มะม่วงของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	93
ค4 การห่อผลมะม่วงในแปลงปลูก	93
ค5 ถุงกระดาษ 2 ชั้น สำหรับห่อผลมะม่วง	94
ค6 ขนาดมะม่วง และสีผลในระยะการเจริญบนต้นในช่วงทดลองหีดและห่อผล	94

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ppm	=	ส่วนต่อล้านส่วน
ppb	=	ส่วนต่อพันล้านส่วน
M	=	โมลาร์
mol	=	โมล
μ mol	=	ไมโครโมล
l	=	ลิตร
ml	=	มิลลิลิตร
g	=	กรัม
ng	=	นาโนกรัม
μ g	=	ไมโครกรัม
mg	=	มิลลิกรัม
kg	=	กิโลกรัม
m	=	เมตร
nm	=	นาโนเมตร
mm	=	มิลลิเมตร
cm	=	เซนติเมตร
$^{\circ}$ C	=	องศาเซลเซียส
$^{\circ}$ Bx	=	องศาบริกซ์
MRL	=	Maximum Residue Limits
GAP	=	Good Agricultural Practice
ELISA	=	Enzyme-linked immunosorbent assay
TLC	=	Thin Layer Chromatography
GC	=	Gas Chromatography
ECD	=	Electron Capture Detector
FPD	=	Flame Photometric Detector
OD	=	Optical density
WG	=	Water dispersible granules
EC	=	Emulsifiable concentrates

การศึกษาเปรียบเทียบและประสิทธิภาพของระบบการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช

The Comparative Study and Efficiency Test of Pesticide Residue Analysis System

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ผลิตสินค้าเกษตร (Agricultural Commodities) เพื่อบริโภคทั้งภายในประเทศ และส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ซึ่งมูลค่าการส่งออกเฉพาะผักผลไม้สดในปี 2547 ปี 2548 และปี 2549 มีมูลค่า 420.74 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ 480.60 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ และ 507.70 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ตามลำดับ โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.34 เมื่อเทียบระหว่างปี 2549 กับปี 2548 และมีแนวโน้มว่าจะมีอัตราการขยายตัวของตลาดส่งออกเพิ่มขึ้นอีก (กรมส่งเสริมการส่งออก, 2550) ทั้งนี้เนื่องจากภาครัฐ และภาคเอกชนให้ความสำคัญในการควบคุมคุณภาพและมาตรฐานสินค้าจากทั้ง โดยเฉพาะการตกค้างของสารเคมีทางการเกษตรในผักและผลไม้ซึ่งทางประเทศคู่ค้าให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก (กรมวิชาการเกษตร, 2545) จึงเป็นโอกาสที่ผู้ผลิตจะสามารถควบคุมไม่ให้สารพิษตกค้างเกินกว่าที่ประเทศคู่ค้ากำหนดไว้โดยในแต่ละประเทศจะมีการกำหนดค่ายอมรับของสารพิษตกค้างในผักผลไม้ส่งออกในรูปของค่า MRL (Maximum Residue Limits)

ปัจจุบันกระแสความต้องการของผู้บริโภคทั่วโลกในด้านความปลอดภัยของผักและผลไม้มีมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรไทยหันมาใช้วิธีการผลิตที่ปลอดภัยจากสารเคมี เช่น เกษตรอินทรีย์ ผักไฮโดรโปนิคส์ และระบบการผลิต Good Agricultural Practice (GAP) เป็นต้น (รุ่งนภา, 2545) แต่แม้เกษตรกรจะใช้วิธีการผลิตที่ปลอดภัยจากสารเคมี แต่ก็ยังมีโอกาสเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในผลผลิตที่เกิดขึ้นในระดับผลิตในแปลงได้ (ธีรนุตและคณะ, 2545) ทั้งนี้เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ยังคงใช้สารเคมีทางการเกษตรกันมาก โดยในปี 2546 มีปริมาณการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชถึง 50,331 ตันของสารออกฤทธิ์ (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2548)

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรในปัจจุบันมีวิธีการต่างๆ ที่หลากหลาย และการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ในหลายระดับของความยากง่าย คือ การวิเคราะห์ในห้องดินโดยใช้ชุดตรวจสอบอย่างง่าย เพื่อเป็นการควบคุมความปลอดภัยในเบื้องต้น เช่น ชุดตรวจสอบยาฆ่าแมลง GT Test Kit ชุดตรวจสอบสารกำจัดแมลงโดยวิธี Enzyme-linked immunosorbent assay

(ELISA) และ Thin Layer Chromatography (TLC) ซึ่งข้อดีของการวิเคราะห์ในเบื้องต้นนี้คือ รวดเร็วใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 2-3 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายไม่สูง ง่ายต่อการวิเคราะห์ ส่วนการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (GC), เครื่องจีซีแมส (GC MASS), เครื่องเอช พี แอล ซี (HPLC) เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล โดยเฉพาะในด้านการส่งออกผลผลิตทางการเกษตร ประเทศคู่ค้าจะยอมรับผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากวิธีเครื่องมือชั้นสูงเท่านั้น แต่วิธีนี้มีความยุ่งยากในการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน 1-2 วัน และผู้ที่ทำการวิเคราะห์ต้องมีความรู้ความชำนาญในการวิเคราะห์ และในข้อกำหนดมาตรฐาน EUREPGAP ต้องเป็นการวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับมาตรฐาน ISO 17025 เท่านั้น

ในปัจจุบันการวิเคราะห์สารพิษตกค้างทางการเกษตรในผักผลไม้เบื้องต้นได้มีบริษัทเอกชนหลายบริษัททั้งในประเทศและต่างประเทศต่างทำการพัฒนาและผลิตเพื่อจำหน่าย ในประเทศไทยก็มีการจำหน่ายในรูปของการผลิตและจำหน่ายโดยตรง เช่น ห้างจีทีพาณิชย์ ซึ่งผลิตชุดตรวจสอบยาฆ่าแมลง GT Test Kit และในรูปตัวแทนจำหน่ายจากต่างประเทศ เช่น ชุดตรวจวิเคราะห์สารกำจัดแมลงโดยวิธี ELISA ในน้ำจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยบริษัทไทยนีโอไบโอเทค จำกัด เป็นต้น และในประเทศญี่ปุ่น เกษตรกรจะวิเคราะห์สารพิษตกค้างทางการเกษตรในผลผลิตก่อนจะนำไปจำหน่าย โดยใช้ ELISA Test Kit ของบริษัท Horiba biotechnology

มาตรฐาน ISO 17025 คือมาตรฐานที่รับรองระบบคุณภาพการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการ ซึ่งเนื้อหาของ ISO 17025 เน้นความถูกต้องความแม่นยำของผลการทดลอง ดังนั้นวิธีวิเคราะห์เพื่อขอการรับรองจะเป็นวิธีวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับ แต่ถ้าจะใช้วิธีการวิเคราะห์ที่เป็น Test kit ผู้ขอการรับรองจะต้องทำการทดลองเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีมาตรฐานของการวิเคราะห์นั้น เพื่อรับรองความถูกต้องและความแม่นยำ

สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต เป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (acetyl cholinesterase) จากกระบวนการการออกฤทธิ์ของสารกลุ่มนี้ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้เพื่อการคัดกรองเบื้องต้นได้เช่นกัน ในประเทศไทยเองก็มีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างโดยใช้หลักการการยับยั้ง บิวทิลโคลีนเอสเตอเรส (butyl cholinesterase) ในพลาสมาของมนุษย์ ด้วยชุด GT test kit (กอบทอง และคณะ, 2541) แต่ในการใช้ตัวทำละลายสกัดสารออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเอนไซม์ทำให้เกิด

ปัญหาคือ ตัวทำละลายที่เป็นสารไม่มีขั้ว (non-polar) จะส่งผลให้เอนไซม์ลดกิจกรรมในการทำงานลง (Ciucu et al., 2001) วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์สารออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมตด้วยเอนไซม์ที่สกัดจากปลาไหลไฟฟ้าและอาศัยหลักการของ Ellman's reaction (Ellman และคณะ, 1961) เป็นวิธีที่สามารถวิเคราะห์จากน้ำคั้นผักหรือผลไม้สดได้โดยไม่ต้องผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของวิธีการวิเคราะห์ ซึ่งลดปัญหาที่เกิดจากการสกัดด้วยตัวทำละลายและยังเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็ว

ปริมาณการนำเข้าประเทศของสารกำจัดแมลง (Insecticide) สูงถึง 9,790 ตันของสารออกฤทธิ์ต่อปี ซึ่งมีปริมาณเป็นอันดับ 2 รองลงมาจากสารกำจัดวัชพืช (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2548) และสารกำจัดแมลงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่จะเป็นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต (สมาคมอารักขาพืช, 2543)

สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส (O,O-diethyl O-(3,5,6-trichloro-2-pyridinyl) phosphorothioate) เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต มีอนุพันธ์ที่สำคัญ คือ 3,5,6, - trichloro-2-pyridinol(TCP) คลอร์ไพริฟอส เป็นสารที่มีความเป็นพิษปานกลางโดยมีค่า LD₅₀ (acute for rat) 95-270 mg/kg ทั้งนี้ประเทศต่างๆได้กำหนดค่าของปริมาณสารตกค้างในมะม่วง(MRL) ไว้ที่ 0.05 ppm สารคลอร์ไพริฟอสมีการนำไปใช้กำจัดแมลงในกลุ่ม ออร์ธอพเทอร่า(Orthoptera), ดิพเทอร่า(Diptera), โฮมอพเทอร่า(Homoptera), โคลิออปเทอร่า(Coleoptera), เลพิโดพเทอร่า(Lepidoptera), ไฮเมนอพเทอร่า(Hymenoptera) และ เฮมิพเทอร่า(Hemiptera) คลอร์ไพริฟอสสามารถสลายตัวได้จากปฏิกิริยาต่างๆ เช่น ไฮโดรลิซิส และ โฟโตลิซิส อัตราการสลายตัวในปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ขึ้นกับ ค่าความเป็นกรดด่าง(pH) และอุณหภูมิ โดยอัตราการสลายตัวของคลอร์ไพริฟอสจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิและค่าความเป็นกรดด่างที่สูงขึ้น (National Registration Authority, 2006)

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีปริมาณส่งออกในปี 2547 ระหว่างเดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน(ในฤดู) ถึง 4,555 ตันซึ่งมีมูลค่าการส่งออกถึง 161,800,000 บาท โดยมีประเทศญี่ปุ่นเป็นตลาดการส่งออกมะม่วงที่สำคัญของประเทศไทย โดยมีสัดส่วนในการส่งออกถึง 64.08% ของทั้งหมด (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2548) จากการที่ประเทศต่างๆ มีการกำหนดค่ามาตรฐานที่ให้สารเคมีมีปริมาณตกค้างต่ำสุดในผลผลิตได้ หรือค่า MRL ขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงค่าตามสถานการณ์ในปัจจุบัน ประเทศญี่ปุ่นก็ได้มีการกำหนดค่า MRL ของ

คลอร์ไพริฟอส ในมะม่วงโดยมีค่าเท่ากับ 0.05 ppm ประกาศเมื่อวันที่ 22 กันยายน 2547 โดยเดิมมีค่า MRL เท่ากับ 0.5 ppm (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ซึ่งส่งผลให้มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นระหว่างเดือนมกราคม – มิถุนายน 2548 ตรวจพบการตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่เกินค่ากำหนด MRL ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การส่งออกของประเทศไทย จากปัญหาการตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงน้ำดอกไม้ดังกล่าว จึงทำการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการผลิตของมะม่วงส่งออก เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัว และการปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วง

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในวิธีการวิเคราะห์สารออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมตด้วยเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสที่สกัดจากปลาไหลไฟฟ้า
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจวิเคราะห์คลอร์ไพริฟอสโดยวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC และวิธี ELISA
3. ศึกษาการปฏิบัติของเกษตรกรตามระบบ GAP มะม่วงของกรมวิชาการเกษตรที่จะมีผลต่อการตกค้างของสารพิษในมะม่วง
4. เปรียบเทียบค่าการสลายตัวของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในสภาพแปลงปลูกเพื่อการส่งออก
5. ศึกษาผลจากการอบไอน้ำมะม่วงส่งออกต่อการสลายตัวของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส

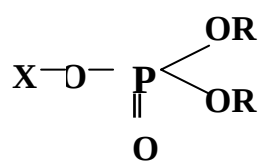
การตรวจเอกสาร

สารเคมีกำจัดแมลง

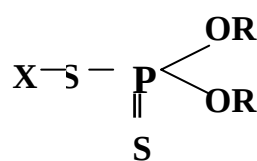
สารเคมีกำจัดแมลงในปัจจุบันแบ่งเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต และกลุ่มไพรีทรอยด์

สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

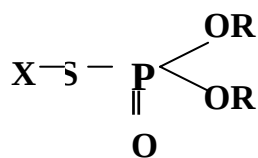
สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีสูตรโครงสร้างพื้นฐานทางเคมีเป็นกลุ่มอนุพันธ์ของ เอสเทอร์, เอมีด หรือ ไทออล ของกรดฟอสโฟริก, ฟอสโฟนิก ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1 (สมิง และบุพา, 2543) สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตสามารถยับยั้งการทำงานของอะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของสัตว์ รวมทั้งพบในอวัยวะที่ทำให้เกิดไฟฟ้าของปลา เม็ดเลือดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นต้น โดยทำหน้าที่ในการทำลาย อะซิติลโคลีน (Ach) ดังสมการในภาพที่ 2 และผลจากการยับยั้งการทำงานดังกล่าวทำให้เกิดการค้างของสาร Ach ตามตำแหน่งต่างๆของระบบประสาทอัตโนมัติและในสมอง ซึ่งส่งผลให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาท (วิภา, 2541)



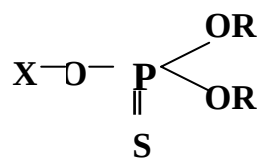
Phosphates



Phosphorothiolates



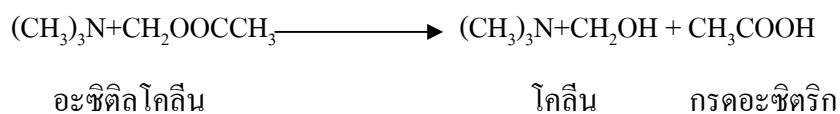
Phosphorodithiolates



Phosphorothiolates

ภาพที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส



ภาพที่ 2 ปฏิกริยาระหว่าง อะซิติลโคลีน และ อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE)

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส แบบเดียวกับอะซิติลโคลีน (ภาพที่ 2) แต่ความแตกต่างของปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และเอนไซม์กับอะซิติลโคลีน คืออัตราเร็วของปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเกิดขึ้นช้ามาก เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสจึงไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิม ทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่ทำลายอะซิติลโคลีนได้ตามปกติ และเมื่อมีอะซิติลโคลีนสะสมมากๆจะทำให้ระบบประสาทถูกกระตุ้นอยู่ตลอดเวลา แมลงจึงแสดงอาการว่องไวผิดปกติ คือ สั่น หรือชัก เป็นอัมพาตและตายในที่สุด (สุภาณี, 2537)

การแบ่งสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตสามารถแบ่งได้หลายวิธี เช่น ลักษณะการใช้ในทางปฏิบัติ ตามลักษณะทางโครงสร้างทางเคมี ระดับความเป็นพิษ โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้

การแบ่งสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยใช้ลักษณะการใช้ในทางปฏิบัติสามารถแบ่งได้ 4 กลุ่มย่อยดังนี้ (สุภาณี, 2537)

กลุ่มที่ 1 เป็นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีพิษฆ่าแมลงโดยการสัมผัส และมีความคงทนต่ำ สารในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อยและสลายตัวได้ง่าย โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสูง ตัวอย่างสารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ได้แก่ เมวินฟอส (วัตถุอันตรายห้ามใช้ทางการเกษตร) และเตตระคลอร์วินฟอส (ใช้ป้องกันกำจัดหมัดผักกาด เพลี้ยไฟข้าวโพด หนอนกระทู้ผัก หนอนเจาะต้นอ้อย เป็นต้น)

กลุ่มที่ 2 เป็นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีพิษฆ่าแมลงโดยการสัมผัสเช่นเดียวกัน แต่สามารถดูดซึมผ่านเข้าไปในพืชได้บ้างเล็กน้อยทำให้ออกฤทธิ์ฆ่าแมลงได้นานขึ้น มีความคงทน

ปานกลาง เมื่อฉีดพ่นบนพืชจะซึมผ่านเข้าไปในพืชบริเวณนั้นๆ ได้แต่ไม่มีการเคลื่อนย้ายภายในต้นพืช ตัวอย่างสารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ได้แก่ มาลาไธออน (ใช้ป้องกันกำจัดแมลงปากดูด เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยหอย และเพลี้ยแป้ง) พาราไธออน (วัตถุอันตรายห้ามใช้ทางการเกษตร) และคลอร์ไพริฟอส (ใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่น หนอนกระทู้ หนอนเจาะสมอฝ้าย ฯลฯ) เป็นต้น

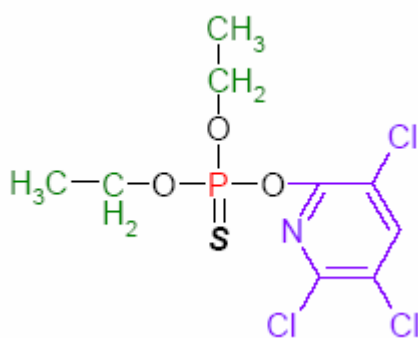
กลุ่มที่ 3 เป็นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีพิษฆ่าแมลงประเภทเคลื่อนย้ายได้ (systemic insecticide) สารในกลุ่มนี้จะละลายได้ในไขมันและละลายน้ำได้ดี สามารถซึมผ่านชั้นไขที่ผิวใบพืช และเยื่อลิพิดโปรตีนได้ และสามารถผ่านเข้าไปในไซโตพลาสซึมและโพลีเอม มีการลำเลียงเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ของต้นพืช ออกฤทธิ์เป็นพิษต่อแมลงกัดกินหรือดูดกินพืชในส่วนนั้นๆ ได้ซึ่งข้อดีของสารกลุ่มนี้คือ ไม่ถูกชะล้างจากพืชโดยน้ำหรือน้ำฝน และสามารถป้องกันการทำลายของแมลงได้ ทุกส่วนของพืชแม้ไม่ได้รับสารโดยตรงก็ตาม ตัวอย่างสารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ได้แก่ โมโนโครโทฟอส (วัตถุอันตรายห้ามใช้ทางการเกษตร) ไดเมธอเอท (ใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ แมลงวันทอง หนอนชอนใบ เป็นต้น) และโฟเรท (วัตถุอันตรายห้ามใช้ทางการเกษตร)

กลุ่มที่ 4 เป็นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีพิษทางการหายใจ เป็นสารเคมีซึ่งมีค่าความดันไอค่อนข้างสูงจึงมีการระเหยเป็นไอได้ในสภาพอุณหภูมิปกติ และไอระเหยนั้นมีพิษฆ่าแมลงได้ เป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสูงแต่เสื่อมสลายเร็วมาก ตัวอย่างสารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ได้แก่ ไดคลอร์วอส (ใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ หนอนกระทู้ หนอนเจาะลำต้น เป็นต้น)

คลอร์ไพริฟอสมีการตกค้างในข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งมีข้อสมมุติฐานว่าการตกค้างนั้นมาจากการคลุกเมล็ดข้าวโพดหรือการปฏิบัติของเกษตรกรที่ใช้คลอร์ไพริฟอสมากเกินไป ในขณะที่พบการตกค้างคลอร์ไพริฟอสในผลมะม่วง ทั้งนี้คลอร์ไพริฟอสเป็นสารประเภทไม่เคลื่อนย้าย (non systemic insecticide) จึงควรนำมาสืบหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในผลผลิตต่อไป

คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos)

ชื่อสามัญ	คลอร์ไพริฟอส
ชื่อการค้า	ไพรีเน็กซ์, เดก้า, ไวเปอร์, คลอลาซอน
ชื่อเคมี	O,O-diethyl O-(3,5,6-trichloro-2-pyridinyl) phosphorothioate
สูตรโมเลกุล	$C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$



ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของคลอร์ไพริฟอส

กลุ่มสารกำจัดแมลง	ออร์กาโนฟอสเฟต
มีอนุพันธ์ที่สำคัญ	3,5,6, -trichloro-2-pyridinol(TCP)
จุดหลอมเหลว	119-121 °C
น้ำหนักโมเลกุล	350.62 g/mol
LD ₅₀ (หนู)	95-270 mg/kg
ADI (JMPR)	0.01 mg/kg
การออกฤทธิ์	เป็นสารกำจัดแมลงชนิดถูกตัวตาย
แมลงกลุ่มเป้าหมาย	กลุ่มออร์ธอพเทอร่า (ด้กแตน จิ้งหรีด และแมลงสาบ) ดิฟเทอร่า (แมลงวัน) โฮมอพเทอร่า (เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดด เพลี้ยหอย เพลี้ยแป้ง) โคลิออพเทอร่า (ด้วง) เลพิโดพเทอร่า (ผีเสื้อ) ไฮเมโนพเทอร่า (ผึ้ง ต่อ แตน) และเฮมิพเทอร่า (มวน)
ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส	อัตราการสลายตัวขึ้นอยู่กับค่า pH และอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 25 °C pH 8 t _{1/2} = 23 วัน

ที่ pH 7.0	pH 7	$t_{1/2} = 35$ วัน
	pH 5	$t_{1/2} = 63$ วัน
	35 °C	$t_{1/2} = 12$ วัน
	25 °C	$t_{1/2} = 35$ วัน
	15 °C	$t_{1/2} = 100$ วัน

วิธีวิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร

การวิเคราะห์สารกำจัดแมลงในผลผลิตทางการเกษตรในปัจจุบันมีวิธีการวิเคราะห์หลายวิธี ซึ่งการวิเคราะห์แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน (ตารางผนวกที่ ก2) ผู้วิเคราะห์จะต้องเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับงานที่นำไปใช้

การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography: GC)

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยวิธีการใช้เครื่อง GC เป็นวิธีมาตรฐานที่ยอมรับและใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

GC เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกและวิเคราะห์สารผสมที่ระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย (Volatile compounds) เมื่อสารผสมที่ระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายถูกผ่านเข้าไปในคอลัมน์ที่มีตัวแยกเป็นเฟสที่อยู่กับที่ สารผสมดังกล่าวจะถูกแก๊สที่ใช้เป็นเฟสที่เคลื่อนที่ชะออกจากคอลัมน์ ส่วนประกอบต่างๆ ของสารผสมจะถูกแยกออกจากคอลัมน์ด้วยเวลาที่ต่างกัน อันเนื่องมาจากการกระจายของสารผสมในระหว่างเฟสทั้งสองที่แตกต่างกัน เทคนิค GC ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวางในงานต่างๆ เช่น ชีวเคมี สิ่งแวดล้อม และการเกษตร เป็นต้น (นิพนธ์และคณะ, 2536)

การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี (Thin layer chromatography: TLC)

TLC จัดเป็นรูปแบบหนึ่งของ โครมาโตกราฟีของการดูดซับระหว่างของแข็งและของเหลว (solid-liquid adsorption chromatography) ซึ่งเป็นการแยกสารโดยอาศัยการแบ่งปันสารระหว่างตัวดูดซับชนิดของแข็ง (solid adsorbent ซึ่งจัดเป็น stationary phase) กับตัวทำละลาย (developing solvent หรือ eluting solvent ซึ่งจัดเป็น mobile phase) ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านตัวดูดซับไป

ในกรณีของ TLC นี้ ตัวทำละลายจะเคลื่อนเป็นชั้นบางๆ บนแผ่นแก้ว แผ่นอะลูมิเนียม หรือแผ่นพลาสติกเรียบที่เคลือบตัวดูดซับไว้ การแยกสารเกิดขึ้นโดยที่สารแต่ละชนิดจะถูกดูดซับไว้บนผิวของตัวดูดซับได้แตกต่างกัน และกระจายในตัวทำละลายที่กำลังเคลื่อนที่ได้แตกต่างกันด้วย TLC เป็นวิธีการเบื้องต้นสำหรับวิเคราะห์เชิงคุณภาพของสารอินทรีย์ในปริมาณน้อยๆ เพื่อพิจารณาองค์ประกอบในของผสม และวินิจฉัย (identify) องค์ประกอบนั้นๆ โดยเปรียบเทียบกับสารประกอบที่รู้สูตรโครงสร้างแล้ว เช่น สารกำจัดแมลงกลุ่มต่างๆ โลหะ และสารประกอบในธรรมชาติ (Gunter และคณะ, 2000)

การวิเคราะห์โดยใช้หลักการอิมมูโนแอสเซย์ (Immunoassay)

อิมมูโนแอสเซย์ เป็นวิธีการทดสอบหาแอนติบอดี หรือหาแอนติเจนในตัวอย่างซึ่งเป็นของเหลว เช่น เซรุ่ม โดยวิธีนี้จะทำการติดฉลากแอนติเจนหรือแอนติบอดีเพื่อใช้ในการทดสอบ สารที่ใช้ในการติดฉลาก คือ สารกัมมันตภาพรังสี เอนไซม์ และสารเรืองแสง

เอนไซม์อิมมูโนแอสเซย์ (Enzyme immunoassay)

วิธีนี้เป็นการทดสอบประเภทอิมมูโนแอสเซย์ ที่ใช้เอนไซม์เป็นสารติดฉลาก โดยจะทำการติดฉลากแอนติเจน หรือแอนติบอดีก็ได้ การทดสอบนี้แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

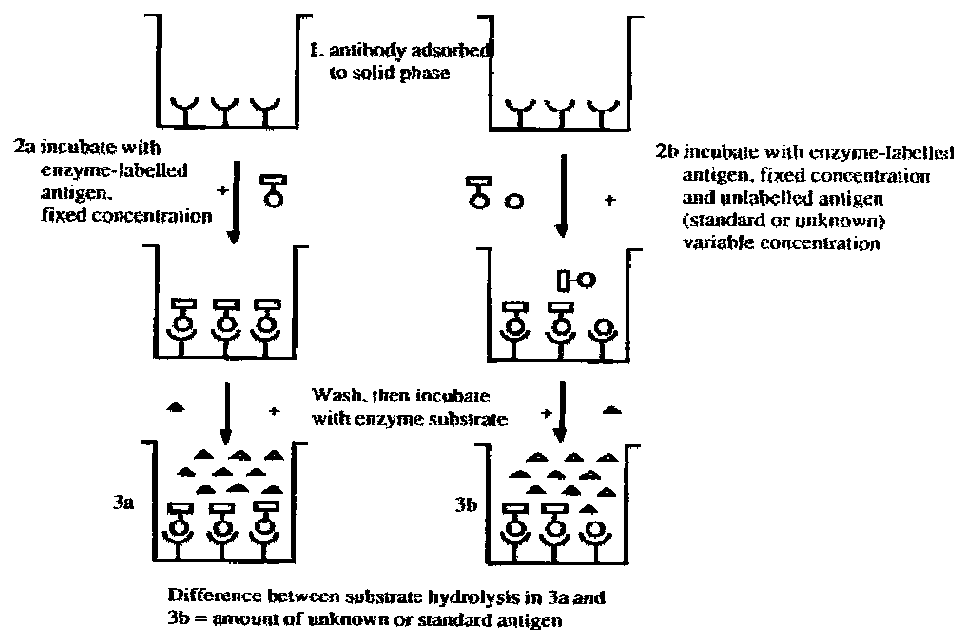
1. Homogeneous enzyme immunoassay
2. Heterogeneous enzyme immunoassay
 - 2.1. Solid phase assay หรือ Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)
 - 2.1.1. Competitive ELISA
 - 2.1.2. Non competitive ELISA
 - 2.2. Liquid phase assay

Competitive Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

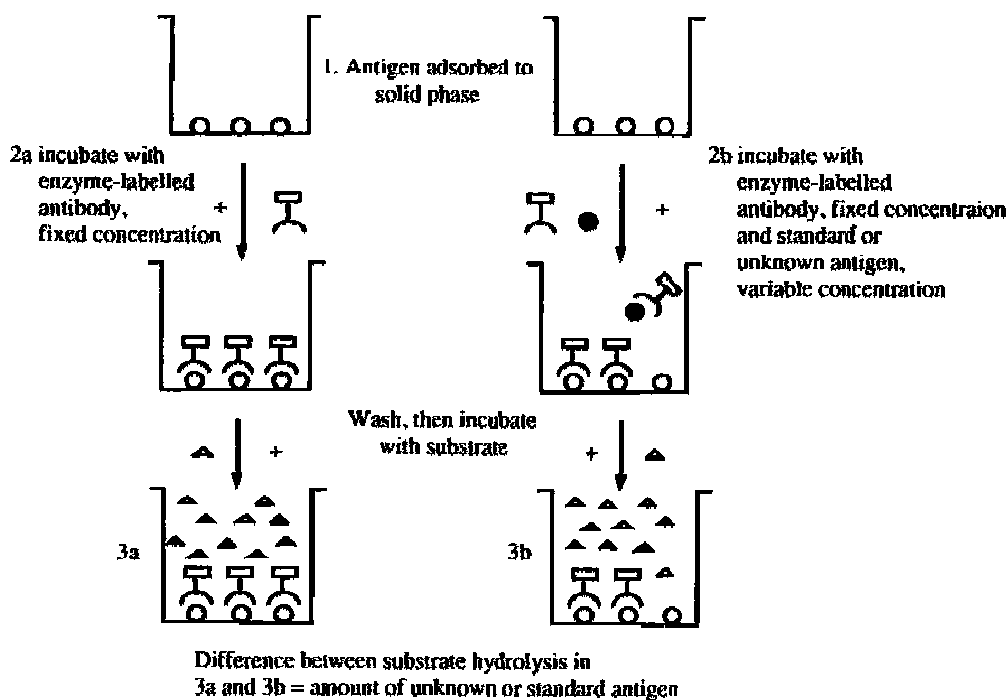
หลักการของ Competitive ELISA ในกรณีที่ให้แอนติเจนติดฉลากด้วยเอนไซม์ คือ การนำแอนติเจนที่ต้องการทดสอบแข่งกับแอนติเจนที่ติดฉลากด้วยเอนไซม์เข้าทำปฏิกิริยากับแอนติบอดีที่ติดกับพื้นผิวของวัสดุแข็ง ถ้าแอนติเจนที่ทดสอบมีมากก็จะแย่งจับกับแอนติบอดีทำให้แอนติเจน

ที่ติดฉลากจับอยู่กับแอนติบอดีบนผิวของวัสดุน้อย ในการทำ ปฏิกริยาระหว่างแอนติบอดีและแอนติเจนที่ติดฉลากนี้ไม่มีผลทำให้หน้าที่ของเอนไซม์ที่ใช้ในวิธีการทดสอบนี้เปลี่ยนแปลงไป และหลังจากล้างเอาแอนติเจนที่ติดฉลากที่ไม่ได้ทำปฏิกริยากับแอนติบอดีออกไปแล้ว เติมนสารตั้งต้น (substrate) เพื่อให้ทำปฏิกริยากับเอนไซม์ที่อยู่กับแอนติเจนที่ติดฉลาก การเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นจะเป็นสัดส่วนผกผันกับปริมาณของแอนติเจนที่ต้องการทดสอบ (ภาพที่ 4) และกรณีที่ทำให้แอนติบอดีติดฉลากด้วยเอนไซม์ หลักการของการทดสอบนี้ คือ ทำให้แอนติเจนติดกับพื้นผิวของวัสดุแข็ง และให้แอนติเจนที่ต้องการหาปริมาณกับแอนติเจนติดกับพื้นผิวของวัสดุแข็งแย่งจับแอนติบอดีติดฉลากด้วยเอนไซม์ ถ้าแอนติเจนที่ทดสอบมีมากก็จะแย่งจับกับแอนติบอดีทำให้แอนติเจนที่ติดกับพื้นผิวของวัสดุแข็งจับกับแอนติบอดีติดฉลากด้วยเอนไซม์น้อย ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นจะเป็นสัดส่วนกลับกับปริมาณของแอนติเจนที่ต้องการทดสอบเช่นกัน (ภาพที่ 5) ข้อดีของ Competitive ELISA คือสามารถหาสารที่มีปริมาณน้อยได้และใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อย แต่ข้อเสีย คือ สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์มีโอกาสสัมผัสกับเอนไซม์ที่ติดฉลาก ซึ่งอาจจะมีผลทำให้หน้าที่ของเอนไซม์เปลี่ยนแปลงได้จากสารที่อยู่ในสิ่งที่วิเคราะห์ และวิธีนี้มีความจำเพาะเจาะจงกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ (สุทธิพันธ์, 2537)

ชุด ELISA Test Kit ของบริษัท Horiba biotechnology ประเทศญี่ปุ่น ใช้สำหรับการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร โดยผลิตขึ้นเพื่อให้เกษตรกรชาวญี่ปุ่นนำมาใช้วิเคราะห์ในผลผลิตทางการเกษตรของตนเองก่อนที่จะส่งไปจำหน่ายในตลาดและซูเปอร์มาร์เก็ต เพื่อเป็นการรับรองความปลอดภัยของผลผลิต การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 2-3 ชั่วโมง ราคาไม่แพงและขั้นตอนในการวิเคราะห์ที่ไม่ยุ่งยากเกษตรกรจึงสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยตนเอง ชุด ELISA Test Kit ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีทั้งหมด 13 ชนิดตาม สารกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรใช้ในการผลิต (ตารางผนวกที่ ก1) คือ อะซิพริค อิมิดาโคลพริค ฟิโนโทรไทออน คาร์บาริล ไอซอกสไทออน อิมาซาลิล คลอร์ฟิโนฟี มาลาไทออน ไอโพรไดโอน ไอโซโพรไทโอเลน มายคลอบูทาโนล ฟลูโทลานิล และไบเทอร์ทานอล และช่วงความเข้มข้นที่สามารถวิเคราะห์ได้คือ 0.3-4, 2-100, 1.5-15, 1.5-30, 1-20, 0.2-2, 2-10, 15-250, 1.5-30, 6-100, 5-50, 1-8 และ 9-50 ppb ตามลำดับ (Ueno, 2547)



ภาพที่ 4 หลักการของ Competitive Enzyme-linked immunosorbent assay(ELISA) เพื่อการหาแอนติเจนโดยใช้ enzyme-labeled antigen



ภาพที่ 5 หลักการของ Competitive Enzyme-linked immunosorbent assay(ELISA) เพื่อการหาแอนติเจนโดยใช้ enzyme-labeled antibody

Young Ae Cho และคณะ (2002) ได้ศึกษาและพัฒนาการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสโดยอาศัยหลักการ ELISA ซึ่งเป็นวิธีที่มีความจำเพาะเจาะจงกับสาร ทำให้ไม่สามารถที่จะนำไปวิเคราะห์สารกำจัดแมลงออร์กาโนฟอสเฟตตัวอื่นได้ ยกเว้น คลอร์ไพริฟอส-เมทิล และโบมอโฟส-เอทิล เนื่องจากมีคุณสมบัติทางโครงสร้างที่คล้ายกับคลอร์ไพริฟอสมาก และช่วงความเข้มข้นที่สามารถวิเคราะห์ได้ คือ 0.1 – 160 ppb

การวิเคราะห์โดยใช้หลักการการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส

เทคนิคการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสเป็นวิธีการตรวจสอบการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต โดยอาศัยคุณสมบัติที่สารกลุ่มนี้สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส

กอบทองและคณะ (2541) ได้นำวิธีเทคนิคการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสที่สกัดจากพลาสมาของมนุษย์มาวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช 8 ชนิด กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต โดยศึกษาในผักคะน้า ถั่วฝักยาวและผักกาดขาว พบว่า ค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจพบ (limit of detection) ของสารกำจัดแมลง คาร์บาริล คาร์โบฟูเร็น ไดโครโตฟอส เฟนนิโตไทออน เมทโธมิล โมโนโครโตฟอส โปรฟิโนฟอส และไดคลอร์ฟอน คือ 0.05, 0.01, 0.05, 0.5, 0.5, 0.05, 0.005 และ 0.05 µg/g ตามลำดับ

รุ่งฤดี และคณะ(2545) พบว่าวิธีการตรวจสอบสารพิษตกค้างอย่างรวดเร็วที่พัฒนาขึ้นตามหลักการของ Ellman's reaction เพื่อตรวจหาสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (96- well microtiter plate spectrophotometer) โดยเอนไซม์ electric eel acetylcholinesterase ในผลผลิตทางการเกษตร สามารถตรวจหาสารพิษในตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ ประหยัด และมีของเสียจากการวิเคราะห์น้อย แต่มีปัญหาจากการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์สกัดตัวอย่างซึ่งตัวทำละลายจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

Pogacnik(1998) ใช้หลักการการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสจากปลาไหลไฟฟ้าไปใช้วิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในน้ำส้มและน้ำดื่มโดยตรง ซึ่ง

พบค่าต่ำสุดในการวิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 2 ชนิด คือ คลอร์ไพริฟอส และ ไดอะซินอน และสารกลุ่มคาร์บาเมต 2 ชนิด คือ คาร์บาริล และคาร์โบฟูแรน อยู่ในช่วงระหว่าง 1 ng/ml กับ 4 mg/ml โดยขึ้นอยู่กับความเป็นพิษต่อ โคลินเอสเตอเรสของสาร

Klavdija และคณะ(2003) พบว่าในการวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำแอปเปิ้ล โดยหลักการ Ellman's reaction ไอออนของโลหะ Ca^{2+} Mn^{2+} Na^{+} และ K^{+} ในน้ำแอปเปิ้ล จะไปลดกิจกรรมในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลินเอสเตอเรสจากปลาไหลไฟฟ้าถึง 20% แต่ความเข้มข้นของโลหะ Ca^{2+} Mn^{2+} Na^{+} และ K^{+} อยู่ระหว่าง 0.001 M และ 0.01 M จะไม่มีผลต่อการยับยั้งเอนไซม์อะซิติล โคลินเอสเตอเรสของสารกำจัดศัตรูพืชพาราควอต และค่าความเป็นกรดเป็นเบส(pH) ที่เหมาะสมคือ 7.4 โดยใช้ Tris buffer ในการปรับค่า pH ในน้ำแอปเปิ้ล

ผลกระทบจากการใช้สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ความเป็นพิษต่อมนุษย์

ถึงแม้ว่าสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจะสลายตัวได้เร็ว แต่จากความสามารถในการละลายในไขมันได้ดี จึงถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็วทั้งทางผิวหนังและทางการหายใจ การเกิดพิษของผู้ที่ได้รับสารจึงขึ้นอยู่กับวิถีทางการได้รับพิษ และความเป็นพิษของสาร ผู้ที่ได้รับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในปริมาณมากทันทีจะเกิดอาการเฉียบพลัน เช่น น้ำลายฟูมปาก ท้องร่วง หัวใจเต้นช้า ล้ม และอัมพาต เป็นต้น แต่สำหรับผู้ที่ได้รับปริมาณน้อยติดต่อกันเป็นเวลานานจะเกิดอาการแบบเรื้อรัง เช่น ปวดศีรษะ มึนงง มองเห็นไม่ชัด ปวดท้อง หายใจไม่เต็มอิ่ม เป็นต้น โดยเฉพาะเกษตรกรซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงที่สุดเนื่องจากเป็นผู้ผสมและใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (สมิง และยุพา, ม.ป.ป) จากการเจาะเลือดและตรวจร่างกายของกลุ่มเกษตรกร โดยกรมอนามัยระหว่างปี 2525-2541 พบว่าเกษตรกร 100 คนมี 16-26 คนที่มีสารเคมีทางการเกษตรสะสมในร่างกายถึงระดับเอนไซม์ โคลินเอสเตอเรสผิดปกติ (สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2546) และจากรายงานการเฝ้าระวังโรคกระทรวงสาธารณสุข ปี 2547 (สำนักโรคติดต่อ, 2549) พบว่า ในช่วงระยะเวลา 5 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ. 2543-2547) โรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมที่มีอัตราการป่วยสูงสุดทุกปี คือ โรคจากพิษสารกำจัดศัตรูพืช (Pesticide poisoning)

วิชชุตา(2545) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโคลินเอสเตอเรสในร่างกายกับความรู้ และพฤติกรรมการใช้สารกำจัดแมลงของเกษตรกร โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนเก็บ รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเกษตรกร 176 คน ในจังหวัดปทุมธานี พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ ระดับเสี่ยง ระดับความรู้ที่อยู่ในระดับต่ำจะมีปริมาณโคลินเอสเตอเรสในร่างกายสูง การป้องกัน อันตราย ด้านสุขวิทยา ด้านการป้องกันอันตราย ด้านการใช้ประโยชน์ ด้านการใช้อุปกรณ์ป้องกัน อันตราย ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ รายได้ รายจ่าย จำนวนสมาชิกในครัวเรือน ระยะเวลาการใช้ สารกำจัดศัตรูพืช จำนวนพื้นที่เพาะปลูก ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับปริมาณโคลินเอสเตอเรสใน ร่างกายเกษตรกร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การตกค้างในสิ่งแวดล้อม

สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตส่วนใหญ่สามารถที่จะสลายตัวได้อย่างรวดเร็วใน สิ่งแวดล้อม แต่การใช้อย่างไม่ถูกต้องและต่อเนื่องเป็นเวลานาน ย่อมทำให้เกิดการตกค้างใน สิ่งแวดล้อมได้

การตกค้างในน้ำ

จากการศึกษาของภิญญาและคณะ (2545) พบสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 20.62% จากน้ำตัวอย่าง 1,033 ตัวอย่าง มีปริมาณระหว่าง 0.01-5.74 $\mu\text{g/l}$ ปนเปื้อนในแม่น้ำสายหลัก 8 สายในประเทศไทยที่มีการทำเกษตรกรรมบริเวณแม่น้ำ คือ เจ้าพระยา ท่าจีน แม่กลอง บางประกง ป่าสัก ห้วยน้ำอูน แม่น้ำสงคราม และลุ่มน้ำปากพนัง ระหว่างปี พ.ศ. 2536-2542 ชิดาร์ตัน (2542) ได้ศึกษาการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำจากร่องสวน อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2541 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2542 ด้วยเครื่อง GC จำนวน 60 ตัวอย่าง พบสาร กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 2 ชนิดในน้ำจากสวนองุ่น 19 ตัวอย่าง คือ โมโนโครโตฟอส 1.19-13.37 $\mu\text{g/l}$ และไดเมโทเอท 0.54-11.63 $\mu\text{g/l}$

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยผลิตทางการเกษตร (2548) ทำการตรวจสอบการปนเปื้อนของ สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำบางประกงด้วยเครื่อง GC สารพิษตกค้างที่ตรวจพบมีดังนี้ กลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน พบ ดีดีทีและเมตาโบไลต์ เอนโดซัลเฟน อัลดริน และดิลดริน สารกลุ่ม ออร์กาโนฟอสฟอรัส ที่บริเวณเหนือเขื่อนตลิ่งน้ำจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ตรวจพบ

ไพริมิฟอส – เมทิล 0.02 $\mu\text{g/l}$ และไดเมทโรเอท 0.03 $\mu\text{g/l}$ ส่วนบริเวณใต้เขื่อนทดน้ำพบ ไพริมิฟอส – เมทิล 0.02 $\mu\text{g/l}$ และไดเมทโรเอท 0.02 $\mu\text{g/l}$ คลอร์ไพริฟอส 0.03 $\mu\text{g/l}$ และเมทิลพาราไทออน 0.09 $\mu\text{g/l}$ กลุ่มคาร์บาเมตที่บริเวณเหนือเขื่อนทดน้ำตรวจพบ คาร์บาริล 0.10 $\mu\text{g/l}$ ส่วนบริเวณใต้เขื่อนทดน้ำตรวจพบ ฟิโนบูคาร์บ 0.04 $\mu\text{g/l}$ ส่วนกลุ่มไพรีทรอยด์ไม่พบสารพิษตกค้าง

การตกค้างในดิน

การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อกำจัดและควบคุมศัตรูพืช โดยการฉีดพ่นไปยังพืชหรือใส่ลงไปในดินโดยตรงทำให้เกิดการตกค้างในดิน ซึ่งการฉีดพ่นกับต้นพืชโอกาสที่ตกอยู่บนพืชเพียง 50% เท่านั้นส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะอยู่ในดิน โดยเกิดการชะล้างจากต้นพืช บางส่วนที่ระเหยหรือลอยในบรรยากาศจะถูกชะล้างด้วยน้ำฝนลงสู่ดิน ซึ่งการตกค้างในดินส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินทำให้เกิดการสะสมในร่างกาย พืชบนดินซึ่งสามารถดูดซับสารพิษจากดินสู่ต้นพืชได้ และน้ำใต้ดิน เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะถูกดูดซับไว้ในดินบางส่วน ส่วนที่เหลือจะถูกชะล้างลงสู่ลำน้ำใต้ดิน (พลสุข, 2545) จากการศึกษาของสิวภรณ์และคณะ (2538) พบการตกค้างของไดเมทโรเอท และเมทิลพาราไทออน ในดินจากสวนส้มโอ ปริมาณ 0.001-0.002 mg/l

การตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร

จากการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ ในผัก 7 ชนิด ได้แก่ ถั่วแขก ถั่วลันเตา ถั่วฝักยาว แตงกวา หัวผักกาด หน่อไม้ฝรั่ง และต้นหอม จากแหล่งจำหน่ายทั่วประเทศรวม 488 ตัวอย่างของพินดาและคณะ (2545) พบสารพิษตกค้าง 208 ตัวอย่าง ปริมาณสารตกค้างเกินค่า MRL 58 ตัวอย่าง และชนิดของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตรวจพบ ได้แก่ โมโนโครโตฟอส เมทามิโดฟอส พาราไทออน-เมทิล ไดโครโตฟอส และคลอร์ไพริฟอส

กอบทอง(2541) พบว่าตัวอย่างผักและผลไม้ 703 ตัวอย่าง มีการตกค้างของสารพิษตกค้างของสารพิษถึง 43.2% และมีตัวอย่างที่มีปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่ามาตรฐาน 2.7% ซึ่งสารที่พบตกค้างในผักและผลไม้ดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

จินตนา และคณะ(2545) ได้สุ่มเก็บตัวอย่างพืชตระกูลกะหล่ำจากแหล่งจำหน่ายทั่วประเทศจำนวน 585 ตัวอย่าง ระหว่าง พ.ศ.2543-2544 ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง 3 กลุ่ม 52 ชนิด คือ

กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต และไพรีทรอยด์ ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีโดย
 ผักกวางตุ้ง 100 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 49 ตัวอย่าง ในปริมาณ 0.001- 7.036 mg/kg และพบการ
 ตกค้างของ เมตามิโดฟอส โพรพิโนฟอส คลอร์ไพริฟอส พาราไทออน-เมทิล และ ไซเพอร์เมท
 ริน เกินค่ากำหนด 7 ตัวอย่าง และกะหล่ำดอก 68 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 21 ตัวอย่าง ในปริมาณ
 0.001- 4.96 mg/kg และพบการตกค้างของ เมตามิโดฟอส และคลอร์ไพริฟอส เกินค่ากำหนด 7
 ตัวอย่าง

สมสมัยและสุวิมล (2545) ทำการตรวจสอบส้มเขียวหวานที่ผลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี
 จำนวน 32 ตัวอย่าง จากแหล่งเพาะปลูกและแหล่งจำหน่ายในจังหวัดต่างๆ พบสารพิษตกค้างใน
 ตัวอย่างประมาณ 97% มีวัตถุปนเปื้อน 8 ชนิด คือ เมตามิโดฟอส โมโนโครโทฟอส ไดเมโทเอต
 มาลาไทออน คลอร์ไพริฟอส โพรพิโนฟอส ไซเพอร์เมทริน และคาร์บาริล ตัวอย่างส่วนใหญ่พบ
 ปริมาณสารพิษตกค้างอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าปลอดภัย และสารพิษตกค้างของโมโนโครโทฟอสเกิน
 ค่าปลอดภัย 1 ตัวอย่าง ในเนื้อส้มเขียวหวาน พบสารพิษตกค้าง 27% มีวัตถุมีพิษปนเปื้อน 3 ชนิด
 ปริมาณระดับต่ำกว่าค่าปลอดภัย

ผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ

การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างไม่ถูกต้องส่งผลให้ผักและผลไม้ส่งออกของประเทศไทย
 ถูกตรวจพบสารตกค้างเกินมาตรฐาน หรือค่า MRLจากประเทศที่นำเข้า เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน สิงคโปร์
 สหภาพยุโรป เป็นต้น ทำให้ประเทศที่นำเข้าผักและผลไม้จากประเทศไทยเหล่านั้นเริ่มนำมาตรการ
 เข้มงวดมาใช้เพื่อควบคุมการนำเข้าเมื่อมีการตรวจพบสารพิษตกค้างเกินมาตรฐาน เช่น ส่งคืนต้น
 ทาง ขึ้นบัญชีสินค้าไว้เพื่อตรวจสอบเคร่งครัด และห้ามนำเข้า เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อ
 ส่งออกของประเทศไทย (ศักดิ์, 2548) และนอกจากประเทศไทยต้องประสบปัญหาการกีดกันทาง
 การค้าแล้ว ประเทศไทยยังต้องสูญเสียเงินตราในการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมาใช้เป็น
 จำนวนมาก ในปี 2546 มีมูลค่าการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชถึง 11,341 ล้านบาท เพิ่มขึ้น
 จากปี 2545 ถึง 19.62% (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2546)

การลดสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร

ยุทธชัย และคณะ(2543)ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการล้างผัก 7 ชนิด ได้แก่ ผักกาดขาว แตงกวา ผักคะน้า กะหล่ำปลี ถั่วงอกยาว มะเขือเทศ และผักกวางตุ้ง ที่ได้ทำการซบสารกำจัดแมลง มาลาไทออนระดับความเข้มข้น 3 เท่าของอัตราการใช้แนะนำข้างขวด ล้างในน้ำไอโซน ซึ่งสามารถลดปริมาณสารพิษได้ 60-70% ล้างในน้ำเปล่า ใช้ต่างหัตถ์ ขี้เถ้า น้ำส้มสายชู และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สามารถลดปริมาณสารพิษได้ 10-60% ซึ่งการลดสารพิษตกค้างจะต้องพิจารณาจากชนิดของสารพิษและชนิดของผักเป็นเกณฑ์

GAP (Good Agricultural Practice)

GAP ย่อมาจาก คำว่า Good Agricultural Practice คือ ระบบการจัดการคุณภาพด้านการผลิตทางการเกษตร ซึ่งใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตให้ได้ผลผลิตที่มีความปลอดภัยปราศจากการปนเปื้อนจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จุลินทรีย์ก่อโรค โดยดำเนินการผลิตอย่างเป็นระบบ มีการจัดการที่ดี ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงสุขภาพของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม กรมวิชาการเกษตรได้ให้ความหมายของ GAP ว่า เกษตรที่ดีที่เหมาะสม (กลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก, 2548) มาตรฐาน GAP ของประเทศไทยในปัจจุบันมีหลายมาตรฐาน เช่น EUREPGAP (เป็นมาตรฐานของกลุ่มผู้ค้าปลีกในสหภาพยุโรป) ระบบ GAP ของกรมวิชาการเกษตร หรือ ThaiGAP ของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก (ประเทศไทย) เป็นต้น

มาตรฐาน GAP ระดับประเทศไทย อยู่ภายใต้การควบคุมของ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยมาตรฐาน GAP ของกรมวิชาการ ประกอบด้วย แบบฟอร์มการบันทึก สารเคมีที่อนุญาตให้ใช้ และมาตรฐานวิธีการปฏิบัติ เช่น มาตรฐานวิธีการปฏิบัติสำหรับการผลิตลำไย ถั่วลิสง ทุเรียน สับปะรดโรงงาน ข้าว มะม่วง มังคุด ลิ้นจี่ ส้มเปลือกอ่อน เงาะ และส้มโอ ในส่วนของสินค้าปศุสัตว์ ได้แก่ มาตรฐานฟาร์มเลี้ยงไก่ มาตรฐานฟาร์มสุกร และมาตรฐานฟาร์มโคนม และสำหรับสินค้าประมง ได้แก่ มาตรฐานฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

EUREPGAP คือ หลักปฏิบัติทางด้านการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice : GAP) ซึ่งกลุ่มผู้ค้าปลีกในยุโรป (The Euro-Retail Produce Working Group : EUREP) ริเริ่มตั้งแต่เมื่อปี 2540 และได้กำหนดเป็นข้อตกลงว่าด้วยมาตรฐาน EUREPGAP ฉบับแรกสำหรับสินค้าผักและ

ผลไม้สดเมื่อเดือนกันยายน 2544 ต่อมาจึงได้ออกมาตรฐาน EUREPGAP สำหรับสินค้าประเภท ประมงและกาแฟในปี 2546 และได้มีการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐาน EUREPGAP สำหรับผักและ ผลไม้ สินค้าปศุสัตว์ รวมทั้งไม้ดอก เมื่อมกราคม 2547 และล่าสุดได้มีการออกข้อกำหนดเวอร์ชัน ใหม่ ซึ่งจะเริ่มใช้ในปี 2551 ซึ่งเนื้อหาของ EUREPGAP สำหรับสินค้าผักและผลไม้สด ประกอบ ไปด้วย การตรวจทานสอบหรือสอบกลับ(Traceability) การบันทึกข้อมูลและเก็บรักษาข้อมูล การ จัดการระบบผลิตในแปลง โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยและสารเคมี ต้องไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของ สารเคมีต่อสิ่งแวดล้อมหรือต่อผลผลิต และสวัสดิการ ผู้ผลิตและผู้ใช้แรงงานที่อยู่ในภาค การเกษตร (EUREPGAP, 2007)

มะม่วง

มะม่วง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า “*Mangifera indica* L.” อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มะม่วงเป็น ไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงประมาณ 10 – 30 m ใบเดี่ยวสีเขียว ขอบใบเรียบ ฐานใบมน ปลายใบแหลม ดอก เป็นช่อ กลีบดอกมี 5 กลีบ เกสรสีแดงเรื่อๆ ดอกออกช่วงเดือนธันวาคมถึง เดือนกุมภาพันธ์ ช่วงฤดูร้อนจะติดผล ผลยาวประมาณ 5 – 20 cm กว้าง 4 – 8 cm ลูกดิบสีเขียว เมื่อ สุกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง หรือเหลืองส้ม มีเมล็ดภายใน 1 เมล็ด แมลงศัตรูพืชที่สำคัญของมะม่วง คือ เพลี้ยจักจั่นมะม่วง หนอนเจาะลำต้น ตัวงมมะม่วง และแมลงวันผลไม้ (สถาบันราชภัฏยะลา, 2549)

ในประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกมะม่วง 466,472.75 ไร่ ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 357,371.51 ตัน (ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร, 2549) ปริมาณส่งออกในปี 2547 ระหว่างเดือน มกราคม – เดือนมิถุนายน (ในฤดู) ถึง 4,555 ตันซึ่งมีมูลค่าการส่งออกถึง 161,800,000 บาท (ศูนย์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2548)

มะม่วงมีมากมายหลายสิบพันธุ์ อาจแบ่งได้ ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ คือ

1. มะม่วงสำหรับรับประทานผลดิบ เช่น พิมเสนมัน แรด เขียวเสวย เป็นต้น
2. มะม่วงสำหรับรับประทานผลสุก เช่น อกร่อง น้ำดอกไม้ หนั่งกลางวัน เป็นต้น
3. มะม่วงสำหรับดอง เช่น มะม่วงแก้ว เป็นต้น
4. มะม่วงสำหรับบรรจุกระป๋อง เช่น ทำน้ำคั้น มะม่วงแช่อิ่ม เช่น มะม่วงสามปี เป็นต้น

มะม่วงกลุ่มน้ำดอกไม้

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงประเภทรับประทานสุก มีผู้นิยมปลูกกันมาก มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ใบใหญ่เป็นคลื่น ทรงพุ่มโปร่ง ส่วนมากมีนิสัยในการออกดอกทะวาย ออกดอกติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี ผลมีขนาดใหญ่หนักประมาณ 400 กรัม ผลอ่อนเกือบกลมหัวใหญ่ปลายแหลม ผลค่อนข้างยาว เนื้อมาก เมล็ดเล็ก มีผิวบาง เมื่อดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวปนขาว เนื้อแน่นเมื่อผลสุกมีผิวสีเหลือง กลิ่นหอม เนื้อละเอียดมีเสี้ยนน้อย รสหวาน อายุตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่ประมาณ 115 วัน (สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549)

รายชื่อมะม่วงพันธุ์ต่างๆ ที่จำแนกอยู่ในกลุ่มมะม่วงน้ำดอกไม้ (สำนักคุ้มครองพืชแห่งชาติ, 2544)

- | | | | |
|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1. น้ำดอกไม้ | 2. น้ำดอกไม้ทวาย | 3. น้ำดอกไม้สีทอง | 4. น้ำดอกไม้เบอร์ 4 |
| 5. น้ำดอกไม้เบอร์ 5 | 6. คอนกแก้ว | 7. ลำ | 8. หงส์ทอง |
| 9. สวน้อยลิ้มผิว | 10. เมล็ดนิ่ม | 11. มะลิลา | 12. เจ้าพระยา |

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่าย สามารถตอบสนองต่อการบังคับให้ออกก่อนฤดูได้เป็นอย่างดี และเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ พันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบันคือ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทอง

มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 (Namdokmai No.4)

การออกดอก(flowering) ปานกลาง การติดผล(fruit setting) ปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี (yield) 300 ผล อายุการเก็บเกี่ยว (harvesting index) 100 วัน ฤดูการผลิต (fruit season) นอกฤดูกาล ความยาวผล 16.34 cm ความกว้างผล 7.16 cm ความหนาผล 6.18 cm น้ำหนักผล 350 g สีเนื้อผลดิบ YO 21A กลิ่นของเนื้อ มีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.19 cm เส้นใยในเนื้อ ไม่มี ปริมาณเส้นใยในเนื้อ น้อย ปริมาณน้ำในเนื้อ ปานกลาง ความหนาเปลือก 0.15 cm สีเปลือกผลดิบ YG 144 B สีเปลือกผลสุก YO 15 B ขนาดของเมล็ด ความกว้าง 3.94 cm ความยาว 13.49 cm ความหนา 1.52 cm น้ำหนักเมล็ด 30 g รสชาติผลดิบ เปรี้ยว รสชาติผลสุก หวาน ความหวานเนื้อ 22 °Bx

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (Namdokmai Sithong)

การออกดอก(flowering) ปานกลาง การติดผล (fruit setting) ปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี (yield) 300 ผล อายุการเก็บเกี่ยว (harvesting index) 100 วัน ฤดูการผลิต (fruit season) ในฤดูกล ความยาวผล 16.03 cm ความกว้างผล 7.13 cm ความหนาผล 6.20 cm น้ำหนักผล 350 g สีเนื้อผลดิบ YO 17A กลิ่นของเนื้อ มีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.24 cm เส้นใยในเนื้อ ไม่มี ปริมาณเส้นใยในเนื้อ น้อย ปริมาณน้ำในเนื้อ ปานกลาง ความหนาเปลือก 0.1 cm สีเปลือกผลดิบ YG 145 B สีเปลือกผลสุก YO 15 A ขนาดของเมล็ด ความกว้าง 4.3 cm ความยาว 13.77 cm ความหนา 1.36 cm น้ำหนักเมล็ด 31 g รสชาติผลดิบเปรี้ยว รสชาติผลสุก หวาน ความหวานเนื้อ 18 °Bx

การห่อผลมะม่วง

การห่อผลไม้เป็นวิธีการที่ปฏิบัติกันในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น การห่อผลชมพู ลำไย ลิ้นจี่ โดยวัตถุประสงค์ในการห่อผลไม้โดยทั่วไปมีดังนี้ (วิจิตร, 2529)

1. เพื่อเพิ่มคุณภาพของผล: ผลไม้ที่ได้รับการห่อ คุณภาพของเนื้อผลจะดีกว่าไม่ได้ห่อ เช่น การห่อผลกระท้อนจะทำให้เนื้อผลเป็นปุย นุ่ม น่ารักประทาน และการคลุมเครือกด้วยด้วยถุงพลาสติกสีน้ำเงิน จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของผล คุณภาพเนื้อผลดีขึ้น และผิวผลจะสวยงามลด ส่วนมะม่วงที่ห่อผลจะมีสีผลที่สวยงามเท่ากันตลอดทั้งลูก
2. เพื่อเพิ่มผลผลิต: จากการศึกษาของอาจารย์โกศล เจริญสม พบว่าถุงพลาสติกสีน้ำเงินทำให้น้ำหนักผลมะม่วงน้ำดอกไม้เพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ไม่ได้ห่อประมาณ 13% แต่เปอร์เซ็นต์ความหวานของผลที่ไม่ได้ห่อจะมากกว่าผลที่ห่อด้วยพลาสติกสีน้ำเงินประมาณ 26% (°Bx)
3. เพื่อป้องกันแมลง: การห่อผลไม้เป็นการป้องกันแมลงที่ได้อย่างหนึ่ง ในกรณีมะม่วงน้ำดอกไม้จะเริ่มห่อผลมะม่วงอายุได้ 50-60 วันหลังจากติดผล จะช่วยป้องกันแมลงวันผลไม้ได้เป็นอย่างดี เพราะผิวผลยังแข็งตัวแมลงวันทองไม่สามารถเจาะวางไข่ได้ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการวางไข่ของด้วงวงเจาะเมล็ดมะม่วงได้ด้วย ก่อนการห่อผลจำเป็นต้องฉีดสารเคมีควบคุมโรคและแมลงก่อน

4. เพื่อป้องกันการตกค้างของสารเคมี: วิจิตร(2529) ได้กล่าวว่า การตกค้างของสารเคมีที่เกิดจากการฉีดสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงในผลมะม่วงแม้มีไม่มาก เพราะก่อนรับประทานผู้บริโภคจะปอกเปลือกก่อนรับประทาน แต่ในแง่ของการค้าระหว่างประเทศ ประเทศผู้ค้าจะมีการกำหนดปริมาณการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงในผลผลิต (MRL) และถ้าพบปริมาณสารตกค้างเกินกว่าค่าที่กำหนดก็จะไม่สามารถส่งออกไปยังประเทศนั้นได้ การห่อผลมะม่วงด้วยวัสดุ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ หรือถุงพลาสติกจะช่วยป้องกันการตกค้างของสารเคมี ในแง่การช่วยลดการฉีดพ่นสารเคมี ทำให้ประหยัดต้นทุนการผลิต ผิวผลสวยสะอาดไม่มีคราบของสารเคมีกำจัดแมลง หรือรา แต่ในปี 2548 พบการตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงน้ำดอกไม้เกินกว่าค่า MRL ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสาเหตุของการตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส เกิดจากเกษตรกรชุบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสก่อนการห่อผล เพื่อป้องกันเพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอย จึงทำให้การสลายตัวของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสช้าลง

5. อื่นๆ: การห่อผลมะม่วงจะช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากลม และต่อการเก็บเกี่ยวเพราะปกติเราจะห่อผลที่มีอายุใกล้เคียงกัน ถ้าทำเครื่องหมายไว้บนวัสดุห่อก็สามารถรู้ได้ว่าผลไหนแก่ก่อน

การอบไอน้ำมะม่วงด้วยเครื่องอบไอน้ำ

มะม่วงสดที่ส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงเกษตรและประมงของประเทศญี่ปุ่น และต้องผ่านขั้นตอนการอบไอน้ำ เพื่อป้องกันแมลงวันทอง ส่วนมะม่วงสดที่ส่งออกไปยังประเทศอื่น เช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ฮ่องกง ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการอบไอน้ำ มะม่วงสดที่ส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกาได้รับอนุญาตให้ผ่านกรรมวิธีการฉายรังสีเพื่อป้องกันเชื้อโรคและแมลงได้

จากประกาศกระทรวงเกษตร ป่าไม้ และประมง ของประเทศไทยฉบับที่ 82 ค.ศ. 1993 ได้กำหนดให้มะม่วงส่งออกสดไปยังประเทศญี่ปุ่น พันธุ์ หนั่งกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสน ต้องผ่านการตรวจโดยผู้ที่มีอำนาจหน้าที่ด้านกักกันพืชของประเทศไทย และต้องมีเอกสารใบรับรองปลอดศัตรูพืช ที่มีการลงนามรับรองจากเจ้าหน้าที่กักกันพืชญี่ปุ่น โดยในใบรับรองปลอดศัตรูพืชได้ระบุไว้ว่า มะม่วงต้องปราศจากการทำลายของแมลงวันผลไม้ในกลุ่ม *Bactrocera dorsalis*

species complex และ Melon fly (แมลงวันผลไม้) และต้องผ่านการกำจัดแมลงวันผลไม้จากเครื่องอบไอน้ำตามข้อกำหนด

จากข้อกำหนดได้ระบุไว้ว่ามะม่วงสดพันธุ์ น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสน ต้องถูกกำจัดแมลงวันผลไม้โดยเครื่องอบไอน้ำระบบ differential pressure type ด้วยการผ่านอากาศร้อนที่อ้อมตัวด้วยไอน้ำร้อนเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 47.0 °C หรือสูงกว่าตรงบริเวณที่เนื้อติดกับเมล็ด หลังจากการเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 43.0 °C ด้วยอากาศร้อน ความชื้นต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

แมลงศัตรูมะม่วง

แมลงวันทอง (oriental fruit fly)

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Dacus dorsalis</i> Hendel
วงศ์	Tephritidae

แมลงวันทองเป็นศัตรูที่สำคัญของมะม่วง ชาวบ้านเรียกว่า แมลงวันผลไม้ตะวันออก ลักษณะคล้ายแตน แต่ลำตัวป้อมกว่าทั้งส่วนหางและส่วนปีก สีเหลืองกว่าแตน ลำตัวเล็กกว่าแมลงวันบ้าน ปีกใสโปร่งแสง เมื่อถึงระยะตัวเต็มวัย ตัวเมียจะเริ่มผสมพันธุ์และวางไข่ ตัวเมียมักใช้อวัยวะที่มีลักษณะแหลมยาว อยู่ตรงท้ายสุดของส่วนท้องเรียกว่า โอวิโพซิเตอร์ คล้ายเหล็กในวางไข่บนผิวมะม่วงเป็นจุดๆ จุดละ 5-10 ฟอง แล้วเริ่มฟักจากไข่จนถึงตัวเต็มวัย

ลักษณะการเข้าทำลาย

แมลงวันทองตัวเมียจะใช้อวัยวะวางไข่ที่แหลมยาวอยู่ตรงท้ายสุดของส่วนท้องเรียกว่า โอวิโพซิเตอร์ เวลาแมลงวันทองตัวเมียวางไข่ ซึ่งผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองบ้างแล้วมักจะเข้าบริเวณส่วนล่างของผล จุดที่แมลงวันทองตอย(วางไข่) เป็นรูเล็กๆมาก จะสังเกตเป็นหยดน้ำเยิ้มออกมาเป็นเม็ดใสๆ เมื่อวางไข่แล้วอีก 2-3 วัน จะฟักออกเป็นตัวหนอน จากนั้นตัวหนอนได้ขบไชกินอาหารคือ เนื้อผลไม้และเกิดอาการผลเน่าตามมา บางครั้งร่วงหล่นสู่พื้นดินเพื่อเข้าดักแด้ (ตัวหนอนเต็มวัย)

ไม่เข้าดักได้ในผลไม้ที่อยู่บนต้น) ช่วงเข้าดักได้ใช้เวลา 8-12 วัน จึงออกเป็นตัวแมลงวันทองแพร่พันธุ์ต่อไป

การแพร่ระบาด

แมลงวันทองระบาดเกือบทุกภาคของประเทศและพบตลอดปี ทั้งนี้เพราะแมลงชนิดนี้มีผลไม้หลายชนิดอยู่ตลอดทั้งปี ช่วงที่ระบาดระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน ส่วนปริมาณแมลงที่พบน้อยที่สุดอยู่ระหว่างเดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ แล้วแต่บางท้องถิ่น

การป้องกันกำจัด

1. เก็บผลไม้ที่ถูกทำลายมาเผา หรือขุดหลุมฝังแล้ว ราดด้วยสารฆ่าแมลง
2. ใช้สารล่อแมลงวันทองเพศผู้ เช่น สารเมทิลยูจินอล (methyl eugenol) ผสมสารฆ่าแมลง เช่น มาลาไธออน ในอัตราส่วนเมทิลยูจินอล : สารฆ่าแมลง = 1 : 1 โดยปริมาตรหยดลงบนล่อแล้วใส่ในกับดักโดยเติมสารล่อ + สารฆ่าแมลงทุก ๆ เดือน กับดักที่ใช้ไว้ละ 5-10 จุด โดยวางกลางทรงพุ่มวิธีการนี้จะเป็นการกะเนปริมาณ แมลงเพื่อพ่นสารฆ่าแมลง จึงควรวางก่อนฤดูการระบาด 1 เดือน และเมื่อสิ้นสุดฤดูการระบาด (มนตรี และชลิดา, 2529)
3. การพ่นสารฆ่าแมลง จะกระทำเมื่อปริมาณแมลงในกับดักสูงขึ้น เพื่อลดปริมาณแมลงลงแล้วใช้วิธีที่ (4) และวิธีที่ (5) หรือชาวสวนอาจพ่นทุกๆ 7 วัน แต่จะสิ้นเปลืองมากกว่า สารฆ่าแมลงที่ มนตรีและชลิดา (2528) แนะนำคือ คาร์โบซัลเฟน พ่นทุก 4-7 วัน
4. การใช้เหยื่อพิษ โดยใช้โปรตีนไฮโดรไลเซต (Protien hydrolysate) เช่น นาสิมาน อัตรา 200 ml มาลาไธออน 83% EC 70 ml ผสมน้ำ 5 l ฉีดพ่นใบแก่เป็นจุด (spot treatment) ต้นละ 1-4 จุด แต่ละจุดใช้น้ำยา 50 ml ฉีดเป็นวงกลมรัศมี 0.5 m ทำการพ่นโปรตีนไฮโดรไลเซต สารฆ่าแมลงทุก 4-7 วันครั้ง และหลัง ฝนตก วิธีนี้สามารถกระทำต่อพืชผลได้ แม้ระยะเก็บเกี่ยวโดยไม่มีพิษตกค้างกับผลผลิต เพราะไม่ได้พ่นบน ผลไม้โดยตรง (มนตรีและชลิดา, 2529)

5. ห่อผลมะม่วงด้วยถุงกระดาษ ถุงรีเมย์ เป็นต้น โดยเฉพาะผลมะม่วงส่งออกนั้น พ่อค้าคนกลางจะเลือกจากสวน ที่มีการห่อ นอกจากจะป้องกันแมลงแล้ว คุณภาพของผลจะดีขึ้น

เพลี้ยหอยมะม่วง (Scale insect)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chionaspis vitis* Green

วงศ์ Aphididac

เพลี้ยหอยเป็นแมลงที่มีขนาดเล็ก สีขาว ตัวเต็มวัยมีขนาดไม่เกิน 1 mm ไม่มีสีขาวยอมเหลือง มักอาศัยเกาะดูดกินตามส่วนลำต้น ใบอ่อน ยอดอ่อน ช่อดอก กิ่งที่มีขนาดเล็ก ผล และราก แมลงชนิดนี้มีวงจรชีวิตประมาณ 1 ปี ชนิดของเพลี้ยหอยที่เป็นศัตรูมะม่วง เช่น กรีน สเกล (green scale) (*coccus viridis* green), ชิลด์ สเกล (Shield scales) (*Pulvinaria polygonata* Cock. และ *P. psidii* mask), *Aonidiella inonata* Mekenzie, *A. orientalis* Newst, *Le[idosaphes* sp., *Phenacaspis inday* Banks., *Tachardia minuta* Merr., *Icery seychellarum* West.

ลักษณะการทำลาย

แมลงชนิดนี้จะดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบอ่อน ช่อดอก หรือส่วนที่แตกใหม่ เมื่อเข้าทำลาย เพลี้ยหอยจะอยู่นิ่งกับที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวจนครบวงจรชีวิต ความเสียหายที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นเพลี้ยหอยตัวเมีย ส่วนตัวผู้ไม่มีการเข้าทำลาย เนื่องจากตัวเต็มวัยไม่กินอาหารจะมีหน้าที่ผสมพันธุ์อย่างเดียว เมื่อตัวเมียได้รับการผสมพันธุ์ มักไขภายในอวัยวะขั้วที่คลุมตัวอยู่ หรือบางครั้งทำถุงไข่สำหรับวางไข่ จากไข่เจริญเป็นตัวหนอน ตัวหนอนจะก๊ิบคลานไปเกาะอยู่กับใบอ่อน จากนั้นจะดูดกินน้ำเลี้ยง ทำให้ใบอ่อนมีสีเหลืองซีด แล้วค่อยๆ เหี่ยวแห้งตาย ถ้าถูกเพลี้ยหอยเข้าทำลายถึงขั้นรุนแรง จะเห็นว่ามีราดำเข้ามกินน้ำหวาน จากการขั้วถ่ายของเพลี้ยหอย มดเป็นแมลงพาหนะในการกระจายเพลี้ยหอยไปปล่อยไว้ตามส่วนต่างๆ ของต้นมะม่วง เพราะมดกินน้ำหวานจากเพลี้ยหอยเป็นอาหาร

การแพร่ระบาด

มักจะพบกับสวนมะม่วงที่ไม่มีการดูแล ขาดการบำรุงรักษา สภาพอากาศแห้งแล้งในฤดูร้อนจัดจะแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว ส่วนฤดูฝนไม่ค่อยพบเพลี้ยหอย

การป้องกันกำจัด

1. ควรตัดแต่งกิ่งมะม่วงที่ถูกทำลายออก เพื่อเป็นการช่วยลดการระบาดได้บ้าง
2. ใช้สารพวกจระบีทาอบบริเวณโคนต้น เพื่อป้องกันไม่ให้มดต่างขนานเพลี้ยหอยขึ้นสู่บนต้น ปกติแล้วแมลงชนิดนี้มีศัตรูธรรมชาติควบคุมอยู่แล้ว
3. เพลี้ยหอยยากต่อการกำจัดด้วยสารเคมี เพราะจะสร้างสารจำพวกขี้ผึ้งปกคลุมตัวอยู่ การกำจัดควรจะทำในระยะตัวอ่อนจะง่ายกว่าตัวเต็มวัย สารที่ใช้ในการกำจัดเพลี้ยหอยได้แก่ ไดเมธอเอท ไดอะซินอน มาลาไธออน หรือนิโคตินซัลเฟต การฉีดพ่นสารพวกนี้เป็นการฆ่าแมลงที่เป็นพาหะด้วย

เพลี้ยแป้ง (Mealy bug)

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Phenococcus mangiferae</i> Green
วงศ์	Pseudococcidae

เป็นแมลงศัตรูลักษณะคล้ายกับเพลี้ยหอย แต่เพลี้ยแป้งมีลักษณะพิเศษคือ มันจะสามารถขับถ่ายสารที่มีลักษณะสีขาวออกมาเป็นรัศมีแพร่กระจายรอบตัวมันอย่างมาก นอกจากนี้มีเพลี้ยแป้งชนิดอื่นที่พบเข้าทำลายมะม่วง เช่น เพลี้ยแป้งส้ม (*Pseudo-coccus citri* Rizzo.) เพลี้ยแป้งฝรั่ง (*Pulvinaria psidii* M.) เกรย์ มิลลิบั๊ก (*Ferrisiana vircata* Cock) คอทตอน กุชชัน มิลลิบั๊ก (*Pseudo-coccus lilaxinus* Cock) ทอร์ทอยส์-เชลล์ มิลลิบั๊ก (*Puto spinosus* Rob. และ *P.mangiferae* Green)

ลักษณะการทำลาย

ทำให้เกิดความเสียหายคล้ายๆ กับเพลี้ยหอย โดยใช้ปากเจาะดูดเข้าทำลาย บริเวณเนื้อเยื่อที่อ่อนนุ่มตามใบ ยอด ช่อดอก ผล ราก แล้วเกาะนิ่งไม่มีการเคลื่อนไหว ดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนต่างๆ ของมะม่วง พบว่าตัวเต็มวัยเพศเมียเท่านั้นที่เข้าทำลาย ส่วนเพศผู้ไม่ทำความเสียหาย เนื่องจากตัวเต็มวัยเพศผู้จะไม่กินอาหารจะทำหน้าที่ผสมพันธุ์อย่างเดียว ในช่วงฤดูที่มีการแพร่ระบาดหนักจะเห็นตามกิ่งที่มีขนาดเล็ก ช่อดอก ยอดอ่อน และจนกระทั่งผล จะมีแต่เพลี้ยแป้งปกคลุมไปหมด ทำให้ส่วนนี้ขาดน้ำเลี้ยงแล้วร่วงหล่น

การแพร่ระบาด

เกิดในสภาพอากาศแห้งแล้ง หรือแหล่งปลูกมะม่วงที่ไม่เอาใจใส่ดูแล ปล่อยให้กรูกรังทิ้งไว้สกปรก

การป้องกันการเข้าทำลาย

ใช้วิธีการเช่นเดียวกับการป้องกันกำจัดเพลี้ยหอย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่อง Gas Chromatography ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC-14B ต่อกับเครื่องตรวจวัด ECD ของบริษัท Shimadzu และคอลัมน์ชนิด AT tm_PESTICIDE ความยาว 30 mm ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.25 mm ของบริษัท Altech Associates, Inc
2. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-160A
3. เครื่อง ELISA ยี่ห้อ Labsystems รุ่น Multiskan EX
4. เครื่อง Centrifuge ยี่ห้อ Kokusan รุ่น H-103N
5. เครื่องระเหยสารแบบหมุน ยี่ห้อ Bushi
6. เครื่อง blender
7. เครื่องแก้วและอุปกรณ์ ได้แก่ กรวยแยก หลอดทดลอง เครื่องเป่าแก้วในโตรเจน เครื่อง Vortex mixer, Microcentrifuge Tube และ Centrifuge Tube
8. สารมาตรฐานที่มีความบริสุทธิ์สูงของ Dr. Ehrenstofer ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส ไดเมทิลเอท เมทโทมิล อัลดริน เดลเดริน เบต้าเอ็นโดซัลเฟน และอัลฟาเอ็นโดซัลเฟน
9. ตัวทำละลาย (AR grade) ได้แก่ อะซีโตน ไตรเมทานอล และอะซีโตน ของบริษัท แล็บสแกน เอเชีย จำกัด
10. ตัวทำละลาย (PR grade) ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซีเตต และไซโคลเฮกเซน ของบริษัท แล็บสแกน เอเชีย จำกัด
11. แมกนีเซียมซัลเฟต บริษัท VWR International Ltd.
12. โซเดียมคลอไรด์ บริษัท Merck จำกัด
13. เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (EC.3.1.1.7) เตรียมจากปลาไหลไฟฟ้า (บริษัท Sigma no.C2888)
14. อะซิติลโคลีน (บริษัท Fluka no.01480)

15. สาร 5,5 –dithio-bis-2-nitrobenzoic acid
16. สาร Primary Secondary Amine (PSA) บริษัท Varian Inc.
17. celite 545
18. โซเดียมไฮดรอกไซด์
19. Florisil บริษัท Supelco Park Bellefonte

วิธีการ

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ ด้วยเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส

การศึกษาสภาวะของการวิเคราะห์ ด้วยเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส อ้างอิงสภาวะการวิเคราะห์มาจาก Pogacnik (1998)

1.1. การเตรียมเอนไซม์และสารตั้งต้น

เตรียมเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (EC.3.1.1.7) จากปลาไหลไฟฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติ 56.4 unit/ml ใน Tris buffer (ความเข้มข้น 0.1 M pH 7.3)

เตรียมสารตั้งต้น โดยละลาย อะซิติลไทโอโคลีน ในสารละลาย Tris buffer และเตรียมสารละลาย DTNB โดยใช้สาร 5,5 -dithio-bis-2-nitrobenzoic acid 4 mg ละลายใน Tris buffer (ความเข้มข้น 0.1 M pH 7.3) 10 ml

1.2. ศึกษาความเข้มของสี DTNB ที่อุณหภูมิต่างๆ

ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มสีของสารละลาย DTNB ที่วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 12 °C และ อุณหภูมิ 37 °C ที่เวลา 5 นาที และ 15 นาที โดยพิจารณาจากการดูดกลืนแสง ที่ช่วงการดูดกลืนแสง 410 nm

1.3. การเตรียมสารละลายมาตรฐานของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและคาร์บาเมต

สารมาตรฐาน คลอร์ไพริฟอส ไดเมทโฮเอท และเมทโธมิล ตั้งชื่อจากข้างหุ่นส่วน จำกัด ไซน์ พลัส และเตรียมสารละลายในอะซีโตนให้มีความเข้มข้นต่างๆ กัน โดยคุณสมบัติของ สารได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช คลอร์ไพริฟอส ไดเมทโฮเอท และเมทโธมิล ที่ อยู่ในกลุ่มสารที่เกษตรกรนิยมใช้สูงสุดในการกำจัดศัตรูพืชในแปลงปลูกผักและไม้ผล

chemical	group	Class ⁽¹⁾	Oral LD ₅₀ (mg/kg)	MRL ⁽²⁾	Molecular weight
คลอร์ไพริฟอส	Organo phosphorus	พิษปานกลาง	82-163	0.05	350.62
ไดเมทโฮเอท	Organo phosphorus	พิษปานกลาง	280-350	0.02	229.2
เมทโธมิล	carbamate	พิษร้ายแรง	31.09	0.05	162.2

(1) อ้างอิงจากนิธิและวินูลย์, 2543

(2) MRL of Cantaloupe and asparagus listed by CODEX

1.4. การหากิจกรรมเอนไซม์

1.4.1 ศึกษาความเข้มข้นของ สารอะซิติลไทโอโคลีนกับเอนไซม์ที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยเอนไซม์มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.02 unit 0.2 unit และ 0.4 unit และสารตั้งต้นมีความเข้มข้น 0 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.2 μmol ภายใต้อุณหภูมิ 37 °C ที่เวลา 30 นาที

1.4.2. ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของ สารอะซิติลไทโอโคลิโนกับ เอนไซม์ โดยทำการวัดค่าการดูดแสงที่เวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที ซึ่งมีปริมาณสารอะซิติลไทโอโคลิโนเท่ากับ $1.2\ \mu\text{mol}$ และเอนไซม์เท่ากับ 0.02 unit ที่อุณหภูมิ $37\ ^\circ\text{C}$

1.4.3. ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของ สารอะซิติลไทโอโคลิโนกับ เอนไซม์ ที่อุณหภูมิ $12\ ^\circ\text{C}$ และ $37\ ^\circ\text{C}$ โดยมีปริมาณสารอะซิติลไทโอโคลิโนเท่ากับ $1.2\ \mu\text{mol}$ และเอนไซม์เท่ากับ 0.02 unit เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา 15 นาที

1.5. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต

ใส่สารละลายมาตรฐาน คลอร์ไพริฟอส ไดเมทโซเอท และเมทโซมิล ในสารละลาย Tris buffer ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 0, 0.005, 0.01, 0.05 และ 0.1 ppm แล้วนำไปตรวจสอบผลของการยับยั้งเอนไซม์ โดยทุกการทดลองมีการทำซ้ำ 3 ครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้จาก อะซิติลโคลิโน เอสเตอเรส กับสารตั้งต้นอะซิติลไทโอโคลิโน ได้ ไทโอโคลิโน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับ DTNB จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลือง สามารถวัดค่าที่ความดูดกลืนแสง 410 nm โดยสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตจะมีบทบาทเป็นสารยับยั้ง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดสี แปรผลไปตามความเข้มข้นของสารกำจัดแมลง

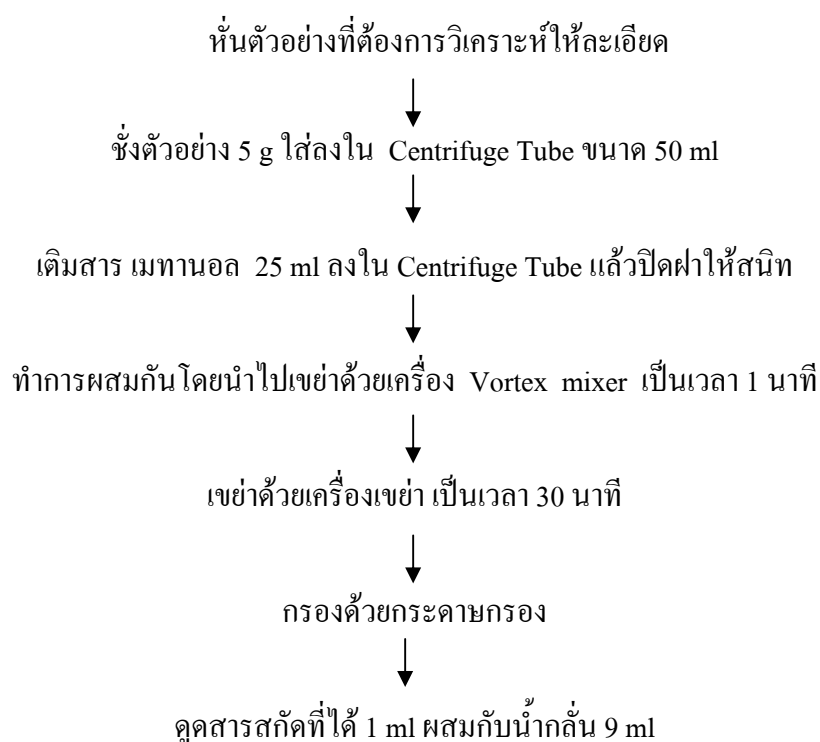
1.6. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในน้ำคั้นผักและผลไม้ และการวิเคราะห์ผล

ใส่สารละลายมาตรฐาน คลอร์ไพริฟอส ในน้ำส้มวาเลนเซีย 100% (ยูนิฟ) น้ำผักผลไม้รวม 40% (ยูนิฟ) น้ำคั้นจากแคนตาลูป แตงกวาและหน่อไม้ฝรั่ง (เตรียมน้ำคั้นผักและผลไม้โดยนำตัวอย่างผักหรือผลไม้มาบดให้ละเอียด และกรองด้วยผ้าขาวบาง) ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 0, 0.005, 0.01, 0.05 และ 0.1 ppm แล้วนำไปตรวจสอบผลของการยับยั้งเอนไซม์ ทุกการทดลองมีการทำซ้ำ 3 ครั้งและวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ CRD-Duncan's Multiple Range Test

2. การตรวจสอบสารพิษตกค้างด้วย ELISA

การวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในผักด้วยหลักการ ELISA จากชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well ของบริษัท Strategic diagnostics inc. ซึ่งเป็นชุดที่ใช้ในการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในน้ำโดยตรง และเมื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในผัก จึงต้องเพิ่มขั้นตอนในการสกัดสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสจากผัก โดยวิธีการสกัดที่ใช้อ้างอิงตามวิธีการสกัดจาก ELISA Test Kit ของบริษัท Horiba biotechnology

2.1. การสกัดตัวอย่าง



2.2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส

1. สารละลายคลอร์ไพริฟอส 1 ppb : เตรียมจากสารละลายคลอร์ไพริฟอสความเข้มข้น 1 ppm (stock solution) 0.01 ml และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 10 ml

2. สารละลายคลอร์ไพริฟอส 0.3 ppb : เตรียมจากสารละลายคลอร์ไพริฟอสความเข้มข้น 1 ppb 3 ml และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 10 ml

3. สารละลายคลอร์ไพริฟอส 0.05 ppb : เตรียมจากสารละลายคลอร์ไพริฟอสความเข้มข้น 1 ppm (stock solution) 0.5 ml และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 10 ml

2.3. การวิเคราะห์

1. ใส่ น้ำกลั่น สารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส 1 ppb 0.3 ppb และ 0.05 ppb และตัวอย่าง ที่สกัดได้ตามวิธีการข้างต้น 0.1 ml ใน well

2. ใส่สาร Chlorpyrifos Enzyme Conjugate 0.1 ml และปิด well ด้วยพาราฟิล์ม ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

3. ล้าง well ด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง

4. ใส่สารตั้งต้น 0.1 ml และปิด well ด้วยพาราฟิล์ม ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

5. ใส่ Stop solution 0.1 ml และนำไปวิเคราะห์ค่า ด้วยเครื่อง ELISA Reader ความยาวคลื่น 450 nm ภายในเวลา 30 นาที

6. เขียนกราฟระหว่าง %B₀ ของสารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส 1 ppb 0.3 ppb และ 0.05 ppb และความเข้มข้น

$$\%B_0 = \frac{\text{ค่า OD ของตัวอย่าง} \times 100}{\text{ค่า OD ของน้ำกลั่น}}$$

7. คำนวณหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างจากกราฟของสารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส

2.4. การทดสอบผลของความเข้มข้นของเมทานอลในน้ำกลั่นต่อประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ (% recovery)

หาผลของความเข้มข้นของตัวทำละลายเมทานอลในน้ำกลั่นต่อการวิเคราะห์ด้วย ELISA จากเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์(%recovery) ในผักกะหล่ำปลี และ ผักกาดขาว โดยตัวอย่างผักที่ความเข้มข้นของตัวทำละลายเมทานอล 10% และ100% ใส่สารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส ความเข้มข้น 0.5 ppm ปริมาณ 0.25 ml ซึ่งจะได้ความเข้มข้นสุดท้ายคือ 0.005 ppm และตัวอย่างผักที่ความเข้มข้นของตัวทำละลายเมทานอล 1% ใส่สารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส ความเข้มข้น 0.5 ppm ปริมาณ 2.5 ml ลงใน ซึ่งจะได้ความเข้มข้นสุดท้ายคือ 0.05 ppm ก่อนขั้นตอนการเติมตัวทำละลายเมทานอล 25 ml ลงใน Centrifuge Tube และทำการสกัดตามวิธีการสกัดของ ELISA Test Kit ของบริษัท Horiba biotechnology นำสารที่ได้จากการสกัดซึ่งอยู่ในรูปตัวทำละลายเมทานอล ไปลดความเข้มข้นด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นของตัวทำละลายเมทานอลเท่ากับ 1% และ10% และในตัวอย่างความเข้มข้นของเมทานอล 100% ให้ทำการลดความเข้มข้นของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสด้วยตัวทำละลายเมทานอล โดยใส่ตัวอย่าง 1 ml และใส่ตัวทำละลายเมทานอลให้ได้ปริมาตรรวมเท่ากับ 10 ml เพื่อให้ความเข้มข้นของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสอยู่ในช่วง 0.05 ppb - 1ppb และนำไปวิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well

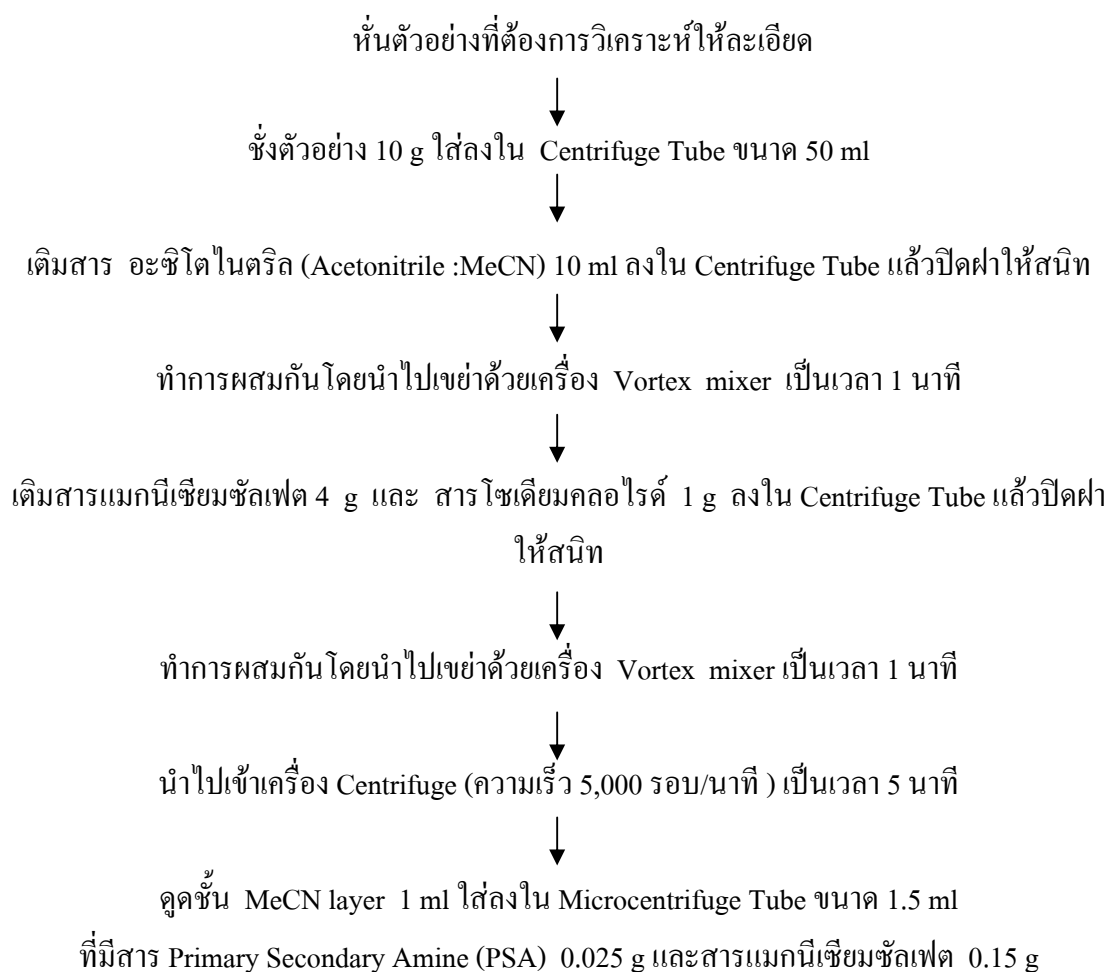
2.5. ศึกษาเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์ (%recovery)ในผักต่างชนิดกัน

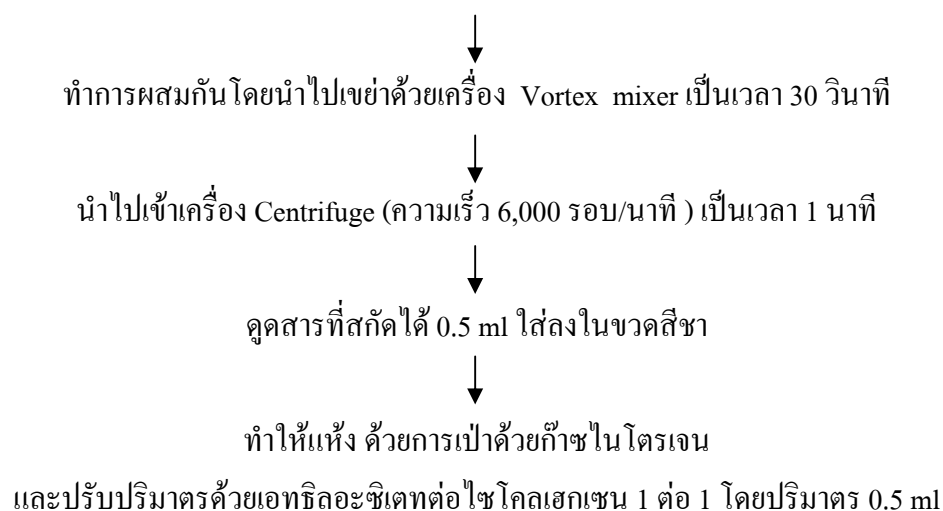
หาเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์ ในผัก 6 ชนิด คือผักกะหล่ำปลี ผักกาดขาว ถั่วฝักยาว ข้าวโพดฝักอ่อน พริก และคะน้า โดยใส่สารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส ความเข้มข้น 0.5 ppm ปริมาณ 0.25 ml ลงในตัวอย่างผัก 6 ชนิดก่อนทำการสกัด ซึ่งจะได้ความเข้มข้นสุดท้ายหลังจากการลดความเข้มข้นด้วยน้ำกลั่น คือ 0.5 ppb และนำไปวิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well

3. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างโดยเครื่อง GC

การวิเคราะห์สารกำจัดแมลงโดยเครื่อง GC ในปัจจุบันมีวิธีการวิเคราะห์หลายวิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการสกัดแบบ Multiresidue Analysis ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถสกัดสารกำจัดแมลงได้มากกว่า 1 กลุ่ม ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ที่เลือกนำมาใช้วิเคราะห์สารคลอร์ไพริฟอสด้วยวิธี GC คือ วิธีการสกัดแบบ Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003)

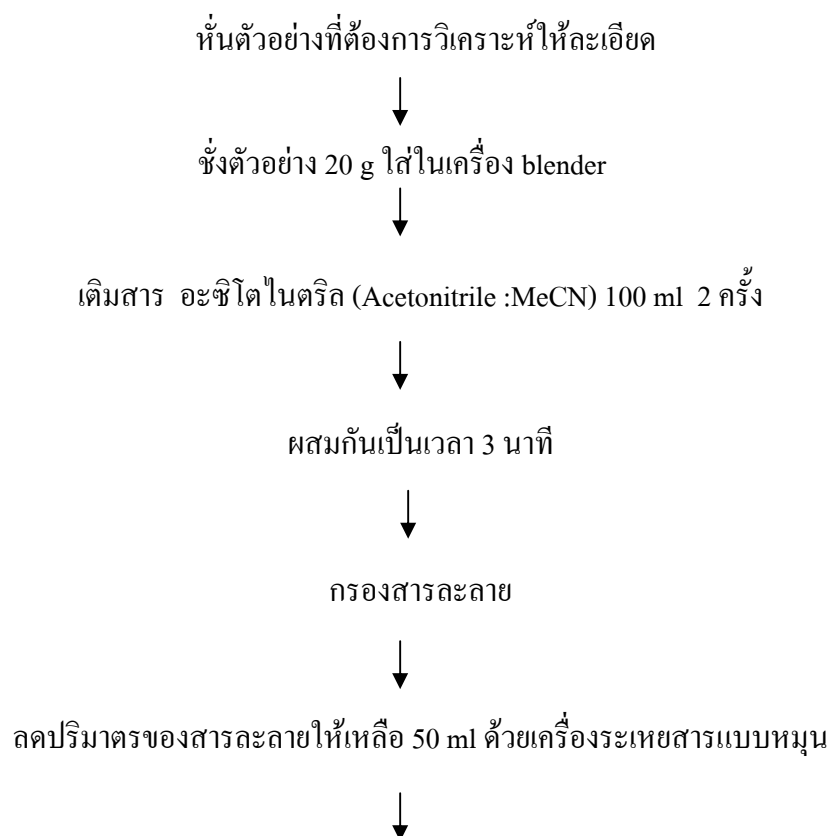
3.1. การสกัดตัวอย่างด้วยวิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003)

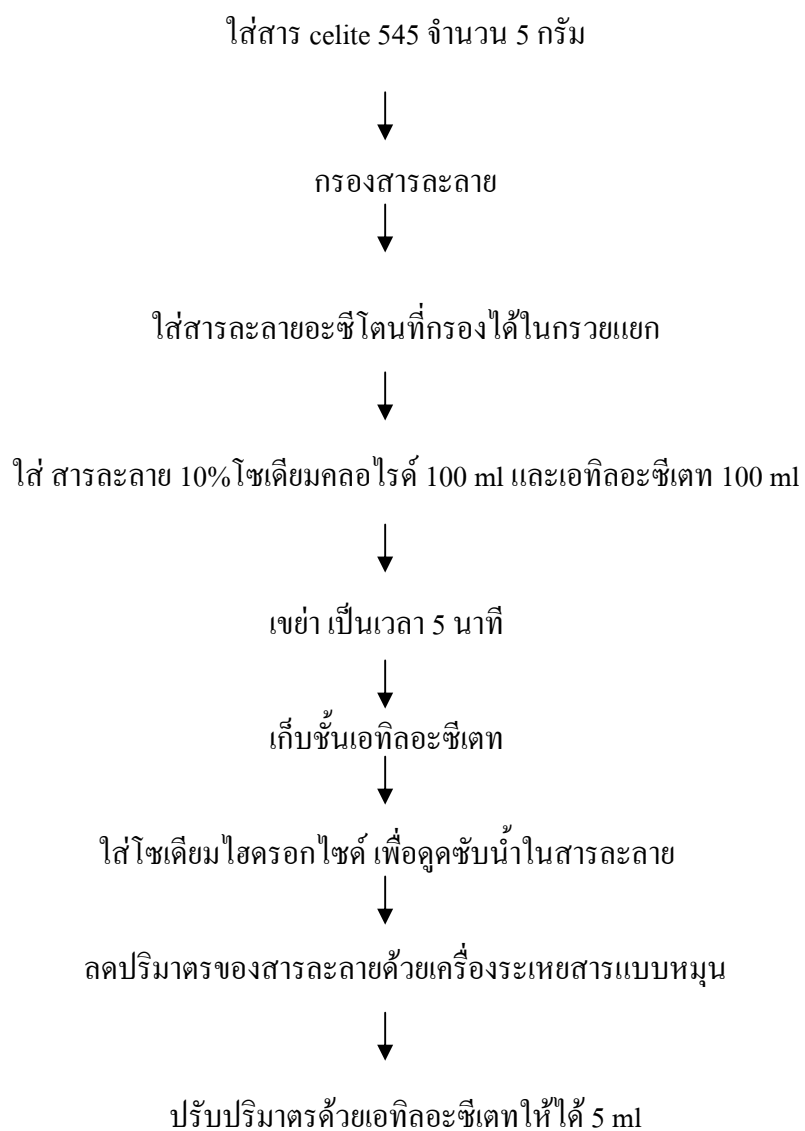




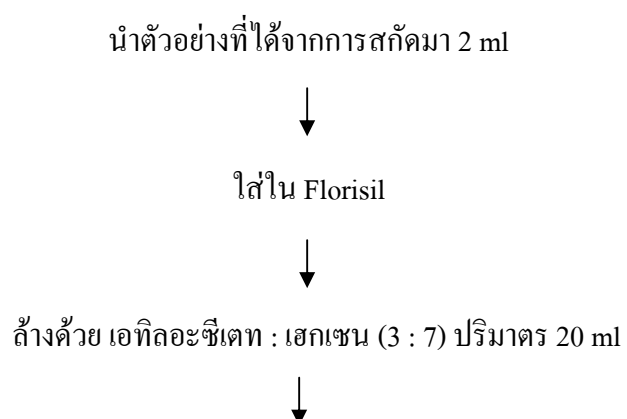
3.2. การสกัดตัวอย่างด้วยวิธี Multiresidue Analysis ของ Yumiko Nakamura และคณะ (1994)

การสกัดตัวอย่าง





การทำความสะอาดตัวอย่าง



ลดปริมาณของสารละลายด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุน



ปรับปริมาตรด้วยเอทิลอะซิเตทให้ได้ 1 ml

3.3. การวิเคราะห์

นำตัวอย่างที่สกัดได้ตามวิธีการข้างต้นไปวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดแมลงโดยเครื่อง GC ซึ่งตั้งสภาวะดังต่อไปนี้

คอลัมน์: Capillary คอลัมน์ เคลือบด้วย ATTM-PESTICIDE ความหนาของฟิล์มที่เคลือบ 0.25 μm ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 mm ความยาว 30 m

สภาวะอุณหภูมิ : ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิ (temperature programming) โดยตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ (Initial temperature) 190 °C เวลา 3 นาที เพิ่มอุณหภูมิ 3 °C / นาที อุณหภูมิสุดท้าย (Final temperature) 240 °C เวลา 10 นาที อุณหภูมิบริเวณที่ฉีดตัวอย่าง (Injection) 200 °C อุณหภูมิของตัวตรวจวัด (Detector) 300 °C

แก๊สพา : ฮีเลียม ปรับอัตราการไหลเท่ากับ 0.6 ml/min และขนาดตัวอย่าง : 1 μl

ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส (Limit of detection) เท่ากับ 0.05 ppm

3.4. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดแบบ Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) และ Yumiko Nakamura และคณะ(1994)

หาเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์ในข้าวโพดฝักอ่อน โดยใส่สารละลายมาตรฐาน อัลตริน เคลดริน อัลฟาเอ็นโดซัลเฟน และคลอร์ไพริฟอส ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาณ 1, 1, 0.5, 0.5 ml ลงในตัวอย่างข้าวโพดฝักอ่อน ก่อนทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบ Multi Residue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) และ Yumiko Nakamura และคณะ (1994) ซึ่งจะได้ความเข้มข้นสุดท้ายคือ 2, 2, 1 และ 1 ppm ตามลำดับ และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ที่ต่อกับเครื่องตรวจวัด ECD ของบริษัท Shimadzu และคอลัมน์ชนิด AT tm_ PESTICIDE ความยาว 30 m. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.25 mm. ของบริษัท Altech Associates, Inc

การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์

$$\% \text{recovery} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ตรวจพบ}}{\text{ความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ใส่}} \times 100$$

ความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ใส่

3.5. การทดสอบหา linearity ของความเข้มข้นคลอร์ไพริฟอสในช่วง 0.01 – 5 ppm ของวิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003)

หาความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงที่ใส่สารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาณ 0.5, 0.05 ml และความเข้มข้น 2 ppm ปริมาณ 2.5 และ 0.5 ml ลงในตัวอย่างมะม่วงก่อนการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบ Multi Residue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) ซึ่งจะได้ความเข้มข้นตกค้างในมะม่วงจากการคำนวณคือ 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1 และ 5 ppm ตามลำดับ โดยทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นละ 2 ซ้ำ นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่ทดสอบได้ กับความเข้มข้นที่คำนวณ และคำนวณหา correlation coefficient (r)

3.6. เปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์ (%recovery)

หาเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์ของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส ในผักและผลไม้ 9 ชนิด คือ ผักชีฝรั่ง พริกแดงใหญ่ ข้าวโพดฝักอ่อน ผักกะหล่ำปลี พริกขี้หนูแดง ผักกาดหอม ผักคะน้า ถั่วฝักยาว และมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยใส่สารละลายมาตรฐานคลอร์ไพริฟอส ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาณ 0.5, 0.05 ml และความเข้มข้น 2 ppm ปริมาณ 2.5 ml ลงในตัวอย่าง ผักผลไม้ 7 ชนิด ก่อนทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบ Multi Residue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) ซึ่งจะได้ความเข้มข้นสุดท้ายคือ 1, 0.1 และ 0.05 ppm ตามลำดับ และหาเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์ของสารกำจัดแมลง อัลตริน เดลตริน เบต้าเอ็นโดซัลเฟน และอัลฟาเอ็นโดซัลเฟนใน ข้าวโพดฝักอ่อน ผักกะหล่ำปลี พริกขี้หนู และ ผักกาดหอมโดยใส่สารละลายมาตรฐานอัลตริน เดลตริน เบต้าเอ็นโดซัลเฟน และอัลฟาเอ็นโดซัลเฟน ความเข้มข้น 20 ppm ปริมาณ 0.5 ml ลงในตัวอย่างผักผลไม้ 4 ชนิด ก่อนทำการสกัดด้วยวิธีการสกัดแบบ Multi Residue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) ซึ่งจะได้ความเข้มข้นสุดท้ายคือ 1 ppm และนำตัวอย่างที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ที่ต่อกับเครื่องตรวจวัด ECD ของบริษัท Shimadzu และคอลัมน์ชนิด AT tm_PESTICIDE ความยาว 30 m. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.25 mm. ของบริษัท Altech Associates, Inc

3.7. การยืนยันผลการวิเคราะห์กับห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร

นำมะม่วงน้ำดอกไม้ไปส่งวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร(LCFA) โดยแบ่งเป็น 2 ตัวอย่าง คือ ส่วนเปลือก และ ส่วนเนื้อ โดยการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส ของห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ใช้วิธีการสกัดของ Steinwandter, H.1985. Universal 5 min on-line Method for Extracting and Isolating Pesticide Residues and Industrial Chemicals. Fresenius Z. Chem No.115 และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ที่ต่อกับเครื่องตรวจวัด FPD ของบริษัท Shimadzu และ Capillary คอลัมน์ DB 1701 ความยาว 30 m ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.25 mm ความหนาของฟิล์มที่เคลือบ 0.25 μ m โดยมีแก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพา(อัตราการไหลเท่ากับ 1.5 ml/min) และความ

เข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส (Limit of detection) เท่ากับ 0.01 ppm

4. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสด้วยหลักการ ELISA และวิธีวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง GC

ทดลองเปรียบเทียบการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสด้วยหลักการ ELISA ชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well ของบริษัท Strategic diagnostics inc. และวิธีวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง GC และวิธีสกัดตัวอย่างแบบ Multi Residue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ (2003) โดยการวิเคราะห์ตัวอย่างเดียวกันในตัวอย่างผัก 8 ตัวอย่าง คือ พริกขี้หนู ข้าวโพดฝักอ่อน ผักกาดขาว และกะหล่ำปลี ที่จำหน่ายในร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และกะหล่ำปลี ผักกาดขาว กะหล่ำปลี และถั่วฝักยาว ที่จำหน่ายในร้านค้าของตลาดสด อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยชนิดของผักที่ใช้วิเคราะห์นี้เป็นผักที่มีรายงานการใช้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในการปลูก และมีการวิจัยตรวจพบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสตกค้าง และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของวิธีการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

5. การตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในผลมะม่วงในแปลงปลูกและหลังการอบไอน้ำ

พื้นที่ปลูกและวิธีการจัดการภายในแปลงมะม่วง

สำรวจแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ส่งออก และสุ่มเลือกพื้นที่การทดลองจากแปลงปลูกมะม่วงของเกษตรกร 1 ราย ใน อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี โดยคัดเลือกพื้นที่ปลูกที่มีผลมะม่วงอายุ 20 วัน ตรวจประเมินแปลงโดยเน้นชนิดสารเคมีที่ใช้ตามระบบ Cluster GAP และสอบถามวิธีการปฏิบัติในแปลงปลูก และการใช้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ สืบทอดเพื่อส่งออก จังหวัดสุพรรณบุรี

5.2. การสลายตัวของสารคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงที่ห่อผลและไม่ห่อผล

ปฏิบัติการทดลองตามการปฏิบัติจริงของเกษตรกร โดยใช้มะม่วงน้ำดอกไม้ที่มีอายุ 20 วัน ฉีดสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส อัตราความเข้มข้นในการฉีด 75% WG คลอร์ไพริฟอส คือ 20 g ต่อน้ำ 20 l และแบ่งมะม่วงเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งห่อผล และอีกส่วนหนึ่งไม่ห่อผล และทำการเก็บตัวอย่างตามตารางที่ 2 วิเคราะห์ด้วยวิธีการสกัดแบบ Multiresidue Analysis และใช้ตัวอย่างนี้วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ที่ต่อเข้ากับชุดตรวจวัด ECD

ตารางที่ 2 แสดงขั้นตอนการทดลอง และวันที่เก็บตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้ในแปลงทดลองเพื่อการวิเคราะห์

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง	ผ่านขั้นตอน			
		ฉีดครั้งที่ 1	ฉีดครั้งที่ 2	ห่อผล	ไม่ห่อผล
1	0 วัน	-	-	-	✓
2	0 วัน	✓	-	-	✓
3	20 วัน	✓	-	-	-
4	40 วัน	✓	✓	✓	
5	40 วัน	✓	✓	✓	✓
6	60 วัน	✓	✓	✓	-
7	60 วัน	✓	✓	✓	✓

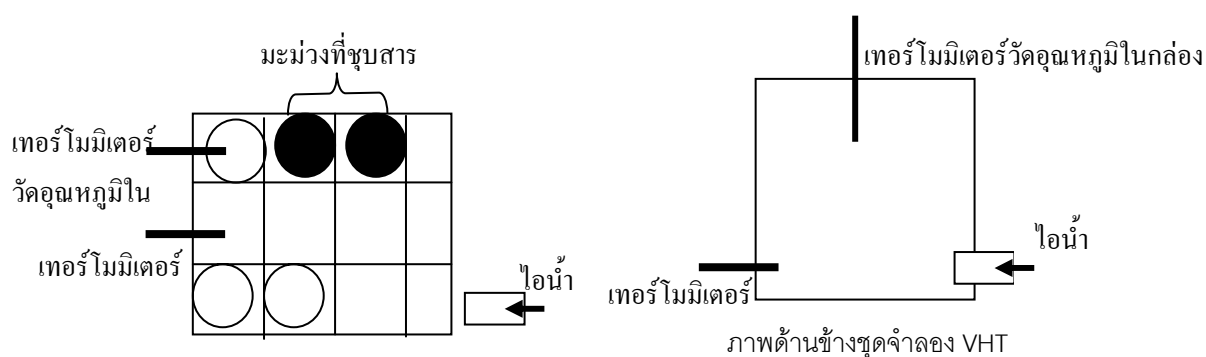
5.3. การอบไอน้ำด้วยห้องอบ VHT ของโรงงานส่งออก และชุดจำลอง VHT

การอบ VHT โดยโรงงานส่งออก เลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีขนาด 400- 500 g และมีความสุก 70 % นำมาชุบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส ให้ผลมะม่วงมีความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 2 และ 4 ppm ตามลำดับ นำมะม่วงที่ชุบแล้วมาผ่านการอบไอน้ำด้วยห้องอบ VHT ของโรงงานส่งออก เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 47°C โดยที่ความเข้มข้น 0.2 และ 2 ppm มีมะม่วงที่ไม่ชุบสารอบรวมอยู่ในตะกร้าเดียวกันด้วย

การอบไอน้ำโดยชุดจำลอง VHT ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนที่ 1 ทำการอบมะม่วงด้วยอากาศร้อน จนบริเวณที่เนื้อติดกับเมล็ดมะม่วงมีอุณหภูมิ 43°C และขั้นตอนที่ 2 อบไอน้ำร้อนมะม่วงให้บริเวณที่เนื้อติดเมล็ด มะม่วงมีอุณหภูมิ 47°C เป็นเวลา 20 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิภายในกล่องให้มีอุณหภูมิอยู่ใน ช่วงอุณหภูมิ $55^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$ นำมะม่วงที่มีขนาด 400- 500 g และมีความสุก 90 % ซึ่งความสุกของมะม่วงไม่มีผลต่อการสลายตัวของคลอโรไพริฟอส (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) ชุบสารกำจัดแมลงคลอโรไพริฟอส อบไอน้ำด้วยชุดจำลอง VHT โดยแบ่งการอบเป็น 3 ครั้ง คือ 0 ppm, 0.2 ppm กับ 0 ppm และ 2 ppm กับ 0 ppm ตามลำดับ โดยจัดวางมะม่วงตามภาพที่ 7 นำมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำด้วยห้องอบ VHT ของโรงงานส่งออก และชุดจำลอง VHT แล้วมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการสกัดแบบ Multiresidue Analysis และฉีดตัวอย่างที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ที่ต่อเข้ากับชุดตรวจวัด FPD



ภาพที่ 6 การอบไอน้ำมะม่วงด้วยห้องอบ VHT ของโรงงานส่งออก (ก) และชุดจำลอง VHT (ข)



ภาพที่ 7 แผนแสดงตำแหน่งผลมะม่วงในชุดจำลอง VHT และภาพด้านข้างของชุดจำลอง VHT

ผลและวิจารณ์

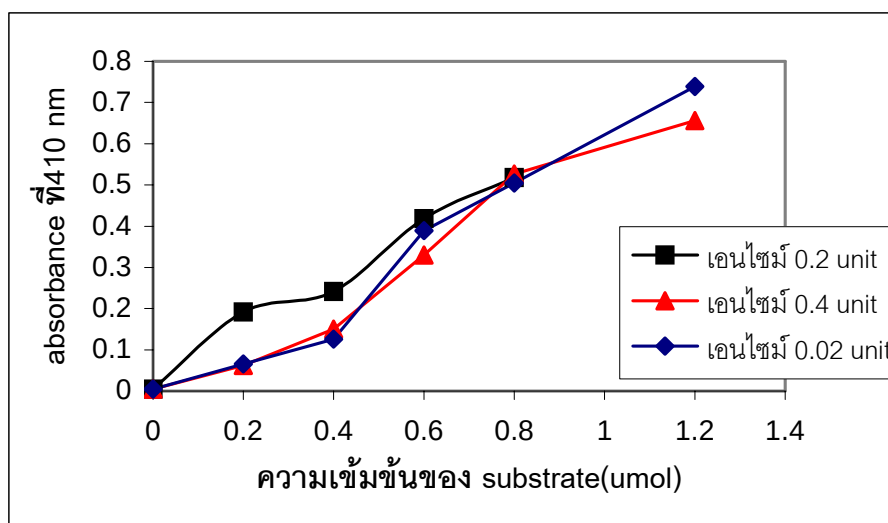
1. การศึกษาสถานะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ ด้วยเอนไซม์อะซิติลโคลีน เอสเตอเรส

1.1. ปฏิกริยาระหว่างเอนไซม์และสารตั้งต้น

เมื่อนำเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (จากปลาไหลไฟฟ้า) ไปไฮโดรไลซ์ ไทโอโคลีนเอสเตอ์ จะเกิดผลิตภัณฑ์หลัก 2 ชนิด คือ กรดอะซิติก และไทโอโคลีน (ปฏิกิริยา ที่ 1) ดังนั้นเมื่อ ไทโอโคลีน ทำปฏิกิริยากับ สาร 5,5 –dithio-bis-2-nitrobenzoic acid (DTNB) จะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ 2-nitrobenzoate-5-mercaptothiocholine และ 5-thio-2-nitrobenzoate (ปฏิกิริยาที่ 2) ซึ่งสาร 2-nitrobenzoate-5-mercaptothiocholine มีสีเหลืองทำให้สามารถวิเคราะห์หากิจกรรมเอนไซม์ที่เกิดขึ้นหรือการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ดังกล่าวได้



ผลจากการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส กับไทโอโคลีนเอสเตอ์ (สารตั้งต้น) ได้แสดงไว้ในภาพที่ 8 พบว่าความเข้มข้นของ สารตั้งต้นมีผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์สุดท้ายและมีแนวโน้มว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของ สารตั้งต้น และการใช้ปริมาณเอนไซม์ที่ต่างกัน 10 เท่า คือ 0.02 และ 0.2 unit ไม่มีผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยเทียบค่าการดูดกลืนแสง ที่ 410 nm มีค่าอยู่ที่ 0.739 และ 0.701 ตามลำดับ เมื่อปริมาตรของสารตั้งต้นเท่ากับ 1.2 μmol ส่วนช่วงเวลาของการทำปฏิกิริยาเอนไซม์-สารตั้งต้น พบว่าที่เวลา 15 นาทีเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด (ตารางที่ 3) ได้มีคณะวิจัยศึกษาความเร็วของการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวเปรียบเทียบกับเอนไซม์ที่เตรียมจากสิ่งมีชีวิตต่างๆ กัน พบว่าแม้ว่าปฏิกิริยาที่ใช้เอนไซม์จากปลาไหลไฟฟ้า จะเกิดได้ช้ากว่า แต่ก็สามารถยืนยันได้ว่าไทโอโคลีนเป็นสารตั้งต้นที่ดีสำหรับอะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (Dai II Jung et al, 2003)



ภาพที่ 8 การเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสกับไทโอโคลีน ที่อุณหภูมิ 37 °C

ตารางที่ 3 ผลของเวลาต่อการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสกับไทโอโคลีน

เวลา	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที
ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm	0.322	0.678	0.712	0.723	0.739	0.755

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงที่อุณหภูมิ 12 °C มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และเริ่มคงที่ที่ความเข้มข้นของคลอไพริฟอสเท่ากับ 0.01 ppm ในขณะที่อุณหภูมิ 37 °C ค่าการดูดกลืนแสงมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นอุณหภูมิ 37 °C เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสกับไทโอโคลีน

ตารางที่ 4 ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสกับไทโอโคลีน

คลอริฟิรฟอส (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm			ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm		
	12 °C			37 °C		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.630	0.645	0.6375	0.69	0.74	0.715
0.005	0.307	0.298	0.3025	0.64	0.67	0.655
0.01	0.295	0.285	0.290	0.55	0.60	0.575
0.05	0.263	0.259	0.261	0.459	0.532	0.496

1.2. ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความเข้มของสี DTNB

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้นของสารละลาย DTNB ที่เวลา 5 นาที และ 15 นาที (ตารางที่ 5) พบว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นค่าความเข้มของสี DTNB จะเพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิ 37 °C จะมีความเข้มของสี DTNB มากกว่าที่อุณหภูมิ 12 °C ดังนั้นควรจะใช้สารละลาย DTNB ที่ผสมแล้วไว้ที่อุณหภูมิ 12 °C

ตารางที่ 5 ผลของอุณหภูมิต่อความเข้มของสี DTNB

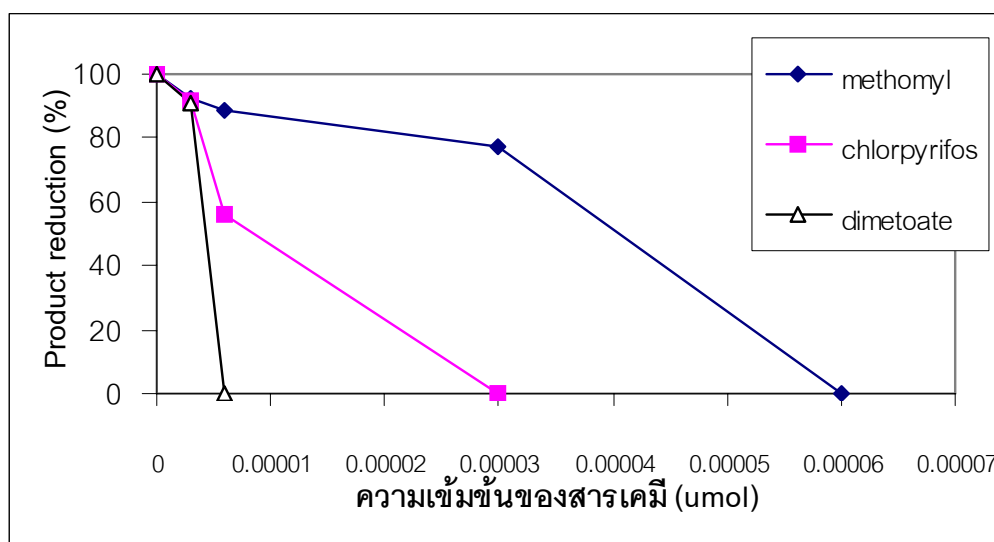
อุณหภูมิ	เวลา (นาที)					
	5 นาที			15 นาที		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
12 °C	0.037	0.040	0.039	0.071	0.079	0.075
37 °C	0.071	0.077	0.074	0.130	0.094	0.112

1.3. การยับยั้งเอนไซม์ด้วยสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต

ปฏิกิริยาการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสด้วยคลอร์ไพริฟอส ซึ่งแสดงในภาพที่ 9 พบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ 0.02 unit เมื่อใส่สารคลอร์ไพริฟอสที่มีความเข้มข้นต่างกันลงไป พบว่าความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสที่ต่างกันมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเอนไซม์-สารตั้งต้น ดังนี้คือ ค่าดูดกลืนแสงลดลงในปฏิกิริยาที่ใส่คลอร์ไพริฟอสความเข้มข้น 3.0×10^{-6} , 6.0×10^{-6} และ 3.0×10^{-5} μmol ตามลำดับ และลดลงที่จุดต่ำสุด ณ ความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส 3.0×10^{-5} μmol ทั้งนี้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเมื่อใส่คลอร์ไพริฟอสที่มีความเข้มข้น 6.0×10^{-5} μmol หลังจากนั้นแม้ว่าจะใส่คลอร์ไพริฟอสที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ก็ไม่ได้ส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงไป แสดงว่าคลอร์ไพริฟอสไปยับยั้งการไฮโดรไลซ์ปฏิกิริยาเอนไซม์-สารตั้งต้น ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใส่คลอร์ไพริฟอสที่มีความเข้มข้น 3.0×10^{-6} μmol จนถึง 3.0×10^{-5} μmol ซึ่งเป็นจุดต่ำสุด ดังนั้นสรุปได้ว่า ภายใต้สภาวะปกติ การยับยั้งการไฮโดรไลซ์ของปฏิกิริยาเอนไซม์-สารตั้งต้น โดยคลอร์ไพริฟอส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสเพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุด ๆ หนึ่ง และเริ่มจะคงที่ ที่คลอร์ไพริฟอสความเข้มข้นตั้งแต่ 6.0×10^{-5} μmol เป็นต้นไป แม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสอีก ก็ไม่ได้ทำให้เกิดการยับยั้งการไฮโดรไลซ์ของปฏิกิริยา เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

การยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือ คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโซเอท และสารกลุ่มคาร์บาเมตคือ เมทโซมิด ซึ่งแสดงในภาพที่ 9 พบว่า ไดเมทโซเอทมีฤทธิ์ยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ได้เร็วกว่าคลอร์ไพริฟอส และเมทโซมิด ตามลำดับ ซึ่งฤทธิ์ของการยับยั้งโดยสารต่างๆ ไม่สอดคล้องกับค่าความเป็นพิษในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงว่าเมทโซมิดเป็นสารที่มีพิษร้ายแรง ในขณะที่คลอร์ไพริฟอส และไดเมทโซเอทมีพิษปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเป็นพิษที่แจกแจงในรูป LD_{50} นั้นแสดงปริมาณของสารพิษที่ทำให้หนูทดลองตายไป 50% ของจำนวนหนูทดลองเริ่มต้นและค่านี้เป็นค่าสารที่ให้หนูทดลองกิน แม้ว่าค่า LD_{50} สามารถบอกความรุนแรงของสารพิษได้ แต่ยังไม่ได้บ่งบอกกลไกการออกฤทธิ์ของสารนั้นๆ เช่นสารเคมีไปยับยั้งเอนไซม์หรือสารเคมีที่มีผลให้เกิดเนื้องอก แม้ว่ากลไกการออกฤทธิ์หลักของทั้งคลอร์ไพริฟอส ไดเมทโซเอท และเมทโซมิด จะเหมือนกันคือส่งผลต่อเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส แต่ในรายละเอียดแล้วยังมีกลไกการออกฤทธิ์อื่นๆ ต่างกันออกไป ดังนั้นความเป็นพิษและกลไกของพิษหนึ่งๆ ที่จะ

เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์จึงมีความแตกต่างกันไป และมีปัจจัยอีกหลายชนิดที่ควรนำมาพิจารณาถึงผลกระทบของการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีต่อผู้บริโภค



ภาพที่ 9 แสดงอัตราการลดลงของปฏิกิริยาเอนไซม์-สารตั้งต้น ที่ถูกยับยั้งโดยสารคลอร์ไพริฟอส, ไดเมโทธอเอท และเมทโธมิล ที่ความเข้มข้นต่างๆ

1.4. การยับยั้งเอนไซม์ด้วยสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในน้ำคั้นผักและน้ำผลไม้

จากการทดลองการยับยั้งเอนไซม์ไคตินเอสเตอเรสกับสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส ในน้ำส้มวาเลนเซีย 100% (ยูนิฟ) น้ำผักผลไม้รวม 40% (ยูนิฟ) น้ำคั้นจากหน่อไม้ฝรั่ง แดงกวาและแคนตาลูป พบว่าหลักการของการวิเคราะห์นี้เป็นการหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจได้ว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นดังกล่าว เป็นค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากเฉพาะสารผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาอย่างแท้จริง จึงได้ตรวจค่าดูดกลืนแสงของน้ำคั้นผักหรือผลไม้แต่ละชนิด ซึ่งพบว่าค่าดูดกลืนแสงของน้ำคั้นผักต่างๆ อยู่ในช่วง 200-300 nm แสดงว่าไม่มีการรบกวนใดๆ ในการทดลอง อย่างไรก็ตามผักและผลไม้บางชนิดเช่น สตรอเบอรี่ หัวไชเท้า ส้มพันธุ์วาเลนเซีย และมันฝรั่ง เป็นต้น มีสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไคตินเอสเตอเรส (นิริยาและวิบูลย์, 2543) ดังนั้นการยับยั้งเอนไซม์ในปฏิกิริยา จึงอาจเกิดจากสารในพืชเองหรืออาจเกิดจากสารพิษตกค้างในพืชก็ได้

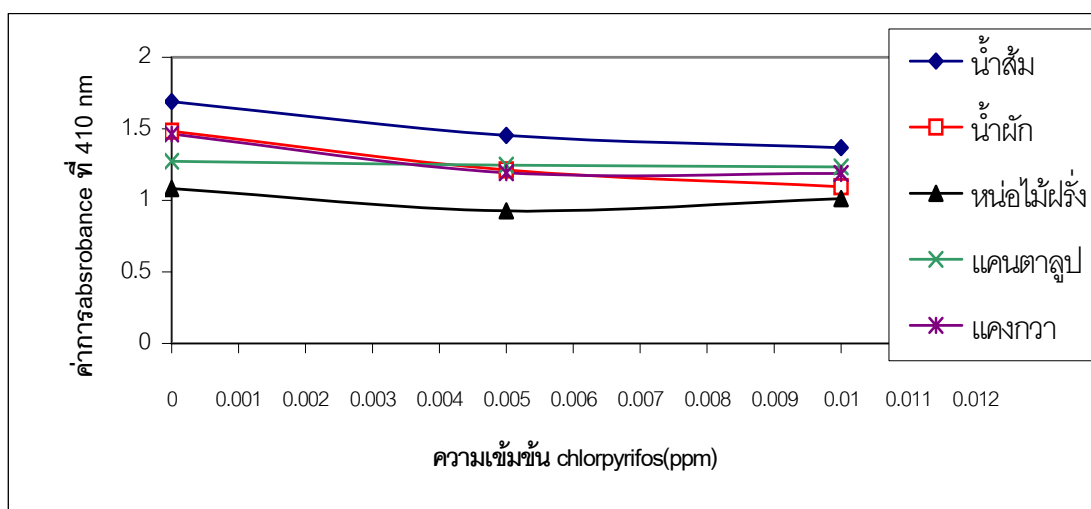
จากตารางที่ 6 พบว่าการยับยั้งเอนไซม์ด้วยสารคลอร์ไพริฟอสในน้ำคั้นผักหรือน้ำคั้นจากผลไม้โดยตรงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อความเข้มข้นของสารคลอร์ไพริฟอสเพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงจะลดลง และเมื่อนำผลการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติแบบ CRD – DMRT Duncan ‘s Multiple Range Test จะได้น้ำส้มวาเลนเซีย น้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง และน้ำคั้นแตงกวามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง น้ำคั้นผักและผลไม้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และน้ำคั้นแคนตาลูปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเลย วิธีการยับยั้งเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรสสามารถวิเคราะห์สารคลอร์ไพริฟอสในน้ำคั้นแตงกวาได้ในช่วงความเข้มข้น 0-0.01 ppm น้ำส้มวาเลนเซีย และน้ำคั้นผักและผลไม้สามารถบอกได้เพียงพบหรือไม่พบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสเท่านั้น ส่วนน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่งไม่สามารถใช้วิธีเอนไซม์วิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสได้ เพราะผลการทดลองมีความแปรปรวนสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Holger Schulze และคณะ (2007) พบว่าน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง มันฝรั่งมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรสจากปลาไหลไฟฟ้า 3%-7% และ 5%-22% ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงที่แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมการยับยั้งเอนไซม์ในน้ำคั้นผักและผลไม้ต่าง ๆ ด้วยสารคลอร์ไพริฟอส ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ CRD – DMRT Duncan ‘s Multiple Range Test

ความเข้มข้น chlorpyrifos(ppm)	น้ำส้มวาเลนเซีย	น้ำคั้นผัก	หน่อไม้ฝรั่ง	แตงกวา	แคนตาลูป
0	1.7503 a	1.5370 a	1.0830 a	1.4590 a	1.2720 a
0.005	1.3660 b	1.2650 b	0.9280 e	1.2053 bc	1.2460 a
0.01	1.2887 b	1.2557 b	1.0120 b	1.1940 c	1.2330 a
0.05	1.4483 b	1.2510 b	0.9690 d	1.1660 c	1.1710 a
0.1	1.4100 b	1.2733 b	0.9800 c	1.2607 b	1.1830 a
CV	8.14%	8.16%	0.48%	2.54%	3.93%
	**	*	**	**	ns

* = significance (P < 0.05)

** = highly significance (P < 0.01)



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบปฏิกิริยาการยับยั้งเอนไซม์ด้วยสารคลอโรไพริฟอส ที่ความเข้มข้นต่างๆ ใน น้ำคั้นจากผักและผลไม้

2. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยหลักการ ELISA

การวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอโรไพริฟอสที่ตกค้างในผักด้วยหลักการ ELISA จากชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well ของบริษัท Strategic diagnostics inc. ซึ่งเป็นชุดที่ใช้ในการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอโรไพริฟอสในน้ำโดยตรง และเมื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอโรไพริฟอสในผัก จึงต้องเพิ่มขั้นตอนในการสกัดสารกำจัดแมลงคลอโรไพริฟอสจากผัก โดยวิธีการสกัดที่ใช้อ้างอิงตามวิธีการสกัดจาก ELISA Test Kit ของบริษัท Horiba Biotechnology

จากตารางที่ 7 พบว่าเมื่อทำการสกัดสารกำจัดแมลงคลอโรไพริฟอสในผักกะหล่ำปลีและผักกาดขาว ตามวิธีการสกัดของ ELISA Test Kit ของบริษัท Horiba Biotechnology แล้วนำสารที่ได้จากการสกัดในตัวทำละลายเมทานอลไปวิเคราะห์หาค่า %recovery ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well ในความเข้มข้นของตัวทำละลายเมทานอลต่างๆ คือ 1% 10% และ 100% พบว่าทั้งในผักกะหล่ำปลีและผักกาดขาว %recovery ที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลความเข้มข้น 1% และ 10% มีความแตกต่างกันไม่มากนัก ในขณะที่ %recovery ที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลความเข้มข้น 100% ให้ค่า %recovery น้อย ในระดับ 20.52%- 9.2% ดังนั้นการวิเคราะห์สาร

กำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสด้วย ชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well จึงสามารถลดความเข้มข้นของตัวทำลายเมทานอลที่ใช้ในการสกัด ในช่วง 1 – 10 % ได้โดยไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการวิเคราะห์ แต่ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการดังกล่าวไม่สามารถที่จะใช้เมทานอลบริสุทธิ์มาวิเคราะห์โดยตรง

ตารางที่ 7 ผลของความเข้มข้นของเมทานอลในน้ำกลั่นต่อค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้จากการวิเคราะห์(% recovery) โดยการทดลองในกะหล่ำปลีและผักกาดขาวในการวิเคราะห์ด้วย ELISA

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ เมทานอลในน้ำกลั่น	เปอร์เซ็นต์การเอาคืน (% recovery)	
	ผักกะหล่ำปลี (N = 2)	ผักกะหล่ำปลี (N = 2)
1%	83.75	65.67
10%	81.95	63.81
100 %	20.52	9.20

การหาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์สามารถพิจารณาได้จากค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ (%recovery) การวิเคราะห์ที่ความเข้มข้นของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส 0.005 ppm ในผักกะหล่ำปลี ผักกาดขาว ถั่วฝักยาว ข้าวโพดฝักอ่อน พริก และคะน้า ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well เท่ากับ 83.75% 63.81% 68.08% 84.42% 40.46% และ 90.67% ตามลำดับโดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient determination) หรือ R^2 เท่ากับ 0.99 ซึ่งค่า R^2 มาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานและค่า OD โดยค่า R^2 เท่ากับ 0.99 แสดงให้เห็นว่า ความผันแปรของความเข้มข้นของสารมาตรฐานมีความสัมพันธ์กับค่า OD แบบเชิงเส้นในระดับสูงมาก และในการวิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well โดยทั่วไปแล้ว จะต้องมียุค R^2 ไม่ต่ำกว่า 0.98 ค่าที่วิเคราะห์ได้จึงจะมีความน่าเชื่อถือ สามารถยอมรับได้

3. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างโดยเครื่อง GC

3.1. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดแบบ Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) และ Yumiko Nakamura และคณะ(1994)

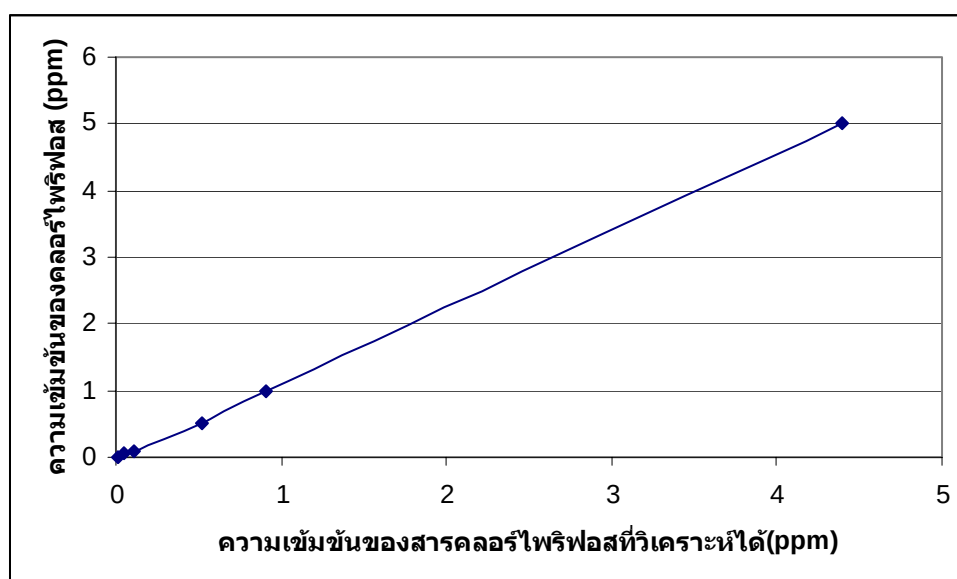
การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) และ Yumiko Nakamura และคณะ(1994) ด้วยเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของสารกำจัดแมลง อัลดริน, คลอร์ไพริฟอส, เดลดริน และอัลฟาเอ็นโดซัลแฟน ในข้าวโพดฝักอ่อนตามตารางที่ 8 พบว่าวิธีการสกัดของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) มีค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของสารกำจัดแมลง อัลดริน, คลอร์ไพริฟอส, เดลดริน และ อัลฟาเอ็นโดซัลแฟน มากกว่าวิธีการสกัดของ Yumiko Nakamura และคณะ(1994) โดยเฉพาะในคลอร์ไพริฟอส วิธีการสกัดของ Yumiko Nakamura และคณะ(1994) ไม่สามารถสกัดคลอร์ไพริฟอสได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) มาใช้ในการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส ด้วยเครื่อง GC

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้วิธีการสกัดแบบ Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) และ Yumiko Nakamura และคณะ(1994) จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC

สารกำจัดแมลง	เปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์(%Recovery)					
	Yumiko Nakamura และคณะ(1994)			Yumiko Nakamura และคณะ(1994)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
Chlorpyrifos	0%	0%	0 %	75.36%	95.42%	85.39%
Aldrin	36.10%	108.00%	72.05%	44.88%	44.52%	44.70%
Deldrin	38.10%	55.60%	46.85%	88.55%	66.85%	77.70%
Alfa Endosulfan	69.40%	160.00%	69.4 %	83.44%	67.00%	75.22%

3.2. การทดสอบหา linearity ของความเข้มข้นคลอรีนไฟฟอสที่ช่วง 0.01 – 5 ppm ของวิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003)

จากการหาค่า linearity ของความเข้มข้นของคลอรีนไฟฟอสในมะม่วงที่ใส่สารละลายมาตรฐานคลอรีนไฟฟอสลงไป เพื่อให้ตัวอย่างมะม่วงมีคลอรีนไฟฟอสตกค้างเท่ากับ 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1 และ 5 ppm ตามลำดับ ด้วยวิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) พบว่า ค่าความเข้มข้นของคลอรีนไฟฟอสที่วิเคราะห์ได้ คือ 0.01, 0.053, 0.12, 0.52, 0.91 และ 4.39 ppm ตามลำดับ และเมื่อนำไปเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้ กับความเข้มข้นที่คำนวณ (ภาพที่ 11) เพื่อตรวจสอบ linearity ซึ่งจะมีค่า correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99 แสดงว่าความเข้มข้นของคลอรีนไฟฟอสในช่วง 0.01 ppm- 5 ppm ของการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ด้วยวิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) เป็นช่วงที่ยอมรับได้



ภาพที่ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารคลอรีนไฟฟอสที่วิเคราะห์ได้ในมะม่วงที่ใส่สารละลายมาตรฐานคลอรีนไฟฟอส กับความเข้มข้นของสารคลอรีนไฟฟอสที่คำนวณได้

3.3. ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์สารพิษตกค้างโดยเครื่อง GC

ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์สารพิษตกค้างโดยเครื่อง GC สามารถอนุมานได้จากเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้(%recovery) ซึ่ง %recovery เฉลี่ยของการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง คลอร์ไพริฟอส ด้วยวิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) ในผักและผลไม้ 9 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดฝักอ่อน ผักกะหล่ำปลี พริกขี้หนูแดง พริกแดงใหญ่ ผักกาดขาว ผักชีฝรั่ง ถั่วฝักยาว กระเทียมและมะม่วง มีค่าเท่ากับ 62.99% 87.69% 102.89% 75.70% 94.62% 86.72% 84.23% 66.13% และ 103.94% ตามลำดับ การวิเคราะห์ผักและผลไม้ทั้ง 9 ชนิดดังกล่าว ที่ความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอส 1 ppm 0.1 ppm และ 0.05 ppm ได้ค่า %recovery อยู่ในช่วง 84.42% - 150.25% 58.19% - 120.15% และ 38.26% - 106.00% ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของการวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยวิธีนี้จะลดลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารพิษตกค้างมีค่าน้อย

ตารางที่ 9 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ความเข้มข้นต่างๆ ในผักและผลไม้ 9 ชนิด

เปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์ (%Recovery)				
ชนิด	ความเข้มข้น (N = 3)			
	0.05ppm	0.1ppm	1 ppm	ค่าเฉลี่ย
ข้าวโพดฝักอ่อน	41.48%	58.19%	85.39%	62.99%
ผักกะหล่ำปลี	100.87%	72.91%	89.29%	87.69%
พริกขี้หนู(แดง)	38.26%	120.15%	150.25%	102.89%
ผักกาดขาว	63.81%	72.72%	147.32%	94.62%
พริกแดงใหญ่	40.31%	87.86%	98.94%	75.70%
ผักชีฝรั่ง	45.73%	97.43%	117.00%	86.72%
กระเทียม	52.95%	61.02%	84.42%	66.13%
ถั่วฝักยาว	69.48%	87.98%	95.23%	84.23%
มะม่วง	106.00%	115.00%	90.83%	103.94%

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างคลอร์ไพริฟอส ที่ความเข้มข้น 0.05 ppm ด้วยวิธี Multiresidue Analysis จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่า สามารถนำไปใช้กับ ผักกะหล่ำปลี ผักกาดขาว กระเทียม ถั่วฝักยาว และมะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งมี %recovery เกินกว่า 50% (100.87, 63.81, 52.95, 69.48 และ 106.00 % ตามลำดับ)

วิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) เป็นวิธีการสกัดที่สามารถสกัดสารกำจัดแมลงได้ 2 กลุ่มพร้อมกัน คือ สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จากตารางที่10 แสดงถึงค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

ตารางที่ 10 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่ความเข้มข้น 1 ppm ในผัก 4 ชนิด ด้วยวิธีการวิเคราะห์ของ Michelangelo และคณะ(2003)

ชนิดของผัก	เปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ของวิธีการวิเคราะห์ (%Recovery)			
	Aldrin	Alfa Endosulfan	Beta Endosulfan	Dieldrin
ข้าวโพดฝักอ่อน	44.7%	75.22%	52.54%	77.70%
ผักกะหล่ำปลี	60.36%	86.85%	40.25%	81.45%
พริกขี้หนู(แดง)	70.81%	63.19%	35.32%	66.84%
ผักกาดหอม	38.41%	62.56%	3.82%	66.09%

3.4. การยืนยันผลการวิเคราะห์กับห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร

นำมะม่วงน้ำดอกไม้ไปส่งวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร โดยแบ่งเป็น 2 ตัวอย่าง คือ ส่วนเปลือก และส่วนเนื้อ พบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสตกค้างจากห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ในเปลือกและเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้ ไม่พบสารกำจัด

แมลงคลอรีไพริฟอสตกค้าง (Not detected) และค่า LOD เท่ากับ 0.01 mg/kg แต่ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Michelangelo Anastassiades และคณะ (2003) ในตัวอย่างเดียวกัน พบปริมาณสารกำจัดแมลงคลอรีไพริฟอสตกค้างในใบเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ เท่ากับ 0.019 ppm และไม่พบสารกำจัดแมลงคลอรีไพริฟอสตกค้าง ในเนื้อ (Not detected) และค่า LOD เท่ากับ 0.01 mg/kg

4. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอรีไพริฟอสด้วยหลักการ ELISA และวิธีวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง GC

เปรียบเทียบการวิเคราะห์สารพิษตกค้างคลอรีไพริฟอสด้วย ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis โดยการวิเคราะห์ตัวอย่างผักจากตลาดสดในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC มีค่าเท่ากับ 0.99 ซึ่งแสดงว่าผลการวิเคราะห์ของทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน และอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้จากตารางที่ 11 ค่าความเข้มข้นของสารพิษตกค้างใน กะหล่ำปลี (ตลาดสด) ผักกาดขาว (ตลาดสด) และถั่วฝักยาว ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC มีค่าสูงกว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้จากชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well (ELISA) เนื่องจากค่า %recovery ในผักดังกล่าว ของวิธีวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC (87.69% 94.62% 84.23% ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่า %recovery ของวิธีวิเคราะห์โดยใช้ชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well (81.95% 63.81% 68.08% ตามลำดับ) ส่วนค่าความเข้มข้นของสารพิษตกค้างใน ผักคะน้า ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC มีค่าต่ำกว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้จากชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well ก็สอดคล้องกับ %recovery ของผักคะน้า ที่ %recovery ของวิธีวิเคราะห์ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC (66.13%) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า %recovery ของวิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well (90.67%) ส่วนในกรณีของข้าวโพดฝักอ่อน และพริกขี้หนู แม้ว่าค่าความเข้มข้นของสารพิษตกค้างที่วิเคราะห์ได้จากทั้ง 2 วิธีจะไม่สอดคล้องกับ ค่า %recovery (%recovery ของการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC ของข้าวโพดฝักอ่อน และพริกขี้หนู เท่ากับ 62.99% 102.89% ตามลำดับ และ %recovery ของการวิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well เท่ากับ 84.42% 40.46% ตามลำดับ) แต่ค่าที่วิเคราะห์ได้จากทั้ง 2 วิธีมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากและมีค่าที่ต่ำ ซึ่งจากการทดลองหาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ที่ผ่านมา พบว่าที่ความเข้มข้นของสารพิษตกค้างต่ำ ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC จะน้อยลง ดังนั้นจึงมีความ

เป็นไปได้ว่าการที่ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารพิษตกค้างในข้าวโพดฝักอ่อนและพริกขี้หนู ไม่สอดคล้องกับค่า %recovery นั้น เป็นเพราะค่าที่วิเคราะห์ได้มีความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 11 ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในผักด้วยหลักการ ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC

ตัวอย่าง	การวิเคราะห์ด้วย GC (ppm)	ELISA (ppm)	ที่มา
พริกขี้หนู	0.051	0.058	สหกรณ์ ม.เกษตรศาสตร์
ข้าวโพดฝักอ่อน	0.187	0.161	สหกรณ์ ม.เกษตรศาสตร์
กะหล่ำปลี	ND	0.014	สหกรณ์ ม.เกษตรศาสตร์
ผักกาดขาว	ND	0.029	สหกรณ์ ม.เกษตรศาสตร์
ถั่วฝักยาว	1.240	1.015	ตลาดสด กำแพงแสน
คะน้า	0.227	0.309	ตลาดสด กำแพงแสน
กะหล่ำปลี	0.221	0.132	ตลาดสด กำแพงแสน
ผักกาดขาว	0.264	0.179	ตลาดสด กำแพงแสน

หมายเหตุ ND คือ Not detection

ค่าการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในตัวอย่าง กะหล่ำปลี และผักกาดขาว ที่จำหน่ายในร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไม่พบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส ตกค้าง หรือ not detection ในการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC แต่เมื่อ วิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well พบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสตกค้างเท่ากับ 0.014 ppm และ 0.029 ppm ตามลำดับ ซึ่งค่าที่วิเคราะห์ได้มีความเข้มข้นต่ำกว่า 0.05 ppm ซึ่ง %recovery ของการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC ที่ความเข้มข้น 0.05 ppm ในกะหล่ำปลี และผักกาดขาว เท่ากับ 100.87% และ 63.81% ตามลำดับ และด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well เท่ากับ 83.75% 63.81% ตามลำดับ เมื่อนำค่า %recovery ของการวิเคราะห์ด้วย ชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well มาคำนวณหาปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างใน ผัก พบว่า ผักกะหล่ำปลี และผักกาดขาว มีปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.017 ppm และ 0.045 ppm ตามลำดับ และเมื่อนำค่า %recovery ของการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC มาคำนวณหาปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในผัก พบว่า ผัก กะหล่ำปลี และผักกาดขาว มีปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส เท่ากับ 0.017 ppm และ 0.029

ppm ตามลำดับ ซึ่งค่าที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงค่า limit of detection ของเครื่อง GC ซึ่งเท่ากับ 0.01 ppm และในการวิเคราะห์อาจเกิดความผิดพลาดทำให้ปริมาณที่สกัดออกมาน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้ และน้อยกว่าค่า limit of detection จึงทำให้ไม่สามารถตรวจพบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส ในขณะที่ชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well สามารถวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสได้ถึงระดับหนึ่งในหนึ่งพันล้านส่วน ดังนั้นการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสตกค้างที่มีความเข้มข้นต่ำมาก หรือค่าใกล้เคียงกับ ค่า limit of detection ของเครื่อง GC ด้วยการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis จึงมีโอกาที่จะตรวจไม่พบสารตกค้างในผลผลิตได้

จากผลการสุ่มวิเคราะห์ผักจากตลาดสด ในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในตารางที่ 11 พบปริมาณการตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในผักจากตลาดสด ใน อ.กำแพงแสน มากกว่าในร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างผักกาดขาว และผักกะหล่ำปลี ที่จำหน่ายในร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และจากตลาดสด ในอำเภอกำแพงแสน พบว่า ผักกาดขาว และผักกะหล่ำปลี ที่จำหน่ายในร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ไม่พบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสตกค้าง หรือ not detection แต่จากตลาดสด ในอำเภอกำแพงแสน พบปริมาณการตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส 0.264 ppm และ 0.221 ppm ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well ก็พบปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในผักกาดขาว และกะหล่ำปลี จากตลาดสด ในอำเภอกำแพงแสน มากกว่าร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เช่นกัน

4. การตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในผลมะม่วงในแปลงปลูกและหลังการอบไอน้ำ

4.1. การปฏิบัติในแปลงปลูกของเกษตรกร และ GAP ภาคตะวันตก

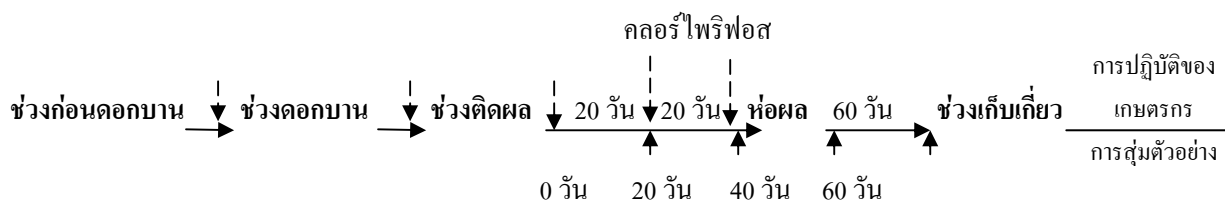
จากการตรวจประเมินแปลง และสอบถามเกษตรกรเบื้องต้นพบว่า ในวิธีการปฏิบัติของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงส่งออก ปฏิบัติตามระบบ GAP มะม่วงของกรมวิชาการเกษตร แต่เกษตรกรมีการใช้สารเคมีที่ไม่ได้กำหนดไว้ในคู่มือ GAP ด้วยดังตารางที่ 12 โดยสารเคมีที่ใช้จะอ้างอิงตามข้อกำหนดของประเทศที่นำเข้ามะม่วง เกษตรกรใช้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในการป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอย เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่ดีและราคาถูกกว่าสารกำจัดแมลงตัวอื่น แต่สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสไม่ได้กำหนดให้ใช้ใน GAP มะม่วง และฉลากของสารกำจัด

แมลงคลอร์ไพริฟอสที่เกษตรกรใช้ระบุให้ใช้กำจัดเพลี้ยแป้งในส้ม และให้เว้นระยะในการเก็บเกี่ยวหลังจากฉีด(PHI) 20 วัน ในวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรในการใช้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส คือ เกษตรกรจะฉีดหรือชุบผล ด้วยสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในระยะที่มะม่วงติดผลโดยฉีดเป็น 2 ครั้ง ครั้งแรกคือ หลังจากติดผลแล้ว 20 วัน และครั้งที่ 2 คือ หลังจากติดผลแล้ว 40 วัน (ก่อนที่จะทำการห่อผล) และเกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวหลังจากการฉีดคลอร์ไพริฟอสในครั้งที่ 2 ประมาณ 60 วัน (ภาพที่12)

และเมื่อตรวจประเมินแปลงเกษตรกรตามข้อกำหนดของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาค ตะวันตก ซึ่งมีข้อกำหนด 14 ข้อใหญ่ และมีเกณฑ์ในการประเมิน 4 ระดับ คือ ดีเยี่ยม ดี ทัวไป และไม่ผ่าน เกษตรกรมีการปฏิบัติที่เป็นไปตามข้อกำหนดฯ อยู่ในเกณฑ์ทั่วไป โดยเกษตรกรมีบันทึกการใช้สารเคมี ไม่มีการใช้สารเคมีต้องห้าม มีห้องเก็บสารเคมีโดยเฉพาะ และผลผลิตสามารถสอบกลับได้ถึงแหล่งปลูก โดยใช้ตะกร้าเป็นตัวกำหนด แต่มีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนจากบริเวณด้านนอก เนื่องจากบริเวณแปลงมะม่วงด้านหนึ่งติดนาข้าว และไม่มีแนวป้องกัน (Buffer zone)

ตารางที่ 12 ผลการสำรวจการใช้สารกำจัดแมลงในมะม่วงของ GAP ของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์ และแปลงเกษตรกรมะม่วงน้ำดอกไม้ส่งออก (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

GAP Thailand		Studied farm	
		2004	2006
Mancozeb	Dicinoconazole	Abamectin	Abamectin
Malathion	Prochloraz	Iminoctadine	Iminoctadine
Benomyl	λcyhalothrin	Propiconazole	Propiconazole
Carbendazim	Fenpropathrin	Prochloraz	Prochloraz
Carbosulfan		Chlorpyrifos	Acetamiprid
Propineb		Captan	Difenoconazole
Cypermethrin		Cypermethrin	

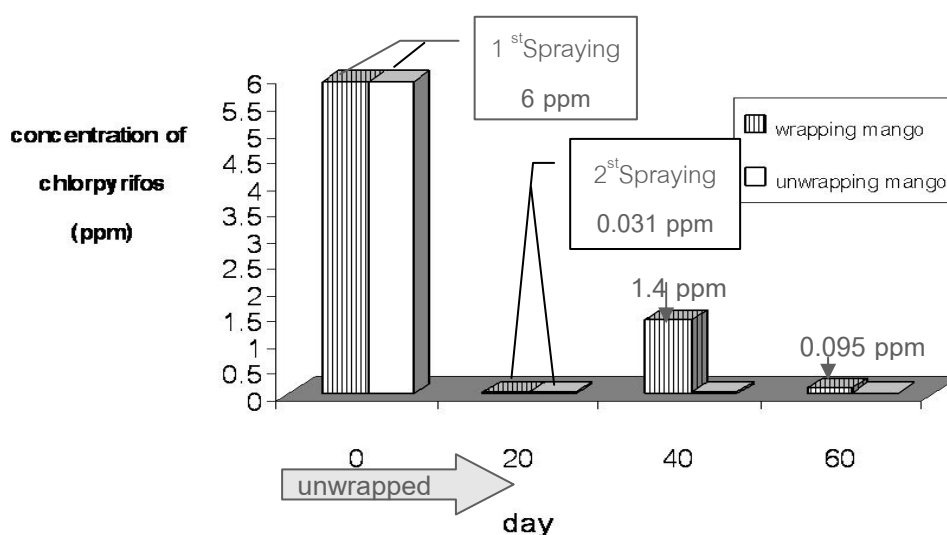


ภาพที่ 12 วิธีการปฏิบัติในการใช้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง
น้ำดอกไม้สีทอง จ.สุพรรณบุรี

4.2. การตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงจากแปลงทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการสลายตัวของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส 75% WG (อัตรา 20 g / น้ำ 20 l) ในมะม่วงที่ห่อผลและไม่ห่อผล พบว่าปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสตกค้างในมะม่วงที่ไม่ห่อผลหลังจากฉีดพ่นในเวลา 0 และ 20 วัน คือ 6 ppm และ 0.03 ppm ตามลำดับ และในเวลา 40 และ 60 วัน ตรวจไม่พบ(ND) สำหรับมะม่วงที่ห่อผลในวันที่ 40 และ 60 วัน สามารถพบคลอร์ไพริฟอสที่ 1.4 ppm และ 0.095 ppm ตามลำดับ (ภาพที่ 13) โดยเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอสที่ 60 วัน ของมะม่วงที่ไม่ห่อผลและห่อผล คือ 100% และ 98% ตามลำดับ จากการศึกษาของ ศิริพันธ์และบัณฑิต (2541) ในการสลายตัวของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส 40% EC ตามคำแนะนำบนฉลากในถั่วฝักยาวซึ่งมีอัตราการใช้ที่เหมือนกับการทดลองในแปลงมะม่วง พบว่า ที่ 0 วัน พบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส 7.71 ppm และมีการสลายตัวเหลือตกค้าง 0.02 ppm ที่ 10 วันหลังการฉีดพ่น เมื่อพิจารณาการสลายตัวของสารคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงและถั่วฝักยาว พบว่า ที่ 10 วัน ปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในถั่วฝักยาวมีปริมาณต่ำกว่าที่ตกค้างในมะม่วงที่ห่อผล 60 วัน และมีปริมาณใกล้เคียงกับมะม่วงที่ไม่ห่อผลในเวลา 20 วัน ซึ่งต่ำกว่าค่า MRL มะม่วงของประเทศญี่ปุ่น(ตารางที่ 13) Montemurro และคณะ(2002) ได้ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการลดของปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส และค่าครึ่งชีวิตของคลอร์ไพริฟอสในรูป 40% EC 75% WG และ Microcapsulates (ME) ในส้ม พบว่าการลดลงของคลอร์ไพริฟอสในรูป 40% EC และ 75% WG มีลักษณะที่เหมือนกัน และค่าครึ่งชีวิต ($t_{1/2}$) ในรูป 40% EC และ 75% WG ของคลอร์ไพริฟอส คือ 24.6 วัน และ 42.8 วัน ตามลำดับ แสดงว่าอัตราการสลายตัวของ 40% EC เป็น 2 เท่าของ 75% WG ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในมะม่วงและถั่วฝักยาว ดังนั้นการห่อผลมะม่วงลดการสลายตัวของคลอร์ไพริฟอส และถ้าเกษตรกรใช้สาร 40% EC คลอร์

ไพรฟอสในการควบคุมเพลี้ยแป้งในมะม่วง ปริมาณคลอรีไพรฟอสที่ตกค้างในมะม่วงหลังเก็บเกี่ยว อาจจะมีปริมาณที่ต่ำกว่ามะม่วงที่ถูกชุบหรือฉีดด้วย 75% WG คลอรีไพรฟอส



ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบปริมาณสารกำจัดแมลงคลอรีไพรฟอสที่ตกค้างในมะม่วงที่ห่อผลและไม่ห่อผลในวันที่ 0, 20, 40 และ 60 วัน

ตารางที่ 13 ปริมาณของคลอรีไพรฟอสในรูป WG ที่ตกค้างในมะม่วง และในรูป EC ที่ตกค้างในถั่วฝักยาว (ศิริพันธ์และบัณฑิต, 2541) ที่ 0 วัน

ชนิด	รูปแบบ	อัตราที่ใช้	ปริมาณของคลอรีไพรฟอส ในน้ำ 20 ลิตร	ปริมาณคลอรีไพรฟอส ที่ 0 วัน (mg/kg)
มะม่วง	75%WG	ตามฉลากแนะนำ	15 g	6 ppm
ถั่วฝักยาว	40%EC	ตามฉลากแนะนำ	20 g	7.7 ppm
		2 เท่าของฉลากแนะนำ	40 g	25.46 ppm

4.3. การตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสจากการอบไอน้ำด้วยเครื่อง VHT และชุดจำลอง VHT

จากการศึกษาผลของการอบไอน้ำในผลมะม่วงด้วยเครื่อง VHT ที่บริษัทส่งออก (คลอร์ไพริฟอสที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 2.0 และ 4.0 ppm และการอบไอน้ำในผลมะม่วงด้วยชุดจำลอง VHT (คลอร์ไพริฟอสที่ความเข้มข้น 0.2 และ 2.0 ppm) พบว่าการอบไอน้ำเร่งให้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสสลายตัวมากขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของคลอร์ไพริฟอสเท่ากับ 46.75% - 62.5% และ 48.0%-59.5% ตามลำดับ เนื่องจากไอน้ำทำปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส กับสารคลอร์ไพริฟอสที่เคลือบอยู่บนผิวมะม่วง แต่จากตารางที่ 14 มะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำด้วยเครื่อง VHT ที่บริษัทส่งออก และชุดจำลอง VHT ความเข้มข้น 0.2 ppm Control 0.2 ppm 2.0 ppm และ Control 2 ppm พบว่าเมื่อนำมะม่วงน้ำดอกไม้ที่หุบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสอบไอน้ำร่วมกับมะม่วงที่ไม่ได้หุบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสไม่เกิดการปนเปื้อนข้ามของคลอร์ไพริฟอสเนื่องจากแรงพ่นและการพัดพาไอน้ำภายใต้คูบ

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อบไอน้ำด้วยเครื่อง VHT ที่บริษัทส่งออก และชุดจำลอง VHT

การทดลอง	ปริมาณคลอร์ไพริฟอสที่ตกค้างหลังจากการอบไอน้ำ (ppm)			
	เครื่อง VHT ที่บริษัทส่งออก (N = 3)			ชุดจำลอง VHT (N = 3)
	เปลือก	เนื้อ	ผล	ผล
มะม่วง 0 ppm	0.11 ±0.028	0.02 ±0.020	0.02	ND
มะม่วง 0.4 ppm	1.32 ±0.347	0.02 ±0.008	0.15	-
มะม่วง 0.2 ppm	0.881 ±0.376	ND	0.10	0.130 ±0.082
Control 0.2 ppm	ND	ND	ND	ND
มะม่วง 2.0 ppm	6.754 ±0.546	ND	0.79	0.81 ±0.255
Control 2.0 ppm	0.019 ±0.005	ND	0.012	ND
มะม่วง 4.0ppm	21.34 ±0.023	0.058 ±0.023	2.13	-

หมายเหตุ ND คือ Not detection

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การศึกษาสถานะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ ด้วยเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส

วิธีการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต โดยใช้หลักการการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสที่สกัดจากปลาไหลไฟฟ้า กับโซโอโคลีน (สับสเตรท) ซึ่งสามารถวิเคราะห์สารกำจัดแมลงในน้ำคั้นผลไม้และผักสดได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย พบว่า ที่ความเข้มข้นของสับสเตรทและเอนไซม์ $1.2 \mu\text{mol}$ และ 0.02 unit เกิดกิจกรรมที่ดีที่สุด ภายใต้อุณหภูมิ 37°C ในเวลา 15 นาที

ในการศึกษาการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสด้วยวิธีเอนไซม์ พบว่า คลอร์ไพริฟอส ที่ความเข้มข้น $3.0 \times 10^{-5} \mu\text{mol}$ สามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสในระดับต่ำสุด

วิธีการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสสามารถวิเคราะห์สารคลอร์ไพริฟอสในน้ำคั้นแดงกว่าได้ในช่วงความเข้มข้น 0-0.01 ppm น้ำส้มวาเลนเซีย และน้ำคั้นผักและผลไม้สามารถบอกได้เพียงพบหรือไม่พบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสเท่านั้น

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สารพิษตกค้างคลอร์ไพริฟอสด้วยหลักการ ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC

2.1. ช่วงความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสที่ 0.01 ppm- 5 ppm ของวิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) เป็นช่วงนี้มีค่า linearity สูง ซึ่งพิจารณาจากค่า correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99

2.2. วิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) เป็นวิธีการสกัดที่สามารถสกัดสารกำจัดแมลงได้ 2 กลุ่มพร้อมกัน คือ สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

2.3. เปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้(%recovery) เฉลี่ยของการวิเคราะห์สารพิษตกค้างคลอร์ไพริฟอส ด้วยวิธี Multiresidue Analysis ของ Michelangelo Anastassiades และคณะ(2003) ในข้าวโพดฝักอ่อน ผักกะหล่ำปลี พริกชี้หนูแดง พริกแดงใหญ่ ผักกาดขาว ผักชีฝรั่ง ถั่วฝักยาว คะน้า และ มะม่วง เท่ากับ 62.99% 87.69% 102.89% 75.70% 94.62% 86.72% 84.23% 66.13% และ 103.94% ตามลำดับ

2.4. ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ด้วยวิธี Multiresidue Analysis นี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของผักและผลไม้ ปริมาณการตกค้างของคลอร์ไพริฟอส โดยประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สารพิษตกค้างคลอร์ไพริฟอสจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของคลอร์ไพริฟอสน้อยลง และค่า limit of detection ของเครื่อง GC

2.5. ค่าเปอร์เซ็นต์การเอาคืนได้ (%recovery) ที่ความเข้มข้นของสารพิษตกค้างคลอร์ไพริฟอส 0.005 ppm ในผักกะหล่ำปลี ผักกาดขาว ถั่วฝักยาว ข้าวโพดฝักอ่อน พริก และคะน้า ซึ่งวิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well มีค่าเท่ากับ 83.75% 63.81% 68.08% 84.42% 40.46% และ 90.67% ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.99

2.6. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation coefficient) ของการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC เท่ากับ 0.99 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ด้วยชุด Chlorpyrifos plate kit 96 well มีความถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงกับการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC และการเปรียบเทียบขั้นตอนการวิเคราะห์สารเคมี เวลา และค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ระหว่างการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue Analysis ด้วยเครื่อง GC แสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 15 ตารางเปรียบเทียบขั้นตอนการวิเคราะห์ สารเคมี เวลา และค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์
ระหว่างการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ELISA และการวิเคราะห์แบบ Multiresidue
Analysis ด้วยเครื่อง GC

	การวิเคราะห์ด้วย GC	ELISA
1. น้ำหนักตัวอย่าง	10 กรัม	5 กรัม
2. การสกัด	มี	มี
2.1. ขั้นตอนในการสกัด	2 ขั้นตอน	1 ขั้นตอน
2.2. วิธีการสกัด	ใช้ Vortex ในการสกัด	เครื่องเขย่า
2.3. สารละลาย	Acetonitrile	Methanol
2.4. ปริมาณสารละลายที่ใช้	10 มิลลิลิตร	25 มิลลิลิตร
2.5. สารที่ใช้ในการ Dehydrate	MgSO ₄	-
2.6. การแยกกากตัวอย่างออกจาก สารละลาย	Centrifuge	กระดาษกรอง
2.7. การ clean up	สาร PSA และ MgSO ₄	-
3. การระเหยเพื่อเปลี่ยนสารละลาย (Evaporation)	เป่าด้วยก๊าซไนโตรเจน	ไม่มี
4. การ Eluate	มี	ไม่มี
4.1. สารละลาย	Cyclohexane และ Ethyl acetate	-
4.2. ปริมาณสารละลายที่ใช้	0.5 มิลลิลิตร	-
5. การลดความเข้มข้น	ไม่มี	มี
5.1. สารละลาย	-	น้ำกลั่น
5.2. อัตราส่วน	-	1: 10
6. การวิเคราะห์	เครื่อง Gas Chromatography	เครื่อง ELISA reader
7. ชนิดของสารกำจัดแมลง	กลุ่ม Organophosphate กลุ่ม Organochlorine	Chlorpyrifos
8. เวลา		
8.1. ขั้นตอนการสกัด	1 ชั่วโมง/ ตัวอย่าง	1 ชั่วโมง/ ตัวอย่าง
8.2. ขั้นตอนการวิเคราะห์	30 นาที / ตัวอย่าง (เฉพาะตัวอย่าง)	2 ชั่วโมง/ 8 ตัวอย่าง (วิเคราะห์พร้อมกันสาร

		มาตรฐาน)
9. ค่าใช้จ่าย	1000 บาท / ตัวอย่าง	45 บาท / ตัวอย่าง

2.7. จากการสุ่มตัวอย่างผักจากตลาดสด ใน อ.กำแพงแสน และร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า ปริมาณการตกค้างของคลอร์ไพริฟอสในผักจากตลาดสด ใน อ.กำแพงแสน มากกว่าในร้านค้าของสหกรณ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การห่อผลมะม่วงในแปลงปลูกที่มีผลต่อการตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส

เกษตรกรใช้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในขั้นตอนการห่อผลเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งและเพลี้ยหอย แต่การห่อผลมะม่วงด้วยถุงกระดาษ 2 ชั้น ทำให้คลอร์ไพริฟอสสลายตัวช้ากว่าการไม่ห่อผล ส่งผลให้ปริมาณการตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงที่ห่อผลมากกว่าในมะม่วงที่ไม่ห่อผล

4. การตกค้างของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสจากการอบไอน้ำด้วยเครื่อง VHT และชุดจำลอง VHT

การอบไอน้ำเพิ่มการสลายตัวของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงน้ำดอกไม้ คือ 46.75% - 62.5% ปริมาณของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในเปลือกมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ มากกว่าในเนื้อมะม่วง เป็นสัดส่วน คือ 63 - 197 เท่า และกระบวนการอบไอน้ำมะม่วงไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วง

ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์สารกำจัดแมลงด้วยหลักการการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส ควรจะมีการนำเครื่องมือที่มีความละเอียดหรืออุปกรณ์สื่อสารมาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งจะช่วยให้ค่าของการตรวจวัดละเอียดและแม่นยำมากขึ้น และเป็นการขยายขีดความสามารถของการวิเคราะห์ เนื่องจากวิธีนี้มีความไวในการวิเคราะห์สูง เมื่อทำการวิเคราะห์โดยตรง ทำให้ค่าที่วิเคราะห์เห็นความแตกต่างไม่ชัดเจน
2. การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ELISA ด้วยวิธีการสกัดสารด้วยเมทานอลให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีพอสมควร ทั้งนี้เป็นวิธีที่ง่ายและราคาถูก ดังนั้นจึงควรที่จะมีการวิจัยและพัฒนาวิธีที่ใช้ในการสกัดเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด
3. ในการใช้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วง เกษตรกรควรจะเว้นระยะการเก็บเกี่ยวมะม่วงในแปลงให้นานขึ้น เช่น ทำการหุบสารกำจัดแมลงเร็วขึ้น หรือหุบสารกำจัดแมลงเพียงครั้งเดียว เพื่อให้การสลายตัวของปริมาณสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสในมะม่วงเพิ่มขึ้น และควรที่จะมีการทำการวิจัยเพิ่มเติมว่าการลดการปนหรือหุบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสว่าจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วงมากน้อยเพียงใด
4. เกษตรกรอาจจะเปลี่ยนรูปแบบสารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอส จาก 75% WG คลอร์ไพริฟอส เป็น 40% EC คลอร์ไพริฟอส เนื่องจากค่าครึ่งชีวิตของ 40% EC คลอร์ไพริฟอส มีค่าน้อยกว่า ทำให้สารกำจัดแมลงคลอร์ไพริฟอสสลายตัวได้เร็วกว่า

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. นโยบายและแผนแม่บทการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 2545 –2549.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. เอกสารสนับสนุนระบบการจัดการคุณภาพ: GAP มะม่วง สำหรับเกษตรกร.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. ข้อตกลงร่วมกันนำมะม่วงไปประเทศญี่ปุ่น, น. 63-82. ใน การสัมมนาเรื่อง การเข้าสู่ระบบรับรองการผลิต (Food Safety) และเงื่อนไขการส่งออกผักผลไม้ไปต่างประเทศ . กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก. 2548. การผลิตพืชคุณภาพตามระบบ GAP. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการส่งออก. 2549. สินค้าออกสำคัญของไทยในกลุ่มเกษตร. แหล่งที่มา: <http://www.ops2.moc.go.th/tradeth/cgi/ExCountry2.asp>, 1 พฤษภาคม 2550.

กอบทอง ฐปัทม. 2541. สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช พิษภัยและยาเสพติดกับการตกค้างในอาหาร. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 28 (1): 16-21.

กอบทอง ฐปัทม บุญไฟ สัจจวานนท์ กอบกุล จิระกอบชัชวาลย์ กนกพร อธิสุข และพัชรพรรณ จงมีวาสนา. 2541. ประสิทธิภาพของชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในอาหาร วารสารกรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ 40 (3): 273-287

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ. 2547. คู่มือมะม่วง. ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์เทพพิทักษ์, กรุงเทพฯ.

จินตนา ภู่มงกุฏชัย พนิดา ไชยยันต์บุรณ์ และ ชีรพล อุ่นจิตต์วรธนะ. 2545. การหาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักตระกูลกะหล่ำ, น. 257-23. ใน การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 4. กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ธีรรัตน์ โพธิพันธุ์. 2542. การตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิดในระบบการปลูกพืชแบบยกร่อง กรณีศึกษา: สวนองุ่น อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์ รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล และชัยณรงค์ รัตนกริธากุล. 2545. การพัฒนาการจัดการข้าวโพดฝักอ่อนหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และสารตกค้าง. 29.

นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ สมชาย เอื้อพิพัฒนานกุล และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์. 2536. เทคนิคการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี.

นิติ รัตนปนนท์ และวิบูลย์ รัตนปนนท์. 2543. สารพิษในอาหาร. โอเอสพริ้นติ้ง เฮาส์. กรุงเทพฯ.

พนิดา ไชยยันต์บุรณ์ ชีรพล อุ่นจิตต์วรธนะ และจินตนา ภู่มงกุฏชัย. 2545. วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในผักชนิดต่างๆ, น. 264-270. ใน การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 4. กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พูลสุข หลุทัยธนาสันต์. 2545. ผลกระทบของวัตถุมีพิษต่อสิ่งแวดล้อม, น. 264-270. ใน การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 4. กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ โล่ห์สุนทร. 2531. การทดสอบเพื่อตรวจคัดโรคและวินิจฉัยโรค วิทยาการระบาดประยุกต์
ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 17-
25.

ภิญญา จุลินทร ศิวากรณ์ สกฤตเพียงตรง และวิภา ตั้งนิพนธ์. 2545. การแพร่กระจายของวัฏุมิพิษ
จากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แม่น้ำสายหลักในประเทศไทย, น. 55-63. ใน การประชุม
วิชาการกองวัฏุมิพิษการเกษตร ครั้งที่ 4. กองวัฏุมิพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ยุทธชัย อนุรักษิพันธุ์ โรจน์ คุณเอนก ลักษมี เมตต์ปราณี และจักรกริณี จิรภัตตานนท์. 2543.
การกำจัดสารพิษจากสารฆ่าแมลงมาลาไรออนออกจากพืชผักโดยใช้ไอโซน, น.337. ใน
การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และ
ทบวงมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร. 2549. สถิติการผลิตการเกษตรตามชนิดพืชเลือกพืช
10 อันดับแรกปีเพาะปลูก2549/2550ทั้งประเทศ. แหล่งที่มา [www.production.doae.go.th](http://www.production.doae.go.th/estimate/reportP2/reportP2_graph2.php)
/estimate/reportP2/reportP2_graph2.php, 5 ตุลาคม 2549.

รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล. 2545. ภาวะการปนเปื้อนสารเคมีและจุลินทรีย์ในผักและผลไม้, น.121-
140. ใน การประชุมวิชาการประเพณี ธรรมศาสตร์-มหิดล-กองทัพเรือ-เกษตรศาสตร์ ครั้งที่
ที่ 9. สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์
รังสิต, กรุงเทพฯ.

รุ่งฤดี มีสมบุญณ์ ลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล และจันทร์ทิพย์ ชำรงศรีสกุล. 2545. การพัฒนาวิธีตรวจ
สารพิษตกค้างอย่างรวดเร็ว, น.156-165. ใน การประชุมวิชาการกองวัฏุมิพิษการเกษตร
ครั้งที่ 4. กองวัฏุมิพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังโน. 2529. มะม่วง. ครั้งที่ 1. บริษัท ศรีสมบัติการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

วิชชุดา โจนานนท์. 2545. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโคลีนเอสเตอเรสในร่างกายกับความรู้
และพฤติกรรม.

วิภา ตั้งนิพนธ์. 2541. ความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตและคาร์บา
เมต. ข่าวสารวัตถุดิบพิษ 25 (3): 113-122.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2548. การส่งออกสินค้าการส่งออกสินค้าสำคัญของ
ไทยปี 2544-2548. แหล่งที่มา: www.ops2.moc.go.th/meeting/bbxls, 10 สิงหาคม 2548.

ศิวาภรณ์ สกฤตเที่ยงตรง ไชรยา พันธุ์วิริยะพงษ์ พูลสุข หฤทัยธนาสันต์ ศรีพรรณ มุขสมบัติ และ
อารี ไชยาภินันท์. 2538. การศึกษาการสะสมของวัตถุมีพิษในดิน น้ำ ตะกอน และปลา
บริเวณสวนส้มโอ ภายใต้โครงการลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร, น. 142-156. ใน การ
ประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร ครั้งที่ 1. กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการ
เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2548. ตลาดส่งออกมะม่วงของไทย. แหล่งที่มา:
www.ops2.moc.go.th/tradeth/cgi/excomm2.asp, 10 สิงหาคม 2548.

ศักดิ์ดา ศรีนิเวศน์ และนันทนา ทราบรัมย์. 2548. พิษภัยของสารกำจัดศัตรูพืช ผลกระทบต่อ
สุขภาพของคนไทยวันนี้. แหล่งที่มา: www.doae.go.th/reportlsaph.pdf, 10 สิงหาคม 2548

ศิริพันธ์ สุขมาก และบัณฑิต คำรักษ์. 2541. วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างคลอร์ไพริฟอสใน
ถั่วฝักยาวเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง(ครั้งที่2). ข่าวสารวัตถุดิบพิษ 25 (2):
49-61.

สมสมัย ปาลกุล และสุวิมล เลิศวีระศิริกุล. 2545. การศึกษาสารพิษตกค้างของวัตถุมีพิษใน
ส้มเขียวหวานและส้มโอ, น. 134-138. ใน การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร
ครั้งที่ 4. กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ.

สถาบันราชภัฏยะลา. 2549. ฐานข้อมูลพันธุ์ไม้. แหล่งที่มา [www.yalor.yru.ac.th](http://www.yalor.yru.ac.th/~research/biodiversity/room1/mango.html)
/~research/biodiversity/room1/mango.html, 4 ตุลาคม 2549.

สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข. 2546. หยุด! สารเคมีเกษตรเพื่อสุขภาพคนไทย, ใน การประชุม
เวทีสมัชชาแห่งชาติ พ.ศ. 2546 . กรุงเทพฯ.

สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2549. สถิติการผลิตการเกษตรตามชนิด
พืชเลือกพืช 10 อันดับแรกปีเพาะปลูก2549/2550ทั้งประเทศ. แหล่งที่มา [www.phtnet.org/](http://www.phtnet.org/postech/web/mango/index.htm)
postech/web/ mango/index.htm, 5 ตุลาคม 2549.

สมาคมอารักขาพืช. 2543. คู่มือการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. ครั้งที่ 1. บริษัทฮั่วน้ำ พรินต์
จำกัด, กรุงเทพฯ.

สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ กรมวิชาการเกษตร. 2544. ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืชมะม่วง. ครั้งที่
1. กรุงเทพฯ.

สำนักกระบวนวิชา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2549. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ปี
2547. ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, กรุงเทพฯ.

สมิง เก่าเจริญ และ ยุกา ลีลาพฤทธิ. 2537. เกณฑ์มาตรฐานในการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับพิษจาก
สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต. ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์พิมพ์ดี,
กรุงเทพฯ.

สุทธิพันธ์ สารสมบัติ วิบูลย์ศรี พิมพ์พันธ์ นภาพร บานชื่น ทศนีย์ สุโกศล ศันสนีย์ เสนะวงษ์
ธารารักษ์ ธารากุล และสิริฤกษ์ ทรงศิริไธ. 2537. **อิมมูโนวิทยา**. ครั้งที่ 4. บริษัทพรินต์
โพร จำกัด, กรุงเทพฯ.

สุนันท์ธนา แสนประเสริฐ อรพรรณ ศรีสุขวัฒนา และ จิตพร คหัทธนา. 2543. สรุปสถานการณ์
สุขภาพ ข้อเสนอต่อการจัดการด้านความสะอาดปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคภายในประเทศ กอง
สุขภาพอาหาร กรมอนามัย 2543

สุภาณี พิมพ์สมาน. 2537. **สารฆ่าแมลง**. ครั้งที่ 1. โครงการตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการ. 2548. **ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสาร
กำจัดศัตรูพืชปี 2537-2546**. แหล่งที่มา: <http://www.doa.co.th>, 21 สิงหาคม 2548.

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 2548. **สรุปรายงานโครงการพิเศษปี 2548 เรื่องการ
เฝ้าระวังและติดตามการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างทางการเกษตรในแม่น้ำบางปะกง**.

Anastassiades, M., S.J. Lehotay, D. Stajnbaher and F.J. Schenck. 2003. Fast and Easy
Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and “Dispersive
Solid-Phase Extraction” for the Determination of Pesticide Residues in Produce. **Journal
of AOAC International**. 86(2): 412-431

Ciucu, A., C. Ciucu and R.P. Baldwin. 2002. Organic phase potentiometric biosensor for
detection of pesticides. **Roum. Biotechnology. Lett.** 7 (2): 625-630

Jung, D.I, J.S. Young, E.S. Lee, T. Moon, C.N. Yoon and B.H. Lee. 2003. Acetyl cholinesterase (AchE)-Catalyzed Hydrolysis of Long-hain Thiocoline Esters: Shift to a New Chemical Mechanism. **Bull. Korean Chem. Soc.** 24 (1): 65-69

EUREPGAP. 2007. **General Regulations** . Available Source: www.eurepgap.org/fruit/Languages/English/index_html, January 6, 2007.

Kazumi, U. 2005. Pesticide Residue Analysis by ELISA, pp. 64-71. *In การสัมมนาและฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ "การวิเคราะห์และประกันคุณภาพระบบตรวจสอบสารพิษตกค้างในผักผลไม้" 1. ed.* ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

Klavdija, M., P. Boris, P. Lea and F. Mladen. 2003. Optimised calibration procedure for bioanalytical determination of organophosphate pesticides in apple juices by immunobilised AchE. **Acta Chim. Slov.** 50: 383-394.

Montemurro, N., F. Grieco, G. Lacertosa and A. Visconti. 2002. Chlorpyrifos Decline Curves and Residue Levels from Different Commercial Formulations Applied to Oranges. **J. Agric. Food Chem.** 50: 5975-5980

National Registration Authority. 2006. **The NRA Review of CHLORPYRIFOS September 2000 Volume 1.** Online: www.apvma.gov.au/chemrev/chlorpyrifos_summary.pdf

Nakamura, Y., Y. Tonogai, Y. Sekiguchi, Y. Tsumura, N. Nishida, K. Takakura, M. Isechi, K. Yuasa, M. Nakamura, N. Kifune, K. Yamamoto, S. Terasawa, T. Oshima, M. Miyata, K. Kamakusa and Y. Ito. 1994. Multiresidue Analysis of 48 Pesticides in Agricultural Products by Capillary Gas Chromatography. **J. Agric. Food Chem.** 42: 2508-2518

Pogacnik, L. 1998. **Determination of Organophosphate and Carbamate Pesticide in Fruit Juices and Drinking Water by Biosensor with Photothermal Detection.** Available
Source: <http://www.p-ng.si/public/lpseminar/lpseminar.html>, September 14, 2003.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผนวกที่ ก1 สารกำจัดศัตรูพืช และช่วงความเข้มข้นที่สามารถวิเคราะห์ได้ของชุด ELISA
Test Kit บริษัท Horiba biotechnology

สารกำจัดศัตรูพืช		ช่วงความเข้มข้นที่สามารถวิเคราะห์ได้ (ppb)
ชื่อภาษาไทย	ชื่อภาษาอังกฤษ	
อะซิแทมพริด	Acetamidiprid	0.3-4
อิมิดาโคลพริด	Imidacloprid	2-100
ฟีนีโตรไทออน	Fenitrothion	1.5-15
คาร์บาริล	Carbaryl	1.5-30
ไอโซคส์ไทออน	Isoxthion	1-20
อิมาซาลิล	Imazalil	0.2-2
คลอร์ฟิโนฟี	Chlorfenapy	2-10
มาลาไทออน	Malathion	15-250
ไอโพรไดโอน	Iprodione	1.5-30
ไอโซโพรไทโอเลน	Isoprothiolane	6-100
มายคlobutanil	Myclobutanil	5-50
ฟลูโทลานิล	Flutolanil	1-8
ไบเทอร์ทานอล	Bitertanol	9-50

ตารางผนวกที่ ก2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงด้วยเครื่อง GC หลักการ ELISA และ หลักการการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส

	เครื่อง GC	ELISA	การยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส
กลุ่มของสารกำจัดแมลงที่สามารถวิเคราะห์ได้	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มไพรีทอยด์	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มไพรีทอยด์	กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต
ความจำเพาะเจาะจง	สามารถวิเคราะห์สารกำจัดแมลงได้หลายชนิด	สามารถวิเคราะห์สารกำจัดแมลงได้เพียงชนิดเดียว	สามารถวิเคราะห์สารกำจัดแมลงได้พร้อมกัน 2 กลุ่ม
ขั้นตอนการวิเคราะห์	2 ขั้นตอน ขั้นตอนการสกัด และ ขั้นตอนการวิเคราะห์	2 ขั้นตอน ขั้นตอนการสกัด และ ขั้นตอนการวิเคราะห์	2 ขั้นตอน ขั้นตอนการสกัด และ ขั้นตอนการวิเคราะห์
เครื่องมือในการวิเคราะห์	เครื่อง GC	เครื่อง ELISA reader	เครื่องวัดการดูดกลืนแสงหรือเปรียบเทียบสีด้วยตาเปล่า
ผลการวิเคราะห์	ชนิด และปริมาณ	ชนิด และปริมาณ	พบ หรือไม่พบ
หน่วยของปริมาณสารที่สามารถวิเคราะห์ได้	ppm	ppb	-
เวลา	1-2 วัน	3 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
ค่าใช้จ่าย (1 ตัวอย่าง)	1000-2000 บาท	45 บาท	400 บาท

ตารางผนวกที่ ก3 เปรียบเทียบชนิดและค่า MRL ประเทศญี่ปุ่นของสารเคมีกำจัดแมลงที่เกษตรกร
ผู้ปลูกมะม่วงส่งออกใช้ในปี 2004 และปี 2006

ปี 2004	ค่า MRL (ppm)	ปี 2006	ค่า MRL (ppm)
Abamectin	0.01	Abamectin	0.01
<u>Chlorpyrifos</u>	0.05	Acetamiprid	1
Captan	5	Difenoconazole	1
Cypermethrin	0.03	Iminoctadine	1
Iminoctadine	1	Propiconazole	0.05
Propiconazole	0.05	Prochloraz	2
Prochloraz	2		

ตารางผนวกที่ ก4 ค่า MRL ประเทศญี่ปุ่นของสารเคมีกำจัดแมลงที่ GAP มะม่วงของกรมวิชาการ
เกษตรกำหนดให้ใช้

สารเคมีกำจัดแมลงของ GAP กรมวิชาการเกษตร	ค่า MRL (ppm)
Benomyl	ไม่ได้กำหนดไว้
Carbendacim	ไม่ได้กำหนดไว้
Carbosulfan	0.2
λ cyhalothrin	0.5
Cypermethrin	0.03
Difenoconazole	1
Mancozeb	ไม่ได้กำหนดไว้
Malathion	8
Prochloraz	2
Propinab	ไม่ได้กำหนดไว้

ภาคผนวก ข

ข้อกำหนด GAP ของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก

1. การทวนสอบ

พืชผักหรือผลไม้จะต้องสามารถตรวจสอบกลับได้ถึงระดับแหล่งปลูก ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกควรจัดบันทึกการปฏิบัติ

2. การจัดการระบบบันทึก

มีระบบการบันทึกเอกสารของการปฏิบัติงานจริงในปัจจุบัน และบันทึกขั้นตอนของการทำงานที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง รวมทั้งต้องเก็บเอกสารบันทึกไว้

3. พันธุ์พืช

เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตตรงตามมาตรฐานและข้อกำหนดของลูกค้าและห้ามใช้พืชที่มีการดัดแปลงพันธุกรรมใดๆ

4. ประวัติแปลงและการจัดการพื้นที่

4.1. บันทึกประวัติความเป็นมาของแปลงปลูก

4.2. บันทึกการจัดการพื้นที่ดินในอดีต เพื่อการรักษาสภาพพื้นที่ดิน

4.3. การประเมินความเสี่ยงในแปลงปลูกและพื้นที่ใกล้เคียง โดยพิจารณาล่วงหน้าถึงการจัดการพื้นที่และผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น รวมทั้งที่ดินว่างเปล่าและพื้นที่ใกล้เคียง

5. การจัดการดินและวัสดุปลูก

5.1. มีการปลูกพืชหมุนเวียน มีการพักดิน หรือมีวิธีการจัดการดินแบบต่างๆ ที่ช่วยลดและฆ่าเชื้อในดิน เช่น การกลับหน้าดินตากแดด ให้หลีกเลี่ยงการเผาหน้าดิน

5.2. ควรใช้วัสดุปลูกที่มีความเหมาะสม ไม่มีสารเคมีอันตรายปนเปื้อน ในกรณีที่มีการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีในวัสดุปลูก จะต้องมีการจดบันทึกวิธีการใช้ และปริมาณที่ใช้

6. การจัดการปุ๋ยและธาตุอาหาร

6.1. การใช้ปุ๋ยใดๆ ต้องเป็นไปตามความต้องการของพืช เพื่อการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน

6.2. เกษตรกรควรบันทึกการใช้ปุ๋ยทางดินและปุ๋ยทางใบ และควรระมัดระวัง

การใช้ปุ๋ยเคมีที่เกินความจำเป็น โดยเฉพาะปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเกิดปริมาณไนเตรตสูงเกินกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานสากล

6.3. มีการจัดเก็บปุ๋ยไว้ในสถานที่ที่เหมาะสม โดยไม่เก็บสารเคมีร่วมกับผลผลิตและภาชนะบรรจุผลผลิต

6.4. ห้ามใช้สิ่งขับถ่ายจากคน กรณีที่เป็นมูลสัตว์และเศษเหลือจากการเกษตรหรืออุตสาหกรรมเกษตรต้องได้รับการบำบัดหรือผ่านกระบวนการหมักก่อนนำมาใช้ เพื่อไม่ให้เกิดพิษอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ก่อโรคกับผู้บริโภค หรือมีผลกระทบต่อสุขภาพ

7. ระบบการจัดการน้ำ

7.1. ไม่ควรใช้น้ำเสีย กรณีที่ต้องใช้น้ำดังกล่าวต้องมีการบำบัดก่อนใช้

7.2. ควรใช้น้ำที่สะอาดในการผสมสารเคมี

7.3. แนะนำให้ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อนใช้ตามความจำเป็น

8. การดูแลรักษาพืชและการบริหารจัดการศัตรูพืช

8.1. ควรใช้สารเคมีอย่างเหมาะสมตามสภาพความเป็นจริง หรือเท่าที่จำเป็น

8.2. มีการจัดการควบคุมและป้องกันศัตรูพืชแบบผสมผสาน

8.3. เกษตรกรต้องใช้สารเคมีที่มีการขึ้นทะเบียนอย่างเป็นทางการในประเทศไทย หรือเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

8.4. มีการบันทึกการใช้สารเคมี ปริมาณที่ใช้ เหตุผลที่ใช้ วันเวลาที่ใช้

8.5. ผู้ปฏิบัติงานควรมีความรู้ความเข้าใจในพิษภัยของสารเคมี และมีการปฏิบัติที่เหมาะสม

8.6. อุปกรณ์ที่ใช้ควรได้มาตรฐานและมีการตรวจสอบความแม่นยำ รวมไปถึงการคำนวณอัตราการใช้ตามคำแนะนำบนฉลากของแต่ละสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

8.7. หลังการฉีดพ่นสารเคมี ต้องมีระยะเวลาปลอดภัยจากสารเคมีตกค้างจนถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต หรือดใช้สารเคมีตามระยะเวลาที่กำหนด

8.8. สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะต้องจัดเก็บในสถานที่ปลอดภัย มีการป้องกันการรั่วซึมที่ดี มีการระบายอากาศที่ดี มีการควบคุมบัญชีการรับจ่าย เก็บแยกประเภทให้เรียบร้อย ควรจัดให้มีอุปกรณ์ตัววัด มีสิ่งอำนวยความสะดวกเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน เช่น น้ำสะอาดสำหรับล้างทำความสะอาดในเบื้องต้น และควรมีหมายเลขโทรศัพท์ที่สำคัญ เช่น โรงพยาบาลที่

โกสัลเคียง

8.9. สารเคมีต้องอยู่ในภาชนะเดิม ห้ามแบ่งยกบรรจุในภาชนะอื่น ภาชนะที่ใช้หมดควรมีการล้างน้ำหลายๆ ครั้งก่อนกำจัดทิ้ง และภาชนะควรเจาะทำลายก่อนนำไปกำจัดทิ้ง

9. การเก็บเกี่ยวผลผลิต

9.1. ต้องให้ความรู้ด้านสุขลักษณะอนามัยพืช (sanitary and phytosanitary) ขณะเก็บเกี่ยวแก่ผู้ปฏิบัติงาน

9.2. จัดให้มีห้องน้ำและจุดล้างมือในบริเวณที่ปฏิบัติงาน

9.3. ผลผลิตควรจัดเก็บในบริเวณที่ป้องกันการปนเปื้อนและการเข้าทำลายของศัตรูพืช ได้แก่ หนู เชื้อโรค แมลง และสัตว์นำโรค

9.4. ควรมีการทำความสะอาดภาชนะบรรจุผลผลิตอย่างสม่ำเสมอ

10. การดูแลหลังการเก็บเกี่ยว

10.1. มีการบันทึกการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยว

10.2. ห้ามใช้สารเคมีทุกประเภทในระยะหลังการเก็บเกี่ยว หากจำเป็นต้องใช้จะต้องใช้สารเคมีที่อนุญาตให้ใช้ได้เท่านั้น และบันทึกชื่อสารเคมีและปริมาณที่ใช้

10.3. ในกรณีที่มีการล้างผลิตภัณฑ์หลังการเก็บเกี่ยว น้ำที่ใช้ล้างต้องเป็นน้ำสะอาด หรือเป็นน้ำที่ผ่านการกรองมาก่อน (ควรมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างน้อยปีละครั้ง)

11. การจัดการสิ่งแวดล้อม

11.1. สำรวจและทำแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมในบริเวณพื้นที่ในแปลงปลูก พื้นที่โกสัลเคียง และหมู่บ้าน หรือพื้นที่ภายในกลุ่มเกษตรกร

11.2. มีการจัดการขยะในแปลงปลูกและบริเวณโกสัลเคียง รวมทั้งภาชนะบรรจุสารเคมีที่ใช้แล้ว

12. การจัดการสุขลักษณะ สุขอนามัย และสวัสดิการ

12.1. ในบริเวณตัดแต่ง บรรจุ และจัดเก็บผลผลิต จะต้องมีการระวังและควบคุมพาหะนำโรค และบริเวณดังกล่าวต้องอยู่ห่างจากแหล่งเก็บสารเคมีอื่นๆ มีการฝึกอบรมด้านสุขลักษณะในการจัดการผลิต และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

12.2. มีการจัดเตรียมตู้ปฐมพยาบาลพร้อมอุปกรณ์และยาที่จำเป็นอยู่ในบริเวณทำงาน

12.3. การจ้างงานต้องเป็นไปตามกฎหมายค่าจ้างและการจ้างงานของท้องถิ่นนั้นๆ มีการจัดการด้านสวัสดิการ ความปลอดภัยในการทำงาน ข้อกำหนดด้านสุขภาพ และเงินชดเชย

13. แบบรับฟังข้อเสนอแนะ
ควรมีเอกสารรับการร้องเรียนจากลูกค้า เกี่ยวกับคุณภาพของผลผลิตหรือข้อบกพร่องของการจัด

14. การติดตามภายใน
เกษตรกรควรมีการตรวจติดตามภายในกลุ่ม เพื่อการปฏิบัติแก้ไขให้เป็นไปตามข้อกำหนดในระบบการจัดการผลิตตาม GAP ตลอดจนข้อตกลงกับทางลูกค้า

โครงการเพิ่มศักยภาพการผลิตอาหารปลอดภัยตามระบบเกณฑ์ที่เหมาะสม

แบบ Q 01

ปรับปรุงครั้งที่ 2

วันที่ 21.09.05

หน้า 1/5

บันทึกการตรวจเยี่ยมแปลง (Check list)

ชื่อผู้ปลูก ชื่อแปลง/รหัสแปลง
 สถานที่ผลิต
 ชนิดพืช ผู้รับซื้อ

ชื่อผู้ตรวจประเมิน
 วันที่

ผลการตรวจประเมิน

	จำนวนข้อที่ปฏิบัติได้	จำนวนข้อที่ไม่ประพฤติ	%
วิกฤต (6) ข้อ			
ตระหนัก (18) ข้อ			
ข้อแนะนำ (26) ข้อ			

ระยะเวลาในการแก้ไขความไม่สอดคล้อง

	(วิกฤต)	(ตระหนัก)
วันที่	15	30
วันที่	30	60

ระดับการนำระบบไปประยุกต์ใช้

ดีเยี่ยม (วิกฤต ตระหนัก แนะนำ 100%)
 ดี (วิกฤต ตระหนัก 100%)
 ทั่วไป (วิกฤต 100%)
 ไม่ผ่าน (วิกฤต <100%)
 ชื่อผู้ปลูก

แบบ Q 01

บันทึกการตรวจเยี่ยมแปลง (Check list) ThaiGAP®

หน้า 10 จาก 31

ข้อกำหนด	ระดับ	ผ่าน/ไม่ผ่าน	การประยุกต์ใช้	คำแนะนำ
1. การทวนสอบ				
1.1 สินค้าสามารถสอบกลับได้ตั้งแต่แหล่งปลูกหรือไม่	Major		☒	
2. การจัดการเอกสาร				
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถูกจัดเก็บไว้เพื่อการสอบกลับได้หรือไม่	Recom.		☒	
2.2 มีการตรวจติดตามภายในกลุ่มหรือไม่	Recom.		☒	
3. พันธุ์พืช				
3.1.1 เมล็ดพันธุ์ที่ใช้มีฉลากระบุชื่อพืช ชื่อพันธุ์ เบอร์เมล็ดความงอก วันหมดอายุ และสารกลุ่มเมล็ดหรือไม่	Minor		☒	
3.1.2 ในกรณีเก็บเมล็ดพันธุ์เองเกษตรกรมีวิธีการคัดเลือกพ่อแม่ พันธุ์หรือไม่	Recom.		☒	
3.1.3 สารเคมีที่ใช้กลุ่มเมล็ดเป็นสารที่ถูกต้องและกฎหมายภายในประเทศอนุญาตให้ใช้หรือไม่	Minor		☒	
3.2 พันธุ์พืชที่ใช้มาจากการคัดแปลงพันธุ์รวมหรือไม่	Major		☒	
4. ไร่แปลงและการจัดการพื้นที่				
4.1 มีการบันทึกประวัติการจัดการแปลงในอดีตหรือไม่	Recom.		☒	
4.2.1 บันทึกประวัติแปลงได้พิจารณาความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในแปลงและพื้นที่ใกล้เคียงหรือไม่	Recom.		☒	
4.2.2 มีการปรับปรุงพื้นที่เพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าวหรือไม่	Minor		☒	
4.3 มีป้ายบ่งชี้ในแต่ละแปลงปลูกหรือไม่	Recom.		☒	
5. การจัดการดินและวัสดุปลูก				
5.1 มีการปลูกพืชสลับ หมุนเวียน พักดิน หรือการจัดการดินในรูปแบบอื่นๆที่จะช่วยลดการใช้สารเคมีหรือไม่	Recom.		☒	
5.2 มีบันทึกการใช้สารเคมีในวัสดุปลูกหรือไม่	Recom.		☒	

ภาพผนวกที่ ข1 บันทึกการตรวจแปลง GAP ของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก

แบบ Q 01
หน้า 11 จาก 31

บันทึกการตรวจเยี่ยมแปลง (Check list) ThaiGAP®

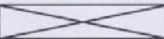
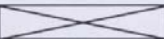
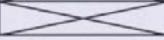
ข้อกำหนด	ระดับ	ผ่าน/ไม่ผ่าน	การประยุกต์ใช้	คำแนะนำ
6.การจัดการปุ๋ยและธาตุอาหาร				
6.1.1 มีผลวิเคราะห์ธาตุอาหารและคุณสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกหรือไม่	Major			
6.1.2 มีบันทึกแผนการใช้ปุ๋ยทั้งชนิดและปริมาณเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชหรือไม่	Recom.			
6.2 มีบันทึกการใช้ปุ๋ยในแปลงปลูกหรือไม่	Recom.			
6.3.1 สถานที่จัดเก็บปุ๋ยแยกออกจากสารเคมีและผลผลิตหรือไม่	Minor			
6.3.2 สถานที่จัดเก็บปุ๋ยมีอุปกรณ์ป้องกันเหตุฉุกเฉินจากไฟและสารเคมีหกหล่นหรือไม่	Recom.			
6.4.1 มีการใช้สิ่งจับดักจากคนหรือระยะขายของเสียจากคนลงสู่แปลงปลูกหรือไม่	Major			
6.4.2 ปุ๋ยอินทรีย์และเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมที่นำมาใช้ได้รับการรับรองบำบัด หรือผ่านกระบวนการหมักก่อนนำมาใช้หรือไม่	Minor			
7.ระบบการจัดการน้ำ				
7.1 มีการนำน้ำเสียมาใช้ในการปลูก โดยไม่ผ่านการบำบัด หรือไม่	Minor			
7.2 แหล่งน้ำที่ใช้มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเพาะปลูกหรือไม่	Recom.			
7.3 มีผลการวิเคราะห์เชื้อโรคและสารปนเปื้อนในแหล่งน้ำหรือไม่	Recom.			
8.การดูแลรักษาพืชและบริหารจัดการศัตรูพืช				
8.1 ปริมาณสารที่ใช้ต่อไร่ได้คำแนะนำตามฉลากหรือไม่	Minor			
8.2.1 มีการนำระบบ IPM มาใช้ในแปลงหรือไม่	Recom.			
8.2.2 มีบันทึกการสำรวจโรคและแมลงเพื่อพิจารณาการฉีดพ่นสารเคมีหรือไม่	Recom.			
8.2.3 มีบันทึกการใช้สารเคมีหรือไม่	Major			

แบบ Q 01
หน้า 12 จาก 31

บันทึกการตรวจเยี่ยมแปลง (Check list) ThaiGAP®

ข้อกำหนด	ระดับ	ผ่าน/ไม่ผ่าน	การประยุกต์ใช้	คำแนะนำ
8.3 สารเคมีที่ใช้มีการขึ้นทะเบียนตามกฎหมายในประเทศไทยและเป็นสารที่ถูกต้องตามฉลากหรือไม่	Major			
8.4 อุปกรณ์ที่ใช้ฉีดพ่นสารเคมีอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่	Minor			
8.5 มีการเว้นระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิตตามคำแนะนำบนฉลากหรือไม่	Minor			
8.6.1 สถานที่จัดเก็บสารเคมีป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมได้หรือไม่	Minor			
8.6.2 สถานที่จัดเก็บสารเคมีอุปกรณ์ป้องกันเหตุฉุกเฉินจากไฟและสารเคมีหกหล่นหรือไม่	Recom.			
8.7.1 สารเคมีอยู่ในภาชนะเดิมหรือไม่	Recom.			
8.7.2 มีการจัดการภาชนะเปล่าที่ใช้บรรจุสารเคมีอย่างเหมาะสมหรือไม่	Minor			
9.การเก็บเกี่ยวผลผลิต				
9.1 ผู้ปฏิบัติงานได้รับการอบรมหรือแสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสุขอนามัยในการเก็บเกี่ยวได้หรือไม่	Recom.			
9.2 มีห้องน้ำและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำความสะอาดในพื้นที่ปฏิบัติงานหรือไม่	Minor			
9.3 บริเวณที่จัดเก็บผลผลิตสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อโรคและสัตว์พาหะได้หรือไม่	Minor			
9.4 มีการทำความสะอาดสถานที่จัดเก็บและภาชนะบรรจุผลผลิตอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอหรือไม่	Recom.			
10.การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว				
10.1 สารเคมีที่ใช้มีการขึ้นทะเบียนตามกฎหมายในประเทศไทยและเป็นสารที่ถูกต้องตามฉลากหรือไม่	Minor			

ภาพผนวกที่ ข2 (ต่อเนื่อง) บันทึกรายงานการตรวจแปลง GAP ของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก

บันทึกการตรวจเยี่ยมแปลง (Check list) ThaiGAP®					แบบ Q 01
					หน้า 13 จาก 31
ข้อกำหนด	ระดับ	ผ่าน/ไม่ผ่าน	การประยุกต์ใช้	คำแนะนำ	
10.2.1 มีบันทึกการใช้สารเคมีและสามารถสลับกลับไปยังผลิตภัณฑ์ได้หรือไม่	Recom.				
10.2.2 ปริมาณที่ใช้อยู่ภายใต้คำแนะนำบนฉลากหรือไม่	Recom.				
10.3.1 น้ำที่ใช้ล้างผลิตภัณฑ์เป็นน้ำสะอาด หรือผ่านการกรองมาก่อนหรือไม่	Major				
10.3.2 มีผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำประจำปีหรือไม่	Minor				
10.4 ผู้ปฏิบัติงานได้รับการอบรมหรือแสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสุขอนามัยในการล้างได้หรือไม่	Minor				
10.5 มีการทำความสะอาดสถานที่จัดเก็บและภาชนะบรรจุผลผลิตเพื่อการล้าง การขนส่งอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอหรือไม่	Minor				
11.การจัดการของเสียและมลพิษ					
11.1 มีการนำของเสียภายในแปลงมาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือไม่	Recom.				
12.สุขภาพคนงาน ความปลอดภัย และสวัสดิการ					
12.1 มีกล่องปฐมพยาบาลและยาสามัญในพื้นที่ปฏิบัติงานหรือไม่	Recom.				
13.การจัดการสิ่งแวดล้อม					
13.1 มีการบ่งชี้พันธุ์ไม้และที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าภายในแปลงหรือไม่	Recom.				
13.2 มีการจัดให้มีที่ทิ้งขยะในพื้นที่ปลูกอย่างเพียงพอหรือไม่	Recom.				
14.การจัดการกับข้อร้องเรียนของลูกค้า					
14.1 มีการจัดเก็บบันทึกร้องเรียนจากลูกค้าเพื่อปรับปรุงระบบการผลิตหรือไม่	Recom.				

ภาพผนวกที่ ข3 (ต่อเนื่อง) บันทึกรายงานการตรวจแปลง GAP ของกลุ่มเครือข่าย GAP ภาคตะวันตก

ภาคผนวก ค



ภาพผนวกที่ ค1 ลักษณะทั่วไปของแปลงมะม่วงน้ำดอกไม้ จ.สุพรรณบุรี



ภาพผนวกที่ ค2 สถานที่เก็บสารเคมีทางการเกษตร



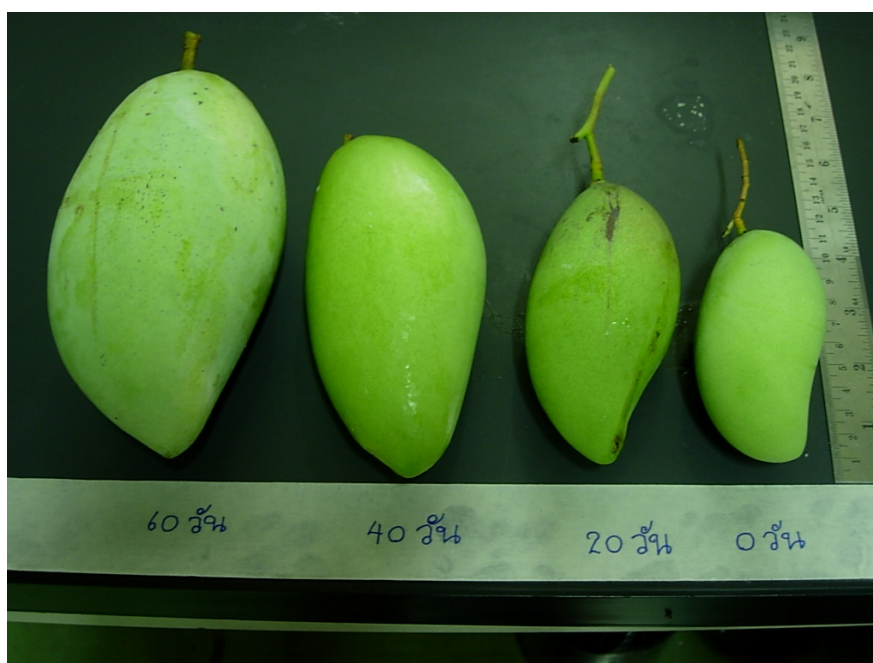
ภาพผนวกที่ ค3 เอกสาร GAP มะม่วงของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์



ภาพผนวกที่ ค4 การห่อผลมะม่วงในแปลงปลูก



ภาพผนวกที่ ค5 ถุงกระดาษ2 ชั้น สำหรับห่อผลมะม่วง



ภาพผนวกที่ ค6 ขนาดและสีผลมะม่วงในระยะการเจริญบนต้นในช่วงทดลองฉีดและห่อผล

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสุจินดา อัสวสุจินดารัตน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 13 มิถุนายน 2524
สถานที่เกิด	ยะลา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักวิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	งานวิจัยสถานะแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

