

การพัฒนาชุดทดสอบสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม และสารเคมีกำจัดวัชพืช 2,4-ดี ในผัก ผลไม้ และธัญพืช

Test Kit Development for insecticides 4 groups and Herbicide 2,4-D analysis in Vegetables, Fruits and Cereals

อัจฉิมา ทองบ่อ มณีวรรณ หุยเดชา ลักษณ์า ลือประเสริฐ
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 8 อุดรธานี
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

บทคัดย่อ

เพื่อสร้างความมั่นใจในคุณภาพและความปลอดภัย จากการบริโภคผลผลิตทางการเกษตรที่อาจมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง จึงได้พัฒนาชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม ในผัก ผลไม้และธัญพืช (TLC MedSci Pest Kit หรือ ทีเอ็ม คิท) ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ โดยใช้เทคนิคการแยกสาร และการตรวจเอกลักษณ์สาร โดยเทคนิคทินแลเยอร์โครมาโทกราฟี แต่การทำปฏิกิริยาเคมีให้เกิดขึ้นนั้น ใช้หลักการเอนไซม์โคลิโนเอสเตอเรสอินฮิบิชั่น สำหรับออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมท และปฏิกิริยาทาง เคมี - ฟิสิกส์ สำหรับกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ไพเรทรอยด์ และสารเคมีกำจัดวัชพืช 2,4-D โดยวิเคราะห์ 7 ซ้ำ เพื่อหาค่าต่ำสุดที่ตรวจพบของการวิเคราะห์สารเคมีฯ โดยเติมสารมาตรฐานออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมท 11 ชนิด ในผักที่ค่าต่ำสุด 0.05 ถึง 9.4 ไมโครกรัมต่อกรัม กับสารเคมีกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ไพเรทรอยด์ และสารเคมีกำจัดวัชพืช 2,4-D 7 ชนิด ในผักที่ค่าต่ำสุด 0.2 ถึง 3.1 ไมโครกรัมต่อกรัม การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดสอบเปรียบเทียบผลการตรวจตัวอย่างด้วยชุดทดสอบและวิธีเครื่องมือพิเศษ คือ ก๊าซโครมาโทกราฟีและลิควิดโครมาโทกราฟีในผักและผลไม้ จำนวน 51 ตัวอย่าง พบความถูกต้องร้อยละ 96.1 ความจำเพาะร้อยละ 97.7 ความไวร้อยละ 85.7 ตามลำดับ

การศึกษาอายุการใช้งานของชุดทดสอบที่ 3, 6, 9 และ 12 เดือน พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นานหนึ่งปี ชุดทดสอบนี้มีประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ โรงงานส่งออก ด่านนำเข้า โรงงานอาหาร และชุมชน เพื่อควบคุมคุณภาพ เพิ่มมูลค่าของผลผลิตที่เฝ้าระวังคุณภาพให้สามารถแข่งขันได้ดีในตลาดการค้าเสรีทั้งในระดับชุมชน ประเทศ และ ตลาดสากลเพื่อการคุ้มครองผู้บริโภค

คำสำคัญ: พัฒนาชุดทดสอบ สารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมท ออร์กาโนคลอรีน สารเคมีกำจัดวัชพืช 2,4-ดี ผักผลไม้ และธัญพืช

Abstract

To ensure quality and safety of agricultural products that may be contaminated with chemical pesticide residues, TLC MedSci Pest kit (TM Kit), the kit for 4 groups insecticides analysis in vegetables, fruits and cereals was developed. The innovative kit used thin layer chromatography technique for pesticide identification. The colorimetric chemical reaction based on enzyme cholinesterase inhibition was used for the detection of Organophosphates and Carbamates and the reaction based on physical chemistry was used for the detection of Organochlorine, Pyrethroids and Herbicide. The test kit performance was then validated by analyzing standard - spiked samples at 7 repeated times to find their detection limit (LOD) of the analyzed 4 groups insecticides. Eleven spiked Organophosphates and Carbamates standards and seven Organochlorines, Pyrethroids and 2, 4 - D standards in vegetables showed results of their limit of detection 0.05 - 9.4 and 0.2 - 3.1 microgram per gram respectively. In order to validate the testing performance, Test kit was used for the detection pesticide residues in 51 of different types of vegetables and fruits in comparison with the conventional method which pesticide residues were determined by gas chromatography and liquid chromatography techniques. The test kit performance showed the accuracy of 96.1, specificity of 97.7 and sensitivity of 85.7 percent.

The kit's shelf life was tested by storing for 3, 6, 9 and 12 months and it found to be 1 year. The test kit is a practical screening tool for users in farming site communities, food factories and field laboratories and it is useful for preventive control of pesticide health risk in agricultural raw materials and for consumer protection. This will bring their agricultural produces and products are more value added and competitive in local and worldwide markets.

Keywords : Test kit development, 4 Groups Insecticides, Organophosphate, Carbamate Organochlorine, Pyrethroid, Herbicide, 2.4-D, Vegetable Fruit and Cereal

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์สุขภาพผัก ผลไม้ และธัญพืชที่จำหน่ายในท้องตลาดหรือนำเข้า/ส่งออกยังพบว่าไม่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค^(1, 2) เนื่องจากมีการแข่งขันด้านธุรกิจสูง มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงและวัชพืชในการผลิตหรือมีกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม ไม่มีหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีพอ จึงตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลงและวัชพืชตกค้าง ผู้บริโภคจึงมีความเสี่ยงในการบริโภคผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ไม่ได้มาตรฐาน สำหรับสารเคมีกำจัดแมลง จัดเป็นวัตถุอันตรายที่ใช้ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสัตว์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้แก่ ผัก ผลไม้ และธัญพืช เป็นต้น แต่ภายหลังการใช้จะต้องมีสารพิษตกค้างในอาหารเหล่านั้น อยู่ในระดับปลอดภัยถึงแม้ว่าจะมีหลายหน่วยงานเข้ามาดำเนินการแต่ด้วยข้อจำกัดของวิธีการตรวจสอบสารพิษตกค้างในห้องปฏิบัติการอ้างอิงมีความยุ่งยาก เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง และใช้ผู้มีประสบการณ์ และความชำนาญสูง เวลาที่ใช้ในการตรวจนาน ไม่ทันต่อการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและการประเมินค่าความปลอดภัยของผู้บริโภคต้องเทียบชนิดสารกับปริมาณที่ตรวจพบกับค่ากำหนดของประเทศหรือค่ามาตรฐานระหว่างประเทศซึ่งมักพบความยุ่งยากในการประเมินความปลอดภัยของสารตกค้าง เนื่องจากชนิดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปริมาณที่ยอมให้มีตกค้างได้ต่างกันขึ้นกับชนิดอาหารซึ่งหลายชนิดไม่มีค่าที่กำหนดไว้ อีกทั้งการใช้ชุดทดสอบตรวจหาสารพิษตกค้างในผักผลไม้ ที่มีการใช้อยู่นั้นสามารถตรวจสารพิษตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงได้เพียง 2 กลุ่มคือกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต ซึ่งไม่สามารถตรวจสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในกลุ่มอื่นๆ ที่มีการนำมาใช้ในทางการเกษตรได้ สำหรับสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหลายประเทศได้ประกาศห้ามใช้ แต่สารเคมีกลุ่มนี้ตกค้างคงทนมากสลายตัวได้ยากในสิ่งแวดล้อมและสามารถสะสมในร่างกายมนุษย์ ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ และมีรายงานการพบสารเคมีกลุ่มนี้

ที่ตกค้างเกินมาตรฐานกำหนดในแหล่งน้ำหลายสายของประเทศไทย⁽³⁾

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง ในผัก ผลไม้ และธัญพืช ให้มีรูปแบบที่ใช้งานง่าย รวดเร็ว ได้ผลถูกต้องและสะดวกในการพกพาใช้งานภาคสนามสามารถใช้ตรวจคัดกรองหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. ออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) 2. คาร์บาเมต (Carbamate) 3. ไพเรทรอยด์ (Pyrethroid) และ 4. ออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ เดือนมกราคม 2557 ถึง เดือนธันวาคม 2558

การประเมินประสิทธิภาพชุดทดสอบอาศัยหลักการ และทดสอบความถูกต้องของวิธี ด้วยการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับตัวอย่างที่เตรียมจากการเติมสารเคมีมาตรฐานที่ทราบค่า (Spiked Samples) โดยหน่วยงานภายนอกและสุ่มตัวอย่างในตลาดสด ตรวจหาปริมาณด้วยวิธีมาตรฐาน ที่ใช้เครื่องมือพิเศษ ก๊าซโครมาโทกราฟีและลิควิดโครมาโทกราฟี การผลิตต้นแบบชุดทดสอบโดยการ ตรวจหาค่าต่ำสุดในการตรวจสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต จำนวน 11 ชนิด คือ Chlorfenvinphos, Chlorpyrifos, Diazinon, Dichlorvos, Dicrotophos, Monocrotophos, Carbaryl, Profenofos, Bendiocarb, Carbofuran และ Methomyl สำหรับสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และไพเรทรอยด์กับสารเคมีกำจัดวัชพืช จำนวน 7 ชนิด คือ Endrin, Endosulfan, DDT, Cypermethrin, Permethrin, Deltamethrin และ 2,4-D โดยทดสอบในตัวอย่างผักที่นิยมบริโภค จำนวน 3 ชนิด คือ คენห่า กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว ประเมินประสิทธิภาพของวิธีของชุดทดสอบ⁽⁴⁾ เพื่อหาค่าความไว (sensitivity) ความจำเพาะ (specificity) และความถูกต้อง (accuracy) เปรียบเทียบกับผลการตรวจวิธีเครื่องมือพิเศษ คือ ก๊าซโครมาโทกราฟี และลิควิดโครมาโทกราฟี

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำชุดทดสอบไปใช้ในการคัดกรองตัวอย่างที่ไม่ปลอดภัย สามารถระบุชนิดและปริมาณการปนเปื้อนในระดับประมาณการของสารเคมีกำจัดแมลงได้ 4 กลุ่มในผัก ผลไม้ และธัญพืช และผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสู่ประชาชนเพื่อประกอบผลการเฝ้าระวังความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ผัก ผลไม้ และธัญพืช ที่นำเข้าจากต่างประเทศ จุดตรวจด่านนำเข้าของประเทศหรือประกอบการตรวจเฝ้าระวังสำหรับการพัฒนาคุณภาพของผัก ผลไม้ และธัญพืช เพื่อการจำหน่ายในประเทศหรือเพื่อการส่งออกของสถานประกอบการตลอดจนเพื่อการเฝ้าระวังความปลอดภัย ในโรงพยาบาล โรงแรม โรงงาน สถานศึกษา ตลาด และชุมชน ทั้งในภาครัฐและเอกชน การมีหน่วยตรวจสอบเฝ้าระวังความปลอดภัย โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมที่จะใช้ในภาคสนามเพื่อการควบคุมคุณภาพเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ให้สามารถแข่งขันได้ในตลาดการค้าเสรี และส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภค

เครื่องมือและอุปกรณ์

- อ่างน้ำอุ่น (Water Bath)
- ตู้ดูดควัน (Fume Hood)
- เครื่องบดปั่น (Blender)
- ชุดทดสอบตรวจหาสารเคมีกำจัดฆ่าแมลง

4 กลุ่ม และสารเคมีกำจัดวัชพืช 2,4-D

วัสดุและวิธีการ

1. สารมาตรฐาน

- สารเคมีกำจัดแมลงมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ Monocrotophos, Dicrotophos, Dichlorvos, Diazenon, Chlorfenvinfos, Chlorpyrifos, Profenofos, Carbaryl, Carbofuran, Bendiocarb, Methomyl

- สารเคมีกำจัดแมลงมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และไพเรทรอยด์ จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ DDT, Endosulfan, Endrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Permethrin

- สารเคมีกำจัดวัชพืช จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ 2,4-D (2,4-dichlorophenoxy acetic acid)

2. ชุดทดสอบตรวจหาสารเคมีกำจัดฆ่าแมลง 4 กลุ่มชนิดสำเร็จรูป ประกอบด้วย

- 2.1 น้ำยาสกัด
- 2.2 น้ำยาทดสอบ 1
- 2.3 น้ำยาทดสอบ 1.1
- 2.4 สารที่เอ็มคิท 1
- 2.5 น้ำยาที่เอ็มคิท 1.1
- 2.6 สารที่เอ็มคิท 2
- 2.7 น้ำยาที่เอ็มคิท 2.1
- 2.8 น้ำยาที่เอ็มคิท 3
- 2.9 น้ำยาที่เอ็มคิท TM kit 4
- 2.10 น้ำยาที่เอ็มคิท TM kit 5
- 2.11 น้ำยาที่เอ็มคิท TM kit 5.1

วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยได้ออกแบบและพัฒนาชุดทดสอบตามหลักการ Thin Layer Chromatography และทางเคมี-ฟิสิกส์ โดยทดสอบความถูกต้องของวิธี ด้วยการทดสอบตัวอย่างที่เตรียมจากการเติมสารมาตรฐานที่ทราบค่า (Spiked Samples) และการสุ่มตัวอย่างจากตลาดสด ส่งตรวจหาปริมาณด้วยวิธีมาตรฐาน คือก๊าซโครมาโทกราฟีและลิกวิดโครมาโทกราฟี โดยห้องปฏิบัติการตรวจยืนยัน และทดสอบอายุการใช้งานของชุดทดสอบ

1. ทดสอบความถูกต้องของชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง การศึกษาวิจัยได้ออกแบบและพัฒนาชุดทดสอบ (TLC MedSci Pest Kit หรือ ทีเอ็ม คิท) จากหลักการของ Thin Layer Chromatography และทางเคมี-ฟิสิกส์^(5, 6, 7) โดยการประเมินประสิทธิภาพชุดทดสอบดังนี้

1.1 หาค่าต่ำสุดที่ตรวจพบได้ด้วยชุดทดสอบกับสารมาตรฐานของสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม

- กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต จำนวน 11 ชนิด

- กลุ่มออร์กาโนคลอรีน และกลุ่มไพเรทรอยด์ จำนวน 6 ชนิด

- สารเคมีกำจัดวัชพืช 1 ชนิด

1.2 หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดในตัวอย่าง ผักและผลไม้ โดยการทดสอบตัวอย่างผักที่นิยมบริโภค ได้แก่ คะน้า กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว ที่ผ่านการตรวจแล้วว่า ไม่พบสารตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลง นำมาเติมสารมาตรฐาน (spiked samples) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ของสารเคมีกำจัดแมลง สกัดด้วยสารสกัด และทดสอบตามวิธีของชุดทดสอบ เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ด้วยชุดทดสอบทำการวิเคราะห์จำนวน 5 ซ้ำ ในแต่ละกลุ่มและชนิดสารเคมีกำจัดแมลง ได้แก่ กลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต จำนวน 11 ชนิด กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์ จำนวน 6 ชนิด สารเคมีกำจัดวัชพืช จำนวน 1 ชนิด

1.3 ทดสอบการรบกวนของตัวอย่าง (Matrix effect) ทดสอบการรบกวนของตัวอย่างๆ ละ 3 ซ้ำ โดยการเลือกตัวอย่างที่นิยมบริโภค มาทดสอบดังนี้

ค่าความไว	% Sensitivity	= (True positive sample /all positive sample) X 100
ค่าความจำเพาะ	% Specificity	= (True negative sample /all negative sample) X 100
ค่าความถูกต้อง	% Accuracy	= $\frac{\text{True positive sample} + \text{True negative sample}}{\text{Total analyzed samples}} \times 100$

3. การทดสอบอายุการใช้งานของชุดทดสอบ

โดยการเตรียมชุดทดสอบสำเร็จรูปซึ่งเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง 1 ชุด และเก็บน้ำยาที่ต้องแช่แข็งในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส แล้วนำชุดทดสอบดังกล่าวที่เก็บตามช่วงระยะเวลาที่กำหนด คือ 0, 3, 6 และ 12 เดือน ออกมาตรวจทดสอบตัวอย่างผักและผลไม้ ที่เติมสารเคมีมาตรฐาน ซึ่งเตรียมขึ้น (spiked samples) โดยการเติมสารมาตรฐานเมทโทมิล ที่ความเข้มข้น 0.4 ไมโครกรัมต่อกรัม และเอ็นโดซัลแฟน ที่ระดับความเข้มข้น 0.7 ไมโครกรัมต่อกรัม

ผลการศึกษา

การพัฒนาชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่มในผักผลไม้ และธัญพืช

1. ผัก 5 ชนิด คือ คะน้า แตงกวา มะเขือเทศ ผักกาดขาว และกวางตุ้ง
2. ผลไม้ 3 ชนิด คือ ส้ม องุ่น และ แอปเปิ้ล
3. ธัญพืช 2 ชนิด คือ ข้าวสาร และ ถั่วเขียวแห้ง

2. ประเมินประสิทธิภาพชุดทดสอบ

ประเมินประสิทธิภาพของชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง⁽⁴⁾ เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีอ้างอิงมาตรฐานโดยเทคนิควิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC), Gas Chromatography (GC) และ Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy (LC-MS) จำนวน 51 ตัวอย่าง ผลจากการศึกษานำมาคำนวณหาความถูกต้อง ความไว และความจำเพาะ ดังนี้

1. ได้ชุดทดสอบสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้น 1 ชุด ซึ่งได้ขอจดอนุสิทธิบัตร ณ สำนักสิทธิบัตร กรมทรัพย์สินทางปัญญา เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2552 และได้รับอนุสิทธิบัตร เลขที่ 7554 ลงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2555
2. มีการลงนามถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลงจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ให้องค์การเภสัชกรรมเพื่อการผลิตกึ่งอุตสาหกรรมเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2553
3. ได้วิจัยค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจพบสารเคมีในกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ออร์กาโนคลอรีน ไพเรทรอยด์ และสารเคมีกำจัดวัชพืช ด้วยชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม ในผัก ผลไม้ และธัญพืช ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลง กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต โดยชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่มในผัก ผลไม้ และธัญพืช

ลำดับที่	กลุ่มสาร/ชนิดสารเคมีกำจัดแมลง	ค่าต่ำสุดที่ตรวจพบ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)	ค่า Rf	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 (พ.ศ. 2560) กำหนดค่าสูงสุดที่ยอมให้มีตกค้าง (MRL; mg/kg) ⁽⁸⁾
Organophosphates				
1	Chlorfenvinphos	0.14	0.91	ไม่มีกำหนด
2	Chlorpyrifos	1.9	0.86	3 (พริก) 2 (กล้วย)
3	Diazinon	9.4	0.64	0.05 (ผักกาดขาว)
4	Dichlorvos	0.05	0.78	0.2 (ผลไม้ตระกูลส้ม)
5	Dicrotophos	1.3	0.14	วัตถุอันตรายชนิดที่ 4
6	Monocrotophos	0.24	0.24	วัตถุอันตรายชนิดที่ 4
7	Profenofos	0.56	0.90	1 (กะหล่ำปลี) 3 (พริก)
Carbamates				
1	Bendiocarb	0.69	0.90	ไม่มีกำหนด
2	Carbaryl	3.2	0.91	5 (พริกหวาน) 1 (ผักตระกูลกะหล่ำ)
3	Carbofuran	0.10	0.90	0.1 (ถั่วฝักยาว ข้าวสาร) 0.5 (พริก)
4	Methomyl	0.39	0.71	วัตถุอันตรายชนิดที่ 4

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลง กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ไพเรทรอยด์ และสารเคมีกำจัดวัชพืช โดยชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม

ลำดับที่	กลุ่มสาร/ชนิดสารเคมีกำจัดแมลง	ค่าต่ำสุดที่ตรวจพบ (mg/kg)	Rf	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 (พ.ศ. 2560) กำหนดค่าสูงสุดที่ยอมให้มีตกค้าง (MRL; mg/kg) ⁽⁸⁾
Pyrethroids				
1	Cypermethrin	3.1	0.53 0.58	0.7 (ถั่วฝักยาว) 10 (พริกแห้ง)
2	Permethrin	1.9	0.71 0.83	ไม่มีกำหนด
3	Deltamethrin	2.2	0.59	2 (ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง คื่นช่าย)
Organochlorines				
1	DDT	0.2	0.94	0.2 (แคโรท)
2	Endrin	0.3	0.89	0.01 (กลุ่มผัก) วัตถุอันตรายชนิดที่ 4
3	Endosulfan	0.7	0.82	วัตถุอันตรายชนิดที่ 4
Herbicides				
1	2,4-D	2.2	0.53	0.05 (ข้าวโพดฝักอ่อน) 0.1 (ข้าวสาร)

หมายเหตุ วัตถุอันตรายชนิดที่ 4 หมายถึง วัตถุอันตรายที่ห้ามมิให้มีการผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครอง ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 เพิ่มเติม พ.ศ. 2551

2. ผลการทดสอบความถูกต้องของชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง

ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างผัก ผลไม้ ด้วยวิธี คือ ก๊าซโครมาโทกราฟี และลิกวิดโครมาโทกราฟี ชุดทดสอบตรวจหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโน- โดยห้องปฏิบัติการตรวจยืนยัน จำนวน 51 ตัวอย่าง ฟอสเฟต และคาร์บาเมต เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตเปรียบเทียบผลกับการตรวจด้วยวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบด้วยชุดทดสอบ	ผลการตรวจวิธีมาตรฐาน		
	ตรวจพบ	ตรวจไม่พบ	รวม
ตัวอย่างตรวจพบ	6 (TP)	1 (FP)	7
ตัวอย่างตรวจไม่พบ	1 (FN)	43 (TN)	44
รวม	7	44	51

Sensitivity = $TP*100/(TP+FN)$ = 85.7 %
 Specificity = $TN*100/(FP+TN)$ = 97.7 %
 Accuracy = $(TP+TN)*100/all\ samples$ = 96.1 %

สรุปผลการทดสอบความถูกต้องของชุดทดสอบ เปรียบเทียบกับผลการตรวจด้วยวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการจำนวน 51 ตัวอย่าง มีความถูกต้องร้อยละ 96.1 ความจำเพาะร้อยละ 97.7 และความไวร้อยละ 85.7

3. ผลการทดสอบอายุการใช้งานของชุดทดสอบ

เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชุดและเก็บน้ำยาที่แช่เย็น ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส แล้วนำชุดทดสอบดังกล่าวที่เก็บตามช่วงระยะเวลาที่กำหนด คือ 0, 3, 6 และ 12 เดือนมาตรวจ ทดสอบตัวอย่างผักและผลไม้เตรียมขึ้น (spiked samples) โดยการเติมสารมาตรฐาน เมทโทมิล ที่ความเข้มข้น 0.4 ไมโครกรัมต่อกรัมและ เอ็นโดซัลแฟน ที่ระดับความเข้มข้น 0.7 ไมโครกรัมต่อกรัม พบว่า ที่เวลา 12 เดือนชุดทดสอบยังมีประสิทธิภาพ ในการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดแมลงเห็นผลชัดเจน

วิจารณ์

ชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่มนี้ สามารถใช้ในการตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงที่ตกค้าง ในผักสดและผลไม้ได้ โดยตรวจวัดชนิดสารที่มีสมบัติการ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสและ สารบางชนิดที่มีการระบุปริมาณการตกค้างสูงสุดที่ยอม ให้มีได้และสารห้ามใช้ในอาหาร ตามประกาศกระทรวง สาธารณสุขเลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มี สารพิษตกค้าง เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สารเคมี กำจัดแมลง กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต ในตัวอย่าง กับวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ ผลของ ชุดทดสอบมีความถูกต้อง ร้อยละ 96.1 ความจำเพาะ ร้อยละ 97.7 และความไว ร้อยละ 85.7 ด้วยข้อจำกัด ทางเทคนิคของชุดทดสอบ ทำให้ตรวจพบลักษณะเฉพาะ

ของสารเคมีกำจัดแมลงที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน เมื่อแยกด้วยเทคนิค TLC จะทำให้เกิดการทับซ้อนที่ตำแหน่งเดียวกันหรือใกล้เคียงกันจนไม่สามารถแยกได้ด้วยตาเปล่า จึงเป็นข้อควรระวังในการใช้ชุดทดสอบนี้ เมื่อตรวจพบ จุดสีขาวยบนพื้นสีม่วง มีระยะการเคลื่อนที่ Rf 0.90-0.91 ให้คาดการณ์ว่าตรวจพบสารกลุ่ม Organophosphates ชนิด Chlorfenvinphos (Rf 0.91) และ Profenofos (Rf 0.90) และกลุ่ม Carbamates ชนิด Bendiocarb, Carbofuran (Rf 0.90) และ Carbaryl (Rf 0.91) ดังนั้น เมื่อตรวจพบกลุ่มสารดังกล่าวควรส่งตรวจยืนยันซ้ำที่ห้องปฏิบัติการเพื่อแยกชนิดสารชัดเจน

อย่างไรก็ดี เพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคและป้องกันความเสี่ยงจากการได้รับสารพิษตกค้างในผักสดและผลไม้ การใช้ชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม มีความเหมาะสมในการคัดกรองความปลอดภัยของผักผลไม้ และธัญพืช ให้แก่ผู้บริโภคที่มีความสะดวก ใช้ง่าย ในภาคสนามแก้ปัญหาได้ทันต่อความต้องการโดยวิธีนี้ ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 60 นาที ผู้ตรวจวิเคราะห์สามารถเรียนรู้และฝึกปฏิบัติได้ด้วยตนเอง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตรวจสอบสารพิษตกค้างในห้องปฏิบัติการ มีความยุ่งยาก เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ใช้ผู้มีประสบการณ์และความชำนาญสูง เวลาที่ใช้ในการตรวจงาน อาจส่งผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจไม่ทันต่อการเน่าเสียของผลิตผลทางการเกษตร นอกจากนี้ กลุ่มเกษตรกร ชุมชน ผู้ผลิต และหน่วยงานภาครัฐ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการเฝ้าระวัง ควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยทางอาหาร เพิ่มมูลค่าตั้งแต่ขั้นตอนการปลูก การเก็บเกี่ยว วัตถุดิบ ผลิตผลทางการเกษตร รวมถึงการสุ่มตรวจสอบสินค้าส่งออกต่างประเทศ รวมถึงงานด้านตรวจอาหาร ใช้เป็นเครื่องมือในการสกัดกั้นสินค้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ สนับสนุนนโยบายความมั่นคงทางอาหารของประเทศ เพิ่มช่องทางการเข้าถึงเทคโนโลยีการทดสอบอย่างง่าย โดยจัดทำเอกสารกำกับ มีการอธิบายขั้นตอนการใช้งานด้วยภาพและภาษาที่เข้าใจ

ง่าย รวมถึงการถ่ายทอดองค์ความรู้สร้างประสบการณ์ให้กับองค์กร หน่วยงาน สถาบันต่างๆ สามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้แบบพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน⁽⁹⁾

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดสอบหาชนิดสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม ในผัก ผลไม้และธัญพืช ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ โดยใช้เทคนิคทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี แยกสารด้วยแผ่นที่แอลซี และตรวจสอบด้วยการทำปฏิกิริยากับสารเคมีทำให้เกิดสี เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประกอบการดำเนินงานตามมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหารของประเทศ ที่บุคคล องค์กรทั่วไปสามารถนำไปใช้เฝ้าระวัง ป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดแมลงและควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์สุภาพได้แบบพึ่งพาตนเองเพิ่มมูลค่าการส่งออกอย่างยั่งยืน ผลการศึกษาพบว่า ค่าต่ำสุดที่ตรวจได้ในสารเคมีกำจัดแมลง 4 กลุ่ม ได้แก่ ออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต คือ Chlorfenvinphos, Chlorpyrifos, Diazinon, Dichlorvos, Dicrotophos, Monocrotophos, Profenofos, Bendiocarb, Carbaryl, Carbofuran และ Methomyl ในผักต่างชนิดมีค่า 0.14, 1.9, 9.4, 0.05, 1.3, 0.24, 0.56, 0.69, 3.2, 0.10 และ 0.39 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สำหรับออร์กาโนคลอรีน ไพเรทรอยด์ และสารเคมีกำจัดวัชพืช คือ Endrin, Endosulfan, DDT, Cypermethrin, Permethrin, Deltamethrin และ 2,4-D มีค่า 0.3, 0.7, 0.2, 3.1, 1.9, 2.2 และ 2.2 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดสอบในผักและผลไม้ต่างชนิด เปรียบเทียบผลกับวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ พบว่า ชุดทดสอบให้ค่าความถูกต้อง ความจำเพาะและความไว ร้อยละ 96.1, 97.7 และ 85.7 ตามลำดับ โดยวิธีนี้ใช้เวลาในขั้นตอนการตรวจประมาณ 60 นาที ซึ่งมีความถูกต้อง รวดเร็ว และสามารถเก็บรักษาได้นาน 1 ปี สรุปได้ว่า ชุดทดสอบนี้สามารถนำไปใช้ในการตรวจ

คัดกรองหาสารเคมีกำจัดแมลงในอาหาร เพื่อควบคุมคุณภาพ เพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่สามารถแข่งขันได้ในตลาดการค้าเสรี และเพื่อส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอธิบดีและผู้บริหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ได้สนับสนุนทรัพยากร สำนักงานเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย ที่ให้การสนับสนุนสารมาตรฐาน ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 8 อุตรดิตถ์ ที่ให้คำปรึกษา แก่ไขข้อบกพร่องทางวิชาการและสนับสนุนการวิจัย ตลอดจนทีมงาน ที่ให้ข้อเสนอแนะ

เอกสารอ้างอิง

1. จารุงพงศ์ ประสพสุข, ปริญญา สุขสุพรรณ และ วัชรพร ศรีสว่างวงศ์ (2557). การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้เพื่อการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. *วารสารแก่นเกษตร* 42 (ฉบับพิเศษ 2), 430-439.
2. อมรินทร์ นันทวิทยากรณ์. (2555, กันยายน-ธันวาคม). การศึกษาสถานการณ์ กฎหมาย และการควบคุมสารพิษตกค้างในผักสดและผลไม้สดนำเข้าจากต่างประเทศ. *วารสารอาหารและยา*, 19 (3), 36-45.
3. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554). *รายงานสถานการณ์มลพิษทางน้ำจากนาข้าวและการจัดการ* [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 10 มกราคม 2558. จาก <http://wqm.pcd.go.th/water>.
4. National Association of Testing Authorities, Australia (NATA) (2013). *Guidelines for the validation and verification of quantitative and*

- qualitative test methods* [on-line]. Retrieved Jan 30, 2015. from National Association of Testing Authorities, Australia (NATA) Web site: <https://www.nata.com.au/nata/phocadownload/publications>.
5. Ambrus, A. (2005). Cost Effective Screening Methods for Pesticide Residue analysis in fruits, Vegetables and Cereal grains. *Validation of thin-layer chromatographic methods for pesticide residue analysis*, 25-70. Vienna: IAEA.
6. Pasha, A. and Nayak, K.K. (2005). A thin layer chromatographic method for the analysis of pesticide containing halo alkyl group. *Validation of thin-layer chromatographic methods for pesticide residue analysis*, 149-152. Vienna: IAEA.
7. Petrashkevich, N. (2005). Validation of thin layer chromatographic screening methods for pesticide residue analysis. *Validation of thin-layer chromatographic methods for pesticide residue analysis*, 181-186. Vienna: IAEA.
8. กระทรวงสาธารณสุข. (2560, 18 สิงหาคม) *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 387) เรื่องอาหารที่มีสารพิษตกค้าง*.
9. นิพนธ์ โพธิ์พัฒนชัย, ลักษณะ ลือประเสริฐ, อัจจิมา ทองป้อ, สาครรัตน์ มโนโมรา, น้อย ทองสกุลพานิชย์ และบุษบง จเร (2556, มกราคม-เมษายน). การลดความเสี่ยงและอันตราย จากสารเคมีกำจัดแมลงในผักผลไม้ จากพื้นที่ปลูกผู้บริโภคด้วยชุดทดสอบหาสารเคมีและการจัดการผักผลไม้ปลอดภัย. *วารสารอาหารและยา*, 20 (1), 8-13.

