

## ประสิทธิภาพของชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในอาหาร

### Test Kit for Rapid Screening Residues of Pesticide in Food

กอบทอง ฐุภอม<sup>1</sup>

Gobthong Thoophom<sup>1</sup>

บุญไพ สังวรานนท์<sup>1</sup>

Boonpai Sungvaranond<sup>1</sup>

กอบกุล จิระกอบชัยพงศ์<sup>2</sup>

Gobkul Jiragobchaiyapong<sup>2</sup>

กนกพร อธิสุข<sup>1</sup>

Kanokporn Atisook<sup>1</sup>

พัชรวรรณ จงมีวาสนา<sup>1</sup>

Patcharawan Jongmevasana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> กองอาหาร

<sup>1</sup> Division of Food

<sup>2</sup> กองยา

<sup>2</sup> Division of Drug

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

Department of Medical Sciences

#### บทคัดย่อ

เพื่อสนับสนุนงานคุ้มครองผู้บริโภคได้ทดลองผลิตและทดสอบประสิทธิภาพชุดทดสอบยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในอาหาร ใช้หลักการตรวจโคลีนเอสเตอเรสและสารอะซีติลโคลีนในพลาสมา การประเมินความสามารถ ของชุดทดสอบยาฆ่าแมลง โดยการตรวจหาค่าต่ำสุดที่ตรวจพบและค่าประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ยาฆ่าแมลงกลุ่มสารประกอบฟอสเฟตและกลุ่มสารคาร์บาเมท 8 ชนิด คือ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไคโครโตฟอส เฟนิโตรธอน เมโทมิด โมโนโครโตฟอส โปรพิโนฟอส และไตรคลอร์ฟอนในผักคะน้า ถั่วฝักยาวและผักกาดขาวกับ 1 ชนิดคือไตรคลอร์ฟอนในปลาเค็ม พบว่า ค่าต่ำสุดของยาฆ่าแมลง 8 ชนิดที่ตรวจพบได้ในผักคะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาวมีค่าเท่ากันในผักทั้ง 3 ชนิดคือ มีค่า 0.05, 0.01, 0.05, 0.5, 0.5, 0.05, 0.005 และ 0.05 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ และค่าต่ำสุดของสารไตรคลอร์ฟอนในปลาเค็มมีค่า 0.05 ไมโครกรัมต่อกรัม ค่าประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ยาฆ่าแมลง 8 ชนิดดังกล่าวในผักคะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาวที่ระดับการเติมสารมาตรฐาน ความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ พบว่าค่าส่วนใหญ่อยู่ระหว่างร้อยละ 80-120 โดยค่า RSD ไม่เกิน 10 และค่าประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์สารไตรคลอร์ฟอนในปลาเค็มที่ 3 ระดับ ความเข้มข้น มีค่าร้อยละ 93.5-97.2 ค่า RSD 3.5-5.6 เมื่อนำชุดทดสอบไปตรวจสอบคุณสมบัติตามข้อกำหนดทางระบาดวิทยา โดยตรวจตัวอย่างอาหารที่นำส่งวิเคราะห์ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ.2539-เดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 ได้แก่ ผักต่างๆจำนวน 93 ตัวอย่าง และปลาเค็มจำนวน 130 ตัวอย่าง เทียบกับวิธีมาตรฐาน พบว่า ในการทดสอบกับผักต่างๆ ชุดทดสอบให้ค่าความไว ความจำเพาะ ความถูกต้อง ความสามารถในการทำนายผลบวกในตัวอย่างที่ตรวจพบยาฆ่าแมลง และความสามารถในการทำนายผลลบในตัวอย่างที่ตรวจไม่พบยาฆ่าแมลง ร้อยละ 92.3, 85.1, 87.1, 70.6 และ 96.6 ตามลำดับ และในการทดสอบกับปลาเค็มให้ค่าความไว ความจำเพาะ ความถูกต้อง ความสามารถในการทำนายผลบวกในตัวอย่างที่ ตรวจพบยาฆ่าแมลง และความสามารถในการทำนายผลลบในตัวอย่างที่ตรวจไม่พบยาฆ่าแมลง ร้อยละ 92.7, 77.5, 83.0, 65.5 และ 95.8 ตามลำดับ สำหรับการศึกษอายุการใช้งานของชุดน้ำยาทดสอบ โดยนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างๆ กันคือ 0, 3, 6, 9 และ 12 เดือน พบว่า สามารถเก็บรักษาไว้ใช้งานได้ นานกว่า 1 ปี

**ABSTRACT**

Simplified Pesticide Test Kit, based on the human plasma cholinesterase and acetyl choline testing method, for screening organophosphate and carbamate pesticide residues in food, was developed to generate Consumer Protection Program. The study was carried out by using this test kit to determine the detection limits and recoveries of the 8 pesticides previously found in food, namely carbaryl, carbofuran, dicotophos, fenitrothion, methomyl, monocrotophos, profenophos and trichlorfon in kale, yard-long bean and Chinese cabbage and only trichlorfon in dry salted-fish. Ninety-three samples of vegetables and 130 samples of dry salted-fish were analyzed between June 1996 to June 1997, using the test kit in comparison with the standard method in order to assess the quality of the test kit, according to the epidemic control regulation to find the sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value and negative predictive value of this test kit. In addition the shelf life of the test kit kept at +4 degree celsius for a period of 0, 3, 6, 9 and 12 months was also evaluated. The results revealed that the same detection limits of those pesticides in kale, yard-long bean and Chinese cabbage were 0.05, 0.01, 0.05, 0.5, 0.5, 0.05, 0.005 and 0.05 microgram per gram respectively and the detection limit of trichlorfon in dry salted-fish was 0.05 microgram per gram, the of those in kale, yard-long bean and Chinese cabbage at 3 levels of concentrations were between 80%-120% (RSD < 10) and the recoveries of trichlorfon in dry salted-fish at 3 levels of concentrations were between 93.5-97.2 (RSD 3.4-5.6). Then the sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value and negative predictive value of this test kit for analysis of pesticides in vegetable samples were 92.3%, 85.1%, 87.1%, 70.6% and 96.6% respectively and for analysis of trichlorfon insecticide in dry salted-fish samples were 92.7%, 77.5%, 83.0%, 65.5% and 95.8% respectively. Furthermore the validity of this test kit kept at +4 degree celsius is approximately 1 year. In summary, this test kit can be used for screening pesticide residues in food.

**KeyWords:** Pesticide test kit, organophosphate, carbamate, Consumer Protection Program.

**บทนำ**

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์หรือที่นิยมเรียกกันว่า “ยาฆ่าแมลง” หมายถึงสารเคมีที่อนุญาตให้นำมาใช้เพื่อการป้องกันและกำจัดศัตรูของพืชและสัตว์ที่เป็นผลิตผลทางการเกษตร แต่ทั้งนี้จะต้องมีสารพิษตกค้างอยู่ในระดับที่ปลอดภัย คือต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 163 (พ.ศ. 2538) เรื่องอาหารที่มีสารพิษตกค้าง<sup>(1)</sup> หรือตามมาตรฐานของคณะกรรมการอาหารระหว่างประเทศ (Codex MRLs)<sup>(2)</sup> ยาฆ่าแมลงที่ใช้มีหลายชนิด แต่ละ

ชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยเฉพาะกลุ่มยาฆ่าแมลงที่มีการใช้มาก คือ กลุ่มสารประกอบฟอสเฟตและคาร์บาเมท มีคุณสมบัติตั้งแต่ละลายน้ำได้ดี จนถึงไม่ละลายน้ำ การตรวจจึงต้องใช้ผู้ที่มีประสบการณ์ ความชำนาญในงานตรวจหาสารตกค้างปริมาณต่ำ ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง สารเคมีที่ใช้เป็นน้ำยาสกัดมีความบริสุทธิ์และเป็นพิษต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ต้นทุนการวิเคราะห์จึงมีราคาแพง กลุ่มสารประกอบฟอสเฟต วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีชนิดเครื่องตรวจวัดเอฟพีดี และกลุ่มสารคาร์บาเมท วิเคราะห์

ด้วยเครื่องเอชพีแอลซี ซึ่งใช้เวลาตรวจวิเคราะห์นาน ไม่ทันต่อการได้ข้อมูลเพื่อดำเนินการคุ้มครองผู้บริโภค ขณะที่ความต้องการข้อมูลสารพิษตกค้างในอาหารมีมาก โดยเฉพาะเมื่อเกิดกรณีข่าวร้องเรียน หรือสงสัยว่าเกิดการระบาดของโรคอันเนื่องมาจากความเป็นพิษของสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหาร เช่น กรณีตัวอย่างปลาเค็ม ปลาแห้งที่มีข่าวร้องเรียนการใช้สารไตรคลอโรฟอนเป็น ยาฆ่าหนอนแมลงวันในกรรมวิธีผลิตปลาเค็ม ซึ่งทำให้ มีตัวอย่างส่งตรวจวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก เป็นผลให้ ไม่สามารถดำเนินการได้ทันกับสถานการณ์ การแก้ไข ปัญหาความเป็นพิษในอาหารดังกล่าว ประกอบกับ ปัจจุบัน การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในอาหาร มีการดำเนินการเฉพาะในส่วนกลาง ซึ่งไม่เพียงพอต่อการให้บริการ ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาค่าตรวจที่ล่าช้า ปัญหาการเน่าเสียง่ายของตัวอย่างผลิตผลทางการ เกษตร เช่น ผัก ผลไม้ ข้าว ธัญพืช เป็นต้น และเพื่อ สนับสนุนให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน ควบคุมความปลอดภัยด้านสารพิษตกค้างในอาหาร ได้ มีส่วนร่วมในการดำเนินการตรวจวิเคราะห์ให้ครอบคลุม ได้ทั่วทั้งประเทศ คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษา ค้นคว้า และผลิตชุดทดสอบยาฆ่าแมลงอย่างง่าย ซึ่งใช้วิธีการ ของอะซีติลโคลีนเอสเตอเรส<sup>(3)</sup> โดยนำคุณสมบัติเด่นของ ยาฆ่าแมลงกลุ่มสารประกอบฟอสเฟต เช่น โมโนโคร- โดฟอส เมวินฟอส ไตรคลอโรฟอน เป็นต้น และกลุ่ม สารคาร์บาเมต เช่น คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน เมทโธมิล ที่เป็นกลุ่มสารยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โคลีน- เอสเตอเรส โดยสารแต่ละชนิดในกลุ่มดังกล่าว จะมี คุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์นี้ได้ไม่ เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นพิษของแต่ละสาร สำหรับโคลีนเอสเตอเรส จัดเป็นเอ็นไซม์ที่พบได้ในซี รัมของคนและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เอ็นไซม์นี้ทำหน้าที่ในการ ย่อยสลายสารอะซีติลโคลีนที่เป็นตัวกลางในการส่ง nerve impulse ไปตามส่วนต่างๆของร่างกาย โดย 1 กรัมโมเลกุลของสารอะซีติลโคลีน ถูกเปลี่ยนไปเป็น

สารโคลีนและกรดอะซีติก อย่างละ 1 กรัมโมเลกุลเช่น เดียวกัน ดังนั้นในสภาวะที่ร่างกายได้รับยาฆ่าแมลง จะมีการจับเอ็นไซม์ไม่ให้นำหน้าที่ได้สมบูรณ์ ทำให้สาร อะซีติลโคลีนหลงเหลือในอัตราส่วนเท่ากับปริมาณยา ฆ่าแมลงที่ไปยับยั้งการทำงาน เมื่อตรวจหาสารอะซีติล- โคลีนที่เหลืออยู่ โดยทำให้เกิดสีน้ำตาลแดงที่สังเกตเห็นได้ว่ามีสีเข้มกว่าหลอดควบคุม วัตถุประสงค์ของ การศึกษาครั้งนี้ เพื่อนำชุดทดสอบที่ผลิตขึ้นนี้ไปทดสอบ ประสิทธิภาพตาม Kaufman, B.M. and Clower, M.<sup>(4)</sup> ได้แก่การตรวจหาค่าต่ำสุดและค่าประสิทธิภาพของวิธี ของชุดทดสอบ ในการตรวจยาฆ่าแมลงในกลุ่มสาร ประกอบฟอสเฟตและคาร์บาเมตจำนวน 8 ชนิดคือ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส เฟนิโตโรอน เมทโธมิล โมโนโครโดฟอส โปรพีโนฟอส และไตร คลอโรฟอน ที่กลุ่มงานสารกำจัดศัตรูพืชและยาสัตว์ ตกค้าง กองอาหาร ตรวจพบการตกค้างบ่อยครั้งในผัก ที่นิยมบริโภคกันเป็นประจำวันจำนวน 3 ชนิดคือ ผัก คะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาว รวมทั้งปลาเค็มปลา แห้งที่นำมาศึกษา เนื่องจากต้องการแก้ไขปัญหาค่า ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนมากที่มีการร้องเรียนดัง กล่าวมาแล้วข้างต้น กับตรวจหาอายุการใช้งานของชุด น้ำยา และตรวจสอบคุณสมบัติของชุดทดสอบตาม เกณฑ์กำหนดทางระบาดวิทยา<sup>(5)</sup> ได้แก่ การหาค่า ความไว (sensitivity) ความจำเพาะ (specificity) ความถูกต้อง (accuracy) ค่าความสามารถในการทำนาย ผลบวกหรือผลของการตรวจพบ (positive predictive value) และค่าความสามารถในการทำนาย ผลลบ หรือผลการตรวจไม่พบ (negative predictive value) โดยนำชุดทดสอบไปตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง อาหาร เช่น ผักต่างๆ และปลาแห้งปลาเค็ม ที่นำส่ง ห้องปฏิบัติการของคณะผู้วิจัยระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ.2539 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 เปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ที่ได้จากวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติ การ ก่อนการนำไปใช้เป็นวิธีตรวจเบื้องต้น (screening

test) ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### อุปกรณ์และเคมีภัณฑ์

อุปกรณ์ประกอบด้วย เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดชั่งได้ละเอียด 2 ตำแหน่ง, เครื่องบดชนิด Moulinex, ขวดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร (มล.) พร้อมฝาเกลียว, หลอดแก้วทดสอบขนาด 8-10 มล., เครื่องปั๊มอากาศชนิดใช้กับตู้ปลา, ที่วางหลอดแก้ว, ถังพลาสติกชนิดถุงเย็น, มีด, ช้อน, อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส, หลอดแก้วน้ำก๊าซ, หลอดหยดทำขีดปริมาตร 0.25, 0.5 และ 1 มล. พร้อมลูกยาง, นาฬิกาตั้งเวลา และเครื่องวัดความเข้มข้นของสี ชนิดสเปกโทรนิค

ชุดน้ำยาทดสอบ 1 ชุด ประกอบด้วย น้ำยาไดคลอโรมีเทนบรรจุขวดแก้วสีชาขนาดปริมาตร 60 มล. ปิดฉลาก น้ำยาสกัด -1, สารละลายเอทานอลร้อยละ 5 บรรจุในขวดแก้วสีชาขนาดปริมาตร 30 มล. ปิดฉลาก น้ำยาสกัด -2, ซีรัมของมนุษย์ ได้รับความอนุเคราะห์จากสถานพยาบาลการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย นำมาผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์ บรรจุในขวดแก้วสีชาขนาด 30 มล. ปิดฉลาก น้ำยาจีที -1, สารอะซีติลโคลีนบรรจุขวดแก้วสีชาขนาด 30 มล. ปิดฉลาก น้ำยาจีที -2, น้ำยาไซเตียมอะซีเตท บรรจุขวดแก้วสีชาขนาด 30 มล. ปิดฉลาก น้ำยาจีที -2.1, สารไฮดรอกซีลามีน บรรจุขวดแก้วสีชาขนาด 30 มล. ปิดฉลาก น้ำยาจีที -3, น้ำยาไซเตียมไฮดรอกไซด์ บรรจุขวดพลาสติกสีขาวขนาด 30 มล. ปิดฉลาก น้ำยาจีที -3.1, กรดเกลือเจือจาง บรรจุขวดแก้วสีชาขนาด 30 มล. ปิดฉลาก น้ำยาจีที -4, สารละลายเฟอริกคลอไรด์ บรรจุขวดแก้วสีชาขนาด 30 มล. ปิดฉลาก น้ำยาจีที -5 และสารมาตรฐานยาฆ่าแมลงจำนวน 8 ชนิด ชื่อจากบริษัทผู้แทนจำหน่ายที่มีใบรับรองคุณภาพ ได้แก่ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส เฟนิโตไธออน เมโทมิล โมโนโครโตฟอส โปรพิโนฟอส และไตรคลอร์ฟอน

### การเตรียมสารมาตรฐานยาฆ่าแมลง

สารมาตรฐานยาฆ่าแมลง 8 ชนิด คือ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส เฟนิโตไธออน เมโทมิล โมโนโครโตฟอส โปรพิโนฟอส และไตรคลอร์ฟอน แต่ละชนิดนำมาละลายด้วยน้ำยาสกัด -2 ให้ได้ความเข้มข้นละ 0.2 มก./มล. จากนั้นแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำไปเจือจางด้วยน้ำยาสกัด -2 ให้ได้ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ จากนั้นจุดน้ำยามาอย่างละ 0.25 มล. ใส่ในหลอดทดสอบแต่ละหลอด สำหรับนำไปตรวจด้วยชุดทดสอบยาฆ่าแมลง เพื่อหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารละลายมาตรฐานอีกส่วนหนึ่ง สำหรับนำไปเตรียมในตัวอย่างอาหารเพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

### การเตรียมตัวอย่าง

1. การเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจหาค่าต่ำสุดที่ตรวจพบ และศึกษาประสิทธิภาพของวิธีชุดทดสอบ

นำตัวอย่างผักคะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาว ที่ผ่านการตรวจแล้วว่า ไม่พบสารตกค้างของยาฆ่าแมลง ชนิดละประมาณ 800 กรัม และตัวอย่างปลาเค็มที่ผ่านการตรวจวิเคราะห์แล้วว่า ไม่พบสารตกค้างของยาฆ่าแมลงเช่นเดียวกัน ชนิดละประมาณ 300 กรัม นำมาแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้ :-

ส่วนที่ 1 สำหรับตรวจหาค่าต่ำสุด ใช้น้ำหนักแต่ละตัวอย่าง 200 กรัม นำมาเตรียมเป็นน้ำยาสกัดตัวอย่าง โดยนำแต่ละตัวอย่างแยกเติมน้ำยาสกัด -1 จำนวน 200 มล. เขย่านาน 1 นาที ตั้งไว้ 15 นาที กรองด้วยกรวยที่รองด้วยสำลีเล็กน้อย จากนั้นนำน้ำยาสกัดตัวอย่างที่อยู่ในน้ำยาสกัด -1 ที่กรองได้จำนวน 150 มล. เติมน้ำยาสกัด -2 จำนวน 150 มล. เท่ากัน ต่อหลอดแก้วน้ำก๊าซให้ปลายหนึ่งเข้ากับเครื่องปั๊มอากาศ และด้านปลายแหลมของหลอดให้จุ่มอยู่กับภาชนะที่เป็นส่วนของน้ำยาสกัด -1 จากนั้นเปิดเครื่องเพื่อ

ระเหยให้น้ำยาสกัด -1 หมดไป น้ำยาที่เหลือเป็นส่วน  
ของน้ำยาสกัดตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดที่ละลายอยู่ใน  
น้ำยาสกัด -2 (ความเข้มข้น 1 มล. = 1 กรัม) ซึ่งจะ  
นำไปเจือจางสารละลายมาตรฐานยามาแมลง 8 ชนิด  
ข้างต้นที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.001, 0.005, 0.01, 0.05,  
0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อกรัม ยกเว้น  
น้ำยาสกัดตัวอย่างปลาเค็ม ใช้เจือจางเฉพาะสารไตร  
คลอโรฟอน จากนั้นดูน้ำยามาอย่างละ 0.25 มล. ใส่ใน  
หลอดทดสอบอย่างละหลอด เพื่อนำไปตรวจหาค่าต่ำ  
สุดที่ตรวจพบด้วยชุดทดสอบต่อไป

ส่วนที่ 2 สำหรับศึกษาประสิทธิภาพวิธีของชุด  
ตรวจ โดยนำตัวอย่างผักชนิดละประมาณ 600 กรัม  
และปลาเค็มประมาณ 100 กรัม แต่ละชนิดมาแบ่งเป็น  
8 ส่วนเท่าๆ กัน นำแต่ละส่วนมาแบ่งเป็น 3 ส่วนย่อย  
แต่ละส่วนย่อย แบ่งซึ่งเป็น 5 การทดลองๆ ละ 5 กรัม  
ใส่ลงในขวดตัวอย่าง จากนั้นนำมาแยกเติมสารละลาย  
มาตรฐาน คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส  
เฟนนิโตโรฮอน เมโทมิล โมโนโครโตฟอส โปรพีโนฟอส  
และไตรคลอโรฟอน ยกเว้นปลาเค็มเติมเฉพาะสาร  
ไตรคลอโรฟอน โดยให้สารแต่ละชนิดมีความเข้มข้น  
ชนิดละ 3 ระดับ ดังนี้:-

คาร์บาริล เติมในระดับ 0.2, 0.5 และ 5 มิลลิกรัม  
ต่อกิโลกรัม, คาร์โบฟูแรน ระดับ 0.1, 0.5 และ 5 มิลลิกรัม  
ต่อกิโลกรัม, ไดโครโตฟอส ระดับ 0.1, 0.5 และ 2  
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, เฟนนิโตโรฮอน ระดับ 2, 5 และ  
20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, เมโทมิล ระดับ 1, 2 และ 5  
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, โมโนโครโตฟอส ระดับ 0.1, 0.5  
และ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, โปรพีโนฟอส ระดับ 0.02,  
0.1 และ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไตรคลอโรฟอน ระดับ  
0.1, 0.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเติมเฉพาะ  
สารไตรคลอโรฟอนในตัวอย่าง ปลาเค็มที่ระดับ 0.1, 1 และ  
5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากนั้นวางไว้ 30 นาที นำไป  
สกัดโดยเติมน้ำยาสกัด -1 จำนวน 5 มล. เขย่านาน 1  
นาที ตั้งไว้ 15 นาที กรองด้วยกรวยที่รองสำลีเล็กน้อย

จากนั้นดูน้ำยาสกัดตัวอย่างที่กรองได้จำนวน 1 มล.  
ลงในหลอดแก้วทดสอบ และเติมน้ำยาสกัด -2 จำนวน  
1 มล. นำไประเหยเอาน้ำยาสกัด -1 ออกด้วยวิธีการ  
เดียวกันกับตัวอย่างน้ำยาสกัดข้างต้น จนได้น้ำยาสกัด  
ตัวอย่างที่ละลายในน้ำยาสกัด -2 จากนั้นดูน้ำยามา  
0.25 มล. ใส่ลงในหลอดทดสอบแต่ละหลอด สำหรับนำ  
ไปตรวจหามายาแมลงด้วยชุดทดสอบ

2. การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาคุณสมบัติ  
ของชุดทดสอบตามเกณฑ์กำหนดทางระบาดวิทยา<sup>(5)</sup>

นำตัวอย่างผักต่างๆ และปลาเค็มที่นำส่ง  
วิเคราะห์จาก สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา  
สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด และจากแหล่งขายใน  
กรุงเทพมหานครและจากจังหวัดต่างๆ ในทุกภาคของ  
ประเทศ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2539-เดือนมิถุนายน  
2540 จำนวนทั้งสิ้น 223 ตัวอย่าง จำแนกเป็นตัวอย่าง  
ผักต่างๆ ได้แก่ ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง แตงกวา มะเขือเทศ  
 ฯลฯ จำนวน 93 ตัวอย่าง และปลาเค็ม 130 ตัวอย่าง  
แต่ละตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 1-2 กิโลกรัม นำมา  
เตรียมตามคู่มือเล่มที่ 2/2534<sup>(6)</sup> เช่นผัก ใช้มีดหั่นเป็น  
ชิ้น พอบดได้ ปลาเค็ม ใช้เฉพาะส่วนที่รับประทานได้  
นำมาบดและคลุกให้เข้ากัน จากนั้น แบ่งตัวอย่างเป็น 2  
ส่วน

ส่วนที่ 1 แบ่งซึ่ง สำหรับตรวจวิธีมาตรฐานที่ใช้  
ในห้องปฏิบัติการโดยซึ่งน้ำหนักสำหรับตรวจกลุ่ม  
สารประกอบฟอสเฟต 50 กรัม กลุ่มสารคาร์บาเมท 150  
กรัม

ส่วนที่ 2 นำไปตรวจด้วยชุดทดสอบ โดยซึ่ง  
น้ำหนักตัวอย่างละ 10 กรัม เติมน้ำยาสกัด -1 จำนวน  
10 มล. เขย่านาน 1 นาที ตั้งไว้ 15 นาที กรองด้วย  
กรวยที่รองสำลีเล็กน้อย ดูน้ำยาสกัดตัวอย่างที่กรอง  
ได้จำนวน 1 มล. ลงในหลอดแก้วทดสอบ และเติมน้ำ  
ยาสกัด -2 จำนวน 1 มล. นำไประเหยเอาน้ำยาสกัด  
-1 ออกด้วยวิธีการเดียวกันกับตัวอย่างน้ำยาสกัดข้างต้น  
จนได้น้ำยาสกัดตัวอย่างที่

ละลายในน้ำยาสกัด-2 จากนั้นดูตาม 0.25 มล.ใส่ลงในหลอดทดสอบแต่ละหลอด สำหรับนำไปตรวจหาฆ่าแมลงด้วยชุดทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากทั้ง 2 วิธีต่อไป

### การเก็บรักษาชุดน้ำยาทดสอบเพื่อศึกษาอายุการใช้งาน

นำชุดน้ำยาทดสอบยาฆ่าแมลงที่ผลิตขึ้นจำนวน 3 ชุดไปเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ +4 องศาเซลเซียส และนำออกมาทดสอบอายุการใช้งานที่ระยะเวลา 0 เดือน, 3 เดือน, 6 เดือน, 9 เดือน และ 12 เดือน โดยระยะเวลาแต่ละครั้งก็นำออกมาจากตู้เย็นให้นำน้ำยาทั้ง 3 ชุดไปทดสอบการทำงานในน้ำยาควบคุม (น้ำยาสกัด -2) เพื่อตรวจดูสีที่เกิดขึ้น

### วิธีการทดสอบ

1. ใช้ชุดทดสอบหาค่าต่ำสุดที่ตรวจพบของยาฆ่าแมลง 8 ชนิดดังกล่าว ในสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้แล้ว กับในตัวอย่างน้ำยาสกัดจากผักคะน้า ถั่วฝักยาว ผักกาดขาว และปลาเค็มที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามที่ได้เตรียมและกล่าวไว้แล้วข้างต้น โดยทดสอบความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เทียบกับน้ำยาควบคุม (น้ำยาสกัด -2) ถ้าความเข้มข้นใดที่ให้สีเข้มกว่าสีในหลอดควบคุมให้ใช้ความเข้มข้นนั้นเป็นค่าต่ำสุด

2. ใช้ชุดทดสอบหาค่าประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ในตัวอย่างที่เดิมสารมาตรฐานแต่ละชนิดที่ 3 ระดับความเข้มข้นๆ ละ 5 ซ้ำ ตรวจวัดสีที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่องสเปกโตรนิคความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบสีที่เกิดจากสารมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันกับที่เติมในตัวอย่าง คำนวณหาค่า % Recovery และค่า % RSD (Relative Standard Deviation)

3. ศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบตามเกณฑ์กำหนดทางระบาดวิทยา<sup>(5)</sup> โดยนำชุดทดสอบมาทำการวิเคราะห์ตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน เปรียบเทียบกับวิธี

วิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ โดยวิธีตรวจกลุ่มสารประกอบฟอสเฟตใช้วิธีสกัด ตรวจชนิดและปริมาณ และการตั้งสภาวะของเครื่องมือตามวิธีวิเคราะห์ของกอบทอง ฐปหอม<sup>(7)</sup> ส่วนกลุ่มสารคาร์บาเมท ใช้วิธีวิเคราะห์ผักผลไม้ของบุญไพ สังวรานนท์ และคณะ<sup>(8)</sup> และการตรวจสารไตรคลอโรฟอนในปลาเค็มใช้วิธีของยุวดี เลิศเรืองเดช และคณะ<sup>(9)</sup> โดยผลจากการศึกษานำมาตรวจหาคุณสมบัติของชุดทดสอบดังนี้ :-

% Sensitivity =  $\frac{\text{True positive samples}}{\text{all positive samples}} \times 100$

% Specificity =  $\frac{\text{True negative samples}}{\text{all negative samples}} \times 100$

% accuracy =  $\frac{\text{True positive samples} + \text{True negative samples}}{\text{All analyzed samples}} \times 100$

% Positive predictive value =  $\frac{\text{True positive samples}}{\text{All positive samples}} \times 100$

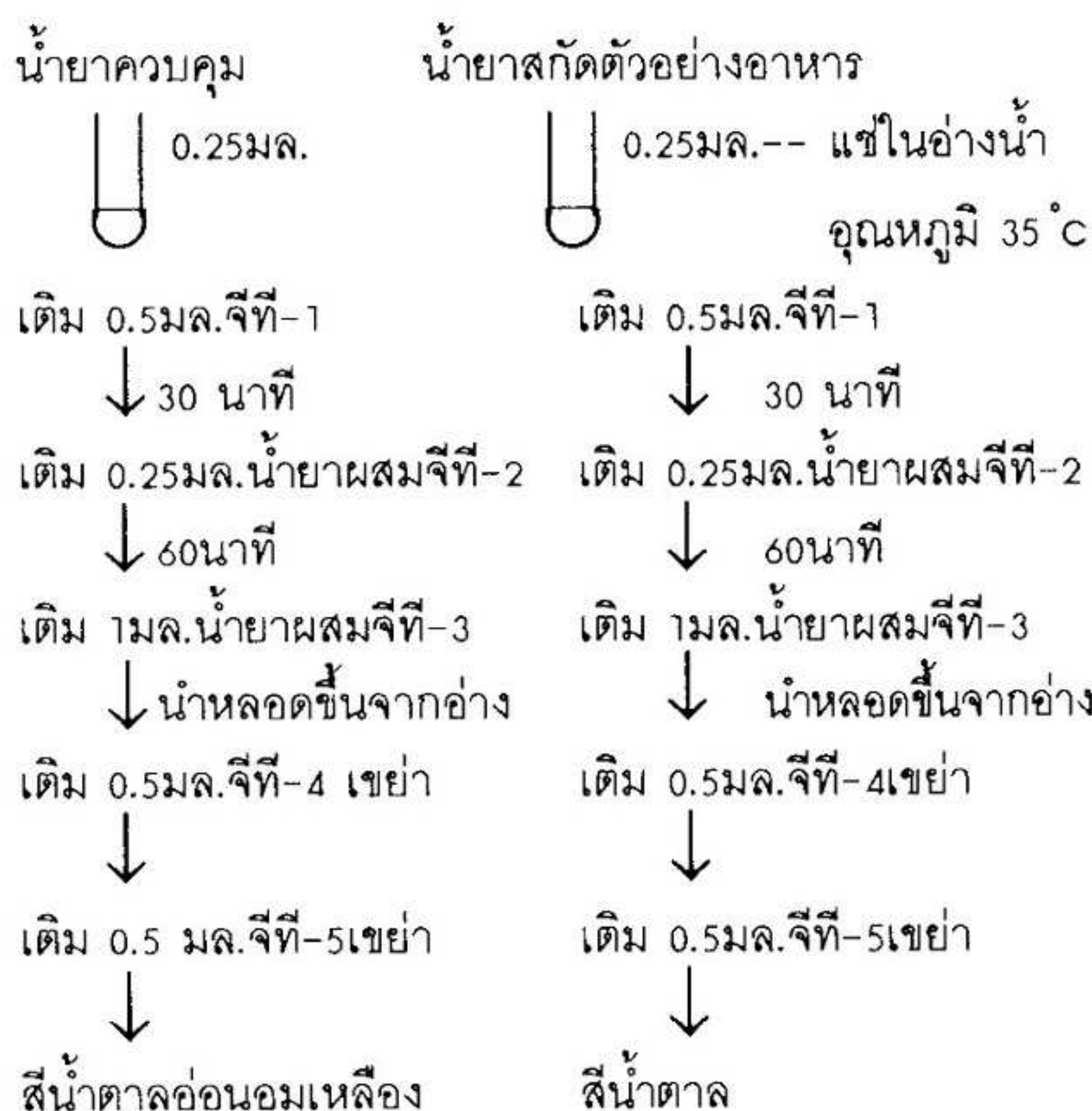
% Negative predictive value =  $\frac{\text{True negative samples}}{\text{All negative samples}} \times 100$

4. ศึกษาอายุการใช้งานของชุดทดสอบยาฆ่าแมลงที่เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ +4 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาต่างกันคือ 0, 3, 6, 9 และ 12 เดือนตามลำดับ โดยการทดสอบ ให้ดูน้ำยาสกัด -2 จำนวน 0.25 มล. ใส่ลงในหลอดทดสอบแต่ละหลอด นำไปตรวจด้วยวิธีการของชุดทดสอบ จากนั้นตรวจดูสีที่เกิดขึ้น ถ้าให้สีน้ำตาลอ่อนออกเหลืองเล็กน้อยแสดงว่าน้ำยายังใช้การได้ แต่ถ้าเกิดสีน้ำตาลแดงเข้ม แสดงว่าน้ำยาใช้การไม่ได้

### วิธีตรวจด้วยชุดทดสอบ

ตั้งอุณหภูมิของอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 10 นาที นำน้ำยาสกัดตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วในหลอดทดสอบข้างต้นชนิดละ 0.25 มล. และดูน้ำยาสกัด -2 จำนวน 0.25 มล. ลงในหลอดทดสอบอีกหลอดหนึ่งสำหรับใช้เป็นหลอดควบคุม และ

ขวดน้ำยาจีที -1 ลงแช่ในอ่าง ตั้งเวลาไว้ 10 นาที เพื่อรออุณหภูมิในอ่างน้ำปรับสภาพให้อยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส ระหว่างรอเวลาให้ผสมน้ำยาในขวดจีที -2.1 ลงในขวดจีที -2 และขวดจีที -3.1 ลงในขวดจีที -3 เขย่าจนสารเคมีในขวดละลายหมด เมื่อครบ 10 นาที ดูดน้ำยาในขวดน้ำยาจีที -1 จำนวน 0.5 มล. ใส่ลงในหลอดตัวอย่าง โดยเริ่มจากหลอดที่ 1 ซึ่งเป็นหลอดควบคุม ตามด้วยหลอดที่ 2, 3, 4, ... จนครบทุกหลอด โดยจับเวลาให้ห่างกันแต่ละหลอดเท่ากัน ตั้งเวลาไว้ 30 นาที เมื่อครบ 30 นาที ดูดน้ำยาผสมในขวดจีที -2 จำนวน 0.25 มล. ลงในหลอดตัวอย่างหลอดที่ 1 ตามด้วยหลอดที่ 2, 3, 4, ... จนครบทุกหลอด ตั้งเวลาไว้ 60 นาที เมื่อครบ 60 นาที ดูดน้ำยาผสมในขวดจีที -3 จำนวน 1 มล. ลงในหลอดที่ 1 พร้อมกับนำขึ้นมาจากอ่างแช่ มาวางไว้ที่ใส่หลอด จากนั้นตามด้วยหลอดที่ 2, 3, 4, ... จนครบทุกหลอด และตามด้วยการดูดน้ำยาในขวดจีที -4 ใส่หลอดละ 0.5 มล. และน้ำยาจีที -5 จำนวน 0.5 มล. เขย่าให้น้ำยาผสมกัน สังเกตสีที่เกิดขึ้นในหลอดตัวอย่างเทียบกับหลอดน้ำยาควบคุม ซึ่งแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังนี้:-



### การดูผล

ความเข้มของสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในหลอดตัวอย่าง เท่ากับหรืออ่อนกว่าหลอดควบคุม แสดงว่าตรวจไม่พบยาฆ่าแมลง

ความเข้มของสีในหลอดตัวอย่าง มากกว่าหลอดควบคุม แสดงว่าตรวจพบยาฆ่าแมลง

### ผล

ผลการใช้ชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในอาหาร ทดสอบหาค่าต่ำสุดที่ตรวจพบของสารเคมีกำจัดแมลง 8 ชนิดคือ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส เฟนิโตโรอน เมทโธมิล โมโนโครโตฟอส โปรพิโนฟอส และไตรคลอร์ฟอน ในสารละลายมาตรฐาน และในผัก คะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาว พบว่า ค่าต่ำสุดที่ทดสอบ ได้ให้ค่าที่ความเข้มข้นเดียวกันคือ มีค่า 0.05, 0.01, 0.05, 0.5, 0.5, 0.05, 0.005 และ 0.05 ไมโครกรัม ต่อกรัม ตามลำดับ และค่าต่ำสุดที่ตรวจพบของเฉพาะ สารไตรคลอร์ฟอนในปลาเค็มมีค่า 0.05 ไมโครกรัมต่อกรัม ดังตารางที่ 1 และ 2

ผลการทดสอบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ยาฆ่าแมลงในผัก และปลาเค็มที่ 3 ระดับความเข้มข้น พบว่า ที่ระดับการเติมสารมาตรฐานปริมาณต่ำค่าประสิทธิภาพ วิธีวิเคราะห์สารเคมีกำจัดแมลง 8 ชนิดดังกล่าวในผัก คะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาว มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 98.8 + 3.7 ในสารโมโนโครโตฟอส ถึงร้อยละ 108.9 + 4.2 ในสารเมทโธมิล (RSD 1.5-6.3), ระหว่าง ร้อยละ 83.0 + 4.5 ในสารคาร์บาริล ถึงร้อยละ 117.9 + 4.6 ในสารเมทโธมิล (RSD 1.4-14.1) และระหว่างร้อยละ 92.0 + 2.6 ในสารโปรพิโนฟอส ถึงร้อยละ 124.3 + 6.2 ในสารคาร์โบฟูแรน (RSD 2.4-8.5) ตามลำดับ ระดับ กลางมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 74.8 + 2.1 ในสารโปร-พิโนฟอส ถึงร้อยละ 110.7 + 5.6 ในสารคาร์โบฟูแรน (RSD 1.5-9.9), ระหว่างร้อยละ 70.8 + 5.9 ในสารโปร-พิโนฟอส ถึงร้อยละ 103.5 + 3.4 ในสารไดโครโตฟอส

(RSD 2.9-11.9) และระหว่างร้อยละ 74.4 + 3.5 ในสารโปรฟีโนฟอส ถึงร้อยละ 110.6 + 14.3 ในสารคาร์บาริล (RSD 3.5-12.9) ตามลำดับ และระดับการเติมสารปริมาณสูงมีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 82.0 + 3.1 ในสารโปรฟีโนฟอส ถึงร้อยละ 114.7 + 2.8 ในสารเม็ทโธมิล (RSD 2.5-7.5), ระหว่างร้อยละ 69.6 + 6.1 ในสารโปรฟีโนฟอส ถึงร้อยละ 107.6 + 6.3 ในสารเม็ทโธมิล (RSD

2.2-11) และระหว่างร้อยละ 73.2 + 1.7 ในสารโปรฟีโนฟอส ถึงร้อยละ 106.9 + 8.9 ในสารไตรคลออร์ฟอน (RSD 2.4-8.6) ตามลำดับ และประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์สารไตรคลออร์ฟอนในปลาเค็มที่ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูงมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 95.8 + 3.4 (RSD 3.5), ร้อยละ 93.5 + 5.2 (RSD 5.6) และร้อยละ 97.3 + 5.3 (RSD 5.5) ตามลำดับ ตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจพบของยาฆ่าแมลง 8 ชนิด คือ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส เฟนิโตไธออน เม็ทโธมิล โมโนโครโตฟอส โปรฟีโนฟอส และไตรคลออร์ฟอนในผักคะน้า ถั้วผักยาวและผักกาดขาว โดยใช้ชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในอาหาร

ชนิดยาฆ่าแมลง	ความเข้มข้นของยาฆ่าแมลงในตัวอย่างผักคะน้า ถั้วผักยาวและผักกาดขาว (ไมโครกรัม/กรัม)									
	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5
คาร์บาริล	-	-	-	+	+	++	++	+++	+++	++++
คาร์โบฟูแรน	-	-	+	++	+++	++++	++++	++++	++++	++++
ไดโครโตฟอส	-	-	-	++	+++	++++	++++	++++	++++	++++
เฟนิโตไธออน	-	-	-	-	-	-	+	++	++	+++
เม็ทโธมิล	-	-	-	-	-	-	+	++	+++	++++
โมโนโครโตฟอส	-	-	-	+	++	+++	++++	++++	++++	++++
โปรฟีโนฟอส	-	+	++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
ไตรคลออร์ฟอน	-	-	-	+	+++	++++	++++	++++	++++	++++

หมายเหตุ - = ตรวจไม่พบ  
+ = ตรวจพบ จำนวน + ที่เพิ่มขึ้น แสดงความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจพบของสารไตรคลออร์ฟอนในปลาเค็ม โดยใช้ชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในอาหาร

ชนิดยาฆ่าแมลง	ความเข้มข้นของสารไตรคลออร์ฟอนในปลาเค็ม (ไมโครกรัม/กรัม)									
	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.05	1	2	5
ไตรคลออร์ฟอน	-	-	-	+	+++	++++	++++	++++	++++	++++

หมายเหตุ - = ตรวจไม่พบ  
+ = ตรวจพบ จำนวน + ที่เพิ่มขึ้น แสดงความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้น



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ยาฆ่าแมลง 8 ชนิด ได้แก่ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส เฟนนิโตไธออน เม็ทโธมิล โมโนโครโตฟอส โปรฟีโนฟอส และไตรคลอร์ฟอนในผักคะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาวที่ระดับการเติมสารมาตรฐานต่างกัน 3 ระดับๆ ละ 5 ซ้ำ โดยใช้ชุดทดสอบ

ชนิดยาฆ่าแมลง	ปริมาณที่เติม มก./กก.	ร้อยละของประสิทธิภาพวิธี $\pm$ SD (RSD)		
		ผักคะน้า	ถั่วฝักยาว	ผักกาดขาว
คาร์บาริล	0.2	107.2 $\pm$ 6.6 (6.3)	83.0 + 4.5 (5.4)	104.9 + 7.6 (7.3)
	0.5	96.3 + 3.4 (3.5)	96.4 + 7.0 (7.3)	110.6 + 4.3 (12.9)
	5	101.9 + 2.6 (2.6)	101.4 + 6.1 (6.1)	103.2 + 8.2 (8.0)
คาร์โบฟูแรน	0.1	107.5 + 1.6 (1.5)	103.9 + 1.4 (1.4)	124.3 + 6.2 (5.0)
	0.5	110.7 + 5.8 (5.2)	96.0 + 3.7 (3.9)	91.4 + 4.2 (4.6)
	5	91.6 + 6.9 (7.5)	82.0 + 1.8 (2.2)	103.4 + 8.9 (8.6)
ไดโครโตฟอส	0.1	101.6 + 4.0 (3.9)	99.6 + 14.1 (14.1)	110.0 + 9.3 (8.5)
	0.5	104.5 + 1.5 (1.5)	103.5 + 3.4 (3.3)	103.4 + 5.8 (6.2)
	2	104.7 + 4.8 (4.6)	101.6 + 2.2 (2.2)	94.3 + 5.8 (6.2)
เฟนนิโตไธออน	2	102.6 + 4.9 (4.8)	100.3 + 7.0 (7.0)	111.7 + 2 (2.4)
	5	107.1 + 3.1 (2.9)	96.1 + 11.4 (11.9)	89.8 + 4.7 (5.3)
	20	103.9 + 5.6 (5.4)	100.8 + 8.9 (8.8)	100.7 + 3.4 (3.4)
เม็ทโธมิล	1	108.9 + 4.2 (4.3)	117.9 + 4.6 (3.9)	111.6 + 7.7 (6.9)
	2	95.5 + 5.1 (5.4)	98.0 + 2.8 (2.9)	90.2 + 3.1 (3.5)
	5	114.7 + 2.8 (2.5)	107.6 + 6.3 (5.9)	93.3 + 6.2 (6.7)
โมโนโครโตฟอส	0.1	98.8 + 3.7 (3.7)	93.3 + 1.6 (1.7)	100.4 + 4.7 (4.7)
	0.5	110.0 + 2.0 (1.8)	95.6 + 3.3 (3.5)	102.0 + 3.7 (3.6)
	2	93.5 + 3.2 (3.4)	85.4 + 9.4 (11.0)	94.1 + 4.7 (5.0)
โปรฟีโนฟอส	0.02	101.0 + 2.6 (2.6)	85.5 + 6.2 (7.2)	92.0 + 2.6 (2.8)
	0.1	74.8 + 2.1 (2.8)	70.8 + 5.9 (8.3)	74.4 + 3.5 (4.7)
	2	82.0 + 3.1 (3.7)	69.9 + 6.9 (7.4)	96.8 + 7.6 (7.9)
ไตรคลอร์ฟอน	0.1	101.5 + 5.2 (5.1)	92.9 + 6.9 (7.4)	96.8 + 7.6 (7.9)
	0.5	97.5 + 9.7 (9.9)	98.0 + 7.2 (7.9)	80.8 + 9.5 (11.8)
	2	101.3 + 2.8 (2.8)	88.3 + 4.4 (5.0)	106.9 + 8.9 (8.4)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ ไตรคลอโรฟอนในปลาเค็ม ที่ระดับการ เติมสารมาตรฐานต่างกัน 3 ระดับๆ ละ 5 ซ้ำโดยใช้ชุดทดสอบ

ปริมาณที่เติม มก./กก.	ร้อยละของประสิทธิภาพวิธี + SD (RSD)
0.1	95.8 + 3.4 (3.5)
1	93.5 + 5.2 (5.6)
5	97.2 + 5.3 (5.5)

ผลจากการนำชุดทดสอบวิเคราะห์ตัวอย่าง อาหารที่หน่วยราชการนำส่งวิเคราะห์ ระหว่างเดือน มิถุนายน พ.ศ.2539 ถึงเดือนมิถุนายน 2540 จำนวนทั้งสิ้น 223 ตัวอย่าง จำแนกเป็นตัวอย่างผักต่างๆ 93 ตัวอย่าง และปลาเค็ม 130 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับผล วิเคราะห์จากวิธีมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ เพื่อ ตรวจคุณสมบัติของชุดทดสอบมีผลดังนี้ :-

ผักจำนวน 93 ตัวอย่าง ตรวจพบการตกค้าง ของยาฆ่าแมลงโดยวิธีมาตรฐานจำนวน 26 ตัวอย่าง คิด เป็นร้อยละ 27.9 และตรวจไม่พบจำนวน 67 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 72.1 โดยวิธีของชุดทดสอบ ตรวจพบจำนวน 34 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 36.6 และตรวจไม่พบจำนวน 59 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 63.4 เมื่อคำนวณหา คุณสมบัติของชุดทดสอบ พบว่ามีความไว (sensitivity) ของการทดสอบ, ความจำเพาะ (specificity), ความ ถูกต้อง (Accuracy), ค่าพยากรณ์บวก (positive predictive value) หรือค่าที่แสดงถึงโอกาสของ ตัวอย่างผักต่างๆ ที่มีผลการทดสอบเป็นบวกจะตรวจ พบยาฆ่าแมลง และค่าพยากรณ์ลบ (negative predictive value) หรือค่าที่แสดงถึงโอกาสของตัวอย่าง ผักที่มีผลการทดสอบเป็นลบ จะตรวจไม่พบยาฆ่าแมลง คิดเป็นร้อยละ 92.3, 85.1, 87.1, 70.6 และ 96.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาคูณสมบัติของชุดทดสอบยา ฆ่าแมลงในอาหารตามเกณฑ์กำหนดทางระบาดวิทยา<sup>(5)</sup> เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างผักต่างๆ จำนวน 93 ตัวอย่าง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2539-เดือนมิถุนายน 2540 เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

วิธีชุด ทดสอบ	วิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ		ผลรวม
	ตรวจพบ	ตรวจไม่พบ	
ตรวจพบ	24	10	34
ตรวจไม่พบ	2	57	59
ผลรวม	26	67	93

$$\text{Sensitivity} = \frac{24}{26} \times 100 = 92.3$$

$$\text{Specificity} = \frac{57}{67} \times 100 = 85.1$$

$$\text{Accuracy} = \frac{24 + 57}{93} \times 100 = 87.1$$

$$\text{Positive predictive value} = \frac{24}{24 + 10} \times 100 = 70.6$$

$$\text{Negative predictive value} = \frac{57}{57 + 2} \times 100 = 96.6$$

ปลาเค็มจำนวน 130 ตัวอย่าง ตรวจพบการตกค้าง ของสารไตรคลอโรฟอนโดยวิธีมาตรฐานจำนวน 41 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 31.5 และตรวจไม่พบจำนวน 89 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 68.5 โดยวิธีของชุดทดสอบ ตรวจพบ 58 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 44.6 และตรวจ ไม่พบ 72 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 55.4 เมื่อคำนวณหา คุณสมบัติของชุดทดสอบพบว่า มีความไว (sensitivity) ของการทดสอบ, ความจำเพาะ (specificity), ความ

ถูกต้อง (accuracy), ค่าพยากรณ์บวก (positive predictive value) หรือค่าที่แสดงถึงโอกาสของตัวอย่างปลาเค็มที่มีผลการทดสอบเป็นบวกจะตรวจพบไตรคลอโรฟอน และค่าพยากรณ์ลบ (negative predictive value) หรือค่าที่แสดงถึงโอกาสของตัวอย่างปลาเค็มที่มีผลการทดสอบเป็นลบจะตรวจไม่พบไตรคลอโรฟอน คิดเป็นร้อยละ 92.7, 77.5, 82.3, 65.5 และ 95.8 ตามลำดับ ตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในอาหารตามเกณฑ์กำหนดทางระบาดวิทยา เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างปลาเค็มจำนวน 130 ตัวอย่าง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2539-เดือนมิถุนายน 2540 เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

วิธีชุดทดสอบ	วิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ		ผลรวม
	ตรวจพบ	ตรวจไม่พบ	
ตรวจพบ	38	20	58
ตรวจไม่พบ	3	69	72
ผลรวม	41	89	130

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity} &= \frac{38}{41} \times 100 = 92.7 \\ \text{Specificity} &= \frac{69}{89} \times 100 = 77.5 \\ \text{Accuracy} &= \frac{38 + 69}{130} \times 100 = 82.3 \\ \text{Positive predictive value} &= \frac{38}{38 + 20} \times 100 = 65.5 \\ \text{Negative predictive value} &= \frac{69}{69 + 3} \times 100 = 95.8 \end{aligned}$$

ผลการศึกษาอายุการใช้งานของชุดน้ำยาทดสอบที่ระยะเวลา 0,3,6,9 และ 12 เดือน ตามลำดับพบว่า ที่ระยะเวลาการเก็บไว้ 12 เดือน ชุดทดสอบยังคงให้ผลการทดสอบของน้ำยาควบคุม เป็นสีน้ำตาลอ่อนออกเหลืองเล็กน้อย เหมือนกันทั้ง 3 ชุด

## วิจารณ์

ในวิธีการตรวจหาค่าต่ำสุดของยาฆ่าแมลงด้วยชุดทดสอบ ได้นำยาฆ่าแมลงแต่ละชนิด มาแยกเติมในชั้นตอนสุดท้ายที่เป็นตัวอย่างน้ำยาสกัดจากอาหาร แทนการเติมลงในตัวอย่างตั้งต้นนั้น เนื่องจาก ตามวัตถุประสงค์ของการตรวจ ต้องการทราบค่าต่ำสุดของยาฆ่าแมลง ณ จุดตรวจว่า ความเข้มข้นของยาฆ่าแมลงเท่าใดที่ชุดทดสอบ สามารถแสดงให้เห็นความแตกต่างของสีที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้น ค่า ณ จุดนี้ ควรเป็นความเข้มข้นจริงที่ละลายอยู่ในชั้นตอนของน้ำยาสกัดตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด ก่อนการตรวจชั้นตอนสุดท้ายด้วยชุดทดสอบ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่พบได้ของยาฆ่าแมลง 8 ชนิดในผักคะน้า ถั่วฝักยาว ผักกาดขาว กับ 1 ชนิดคือไตรคลอโรฟอนในปลาเค็ม ให้ค่าเท่ากันในอาหารแต่ละชนิด และยังให้ค่าเท่ากันกับการทดสอบหาค่าต่ำสุดในน้ำยามาตรฐาน แสดงว่า สารสกัดตัวอย่างไม่มีผลรบกวนการตรวจ ซึ่งจะสังเกตเห็นได้เบื้องต้นหลังจากน้ำยาสกัดตัวอย่างอยู่ในชั้นตอนของน้ำยาสกัด - 2 ลักษณะน้ำยาจะใสไม่มีสี และเมื่อนำปริมาณต่ำสุดของยาฆ่าแมลงที่ตรวจได้ด้วยชุดทดสอบจากตารางที่ 1 มาเปรียบเทียบกับค่าปลอดภัยตามมาตรฐาน กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 163 (พ.ศ.2538)<sup>(1)</sup> หรือตามมาตรฐานของคณะกรรมการอาหารระหว่างประเทศ (Codex)<sup>(2)</sup> กรณีไม่มีค่ากำหนดในประเทศพบว่า ชุดทดสอบให้ผลการตรวจที่ต่ำกว่าค่ากำหนดของยาฆ่าแมลงที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณต่ำสุดที่ตรวจพบของยาฆ่าแมลง 8 ชนิด คือ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส เฟนิโตไธออน เม็ทโธมิล โมโนโครโตฟอส โปรฟีโนฟอส และไตรคลอร์ฟอน กับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้าง

ชนิดยาฆ่าแมลง	ค่าต่ำสุด ที่ตรวจได้	ค่ามาตรฐานสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)					
		พืชผักผลไม้	ธัญพืช	ถั่วตากแห้ง	เนื้อสัตว์	ไข่	นมและผลิตภัณฑ์
คาร์บาริล <sup>1</sup>	0.05	1-10	1.2-20	1	0.2-0.5	1.5	0.1
คาร์โบฟูแรน <sup>1</sup>	0.01	0.1-2	0.5	0.2	0.05	0.05	
ไดโครโตฟอส <sup>2</sup>	0.05						
เฟนิโตไธออน <sup>1</sup>	0.5	Citrus=2	1-20				
เม็ทโธมิล <sup>3</sup>	0.5	1-5					
โมโนโครโตฟอส <sup>3</sup>	0.05	0.1-1					
โปรฟีโนฟอส <sup>1</sup>	0.005	0.05-2	0.05	0.05	0.02	0.02	
ไตรคลอร์ฟอน <sup>1</sup>	0.05	0.1-2	0.1	0.1	0.1		

- หมายเหตุ 1 = ค่ามาตรฐานกำหนดของคณะกรรมการอาหารระหว่างประเทศ (โคเด็กซ์)  
 2 = ไม่มีค่ากำหนด แต่ของประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดเฉพาะใน cotton seed และ pecans  
 ไม่ให้เกิน 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม  
 3 = ค่ามาตรฐานกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 163 (พ.ศ. 2538)

ในการเติมสารมาตรฐานยาฆ่าแมลงลงในตัวอย่างอาหาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพวิธีของชุดทดสอบ ได้เติมปริมาณความเข้มข้นเป็น 3 ระดับตามที่ AOAC<sup>(10)</sup> แนะนำไว้ แต่ไม่ได้กำหนดปริมาณที่เติมในแต่ละระดับไว้ เพียงแต่กำหนดเป็นระดับกว้างๆ คือ ระดับต่ำ กลาง และสูง ดังนั้นผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ระดับต่ำ ที่ปริมาณสูงกว่าค่าตรวจพบเล็กน้อย ระดับปานกลาง คือค่าที่พบได้ทั่วไปในตัวอย่างอาหารที่วิเคราะห์เป็นประจำ และปริมาณสูง ใช้ค่าที่ใกล้เคียงหรือสูงกว่าค่ากำหนด ปริมาณสารพิษตกค้างของสารแต่ละชนิดที่ศึกษา ส่วนปริมาณตัวอย่างที่ใช้ 5-10 กรัมเป็นตัวแทนตัวอย่างนั้น จากการศึกษาของ Kaufman, B.M. และ Clower, M.,

1991<sup>(4)</sup> พบว่าน้ำหนัก 5-10 กรัมที่เตรียมจากตัวอย่างที่มีการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) สามารถใช้เป็นตัวแทนตัวอย่างวิเคราะห์ที่ให้ผลทางสถิติได้เหมือนกับการใช้น้ำหนัก 100 กรัม เป็นตัวแทนตัวอย่าง

จากตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์สารกำจัดแมลงทั้ง 8 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว ในตัวอย่างผักคะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาวที่ความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามเอกสารที่ AOAC<sup>(10)</sup> กำหนดไว้ว่า ประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างที่อยู่ระหว่างร้อยละ 80-120 ถือเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยค่า RSD ไม่ควรเกินร้อยละ 10 ยกเว้น

ค่าเฉลี่ยของสารโปรทีโนฟอสที่เติมในระดับกลางและระดับสูง มีค่าค่อนข้างต่ำ และเมื่อนำไปเทียบกับวิธีมาตรฐานที่กอบทอง รูปหอม<sup>(7)</sup> เคยศึกษาไว้พบว่าให้ผลใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐานที่พบว่าอยู่ระหว่างร้อยละ 81.5-119.5 สำหรับตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพวิธีของเฉพาะสารไตรคลอร์ฟอนในตัวอย่างปลาเค็ม พบว่าให้ผลดีทุกระดับความเข้มข้นของการเติมสารมาตรฐาน โดยค่าที่ได้เกินกว่าร้อยละ 80 และ RSD ไม่เกินร้อยละ 10 ทั้งสิ้น

ผลจากการศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทางวิชาการระดับวิทยา ดังตารางที่ 3 และ 4 พบว่า ส่วนใหญ่ให้ผลดี คือ ค่าที่ได้จากการตรวจตัวอย่างผักและปลาเค็มต่างๆ มีความไว ความถูกต้อง และค่า Negative Predictive Value เกินกว่าร้อยละ 80 ยกเว้นค่า Positive Predictive Value มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 80 ค่านี้ตามความหมายในวิชาการระดับวิทยา<sup>(5)</sup> ให้นิยามความหมายในทำนองว่า เป็นค่าที่แสดงถึงโอกาสของตัวอย่างอาหารที่ได้ผลจากการตรวจด้วยชุดทดสอบแล้วให้ค่าเป็นบวก จะตรวจพบ ยาฆ่าแมลงในตัวอย่างอาหารนั้น และในทำนองเดียวกัน ค่า Negative Predictive Value หมายถึง โอกาสของตัวอย่างอาหารที่ได้ผลจากการตรวจด้วยชุดทดสอบแล้วให้ค่าเป็นลบ จะตรวจไม่พบยาฆ่าแมลงในตัวอย่างนั้น ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อผลการตรวจหาฆ่าแมลงในอาหารด้วยชุดทดสอบ ให้ค่าเป็นบวก แสดงว่าโอกาสที่ตัวอย่างอาหารนั้นจะตรวจพบยาฆ่าแมลงมีเพียงร้อยละประมาณ 71 ในการตรวจผัก และประมาณร้อยละ 66 ในการตรวจปลาเค็ม ขณะที่ผลการตรวจด้วยชุดทดสอบแล้วให้ค่าเป็นลบ โอกาสที่จะตรวจไม่พบยาฆ่าแมลง มีสูงถึงประมาณร้อยละ 97 ในผัก และร้อยละ 96 ในปลาเค็ม แสดงว่าชุดทดสอบนี้ ให้ค่าความจำเพาะในการทดสอบค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ เนื่องจากความแตกต่างของวิธีวิเคราะห์ ซึ่งชุดทดสอบตรวจโดย

ใช้หลักการของการเกิดพิษที่ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ ดังนั้น สารบางชนิดที่เกิดจากการสลายตัวของยาฆ่าแมลงที่มีผลต่อการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ จึงตรวจพบได้ด้วยวิธีการนี้ ขณะที่วิธีทางห้องปฏิบัติการไม่สามารถตรวจบางสารที่สลายตัวแล้วได้ อีกประการหนึ่ง อาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของค่าต่ำสุด ที่ตรวจพบของทั้ง 2 วิธี เช่น ในกรณีของการตรวจสารไตรคลอร์ฟอนในปลาเค็ม ค่าต่ำสุดที่ตรวจได้โดยวิธีชุดทดสอบคือ 0.05 มก./กก. ขณะที่วิธีมาตรฐานที่ 0.05 มก./กก.ให้ผลของโครมาโตแกรมเป็นแค่ร่องรอยของการตรวจพบ นอกจากนี้แล้ว ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของความครอบคลุมของชนิดของสารที่ตรวจพบ กล่าวคือ วิธีชุดทดสอบอาจตรวจยาฆ่าแมลงชนิดหนึ่งได้ ขณะที่วิธีมาตรฐานไม่ครอบคลุมการตรวจสารนั้น จึงทำให้เกิดความแตกต่างของการแปลผล และยังเกี่ยวข้องกับความสามารถของผู้วิเคราะห์ในการตรวจเอกลักษณ์ของสารโดยวิธีมาตรฐาน ซึ่งหากไม่มีประสบการณ์ความชำนาญ หรือไม่มีสารมาตรฐานที่จะเปรียบเทียบในการตรวจ ย่อมมีผลต่อการแปลความหมายในเชิงการตรวจพบทั้งสิ้น สิ่งเหล่านี้จำเป็นที่คณะผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษาหาข้อมูลต่อไป อย่างไรก็ตามผู้วิจัยมีความเห็นว่า การที่ชุดทดสอบให้ผลในเชิงการตรวจพบ น่าจะเป็นสัญญาณว่า อาหารนั้นมีสารที่ก่อให้เกิดการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่มีในร่างกายของมนุษย์ ซึ่งเมื่อรับประทานเข้าไป น่าจะไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ดังนั้น การนำชุดทดสอบนี้ไปใช้ตรวจหาฆ่าแมลงในผักผลไม้ภาคสนาม ย่อมมีประโยชน์ในการคัดกรองสารพิษอื่นที่อาจไม่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้อีกด้วย

ในการศึกษาอายุการใช้งานของน้ำยาทดสอบ เนื่องจากน้ำยาจีที -1 เป็นเอ็นไซม์ จึงกำหนดให้เก็บรักษาในที่เย็นอุณหภูมิ +4 องศาเซลเซียส และจากผลการศึกษาพบว่า สามารถเก็บรักษาไว้ใช้งานได้นานถึง 1 ปี จึงเหมาะที่จะนำชุดทดสอบนี้ไปใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจหาสารพิษตกค้างในอาหารภาคสนาม โดยใช้

เป็นวิธีตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อการคุ้มครองผู้บริโภค หรือ เพื่อการควบคุมคุณภาพอาหารดิบ ไม่มีความจำเป็นในการส่งต่อ เพื่อตรวจยืนยันผล ยกเว้นกรณีต้องการดำเนินการตามกฎหมาย จำเป็นต้องส่งตรวจห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันชนิด และปริมาณสารต่อไป

### สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในอาหารอย่างง่ายที่ใช้หลักการของเอ็นไซม์ โคลินเอสเตอเรสตรวจหาสารอะซีติลโคลีน เพื่อนำไปใช้เป็นวิธีตรวจสอบเบื้องต้นสำหรับสนับสนุนงานคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่า ค่าต่ำสุดที่ตรวจได้ในยาฆ่าแมลง 8 ชนิดคือ คาร์บาริล คาร์โบฟูแรน ไดโครโตฟอส เฟนิโทโรซอน เมโทมิล โมโนโครโตฟอส โปรพิโนฟอส และไตรคลอร์ฟอน ในผักคะน้า ถั่วฝักยาว และผักกาดขาว มีค่า 0.05, 0.01, 0.05, 0.5, 0.5, 0.05, 0.005 และ 0.05 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และค่าต่ำสุดที่ตรวจได้ของเฉพาสารไตรคลอร์ฟอนในปลาเค็มมีค่า 0.05 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนผลการศึกษาประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ พบว่า ที่ระดับการเติมสารมาตรฐานความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ มีค่าส่วนใหญ่อ้อยระหว่างร้อยละ 80-120 โดยค่า RSD ส่วนใหญ่ไม่เกินร้อยละ 10 และสำหรับผลการศึกษาคุณสมบัติของชุดทดสอบในการตรวจตัวอย่างผักต่างๆ ตามเกณฑ์กำหนดทางระบาดวิทยาเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน พบว่าชุดทดสอบให้ค่าความไว ความจำเพาะ ความถูกต้อง ค่าพยากรณ์บวก และค่าพยากรณ์ลบ ร้อยละ 92.3, 85.1, 87.1, 70.6 และ 96.6 ตามลำดับ และในการตรวจสารไตรคลอร์ฟอนในตัวอย่างปลาเค็ม มีค่าร้อยละ 92.7, 77.5, 82.3, 65.5 และ 95.8 ตามลำดับ และในการเก็บรักษาชุดน้ำยาทดสอบที่อุณหภูมิ +4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บไว้ได้นาน 1 ปี สรุปได้ว่า ชุดทดสอบนี้มีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถนำไปใช้

เป็นวิธีตรวจสอบเบื้องต้น (screening test) ในการตรวจหาฆ่าแมลงในอาหารได้

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถานพยาบาลการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าร่วมเพื่อสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. พระราชบัญญัติอาหาร, พ.ศ.2522 ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 163 (พ.ศ.2538) เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง.เอกสารพิมพ์เพิ่มเติมโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
2. FAO/WHO. Food Standards Programme. 1990. Guide to Codex Maximum Limits for Pesticide Residues. CAC/PR 2.
3. Zweig,G.,1964. Analytical Methods for Pesticides,Plant Growth Regulators,and Food Additives. Vol.II Insecticide. Academic Press, New York and London.
4. Kaufman,B.M. and Clover, M. 1991. Immunoassay of Pesticides. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 74(2):239-247.
5. ไพบุญย์ ไลห์สุนทร.2531.การทดสอบเพื่อตรวจคัดโรคและวินิจฉัยโรค วิทยาการระบาดประยุกต์ ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 17-25.
6. กอบทอง รูปหอม. 2534. คู่มือเล่มที่ 2/2534. การเตรียมตัวอย่างอาหาร การกำหนดหน่วยวัด ปริมาณ และปริมาณต่ำสุดที่คำนวณได้ เพื่อการวิเคราะห์สารตกค้างในอาหาร กรมวิทยาศาสตร์-การแพทย์. 12 หน้า

7. กอบทอง ฐปหอม. 2531. ประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์เคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทสารประกอบฟอสเฟตในผักผลไม้ และธัญพืชไทย. ว.กรมวิทย์.พ. 30(4) : 247-255.
  8. บุญไพ สัจจวรรณท์,เนตรนภิส วัฒนสุชาติ และอมรา วงศ์พุทธพิทักษ์.2531.สารกำจัดศัตรูพืชคาร์บาเมทในผักและผลไม้. ว.กรมวิทย์.พ. 30(3) : 185-191.
  9. ยุวดี เลิศเรืองเดชและพัชรวรรณ จงมีวาสนา. 2540. การวิเคราะห์ไตรคลอโรฟอนในปลาแห้งปลาเค็ม. ว.กรมวิทย์.พ. 39(1) : 45-51.
  10. AOAC International,1996.Interlaboratory Analytical Method Validation. Gaithersberg,USA : 3-14,9-4.
-