

การตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่ตกค้าง  
ในผักที่ใช้ประกอบอาหารของฝ่ายโภชนาการโรงเรียนนายร้อยตำรวจ  
Determination of Organophosphate and Carbamate Pesticide Residues  
in Vegetables Used in Nutrition Division of Police Cadet Academy

อารยา ฤทธิรงค์\* และพัชรา สีนลอยมา  
คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Araya Ritthirong\* and Patchara Sinloyma  
Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: June 16, 2021

Revised: December 21, 2021

Accepted: December 24, 2021

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบระดับความปลอดภัยของผักที่นำมาประกอบอาหารด้วยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค และนำข้อมูลมาวางนโยบาย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมตรวจสอบการจัดหาวัตถุดิบในการประกอบอาหารที่ไม่มีสารพิษที่ตกค้างและปนเปื้อนของฝ่ายโภชนาการโรงเรียนนายร้อยตำรวจ จากตัวอย่างผักที่ยังไม่ผ่านการล้างทำความสะอาด จำนวน 20 ชนิด ทดสอบด้วยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค พบว่า พบผักอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย จำนวน 15 ชนิด (75.00%) อยู่ในเกณฑ์ไม่ปลอดภัย จำนวน 3 ชนิด (15.00%) และอยู่ในเกณฑ์ไม่ปลอดภัยมาก จำนวน 2 ชนิด (10.00%) การทดสอบดังกล่าวเป็นวิธีการทดสอบเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งยังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์โดยอาจก่อให้เกิดผลบวกหลงได้ ดังนั้นจึงควรมีการตรวจยืนยันผลด้วยเครื่องมือวิเคราะห์อีกครั้ง และจากการศึกษาสามารถนำข้อมูลมาวางนโยบายเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากสารเคมีกำจัดแมลงปนเปื้อน ดังนี้ 1) ควรบูรณาการการทำงานร่วมกันภายในหน่วยงาน โดยให้นักวิทยาศาสตร์ ประจำคณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ เป็นผู้ร่วมตรวจวิเคราะห์ 2) การจัดสรรงบประมาณในการจัดซื้อวัตถุดิบ รวมถึงค่าบริการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงปนเปื้อน 3) ควรเลือกวิธีการทำความสะอาดผักอย่างถูกวิธี และ 4) การจัดทำรายงานสรุปผลการตรวจสอบความปลอดภัยของผักและผลไม้จากแหล่งจัดส่งในแต่ละเดือน เพื่อวางมาตรการป้องกันและดูแลนักเรียนนายร้อยตำรวจต่อไป

**คำสำคัญ:** ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ฝ่ายโภชนาการ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

## Abstract

The purpose of this study was to examine the safety level of cooking vegetables with MJPk test kit and apply the data to policy planning for developing a guideline of control system to check the procurement of uncontaminated toxins by the Nutrition Department, Police Cadet Academy. Samples of 20 unwashed vegetables were tested with the MJPk test kit. It was found that 15 types of vegetables were considered safe (75.00%), 3 types of vegetables were considered unsafe (15.00%), and 2 types of vegetables were considered very unsafe (10.00%). However, the above test was only a preliminary test. There was a limitation in the analysis as it could cause false positives. Therefore, the results should be verified with more accurate pesticide analysis. From the study, the information can be used to formulate a policy to prevent the risk of chemical pesticide contaminants as follows: 1) collaboration within the organization by participation of the Faculty of Forensic Science Police Cadet Academy scientists in the analysis of pesticides 2) cost and budget for pesticide analysis and service should be proposed and integrated 3) correct method of washing the vegetables must be selected and 4) summary report about the safety inspection of fruits and vegetables from the provider should be monthly arranged to set for prevention measures and police cadets health care.

**Keywords:** Organophosphate, Carbamate, Nutrition Division of Police Cadet Academy

## บทนำ

การนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทยมีแนวโน้มมูลค่าการนำเข้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ได้หมายถึงมูลค่าของสารเคมีเพียงอย่างเดียวแต่รวมถึงค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดโรคพิษเฉียบพลัน และพิษสะสม และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบนิเวศ (Ministry of Natural Resources and Environment, 2019) โดยจากข้อมูลการเข้ารับบริการในระบบ “หลักประกันสุขภาพแห่งชาติ” ในช่วง 10 เดือนของปีงบประมาณ 2562 (ข้อมูล 1 ต.ค. 2561-17 ก.ค. 2562) ได้รายงานผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลต่าง ๆ ทั่วประเทศ ในจำนวนนี้เป็นผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโดยมีสาเหตุจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 3,067 ราย เสียชีวิต 407 ราย (Hfocus News Agency Delves Into The Health System, 2019)

จากกรณีที่สถาบันอาหารได้มีการสุ่มตัวอย่างผักสดมาตรวจสอบสารกำจัดแมลง และศัตรูพืชที่ตกค้าง ซึ่งสาร 4 กลุ่มที่พบปะปนมากับผัก และผลไม้สด ได้แก่ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมตและกลุ่มไพรีทรอยด์ (Thairath online, 2020) ซึ่งสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) และกลุ่มคาร์บาเมตเป็นสารที่ใช้ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอะซิติลโคลีน (Acetylcholine) ให้เป็นโคลีน (Choline) และอะซิเตท (Acetate) จะส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ส่วนปลาย และเกิดพิษแบบเฉียบพลัน ซึ่งสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

และกลุ่มคาร์บาเมตที่ปนเปื้อน หรือตกค้างอยู่ในอาหาร หรือวัตถุพิษที่นำมาประกอบอาหาร ส่งผลให้ผู้รับประทานเข้าไปเกิดพิษแบบเฉียบพลัน และถึงแก่ชีวิตได้ และในปัจจุบันมีผู้ป่วยเนื่องจากได้รับสารพิษเพิ่มขึ้น โดยมีสาเหตุมาจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ จงใจทำร้ายตนเองอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นพิษ และจากการถูกทำร้าย โดยประสงค์จะเอาชีวิต (Angsungnuen, 2015) ในกรณีที่ถูกประสงค์เอาชีวิต หรือเกิดการตายที่ผิดธรรมชาติ จะถูกตรวจสอบเพื่อพิสูจน์สาเหตุการตาย และหาตัวผู้กระทำผิด ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

นิติวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์หนึ่งที่นำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาพิสูจน์ เพื่อหาข้อเท็จจริง (Chinaworn, 2004) ซึ่งงานด้านนิติวิทยาศาสตร์มีหลากหลายสาขา โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงงานด้านนิติพิษวิทยา (Forensic Toxicology) เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับสารเคมี หรือสารปนเปื้อนที่พบในวัตถุพิษสำหรับประกอบอาหาร หรือภาชนะที่ใช้ และส่งผลเสียต่อชีวิต โดยมีขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการด้วยเทคนิคที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ (Petchsirivej & Aphiwatrakul, 2017) เช่น ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) และเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS) เป็นต้น แต่วิธีดังกล่าวข้างต้นมีค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานานในการสกัดตัวอย่าง และจำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจวิเคราะห์

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตที่ตกค้างในผักที่นำมาใช้ประกอบอาหารของฝ่ายโภชนาการ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ เนื่องจากฝ่ายโภชนาการเป็นสถานที่ประกอบอาหารให้ข้าราชการตำรวจ เจ้าหน้าที่รวมถึงนักเรียนนายร้อยตำรวจ ซึ่งหากได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในผักในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อระบบประสาท และอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ โดยใช้หลักการตรวจทางนิติวิทยาศาสตร์ ทำการทดสอบสีเบื้องต้น (Color Tests) โดยสังเกตสีที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสารเคมีที่ใช้ทดสอบวิเคราะห์หาสารเคมีที่ปนเปื้อนในผัก จากชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค (MJPK) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการตรวจสอบผัก และผลไม้ที่อาจมีสารเคมีตกค้างที่อาจก่ออันตรายต่อบุคลากรภายในโรงเรียนนายร้อยตำรวจ และเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการต่อยอดงานวิจัยด้านนิติพิษวิทยาที่เกี่ยวกับผู้บริโภคต่อไปได้

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบระดับความปลอดภัยของผักที่นำมาประกอบอาหาร ด้วยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค (MJPK)
2. เพื่อศึกษาให้ได้ข้อมูลที่นำมาใช้วางแผนและเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมตรวจสอบการจัดหาวัตถุดิบในการประกอบอาหารที่ไม่มีสารพิษที่ตกค้างและปนเปื้อนของฝ่ายโภชนาการ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

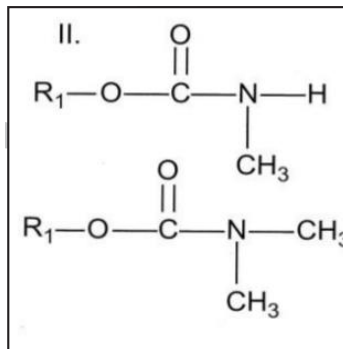
## แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและกรอบแนวคิด

ห้องปฏิบัติการทางนิติวิทยาศาสตร์เป็นงาน เพื่อความยุติธรรมที่มีหนึ่งในความรับผิดชอบเกี่ยวกับเรื่อง

ของการรับรองการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเจ็บป่วย และความเป็นพิษ และในทางกฎหมาย การแพทย์การตรวจพบยาพิษให้ถือว่าเป็นหลักฐานชั้นแรก และมีความสำคัญที่สุด ซึ่งไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุใด การเป็นพิษ (ทางการแพทย์ อุตสาหกรรม หรือทางอาญา) แม้ว่าความเสียหายจะไม่เกิดขึ้นโดยสมัครใจ และกฎหมายทั่วไปกำหนดค่าชดเชยอย่างน้อยสำหรับผลร้ายที่เกิดจากความมึนเมา งานด้านนี้มีความสำคัญอย่างมาก แสดงให้เห็นถึงความคงทนของความสัมพันธ์ระหว่างพิษวิทยา และการแพทย์ทางนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องการความปลอดภัยเป็นพิเศษของวิธีการที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ และต้องมีความรอบคอบอย่างยิ่ง ในการรายงาน และการตีความผลลัพธ์

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการเผยแพร่งานวิจัยหลายชิ้นโดยอาศัยการพัฒนาเพิ่มเติมไปยังขั้นตอนการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำ ราคาถูก และรวดเร็วมากกว่า โดยทางเคมีวิเคราะห์มีการปรับปรุงด้วยการกำหนดวิธีการใหม่โดยใช้เทคนิคเครื่องมือที่เหมาะสมยิ่งขึ้น และใช้ตัวอย่างในปริมาณน้อย เช่น เทคนิคแมสสเปกโตรเมตรี (Mass Spectrometry) เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR) และเทคนิคการวัดการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นอัลตราไวโอเลต และช่วงคลื่นแสงที่มองเห็นได้ (UV-Vis) และเทคนิครามานสเปกโตรเมตรี (Raman) การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในเมทริกซ์ต่าง ๆ ทำได้ตามปกติโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีทั้งตัวอย่างที่เป็นสถานะเหลว และก๊าซมีการนำเทคนิคเหล่านี้มาใช้ เนื่องจากความสามารถในการแยกสารประกอบที่มีอยู่ในตัวอย่าง และสามารถระบุชนิด และหาปริมาณของสารประกอบเหล่านี้โดยใช้ระบบตรวจวัดที่มีความเฉพาะ โดยการเชื่อมต่อกับเครื่องตรวจวัด เช่น เครื่องตรวจจับอิเล็กตรอน การเรืองแสง UV-VIS Flame Ionization และ MS ด้วยระบบโครมาโตกราฟี สำหรับการแยกแบบแก๊สโครมาโตกราฟี (GC) ส่วนใหญ่มีการใช้เฟสคงที่หลากหลาย และใช้ในแคปิลารีคอลัมน์ โดย GC ถูกรวมเข้ากับวิธีการตรวจจับประเภทต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับประเภทของสารกำจัดศัตรูพืชที่จะตรวจวัดสำหรับตัวตรวจวัด Electron-capture Detection (ECD) คือ นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ออร์กาโนคลอรีน และไพรีทรอยด์ และการตรวจวัดแบบ Electrolytic-conductivity หลังจากการแยก GC เพื่อตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดที่ตกค้าง ได้แก่ Organochlorines, Pyrethroids, Triazines และ Carbamates และการตรวจวัดแบบ Flame Photometric Detection (FPD) ด้วย Phosphorus Filter และ Nitrogen-phosphorus Detection (NPD) ถูกใช้ในการตรวจหาออร์กาโนฟอสฟอรัส (Sabino, Rozenbaum and Oliveira, 2011)

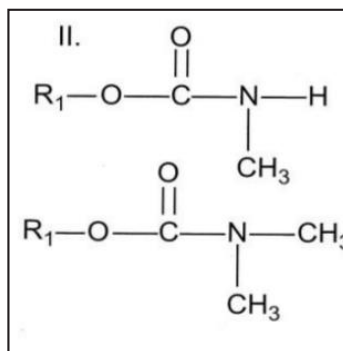
ออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate, Ops) เป็นกลุ่มของสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยฟอสฟอรัส โดยมีโครงสร้างทางเคมีเป็น Ester ของกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid,  $H_3PO_4$ ) มักเรียกว่า ออร์กาโนฟอสฟอรัส (Organophosphorus) หรือฟอสฟอรัสเอสเตอร์ (Phosphorus Ester) โครงสร้างของ Phosphorus Ester ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน คาร์บอน ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน ติดอยู่กับอะตอมของฟอสฟอรัส ที่มีความหลากหลายในการเรียกชื่อโมเลกุลฟอสฟอรัสข้างต้น ตัวอย่างชื่อทางเคมีของออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ Phosphate Phosphorothioate Phosphoro-dithioate Phosphonate และ Phosphoramidate



ภาพที่ 1 โครงสร้างเคมีของออร์กาโนฟอสเฟต

ที่มา: Gupta & Milatovic (2012)

คาร์บาเมต (Carbamate) สูตรโครงสร้างมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบแสดงดังภาพที่ 2 และเป็นอนุพันธ์ของ Carbamic Acid หรือเป็น N-methyl Ester นิยมใช้กำจัดแมลง มีคุณสมบัติที่สลายตัวได้ง่าย บางชนิดเกิดเมทาโบไลต์เมื่อได้รับแสง หรือมีสภาวะเป็นเบส ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ Carbofuran, Carbaryl, Methomyl, Bendiocarb, Methiocarb, Baycarb และ Propoxur



ภาพที่ 2 โครงสร้างเคมีของคาร์บาเมต

ที่มา: Gupta & Milatovic (2012)

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตจะถูกดูดซึมได้ดีทางผิวหนัง เยื่อบุตา ทางเดินอาหาร และทางปอด และกระจายไปตามส่วนเนื้อเยื่อต่าง ๆ และสามารถละลายได้ดีในไขมัน ดังนั้นจึงกระจายตัวได้ดีใน Compartment ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ เช่น ตับ และระบบประสาท โดยสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจะผ่านกระบวนการ Metabolism ที่ตับโดยการเกิดเป็นสารประกอบกลุ่มออกซอน (Oxon) ซึ่งจะจับกับเอนไซม์ Cholinesterase และเกิดปฏิกิริยาแบบไม่ผันกลับทำให้ความเป็นพิษ และระยะเวลาในการเกิดพิษเพิ่มมากขึ้น สำหรับสารกลุ่มคาร์บาเมตจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Cholinesterase จากการเกิดกระบวนการ Carbamylation ในส่วนของ Enzyme Ester ทำให้การเกิดปฏิกิริยาการยับยั้งเอนไซม์เป็นแบบผันกลับได้

และไม่ยาวนานเท่ากับสารกลุ่มออร์กาโน และสารทั้งสองกลุ่มนี้มีการขับออกจากร่างกายผ่านทางปัสสาวะเป็นหลัก

สารในกลุ่มดังกล่าวข้างต้นมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ AChE โดยการเติม OH ให้กับหมู่ Leaving Group ที่หมู่ Hydroxyl เรียกว่า Phosphorylation ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หรือ Carbamylation ในกลุ่มคาร์บาเมต ทำให้เอนไซม์ AChE ไม่สามารถสลาย ACh ได้ ส่งผลให้ความเข้มข้นของ ACh สูงขึ้น และกระตุ้นระบบประสาท Cholinergic ทำให้มีอาการสั่น ชักกระตุก และเป็นอัมพาต (Thamwiriwasati & Singisanan, 2016)

เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสทำหน้าที่สลายสารอะเซทิลโคลีน (Acetylcholine, Ach) ซึ่งเป็นสารตัวกลางในการส่งกระแสประสาท โดยเส้นประสาทเหล่านี้จะกระตุ้นระบบประสาทไปยังหัวใจ ม่านตา ต่อม้ำลาย รวมทั้งอวัยวะ และเนื้อเยื่ออื่น ๆ ในร่างกาย นอกจากนั้น Ach ยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งกระแสประสาทของระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ดังนั้น ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจึงใช้ในการบ่งชี้การได้รับสารเคมีในร่างกาย โดยทั่วไปในร่างกายมนุษย์จะพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส 2 ประเภท คือ Acetylcholinesterase (True Cholinesterase, Ache) และ Butyrylcholinesterase (Pseudo-cholinesterase, BChE)

การทดสอบสารพิษตกค้างในผักสดและผลไม้สดโดยใช้ชุดทดสอบเบื้องต้นที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ศึกษาวิจัย และพัฒนาให้สามารถนำไปตรวจสอบหาฆ่าแมลงในอาหารนอกห้องปฏิบัติการได้ ทราบผลได้รวดเร็ว และมีความแม่นยำสูง ซึ่งชุดทดสอบสามารถตรวจการปนเปื้อนยาฆ่าแมลง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มคาร์บาเมต นั่นคือ ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค (MJPK) ปัจจุบันชุดทดสอบดังกล่าวช่วยตรวจคัดกรองเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงตกค้างในผักสด และผลไม้สด โดยมีการนำไปใช้งานทั้งในห้องปฏิบัติการทดสอบที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ และเอกชนที่ต้องการควบคุมคุณภาพผัก และผลไม้สดจากผู้ผลิต หรือตลาดค้าส่งก่อนนำไปออกจำหน่ายตามห้างสรรพสินค้า หรือถูกนำไปใช้ประกอบอาหารในร้านอาหาร การมีชุดทดสอบเช่นนี้จะส่งผลให้ผู้บริโภคได้บริโภคผัก และผลไม้สดที่มีความปลอดภัย โดยมีการปนเปื้อนในระดับที่ยอมรับได้ และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย และสิ่งแวดล้อม เป็นชุดทดสอบเบื้องต้นสำหรับตรวจหาฆ่าแมลงตกค้างกลุ่มยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในผัก ผลไม้ ด้วยหลักการ Colorimetric Cholinesterase Inhibitor Assay ให้ผลการทดสอบภายในเวลา 1 ชั่วโมง ที่มีความถูกต้องร้อยละ 85 (ผลบวกลวงร้อยละ 15 ผลลบลวงร้อยละ 0) มีความไวร้อยละ 100 ปริมาณต่ำสุดในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ของชุดทดสอบเท่ากับ 15% และสามารถตรวจวัดได้ที่ระดับต่ำสุด 0.05 mg/kg ซึ่งเป็นปริมาณที่ทำให้ร่างกายเกิดอาการพิษเล็กน้อย จัดว่าไม่ปลอดภัย (Bureau of Medical Sciences, 2013)

Chaikiang, Janmanee and Hnookaw (2012) ผู้วิจัยได้ทำการตรวจหาฆ่าแมลงตกค้างในผักจากตลาดใน อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยเก็บตัวอย่างผักจากตลาด 5 แห่ง ประกอบด้วย คะน้า กะหล่ำปลี ผักชี ถั่วฝักยาว ต้นหอม พริก รวมทั้งสิ้น 198 ตัวอย่าง มาทำการทดสอบด้วยชุดทดสอบเอ็ม เจ พี เค (MJPK) พบว่า สารเคมีกำจัดแมลงอยู่ในระดับที่ปลอดภัย 177 ตัวอย่าง (ร้อยละ 89.4 ของตัวอย่างผักทั้งหมด) และตัวอย่างผักที่ตรวจ พบว่า อยู่ในระดับไม่ปลอดภัยมากที่สุดคือ ต้นหอม 19 ตัวอย่าง (ร้อยละ 39.4 ของตัวอย่างต้นหอมทั้งหมด) และพบว่า คะน้าอยู่ในระดับไม่ปลอดภัยรองลงมา ซึ่งพบ 2 ตัวอย่าง (ร้อยละ 6.06 ของตัวอย่างกะน้าทั้งหมด) ส่วนผักชนิดอื่น ๆ เช่น กะหล่ำปลี ผักชี ถั่วฝักยาว พริก พบว่า อยู่ในระดับที่ปลอดภัย

Lerdsri, Chamlakhorn, & Sangmanee (2014) ทำการพัฒนาเทคนิค Electrometric Method โดยใช้ pH Meter ร่วมกับ Cholinesterase Inhibition เพื่อตรวจหาสารคาร์บาเมตและออร์กาโนฟอสเฟต ในตัวอย่างจากปศุสัตว์ สำหรับใช้ในการวินิจฉัย การได้รับพิษและประเมินความเหมาะสมของวิธีที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจได้ (Limit Of Detection, LOD) เปรียบเทียบกับผลการทดสอบของ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) และ Thin Layer Chromatography (TLC) ได้แก่ ประสิทธิภาพความไว ความจำเพาะ ความแม่นยำ ความสามารถในการทำนายผลบวก และความสามารถในการทำนายผลลบ พบว่า ค่า LOD ของสารกลุ่มคาร์บาเมต อยู่ในช่วง 0.20-4.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อยู่ในช่วง 0.50-4.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับเทคนิค HPLC พบว่า มีค่าความไว ความจำเพาะ ความแม่นยำ ความสามารถในการทำนายผลบวก และความสามารถในการทำนายผลลบ เท่ากับร้อยละ 88.9, 100.0, 98.1, 100.0 และ 97.8 ตามลำดับ ขณะที่ผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับเทคนิค TLC เท่ากับร้อยละ 100.0, 97.8, 98.1, 87.5 และ 100.0 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีดังกล่าวในงานวิจัยมีความเหมาะสม สำหรับนำไปใช้ตรวจคัดกรองเพื่อวินิจฉัยการได้รับพิษของสารกลุ่มคาร์บาเมตและออร์กาโนฟอสเฟตในปศุสัตว์ได้

Pakakatsama, Saisin & Sutin (2016) ได้ทำการตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในตัวอย่างผักจากตลาดสดและผักจากห้างสรรพสินค้าที่จำหน่ายในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ด้วยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พีเค (MJPK) ในตัวอย่างผัก จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ คะน้า ถั่วฝักยาว พริกสด แตงกวา และมะเขือ เป็นผักในตลาดสด จำนวน 200 ตัวอย่าง และผักจากห้างสรรพสินค้า จำนวน 25 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งสิ้น 225 ตัวอย่าง พบว่า มีสารออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตตกค้างในตัวอย่างผักทั้งสองแหล่งอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ปลอดภัยค่อนข้างสูง จำนวน 194 ตัวอย่าง (คิดเป็นร้อยละ 86.22) เป็นผักจากตลาดสด จำนวน 173 ตัวอย่าง และผักจากห้างสรรพสินค้า จำนวน 21 ตัวอย่าง สรุปได้ว่าชุดทดสอบดังกล่าว สามารถนำมาใช้เป็นการทดสอบเบื้องต้น ในกรณีสงสัยผักที่นำมาประกอบอาหารได้

Srojrit and Klongthalay (2019) ทำการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่ตกค้างมากับผักที่ใช้ประกอบอาหารในบ้านอาหารของชุมชนใกล้เคียงมหาวิทยาลัยรังสิต ต.หลักหก อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี โดยใช้ชุดทดสอบเบื้องต้นจีพีโอ-เอ็ม เก็บตัวอย่างจากร้านอาหารจำนวน 30 ร้าน รวม 186 ตัวอย่าง จากผลการวิจัยพบว่ามีผักที่ปนเปื้อนสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต จำนวนทั้งหมด 14 ตัวอย่าง (7.5%) เป็นผักที่อยู่ในระดับไม่ปลอดภัย 11 ตัวอย่าง (5.9%) และอยู่ในระดับเป็นพิษ 3 ตัวอย่าง (1.6%) โดยผักที่พบสารเคมีตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยมากที่สุดคือ ผักคะน้า ในจำนวนผักที่ปนเปื้อนสารเคมีกำจัดแมลงทั้งหมด 14 ตัวอย่าง พบว่า เป็นผักที่ใช้ตกแต่งและโรยหน้าอาหารสูงถึง 7 ตัวอย่าง (50%) ซึ่งผักประเภทนี้จะไม่ผ่านความร้อนจากการปรุงอาหาร ทำให้สารเคมีกำจัดแมลงไม่ถูกทำลายหรือสลายด้วยความร้อน

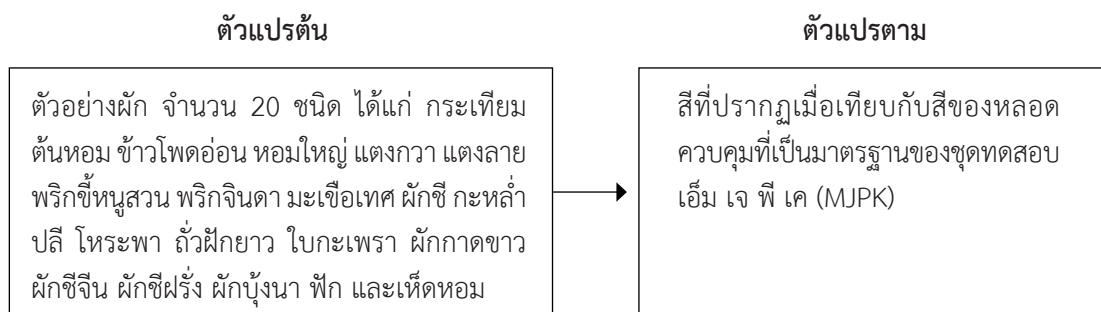
Parveen, Khuhro and Rafiq (2005) ได้ทำการเฝ้าระวังการตกค้างของสารเคมีในผักที่แตกต่างกัน 24 ชนิด จำนวนทั้งหมด 206 ตัวอย่าง ในประเทศปากีสถานในช่วงปี ค.ศ. 2000-2002 และผ่านการเตรียมตัวอย่างผักโดยการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน และสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่าง Toluene n-hexane และ Ethylacetate ในอัตราส่วน 3:1:1 หลังจากนั้นนำไปประเหยสารละลายที่สกัดได้ด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน และนำบางส่วนไปละลายด้วย Acetone เพื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี GC และบางส่วนละลายด้วย Methanol

เพื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC พบว่า ร้อยละ 63 ของตัวอย่างมีการตกค้างของสารเคมี ขณะที่ร้อยละ 46 ของตัวอย่างมีการตกค้างของสารเคมีที่เกินกว่าระดับปริมาณสารพิษซึ่งเป็นอันตรายทางเคมี (MRLs)

Gebara, Ciscato, Ferreira and Monteiro (2005) ได้ทำการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างประเภท Organochlorines Organophosphorus Pyrethroids และ Carbamates ในตัวอย่างกลุ่มผัก และผลไม้ในเมืองเซาเปาโล ประเทศบราซิล ตัวอย่างทั้งหมด 2223 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยผัก 700 ตัวอย่าง และผลไม้ 1523 ตัวอย่าง ที่เก็บจากร้านค้าทั่วไป และร้านค้าส่งได้รับการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช 100 ประเภทที่มีการตกค้างของยาฆ่าแมลง และยาฆ่าเชื้อราด้วยเทคนิค GC ที่ต่อกับตัวตรวจวัดต่าง ๆ เช่น ตัวตรวจวัด ECD สำหรับวิเคราะห์สารเคมีกลุ่ม Organochlorines, Pyrethroids และ Fungicide บางส่วน และตัวตรวจวัด NPD สำหรับวิเคราะห์สารเคมีกลุ่ม Organophosphorus และ Carbamate และตัวตรวจวัด FPD สำหรับวิเคราะห์สารเคมี Acephate Monocrotophos และ Methamidophos พบว่า ร้อยละ 67.4 ของตัวอย่างไม่พบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช ขณะที่ร้อยละ 32.6 ของตัวอย่างพบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชอย่างน้อย 1 ชนิด โดยตัวอย่างผลไม้ (ร้อยละ 34.2) มีการตกค้างมากกว่าตัวอย่างผัก (29.0)

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

การตรวจสอบระดับความปลอดภัยของผักที่นำมาประกอบอาหาร ด้วยชุดทดสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง เอ็ม เจ พี เค (MJPK) ซึ่งจะทำการทดสอบว่าตัวอย่างผักทั้ง 20 ชนิด มีระดับสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างหรือปนเปื้อนอยู่ในระดับปลอดภัยสำหรับบริโภคหรือไม่



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัย เรื่อง การตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมตที่ตกค้างในผักที่ใช้ประกอบอาหารของฝ่ายโภชนาการโรงเรียนนายร้อยตำรวจเป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ และเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยตรวจสอบหาความปลอดภัยของผักที่นำมาใช้ประกอบอาหารฝ่ายโภชนาการโรงเรียนนายร้อยตำรวจ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา ผักจากแหล่งค้าผักแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 20 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ต้นหอม ข้าวโพดอ่อน หอมใหญ่ แดงขาว แดงลาย พริกชี้หูสวน พริกจินดา

มะเขือเทศ ผักชี กะหล่ำปลี โหระพา ถั่วฝักยาว ใบกะเพรา ผักกาดขาว ผักชีจีน ผักชีฝรั่ง ผักบุ้งนา ฟัก และ เห็ดหอม ซึ่งตัวอย่างที่ยังไม่ผ่านการล้างทำความสะอาด นำมาตรวจหายาฆ่าแมลงกลุ่มยับยั้งเอนไซม์โคลีน เอสเตอเรสโดยใช้หลักการ Colorimetric Cholinesterase Inhibitor Assay ด้วยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1. นำตัวอย่างผักที่ไม่ได้ผ่านการล้างทำความสะอาด มาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ โดยตัดส่วนที่เน่าเสียและ ตัดรากทิ้งไป จากนั้นนำใส่ลงในขวดสกัดตัวอย่างประมาณ 3 ซีดของขวด

2. เติมน้ำยาสกัดปริมาณ 6 มิลลิลิตร ลงในขวด จากนั้นปิดฝาแล้วเขย่าแรง ๆ ประมาณ 1-2 นาที แล้วรินเฉพาะน้ำยาสกัดลงในหลอดตัวอย่าง

3. นำหลอดแก้วทดลองไปประเหยด้วยเครื่องกวนสารชนิดให้ความร้อน (Hot Plate Stirrer) ที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส ให้เหลือประมาณ 2-3 หยด

4. เติมน้ำยาทดสอบ 2 ลงในหลอดแก้วทดลองและหลอดควบคุม หลอดละ 3 มิลลิลิตร

5. เติมน้ำยาทดสอบ 1 ลงในหลอดแก้วทดลองและหลอดควบคุม หลอดละ 3 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

6. เทสารละลายจากหลอดแก้วทดลองใส่ในหลอดใหม่แล้วเติมน้ำยาทดสอบ 3 ลงในหลอดใหม่ และหลอดควบคุม หลอดละ 2 หยด เขย่าแล้วสังเกตสีในหลอดตัวอย่าง โดยทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

การอ่านผลให้ดูอัตราการเปลี่ยนสีระหว่างหลอดควบคุม ถ้าหลอดตัวอย่างเปลี่ยนสีช้ากว่าหลอดควบคุม แสดงว่ามีสารกำจัดศัตรูแมลง หากหลอดตัวอย่างให้สีส้มเข้มเหมือนหลอดควบคุม หมายถึง ปЛОดกัย ให้สีส้ม ปนชมพู หมายถึง ไม่ปЛОดกัย (ถูกยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ร้อยละ 15) และให้สีชมพู หมายถึง ไม่ปЛОดกัย มาก โดยชุดทดสอบนี้มีความไว (Sensitivity) ร้อยละ 100 ความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 81 และความถูกต้อง (Accuracy) ร้อยละ 85 (ผลบวกจริง ร้อยละ 15 และ ผลลบจริง ร้อยละ 0) ปริมาตรต่ำสุดในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ร้อยละ 15 ซึ่งเป็นปริมาณที่ทำให้ร่างกายเกิดอาการเป็นพิษเล็กน้อย จึงจัดว่าไม่ปЛОดกัย (Department of Medical Sciences Ministry of Public Health, 2020) ทำการวิเคราะห์ ข้อมูลในเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) โดยอธิบาย บรรยายผลการทดลองในรูปแบบของตัวหนังสือ ตัวเลข ตาราง กราฟ และแผนภาพ เพื่อนำเสนอข้อค้นพบจากผลการทดลอง คือ ภาพแสดงสีของตัวอย่างผัก จำนวน 20 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ต้นหอม ข้าวโพดอ่อน หอมใหญ่ แดงกวา แดงลาย พริกชี้หูสวน พริกจินดา มะเขือเทศ ผักชี กะหล่ำปลี โหระพา ถั่วฝักยาว ใบกะเพรา ผักกาดขาว ผักชีจีน ผักชีฝรั่ง ผักบุ้งนา ฟัก และ เห็ดหอมเปรียบเทียบกับสีมาตรฐานของหลอดควบคุมสถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ จำนวน (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

## ผลการศึกษา

จากการทดสอบสีตัวอย่างผักทั้ง 20 ชนิด ที่ยังไม่ผ่านการล้างทำความสะอาด ด้วยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งทดสอบการยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต ทำการตรวจซ้ำ 3 ครั้ง พบว่า มีตัวอย่างผัก จำนวน 15 ชนิด ได้แก่ ต้นหอม แดงกวา พริกชี้หูสวน มะเขือเทศ ผักชี ถั่วฝักยาว ใบกะเพรา ผักกาดขาว ผักชีจีน ผักชีฝรั่ง ผักบุ้งนา ฟัก เห็ดหอม แดงกลาย

และพริกจินดา ที่มีสีส้มเหมือนสีของหลอดควบคุม หมายความว่า ปลอดภัยสามารถรับประทานได้ มีตัวอย่าง ผัก 3 ชนิด ได้แก่ หอมใหญ่ กะหล่ำปลี และโหระพามีสีส้มปนชมพู หมายความว่า ไม่ปลอดภัยแต่ถูกยับยั้ง เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสไว้ 15% และ พบตัวอย่าง 2 ชนิด ได้แก่ กระเทียม และข้าวโพดอ่อนมีสีชมพู หมายความว่า ไม่ปลอดภัยมากทำให้สามารถนำข้อมูลข้างต้นมาใช้วางแผนทางการควบคุม และการตรวจสอบ ระดับสารพิษ สารปนเปื้อนในเบื้องต้นได้ก่อนนำมาประกอบอาหาร แสดงดังตารางที่ 1 โดยแต่ละตัวอย่าง การทดลองจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งได้แบ่งเกณฑ์สีไว้ดังนี้

|                       |         |                                   |
|-----------------------|---------|-----------------------------------|
| สีส้มเหมือนหลอดควบคุม | หมายถึง | ปลอดภัย                           |
| สีส้มปนชมพู           | หมายถึง | ไม่ปลอดภัย (ถูกยับยั้ง ร้อยละ 15) |
| สีชมพู                | หมายถึง | ไม่ปลอดภัยมาก                     |

**ตารางที่ 1** ผลการตรวจหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ด้วยชุดทดสอบ MJPK จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

| ชนิดผัก       | เกณฑ์การทดสอบ    |                                                 |                         |
|---------------|------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
|               | สีส้ม<br>ปลอดภัย | สีส้มปนชมพูไม่ปลอดภัย<br>(ถูกยับยั้ง ร้อยละ 15) | สีชมพู<br>ไม่ปลอดภัยมาก |
| กระเทียม      |                  |                                                 | ✓                       |
| ต้นหอม        | ✓                |                                                 |                         |
| ข้าวโพดอ่อน   |                  |                                                 | ✓                       |
| หอมใหญ่       |                  |                                                 | ✓                       |
| แตงกวา        | ✓                |                                                 |                         |
| แตงลาย        | ✓                |                                                 |                         |
| พริกขี้หนูสวน | ✓                |                                                 |                         |
| พริกจินดา     | ✓                |                                                 |                         |
| มะเขือเทศ     | ✓                |                                                 |                         |
| ผักชี         | ✓                |                                                 |                         |
| กะหล่ำปลี     |                  | ✓                                               |                         |
| โหระพา        |                  | ✓                                               |                         |
| ถั่วฝักยาว    | ✓                |                                                 |                         |
| ใบกะเพรา      | ✓                |                                                 |                         |
| ผักกาดขาว     | ✓                |                                                 |                         |
| ผักชีจีน      | ✓                |                                                 |                         |
| ผักชีฝรั่ง    | ✓                |                                                 |                         |
| ผักบุ้งนา     | ✓                |                                                 |                         |
| ฟัก           | ✓                |                                                 |                         |
| เห็ดหอม       | ✓                |                                                 |                         |

## อภิปรายผล

การศึกษาสารเคมีกำจัดแมลงที่ตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักจากแหล่งค้าผักแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานีที่นำมาประกอบอาหารของฝ่ายโภชนาการ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ ด้วยชุดทดสอบยาฆ่าแมลง เอ็ม เจ พี เค ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งเป็นการตรวจหายาฆ่าแมลงกลุ่มยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส โดยใช้หลักการ Colorimetric Cholinesterase Inhibitor Assay สามารถตรวจสอบความปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตได้ จากการวิเคราะห์ทดสอบสี ทำให้สามารถจำแนกตัวอย่างได้จากสีที่บ่งบอกความปลอดภัยและไม่ปลอดภัย โดยจำแนกได้ 3 สี คือ สีส้ม ให้ความหมายว่า ปลอดภัย และสีส้มปนชมพู ให้ความหมายว่า ปลอดภัยแต่ถูกยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสไว้ 15% และสีชมพู ให้ความหมายว่า ไม่ปลอดภัย

จากการทดสอบสีตัวอย่างผัก จำนวน 20 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ต้นหอม ข้าวโพดอ่อน หอมใหญ่ แดงกวา แตงลาย พริกขี้หนูสวน พริกจินดา มะเขือเทศ ผักชี กะหล่ำปลี โหระพา ถั่วฝักยาว ใบกะเพรา ผักกาดขาว ผักชีจีน ผักชีฝรั่ง ผักบุ้งนา ฟัก และเห็ดหอม ที่ยังไม่ผ่านการล้างทำความสะอาด พบว่า มีผักที่อยู่ในเกณฑ์สีส้ม (ปลอดภัย) จำนวน 15 ชนิด ได้แก่ ต้นหอม แดงกวา พริกขี้หนูสวน มะเขือเทศ ผักชี ถั่วฝักยาว ใบกะเพรา ผักกาดขาว ผักชีจีน ผักชีฝรั่ง ผักบุ้งนา ฟัก เห็ดหอม แดงกวา และ พริกจินดา มีผักอยู่ในเกณฑ์สีส้มชมพู (ไม่ปลอดภัย แต่ถูกยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสไว้ 15%) จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ หอมใหญ่ กะหล่ำปลี และโหระพา และมีผักอยู่ในเกณฑ์สีชมพู (ไม่ปลอดภัย) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ กระเทียม และข้าวโพดอ่อน ซึ่งเมื่อทำการทดสอบกระเทียมและข้าวโพดอ่อนอีกครั้ง โดยผ่านการล้างทำความสะอาด พบว่า อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย เนื่องจากการทดสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างด้วยหลักการ Colorimetric Cholinesterase Inhibitor Assay ให้ผลการทดสอบได้ถูกต้องร้อยละ 85 (ผลบวกลงร้อยละ 15) ทำให้เห็นว่า ชุดทดสอบนี้มีความสามารถมากเพียงพอในการตรวจหาสารพิษ แต่วิธีนี้ไม่มีความเฉพาะเจาะจง (Specificity) กับเฉพาะสารใน 2 กลุ่มนี้เท่านั้น ยังสามารถเกิดผลในทางบวกกับสารพิษอื่น เช่น ความเป็นพิษในตัวของพืชสมุนไพรบางชนิด หรือสารพิษที่เกิดจากการย่อยสลายโดยวิธีการทางธรรมชาติ หรือเกิดความเป็นพิษจากการเสริมฤทธิ์ของสารพิษปริมาณต่ำกับเนื้อเยื่อของพืช (Thamwiriyasati, & Singsanan, 2016) ทำให้เกิดผลดีต่อการคุ้มครองผู้บริโภคที่สามารถตรวจ เพื่อคัดกรองสารพิษอื่นได้อีกด้วย

นอกจากนี้ ในการตรวจหาสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต อาจสามารถใช้ได้เพียงในบางกรณี เป็นผลมาจากปัญหาของชุดน้ำยาที่ใช้ในการตรวจอาจยังไม่ครอบคลุมพอ รวมทั้งความรู้ความเข้าใจในการใช้ชุดตรวจ ดังนั้นการล้างทำความสะอาดผักและผลไม้อย่างถูกวิธีจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srojitt & Klongthalay (2019) ที่ทำการสำรวจและตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักที่ใช้ประกอบอาหารในร้านอาหารของชุมชนใกล้มหาวิทยาลัยรังสิต โดยใช้ชุดทดสอบเบื้องต้นจีพีโอ-เอ็ม ที่พบว่าผักที่ไม่ผ่านความร้อนจากการปรุงอาหาร จึงทำให้สารกำจัดแมลงไม่ถูกทำลาย จึงมีการพัฒนาเทคนิค Electrometric Method โดยใช้ pH Meter ร่วมกับเทคนิค Cholinesterase Inhibition เพื่อตรวจหาสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมตและกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตของ Lerd Sri, Chamlakhorn & Sangmanee (2014) พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของวิธีโดยเปรียบเทียบกับเทคนิค HPLC และ TLC มีค่ามากกว่า 80% ดังนั้น วิธีนี้จึงสามารถนำไปใช้ตรวจคัดกรองความเป็นพิษของสารกำจัดแมลงได้

แม้ว่าประเทศไทยจะมีการตรวจสอบสารตกค้างในผักและผลไม้จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอย่างต่อเนื่อง แต่ยังคงพบปัญหาสารตกค้างในผักและผลไม้อยู่เช่นเดิม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pakakatsama, Saisin & Sutin (2016) ที่ศึกษาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักจากตลาดสดและผักจากห้างสรรพสินค้าในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ที่พบมะเขือเปราะและแตงกวา มีสารตกค้างอยู่ในระดับไม่ปลอดภัยมากที่สุด ส่วนถั่วฝักยาว คะน้า และพริกสด อยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัย เช่นเดียวกับการวิจัยในครั้งนี้อย่างไรก็ตามการตรวจระดับสารเคมีตกค้างในพริกสดอยู่ในระดับไม่ปลอดภัย ดังนั้น เมื่อร่างกายได้รับสารพิษ สารเคมี หรือสารปนเปื้อนเหล่านี้อาจส่งผลทำให้เกิดพิษสะสมหรือพิษเฉียบพลัน ไปจนถึงเสียชีวิตได้ในกรณีที่ได้รับสารเหล่านี้ไม่ว่าจะกระทำโดยตนเอง หรือถูกผู้อื่นกระทำก็ตาม หากเสียชีวิตจำเป็นจะต้องมีการชันสูตร ซึ่งแพทย์จะทำการเก็บตัวอย่างจากร่างกาย เช่น น้ำวันลูกตา อาหารในกระเพาะ ม้าม และตับ เป็นต้น ซึ่งเป็นบทบาทของนักนิติพิษวิทยาที่จะทำการตรวจวิเคราะห์เพื่อค้นหาความจริงเพื่อประโยชน์ในด้านกระบวนการยุติธรรม ซึ่งบทบาทของนักนิติพิษวิทยา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srettabunjong (2009) ที่ศึกษาเกี่ยวกับพิษวิทยากับการชันสูตรพลิกศพ ซึ่งอาศัยหลักความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารกับการออกฤทธิ์ทางสรีรวิทยาของสารนั้น อย่างไรก็ตามแม้จะมีห้องปฏิบัติการที่มีคุณภาพและทันสมัยเพียงไร การตรวจวิเคราะห์ทางพิษวิทยาก็อาจกระทำไม่ได้สมบูรณ์

การศึกษาเบื้องต้น ทำให้ทราบว่า เกิดผลบวกของผัก จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ กระเทียม และข้าวโพดอ่อน เนื่องจากหลักการ Colorimetric Cholinesterase Inhibitor Assay สามารถให้ผลบวกได้ร้อยละ 15 แม้เทคนิคการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างโดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค (MJPk test kit) นั้นมีความสามารถมากเพียงพอในการตรวจหาสารพิษ แต่การแปลผลของแต่ละคนอาจไม่เหมือนกัน ทำให้บางครั้งอาจเกิดความผิดพลาดในการแปลผลได้ (Sanklom, Khunsong & Piroonploy, 2012) จากข้อมูลการตรวจหาระดับสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง ทำให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลมาวางนโยบายเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากผักและผลไม้ที่อาจมีสารเคมีกำจัดแมลงปนเปื้อน โดยอาศัยการทำงานแบบบูรณาการร่วมกันภายในหน่วยงาน โดยวางแผน เพื่อหาแหล่งวัตถุดิบแหล่งใหม่ในการจัดซื้อผักและผลไม้ เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนการจัดซื้อให้ระบุในเอกสารที่จัดซื้อเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างโดยใช้ชุดทดสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง เอ็ม เจ พี เค หรือ ชุดทดสอบ GT-pesticide หรือมีใบรับรองการตรวจสารเคมีกำจัดแมลงมายืนยัน เนื่องจากผักและผลไม้ที่นำมาใช้ประกอบอาหาร เป็นระบบการจัดซื้อจัดจ้างจากผู้ขายเป็นรายเดือน ทำให้สามารถระบุชนิดผักและผลไม้ที่ต้องการนำมาประกอบอาหารได้ ในขั้นตอนการตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงที่ตกค้าง ควรให้นักวิทยาศาสตร์ ประจำคณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ เป็นผู้ตรวจสอบร่วมกับผู้ตรวจรับ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผักและผลไม้ จากนั้นจัดทำรายงานสรุปผลการตรวจสอบความปลอดภัยของผักและผลไม้จากแหล่งจัดส่งในแต่ละเดือน เพื่อจัดทำข้อมูล และสรุปรายงานเป็นรายปีงบประมาณ เพื่อวิเคราะห์แผนความเสี่ยงในปีงบประมาณถัดไป โดยกระบวนการต่าง ๆ ต้องมีการจัดทำอย่างเป็นระบบและแบบแผนทางวิชาการ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้น จากการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่ตกค้างในผักของฝ่ายโภชนาการ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ โดยใช้ชุดทดสอบสารพิษเบื้องต้น เอ็ม เจ พี เค นี้ สามารถใช้ตรวจสอบความปลอดภัยของผักและผลไม้ได้เบื้องต้น ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการที่ต้องการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสารเคมีกำจัดแมลงด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูงต่อไป ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการตรวจเบื้องต้น

ในงานด้านนิติพิษวิทยา กรณีสงสัยว่าถูกวางยาแก้ปวดที่บรรจุในกล่องมอร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตได้อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลจากการทดสอบสีมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลความเสี่ยง เพื่อวางแผนการป้องกันและดูแลบุคลากรและนักเรียนนายร้อยต่อไป อย่างไรก็ตามผลการศึกษาดังกล่าว ยังมีข้อจำกัดจากวิธีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ เนื่องจากวิธีที่ดำเนินการทดสอบโดยชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค เป็นเพียงวิธีการคัดกรองเบื้องต้นเท่านั้น ควรมีการตรวจยืนยันในห้องปฏิบัติการต่อไปด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารเคมีกำจัดแมลงได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

## ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะต่อผู้ดำเนินการจัดซื้อผักและผลไม้ ควรตรวจสอบความต้องการผักและผลไม้ที่จะนำมาประกอบอาหารและพิจารณาแหล่งจัดซื้อในแต่ละรอบโดยเลือกจากแหล่งที่ผ่านการตรวจสอบวัตถุดิบเบื้องต้นหรือได้รับการรับรองแล้ว
2. ข้อเสนอแนะต่อฝ่ายโภชนาการ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรจัดให้มีการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในอาหาร เช่น การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงที่ตกค้างในผักและผลไม้ในกลุ่มมอร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มมอร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทริน กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มคาร์บาเมต เป็นต้น เนื่องจากงานวิจัยนี้พบผักที่มีสารเคมีกำจัดแมลงอยู่ในเกณฑ์ไม่ปลอดภัย ทั้งนี้งานวิจัยนี้สามารถนำข้อมูลไปในด้านนิติวิทยาศาสตร์ สาขาพิษวิทยาผู้บริโภค (Consumer Toxicology)

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงในแหล่งจำหน่ายผักและผลไม้ให้มีความหลากหลายเพิ่มขึ้น เช่น แหล่งจำหน่ายผักและผลไม้ของจังหวัดนครปฐม เป็นต้น
2. ควรศึกษาการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มสารเคมีชนิดอื่น เช่น กลุ่มไพรีทริน (Pyrethrins) และกลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) เป็นต้น
3. ควรเพิ่มจำนวนชนิดของผักที่ใช้ในการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง
4. เนื่องจากการศึกษาด้วยชุดทดสอบเบื้องต้น ที่ใช้หลักการ Colorimetric Cholinesterase Inhibitor Assay อาจพบผลการทดลองที่เป็นผลบวกлож (False Positive) จึงควรทำการตรวจยืนยันผลบวกอีกครั้งด้วยเครื่อง HPLC หรือ GC

## เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). การศึกษาพัฒนาแนวทางการลดใช้สารเคมีในการเกษตรด้วยกระบวนการวิจัยแบบมีส่วนร่วม กรณีศึกษาอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2563). ความรู้สิ่งเป็นพิษตอนที่ 1 และ 2 สารเคมีกำจัดหนู. [Online]. Available: [http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc\\_toxic/a\\_tx\\_1\\_001.c.asp?info\\_id=81](http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001.c.asp?info_id=81). [2563, ตุลาคม 15].

- จิราพร ใจเกลี้ยง, ศิริพร จันทรมณี และอรพรรณ หนูแก้ว. (2555). การตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างในผักจากตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- จำรัส เลิศศรี, วัฒนศักดิ์ จำละคร และศิริขวัญ แสงมณี. (2557). การพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยการได้รับพิษของสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมตและออร์กาโนฟอสเฟตในตัวอย่างปศุสัตว์โดยใช้พีเอชมิเตอร์. วารสารสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ. 9 (2), 73-86.
- ไทยรัฐออนไลน์. (2563). มันมากับอาหาร: ยาฆ่าแมลงตกค้างในผักสด. [Online]. Available: <https://www.thairath.co.th/lifestyle/food/1749128>. [2563, ตุลาคม 25].
- นิรมล ธรรมวิริยะสดี และसानิตา สิงห์สนั่น. (2559). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและพิษของยาฆ่าแมลงที่ส่งผลต่อสุขภาพในกลุ่มประชากร ผู้ได้รับสารพิษตกค้างในผัก. โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา คณะสหเวชศาสตร์.
- พัชรี ภคกษมา, สุวรรณิ สายสิน และศรมน สุทิน. (2559). การตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารวิชาการสมาคมสถาบันการศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย. 5 (1), 22-30.
- วิวัฒน์ ชินวร. (2547). การวิเคราะห์เขม่าป็นด้วยเทคนิค SEM/EDX. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สำนักข่าว Hfocus เจาะลึกระบบสุขภาพ. (2562). เปิดข้อมูลผู้ป่วยบัตรทอง ปี 62 พบผู้ป่วยพิษสารเคมีปราบศัตรูพืชกว่า 3 พันราย เสียชีวิต 407 ราย. [Online]. Available: <https://www.hfocus.org/content/2019/08/17468>. [2563, พฤศจิกายน 20].
- สำนักวิชาการวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2556). ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ตรวจหายาฆ่าแมลงในผักผลไม้. [Online]. Available: [http://www.dmsc.moph.go.th/bkm/product\\_detail.php?id=20](http://www.dmsc.moph.go.th/bkm/product_detail.php?id=20). [2563, พฤศจิกายน 15].
- สุกัญญา เพชรศิริเวช และอนันต์ อภิวัฒน์ตระกูล. (2560). สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างกับเทคนิคการสั่นของคลื่นพื้นผิวพลาสมอน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. 3 (1), 76-85.
- สุธาสนี อึ้งสูงเนิน. (2558). ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 9 (1), 50-63.
- สุภาวรรณ เศรษฐบรรจง. (2552). พิษวิทยากับการชันสูตรพลิกศพ. เวชบัณฑิตยสาร. 2 (2), 84-91.
- อรอุมา สร้อยจิต และสุวิทย์ คล่องทะเล. (2562). ประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2562. 26 เมษายน 2562. มหาวิทยาลัยรังสิต. 138-149.
- อุทัยทิพย์ สังกลม, ปัทมาภรณ์ ขุนทรง, ฤชณา พิรุณไพบ และปัญญ์พัชรกร บุญพร้อม. (2555). การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9: ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน. ธันวาคม 2555. นครปฐม. 1333-1341.

## References

- Gebara, A. B., Ciscato, C. H. P., Ferreira, M.d.S., & Monteiro, S. H. (2005). Pesticide Residues in Vegetables and Fruits Monitored in Saõ Paulo City, Brazil, 1994–2001. **The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. 75: 163-169.
- Gupta, R. C. & Milatovic, D. (2012). **Organophosphates and Carbamates**. (2<sup>nd</sup> ed.). In: Veterinary Toxicolgy Basic and Principle.
- Parveen, Z., Khuhro, M. I., & Rafiq, N. (2005). Monitoring of Pesticide Residues in Vegetables (2000–2003) in Karachi, Pakistan. **The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. 74: 170-176.
- Sabino, B. D., Rozenbaum, H., & Oliveira, A. S. (2011). **A Forensic View of Pesticide Poisonings in Brazil**. In **Pesticides in the Modern World - Effects of Pesticides Exposure**. (pp. 251-278). intechopen: Autonomous University of Baja California, Mexico.

## Translated Thai References

- Angsungnuen, S. (2015). Environmental Impact from Pesticide Utilization. **EAU Heritage Journal Science and Technology**. 9 (1), 50-63. (in Thai)
- Bureau of Medical Sciences. (2013). **MJPk Test Kit for the Detection of Pesticides in Fruits and Vegetables**. [Online]. Available: [http://www.dmsc.moph.go.th/bkm/product\\_detail.php?id=20](http://www.dmsc.moph.go.th/bkm/product_detail.php?id=20). [2020, November 15]. (in Thai)
- Chaikiang, C., Janmanee, S. & Hnookaw, O. (2012). **Detection of Insecticides Residues in Vegetables From The Market in Muang District Suratthani Province**. Bangkok: Thailand Science Research and Innovation. (in Thai)
- Chinaworn, W. (2004). **Gunshot Residue Analysis by SEM/EDX**. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science Department of Chemistry Faculty of Science Silpakorn University. (in Thai)
- Department of Medical Sciences Ministry of Public Health. (2020). **Knowledge of Toxic Substances, Part 1 and 2, Chemicals to Kill Rats**. [Online]. Available: [http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc\\_toxic/a\\_tx\\_1\\_001\\_c.asp?info\\_id=81](http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001_c.asp?info_id=81). [2020, October 15]. (in Thai)
- Hfocus News Agency Delves Into The Health System. (2019). **Open The Information of The Golden Card Patients in 2019, Found More Than 3,000 Cases of Pesticide Poisoning, 407 Deaths**. [Online] Available: <https://www.hfocus.org/content/2019/08/17468>. [2020, November 20]. (in Thai)

- Lerdsri, J., Chamlaikhorn, W., & Sangmanee, S. (2014). Development of Method for Carbamate and Organophosphate Poisoning Diagnosis in Livestock Samples by pH Meter. **Thai-NIAH eJournal**. 9 (2), 73-86. (In Thai)
- Ministry of Natural Resources and Environment. (2019). **Studies and Development of Guidelines for Reducing the Use of Chemicals in Agriculture Through Participatory Research Processes. A Case Study of Mae Taeng District Chiang Mai Province**. Bangkok: Environmental Research and Training Center Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- Pakakatsama, P., Saisin, S., & Sutin, S. (2016). Detection of Organophosphate and Carbamate Pesticides Residues in Vegetables in Samutprakarn. Province. **Association of Private Higher Education Institutions of Thailand (Apheit)**. 5 (1): 22-30. (In Thai)
- Petchsirivej, S., & Aphiwantrakul, A. (2017). Pesticide Residues and Surface Plasmon Resonance Technique. **Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal**. 3 (1), 76-85. (in Thai)
- Sanklom, A., Khunsong, P., & Piroonploy, K. (2012). **Proceeding of the 9th Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus Conference**. 6-7 December 2012. Nakhon Pathom. 1333-1341 (in Thai)
- Srettabunjong, S. (2009). Toxicology in Medicolegal Death Investigation. **Siriraj Medical Bulletin**, 2 (2), 84-91. (In Thai)
- Srojitt, O., & Klongthalay, S. (2019). **The National Academic Conference Rangsit University**. 26 April 2019. Rangsit University. 138-149. (In Thai)
- Thairath online. (2020). **It Comes With Food: Pesticide Residues in Fresh Vegetables**. [Online]. Available: <https://www.thairath.co.th/lifestyle/food/1749128>. [2563, October 25]. (in Thai)
- Thamwiriyasati, N., & Singsanan, S. (2016). **Correlation Effect of Cholinesterase Blood Level and Toxic Pesticide to The Health Impact in a Population Exposed to Insecticides Residues in Vegetables**. Faculty of Allied Health Sciences, Burapha University. (in Thai)

## คณะผู้เขียน

### ร้อยตำรวจเอกหญิง อารยา ฤทธิรงค์

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

เลขที่ 90 หมู่ 7 ตำบลสามพราน อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73110

e-mail: juinmohjung@gmail.com

### ศาสตราจารย์ พลตำรวจตรีหญิง ดร. พัชรา สิ้นลอยมา

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

เลขที่ 90 หมู่ 7 ตำบลสามพราน อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73110

e-mail: sinloyma@gmail.com

