รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและพิษของยาฆ่าแมลงที่ส่งผลต่อสุขภาพในกลุ่มประชากรผู้ได้รับสารพิษตกค้างในผัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรมล ธรรมวิริยสติ
อาจารย์ ดร.สานิตา สิงห์สนั่น

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล
(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

รหัสโครงการ ๒๒๗๙๔
สัญญาเลขที่ ๓๒/๒๕๕๙

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและพิษของยาฆ่าแมลงที่ส่งผลต่อสุขภาพในกลุ่มประชากรผู้ได้รับสารพิษตกค้างในผัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรมล ธรรมวิริยสติ
(คณะสหเวชศาสตร์ สาขาเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยบูรพา)
อาจารย์ ดร.สานิตา สิงห์สนั่น
(คณะสหเวชศาสตร์ สาขาเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยบูรพา)

หัวข้อวิจัย การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและพิษของยาฆ่าแมลงที่ส่งผลต่อสุขภาพในกลุ่มประชากรผู้ได้รับสารพิษตกค้างในผัก

ผู้ดำเนินการวิจัย นิรมล ธรรมวิริยสติ

สานิตา สิงห์สนั่น

ที่ปรึกษา -

หน่วยงาน คณะสหเวชศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ปี พ.ศ. 2559

ปัจจุบันการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างกว้างขวางในกลุ่มเกษตรกร การขาดความรู้ความเข้าใจและการใช้อย่างไม่ถูกต้องทำให้เสี่ยงต่อการได้รับพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกาย การศึกษาที่ผ่านมา มุ่งเน้นที่กลุ่มเกษตรกรเป็นหลัก ยังไม่มีการศึกษาในกลุ่มผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับสารพิษตกค้างในผักที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน เจตคติและพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้ของกลุ่มผู้บริโภค การเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสและผลตรวจสุขภาพ โดยสุ่มตรวจตัวอย่างผักและผลไม้ในเขตอำเภอเมืองชลบุรีและอำเภอศรีราชาตามท้องตลาด จำนวน 200 ตัวอย่าง ทดสอบหาสารพิษตกค้างในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate โดยใช้ชุดทดสอบ GT-Pesticide residual kit พบว่า สารพิษตกค้างในผักประเภทกะเพรา คะน้า กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาวและผักกาดขาวในปริมาณสูงที่สุด ตามลำดับ

อาสาสมัคร ช่วงอายุ 18-60 ปี สัญชาติไทย จำนวน 130 คน ทำแบบสอบถามเพื่อแยกกลุ่มที่มีพฤติกรรมความเสี่ยงสูง และความเสี่ยงปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปและผลตรวจประเมินสุขภาพเบื้องต้น และผลตรวจเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีความคล้ายคลึงกัน ไม่พบความแตกต่างของ อายุ เพศ ค่าดัชนีมวลกาย ความดันโลหิต ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ฮีมาโตคริต จำนวนและขนาดของเม็ดเลือด แต่พบแนวโน้มความสัมพันธ์ที่แตกต่างกับค่าฮีโมโกลบิน และระดับโคเลสเตอรอลของทั้งสองกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสที่จุดตัด 2000 U/L พบแนวโน้มสัมพันธ์กับความดันโลหิต และ MCV แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

Research Title Correlation effect of cholinesterase blood level and toxic pesticide to the health impact in a population exposed to insecticides residues in vegetables

Researcher Niramon Thamwiriyasati

Sanita Singsanan

Research Consultants -

Organization Faculty of Allied Health Sciences,

Burapha University

Year 2016

In the present, pesticides have been used in wordwild for agriculture worker. Lacking of knownledge and misuse inproper led to the risk of pesticide toxicity in body. The previos studys focused only on agriculture worker that there are no report abouth the toxic in consumer. The objective of this research were to estimate pesticide residues in vegetables which are popular for consumer, human attitude and behavior for eating fruit and vegetables, changing level of choline esterase enzyme, and health check up report. Vegetables and fruits in amphoe Muang and Sriracha were randomly tested 200 samples on the side walk markets. Examination of the Organophosphate and Carbamate groups of pesticide using GT-Pesticide residual kit were shown the top five of highest level of pesticide residuaes in Basil, Chinese Kale, Cabbage Yard Long Bean, White Radish, respectively.

Volunter age 18-60 years old, Thai about 130 peoples had answer the quationare to separate the behaviors in high risk and moderate risk of vegetable consumers. When compred to general background, heath check up and blood testing, the two groups of risks were not correlated with in age, sex, BMI, pressure, cholinesterase level haematocrit size and amount of Red blood cells. Meanwhile the values of haemoglobin, total cholesterol were comparable in the risk groups. When compared to the level of cholinesterase enzyme using the cut point 2000 U/L, it was related with pressure, MCV, in significant $p < 0.05$.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙ มหาวิทยาลัยบูรพา (เลขที่สัญญา ๓๒/๒๕๕๙) และขอขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับอุปกรณ์ และสถานที่ทำการศึกษาวิจัยตลอดโครงการ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัว บุคคลอันเป็นที่รักทุกท่าน รวมถึงบุคคลที่ไม่ได้เอ่ยนามที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำโครงงานวิจัยครั้งนี้ สำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือต่างๆ ตลอดการทำโครงการวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
สมมติฐานการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Pesticide)	7
เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase)	23
การตรวจทางโลหิตวิทยา (RBC indicies)	24
บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
กรอบแนวคิดในการวิจัย	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	28
วัสดุอุปกรณ์	28
สารเคมี	29

หน้า

วิธีการทดลอง 30

1) การตรวจวัดระดับความเป็นพิษของสารพิษตกค้างโดยรวม โดยใช้ชุดทดสอบมาตรฐาน GT-Pesticide Residual test kit 30

2) การตรวจหาสารในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate โดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit 33

3) กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างและแบบสอบถาม 36

4) การตรวจระดับ Serum Cholinesterases (BuChE) โดยใช้ชุดทดสอบ Acetylcholinesterases activity assay 38

5) การตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด 39

6) การตรวจวัดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด 39

7) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 40

บทที่ 4 ผลการวิจัย 41

1) ผลการตรวจหาสารพิษในผักและผลไม้ 41

2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไป ผลการตรวจสุขภาพ ระดับเอนไซม์ cholinesterase ผลตรวจเลือด ของอาสาสมัครกลุ่มที่ 1 49

3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไป ผลการตรวจสุขภาพ ระดับเอนไซม์ cholinesterase ผลตรวจเลือด ของอาสาสมัครกลุ่มที่ 2 และ 3 52

4) ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส กับผลตรวจประเมินทางด้านสุขภาพของกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง 60

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 62

สรุปผลการวิจัย 62

อภิปรายผล 63

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 72

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 73

ผลผลิต (Output) 74

บรรณานุกรม 56

บรรณานุกรมภาษาไทย 75

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ 76

ภาคผนวก 79

แบบสอบถามโครงการวิจัย 80

ประวัติผู้วิจัย 83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	แสดงสารมาตรฐานในการตรวจหาสารพิษโดยใช้หลักการ TLC	35
4-1	แสดงผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้	42
4-2	แสดงผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้โดยแบ่งตามประเภท	44
4-3	แสดงผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้โดยแบ่งพื้นที่หรือตลาดที่มีการสุ่มผักและผลไม้	46
4-4	ผลการตรวจหาและชนิดของสารเคมีกำจัดแมลง ในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate	48
4-5	แสดงลักษณะทั่วไปและการตรวจประเมินสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง	50
4-6	แสดงผลการวิเคราะห์ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มของกลุ่มตัวอย่าง	51
4-7	แสดงผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์	53
4-8	แสดงผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก	55
4-9	แสดงผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ด้านทัศนคติกับและผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์	59
4-10	แสดงระดับ cholinesterase activity เปรียบเทียบกับการตรวจประเมินสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์และคนในชุมชนบ้านหัวโกรก	61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	แสดงปฏิกิริยาระหว่าง ACh และ AChE	12
2-2	แสดงการส่งสัญญาณประสาทในสภาวะปกติ และความผิดปกติของเอนไซม์ AChE ที่ถูกยับยั้งโดยสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	13
2-3	แสดงกลไกการออกฤทธิ์ของสารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ต่อ voltage-dependent sodium channel	16
2-4	แสดงกลไกการยับยั้งเอนไซม์ AChE ของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต	17
2-5	แสดงกลไกการยับยั้งเอนไซม์ AChE ของสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต	17
2-6	แสดงกลไกการออกฤทธิ์ของสารกำจัดแมลงชนิดต่างๆ	19
2-7	แผนภาพโดยรวมของการดำเนินการวิจัย	27
4-1	แสดงสีของหลอดตัวอย่างเทียบกับหลอดควบคุมและหลอดตัดสิน	42
4-2	แสดงแผนภูมิวงกลมผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้	43
4-3	แสดงแผนภูมิวงกลมผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้โดยแบ่งตามประเภทของชนิดผักและผลไม้	45

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย

μL	Microliter
A	Absorbance
ACh	Acetylcholine
AChE	Acetlcholinesterase
ATP	Adenosine triphosphate
BAL	Bronchoalveolar lavage fluid
BChE	Butyrylcholinesterase
BHA	Butylated hydroxyl anisole
BHC	Benzenehexachloride
BHT	Butylated hydroxyrotoluene
BMI	Body mass index
CBC	Complete blood count
ChE	Cholinesterase
CNS	Central nervous system
DBP	Diastolic Blood Pressure
DDD	Dichlorodiphenyldichloroethane
DDT	Dichlorodiphenyltrichloroethane
dL	Deciliter
DNA	Deoxyribonucleic acid
ecNOS	endothelial cell NOS
EDTA	Ethylene diamine tetra-acetic acid
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation
gm%	Grams percent
Hb	Hemoglobin
HCH	Hexachlorocyclohexane
Hct	Hematocrit
IC50	50% Inhibitory Concentration

IFN	Interferon
IL	Interleukin
kg	Kilogram
L	Liter
m	Meter
MCH	Mean corpuscular hemoglobin
MCHC	Mean corpuscular hemoglobin concentration
MCV	Mean corpuscular volume
mg	Milligram
mL	Milliliter
mM	Millimolar
mmHg	Millimeter of mercury
NADPH	Nicotinamide adenine dinucleotide
NBT	Nitroblue tetrazolium
NDGA	Nordihydro guaretic acid
nm	Nanometer
pg	Picogram
PG	Propyl gallate
pH	Potential of hydrogen ion
RBC	Red blood cell
RDW	Red cell distribution width
SBP	Systolic Blood Pressure
SD	Standard deviation
TNF	Tumor necrosis factor
U	Unit
WBC	White blood count

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้เข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งในการรักษาและเพิ่มผลผลิตทางเกษตรกรรม เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในระหว่างการพัฒนาในทุกๆ ด้าน ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงทางการเมือง ด้วยเหตุนี้เกษตรกรของประเทศจึงมีความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาวิธีการที่จะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรสูงขึ้นทุกวิถีทาง สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจึงถูกเกษตรกรนำมาใช้โดยไม่จำกัดขอบเขต ทั้งในรูปของปริมาณการใช้ การซื้อหาที่ทำได้อย่างเสรี (เชิดพงษ์, 2547) การนำสารเคมีป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชมาใช้นั้น หากมีการใช้อย่างไม่ถูกต้องแล้วจะก่อให้เกิดโทษต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยพบว่ามีผู้ป่วยอันเกิดจากการแพ้สารเคมีป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช (จริยา, 2544)

ผลิตผลการเกษตรส่วนมากเป็นผักผลไม้ ที่นิยมรับประทานสดและเน่าเสียเร็ว การตรวจสอบหาสารพิษตกค้างเพื่อคัดกรองตัวอย่างที่ไม่ปลอดภัยก่อนถึงมือผู้บริโภคจึงเป็นเรื่องที่ต้องดำเนินการอย่างรวดเร็วบนพื้นฐานทางวิชาการที่ถูกต้องใกล้เคียงกับวิธีการทางห้องปฏิบัติการ เช่น การสุ่มตัวอย่างจากแหล่งผลิตและแหล่งจำหน่าย ข้อมูลปริมาณที่นำส่งวิเคราะห์ การเตรียมตัวอย่างตลอดจนวิธีการตรวจวิเคราะห์ต่างๆ สำหรับวิธีการตรวจวิเคราะห์อย่างง่ายและกึ่งรวดเร็วนี้ ใช้หลักการตรวจหาสารพิษด้วยวิธี Acetyl cholinesterase Inhibition Technique โดยทฤษฎีที่ว่าสารพิษในกลุ่มสารประกอบฟอสเฟต และ/หรือ คาร์บาเมทมีคุณสมบัติเด่นในด้านการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในร่างกายได้ เมื่อร่างกายได้รับสารพิษในกลุ่มเหล่านี้ จะทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ จึงนำหลักการนี้มาใช้เป็นวิธีการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อคัดกรองสารพิษใน 2 กลุ่มสารนี้ที่มีการใช้มาก เพื่อจะได้นำผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและหาแนวทางแก้ไขในการป้องกันผลกระทบจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มเกษตรกร ลดการสะสมของสารเคมีที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่น สุขภาพร่างกายอ่อนแอ คลื่นไส้ วิงเวียน ศีรษะ อาเจียน ระบบการหายใจขัดข้อง และอาจร้ายแรงจนเป็นเหตุให้เสียชีวิตได้ (ศักดา, 2546)

จากข้อมูลที่กล่าวมาจะเห็นว่า สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นมีอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภคเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว (Wilson, 1999, 2001) บางคนรู้ว่าสารเคมีนี้มีอันตรายต่อสุขภาพแต่ไม่ทราบถึงวิธีการหรือหลักการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย จึงทำงานเสี่ยงต่ออันตราย จนเกิดความเคยชินโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ในขณะที่ร่างกายกำลังสะสมสารเคมีไปทีละน้อย และในอนาคตก็จะออกฤทธิ์ให้เห็นถึงอันตรายขั้นรุนแรง ที่ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ทันท่วงที การรับประทานผักผลไม้ที่ส่วนใหญ่นิยมรับประทานสด และเป็นส่วนผสมหลักในการทำอาหาร หากมีการชะล้างสารพิษตกค้างที่ได้จากผักที่เหมาะสม เมื่อได้รับสารพิษตกค้างอยู่ในระยะหนึ่งจะเกิดการสะสมในร่างกายและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค อันตรายจากสารพิษตกค้างจากยาฆ่าแมลงในผักผลไม้สามารถตรวจได้ทั้งทางตรงจากผักผลไม้โดยตรง จากการทดสอบผักผลไม้ด้วยชุดทดสอบสารพิษตกค้างของยาฆ่าแมลง เพื่อดูระดับปริมาณสารตกค้างต่ำสุดที่อยู่ในระดับปลอดภัยและไม่ปลอดภัยของผู้บริโภค และจากระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกระแสเลือดและผลตรวจทางเลือดทางโลหิตวิทยาที่เป็นตัวชี้วัดระดับการสะสมของสารพิษตกค้างในร่างกายที่สามารถส่งผลต่อพิษระบบประสาท ตับ ไต และอวัยวะต่างๆได้ (Jintana et al, 2009)

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสารพิษตกค้างในผักที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน ทั้งในตลาดผักสุขภาพปลอดสารพิษ และผักทั่วไปตามท้องตลาดในตัวเมืองและเทศบาล โดยการตรวจหาระดับยาฆ่าแมลงตกค้างในผักที่ปลอดภัยและไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังในการเลือกซื้อผักให้มีความปลอดภัยในกลุ่มผู้บริโภคและประเมินพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้อย่างปลอดภัย เพื่อแยกกลุ่มประชากร (pesticide expose และ control) และประเมินผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้ระดับของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดในกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางแก้ไขในการป้องกันผลกระทบจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของกลุ่มเกษตรกร ลดการสะสมของสารเคมีที่อาจจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้สามารถทำการศึกษาวิจัยต่อยอดถึงผลประโยชน์และประชาสัมพันธ์การรับประทานผักผลไม้ปลอดสารพิษ หรือแนวทางการชะล้างสารพิษตกค้างที่อาจปนเปื้อนมาในผักผลไม้ เพื่อลดภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพ เช่น โรคตับ ไต และเป็นการส่งเสริมให้ประชาชนในชุมชนมีสุขภาพดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อสำรวจปริมาณของผักที่ปนเปื้อนสารเคมีกำจัดแมลงในผักจากตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี และผักปลอดสารพิษจากตลาดนัดเกษตรอินทรีย์ของทางเครือข่ายฯ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปแจ้งต่อผู้บริโภคและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังความปลอดภัยด้านอาหารได้
2) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้ทั่วไปและผักผลไม้ปลอดสารพิษของกลุ่มผู้บริโภคในชุมชนอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ที่เสี่ยงต่อผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค
3) เพื่อศึกษาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (cholinesterase activity) ในเลือดที่เกี่ยวข้องกับระดับสารพิษของยาฆ่าแมลงตกค้างในร่างกายของกลุ่มผู้บริโภค และประเมินสุขภาพของผู้บริโภคเบื้องต้น ทางด้านโลหิตวิทยา (RBC indices) อันเป็นแนวทางการป้องกันการได้รับสารพิษตกค้างที่ส่งต่อต่อการเกิดโรคหรือพิษต่ออวัยวะต่างๆของผู้บริโภคได้

ขอบเขตการวิจัย

จากตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี โดยเก็บตัวอย่างผักจากตลาด 5 แห่ง คือ ตลาดบริเวณมหาวิทยาลัยบูรพา ตลาดสดเทศบาล ตลาดอ่างศิลา ตลาดตัวเมือง ตลาดในชุมชนหัวโกรก ตัวอย่างผักที่เก็บ ได้แก่ คะน้า กะหล่ำปลี ผักชี ถั่วฝักยาว ต้นหอม พริก รวมประมาณ 200 ตัวอย่าง มาทดสอบด้วยชุดทดสอบยาฆ่าแมลงในผัก ผลไม้ จี ที (GT kit) ซึ่งเป็นชุดทดสอบเบื้องต้นสำหรับตรวจยาฆ่าแมลงตกค้างกลุ่มยับยั้งเอนไซม์โคลีเอสเตอเรสในผัก ผลไม้ ที่สามารถประเมินปริมาณสารพิษตกค้างขั้นต่ำที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

จากนั้นทำแบบสอบถามความรู้และความเข้าใจในพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้ เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษตกค้างในกระแสเลือดที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยเจาะเลือดในกลุ่มอาสาสมัคร เก็บเลือดและซีรั่มมาทำการวิเคราะห์ ตัวอย่างเลือดที่ได้ทำการเจาะเก็บจะถูกนำมาตรวจดัชนีชี้วัดสุขภาพเบื้องต้นจากผลตรวจทางโลหิตวิทยา (Cell blood count: CBC) ซึ่งเป็นการตรวจนับเม็ดเลือดทั้งชนิดเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว วิเคราะห์ทั้งในเชิงขนาด รูปร่างและปริมาณ วัดระดับฮีโมโกลบินที่อยู่ในเม็ดเลือดแดงต่อการขนส่งออกซิเจน เพื่อ

ประเมินภาวะซีดจากโลหิตจางจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่ลดลง หรือภาวะการทำลายที่เกิดมากขึ้นจากการได้รับสารพิษตกค้างที่ส่งผลต่ออวัยวะต่างๆที่สำคัญของร่างกาย เช่น ตับ ม้ามและไต เป็นต้น

ส่วนระดับของ Cholinesterase ใน Serum เป็นตัวบ่งชี้เมื่อโดนพิษของยาฆ่าแมลง และยังใช้เป็นดัชนีบอกการทำงานของตับได้อีกด้วย หากระดับเอนไซม์ชนอดนี้ลดลงจะสามารถพบได้ในผู้ที่โดนพิษของยาฆ่าแมลงพวก organophosphate, carbamate, โรคตับอักเสบ, โรคตับแข็ง และกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (myocardial infarction) เป็นต้น เพื่อใช้ในการติดตาม และประเมินผลในการรักษาของแพทย์ต่อไป

สมมติฐานการวิจัย

ในปัจจุบัน ผู้คนนิยมรับประทานผักผลไม้เพื่อส่งเสริมสุขภาพมากยิ่งขึ้น แต่หารู้ไม่ว่าในคุณค่าของสารอาหารที่ได้รับ เรากลับได้รับสารพิษตกค้างที่ส่งผลต่ออันตรายต่อสุขภาพโดยไม่รู้ตัว จากการที่เกษตรกรใช้ยาฆ่าแมลงกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่มากเกินความจำเป็น รวมทั้งการใช้สารเคมีรวมกันหลายชนิดหรือการเก็บผลผลิตก่อนครบระยะเวลาที่กำหนดหลังจากการใช้สารเคมี จึงส่งผลให้เกิดสารเคมีตกค้างในผัก ผลไม้ และมีโอกาสเกิดการสะสมในร่างกายของผู้บริโภคเมื่อได้รับสารเคมีดังกล่าวเข้าไป แม้ว่าอาจได้รับในปริมาณน้อยๆ แต่ถ้าได้รับบ่อยครั้งเป็นเวลานานๆจะสะสมเพิ่มปริมาณมากขึ้นในร่างกายจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์จนกลายเป็นเซลล์มะเร็งลุกลามไปยังส่วนต่าง ๆของร่างกายได้ เช่นมะเร็งของตับและมะเร็งของลำไส้ หรือภาวะเป็นพิษที่อวัยวะสำคัญต่างๆของร่างกายได้ เป็นต้น (กลุ่มงานพัฒนาความปลอดภัยด้านเคมีวัตถุและกองควบคุมอาหาร, 2543)

การศึกษาส่วนใหญ่จะตรวจประเมินระดับสารพิษตกค้างที่พบในผักผลไม้ตามท้องตลาดแต่เพียงอย่างเดียว หรือมุ่งเน้นการได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเฉพาะในกลุ่มของเกษตรกรเป็นหลัก (บุญศรี, 2547; Carvalho, 1991) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับสารพิษจากการใช้หรือสัมผัสโดยตรง ยังไม่มีการศึกษาใดที่คำนึงหรือศึกษาถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคที่ได้รับผลกระทบจากการใช้ยาฆ่าแมลงทางอ้อม หรือจากการรับประทานเข้าไป ซึ่งแม้ว่าผู้บริโภคจะได้รับสารเพียงปริมาณน้อย แต่การสะสมที่เก็บไว้ก็ส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้เช่นกัน การประเมินอัตราเสี่ยงจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นเพื่อกระตุ้นให้ผู้บริโภคตระหนักถึงอันตรายที่ตนอาจได้รับ และหันมาใส่ใจสุขภาพตนเองมากยิ่งขึ้น

การทดลองนี้จึงตั้งอยู่สมมติฐานที่ว่า หากผู้บริโภคในกลุ่มเสี่ยงได้รับสารพิษตกค้างประเภทยาฆ่าแมลงในผักผลไม้ที่ตนรับประทานเป็นเวลายาวนานจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพเบื้องต้นที่สามารถตรวจสอบได้จากผลตรวจเลือดทางด้านโลหิตวิทยา (RBC indices) และระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (cholinesterase activity) (Thetkathuek et al., 2005, Jintana et al., 2009) ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปสู่การเพิ่มค่านิยมในการรับประทานผักผลไม้ปลอดสารพิษ การล้างผักผลไม้ก่อนรับประทาน การตรวจสารพิษปนเปื้อนในผักผลไม้ การทราบแหล่งจำหน่ายผักผลไม้ที่ปลอดภัย การดูแลสุขภาพและตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดจาดสารพิษตกค้างในผักผลไม้มากยิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) บริการความรู้แก่ประชาชน

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่ได้จากศึกษาสารพิษตกค้างในผักผลไม้ และผลการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษตกค้างในกระแสเลือดที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค จากการตรวจดัชนีชี้วัดสุขภาพเบื้องต้นจากผลตรวจทางโลหิตวิทยา (CBC) และระดับของเอนไซม์ Cholinesterase ใน Serum ต่อการบ่งชี้ภาวการณ์ได้รับพิษของยาฆ่าแมลงสะสมในร่างกาย สามารถนำไปใช้ติดตาม และประเมินผลในการรักษาของแพทย์ต่อไป นอกจากนี้ยังทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในแหล่งจำหน่ายผักผลไม้ปลอดสารพิษมากขึ้น และเป็นการเพิ่มผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมในพื้นที่ชุมชนเกษตรอินทรีย์ นอกจากนี้ยังสามารถให้ข้อมูลแก่ภาคธุรกิจได้แก่ องค์กรอาหารและยาองค์การเภสัชกรรม (FAO, 1986) เพื่อนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป สามารถส่งเสริมการรับประทานผัก ผลไม้ ให้ปลอดสารพิษตกค้างในการป้องกันและรักษาสุขภาพ พร้อมทั้งสามารถเผยแพร่ความรู้ที่ได้แก่ประชาชนผ่านสื่อต่างๆ เช่น รายการวิทยุเพื่อประชาชน และตีพิมพ์ลงในวารสารต่างๆระดับประเทศ และ/หรือระดับนานาชาติ

2) บริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ และนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

จากผลการศึกษาที่ได้นี้สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ป้องกันการเจ็บป่วยที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น โรคมะเร็ง ตับ หลอดเลือดและหัวใจ ซึ่งจะเป็นการเสริมสร้างความมั่นใจในผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพของพืชผลไม้ไทยมากขึ้น สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้บริการความรู้ ให้ข้อมูลแก่ภาคธุรกิจได้แก่ องค์กรผลิตจำหน่ายผักปลอดสารพิษในตลาดผักอินทรีย์ ซึ่งเป็นการกระตุ้นผลผลิตทางด้านธุรกิจและนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

3) เป็นประโยชน์ต่อประชากรกลุ่มเป้าหมายและประชากร

ประชากรทั่วไปของประเทศไทยส่วนใหญ่ยังไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการรับประทานผักผลไม้ที่ปราศจากสารพิษยาฆ่าแมลงที่มักจะได้รับจากการซื้อขายตามท้องตลาด ตัวอย่างที่เห็นเด่นชัดเช่น ถั่วฝักยาว คะน้า ที่มักพบระดับปริมาณสารพิษตกค้างมากกว่าผักชนิดอื่นๆ การศึกษาองค์ความรู้เกี่ยวกับกลไกการออกฤทธิ์ของยาฆ่าแมลงในกลุ่มผักผลไม้ยังคงมีน้อย การเผยแพร่ข้อมูลยังไม่เพียงพอทั่วถึง โดยเฉพาะในชุมชนท้องถิ่น ดังนั้นการวิจัยชิ้นนี้จะเป็นการส่งเสริมและเผยแพร่ความรู้ที่ได้แก่ประชาชนและชุมชนเป้าหมายที่มีอัตราเสี่ยงในการรับประทานผักผลไม้ที่มีสารพิษตกค้างและอาจส่งผลต่อระบบประสาทและอวัยวะต่างๆของร่างกาย ช่วยเสริมสร้างสุขภาพร่างกายให้แข็งแรงจากการได้รับวิตามินเกลือแร่สำคัญที่มีอยู่ในพืชผลไม้อย่างเต็มที่ และสามารถนำมาใช้ต่อสู้และป้องกันความเจ็บป่วยที่แท้จริง ซึ่งจะเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายของรัฐในการดูแลรักษาผู้ป่วยและเศรษฐกิจโดยรวม

นอกจากนี้ในโครงการวิจัยนี้เมื่อแล้วเสร็จ คาดว่าจะเป็นโครงงานวิจัยย่อยแก่นิสิตระดับปริญญาตรีประมาณ 2 โครงงาน และหน่วยงานต่างๆสถาบันการศึกษาวิจัย ทั้งในด้านพิษวิทยา โภชนาการ ชีวเคมี เทคนิคการแพทย์ สรีรวิทยาเภสัชเคมี ซึ่งสามารถนำไปศึกษาและพัฒนาต่อไปได้

4) เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

สร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยสร้างแกนนำเพื่อปลูกจิตสำนึก ให้เห็นถึงความสำคัญด้วยตนเอง เพื่อพฤติกรรมที่ยั่งยืน ในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และเน้นให้ความสนใจกับการทำเกษตรชีวภาพให้มากขึ้น ยังช่วยป้องกันและส่งเสริมสุขภาพให้แข็งแรง โดยที่ความรู้ความเข้าใจในการศึกษาผลของออกฤทธิ์ต่อผลไม้ชนิดนี้จะเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่สำคัญต่อพืชผลไม้ชนิดอื่น และสามารถศึกษาถึงผลกระทบของสารสกัดจากพืชในเชิงพิษวิทยา คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณที่เหมาะสมในการรับประทาน หรือการรับประทานควบคู่กับพืชผลไม้ไทยชนิดอื่นเพื่อประโยชน์ในการป้องกันรักษา ซึ่งสามารถวิจัยต่อยอดในสัตว์ทดลอง หรือในกลุ่มคนตัวอย่างต่อผลการใช้ผลไม้ชนิดนี้ที่ชัดเจนมากขึ้นในอนาคต

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Pesticides)

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช หรือสารฆ่าแมลง (Pesticides) คือ วัตถุมีพิษที่ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และศัตรูสัตว์ มีทั้งสารเคมีบางชนิด ซึ่งกำจัดแมลงได้อย่างกว้างขวาง(Broad Spectrum) และบางชนิดก็เจาะจงกำจัดเฉพาะแมลงศัตรูบางชนิด (Selective) ซึ่งตามคำจำกัดความของคณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission, CAC) และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO) ระบุว่าหมายถึง สารหรือส่วนผสมของสารที่ใช้เพื่อการป้องกัน ทำลาย หรือควบคุมศัตรูพืช รวมถึงพาหะของโรคในมนุษย์หรือสัตว์ ชนิดของพืชหรือสัตว์ที่ไม่ต้องการ และก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต กระบวนการผลิต การจัดเก็บ การขนส่ง หรือการตลาดของอาหาร สินค้าเกษตร ผลิตภัณฑ์จากไม้ หรืออาหารสัตว์ (ฝ่ายข้อมูลเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2555) หรือหมายถึง สารที่ใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมแมลง นอกจากนี้ยังหมายถึงสารที่ใช้ควบคุมการเจริญเติบโต สารทำให้ใบไม้ร่วง สารดูดความชื้น หรือสารที่ใช้ในผลไม้เพื่อป้องกันการร่วงก่อนกำหนด และหมายถึงสารที่ใช้กับผลผลิตก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันผลผลิตจากการเสื่อมสภาพระหว่างการจัดเก็บและการขนส่ง โดยในที่นี้ไม่รวมถึงปุ๋ย สารแอนตีไบโอติก หรือสารเคมีอื่นๆ ที่ใช้ในสัตว์เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น การเร่งการเจริญเติบโต หรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเจริญพันธุ์ (สาคร ศรีมุข, 2556)

ประเภทของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. สารกำจัดแมลง ได้แก่ สารที่ใช้ป้องกัน กำจัด หรือขับไล่ศัตรูพืช และสัตว์ เช่น สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ไพรีทรอยด์ เป็นต้น

2. สารกำจัดวัชพืช ได้แก่ สารที่ใช้ทำลายวัชพืชที่แย่งน้ำแย่งอาหาร และแสงสว่างจากพืชเพาะปลูก เช่น พาราควอท เป็นต้น

3. สารกำจัดเชื้อรา ได้แก่ สารที่ใช้ป้องกันและฆ่าเชื้อรา เช่น แคปเทน เป็นต้น

4. สารกำจัดหนู หรือสัตว์กัดแทะอื่นๆ เช่น ซิงค์ฟอสไฟด์ วอร์ฟาริน เป็นต้น (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2553)

การจำแนกประเภทของสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช การจำแนกประเภทตามค่าความเป็นพิษและระดับความเป็นพิษของสาร สารฆ่าแมลงแต่ละชนิดมีคุณสมบัติของความเป็นพิษไม่เท่ากัน เมื่อนำค่าความเป็นพิษของสาร (LD_{50}) มาจัดระดับความเป็นพิษตามการจัดขององค์การอนามัยโลก (WHO) (Classification of Pesticides by Hazard) สามารถจัดประเภทสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชตามระดับความเป็นพิษ และความ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้เป็น 4 ชั้น (Class) ดังนี้

ชั้น 1 เอ พิษร้ายแรงมาก (Ia Extremely hazardous) หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษร้ายแรงมาก และมีความเป็นอันตรายสูงมาก ตัวอย่างสารเช่น พาราไธออน

ชั้น 1 บี พิษร้ายแรง (Ib Highly hazardous) หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ที่มีความเป็นพิษร้ายแรง และมีความเป็นอันตรายสูง ตัวอย่างสารเช่น เมทโธมิล

ชั้น 2 พิษปานกลาง (II Moderately hazardous) หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลง ศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษปานกลาง และมีความเป็นอันตรายปานกลาง ตัวอย่างสาร เช่น ไดเมทโธเอท

ชั้น 3 พิษน้อย (III Slightly hazardous) หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีค่าความเป็นพิษน้อย และมีความเป็นอันตรายน้อย ตัวอย่างสารเช่น อะซีเฟท

การจำแนกประเภทตามองค์ประกอบทางเคมีหรือสูตรโครงสร้าง (Chemical type) ของสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช แบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้ สารอนินทรีย์ (Inorganic insecticides) ตัวอย่างสารเช่น สารหนูตะกั่ว สารหนูขาว สารหนูเขียว บอแรกซ์ กำมะถันผง

สารอินทรีย์ (Organic insecticides) ได้แก่

1. สารอินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาติ (Natural organic insecticides) มี 2 กลุ่ม ดังนี้

1) สารอินทรีย์จากพืช (Botanical insecticide) ดังนี้

(1) สารไพรีธรอยด์ (Pyrethroids) เป็นสารที่สกัดได้จากดอกของพืชตระกูลเบญจมาศ ส่วนที่เป็นสารออกฤทธิ์ เรียกว่า สารไพรีธริน (Pyrethrin) มีฤทธิ์ทำให้แมลงตายได้ โดยสารไพรีธรินจะไปรวมตัวกับไขมันในเซลล์ประสาทแมลง และไปยับยั้งการส่งต่อความรู้สึก ซึ่งจะมีผลทำให้แมลงน็อคดาวน์ (Knock down) และเป็นอัมพาตตายในที่สุด

(2) สารนิโคตินอยด์ (Nicotinoids) เป็นสารที่สกัดได้จากใบยาสูบ ส่วนที่เป็นสารออกฤทธิ์ เรียกว่า สารนิโคติน (Nicotine) มีพิษต่อแมลงและสัตว์ โดยทำให้เกิดอาการกระตุกของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง และแมลงจะตายในที่สุด

(3) สารโรตินอยด์ (Rotenoids) เป็นสารพิษที่พบในรากพืชตระกูลถั่ว เช่น โล่ติ๊น สารพิษจะทำให้แมลงมีการหายใจน้อยลง หัวใจเต้นช้าลง ทำให้เกิดการขาดออกซิเจน แมลงจะเป็นอัมพาตและตายในที่สุด

(4) สารอะซาดิแรคติน (Azadirachtin) เป็นสารสกัดจากสะเดา มีคุณสมบัติในการยับยั้งการกินอาหาร (Anti-feedant) และยังมีคุณสมบัติทำให้แมลงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ เช่น หนอนไม่สามารถลอกคราบและเจริญต่อไปได้ หนอนจะตายหรือเข้าดักแด้ไม่ได้ หรือเข้าดักแด้แต่ไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยที่ปกติได้ สารจะมีพิษกับแมลงทางสัมผัสและทางปาก มีฤทธิ์ดูดซึม ใช้ป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อ และด้วงปีกแข็งได้หลายชนิด

ยังมีสารสกัดจากพืชอีกหลายชนิด ที่มีฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลง เช่น ข่า ตะไคร้ หอม กระเทียม เพื่อนำมาใช้ทดแทนสารป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ (สารเคมี)

เพราะสารสกัดจากพืชมีระดับความเป็นพิษต่ำ มีพิษตกค้างในธรรมชาติสั้น จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาความเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ และการตกค้างของสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหาร และระบบนิเวศ

2) สารอินทรีย์ที่เป็นสารชีวินทรีย์ สารชีวินทรีย์ที่นำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงนั้น มีทั้งเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง และสารสกัดจากจุลินทรีย์ (Microbial chemical) เป็นสารที่สกัดได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น รา แบคทีเรีย ไวรัส เป็นต้น มีผลในการควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง มีฤทธิ์เจาะจงกับแมลงเป้าหมายที่ต้องการกำจัด เชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียบีที (*Bacillus thuringiensis* : BT) เชื้อราเขียวเมทาไรเซียม (*Metarrhizium anisoplae* (Melsch), เชื้อไวรัส Nuclear polyhedrosis virus (NPV), ไส้เดือนฝอยนีโอเพล็คทานา (*Neoaplectana carpocapsae*), ไส้เดือนฝอยสไตเนอร์นีมา (*Stienernema carpocapsae*) (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

รูปแบบและชนิดของสารเคมีกำจัดแมลง

1) รูปแบบของสารเคมีกำจัดแมลง

สารเคมีกำจัดแมลงนั้นบางชนิดสามารถละลายน้ำได้ บางชนิดไม่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งทั้งสองแบบนั้นอาจมีความเป็นพิษที่สูงเกินไป จึงต้องนำมาผสมเป็นรูปแบบต่างๆก่อนการใช้งาน โดยสามารถแบ่งได้ 8 ชนิดดังนี้

1) แบบผงผสมน้ำ บนภาชนะที่บรรจุจะมีชื่อย่อ WDP หรือ WP สารเคมีกำจัดแมลง แบบนี้ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์และสารพาหะหรือสารที่ทำให้เจือจาง ซึ่งได้แก่ผงดินขาว แป้งฝุ่น หรือสารอื่นที่เหมาะสมซึ่งจะช่วยให้ใบเปียกง่ายและช่วยในการกระจายตัว

2) แบบน้ำมัน บนภาชนะที่บรรจุจะมีชื่อย่อ EC สารเคมีกำจัดแมลงแบบนี้ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์กับตัวทำละลายที่ไม่สามารถเข้ากับน้ำได้ ต่อมามีการเติมสาร emulsifier เพื่อช่วยให้สารออกฤทธิ์ผสมกับน้ำได้และยังช่วยให้เกาะใบพืช หรือติดตัวแมลงได้ดี เวลาใช้นำไปผสมกับน้ำให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ จะได้ส่วนผสมสีขาวขุ่นสารเคมีกำจัดแมลง แบบนี้มีใช้แพร่หลายที่สุด

3) แบบน้ำเข้มข้นหรือน้ำ บนภาชนะที่บรรจุจะมีชื่อย่อ SC, WSC, SCW หรือ LC สารเคมีกำจัดแมลงแบบนี้ ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์และตัวทำละลายที่ผสมน้ำได้ ไม่มี emulsifier เวลาผสมน้ำแล้วจะไม่มีสีขาวขุ่น

4) แบบน้ำเข้มข้นแขวนลอยหรือน้ำข้น บนภาชนะที่บรรจุจะมีชื่อย่อ F หรือ FL สารเคมีจำกัดแมลงแบบนี้ทำได้โดยบดสารออกฤทธิ์กับพาหะ เช่น ผงดินขาวแล้วนำส่วนผสมที่ไม่ออกฤทธิ์ เช่น น้ำมาผสม มีลักษณะคล้ายกับสารเคมีกำจัดแมลงแบบผงผสมน้ำเวลาใช้นำมาใส่ น้ ำลงไปแล้วคนให้เข้ากัน สารเคมีกำจัดแมลงแบบนี้ใช้สะดวกและละลายน้ำได้ดีกว่าแบบผสมน้ำ

5) แบบผงละลายน้ำ บนภาชนะที่บรรจุจะมีชื่อย่อ WSP หรื SP สารเคมีกำจัดแมลง แบบนี้ผลิตออกมาในรูปเม็ดหรือเกล็ด สามารถละลายน้ำได้ทันที อาจเติมสารช่วยเกาะพื้นผิว สารเคมีกำจัดแมลงแบบนี้ละลายน้ำได้ง่ายและไม่ตกตะกอนแต่เมื่อเก็บไว้นาน ๆ จะดูดความชื้นมักจะจับตัวเป็นก้อนแข็ง

6) แบบผงฝุ่น บนภาชนะที่บรรจุจะมีชื่อย่อ D สารเคมีกำจัดแมลงแบบนี้ ผลิตโดยนำ สารออกฤทธิ์มาบดละเอียดแล้วผสมกับผงของสารไม่ออกฤทธิ์ เช่น ผงทัลค์และเบนโธไนท์ ซึ่ง

ส่วนผสมเหล่านี้จะทำให้เปอร์เซนต์ของสารออกฤทธิ์ลดลง สามารถใช้พ่นด้วยเครื่องพ่นผงได้ทันที มักใช้ในแหล่งที่ขาดน้ำ ข้อเสียเวลาใช้มีการฟุ้ง กระจาย

7) แบบเม็ด บนภาชนะที่บรรจุจะมีชื่อย่อ G สารเคมีกำจัดแมลงแบบนี้คล้ายกับแบบผงแต่มีขนาดใหญ่กว่า ส่วนประกอบได้แก่สารออกฤทธิ์และสารพาหะหรือสารที่ทำให้เจือจาง เช่น ทราย สารเคมีกำจัดแมลงแบบนี้ ใช้ได้ทันที โดยใช้ทางดินเท่านั้น ซึ่งจะออกฤทธิ์ซึมขึ้นไปทางระบบราก ห้ามนำไปละลายน้ำ เพราะนอกจากละลายยากแล้วยังมีอันตรายสูง

8) แบบยู แอล วี บนภาชนะที่บรรจุจะมีชื่อย่อ ULV สารเคมีกำจัดแมลงแบบนี้ ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ ผสมกับน้ำมันที่มีความหนืดและอัตราการระเหยต่ำเวลาใช้ต้องใช้กับเครื่องพ่น ยู แอส วี เท่านั้น (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2533)

ชนิดของสารเคมีกำจัดแมลง สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มคือ

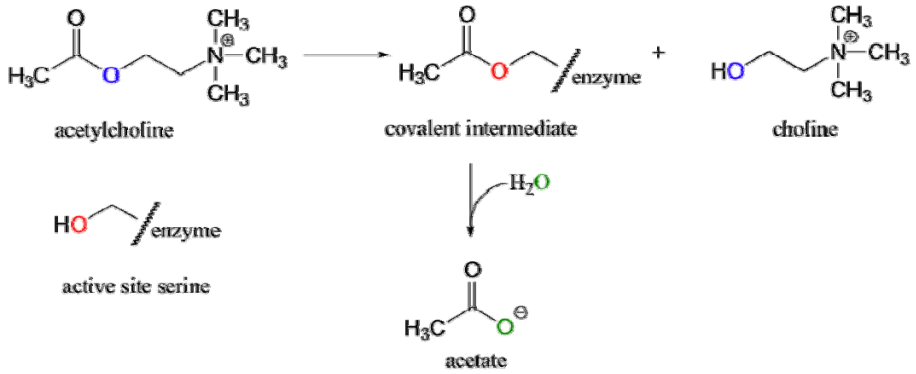
1) **กลุ่ม Organophosphate**

เป็นสารที่มีกรดฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ สามารถดูดซึมได้ดีจากการกิน หายใจ หรือสัมผัสผ่านผิวหนัง สลายตัวได้ง่ายภายใน 72 ชั่วโมง ก่อให้เกิดพิษในสัตว์มีกระดูกสันหลังมากกว่าสารกำจัดแมลงชนิดอื่น ออร์กาโนฟอสเฟตมีพิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (cholinesterase, ChE) อัตราการดูดซึมของสารมีผลต่อความรุนแรงของพิษที่จะเกิดขึ้น ตับนั้นสามารถสลายออร์กาโนฟอสเฟตได้และไม่สะสมในเนื้อเยื่อไขมัน แต่สามารถพบการสะสมในเนื้อเยื่อไขมันได้ในผู้ที่มีการสลายสารชนิดนี้ค่อนข้างช้า รวมถึงการเปลี่ยนรูปของสารโดยเอนไซม์ในตับทำให้ได้สารใหม่ที่มีความเป็นพิษมากขึ้น นอกจากนี้ ออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิดที่ละลายในไขมันได้ดี เช่น methyl-parathion จะทำให้มีการสะสมและก่อให้เกิดพิษได้เนื่องจากการขับออกจะทำได้ช้าลง (Garcia-Repetto et al., 1995)

โดยทั่วไปการส่งสัญญาณประสาท (nerve impulse) ของเซลล์ประสาทจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งจะต้องผ่านช่อง (synapse) ซึ่งต้องอาศัยตัวส่ง (neurotransmitter) คือ อะซีติลโคลีน (acetylcholine, Ach) โดย ACh จะพาสัญญาณข้ามช่องระหว่างเซลล์ประสาทมาจับยังตัวรับ (ACh receptor) ของเซลล์ประสาทถัดไป ซึ่งการจับนี้ ทำให้รูปร่างของ receptor เปลี่ยนไป กระตุ้นให้เกิดกระบวนการ depolarization และเกิดช่องประจุ (ion channel) ที่สามารถส่งสัญญาณประสาทต่อไปได้ เมื่อสัญญาณประสาทถูกส่งออกไปแล้ว กระบวนการ depolarization

จะต้องเปลี่ยนไปเป็น repolarization เพื่อให้ช่องประจุที่เกิดขึ้นถูกปิดดังเดิม กระบวนการนี้จะเกิดได้เมื่อ ACh หลุดออกจาก receptor โดยการทำให้ ACh หลุดออกได้จะต้องอาศัยเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรส (acetlcholinesterase, AChE) ปฏิกิริยาระหว่าง ACh และ AChE แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

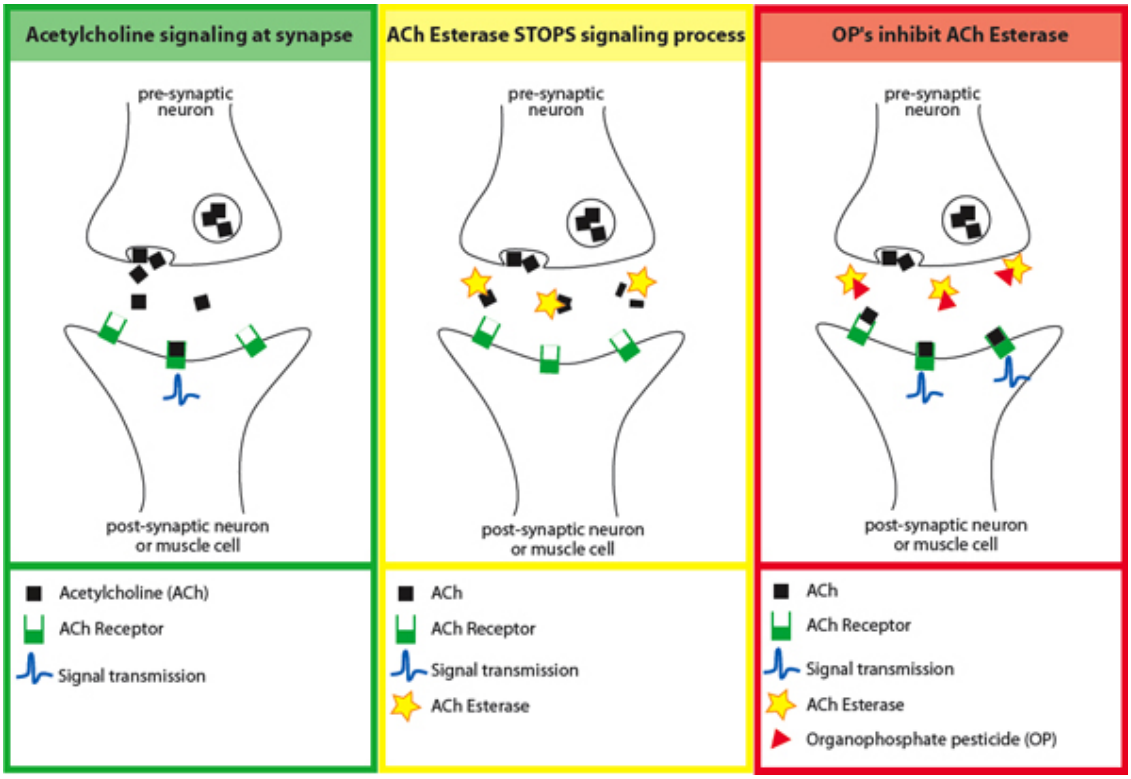
- ขั้นแรก เอนไซม์เข้าจับกับ ACh ได้ acetyl enzyme และ choline
- ขั้นที่สอง น้ำจะทำหน้าที่แยกโมเลกุลของ acetyl enzyme ได้กรดอะซีติก (acetic acid)และถ้าร่างกายไม่ได้รับสิ่งแปลกปลอมเข้าไป กระบวนการส่งสัญญาณประสาทของเซลล์ประสาทก็จะเป็นไปตามปกติ



ภาพที่ 2-1 แสดงปฏิกิริยาระหว่าง ACh และ AChE

ที่มา: http://chemwiki.ucdavis.edu/Organic_Chemistry.

กรณีที่ร่างกายได้รับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สารกลุ่มนี้จะเลียนแบบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับ ACh และมีการสร้างเอนไซม์ฟอสฟอริล (phosphoryl enzyme) ขึ้นมาแทน acetyl enzyme จากนั้นเอนไซม์ฟอสฟอริลจะถูกย่อยสลายเพื่อให้ได้เอนไซม์ AChE ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วในการย่อยสลาย พบว่าปฏิกิริยาที่เกิดกับเอนไซม์ฟอสฟอริลเกิดขึ้นช้ามาก ด้วยเหตุนี้ หากร่างกายได้รับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเข้าไปมากๆ ก็จะมีเอนไซม์ชนิดนี้สะสมอยู่มาก ในขณะที่มีเอนไซม์ AChE น้อยลง การที่มีเอนไซม์ AChE น้อยลงก็จะทำให้การสลาย ACh เกิดขึ้นน้อยลง ทำให้การส่งสัญญาณประสาทผิดปกติ สูญเสียความสามารถในการควบคุมสัญญาณต่างๆที่ส่งออกไป มีผลต่อกล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) หัวใจ และต่อมไร้ท่อ ทำให้เกิดอาการแน่นหน้าอก หายใจขัด เหงื่อแตก คลื่นไส้ อาเจียน ตะคริว และกลั้นปัสสาวะไม่อยู่ (มลิวรรณ บุญเสนอ, 2549)



ภาพที่ 2-2 แสดงการส่งสัญญาณประสาทในสภาวะปกติ และความผิดปกติของเอนไซม์ AChE ที่ถูกยับยั้งโดยสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ที่มา: http://depts.washington.edu/opchild/acute.html

อนุพันธ์ของออร์กาโนฟอสเฟตโดยทั่วไปแบ่งได้ 3 กลุ่ม (Ware and Whitacra, 2004) ดังนี้

1. Aliphatic derivative มีโครงสร้างของสายคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ตัวอย่างของอนุพันธ์กลุ่มนี้ เช่น malathion, trichlorofon และ dimethoate เป็นต้น

2 Phenyl derivative มีวงแหวน phenyl เป็นองค์ประกอบ ทำให้มีความคงตัวและสามารถตกค้างได้ยาวนานมากขึ้น ตัวอย่างของอนุพันธ์กลุ่มนี้ เช่น parathion, methyl parathion และ fenthion เป็นต้น

3 Heterocyclic derivative มีโครงสร้างของวงแหวนที่ประกอบด้วยหลายธาตุ เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ เป็นต้น ตัวอย่างของอนุพันธ์กลุ่มนี้ เช่น azinphos-methyl, azinphos-ethyl และ chlopyrifos เป็นต้น

2) **กลุ่ม Carbamate**

เป็นอนุพันธ์ของ carbamic acid สารกำจัดแมลงกลุ่มนี้นิยมใช้กันมากเพราะสามารถกำจัดแมลงได้หลากหลาย สลายตัวในสิ่งแวดล้อมโดยใช้เวลาหลายสัปดาห์หรือหลายเดือน ตัวอย่างของ carbamate เช่น carbaryl, methiocarb และ carbosulfan เป็นต้น กลไกการเกิดพิษคล้ายกับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส แต่เป็นการยับยั้งแบบชั่วคราว (reversible cholinesterase inhibition) โดยในกรณีนี้จะพบว่าการแตกตัวของเอนไซม์คาร์บามิล (carbaryl enzyme) เกิดช้ามากเมื่อเทียบกับการแตกตัวของเอนไซม์อะซีติล (acetyl enzyme) ทำให้ร่างกายขาดเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรส (acetylcholinesterase, AChE) ที่จะไปย่อยสลายอะซีติลโคลีน (acetylcholine, ACh) และเกิดอาการต่างๆ เช่นเดียวกับในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (มลิวรรณ บุญเสนอ, 2549)

3) **กลุ่ม Organochlorine**

มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และคลอรีน เป็นพิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง โดยรบกวนการทำงานของ sodium channel และเหนี่ยวนำการสร้างเอนไซม์ที่ตับเพิ่มมากขึ้น (พาลาภ สิงหเสนี, 2535; Hunter et al., 1972) ออร์กาโนคลอรีนสามารถแบ่งได้หลายกลุ่ม (Ware and Whitacre, 2004) ดังนี้

3.1 Diphenyl aliphatics ประกอบด้วยวงแหวนของ phenyl 2 วง ตัวอย่าง เช่น chlorobenzilate, dichlorodiphenyldichloroethane (DDD) และ dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) เป็นต้น โดยสาร DDT มีการนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1940 เพื่อกำจัดแมลง ควบคุมมาลาเรีย และไข้เหลือง สาร DDT จะก่อให้เกิดพิษโดยทำลายความสมดุลของ sodium และ potassium ion ภายใน axons ของเซลล์ประสาททำให้เกิดความผิดปกติในการส่งกระแสประสาททั้งในแมลงและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

3.2 Hexachlorocyclohexane (HCH) หรือ เรียกว่า benzenehexachloride (BHC) มีวงแหวน benzene ที่มีคลอไรด์ 6 โมเลกุล เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีหลาย isomers แต่พบว่ามีเพียง gamma isomer เท่านั้นที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลง ตัวอย่าง เช่น lindane เป็นต้น

3.3 Cyclodinene ถูกนำมาใช้กำจัดแมลงที่อาศัยอยู่ตามพื้นดิน เช่น ปลวก และไข่ของแมลงอื่นๆ สารนี้จะมีความเป็นพิษมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น มีพิษ

ต่อระบบประสาทโดยจะไปยับยั้ง GABA (gamma amino butyric acid) receptor และป้องกันไม่ให้ chloride ion ไหลผ่านเข้าไปในเซลล์ประสาท ตัวอย่างของสารกลุ่ม cyclodinene เช่น chlordane, aldrin และ heptachlor เป็นต้น

4) กลุ่ม Pyrethrum และสารสังเคราะห์ Pyrethroides

เป็นสารกำจัดแมลงที่มีความคล้ายคลึงกับสาร pyrethrum หรือ pyrethrin ซึ่งสกัดได้จากพืชตระกูลเดียวกับดอกเบญจมาศ แต่มีความเสถียรกว่าและมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดีกว่า ละลายในไขมันได้ดี สลายตัวเร็วภายใน 1 - 2 วัน การออกฤทธิ์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เป็น alcohol ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ Type 1 และ Type 2 pyrethriod โดย Type 1 มี descyano-3-phenoxybenzyl หรือ alcohol กลุ่มอื่นๆ เป็นองค์ประกอบ ส่วน Type 2 pyrethroid ประกอบไปด้วยหมู่ alpha-cyano-3-phenoxybenzyl alcohol จึงมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดีกว่า Type 1 (Bloomquist, 1993) สาร pyrethriod มีพิษต่อระบบประสาทโดยออกฤทธิ์ต่อ sodium channel ทำให้เป็นอัมพาต มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยรบกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบสืบพันธุ์ และเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งเต้านม นอกจากนี้ในสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่ม pyrethroid ยังพบสาร xenoestrogen ซึ่งจะเพิ่มระดับ estrogen ในร่างกายให้สูงขึ้น (Garey et al., 1998) ตัวอย่างสารในกลุ่ม pyrethriod เช่น deltamethrin, fenvalerate และ permethrin เป็นต้น

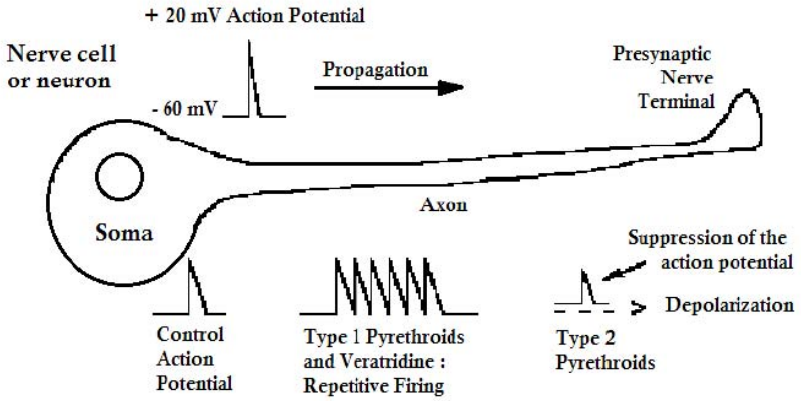
กลไกการออกฤทธิ์ของสารกำจัดแมลง

มีกลไกออกฤทธิ์หลายรูปแบบ (Bloomquist, 1996) ดังนี้

1. ออกฤทธิ์บริเวณ voltage-dependent sodium channel

สารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ มีกลไกป้องกันการปิดของ sodium channel โดยการออกฤทธิ์จะแบ่งเป็น 2 ชนิด ตามองค์ประกอบที่เป็นแอลกอฮอล์ คือ type 1 pyrethroid และ type 2 pyrethroid ซึ่ง type 1 pyrethroid จะเหนี่ยวนำให้ระบบประสาทรับความรู้สึก ระบบประสาทสั่งการ และระบประสาทส่วนกลางเกิด multiple spike discharges สามารถยืดระยะเวลาการปิดของ sodium channel ได้นาน 10-100 มิลลิวินาที ส่วน type 2 pyrethroid จะลดการเกิด depolarization บริเวณเยื่อหุ้มของ axon ทำให้ action potential มี amplitude ลดลง ส่งผลให้

สูญเสียความไวต่อกระแสไฟฟ้าของเซลล์ประสาท (electrical excitability) สามารถยืดระยะเวลาการปิดของ sodium channel ได้ถึง 1 นาทีหรือนานกว่านั้น



ภาพที่ 2-3 แสดงกลไกการออกฤทธิ์ของสารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ต่อ voltage-dependent sodium channel

ที่มา: Bloomquist (1993)

2. ออกฤทธิ์บริเวณ calcium channel

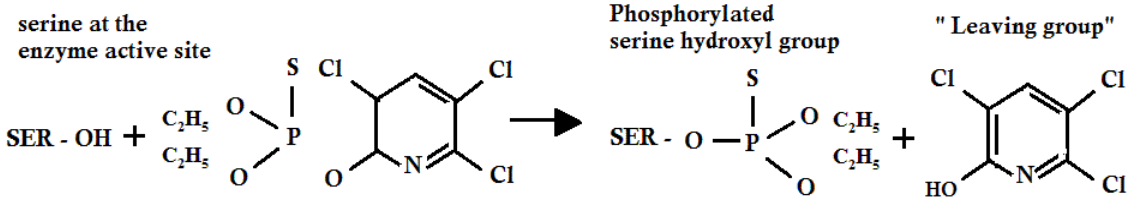
ในสภาวะปกติ การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันเรียงตามลำดับ เริ่มจากการเหนี่ยวนำ action potential ในปลายประสาทสั่งการ เกิด depolarization กระตุ้นการเปิด calcium channel จึงทำให้มีการไหลของ calcium ion เข้าสู่เซลล์ จากนั้นจึงมีการหลั่ง glutamate ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท แพร่ออกสู่ synaptic cleft จับกับ receptor ของเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้ sodium และ calcium ion ไหลเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อ เกิด depolarization ส่งผลให้ sarcoplasmic reticulum หลั่ง calcium ion ที่สะสมอยู่ภายในออกมาจับกับเส้นใยโปรตีน เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ สารกำจัดแมลงกลุ่ม ryanodine มีกลไกกระตุ้น calcium channel ของ sarcoplasmic reticulum แบบถาวร ทำให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวต่อเนื่องตลอดเวลา เกิดอัมพาตในแมลงและสัตว์มีกระดูกสันหลังได้

3. เลียนแบบการทำงานของ acetylcholine (ACh)

ACh เป็นสารสื่อประสาทที่สำคัญในระบบประสาทส่วนกลาง ในสภาวะปกติ เมื่อมีการหลั่ง ACh จาก presynaptic cell และจับกับ nicotinic ACh receptor ที่บริเวณ postsynaptic cell กระตุ้นให้มีการไหลของ sodium และ calcium ion เข้าสู่เซลล์ เกิด depolarization สาร nicotin จะออกฤทธิ์เลียนแบบการทำงานของ ACh โดยจับกับ nicotinic ACh receptor ซึ่งจับได้คงทนกว่า ACh ทำให้มีการกระตุ้นระบบประสาท cholinergic ต่อเนื่องตลอดเวลา กล้ามเนื้อของแมลงชักกระตุก เป็นอัมพาต และตายในที่สุด

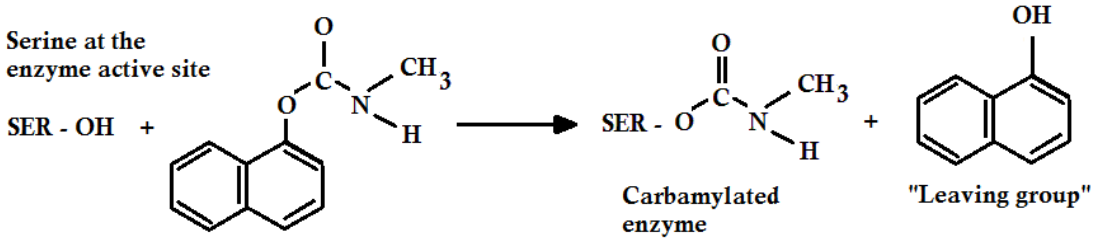
4. ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase (AChE)

สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต มีกลไกยับยั้งการทำงานเอนไซม์ AChE โดยการเกิด phosphorylation หรือ carbamylation ที่หมู่ hydroxyl และเติม OH (hydroxylation) ให้กับหมู่ leaving group จากกระบวนการนี้ทำให้เอนไซม์ AChE ไม่สามารถสลาย ACh ได้ ความเข้มข้นของ ACh ใน synaptic cleft จึงเพิ่มสูงขึ้น เกิดการกระตุ้นระบบประสาท cholinergic ที่มากเกินไป ส่งผลให้มีอาการสั่น ชักกระตุก และเป็นอัมพาต



ภาพที่ 2-4 แสดงกลไกการยับยั้งเอนไซม์ AChE ของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ที่มา: Bloomquist (1993)



ภาพที่ 2-5 แสดงกลไกการยับยั้งเอนไซม์ AChE ของสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต

ที่มา: Bloomquist (1993)

5. เลียนแบบการทำงานของ octopamine (OA)

OA เป็นตัวที่ช่วยเพิ่มระดับของ secondary messenger เช่น cyclic adenosine monophosphate (cAMP) ซึ่ง cAMP จะเป็นตัวเริ่มกระบวนการตอบสนองของเซลล์ประสาท สาร amidine ออกฤทธิ์เลียนแบบการทำงานของสารสื่อประสาท ทำให้เกิดการกระตุ้นของ octopaminergic synapse ที่มากเกินไป เกิดอาการสั่น และชักกระตุกได้

6. ออกฤทธิ์บริเวณ chloride channel

ในสภาวะปกติ หลังจากมีการถ่ายทอดสัญญาณประสาทผ่าน synaptic cleft และเกิด depolarization ที่ postsynaptic cell ร่างกายจะมีกลไกที่ช่วยลดการตอบสนองของเซลล์ประสาทที่มากเกินไป โดยอาศัยโมเลกุลของ GABA ซึ่งจะจับกับ GABA receptor ทำให้มีการเปิดของ chloride channel สารกำจัดแมลงบางชนิด เช่น dieldrin ยับยั้ง GABA receptor ทำให้ยืดระยะเวลาการปิดของ chloride channel ส่งผลให้เซลล์ประสาทมีการตอบสนองที่มากเกินไป และทำให้กล้ามเนื้อของแมลงมีการหดเกร็งอย่างรุนแรง (Leblanc, 2005)

7. รบกวนกระบวนการเผาผลาญอาหาร หรือกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism)

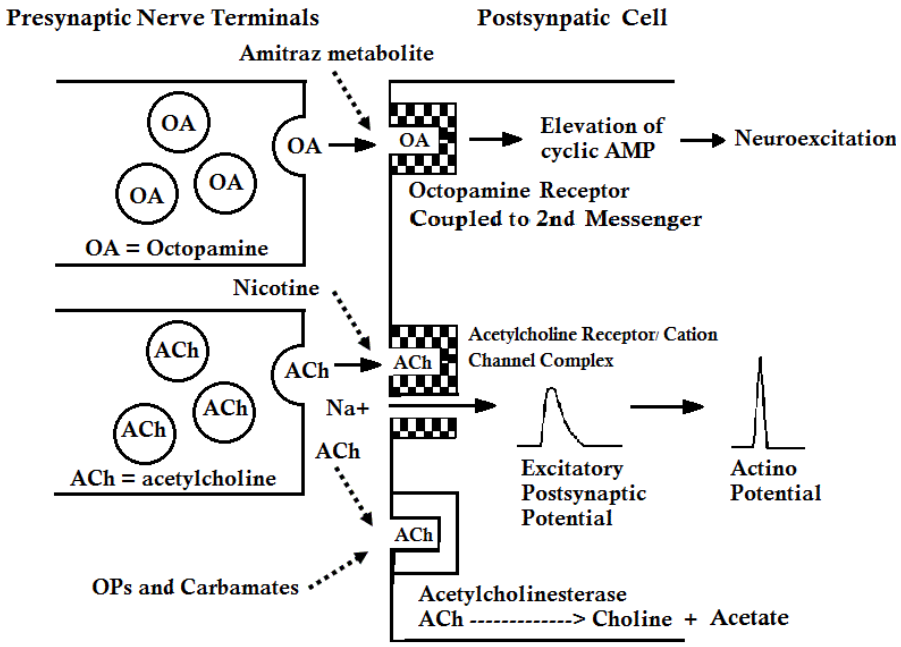
ในสภาวะปกติ ในกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน จะมีกลุ่มโครงสร้างของเอนไซม์ภายในไมโตคอนเดรีย 3 ชนิด ที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนจาก NADH หรือ $FADH_2$ ได้แก่ NADH-Q reductase complex, QH_2-cytochrome c reductase complex และ cytochrome c oxidase complex สารกำจัดแมลงกลุ่ม rotenone จะออกฤทธิ์รบกวนกระบวนการเมแทบอลิซึม โดยจับกับโครงสร้างเหล่านี้ ทำให้ยับยั้งการไหลผ่านของอิเล็กตรอน จึงไม่เกิดการสร้าง ATP ส่งผลให้มีอาการเฉื่อยชา เป็นอัมพาต และตายได้ในที่สุด

8. ควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง

diflubenzuron ขัดขวางกระบวนการสร้าง N-acetylglucosamine หรือไคติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของชั้น cuticle ของแมลง ส่งผลให้ชั้น cuticle บางลงและเปราะง่าย จึงทำให้แมลงไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศในระหว่างการลอกคราบได้ azadirachtin ยับยั้งการสังเคราะห์ฮอร์โมน ecdysone ที่ควบคุมการลอกคราบของแมลง methoprene และ fenoxycarb ยังเลียนแบบการทำงานของ juvenile hormones ที่ควบคุมกระบวนการลอกคราบและการทำงานของระบบสืบพันธุ์ (Ware and Whitacre, 2004)

9. เกิดพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน (immune toxicity)

สารกำจัดแมลงทำให้มีการสร้างอนุมูลอิสระ superoxide และ hydrogen peroxide ซึ่งส่งผลให้เกิดพิษต่อเซลล์ และนำไปสู่การตายของเซลล์ทั้งแบบ apoptosis และ necrosis (Olgun, 2004)



ภาพที่ 2-6 แสดงกลไกการออกฤทธิ์ของสารกำจัดแมลงชนิดต่างๆ

ที่มา: Bloomquist (1993)

ประเภทของการออกฤทธิ์

1. สารกำจัดแมลงกลุ่ม Organophosphate จะรวมตัวกับเอนไซม์ อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรสอย่างถาวร(irreversible) ทำให้เกิดการสะสมของอะเซทิลโคลีนที่บริเวณต่างๆ ได้แก่ sympathetic ganglion, para sympathetic ganglion, บริเวณที่ติดต่อระหว่างประสามและกล้ามเนื้อ (neuromuscular junction) ตามปกติเมื่ออะเซทิลโคลิน ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งที่ออกฤทธิ์ตรงบริเวณซินแนปส์ หรือที่ปลายประสาท แล้วจะถูกทำลายด้วยเอนไซม์ โคลีนเอสเทอเรส แต่การรวมตัวระหว่างฟอสเฟตอินทรีย์ ในสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสอย่างถาวร จะทำลายฤทธิ์เอนไซม์นี้ ทำให้เกิดการคั่งของปริมาณของอะเซทิลโคลีนมากมาย ที่บริเวณ

ซินแนปส์ หรือปลายเซลล์ประสาท จึงเพิ่มการเกิด Depolarization ของ Postsynaptic membrane อยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการกระตุ้นเซลล์ประสาทอย่างมากมาย และติดต่อกันเรื่อยไป โดยเฉพาะในระบบพาราซิมพาเตติก และระบบที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย กล้ามเนื้อจะกระตุกสั่นจนเกิดอาการเกร็ง แต่หากความเข้มข้นของอะเซทิลโคลินเพิ่มมากเกินไป จะทำให้เกิดฤทธิ์ตรงข้าม คือ เกิดอาการอ่อนเพลียมาก จนอัมพาตทั้งประสาทและกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อลายจะได้รับผลกระทบจากพิษมากกว่ากล้ามเนื้อเรียบ

2. สารกำจัดแมลงกลุ่ม Carbamate มีสูตรโครงสร้างที่มีไนโตรเจนประกอบ และมีลักษณะโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ดังนั้นกลไกการออกฤทธิ์ และพิษจึงคล้ายคลึงกับสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต แต่มีข้อแตกต่างกันดังนี้

การเกิดพิษเนื่องจากการดูดซึมผ่านผิวหนังของสารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต จะน้อยกว่ามาก แต่ก็ใช้หลักการเดียวกัน สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรสแบบถาวร ส่วนกลุ่มคาร์บาเมตยับยั้งไม่ถาวร ดังนั้น อาการของโรคที่เกิดจากกลุ่มคาร์บาเมตจะรุนแรงน้อยกว่า และมีระยะเวลาสั้นกว่า สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตผ่านระบบประสาทส่วนกลางได้ดี ส่วนกลุ่มคาร์บาเมตไม่ผ่าน ดังนั้นจึงไม่พบอาการทางสมอง เช่น ชัก หรือ โคม่า

3. สารกำจัดแมลงกลุ่ม Organochlorine จะทำให้เกิดการกระตุ้น ให้โซเดียมไหลเข้าเซลล์ได้มากกว่าปกติ ทำให้เกิดการกระตุ้นกล้ามเนื้อหรือส่วนต่างๆขึ้น ส่วนสารในกลุ่มไซโคลไดอีนส์ และกลุ่มเฮ็กซาคลอไรด์ไซโคลเฮกเซน จะออกฤทธิ์แรงกว่าสารในกลุ่ม ดีดีที โดยจะออกฤทธิ์ยับยั้งสารสื่อประเภท GABA ทำให้สมองถูกกระตุ้นมากขึ้นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน(Organochlorine Insecticides) สารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรัมและกลุ่มสารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ส(Pyrethrum and Pyrethroides)

4. สารกำจัดแมลงกลุ่ม Pyrethrum และสารสังเคราะห์ Pyrethroides มีกลไกออกฤทธิ์เช่นเดียวกับสารพวกออร์กาโนคลอรีน แต่ฤทธิ์น้อยกว่า มักใช้สารกำจัดแมลงกลุ่มนี้ เพื่อกำจัดแมลงในบ้านเรือน เพราะออกฤทธิ์ให้เกิดอัมพาตในแมลงอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่มีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมค่อนข้างต่ำ (องค์การอาหารและยา, 2559)

ช่องทางการรับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกาย

1. ทางปาก ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการทำงานที่ไม่ปลอดภัย การดื่มหรือรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนโดยไม่ตั้งใจ สารเคมีจะเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารไปยังกระเพาะอาหาร และขับออกทางอุจจาระหรือปัสสาวะ หากมีการดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต อาจเกิดการสะสมในเนื้อเยื่อตับ เนื้อเยื่อไขมันของตับ ไต หรือในสมองได้

2. ทางการหายใจ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของฝุ่นผง หรือละอองของสารละลาย (สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ผสมกับน้ำหรือน้ำยาอื่นๆ)

3. ทางผิวหนัง เป็นทางที่สารเคมีสามารถเข้าสู่ร่างกายได้มากที่สุด โดยสารเคมีจะซึมผ่านทางผิวหนัง โดยการสัมผัสสารเคมีในขณะผสม ฉีดพ่น หรือล้างอุปกรณ์ ละอองสารเคมีที่ยิ่งละลายในไขมันได้ดีจะสามารถซึมผ่านได้ง่าย (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2553)

อาการพิษจากสารกำจัดแมลง

อาการที่เกิดจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ อาการเกิดเฉียบพลันและอาการที่เกิดพิษหลังจากได้รับสารไปช่วงหนึ่งแล้ว โดยทั้งนี้ การที่จะเกิดพิษแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณที่ได้รับ ช่องทางการรับสัมผัส ปริมาณที่ตกค้างสะสมอยู่ในร่างกาย และระบบประสาทส่วนที่ออกฤทธิ์ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2552)

1. อาการเฉียบพลัน

1.1 อาการพิษแบบมัสคารินิค (muscarinic signs and symptoms) จุดรับสัมผัสมัสคารินิค (muscarinic receptor) สำหรับ acetylcholine มักพบที่กล้ามเนื้อเรียบ หัวใจ และต่อมมีท่อต่างๆ อาการที่เกิดขึ้นในระยะแรก คือ เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน น้ำตาไหล เหงื่อออก ม่านตาหดตัว ถ่ายอุจจาระและกลั้นปัสสาวะไม่อยู่ มีการเกร็งหลอดลม หลอดลมมีเมือกและเสมหะมาก เป็นต้น

1.2 อาการพิษแบบนิโคตินิค (nicotinic signs and syptomps) เกิดขึ้นเนื่องจากมีการสะสมของ acetylcholine ที่ปลายประสาทมอเตอร์และซินแนปส์ของระบบประสาทอัตโนมัติ อาการที่เกิดขึ้น คือ กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นมากกว่าปกติ กล้ามเนื้อที่บริเวณใบหน้า หนังตา ลิ้นกระตุก ถ้าอาการรุนแรงขึ้นจะมีการกระตุกทั่วร่างกาย ต่อมาจึงมีอาการอ่อนเพลียตามกล้ามเนื้อทั่วไป และเป็นอัมพาตในที่สุด

1.3 อาการทางสมองจากความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง จะมีอาการมึนงง ปวดศีรษะ กระสับกระส่าย ตื่นตกใจง่าย อารมณ์พุ่งพล่าน ถ้ามีอาการมากอาจชักหมดสติไปจนถึงเสียชีวิตได้จากระบบหายใจล้มเหลว ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการที่มีภาวะหลอดลมตีบตัน กล้ามเนื้อระบบหายใจเป็นอัมพาต และศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองหยุดทำงาน ในรายที่อาการไม่รุนแรง จะมีอาการดีขึ้นใน 2-3 วัน แต่จะอ่อนเพลีย ไม่มีแรงเป็นเวลานาน

2. อาการพิษหลังจากช่วงเวลาหนึ่ง

อาการเป็นพิษทางระบบประสาท ที่เป็น delayed neurotoxic effects จะเริ่มเกิดจากปลายประสาทที่ขาก่อน จะมีอาการโซเซ สูญเสียการรับความรู้สึก อ่อนเพลียตามกล้ามเนื้อ และถึงจะเริ่มลามไปตามแขน โดยในทางพยาธิวิทยาจะพบการทำลายเซลล์ axon ตามด้วย myelin เข้าใจว่าการทำลายดังกล่าวเกิดจากการรบกวนกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ประสาทในไขสันหลัง การขาดการสังเคราะห์สารบางชนิด จึงทำให้ปลายประสาท axon ซึ่งอยู่ไกลมากเกิดอันตรายก่อน กระบวนการนี้เรียกว่า dying back หลังจากเกิดอาการพิษนี้ประมาณ 2-3 วัน ถึง 2 อาทิตย์ อาการจะดีขึ้นอย่างช้าๆ นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับการเกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง ซึ่งเชื่อว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้เช่นกัน ซึ่งอาการเหล่านี้จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และไม่ปรากฏให้เห็นเด่นชัด

2.2 เอนไซม์โคลินเอสเตอเรส (Cholineasterase)

เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่ในการสลายสาร Acetylcholine (ACh) ซึ่งเป็นสารตัวกลางในการส่งกระแสประสาท (nerve impulses) ของ pregamglionic automatic fibers, postganglionic parasympathetic fibers และ postganglionic sympathetic fibers บางชนิด โดยเส้นประสาทเหล่านี้จะส่งกระแสประสาทไปยังหัวใจ ม่านตา ต่อมน้ำลาย กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก กระเพาะปัสสาวะ bronchial glands, sweat glands รวมทั้งอวัยวะ และเนื้อเยื่ออื่นๆ ในร่างกาย นอกจากนั้น ACh ยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งกระแสประสาทที่ neuromuscular junction และที่ synapse ต่างๆ ของระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) โดยทั่วไปในร่างกายมนุษย์จะพบเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส 2 ประเภท คือ

1. Acetylcholinesterase (true cholinesterase, AChE) เอนไซม์ชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นมาพร้อมๆกับการสร้างเม็ดเลือดแดง เป็นเอนไซม์ที่จับอยู่บนบริเวณผิวของบริเวณรอยต่อ (synaptic cleft) ของปลายประสาท cholinergic synapse มีความจำเพาะเจาะจงในการทำหน้าที่สลาย ACh ที่หลั่งออกมาจากปลายประสาท สามารถพบได้ในเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์ประสาท และ neuromuscular junctions

2. Butyrylcholinesterase (pseudo-cholinesterase, BChE) เป็นเอ็นไซม์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยเซลล์ตับ พบได้ทั่วไปในร่างกาย เช่น ตับ สมอง ผิวหนัง กล้ามเนื้อเรียบของทางเดินอาหาร และพลาสมา เป็นต้น มีหน้าที่สลาย ACh แต่มีความจำเพาะเจาะจงน้อยกว่า AChE นอกจากนี้ยังทำหน้าที่สลายสาร esters อื่นๆ เช่น benzoylcholine, procaine, succinylcholine และ propanidid เป็นต้น (ศิรินุช ชีวันพิศาลนุกูล, 2553)

ลักษณะของโครงสร้างเอนไซม์ ประกอบด้วย active site สองแห่ง คือ anionic site ซึ่งเป็นส่วนของกรดอะมิโนกลูตาเมต (glutamate) และ esteratic site (serine-OH group) ขั้นตอนการ hydrolyze ACh คือ หลังจากการจับระหว่าง ACh และ ChE ที่ active sites ทั้งสองแห่ง แล้วได้เป็น complex การ hydrolysis ในขั้นแรกจะเกิดการแยกส่วน choline ออกจาก complex และส่วนที่เหลือคือ acetyl group ของ ACh ที่ยังคงจับกับ esteratic site ของเอนไซม์ Complex ส่วนที่เหลือนี้เรียกว่า acetylated enzyme ซึ่งจะถูก hydrolyze ต่ออย่างรวดเร็วได้เป็น acetate และ ChE ที่สามารถกลับทำหน้าที่ใหม่ได้อีกครั้ง ส่วน choline ที่ได้ จะถูกนำกลับเข้าสู่ปลายประสาทเพื่อกลับไปสังเคราะห์ ACh ใหม่ (ธวัชชัย แต้โสตถิกุล, 2558)

2.3 การตรวจทางโลหิตวิทยา (RBC indicies)

การตรวจทางโลหิตวิทยา (Complete Blood Count, CBC) แปลว่าการตรวจนับเม็ดเลือด เป็นการตรวจพื้นฐานที่แพทย์ส่งตรวจ และสามารถใช้ตรวจดูผลกระทบของการได้รับสารพิษตกค้างสะสมในร่างกายจากการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดในกระแสเลือดได้ โดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจ CBC มีดังนี้

1. Hb ย่อมาจาก hemoglobin แปลว่าจำนวนโมเลกุลของตัวพาออกซิเจนในเลือด ซึ่งฮีโมโกลบินอยู่ในเม็ดเลือดแดง ค่านี้จึงเป็นตัวบอกความสามารถในการขนส่งออกซิเจนของเม็ดเลือดแดง มีค่าปกติประมาณ 12 – 17 gm% คนที่เป็นโลหิตจางจะมีฮีโมโกลบินต่ำ

2. Hct ย่อมาจาก hematocrit ซึ่งแปลว่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงที่แยกเอาน้ำเลือดหรือซีรั่มออกไปแล้ว ค่านี้เป็นตัวบอกถึงปริมาณเม็ดเลือดแดงในเชิงปริมาตรของเม็ดเลือด มีค่าปกติประมาณ 40 - 50% ของเลือดทั้งหมด ใช้ยืนยันภาวะโลหิตจางระดับเล็กน้อย

3. WBC ย่อมาจาก white blood count แปลว่าผลการนับจำนวนเม็ดเลือดขาว ค่าปกติประมาณ 4,500 - 10,000 เซลล์ต่อหนึ่งลูกบาศก์มิลลิเมตร หากค่าขึ้นสูงอาจแปลผลได้ว่ามีการติดเชื้อ โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย

3.1 นิวโทรฟิล (Neutrophils) มีหน้าที่ทำลายเชื้อแบคทีเรีย ถ้าร่างกายมีการติดเชื้อแบคทีเรีย หรือได้รับบาดเจ็บ จะทำให้นิวโทรฟิลสูงขึ้น ค่าปกติ ประมาณ 50-60%

3.2 ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) หรือเม็ดน้ำเหลือง มีหน้าที่สร้างภูมิคุ้มกันโรคให้กับร่างกาย ต่อสู้ การติดเชื้อแบคทีเรียเรื้อรังและการติดเชื้อไวรัสเฉียบพลัน

3.3 โมโนไซต์ (Monocyte) มีหน้าที่ต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย หรือเชื้อโรคทีขนาดใหญ่ซึ่งเม็ดเลือด ขาวชนิดอื่นทำลายไม่ได้ และสามารถสร้างภูมิคุ้มกันโรคได้ด้วย

3.4 อีโอซิโนฟิล (Eosinophils) มีหน้าที่ทำลายสารพิษที่ทำให้เกิดอาการแพ้สารของร่างกาย เช โปรตีน ฝุ่นละออง เกสรดอกไม้ เป็นต้น และยังช่วยทำให้เลือดคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ตลอดเวลาไม่แข็งตัว

3.5 เบโซฟิล (Basophils) มีหน้าที่สร้างสารเฮปาริน (Heparin) ซึ่งเป็นสารป้องกันมิให้เลือดใน ร่างกายแข็งตัว และ สร้างฮีสตามิน (Histamine) ช่วยขยายผนังของหลอดเลือด จะพบมีค่าสูงในภาวะภูมิ ต้านทานมีความไวต่อสิ่งกระตุ้น

4. RBC ย่อมาจาก red blood cell แปลว่าจำนวนเม็ดเลือดแดง ซึ่งนับเป็นล้านเซลล์ต่อหน่วยไมโครลิตร มีค่าปกติประมาณ 4.6 - 6 ล้านเซลล์ต่อไมโครลิตร ใช้วินิจฉัยหาสาเหตุความผิดปกติของเม็ดเลือดแดง และภาวะโลหิตจาง

5. MCV ย่อมาจาก mean corpuscular volume แปลว่าปริมาตรเฉลี่ยของเม็ดเลือดแดงหนึ่งเซลล์ ค่านี้สามารถบอกได้ว่าเม็ดเลือดแดงมีขนาดใหญ่หรือเล็ก ค่าปกติจะมีขนาดประมาณ 80 - 100 เฟมโตลิตร (fl)

6. MCH ย่อมาจาก mean corpuscular hemoglobin แปลว่าน้ำหนักเฉลี่ยของฮีโมโกลบินค่าปกติประมาณ 27 - 31 พิโคกรัม (pg)

7. MCHC ย่อมาจาก mean corpuscular hemoglobin concentration แปลว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงหนึ่งเซลล์ หรือสัดส่วนของฮีโมโกลบินต่อปริมาตรเม็ดเลือด ค่านี้จะช่วยบอกว่าฮีโมโกลบินน้อยจากขนาดของเม็ดเลือดแดงเล็กเพียงอย่างเดียวหรือมีสาเหตุอื่นร่วมด้วย เช่น การขาดธาตุเหล็ก เป็นต้น มีค่าปกติประมาณ 32 - 36 %

8. RDW ย่อมาจาก red cell distribution width แปลว่าค่าความแปรปรวนของขนาดเม็ดเลือดแดง (SD) ค่านี้เป็นตัวบอกว่าเม็ดเลือดแดงมีรูปร่างผิดปกติ หรือขนาดเล็กใหญ่แตกต่างกัน มีค่าปกติประมาณ 11.5 - 14.5%

9. Platelet count แปลว่าผลการนับจำนวนเกล็ดเลือด ซึ่งมีหน้าที่ช่วยในกระบวนการแข็งตัวของเลือด มีค่าปกติประมาณ 140,000 - 400,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร การรายงานอาจจะรายงานเป็นจำนวน cell/ml จากการนับ หรือ จากการประมาณด้วย สายตาเวลาดูสไลด์ที่ย้อมดูเม็ดเลือด แล้วประเมินปริมาณคร่าวออกมาดังนี้

9.1 Adequate หรือเพียงพอ หรือพอดี หรือปกติ

9.2 Decrease หรือ ลดลงกว่าปกติ หรือต่ำกว่าปกติ มักจะพบในผู้ติดเชื้อพวกไวรัส

9.3 Increase พบได้ในบางภาวะเช่นมีการอักเสบรุนแรง มีเนื้องอกบางชนิดในร่างกายหรือ มีการเลือดฉับพลัน จะมีการกระตุ้นให้ไขกระดูกเร่งสร้างเกล็ดเพื่อไปช่วยทำให้เลือดหยุดและอุดบาดแผล

10. RBC morphology เป็นการตรวจดูลักษณะรูปร่างของเม็ดเลือดแดง เช่น ความผิดปกติด้านขนาด และระดับฮีโมโกลบิน (ทนพ. สิงห์คำ)

ในกลุ่มเกษตรกรผู้ที่ได้รับสารพิษจากยาฆ่าแมลงสะสมเป็นระยะเวลานาน จะมีผลการตรวจทางโลหิตวิทยา พบเป็น ค่า MCV ต่ำลง ส่วนจำนวนเม็ดเลือดแดง, ฮีโมโกลบิน, Hct และ MCHC มีค่าสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม แม้ผลที่ได้อาจยังไม่ชัดเจน แต่ก็สามารถนำไปใช้เพื่อตรวจประจำวันเพื่อดูผลกระทบจากการได้รับสารพิษในยาฆ่าแมลงจากการประกอบอาชีพได้ (Joshaghani et al., 2007)

2.4 บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

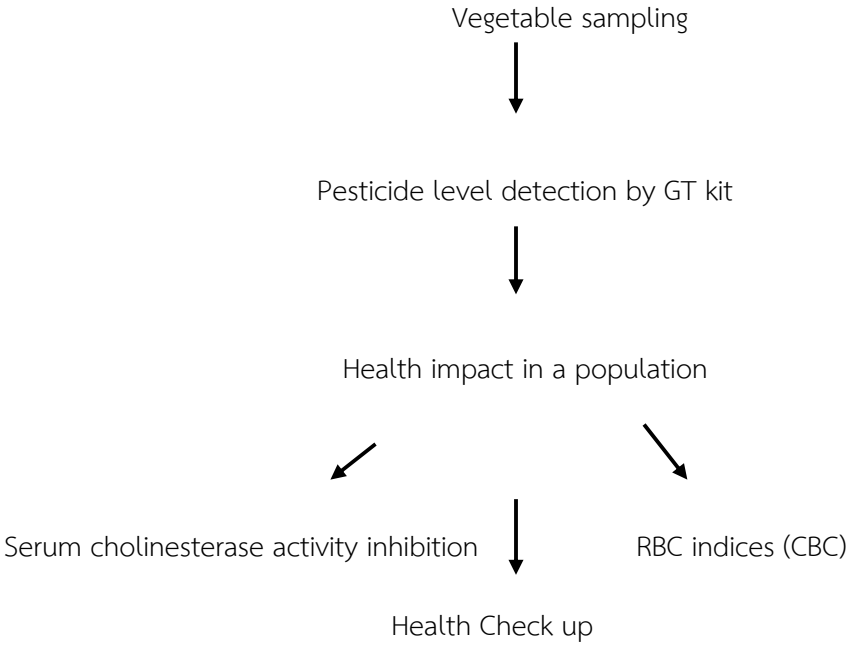
ในประเทศไทยนั้นมีการศึกษาปริมาณสารพิษที่ตกค้างในผักทั้งจากตลาดสดและห้างสรรพสินค้าซึ่งงานวิจัยของพัชรี ภคกษมา และคณะ ทำการศึกษาการตกค้างของสารกลุ่ม organophosphate และ carbamate ในจังหวัดสมุทรปราการพบว่า จากการใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค ทดสอบผัก 5 ชนิดจากทั้งตลาดสดและห้างสรรพสินค้า พบปริมาณสารพิษอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 86.22 ซึ่งในบรรดาผักที่นำมาทดสอบทั้งหมด แตงกวาและมะเขือเปราะมีปริมาณสารพิษตกค้างมากที่สุด (พัชรี, 2559) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของชุติภัสร์ เรืองวุฒและคณะที่ศึกษายาฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักในจังหวัดอุบลราชธานีโดยใช้ชุดทดสอบยาฆ่าแมลง GT ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขตรวจสอบผัก 10 ชนิดพบว่ามีสารพิษตกค้างในระดับปลอดภัยร้อยละ 34.40 และในระดับที่ไม่ปลอดภัยร้อยละ 15.50 ซึ่งผักที่พบว่ามีสารตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยมากที่สุดคือ พริก (ชุติภัสร์, 2554) นอกจากผักที่ขายตามตลาดสดและห้างสรรพสินค้าแล้วยังมีการศึกษาผักที่นำเข้าจากต่างประเทศโดยงานวิจัยของ อมรินทร์ นันทวิทยาภรณ์ ศึกษาสารพิษตกค้างในผักและผลไม้โดยใช้ชุดทดสอบ GT พบว่าผักที่นำเข้าในช่วงปีพุทธศักราช 2551-2555 นั้นมีสารพิษตกค้างทั้งหมด 35 ชนิด โดยผักชนิดเดียวกันที่นำเข้ามาจากแหล่งที่แตกต่างกันอาจมีชนิดของสารพิษตกค้างที่แตกต่างกัน (อมรินทร์, 2555)

การตรวจหา Cholinesterase ในกระแสเลือดนั้นเป็นอีกวิธีหนึ่งในการศึกษาปัจจัยเสี่ยงของผู้ที่สัมผัสกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยในประเทศไทยนั้นการศึกษาของสุนิสา ชายเกลี้ยงและคณะได้ศึกษาระดับของเอนไซม์ cholinesterase และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมาพบว่าเกษตรกรมีความเสี่ยงในการใช้สารเคมีในระดับที่ไม่ปลอดภัยร้อยละ 27.3 และระดับมีความเสี่ยงร้อยละ 32.7 (สุนิสา, 2556) ในทางตรงข้ามการศึกษาของอุทัยทิพย์ สังกลม และคณะ พบว่าผลการตรวจเลือดของเกษตรกรในพื้นที่กรุงเทพมหานครและนครปฐมนั้นอยู่ในระดับปกติและปลอดภัย

โดยเกษตรกรในพื้นที่นี้มีการอ่านฉลากและทำตามคำแนะนำในระดับสูง ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติตามคำแนะนำอาจช่วยลดความเสี่ยงในการใช้ยาฆ่าแมลงได้ (อุทัยทิพย์, 2556)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การทำการวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาสารพิษตกค้างในผักผลไม้ ตามท้องตลาดที่มีการจำหน่ายผักปลอดสารพิษ (เครือข่ายตลาดวิถีชลคนรักษ์สุขภาพ) และผักไม่ปลอดสารพิษตามท้องตลาดทั่วไปโดยใช้ชุดตรวจ GT ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อคัดกรองตัวอย่างที่ไม่ปลอดภัยก่อนถึงมือผู้บริโภค และแยกกลุ่มประชากรที่บริโภคผักปลอดสารพิษและผักที่มีสารพิษตกค้าง จากนั้นทำการตรวจสอบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรั่ม (Serum cholinesterase activity inhibition) และความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (RBC indices) ที่สามารถบ่งชี้สุขภาพเบื้องต้นในกลุ่มประชากรที่ได้รับ/ไม่ได้สารพิษตกค้างจากผักผลไม้ที่บริโภคนั่นเอง



รูปที่ 2-7 แผนภาพโดยรวมของการดำเนินการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง Biospectrophotometer (Eppendorf)
2. เครื่อง ELISA plate reader (VersaMax ELISA Microplate reader)
3. เครื่อง Microcentrifuge (Thermo Scientific™)
4. Auto pipette ขนาด 10, 200 และ 1000 μl (Pipet-Lite™ XLS+™)
5. Multi-channel pipette ขนาด 300 μl (Thermo Scientific Finnpipette F2 Variable Volume Multi-Chanel Pipettor)
6. เครื่องชั่งสาร และช้อนตักสาร
7. 96-well plates (Corning™ Costar Clear Polystyrene 96-well plate)
8. ทิป (Tip) ขนาด 10, 200 และ 1000 μl
9. หลอดไมโครเซนตริฟิวจ์ (Microcentrifuge tube) ขนาด 1.5 mL
10. ขวดแก้ว ขนาด 100 mL และขนาด 250 mL (SCHOTT Duran®)
11. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100, 250 และ 1000 mL
12. หลอดใส่สารพลาสติก (Conical tube) ขนาด 15 และ 50 mL
13. คิวเวตพลาสติก ขนาด 1.5 mL (Cuvette)
14. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
15. ปั๊มลมและอุปกรณ์ระเหยตัวอย่าง
16. เทอร์โมมิเตอร์
17. นาฬิกาจับเวลา

3.2 สารเคมี

3.2.1 น้ำยาชุดทดสอบมาตรฐาน GT-Pesticide Residual test kit

1) Solvent-1
2) GT-2
3) GT-3, GT-3.1
4) GT-5
5) Solvent-2
6) GT-2, GT-2.1
7) GT-4

3.2.2 น้ำยาชุดทดสอบ GPO TM Kit หลักการ Thin Layer Chromatography (TLC)

1) น้ำยาสกัด น้ำ และผงถ่าน
2) น้ำยาทดสอบ 1 และ 1.1
3) สาร GPO-MT 1 และ 1.1
4) สาร GPO-MT 2 และ 2.1
5) สาร GPO-MT 3

3.2.3 การตรวจระดับ Serum Cholinesterases assay (BuChE) โดยใช้ชุดทดสอบมาตรฐาน Acetylcholinesterases Activity Assay Kit (Sigma-aldrich)

1) Assay Buffer, pH 7.5 (Catalog Number MAK119A)
2) Calibrator, equivalent to 200 U/L (Catalog Number MAK119B)
3) Reagent (Catalog Number MAK119C)

3.2.4 น้ำยาชุดตรวจโคเลสเตอรอล Stanbio Cholesterol LiquiColor

1) Cholesterol reagent

4-Aminophenazone	0.25 mmol/L
Phenol	25.0 mmol/L
Peroxidase	> 5.0 U/mL
Cholesterol Esterase	> 0.15 U/mL
Cholesterol Oxidase	> 0.1 U/mL

2) Cholesterol Standard, Ref. No. 1012 (200 mg/dL)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การตรวจวัดระดับความเป็นพิษของสารพิษตกค้างโดยรวม โดยใช้ชุดทดสอบมาตรฐาน GT-Pesticide Residual test kit

1) การคัดเลือกตัวอย่าง

สุ่มผักและผลไม้จากตลาดสดในเขตพื้นที่เขตอำเภอเมืองชลบุรีและพื้นที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี จำนวน 200 ตัวอย่าง

2) หลักการของชุดทดสอบมาตรฐาน GT-Pesticide Residual test kit

การตรวจวิเคราะห์ระดับความเป็นพิษของสารพิษตกค้างโดยรวมทุกชนิดที่มีอยู่ในผักจะใช้หลักการทำงานของ Cholinesterase Inhibition technique ตรวจวัดระดับความเป็นพิษของสารพิษตกค้างโดยรวมทุกชนิดที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์ ซึ่งปริมาณความเป็นพิษของสารพิษโดยรวมนั้น จะต้องมีปริมาณความเป็นพิษที่ตกค้างอยู่ในตัวอย่างวิเคราะห์ไม่เกินค่าที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสลดลงร้อยละ 50%

การทำงานของชุดตรวจหายาฆ่าแมลง/สารพิษตกค้างนี้ อาศัยหลักการที่ว่าสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต,คาร์บาเมทและกลุ่มสารพิษอื่นๆ ที่เป็นโคลีนเอสเตอเรสอินฮิบิเตอร์ จะมีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ซึ่งปกติแล้วเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสเป็นเอนไซม์ที่มีอยู่ทั่วไปในมนุษย์ สัตว์มีกระดูกสันหลัง และแมลงต่างๆ มีหน้าที่ในการควบคุมสมดุลของสารเคมีที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณระหว่างปมประสาทหรืออะซิติลโคลีน โดยเอนไซม์จะย่อยสลายสารเคมีสื่อประสาทเหล่านี้ให้กลายเป็นโคลีนและกรดอะซิติกต่อไป ในภาวะปกติของร่างกายมนุษย์เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจะทำงานอยู่ในสภาวะที่สมดุล แต่ถ้าหากได้รับสารกำจัดแมลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์มีผลให้การควบคุมสมดุลของระบบประสาทผิดปกติไป ทำให้มีการเพิ่มและสะสมของสารสื่อประสาทมากขึ้น จนมีการแสดงออกของกลุ่มอาการและความผิดปกติต่างๆ เช่นในระยะแรกจะมีอาการเหนื่อยง่าย อ่อนแอ เวียนศีรษะ ตา พร่ามัว ปวดศีรษะ เหงื่อออก คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย มีอาการกล้ามเนื้อสั่นกระตุก ม่านตาหด ความดันโลหิตลด หัวใจเต้นช้า หายใจลำบาก และอาจเป็นสาเหตุให้เสียชีวิตได้ ซึ่งความรุนแรงของกลุ่มอาการความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้ จะขึ้นอยู่กับระดับความเป็นพิษ ปริมาณ ขนาดและช่องทางการได้รับสัมผัสสารพิษนั้น

สำหรับการตรวจวิเคราะห์หายาฆ่าแมลง/สารพิษตกค้างด้วยชุดน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารพิษ "จีที" (GT-Pesticide Residual test kit) นี้ ถ้าตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์มียาฆ่าแมลงหรือสารพิษตกค้างอยู่ สารพิษจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (GT-1) ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถไปไฮโดรไลส์อะซิติลโคลีน (GT-2) ได้ โดยปริมาณของอะซิติลโคลีน(GT-2) ที่เหลืออยู่จะเป็นตัวกำหนดความเข้มของสีในชุดตรวจฯ ยิ่งถ้าตัวอย่างที่นำมาตรวจวิเคราะห์มีค่าความเป็นพิษสูง เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจะถูกยับยั้งการทำงานมากขึ้นตาม ทำให้มีอะซิติลโคลีนเหลืออยู่ในปริมาณมากเช่นกัน สีที่ได้จากการทดสอบก็จะเข้มมากตาม

3) การเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างหรือยาฆ่าแมลง ด้วยชุดทดสอบมาตรฐาน GT-Pesticide Residual test kit

- ประเภทผักกินใบ ให้ลอก-ตัดส่วนที่เน่าเสียออก และตัดรากทิ้งไป
- ประเภทผลไม้ ให้เตรียมตัวอย่างทั้งเปลือก แต่ผลไม้บางชนิดมีเปลือกแข็งมากไม่สามารถเตรียมตัวอย่างทั้งเปลือกได้ สำหรับผลไม้ที่มีเมล็ดแข็ง ให้นำเมล็ดออก เด็ดขั้วหรือก้านทิ้ง

4) ขั้นตอนการสกัดตัวอย่าง

1. เสียบปลั๊กของเตาดัดแปลงเพื่อเช็คดูว่าไฟติดทั้ง 2 ดวง แล้วเอาปลั๊กออก วางถาดลงบนเตาเติมน้ำให้เกือบเต็มถาด เสียบปลั๊กเตาแล้ววางทิ้งไว้ (ถ้าภายใน 1 ชั่วโมงอุณหภูมิของน้ำยังไม่ถึงขีดที่กำหนดในเทอร์โมมิเตอร์ ให้สำรวจว่า วางเตาดัดแปลงไว้ในตำแหน่งที่มีเครื่องปรับอากาศหรือพัดลมเป่าลงมาโดยตรงหรือไม่ และควรแก้ไข อย่าให้มีลมพัดเป่าลงมาโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าตรวจในสถานที่ที่มีอากาศเย็นมาก การที่หลอดไฟจะทำให้ถาดร้อนจนอุณหภูมิของ น้ำอุ่นขึ้นถึงขีดที่กำหนดนั้นต้องใช้เวลานานมาก แต่ถ้าต้องการตรวจรวดเร็วให้ใช้วิธีเติมน้ำอุ่นลงไปแทน)

2. เมื่อเตรียมตัวอย่างหั่นละเอียดเรียบร้อยแล้ว ตักผักที่หั่นละเอียดและคลุกให้เข้ากันแล้วจำนวน 5 กรัมใส่ขวดตัวอย่าง แล้วเติมน้ำยา Solvent-1 จำนวน 5 ซีซี ปิดฝาขวดให้สนิท เขย่าขวดแรงๆประมาณ 1 นาที ตั้งวางไว้ 15 นาที

3. ใช้หลอดดูดพลาสติก ดูดน้ำยาสกัดตัวอย่าง (Solvent-1) จากในขวดตัวอย่าง (ที่ได้สกัดจากตัวอย่างในข้อ 2 จำนวน 1 ซีซี ลงในหลอดแก้ว จากนั้นดูดน้ำยา Solvent-2 จำนวน 1 ซีซี ลงในหลอดแก้วทดลองเดียวกัน จะพบว่าน้ำยาจะแยกเป็น 2 ชั้น อย่างชัดเจน

4. นำหลอดแก้วปลายแหลมจุ่มลงในหลอดแก้วจากข้อ 3 และนำไประเหยในถาดน้ำอุ่น โดยให้ส่วนปลายแหลมจุ่มลงก้นหลอด ส่วนปลายบนของหลอดต่อเข้ากับอุปกรณ์ระเหย

5. เปิดเครื่องปั๊มลมให้มีการเป่าน้ำยา ระวังขณะเป่าน้ำยา อย่าให้แรงจนล้น โดยก่อนเปิดเครื่องให้หมุน ปิดวาล์วปรับความแรงลมก่อน แล้วจึงค่อยๆหมุนปรับวาล์วให้มีลมเป่าออกมาเบาๆ

6. วางไว้ให้มีการเป่าน้ำยาประมาณ 3-5 นาที เพื่อระเหยไล่เอาน้ำยาสกัดตัวอย่างที่อยู่ชั้นล่างของหลอดแก้วออกไป การสังเกตว่าน้ำยาชั้นล่างระเหยหมดไปหรือยัง ให้ดูบริเวณก้นหลอดต้องไม่เห็นน้ำยาแยกกันเป็น 2 ชั้น ต้องไม่มีลักษณะคล้ายหยดน้ำมันเล็กๆเกาะเป็นเม็ดทรายอยู่บริเวณก้นหลอด และเมื่อระเหยหมดแล้วจะเหลือน้ำยาสกัดจากตัวอย่างอยู่เพียงประมาณ 1 ซีซี เท่านั้น

7. เมื่อระเหยเอาน้ำยา Solvent-1หมดไป จะเหลือแต่น้ำยาสกัดตัวอย่างหรือเรียกว่า “Sample extract” โดยจะนำส่วนนี้ไปใช้ตรวจหาสารพิษตกค้างในขั้นตอนต่อไป

5) ขั้นตอนการตรวจหายาฆ่าแมลง

1. นำหลอดแก้วใหม่ จำนวน 2 หลอด เติมน้ำยาดังนี้

หลอดที่ 1 ติดฉลากหลอดตัดสิน ดูดน้ำยา Solvent-2 ใส่ลงในหลอด จำนวน 0.25 ซีซี (1 ส่วน)

หลอดที่ 2 ติดฉลากหลอดควบคุม ดูดน้ำยา Solvent-2 ใส่ลงในหลอดจำนวน 0.25 ซีซี (1 ส่วน)

หลอดที่ 3 เป็นต้นไป เป็นหลอดตัวอย่างที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ โดยให้ดูดน้ำยา Sample extract ที่ได้จากการระเหยตัวอย่างจำนวน 0.25 ซีซี (1 ส่วน) ใส่ลงไปในหลอดนั้นๆ

2. นำหลอดทดลองทั้ง 3 หลอด ไปวางในถาดน้ำอุ่นที่เปิดไฟไว้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของการตรวจให้ควบคุมอุณหภูมิของถาดน้ำ ให้อยู่ในช่วงระหว่างขีดที่กำหนดให้ในเทอร์โมมิเตอร์หรืออยู่ในช่วง 32-36 องศาเซลเซียส ใช้หลอดดูดพลาสติกดูดน้ำยาGT-1 จำนวน 0.5 ซีซี (2ส่วน) ใส่ลงทุกหลอด ตั้งวางไว้ 5-10 นาที

3. ระหว่างรอเวลาให้ผสมน้ำยาGT-2 และ GT-3

ผสมGT-2 : โดยเทน้ำยา GT-2.1 ลงในขวดน้ำยาGT-2 ปิดฝาและเขย่าให้ผสมเข้ากัน เขียนวันที่ที่ผสมน้ำยาไว้บนฉลาก หลังจากผสมแล้วต้องเก็บรักษาในตู้เย็น สามารถใช้งานประมาณ 10 วัน

ผสม GT-3 : โดยเทน้ำยา GT-3.1 ลงในขวดน้ำยาGT-3 ปิดฝาและเขย่าให้ผสมเข้ากัน เขียนวันที่ที่ผสมน้ำยาไว้บนฉลาก หลังจากผสมแล้วต้องเก็บรักษาในตู้เย็น สามารถใช้งานประมาณ 3-4 วัน

4. ใช้หลอดดูดพลาสติก ดูดน้ำยาผสมGT-2 (จากข้อ 3) จำนวน 0.375 ซีซี (1.5ส่วน) ใส่ลงในหลอดที่ 1 ที่เป็นหลอดตัดสิน ส่วนหลอดที่ 2 และ3 หรือหลอดตัวอย่างอื่นๆ ใส่น้ำยาผสม GT-2 ลงไปหลอดละ 0.25 ซีซี (1 ส่วน) ตั้งวางทิ้งนาน 30 นาที

5. เมื่อครบเวลา ใช้หลอดดูดพลาสติก ดูดน้ำยาผสมGT-3 จำนวน 1 ซีซี (4 ส่วน) ใส่ลงทุกหลอด พร้อมกับเขย่าทุกหลอดให้น้ำยาผสมกัน

6. ใช้หลอดดูดพลาสติก ดูดน้ำยาGT-4 จำนวน 0.5 ซีซี (2 ส่วน) ใส่ลงทุกหลอด พร้อมกับเขย่าหลอดทุกหลอดให้น้ำยาผสมกัน

7. ใช้หลอดดูดพลาสติก ดูดน้ำยาGT-5 จำนวน 0.5 ซีซี (2 ส่วน) ใส่ลงทุกหลอด พร้อมกับเขย่าน้ำยาในแต่ละหลอดให้ผสมเข้ากัน สังเกตสีที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดเปรียบเทียบสีที่เกิดระหว่างหลอดควบคุม หลอดตัดสินและหลอดตัวอย่าง

6) การอ่านผล

- หากหลอดตัวอย่างมีสีอ่อนกว่าหรือเท่ากับหลอดควบคุม แปลผลว่าตรวจไม่พบสารพิษตกค้างในผักหรือผลไม้
- หากหลอดตัวอย่างมีสีเข้มกว่าหลอดควบคุมแต่มีสีอ่อนกว่าหลอดตัดสิน แปลผลว่าตรวจพบสารพิษแต่อยู่ในระดับปลอดภัย
- หากหลอดตัวอย่างมีสีเข้มกว่าหลอดตัดสิน แปลผลว่าพบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย

3.3.2 การตรวจหาสารในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate โดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit

1) การคัดเลือกตัวอย่าง

คัดเลือกตัวอย่างที่ให้ผลไม่ปลอดภัยหรือมีความเสี่ยงที่ได้จากการทดสอบด้วยชุด GT-Pesticide Residual test kit

2) หลักการของชุดทดสอบ GPO TM Kit

หลักการของ TLC นั้น คล้ายคลึงกับคอลัมน์โครมาโตกราฟีจะต่างกันก็เพียงแต่ในกรณีของ TLC วัฏภาคนิ่งจะถูกเคลือบติดไว้ที่แผ่นกระจก แผ่นอลูมิเนียม หรือแผ่นพลาสติกบางๆ สารจะถูกแต้มไว้ที่ใกล้ๆ ปลายด้านหนึ่งของแผ่นโดยใช้หลอดแคปิลลารีจากนั้นจึงนำแผ่นดังกล่าวไปวางลงในภาชนะที่ใส่วัฏภาคเคลื่อนที่ไว้ตื้น ๆ เมื่อตัวทำละลายถูกดูดซึมขึ้นไปตามตัวดูดซับด้วย capillary action ก็จะพาสารตัวอย่างขึ้นไปด้วย จึงเกิดการแยกของสารเกิดขึ้นด้วยหลักการเดียวกับคอลัมน์โครมาโตกราฟี ตัวอย่างเช่น หากใช้ซิลิกาเป็นวัฏภาคนิ่ง และใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำเป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ สารที่มีขั้วน้อยจะละลายได้ดีในวัฏภาคเคลื่อนที่แต่ถูกดูดซับด้วยวัฏภาคนิ่งได้น้อยจึงเคลื่อนที่ไปได้ดี

ด้วยระยะที่มากกว่าสารที่มีขั้วสูงซึ่งละลายในวัฏภาคเคลื่อนที่ได้น้อยแต่ดูดซับบนวัฏภาคนิ่งได้ดี เนื่องจากใช้สารปริมาณน้อยมากในการแยก เทคนิค TLC จึงเหมาะสมเป็นเครื่องมือวิเคราะห์มากกว่าที่จะเป็นเครื่องมือในการแยกสารเพื่อเก็บแต่ละองค์ประกอบดังในกรณีของคอลัมน์โครมาโตกราฟี ประโยชน์ของ TLC นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังรวมถึงการใช้ในการทดลองหา ระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมก่อนการทำคอลัมน์โครมาโตกราฟี (โดยการใช้วัฏภาคนิ่งชนิดเดียวกับที่ จะบรรจุลงคอลัมน์ในการทำ TLC) รวมถึงการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของสารที่ออกมาจากคอลัมน์ โครมาโตกราฟีด้วย

3) การเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างหรือยาฆ่าแมลง ด้วยชุดทดสอบ GPO TM Kit โดยใช้หลักการ TLC

ประเภทผักกินใบ ให้ลอก-ตัดส่วนที่เน่าเสียออก และตัดรากทิ้ง

ประเภทผลไม้ ให้เตรียมตัวอย่างทั้งเปลือก แต่ผลไม้บางชนิดมีเปลือกแข็งมากไม่สามารถเตรียมตัวอย่างทั้งเปลือกได้ สำหรับผลไม้ที่มีเมล็ดแข็ง ให้นำเมล็ดออก เด็ดขั้วหรือก้านทิ้ง

4) ขั้นตอนการสกัดตัวอย่าง

1. ตักผักที่หั่นละเอียดและคลุกให้เข้ากันแล้ว จำนวน 5 กรัม แล้วเติมน้ำยาวสกัด จำนวน 5 ซีซี ปิดฝาขวดให้สนิท เขย่าขวดแรงๆประมาณ 1 นาที ตั้งวางไว้ 15 นาที

2. ใช้หลอดดูดพลาสติก ดูดน้ำยาสกัดตัวอย่างจากในขวดตัวอย่าง (ที่ได้สกัดจากตัวอย่างในข้อ 1) จำนวน 1 ซีซี ลงในถ้วยโลหะ

3. นำไประเหยในถาดน้ำอุ่น โดยให้ส่วนปลายแหลมจุ่มลงก้นหลอด

4. วางไว้ประมาณ 3-5 นาที จนสารสกัดเหลือประมาณ 2-3 หยด โดยจะนำส่วนนี้ไปใช้ตรวจหาสารพิษตกค้างในขั้นตอนต่อไป

5) การเตรียมน้ำยา

1. น้ำยา TLC ใน tank ดูดน้ำยา GPO TM3 ลงในขวดรัน TLC 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาทีก่อนทำการทดสอบ

2. น้ำยาทดสอบ 1

นำขวดน้ำยาทดสอบ1 วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เทน้ำกลั่น 5 มล.ใส่ขวดน้ำยาทดสอบ1 เขย่าให้ละลาย เทน้ำยาทดสอบ 1.1 ลงในขวดน้ำยาทดสอบ1 เขย่าให้เข้ากัน เทน้ำยาทดสอบ 1 ใส่ขวด spray

3. น้ำยาทดสอบสี

เทน้ำยา GPO TM 1.1 ลงในขวด GPO TM 1 แล้วเขย่าให้เข้ากัน เทน้ำยาGPO TM 2.1 ลงในขวด GPO TM 2 แล้วเขย่าให้เข้ากัน ผสมน้ำน้ำยา GPO TM 1.1 และ GPO TM 2.1 ด้วยอัตราส่วน 1:4 แล้วนำใส่ขวด spay

6) ขั้นตอนการตรวจหายาฆ่าแมลง

1. นำแผ่น TLC มากำหนดตำแหน่งที่จะแต้มสารด้วยดินสอ โดยให้มีสองจุดใน 1 แผ่น
2. ใช้หลอดแก้ว Spot จนน้ำยาหมดถ้วย โดย Spot 1ช่องต่อ 1ตัวอย่าง
3. นำแผ่น TLC ไปแช่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำยารัน TLC โดยไม่ให้ท่วมบริเวณที่จุดสาร
4. คอยสังเกตเมื่อ solvent front เคลื่อนขึ้นมาใกล้ปลายบนของแผ่น TLC (ห่างลงมาจากปลายแผ่นด้านบนประมาณ 1 cm) ให้ยกแผ่นขึ้น ใช้ดินสอทาเครื่องหมาย solvent front ไว้ตรวจดูว่าสารที่เป็นองค์ประกอบแยกกันได้ดีหรือไม่
5. ตรวจหาตำแหน่งที่สารเดินทางขึ้นไป แล้วเปรียบเทียบค่า Rf กับสารมาตรฐานเพื่อตรวจสอบว่าผักและผลไม้แต่ละชนิดมีองค์ประกอบของสารพิษชนิดใด จากตาราง 3-1

ตาราง 3-1 แสดงสารมาตรฐานในการตรวจหาสารพิษโดยใช้หลักการ TLC

ชื่อสารมาตรฐาน	LOD	ค่า Rf
Dicrotophos	0.126	0.09
Monocrotophos	0.118	0.17
Methomyl	0.663	0.67
Carbofuran	0.594	0.89
Diazenon	3.68	0.66
Dichlorvos	0.026	0.81
Carbaryl	0.597	0.91
Chorfenvinphos	0.097	0.90
Profenofos	0.35	0.90
Chlorpyrifos	1.79	0.90
Bendiocarb	0.597	0.90

3.3.3 กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างและแบบสอบถาม

1) กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง

กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง ทั้งหมด 130 คน ที่มีการบริโภคผักและผลไม้ ทั้งในตลาดผักสุขภาพปลอดสารพิษ และผักทั่วไปตามท้องตลาดในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

อาสาสมัครกลุ่มที่ 1 เป็นนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ ม.บูรพา จำนวน 49 คน สัมภาษณ์และวิเคราะห์ในช่วงเดือน เดือนมกราคม ถึง เมษายน 2559) วิเคราะห์ผลวิจัยเบื้องต้นของการตอบแบบสอบถามตามวิธีที่ 1

อาสาสมัครกลุ่มที่ 2 เป็นนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ ม.บูรพา จำนวน 34 คน สัมภาษณ์และวิเคราะห์ในช่วงเดือน เดือนพฤษภาคม ถึง ธันวาคม 2559) เนื่องจากไม่สามารถเจาะเลือดได้ จึงเหลือ 34 คนที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูล นำผลมาวิเคราะห์เบื้องต้นของการตอบแบบสอบถามตามวิธีที่ 2

กลุ่มอาสาสมัครกลุ่มที่ 3 เป็นประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนบ้านหัวโกรก ตำบลหนองรี อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 47 คน สัมภาษณ์และวิเคราะห์ในช่วงnเดือนพฤษภาคม ถึง ธันวาคม 2559) นำผลมาวิเคราะห์เบื้องต้นของการตอบแบบสอบถามตามวิธีที่ 2

2) การเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการวิจัย

โดยแบบสัมภาษณ์แบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานและภาวะสุขภาพปัจจุบันของกลุ่มผู้บริโภคเป็นคำถามให้กรอกข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับ ชื่อ - สกุล เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประวัติเกี่ยวกับสุขภาพและการเจ็บป่วย

ส่วนที่ 2 ทัศนคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการรับประทานผักและผลไม้ โดยจะให้เป็นคำถามที่ให้เลือกตอบ (Close – ended question) จำนวน 20 ข้อ

มีข้อคำถามทั้งเชิงบวก (Positive) และเชิงลบ (Negative) โดยกำหนดให้ค่าคะแนนแยกออกเป็น 2 วิธี

วิธีที่ 1 กำหนดให้ค่าคะแนนดังนี้

คำถามเชิงบวก

ปฏิบัติทุกครั้งหรือมากที่สุด	ให้ค่าคะแนน 3 คะแนน
ปฏิบัติบางครั้งหรือปานกลาง	ให้ค่าคะแนน 2 คะแนน
ไม่ได้ปฏิบัติหรือน้อยที่สุด	ให้ค่าคะแนน 1 คะแนน

คำถามเชิงลบ

ปฏิบัติทุกครั้งหรือมากที่สุด	ให้ค่าคะแนน 1 คะแนน
ปฏิบัติบางครั้งหรือปานกลาง	ให้ค่าคะแนน 2 คะแนน
ไม่ได้ปฏิบัติหรือน้อยที่สุด	ให้ค่าคะแนน 3 คะแนน

การแปลความหมายผลคะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.99	พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง
ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.00 – 3.00	พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง

วิธีที่ 2 กำหนดให้ค่าคะแนนดังนี้

คำถามเชิงบวก

ปฏิบัติทุกครั้งหรือมากที่สุด	ให้ค่าคะแนน 3 คะแนน
ปฏิบัติบางครั้งหรือปานกลาง	ให้ค่าคะแนน 2 คะแนน
ไม่ได้ปฏิบัติหรือน้อยที่สุด	ให้ค่าคะแนน 1 คะแนน

คำถามเชิงลบ

ปฏิบัติทุกครั้งหรือมากที่สุด	ให้ค่าคะแนน -1 คะแนน
ปฏิบัติบางครั้งหรือปานกลาง	ให้ค่าคะแนน -2 คะแนน
ไม่ได้ปฏิบัติหรือน้อยที่สุด	ให้ค่าคะแนน -3 คะแนน

การแปลความหมายผลคะแนน

ค่าคะแนนเฉลี่ย -6.00 -0 .00	พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง
ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 7.00	พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง
ค่าคะแนนเฉลี่ย 8.00 – 14.00	พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ

3.3.4 การตรวจระดับ Serum Cholinesterases (BuChE) โดยใช้ชุดทดสอบ Acetylcholinesterases Activity Assay Kit

1) หลักการ

การตรวจวิเคราะห์หาระดับ Cholinesterases assay (BuChE) จากซีรั่มที่ได้ของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Spectrophotometry โดยใช้ชุดทดสอบมาตรฐาน Acetylcholinesterases Activity Assay Kit (Sigma-aldrich) โดยการให้เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส hydrolyze สาร Butyrylthiocholine ให้เป็น thiocholine ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ dithiobisnitrobenzoate เกิดเป็น 5-thio-2-nitrobenzoic acid ซึ่งมีสีเหลือง จากนั้นวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 nm อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า cholinesterase activity ตามสมการดังนี้

$$\text{Butyrylthiocholin} + H_2O \xrightarrow{\text{Cholinesterase}} \text{Thiocholin} + \text{Butyrat}$$

$$\text{Thiocholin} + \text{Hexacyanoferrat (III), yellow} \rightarrow \text{Hexacyanoferrat (II), clear}$$

ระดับค่า Cholinesterase activity ใน serum

ค่าอ้างอิง 1,350 – 3,230 U/L (EQM Research Inc, 2003)

2) ขั้นตอนการวัดและวิเคราะห์

เริ่มจากเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ (assay mixture) ปริมาตรรวมทั้งหมด 200 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุมของ 96 well plate ซึ่งประกอบด้วยซีรั่มตัวอย่างปริมาตร 10 ไมโครลิตรและ Working Reagent ปริมาตร 190 ไมโครลิตร ที่เตรียมได้จาก Assay Buffer ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และ Reagent ปริมาตร 2 มิลลิกรัม ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร (ค่าการดูดกลืนแสงขั้นเริ่มต้นปฏิกิริยา) จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงครั้งที่ 2 ที่ความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร (ค่าการดูดกลืนแสงขั้นสิ้นสุดปฏิกิริยา) ด้วยเครื่อง VersaMax ELISA Microplate reader แล้วนำมาคำนวณหาค่าการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ตามสมการดังนี้

$$\text{BuChE Activity (units/L)} = \frac{(A_{412})_{final} - (A_{412})_{blank}}{(A_{412})_{calibrator} - (A_{412})_{blank}} \times n \times 200$$

เมื่อ 200 คือ หน่วยปริมาณการทำงานของเอนไซม์ในสารเทียบ จากปฏิกิริยาที่ 2 นาที และ 10 นาที

n คือ ค่าการเจือจาง (n = 40)

$(A_{412})_{calibrator}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารเทียบที่เวลา 10 นาที

$(A_{412})_{blank}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ blank ที่เวลา 10 นาที

3.3.5 การตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด

1) หลักการ

เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดอัตโนมัติ Mindrary BC-6800 กลไกของเครื่องนั้นใช้เทคโนโลยีที่ชื่อว่า SF cube ซึ่งใช้ scatter laser 2 ตัวร่วมกับสัญญาณ fluorescent วิเคราะห์เลือดที่ผ่านกระบวนการเตรียมด้วย reagent ที่จำเพาะออกมาในรูปแบบ 3 มิติ โดยเทคโนโลยี SF cube นี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลายรูปแบบทั้งการแยกระยะของเม็ดเลือดขาว การหาจำนวน รวมถึงการติดตามผลการรักษาที่มีความแม่นยำในระดับสูงและง่ายต่อการใช้งาน

2) ขั้นตอนการตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแดง

1. เจาะเก็บโลหิตจากหลอดเลือดดำจากอาสาสมัครตัวอย่าง ลงในหลอดบรรจุเลือดที่มีสาร EDTA ปริมาณ 3 มิลลิลิตร

2. นำหลอดบรรจุเลือดที่มาสาร EDTA เข้าเครื่องตรวจวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดอัตโนมัติ Mindrary BC-6800

3. อ่านผลการตรวจวิเคราะห์

4. นำค่า Hb, Hct และ MCV มาเปรียบเทียบกับพฤติกรรมสุขภาพของอาสาสมัครตัวอย่าง

3.3.6 การตรวจวัดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด

1) หลักการ

การตรวจวัดโคเลสเตอรอลด้วย enzymatic method เป็นวิธีตรวจวัดโดยตรงไม่จำเป็นต้องสกัดโคเลสเตอรอลก่อน และมีความจำเพาะสูง หลักการของวิธีนี้ คือ การทำให้ cholesteryl ester ถูก hydrolyzed แล้วหมู่ 3-OH ถูก oxidized ได้เป็น H_2O_2 ตามสมการ

$$\text{Cholesteryl ester} + H_2O \xrightarrow{chol.\ esterase} \text{Cholesterol} + \text{Fatty acid}$$

$$\text{Cholesterol} + \tfrac{1}{2}\ O_2 + H_2O \xrightarrow{chol.\ oxidase} \text{Cholest-4-en-3-one} + H_2O_2$$

$$2\ H_2O_2 + \text{4-Aminoantipyrine} + \text{Phenol} \xrightarrow{peroxidase} \text{Quinoneimine} + 4\ H_2O$$

2) ขั้นตอนการตรวจวัดระดับ cholesterol ในกระแสเลือด

ทำการผสม serum 10 µl ลงในน้ำยา Cholesterol reagent 1 mL ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37°C นาน 5 นาที (หรือที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที) อ่านค่าการดูดกลืนแสง ที่ 500 nm (A_{500}) โดยใช้ RB ตั้ง 0 นำค่า Absorbance ของ unknown serum ที่ได้ไปคำนวณความเข้มข้น

การคำนวณ

$$\text{Cholesterol} = \frac{Au}{As} \times 200 \quad (mg/dL)$$

3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลของผักผลไม้ใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษตกค้างสะสมในร่างกายปานกลาง และสูง โดยใช้สถิติของ Kolgomorov–SmirnoV test ในการวิเคราะห์โดยใช้ mean และ Standard error of mean (SEM) และหาค่าความแตกต่างของกลุ่มประชากรของกลุ่มเสี่ยงกับกลุ่มควบคุมโดยการใช้ Student's *t* test ที่ *P* values < 0.1 การวิเคราะห์สถิติทำโดยใช้โปรแกรม SPSS version 11 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

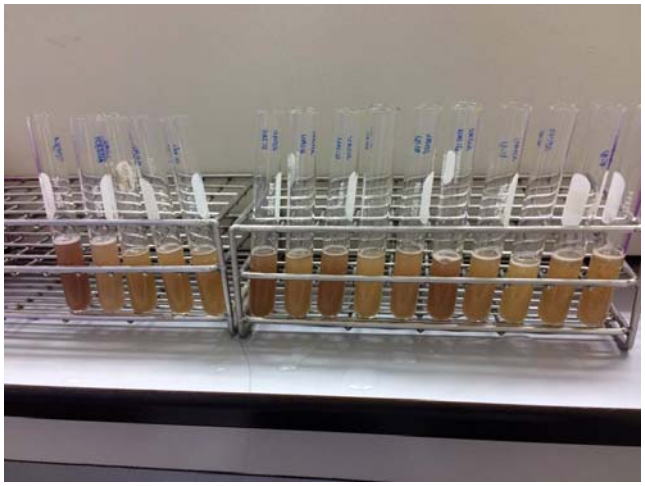
ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการวิจัย การตรวจระดับ Serum Cholinesterases assay (BuChE) สามารถนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) และวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของข้อมูลเทียบกับอายุ เพศ พฤติกรรมในการบริโภคผักและผลไม้ เจตคติในการบริโภคผักและผลไม้ ระดับ Cholesterol และค่าความสมบูรณ์ของม็ดเลือดแดง โดยใช้ One-Way ANOVA ($p<0.10$) และ Independent Sample T-Test ($p<0.05$)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการตรวจหาสารพิษในผักและผลไม้

4.1.1 ผลการตรวจวัดระดับความเป็นพิษของสารพิษตกค้างโดยรวมทุกชนิดที่มีอยู่ในผัก โดยใช้ชุดทดสอบมาตรฐาน GT-Pesticide Residual test kit

ทำการตรวจสารพิษตกค้างในผัก โดยใช้ชุดน้ำยาตรวจสอบ (GT) ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จำแนกตามความปลอดภัยและไม่ปลอดภัย ตามหลักการทำงานของ Cholinesterase Inhibition technique ซึ่งตรวจวัดระดับความเป็นพิษของสารพิษตกค้างโดยรวมทุกชนิดที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์ ซึ่งปริมาณความเป็นพิษของสารพิษโดยรวมนั้น จะต้องมีปริมาณความเป็นพิษที่ตกค้างอยู่ในตัวอย่างวิเคราะห์ไม่เกินค่าที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสลดลงร้อยละ 50% ซึ่งเป็นปริมาณที่ทำให้ร่างกายเกิดอาการพิษ เกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ คือ การเปรียบเทียบหลอดควบคุมควบคู่กับหลอดตัวอย่างทุกครั้ง เพื่อใช้เปรียบเทียบสีในการอ่านผลกับสีของหลอดควบคุม ถ้าสีหลอดตัวอย่างมีสีอ่อนกว่าหรือเท่ากับ หลอดควบคุม แสดงว่าไม่พบสารพิษตกค้าง ถ้าสีของหลอดตัวอย่างมีสีส้มเข้มเหมือนกับสีของหลอดควบคุม แสดงว่าปลอดภัย ถ้าสีของหลอดตัวอย่างมีสีส้มเข้มเหมือนกับสีของหลอดควบคุมแสดงว่าปลอดภัย แต่ถ้าสีของหลอดตัวอย่างมีสีส้มปนชมพูหรือสีชมพูแสดงว่าไม่ปลอดภัย ซึ่งการอ่านผลมีความเที่ยงตรงมากเนื่องจากสีของหลอดตัวอย่างแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับสีของหลอดควบคุม ดังแสดงใน**ภาพที่ 4-1**



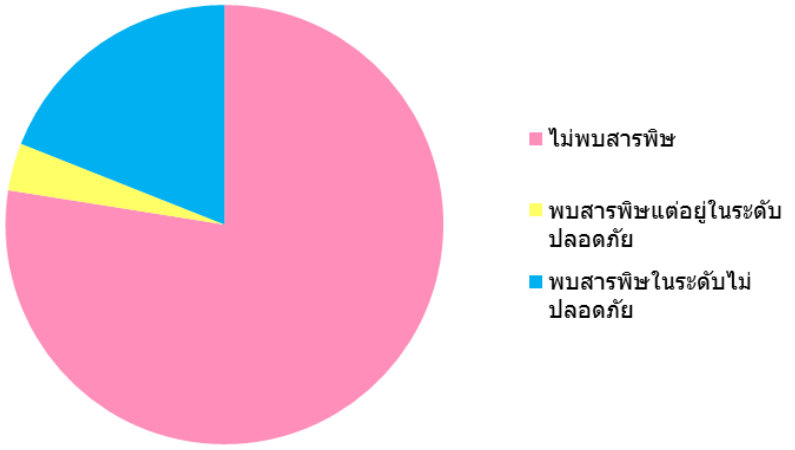
ภาพที่ 4-1 แสดงสีของหลอดตัวอย่างเทียบกับหลอดควบคุมและหลอดตัดสิน

(ด้านซ้ายมือ คือ หลอดตัดสิน หลอดควบคุม และหลอดตัวอย่าง ตามลำดับ)

ผลการสุ่มตรวจตัวอย่างผักและผลไม้จากตลาดสดในเขตพื้นที่เขตอำเภอเมืองชลบุรีและพื้นที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เพื่อตรวจหาสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ โดยชุดน้ำยาตรวจสอบ (GT) ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ในปี พ.ศ. 2559 จำนวนทั้งสิ้น 200 ตัวอย่าง พบว่า ผักและผลไม้ร้อยละ 77.5 นั้นไม่พบสารพิษตกค้าง ในขณะที่ร้อยละ3.5 พบสารพิษในตัวอย่างแต่ยังอยู่ในระดับปลอดภัยร้อยและร้อยละ 19.0 พบสารพิษในตัวอย่างในระดับไม่ปลอดภัย (**ตารางที่ 4-1)**

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้

จำนวน	ไม่พบสารพิษ	พบสารพิษแต่อยู่ในระดับปลอดภัย	พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย
200	155(77.5%)	7(3.5%)	38(19.0%)



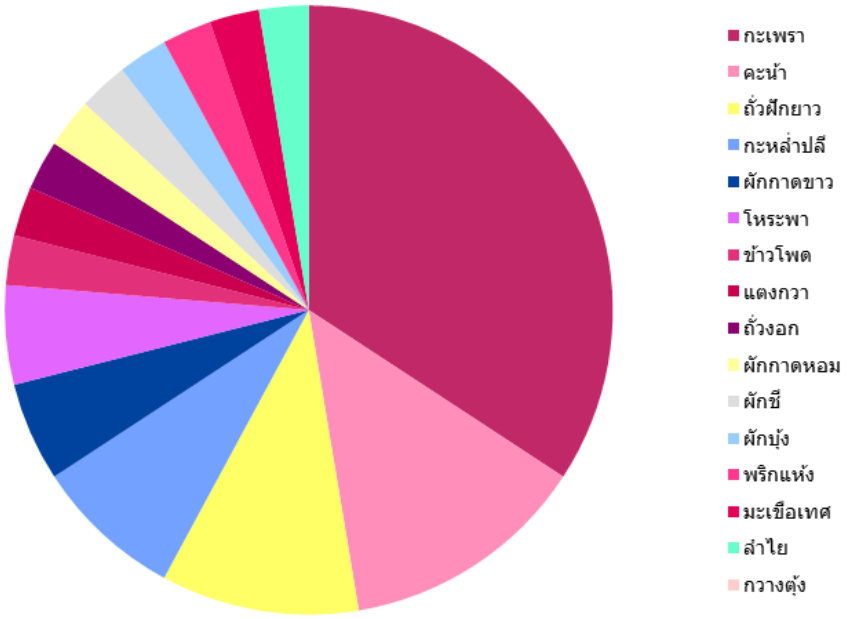
ภาพ 4-2 แสดงแผนภูมิวงกลมผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้

นอกจากนี้ เมื่อศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างโดยแยกตามชนิดของผักและผลไม้ที่นำมาศึกษา ได้แก่ กวางตุ้ง, กะเพรา, กะหล่ำปลี, ข้าวโพด, ขึ้นช่าย, คะน้า, แครอท, ดอกขจร, ต้นหอม, แตงกวา, ถั่วงอก, ถั่วฝักยาว, ถั่วลันเตา, บวบ, ผักกาดขาว, ผักกาดหอม, ผักชี, ผักบุ้ง, พริกแห้ง, มะเขือเทศ, มะเขือเปราะ, มะระ, ยอดฟักทอง, ลำไยและโหระพา พบว่า 5 ลำดับแรกที่ตรวจพบสารพิษมากที่สุด ได้แก่ กะเพรา พบสารพิษไม่ปลอดภัย 13 ตัวอย่างจาก 32 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 40.6 ของจำนวนตัวอย่างกะเพราทั้งหมด คะน้า พบสารพิษไม่ปลอดภัย 5 ตัวอย่างจาก 27 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 18.5 ของจำนวนตัวอย่างคะน้าทั้งหมด ถั่วฝักยาว พบสารพิษไม่ปลอดภัย 4 ตัวอย่างจาก 17 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 23.5 ของจำนวนตัวอย่างถั่วฝักยาวทั้งหมด กะหล่ำปลี พบสารพิษไม่ปลอดภัย 3 ตัวอย่างจาก 24 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 12.5 ของจำนวนตัวอย่างกะหล่ำปลีทั้งหมด และผักกาดขาว พบสารพิษไม่ปลอดภัย 2 ตัวอย่างจาก 13 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 15.4 ของจำนวนตัวอย่างผักกาดขาวทั้งหมด ตามลำดับ (**ตารางที่ 4-2)**

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้โดยแบ่งตามประเภท

ประเภท	จำนวน	ไม่พบสารพิษ	พบสารพิษแต่อยู่ในระดับปลอดภัย	พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย
กวางตุ้ง	12	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
กะเพรา	32	17(53.1%)	2(6.3%)	13(40.6%)
กะหล่ำปลี	24	21(87.5%)	0(0%)	3(12.5%)
ข้าวโพด	1	0(0%)	0(0%)	1(100%)
ขึ้นช่าย	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
คะน้า	27	20(74.1%)	2(7.4%)	5(18.5%)
แครอท	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
ดอกขจร	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
ต้นหอม	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
แตงกวา	16	14(87.5%)	1(6.3%)	1(6.3%)
ถั่วงอก	1	0(0%)	0(0%)	1(100%)
ถั่วฝักยาว	17	13(76.5%)	0(0%)	4(23.5%)
ถั่วลันเตา	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
บวบ	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
ผักกาดขาว	13	10(76.9%)	1(7.7%)	2(15.4%)
ผักกาดหอม	2	1(50%)	0(0%)	1(50%)
ผักชี	1	0(0%)	0(0%)	1(100%)
ผักบุ้ง	13	12(92.3%)	0(0%)	1(7.7%)
พริกแห้ง	1	0(0%)	0(0%)	1(100%)
พุทราจีน	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
มะเขือเทศ	13	11(84.6%)	1(7.7%)	1(7.7%)
มะเขือเปราะ	12	12(100%)	0(0%)	0(0%)

มะระ	1	1(100%)	0(0%)	0(0%)
ยอดฟักทอง	2	2(100%)	0(0%)	0(0%)
ลำไย	1	0(0%)	0(0%)	1(100%)
โหระพา	4	2(50%)	0(0%)	2(50%)



ภาพ 4-3 แสดงแผนภูมิวงกลมผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้โดยแบ่งตามประเภทของชนิดผักและผลไม้

เมื่อศึกษาสารพิษตกค้างโดยแยกตามแหล่งที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ ตลาดเช้าหนองมน, ตลาดเช้าบางพระ, ตลาดเช้าศรีราชา, ตลาดนัดบ้านปึก, ตลาดนัดหาดวอนนภา, ตลาดหน้าห้างโรบินสันศรีราชา, ตลาดนัดห้วยกะปิ, ตลาดใหม่เมืองชลบุรี, ร้านขายสลัด ซอยลีลา, ร้านอาหารตามสั่งป้าตุ่ม, ตลาดหนองแสม พบว่า แหล่งที่มีการตรวจพบสารพิษในผักและผลไม้ในระดับไม่ปลอดภัย ได้แก่ **ตลาดเช้าศรีราชาและตลาดเช้าบางพระ** พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย 10 ตัวอย่างจากทั้งหมด 30 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 33.3 ของตัวอย่างในตลาดเช้าบางพระและตลาดเช้าศรีราชาทั้งหมด **ร้านอาหารตามสั่งป้าตุ่ม**พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย 5 ตัวอย่างจากทั้งหมด 5 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 100 ของตัวอย่างในร้านอาหารตามสั่งป้าตุ่มทั้งหมด **ตลาดหน้าห้างโรบินสันศรีราชา** พบ

สารพิษในระดับไม่ปลอดภัย 3 ตัวอย่างจากทั้งหมด 5 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60 ของตัวอย่างในตลาดหน้าห้างโรบินสันศรีราชาทั้งหมด **ตลาดเช้าหนองมน** พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย 2 ตัวอย่างจากทั้งหมด 45 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 4.4 ของตัวอย่างในตลาดเช้าหนองมนทั้งหมด **ตลาดนัดบ้านปึก** พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย 2 ตัวอย่างจากทั้งหมด 20 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 10 ของตัวอย่างในตลาดนัดบ้านปึกทั้งหมด **ตลาดนัดหาดวอนนภา** พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย 2 ตัวอย่างจากทั้งหมด 27 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 7.4 ของตัวอย่างในตลาดนัดหาดวอนทั้งหมด **ร้ านขายสลัดซอยลีลา** พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย 2 ตัวอย่างจากทั้งหมด 4 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 50 ของตัวอย่างในร้านขายสลัดซอยลีลาทั้งหมด **ตลาดหนองแสม** พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย 2 ตัวอย่างจากทั้งหมด 9 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 22.2 ของตัวอย่างในตลาดหนองแสมทั้งหมด ตามลำดับ (**ตารางที่ 4-3)**

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้โดยแบ่งพื้นที่หรือตลาดที่มีการสุ่มผักและผลไม้

พื้นที่	จำนวน	ไม่พบสารพิษ	พบสารพิษแต่อยู่ในระดับปลอดภัย	พบสารพิษในระดับไม่ปลอดภัย
ตลาดหนองมนเช้า	45	39(86.7%)	4(8.9%)	2(4.4%)
ตลาดเช้าบางพระ	30	19(63.3%)	1(3.3%)	10(33.3%)
ตลาดเช้าศรีราชา	30	18(60%)	2(6.7%)	10(33.3%)
ตลาดนัดบ้านปึก	20	18(90%)	0(0%)	2(10%)
ตลาดนัดหาดวอนนภา	27	25(92.6%)	0(0%)	2(7.4%)
ตลาดหน้าห้างโร	5	2(40%)	0(0%)	3(60%)

บินสันศรีราชา				
ตลาดนัดห้วยกะปิ	5	5(100%)	0(0%)	0(0%)
ตลาดใหม่ เมืองชลบุรี	20	20(100%)	0(0%)	0(0%)
ร้านขายสลัดซอยลีลา	4	2(50%)	0(0%)	2(50%)
ร้านอาหารตามสั่งป้าตุ่ม	5	0(0%)	0(0%)	5(100%)
หนองแสม	9	7(77.8%)	0(0%)	2(22.2%)

ภาพ 4-4 แสดงแผนภูมิวงกลมผลการตรวจพบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้โดยแบ่งพื้นที่หรือตลาดที่มีการสุ่มผักและผลไม้

4.1.2 ผลการตรวจหาและชนิดของสารเคมีกำจัดแมลง ในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate

ทำการสุ่มตรวจชนิดของตัวอย่างผักผลไม้ที่ตรวจพบสารพิษกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate จากชุดทดสอบ GT kit เพิ่มเติมจำนวน 17 ตัวอย่าง มาทดสอบหาชนิดของยาฆ่าแมลงในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate โดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit ตามหลักการ TLC พบว่า ตรวจพบสาร Organophosphate และ Carbamate ในถั่วฝักยาว, โหระพา, กะเพราและพริก มากที่สุดตามลำดับ โดยถั่วฝักยาว พบชนิด Carbaryl, Dichlorvos, Monocrotophos, Diazenon โหระพาและกะเพรา พบ ชนิด Dichlorvos ส่วนพริก พบชนิด Methomyl, Dichlorvos, Chlorfenvinphos, Profenofos, Chlorpyrifos และ Bendiocarb (**ตารางที่ 4-4)**

ตาราง 4–4 ผลการตรวจหาและชนิดของสารเคมีกำจัดแมลง ในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate

ประเภท	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจ	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบสารพิษ	สารที่พบ
ถั่วฝักยาว	4	3	Carbaryl, Dichlorvos, Monocrotophos, Diazenon
โหระพา	2	1	Dichlorvos
กะเพรา	8	1	Dichlorvos
ลำไย	1	0	ไม่พบสารพิษ
มะเขือเทศ	1	0	ไม่พบสารพิษ
พริก	1	1	Methomyl, Dichlorvos, Chlorfenvinphos, Profenofos, Chlorpyrifos, Bendiocarb

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไป ผลการตรวจสุขภาพ ระดับเอนไซม์ cholinesterase ผลตรวจเลือด ของอาสาสมัครกลุ่มที่ 1

4.2.1 ข้อมูลทั่วไป

กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง กลุ่มที่ 1 นิสิตคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี จำนวน 68 คน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามทัศนคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการรับประทานผักผลไม้ คือ พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง 24 คน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 1.8 คะแนน และพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง 25 คน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 2.15 คะแนน (ตารางที่ 4-1) โดยค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย ความดันตัวบนและความดันตัวล่าง ของกลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง คือ 20.9 ปี, 21.51 kg/m^2, 107 mmHg และ 71 mmHg ตามลำดับ มากกว่าร้อยละ 70 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง กลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง มีค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย ความดันตัวบนและความดันตัวล่าง คือ 21 ปี, 20.87 kg/m^2, 107 mmHg และ 70.8 mmHg ตามลำดับ มากกว่าร้อยละ 80 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง Total cholesterol ของทั้งสองกลุ่มอยู่ในช่วงค่าอ้างอิง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าฮีโมโกลบิน ของทั้งสองกลุ่มอยู่ในช่วงค่าอ้างอิง และพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.04)

ตารางที่ 4-5 แสดงลักษณะทั่วไปและการตรวจประเมินสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	**พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (N=24)**	**พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (N=25)**	**ค่าอ้างอิง**	***p*-value**
อายุ	21 ± 0.9 (20-23)	21 ± 0.7 (20-22)	-	0.51
เพศ (หญิง)	83.33%	76.00%	-	
ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) (kg/m^2)	21 ± 3 (17 - 31)	22 ± 4 (16 -33)	19-25	0.51
ความดันตัวบน (SBP) (mmHg)	107 ± 11 (84-132)	109 ± 12 (88-135)	<140	0.97
ความดันตัวล่าง (DBP) (mmHg)	71 ± 8 (56-89)	71 ± 9 (61-89)	<90	1.0
ฮีโมโกลบิน (Hb) (g/dL)	12.3 ± 1.0 (10.5-14.2)	13.6 ± 1.2 (12.5-16.3)	12-18	0.04*
Total cholesterol (mg/dL)	175 ± 30 (135 -254)	188 ± 34 (136-278)	140-200	0.08

*แสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

4.2.2 ผลการตรวจระดับ cholinesterase activity ในซีรั่ม

จากการศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในรูปของ cholinesterase activity ในซีรั่มของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 68 ราย พบว่ามีค่า cholinesterase activity อยู่ในช่วง 924 – 1,769 U/L โดยมีค่าเฉลี่ย 1,475.32 U/L (S.D = 182.49)

พบว่า cholinesterase activity ในซีรั่มของกลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง มีค่าอยู่ในช่วง 1,085 – 1,769 U/L, ค่าเฉลี่ย 1,504.19 U/L (S.D =160.99) และกลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง มีค่าอยู่ในช่วง 924 – 1749 U/L, ค่าเฉลี่ย 1,459.57 U/L (S.D = 193.15) ซึ่งค่า cholinesterase activity ในซีรั่มเฉลี่ยของกลุ่มที่มีพฤติกรรมความเสี่ยงสูง มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง 3.06 % แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.31) (ตารางที่ 4-6)

ตารางที่ 4-6 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม	จำนวน (ราย)	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย
พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง	24	48.98	1,504 ± 160
พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง	25	51.02	1,526 ± 167
รวม	49	100.00	1,501

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไป ผลการตรวจสุขภาพ ระดับเอนไซม์ cholinesterase ผลตรวจเลือด ของอาสาสมัครกลุ่มที่ 2 และ 3

4.3.1 พฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้ของกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง

กลุ่มที่ 2 กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง นิสิตคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี จำนวน 34 คน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามการปฏิบัติตนที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้ (**ตารางที่ 4 - 7**) คือ

พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (-6 - 0 คะแนน) จำนวน 2 ราย มีค่าคะแนนเฉลี่ย -1.00 คะแนน

พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1-7 คะแนน) จำนวน 24 ราย มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.88 คะแนน

พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน) จำนวน 8 ราย มีค่าคะแนนเฉลี่ย 8.75 คะแนน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก ตำบลหนองรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 47 คน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามการปฏิบัติตนที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้ (**ตารางที่ 4 - 8**) คือ

พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (-6 – 0 คะแนน) จำนวน 3 ราย มีค่าคะแนนเฉลี่ย -0.33 คะแนน

พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1-7 คะแนน) จำนวน 37 ราย มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.65 คะแนน

พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน) จำนวน 7 คน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 9 คะแนน

4.3.2 ทัศนคติการรับประทานผักผลไม้ของกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง

กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง นิสิตคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี จำนวน 34 คน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานผักผลไม้ คือ

ทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) จำนวน 23 คน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.74 คะแนน และทัศนคติที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน) 11 คน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 8.54 คะแนน **(ตารางที่ 4 -8)**

กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก ตำบลหนองรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 47 คน จากการแปลผลแบบสอบถามด้านทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานผักผลไม้ พบว่า มีทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) ทั้งหมด

4.3.3 ผลการตรวจระดับ cholinesterase activityในซีรั่ม

จากการศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในรูปของ cholinesterase activity ในซีรั่มของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ จำนวน 34 ราย พบว่ามีค่า cholinesterase activity อยู่ในช่วง 2,116.4 – 4,435.63 U/L โดยมีค่าเฉลี่ย 1,475.32 U/L (S.D = 182.49)

จากการศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในรูปของ cholinesterase activity ในซีรั่มของกลุ่มตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก จำนวน 47 ราย พบว่ามีค่า cholinesterase activity อยู่ในช่วง 1,588.00 - 2,743.00 U/L โดยมีค่าเฉลี่ย 2,070.4 U/L (S.D = 245.81)

4.3.4 ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้น

1) ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และระดับ cholinesterase activity ในซีรั่ม

พบว่า cholinesterase activity ในซีรั่มของกลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (-6 - 0 คะแนน) มีค่าอยู่ในช่วง 2,447.09 – 3,346.56 U/L, ค่าเฉลี่ย 2,896.82 U/L (S.D =636.02) กลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) มีค่าอยู่ในช่วง 2,116.40 - 4,435.63 U/L, ค่าเฉลี่ย 3,081.64 U/L (S.D = 557.93) กลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน) มีค่าอยู่ในช่วง 2,147.27 – 3,928.57 U/L, ค่าเฉลี่ย 2,960.20 U/L (S.D = 596.28) ซึ่งค่า cholinesterase activity ในซีรั่มเฉลี่ยของกลุ่มทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.89) (**ตารางที่ 4-7**)

พบว่า cholinesterase activity ในซีรั่มของกลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง มีค่าอยู่ในช่วง 1,621.00 - 2,456.00 U/L, ค่าเฉลี่ย 2,084.33 U/L (S.D =424.98) กลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง มีค่าอยู่ในช่วง 1,588.00 - 2,743.00 U/L, ค่าเฉลี่ย 2,093.00 U/L (S.D = 243.65) กลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ มีค่าอยู่ในช่วง 1,710.00 - 2,170.00 U/L, ค่าเฉลี่ย 1,945.00 U/L (S.D = 158.87) ซึ่งค่า cholinesterase activity ในซีรั่มเฉลี่ยของกลุ่มทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.59) (**ตารางที่ 4-7**)

2) ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย (BMI), ความดันตัวบน (Systolic blood pressure) และความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure) ของกลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (-6 - 0 คะแนน) คือ 20.5, 20.5 kg/m2, 98 mmHg และ 65.5 mmHg ตามลำดับ โดยร้อยละ 100 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง

กลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) มีค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย (BMI), ความดันตัวบน (Systolic blood pressure) และความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure) คือ 20.4 ปี, 21.3 kg/m2, 104 mmHg และ 67.4 mmHg ตามลำดับ โดยร้อยละ 78 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง และ

กลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน) มีค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย (BMI), ความดันตัวบน (Systolic blood pressure) และความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure) คือ 20.5 ปี, 22.1 kg/m2, 95.5 mmHg และ 64.5 mmHg ตามลำดับ โดยร้อยละ 100 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง (**ตารางที่ 4-7**)

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก โดยค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย ความดันตัวบนและความดันตัวล่าง ของกลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง คือ 44.3 ปี, 24.59 kg/m^2, 143.33 mmHg และ 94 mmHg ตามลำดับ โดยร้อยละ 100 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย

กลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง มีค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย ความดันตัวบนและความดันตัวล่าง คือ 41.95 ปี, 25.24 kg/m^2, 127.46 mmHg และ 79.54 mmHg ตามลำดับ โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชายและเพศหญิงจำนวนใกล้เคียงกัน และ

กลุ่มผู้ที่มีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ มีค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย ความดันตัวบนและความดันตัวล่าง คือ 45.28 ปี, 24.01 kg/m^2, 121.43 mmHg และ 75.57 mmHg ตามลำดับ โดยมากกว่าร้อยละ 70 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง ซึ่งพบว่าค่าความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure) ของทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.09) **(ตารางที่ 4-7)**

3) ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจเลือดทางโลหิตวิทยา

จากการตรวจประเมินสุขภาพของกลุ่มอาสาสมัครของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ จำนวน 34 ราย พบว่ามีค่า ฮีโมโกลบิน (Hb), ฮีมาโตคริต (Hct), ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง (MCV), Total cholesterol ของทั้งสามกลุ่มอยู่ในช่วงค่าอ้างอิง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**ตารางที่ 4-8**)

ผลการตรวจประเมินสุขภาพของกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก จำนวน 47 ราย พบว่ามีค่า ฮีโมโกลบิน (Hb), ฮีมาโตคริต (Hct), ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง (MCV), Total cholesterol ของทั้งสามกลุ่มอยู่ในช่วงค่าอ้างอิง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่า Total cholesterol ของทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.05) (**ตารางที่ 4-8**)

ตารางที่ 4-7 แสดงผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ (mean ±S.D)

ตัวแปร	พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (N=2)	พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (N=24)	พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ (N=8)	ค่าอ้างอิง	*p* - value
cholinesterase activity	2,896.82 ± 636.02 (2,447.09-3,346.56)	3,081.64 ± 557.93 (2,116.40-4,435.63)	2,960.20± 596.28 (2,147.27-3,928.57)	>2,000	0.82
อายุ	20.5 ± 0.70 (21-20)	20.4 ± 0.71 (19-22)	20.5 ± 0.5 (20-21)	-	0.89
เพศ (ชาย)	0%	22.22%	0%	-	
เพศ (หญิง)	100%	77.78%	100%	-	
ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) (kg/m^2)	20.5 ± 1.39 (19.53-21.50)	21.3 ± 4.16 (16.23-35.35)	22.1 ± 4.68 (17.12-32.37)	19-25	0.85

ความดันตัวบน (SBP) (mmHg)	98 ± 14.1 (88-108)	104 ± 10.8 (86-130)	95.5 ± 10.4 (81-113)	<140	0.51
ความดันตัวล่าง (DBP) (mmHg)	65.5 ± 13.4 (56-75)	67.4 ± 8.67 (52-85)	64.5 ± 5.98 (56-74)	<90	0.69
ฮีโมโกลบิน (Hb) (g/dL)	12.3 ± 0.56 (11.9-12.7)	12.6 ± 1.36 (10-16)	13.0 ± 1.5 (11.5-15.7)	12-18	0.72
ฮีมาโตคริต (Hct) (%)	43 ± 2.3 (41.4-44.7)	44.2 ± 5.56 (35.8-49.9)	45.5 ± 5.16 (40.3-54.7)	37-54	0.79
ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง MCV (fL)	86.9 ± 8.06 (81.2-92.6)	87.55 ± 18.2 (49-109.7)	90.55 ± 10.2 (74.2-102.2)	80-100	0.90
Total cholesterol (mg/dL)	170 ± 26.9 (151-189)	222.4 ± 57.6 (145-321)	198.2 ± 51.5 (131-260)	140-200	0.31

ตารางที่ 4-8 แสดงผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก (mean ± S.D)

ตัวแปร	**พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (N=3)**	**พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (N=37)**	**พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ (N=7)**	**ค่าอ้างอิง**	***p*-value**
cholinesterase activity	2084.33 ± 424.98 (1621-2456)	2093 ± 243.65 (1588-2743)	1945 ± 158.87 (1710-2743)		0.35
อายุ	44.3 ± 10.69 (32-51)	41.95 ± 13.3 (15-60)	45.28 ± 7.29 (36-57)	-	0.79

เพศ (ชาย)	100%	54.05%	28.57%	-	
เพศ (หญิง)	0%	45.95%	71.43%	-	
ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) (kg/m^2)	24.59 ± 2.99 (21.80-27.76)	25.24 ± 5.43 (16.03-41.21)	24.01 ± 3.41 (18.82-27.68)	19-25	0.84
ความดันตัวบน (SBP) (mmHg)	143.33 ± 11.37 (134-156)	127.46 ± 16.25 (101-185)	121.43 ± 14.08 (105-143)	<140	0.14
ความดันตัวล่าง (DBP) (mmHg)	94 ± 7.81 (89-103)	79.54 ± 11.9 (56-102)	75.57 ± 13.15 (54-90)	<90	0.09*
ฮีโมโกลบิน (Hb) (g/dL)	14.63 ± 1.07 (13.70-15.80)	13.70 ± 1.36 (10.80-16.90)	12.94 ± 1.35 (11.30-14.90)	12-18	0.18
ฮีมาโตคริต (Hct) (%)	50.43 ± 2.87 (48.30-53.70)	47.95 ± 4.21 (38.40-57.90)	45.48 ± 4.00 (40.20-51.90)	37-54	0.19
ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง MCV (fL)	93.63 ± 9.28 (83-100)	96.49 ± 6.39 (73.50-107.50)	97.14 ± 4.54 (92.10-104.90)	80-100	0.72
Total cholesterol (mg/dL)	241 ± 18.52 (220-255)	173.86 ± 52.92 (86-307)	154.71 ± 43.03 (102-229)	140-200	0.05*

4.3.5 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของทัศนคติการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้น

1) ความสัมพันธ์ของทัศนคติการรับประทานผักผลไม้และระดับ cholinesterase activity ในซีรั่ม

พบว่า cholinesterase activity ในซีรั่มของ กลุ่มทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) มีค่าอยู่ในช่วง 2,116.40 - 4,435.63 U/L, ค่าเฉลี่ย 3,039.26 U/L (S.D = 542.7) กลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน) มีค่าอยู่ในช่วง 2,147.27 - 3,928.57 U/L, ค่าเฉลี่ย 3,048.34 U/L (S.D = 608.7) ซึ่งค่า cholinesterase activity ในซีรั่มเฉลี่ยของกลุ่มทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.96) (**ตารางที่ 4-9**)

2) ความสัมพันธ์ของทัศนคติการรับประทานผักผลไม้และข้อมูลทั่วไปของกลุ่มอาสาสมัคร

จากข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ พบว่า กลุ่มผู้ที่มีทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) มีค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย (BMI), ความดันตัวบน (Systolic blood pressure) และความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure) คือ 20.4 ปี, 21.52 kg/m^2, 103 mmHg และ 67.87 mmHg ตามลำดับ โดยร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง และกลุ่มผู้ที่มีทัศนคติที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน) มีค่าเฉลี่ยของอายุ ดัชนีมวลกาย (BMI), ความดันตัวบน (Systolic blood pressure) และความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure) คือ 20.45 ปี, 22.29 kg/m^2, 98.4 mmHg และ 63.9 mmHg ตามลำดับ โดยร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง (**ตารางที่ 4–9**)

3) ความสัมพันธ์ของทัศนคติการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจเลือดทางโลหิตวิทยา

จากผลการตรวจประเมินสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ พบว่าค่าฮีโมโกลบิน, ฮีมาโตคริต, ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง, Total cholesterol ของกลุ่มที่มีทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลางมีค่าเฉลี่ยคือ 12.43 g/dL, 43.32 %, 88.22 fL, 210.87 mg//dL และค่าฮีโมโกลบิน, ฮีมาโตคริต, ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง, Total cholesterol ของกลุ่มที่มีทัศนคติที่มีความเสี่ยงต่ำมีค่าเฉลี่ยคือ 13.0 g/dL, 46.92 %, 88.20 fL, 219.39 mg//dL ซึ่งค่าฮีมาโตคริตของทั้งสองกลุ่มอยู่ในช่วงค่าอ้างอิงและพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.06) (**ตารางที่ 4–9**)

ตารางที่ 4-9 แสดงผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ด้านทัศนคติกับและผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ (mean ± S.D)

ตัวแปร	ทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลาง (N=23)	ทัศนคติที่มีความเสี่ยงต่ำ (N=11)	ค่าอ้างอิง	*p* - value
cholinesterase activity	3,039.26 ± 542.7 (2,116.40-4,435.63)	3,048.34 ± 608.7 (2,147.27-3,928.57)	>2,000	0.96
อายุ	20.4 ± 0.72 (19-22)	20.45 ± 0.52 (20-21)	-	0.96
เพศ (หญิง)	91.3%	90.9%	-	
ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) (kg/m^2)	21.52 ± 4.19 (16.23-35.35)	22.29 ± 4.14 (17.12-32.37)	19-25	0.88
ความดันตัวบน (SBP) (mmHg)	103 ± 9.90 (86-130)	98.4 ± 13.4 (81-127)	<140	0.24
ความดันตัวล่าง (DBP) (mmHg)	67.87 ± 7.68 (57-85)	63.9 ± 5.98 (52-83)	<90	0.19
ฮีโมโกลบิน (Hb) (g/dL)	12.43 ± 1.00 (10.5-14.7)	13.0 ± 1.83 (10-16)	12-18	0.12
ฮีมาโตคริต (Hct) (%)	43.32 ± 3.10 (37.60-49.90)	46.92 ± 7.79 (35.80-64.40)	37-54	0.06*
ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง MCV (fL)	88.22 ± 9.77 (69.80-102.20)	88.20 ± 15.77 (49-109.70)	80-100	0.99
Total cholesterol (mg/dL)	210.87 ± 57.33 (145-321)	219.39 ± 55.06 (131-321)	140-200	0.68

*แสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.10$

4.4 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสกับผลตรวจประเมินทางด้านสุขภาพของกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง

กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง จำนวนทั้งหมด 81 ราย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส คือ ระดับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสต่ำกว่าปกติ (< 2,000 U/L) จำนวน 18 ราย และระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสปกติ (≥ 2,000 U/L) จำนวน 63 ราย

ผลการตรวจประเมินสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสต่ำกว่าปกติ (< 2,000 U/L) มีค่าเฉลี่ยของความดันตัวบน (Systolic blood pressure), ความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure), ฮีโมโกลบิน (Hb), ฮีมาโตคริต (Hct), ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง (MCV) และTotal cholesterol คือ 128.33 mmHg, 79 mmHg, 13.19 g/dL, 46.42%, 96.94 fL และ 166.39 mg/dL ตามลำดับ

กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสปกติ (≥ 2,000 U/L) มีค่าเฉลี่ยของความดันตัวบน (Systolic blood pressure), ความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure), ฮีโมโกลบิน (Hb), ฮีมาโตคริต (Hct), ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง (MCV) และTotal cholesterol คือ 113.37 mmHg, 72.95 mmHg, 13.56 g/dL, 46.36 %, 91.84 fL และ 198.52 mg/dL ซึ่งพบว่าค่าความดันตัวบน (Systolic blood pressure), ความดันตัวล่าง (Diastolic blood pressure) และปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง (MCV) ของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**ตารางที่ 4-10**)

ตารางที่ 4-10 แสดงระดับ cholinesterase activity เปรียบเทียบกับการตรวจประเมินสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างนิสิตคณะสหเวชศาสตร์และคนในชุมชนบ้านหัวโกรก (mean ± S.D)

ตัวแปร	ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสต่ำ < 2,000 (N=18)	ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสปกติ ≥ 2,000 (N=63)	*p* - value
ความดันตัวบน (SBP) (mmHg)	128.33 ± 20.10 (101-158)	113.37 ± 17.66 (81-156)	0.003*
ความดันตัวล่าง (DBP) (mmHg)	79 ± 11.59 (56-102)	72.95 ± 12.63 (52-103)	0.07*
ฮีโมโกลบิน (Hb) (g/dL)	13.19 ± 1.10 (11.30-15.50)	13.56 ± 1.53 (10.00-16.90)	0.87
ฮีมาโตคริต (Hct) (%)	46.42 ± 3.29 (40.20-53.40)	46.36 ± 5.32 (35.80-64.40)	0.96
ปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง MCV (fL)	96.94 ± 5.33 (82.50-107.50)	91.84 ± 10.52 (49-109.70)	0.05*
Total cholesterol (mg/dL)	166.39 ± 54.23 (102-307)	198.52 ± 56.27 (86-321)	0.34

*แสดงความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.10$

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการตรวจหาสารพิษในผักและผลไม้ด้วยวิธี จีที (GT-Pesticide Residual test kit) พบสารพิษในผักประเภท กระเพราะ คะน้า กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาวและผักกาดขาวในปริมาณสูงที่สุดตามลำดับ ซึ่งพบในตลาดเช้าบางพระและตลาดเช้าศรีราชามากที่สุด โดยหลังจากทดสอบสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมทชนิดไดคลอร์วอสมากที่สุด จากการทดสอบโดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit โดยใช้หลักการ TLC

จากการศึกษาอาสาสมัครกลุ่มที่ 1 จำนวน 68 คน พบว่า พฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้ร่วมกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารชีวเคมีในร่างกาย ประกอบด้วยการตรวจหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (cholinesterase activity), ระดับเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase activity) และตรวจหาปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ (total antioxidant) ในซีรั่มที่เกี่ยวข้องกับระดับพิษของยาฆ่าแมลงตกค้างในร่างกายของกลุ่มผู้บริโภค สามารถแบ่งกลุ่มตามทัศนคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการรับประทานผักผลไม้ ได้เป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่กลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง และกลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง และพบระดับเอนไซม์ โคลีนเอสเตอเรส ระดับเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส และปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระในซีรั่มของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูงมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง

จากการศึกษาอาสาสมัครกลุ่มที่ 2 และ 3 จำนวน 81 คน มีทัศนคติและพฤติกรรมการรับประทานผักและผลไม้ของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคในชุมชนอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงปานกลาง และผลทางทัศนคติไม่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภค ซึ่งทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคผักผลไม้ในกลุ่มเสี่ยงสูงต่อการได้รับพิษจากยาฆ่าแมลง ไม่สัมพันธ์สอดคล้องกับระดับ Cholinesterase ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ระดับความเป็นพิษสะสมที่เกิดขึ้นในร่างกาย และไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าส่งผลต่อค่าทางโลหิตวิทยา แต่พบแนวโน้มความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับระดับระดับโคเลสเตอรอล (Cholesterol) ในเลือด และความดันโลหิต

เมื่อใช้เกณฑ์ระดับค่าของเอนไซม์ โคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มที่เกี่ยวข้องกับระดับพิษของยาฆ่าแมลงตกค้างในร่างกายของกลุ่มผู้บริโภค มาประเมินสุขภาพของผู้บริโภคเบื้องต้น พบความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับภาวะความดันโลหิตสูงและปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง (MCV) ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ประเมินความเสี่ยงของโรคและอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นต่อระบบประสาท

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ผลการตรวจหาสารพิษในผักและผลไม้

1) ผลการสารพิษตกค้างโดยรวมทุกชนิดที่มีอยู่ในผักโดยใช้ชุดทดสอบมาตรฐาน GT-Pesticide Residual test kit

จากผลการสุ่มตรวจผักผลไม้จากตลาดสดในเขตพื้นที่เขตอำเภอเมืองชลบุรีและพื้นที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยชุดน้ำยาตรวจสอบ GT ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จำนวนทั้งสิ้น 200 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ที่อยู่ในระดับไม่ปลอดภัย เพียงร้อยละ 19.0 ของตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งให้ผลไปในทิศทางตรงข้ามกับงานวิจัยของพัชรีและคณะที่ตรวจพบสารพิษตกค้างอยู่ในผักระดับที่ไม่ปลอดภัยในปริมาณค่อนข้างสูง (พัชรี ภคกษมา, 2559) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากแหล่งที่มาของตัวอย่างที่แตกต่างกัน เนื่องจากงานวิจัยของพัชรีและคณะนั้นเก็บตัวอย่างทดสอบจากตลาดในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งอาจรับผักและผลไม้มาจากแหล่งค้าส่งที่แตกต่างจากจังหวัดชลบุรี ในขณะที่ผลการวิจัยนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของชุติภัสร์และคณะที่พบสารพิษตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยในปริมาณใกล้เคียงกัน (ชุติภัสร์ เรืองวุฒิ, 2554)

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อศึกษาชนิดของผักที่มีสารพิษตกค้างในปริมาณที่ไม่ปลอดภัยนั้นพบว่าแนวโน้มของสารพิษตกค้างในชนิดของผักผลไม้แตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบสารพิษตกค้างสูงในผักที่ใช้ผลในการรับประทาน เช่น พริก แตงกวาและมะเขือเปราะ ในขณะที่งานวิจัยชิ้นนี้มีการสุ่มตรวจผักและผลไม้จำนวนทั้งหมด 200 ตัวอย่าง ซึ่งพบสารพิษตกค้างที่ใช้ใบในการรับประทานเป็นหลัก ได้แก่ กระเพรา คะน้า กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาวและผักกาดขาว ในปริมาณสูงที่สุด ตามลำดับ จากผลการวิจัยที่แตกต่างกันนั้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารพิษตกค้างในผักแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกัน อาจไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่นอนว่าผักชนิดใดที่มีความเสี่ยงต่อการตกค้างของสารพิษมากที่สุด แต่จากผลการวิจัยที่ผ่านมาและงานวิจัยชิ้นนี้สามารถระบุได้ในระดับหนึ่งว่า กระเพรา คะน้า กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว ผักกาดขาว พริก มะเขือเปราะและแตงกวา เป็นผักที่มีความเสี่ยงต่อการมีสารพิษตกค้าง

ดังนั้นการตรวจหาสารพิษในผักและผลไม้จึงมีความจำเป็นในการลดความเสี่ยงที่อาจเกิดจากสารพิษตกค้างได้ ซึ่งเมื่อตรวจสอบแหล่งที่มาของผักและผลไม้ที่ตรวจพบสารพิษในระดับที่ไม่ปลอดภัยพบว่าส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากตลาดเช้าศรีราชาและตลาดเช้าบางพระ อำเภอศรีราชา ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าที่สองแหล่งนี้อาจรับผักและผลไม้มาจากแหล่งค้าส่งเดียวกันหรืออาจเป็นผักและผลไม้ที่ปลูกโดยชาวบ้านในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงที่ยังคงมีการใช้ยาฆ่าแมลงอยู่ ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือ ไม่ได้รับความร่วมมือจากการสอบถามข้อมูลถึงแหล่งที่มาของผัก นอกจากนี้ในการสุ่มตัวอย่างผักผลไม้บางชนิดมีปริมาณที่น้อยเกินไป จึงไม่สามารถใช้เปอร์เซ็นต์ที่พบเป็นตัวแทนร้อยละของทั้งหมดได้

สำหรับเทคนิคการตรวจหาสารพิษตกค้างโดยใช้ชุดทดสอบ จี ที (GT-Pesticide Residual test kit) นั้นมีความสามารถมากเพียงพอในการตรวจหาสารพิษ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการตรวจสอบพบว่า วิธีนี้ไม่มีความเฉพาะเจาะจง (specificity) กับเฉพาะสารใน 2 กลุ่มนี้เท่านั้น ยังสามารถเกิดผลในทางบวกกับสารพิษอื่น เช่น ความเป็นพิษในตัวของพืชสมุนไพรบางชนิด หรือสารพิษที่เกิดจากการย่อยสลายโดยวิธีการทางธรรมชาติ (Biodegradation products) หรือเกิดความเป็นพิษจากการเสริมฤทธิ์ของสารพิษปริมาณต่ำกับเนื้อเยื่อของพืช ทำให้เกิดผลดีต่อการคุ้มครองผู้บริโภคที่สามารถตรวจเพื่อคัดกรองสารพิษอื่นได้อีกด้วย (GT trading, 2004) ดังนั้นวิธีการนี้ จึงมีความแตกต่างจากวิธีการทางห้องปฏิบัติการที่ตรวจเป็นชนิดสาร การประเมินว่าปลอดภัยหรือไม่ปลอดภัย จะดูจากการเปรียบเทียบค่ากำหนดของชนิดสารเคมีกับชนิดอาหาร ซึ่งหากมีการตกค้างของสารพิษมากชนิดในตัวอย่างเดียว แต่ปริมาณการตกค้างไม่เกินค่ากำหนดในทุกชนิดสารเคมี ให้ถือว่าปลอดภัย นอกจากนี้ในการตรวจหาสารพิษนี้อาจสามารถใช้ได้เพียงในบางกรณีเนื่องจากปัญหาเรื่องชุดน้ำยาที่นำมาตรวจและความรู้ความเข้าใจในการใช้ชุดตรวจ ดังนั้นการล้างผักและผลไม้อย่างถูกวิธีจึงสามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค

นอกจากนี้ การพัฒนาชุดทดสอบที่ใช้งานได้ง่ายและสะดวกต่อการแปลผล เนื่องจากชุดตรวจ จี ที (GT-Pesticide Residual test kit) นั้นถึงแม้ว่าจะใช้การดูสีเทียบกับหลอดควบคุมและตัดสินก็ตาม แต่ในการแปลผลของแต่ละคนอาจไม่เหมือนกัน ทำให้บางครั้งอาจเกิดความผิดพลาดในการแปลผลได้ ซึ่งการพัฒนาชุดตรวจนี้อาจช่วยลดความเสี่ยงต่อปริมาณสารพิษตกค้างได้ รวมถึงการให้ความรู้ต่อเกษตรกรผู้ซึ่งสัมผัสกับสารกำจุดศัตรูพืชโดยตรงให้รับรู้และตระหนักถึงอันตรายจากการใช้สารเคมีเหล่านี้ ย่อมส่งผลให้ความเสี่ยงของผู้บริโภคต่อการได้รับสารพิษนั้นลดลง (อุทัยทิพย์ สังกลม และคณะ, 2556) โดยอาจมีการประชาสัมพันธ์วิธีการป้องกันตนเองจากสารพิษที่อยู่ในผัก เช่น มีการปอก

เปลือกหรือลอกเปลือกชั้นนอกของผักสด หรือผลไม้ออกทิ้ง การล้างผักสดด้วยน้ำเกลือ น้ำปูนคลอรีน น้ำส้มสายชู น้ำผสมด่างทับทิม น้ำโซดาหรือน้ำยาล้างผัก เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการป้องกันการได้รับสารพิษในเบื้องต้น (สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, 2556)

2) ผลการตรวจหาและชนิดของสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมทโดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit โดยใช้หลักการ TLC

ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาตรวจหาและชนิดของสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมทโดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit จำนวน 17 ตัวอย่าง โดยใช้หลักการ TLC พบสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมทในผักและผลไม้ประเภท ถั่วฝักยาว โหระพา กะเพรา และพริก มากที่สุดตามลำดับ โดยพบสารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมท ชนิดไดคลอร์วอสมากที่สุด โดยไดคลอร์วอสเป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่นำไปใช้ในการเกษตรและใช้ในครัวเรือน สามารถกำจัดแมลงได้อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการควบคุมและกำจัดยุงก้นปล่องที่เป็นพาหะนำไข้มาลาเรีย ซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขของประเทศและสามารถกำจัดแมลงชนิดต่างๆ ที่เป็นพาหะนำโรคติดต่อมาสู่คนและสัตว์เลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย (พิมเพ็ญ สุนทร, 2553) ทำให้เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย โดยมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของอะซิติลโคลีนเอสเตอเรส ทำให้เกิดการสะสมของอะซิติลโคลีนที่ปลายเส้นประสาท เกิดพิษเฉียบพลัน ทำให้เกิดการกระตุ้นปลายประสาทอย่างรุนแรง และเสียชีวิตได้ง่าย อาการที่พบคือ มีคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน น้ำตาไหล เหงื่อออก ม่านตาหด กลั้นอุจจาระปัสสาวะไม่ได้ การเกร็งของหลอดลม กล้ามเนื้อกระตุก และมีเสมหะมาก (สรุปรายงานเฝ้าระวังโรค, 2556) ซึ่งเป็นอันตรายอย่างมาก

ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาตรวจหาชนิดของสารเคมีกำจัดแมลง ในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมทโดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit โดยใช้หลักการ TLC นั้นมีการสุ่มตัวอย่างเพียง 17 ชนิด ซึ่งในการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมท โดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit โดยใช้หลักการ TLC นั้นควรทำการทดสอบเมื่อผลจากการใช้ชุดทดสอบ จี ที (GT-Pesticide Residual test kit) ให้ผลบวก เพื่อเป็นการยืนยันผลบวกในชุดทดสอบ จี ที (GT-Pesticide Residual test kit) และเพื่อแยกชนิดของสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมทนอกจากนี้ยังมีการทำ TLC ในผักและผลไม้ที่ให้ผลลบต่อชุดทดสอบ จี ที (GT-Pesticide Residual test kit) โดยสุ่มตัวอย่างผักและผลไม้ที่ให้ผลลบในการทดสอบ จี ที มาเป็นตัวแทนในการทดสอบ TLC เพื่อยืนยันผลการทดสอบว่าเป็นผลลบจริง แต่อย่างไรก็ตามในการ

ทดสอบครั้งนี้ ไม่สามารถนำตัวอย่างผักและผลไม้ที่ให้ผลบวกและผลลบทุกตัวอย่างกับชุดทดสอบ จีที(GT-Pesticide Residual test kit) มาทดสอบ TLC เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยในด้านงบประมาณ

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไป และผลการตรวจสุขภาพทางเลือด ของอาสาสมัครกลุ่มที่ 1

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ในการคัดกรองกลุ่มอาสาสมัครกลุ่มที่ 1 ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย ตามวิธีที่ 1 สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามทัศนคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการรับประทานผักผลไม้ โดยผลการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปและการตรวจประเมินสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีความคล้ายคลึงกัน ไม่พบความแตกต่างของ อายุ เพศ ค่าดัชนีมวลกาย ความดันตัวบน ความดันตัวล่าง และ Total cholesterol แต่พบว่าค่าฮีโมโกลบินของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.04) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Joshaghani และคณะ ที่พบว่าในกลุ่มเกษตรกรผู้ที่ได้รับสารพิษจากยาฆ่าแมลงสะสมเป็นระยะเวลานาน จะมีผลการตรวจค่าฮีโมโกลบิน มีค่าสูงขึ้น (Joshaghani et al., 2007) นอกจากนี้ การศึกษาของ Garcia-Repetto และคณะ ที่พบว่ายาฆ่าแมลงจะมีการเปลี่ยนรูปที่ตับทำให้เกิดสารที่มีความเป็นพิษมากขึ้น ซึ่งอาจสะสมในตับได้ จึงอาศัยการตรวจ Total cholesterol เพื่อช่วยประเมินการเกิดพิษต่อตับเบื้องต้นแทนการตรวจระดับเอนไซม์ในตับ เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้เป็น left over serum หากตรวจหาระดับเอนไซม์จะทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้

ผลการตรวจระดับ cholinesterase activity ในซีรั่ม ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในรูปของ cholinesterase activity ในซีรั่ม ของกลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง และพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง พบว่า กลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (1,504.19 ± 160.99 U/L) มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1,459.57 ± 193.15 U/L) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ระดับ cholinesterase activity ในซีรั่ม (BChE) เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงของกลุ่มประชากรในเขต Midwestern Unitate State ที่อยู่ในช่วง 1,350 – 3,230 U/L (EQM Research Inc, 2003) จะพบว่าค่าของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มยังอยู่ในช่วงค่าอ้างอิงแต่ค่อนไปทางต่ำเล็กน้อย และหากพิจารณาเปรียบเทียบกับอีกหนึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งใช้เกณฑ์การแปลผลกลุ่มประชากรที่อยู่ในพื้นที่ทำการเกษตรกรรม โดยค่าปกติคือมีระดับเอนไซม์ BChE มากกว่า 1,560 U/L (Norkaew et al., 2015) จะพบว่าค่า cholinesterase activity ในซีรั่มของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มต่ำลงเล็กน้อยเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการได้รับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต หรืออาจเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ปัจจัยของเพศและอายุ โดย

เพศชายจะมีระดับเอนไซม์สูงกว่าเพศหญิง แต่เมื่ออายุเกิน 60 ปีจะไม่มีความแตกต่างกัน (Nielson and Anderson, 2002; Sidell and Kaminskis, 1975) หญิงที่รับประทานยาคุมกำเนิดจะมีระดับเอนไซม์ต่ำกว่าหญิงที่ไม่ได้รับประทาน ผู้สูงอายุและเด็กเล็กจะมีระดับเอนไซม์ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ (Kaminskis, 1975) นอกจากนี้ยังพบว่าโรคและภาวะบางอย่างมีผลรบกวนการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เช่น ภาวะขาดสารอาหาร, ภาวะทุพโภชนาการ, โรคตับ, โรคโลหิตจาง รวมถึงปัจจัยทางด้านพันธุกรรม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถทำให้ระดับของเอนไซม์ต่ำได้เช่นกัน

จากการศึกษาพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้โดยใช้แบบสอบถามความรู้ และความเข้าใจในพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้ ทำให้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกได้เป็น 2 กลุ่มตามเกณฑ์การให้คะแนน แต่เนื่องจากเกณฑ์ที่ใช้มีช่วงของคะแนนที่แคบทำให้ไม่สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งสองได้ชัดเจน และเนื่องจากการทำแบบสอบถามจะขึ้นอยู่กับความรู้และความเข้าใจของผู้ทำแบบสอบถาม ผู้ทำแบบทดสอบอาจตอบไม่ตรงกับความเป็นจริง ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อน (สมคิด จูหว้า, ม.ป.ป) การแบ่งกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ชัดเจนและการที่ผู้ทำแบบสอบถามอาจตอบคำถามไม่ตรงกับความเป็นจริง ทำให้ในการทดสอบการตรวจหาระดับเอนไซม์ โคลีนเอสเตอเรส ระดับเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส และตรวจหาปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ ในซีรั่มที่เกี่ยวข้องกับระดับพิษของยาฆ่าแมลงตกค้างในร่างกายของกลุ่มผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การใช้ตัวอย่างที่เป็น left over serum อาจทำให้ค่าที่ได้จากการตรวจวัดระดับของเอนไซม์ BChE มีความคลาดเคลื่อน ยกตัวอย่างเช่น ค่าครึ่งชีวิตของเอนไซม์ที่ถูกยับยั้งโดย organophosphate อยู่ที่ประมาณ 5-16 วัน (Polhuijs et al., 1997)

5.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไป และผลการตรวจสุขภาพทางเลือด ของอาสาสมัครกลุ่มที่ 2 และ 3

1) ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และระดับ เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรั่ม

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ในการคัดกรองกลุ่มอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการวิจัย ตามวิธีที่ 2 สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามพฤติกรรมเกี่ยวกับการรับประทานผักผลไม้ โดยผลการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไปและการตรวจประเมินสุขภาพเบื้องต้น ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม คือ พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง (-6 – 0 คะแนน) พฤติกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) และพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน)

ผลการศึกษาการยับยั้งระดับของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรั่มที่ใช้เป็นตัวชี้วัดระดับการได้รับสารพิษยาฆ่าแมลงสะสมในร่างกายของกลุ่มอาสาสมัคร นิสิตคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก ในแต่ละกลุ่มเสี่ยงทางด้านพฤติกรรมการบริโภคผักนั้น พบว่า ระดับของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกลุ่มอาสาสมัครทั้งสามกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มต่ำลงในกลุ่มที่มีพฤติกรรมเสี่ยงมากขึ้น (**ตารางที่ 4-6**) อาจเนื่องมาจากการสะสมในร่างกายของผู้บริโภคเมื่อได้รับสารเคมีดังกล่าวเข้าไป เป็นการได้รับในปริมาณน้อยๆ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลายาวนานถึงระดับหนึ่งจึงส่งผลกระทบต่อค่าระดับของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส อีกทั้งการทดสอบนี้เป็นการวัดค่าบิวทิริลโคลีนเอสเตอเรส ซึ่งมีความจำเพาะเจาะจงน้อยกว่าและจากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการศึกษาพิษของยาฆ่าแมลงที่ส่งผลต่อระบบประสาทและการทำงานของตับ ทำให้สามารถใช้ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของการทำงานเอนไซม์อะซิทิลโครีนเอสเตอเรสเป็นตัวชี้วัดระดับการได้รับสารพิษยาฆ่าแมลงสะสมในร่างกายซึ่งมักพบในกลุ่มของเกษตรกรผู้ใช้ยาฆ่าแมลงและสัมผัสสารโดยตรงเป็นหลัก (Joshaghani et al., 2007)

2) ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้และข้อมูลทั่วไป

กลุ่มอาสาสมัครนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อแบ่งตามพฤติกรรมเสี่ยงในการได้รับสารพิษตกค้างในร่างกายออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มพฤติกรรมที่มีความเสี่ยงสูง เสี่ยงปานกลาง และเสี่ยงต่ำ พบว่าผลจากการประเมินสุขภาพเบื้องต้นนั้น ทั้งอายุ เพศ ความดันตัวบนและล่าง BMI ปริมาณฮีโมโกลบิน ค่าฮีมาโตคริตหรือค่าความอัดแน่นของเม็ดเลือดแดงและ MCV และระดับโคเลสเตอรอลของทั้งสามกลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยดังกล่าวไม่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักและผลไม้ของอาสาสมัครตัวอย่าง นิสิตคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อาจเป็นเพราะการทดสอบนี้ ตัวอย่างที่ใช้เป็น left over serum หากตรวจหาระดับเอนไซม์จะทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้ (Garcia-Repetto et al., 1995) ซึ่งผลการตรวจ Total cholesterol นั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

ในกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างคนในชุมชนบ้านหัวโกรก ตำบลหนองรี จังหวัดชลบุรี พบว่าผลจากการประเมินสุขภาพเบื้องต้นนั้น ทั้งอายุ เพศ ความดันตัวบน BMI ปริมาณฮีโมโกลบิน ค่าฮีมาโตคริตหรือค่าความอัดแน่นของเม็ดเลือดแดง และ MCV ของทั้งสามกลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าค่าความดันตัวล่าง (p = 0.07) และค่า Total cholesterol (p = 0.05) นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า พฤติกรรมการบริโภคผักและผลไม้นั้น

มีผลต่อ ความดันตัวล่างและโคเลสเตอรอล เนื่องจากชาวบ้านชุมชนบ้านหัวโกรกส่วนใหญ่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ซึ่งโรคประจำตัวของผู้สูงอายุส่วนใหญ่คือโรคความดันสูงและไขมันในเลือดสูง ซึ่งการเป็นโรคเหล่านี้ล้วนมาจากการพฤติกรรมการบริโภค ซึ่งจะพบระดับโคเลสเตอรอลแนวโน้มสูงขึ้นในกลุ่มพฤติกรรมเสี่ยงสูงในการได้รับสารพิษตกค้าง อาจเป็นผลมาจากการขาดซึ่งความใส่ใจดูแลสุขภาพการกินอยู่ของชีวิต นอกจากนี้ระดับการตรวจโคเลสเตอรอลยังสามารถนำมาใช้ช่วยประเมินการเกิดพิษต่อตับเบื้องต้นแทนการตรวจระดับเอนไซม์ในตับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Garcia-Repetto และคณะ ที่พบว่ายาฆ่าแมลงจะมีการเปลี่ยนรูปที่ตับทำให้เกิดสารที่มีความเป็นพิษมากขึ้นซึ่งอาจสะสมในตับได้ จึงส่งต่อระดับการตรวจโคเลสเตอรอล (Garcia-Repetto et al., 1995) โดยสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนนั้นจะไปเพิ่มการแสดงออกของยีนส์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายไขมัน (Aminov Z et al., 2013) นอกจากนี้ อีกตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อผลการวิเคราะห์ คือ การตอบแบบสอบถามหากผู้ตอบแบบประเมินไม่ตอบตรงตามความเป็นจริงจะทำให้ผลการวิเคราะห์คาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาทางด้านโลหิตวิทยาไม่พบความสัมพันธ์กับกลุ่มเสี่ยงแต่อย่างใด ซึ่งให้ผลที่ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Jintana และคณะ ที่มีการรายงานพบความผิดปกติของเม็ดเลือดหรือผลทางโลหิตวิทยา ในกลุ่มผู้ที่ได้รับสารพิษยาฆ่าแมลงปริมาณมากเป็นเวลานานๆ (Jintana et al., 2009) อาจเป็นเพราะระดับความเป็นพิษสะสมที่เกิดจากการรับประทานนั้นน้อยกว่าการสัมผัสสารพิษทางผิวหนังและการหายใจ ทำให้ไม่พบอันตรายที่รุนแรงต่อร่างกาย แต่อาจส่งผลต่อการดำรงชีวิตในระยะยาวหรือวัยชราได้

3) ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของทัศนคติการรับประทานผักผลไม้และผลตรวจประเมินทางสุขภาพเบื้องต้น

กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง นิสิตคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี จำนวน 34 คน แบ่งตามทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานผักผลไม้ ได้เพียง 2 กลุ่มคือ ทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) 23 คน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.74 คะแนน และทัศนคติที่มีความเสี่ยงต่ำ (8 - 14 คะแนน) 11 คน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 8.54 คะแนน แสดงให้เห็นว่า กลุ่มวัยเรียนมีทัศนคติและความรู้ที่ค่อนข้างดีในการรับประทานผักผลไม้ แต่กลับพบว่า พฤติกรรมปฏิบัติในการรับประทานผักผลไม้มีความเสี่ยงโดยภาพรวมอยู่ระดับปานกลางและสูง อาจเนื่องมาจากการรับประทานอาหารโดยหลักมาจากการซื้ออาหารตามสั่งตามชีวิตที่เร่งรีบมากกว่าการซื้ออาหารมา

ประกอบรับประทานเอง เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของทัศนคติการรับประทานผักผลไม้กับผลจากการประเมินสุขภาพเบื้องต้นนั้น ทั้งอายุ เพศ ความดันตัวบนและล่าง BMI ปริมาณฮีโมโกลบิน MCV และ Total cholesterol ของทั้งสามกลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบค่าฮีมาโตคริตหรือค่าความอัดแน่นของเม็ดเลือดแดงต่ำลงในกลุ่มเสี่ยงปานกลาง มากกว่ากลุ่มเสี่ยงต่ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <0.10) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prado-Lu ที่พบว่าในกลุ่มเกษตรกรผู้ที่ได้รับสารพิษจากยาฆ่าแมลงสะสมเป็นระยะเวลานาน โดยสารในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมตจะแย่งจับกับเหล็กโดยอยู่ในรูปของเตตระฮีดรอนซึ่งมีความสามารถในการจับเหล็กสูงเพราะมีออกซิเจนในโมเลกุลทำให้เมื่อได้รับสารในกลุ่มออร์กาโนฟอตเฟตและคาร์บาเมตเข้าไป เหล็กซึ่งอยู่ในรูป เฟอรัส(ferrous) จะจับกับโมเลกุลของออกซิเจนในเตตระฮีดรอนทำให้ไม่มีสารตั้งต้นในการสร้างฮีโมโกลบิน (Kumar V, et al., 2013) จึงมีค่าฮีโมโกลบินและค่าฮีมาโตคริตหรือค่าความอัดแน่นของเม็ดเลือดแดงลดต่ำลง (Prado-Lu, 2007) อย่างไรก็ตามกลุ่มอาสาสมัครนิสิตที่ทำการวิเคราะห์มีจำนวนที่น้อยเกินไป ผลการวิเคราะห์ทางสถิติยังไม่สามารถเชื่อถือได้เพียงพอ p = 0.06 จึงควรทำการวิเคราะห์จำนวนตัวอย่างที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อยืนยันผล

กลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างในชุมชนบ้านหัวโกรก ตำบลหนองรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 47 คน จากการแปลผลแบบสอบถามด้านทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานผักผลไม้พบว่ามีทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลาง (1 - 7 คะแนน) ทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถนำมาตรวจวิเคราะห์ทางสถิติได้ เนื่องจากกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่างในชุมชนบ้านหัวโกรกนั้นอาจได้รับการอบรม ให้ความรู้ เกี่ยวกับการป้องกันสารเคมีกำจัดแมลงเข้าสู่ร่างกาย แต่อย่างไรก็ตามทัศนคติกับพฤติกรรมการบริโภคนั้นอาจไม่มีความเกี่ยวข้องสอดคล้องกัน เนื่องจากผลจากการทำแบบทดสอบนั้นพบพฤติกรรมความเสี่ยงได้ 3 กลุ่ม คือ ความเสี่ยงสูง ความเสี่ยงกลาง ความเสี่ยงต่ำ แต่ผลจากการวิเคราะห์ด้านทัศนคติแบ่งออกได้เพียงหนึ่งกลุ่มคือ ทัศนคติที่มีความเสี่ยงปานกลาง แสดงให้เห็นว่า ทัศนคตินั้นไม่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคผักและผลไม้ของแต่ละคน อาจมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องและสำคัญมากกว่า เช่น วุฒิการศึกษา สภาพแวดล้อมและอาชีพในการทำงาน เป็นต้น

4) ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสกับผลตรวจประเมินทางด้านสุขภาพของกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง

เมื่อนำกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง จำนวนทั้งหมด 81 ราย แบ่งตามค่าระดับเอนไซม์เรสได้ป็น 2 กลุ่ม คือ ระดับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสต่ำ (< 2,000U/L) จำนวน 18 คน และโคลีนเอสเตอเรสระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสปกติ (≥ 2,000 U/L) จำนวน 63 คน พบว่า ค่า ฮีโมโกลบิน ค่าฮีมาโตคริตหรือค่าความอัดแน่นของเม็ดเลือดแดงและค่าโคเลสเตอรอลนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความดันตัวบน (p = 0.003) และล่าง (p = 0.07) และค่า MCV (p = 0.05) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าระดับโคลีนเอสเตอเรสมีผลต่อความดันตัวบนและล่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Masuda ที่พบว่าการยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสนั้นจะทำให้ค่าความดันเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการทำงานของ M1 และ M2 subtype ของ muscarinic receptor ซึ่งทำหน้าที่ลดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยผ่านการทำงานของอะซิติลโคลีนดังนั้นเมื่อเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสถูกยับยั้งการทำงานจึงทำให้อะซิติลโคลีน เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้การเต้นของหัวใจช้าลง ร่างกายจึงมีการรักษาสมดุลโดยยับยั้ง muscarinic receptor และกระตุ้น adenal medulla ให้หลั่งฮอร์โมนนอร์อิพิเนฟฟริน (norepinephire) จึงทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นและส่งผลให้ความดันเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (Masuda, 2004) จากการศึกษาในครั้งนี้พบความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับค่า MCV ขัดแย้งกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Prado-Lu ที่พบว่าในกลุ่มเกษตรกรผู้ที่ได้รับสารพิษจากยาฆ่าแมลงสะสมเป็นระยะเวลานาน จะมีผลการตรวจค่า MCV ต่ำลง (Prado-Lu, 2007) แต่การศึกษาครั้งนี้ พบระดับค่า MCV สูงขึ้นในกลุ่มที่มีระดับโคลีนเอสเตอเรสต่ำกว่า < 2,000 U/L อย่างไรก็ตามผลของเม็ดเลือดแดงตัวแก่ที่มีขนาดเล็กกว่าปกติ สามารถพบได้ในโรคธาลัสซีเมีย โรคโลหิตจางขาดธาตุเหล็ก ถ้ามีเม็ดเลือดแดงที่มีขนาดใหญ่ (MCV สูงกว่าปกติ) อาจเกิดจากการขาดโฟเลต หรือขาดวิตามินบีสิบสอง เป็นต้น ซึ่งผลของการขาดวิตามินบี 12 จะทำให้ไขกระดูกไม่สามารถผลิตเม็ดเลือดแดงให้เจริญเต็มที่ได้ เม็ดเลือดแดงจึงไม่แบ่งตัว และจะมีขนาดใหญ่เมื่อเข้าสู่กระแสเลือด จึงนำฮีโมโกลบินไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายได้น้อยลง ทำให้เกิดโรคโลหิตจางชนิดร้ายแรง อีกทั้งการขาดวิตามินบี 12 มีความสัมพันธ์กับระบบประสาท และการมอง ดังนั้นกลุ่มเสี่ยงที่ได้รับพิษจากยาฆ่าแมลงจึงควรเฝ้าระวังการขาดวิตามินบี 12 ที่อาจส่งผลอันตรายต่อระบบประสาท นำไปสู่การเป็นอัมพาตได้ (Standing Committee on the Scientific Evaluation of

Dietary Reference Intakes of the Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, 1989)

5.3 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

อุณหภูมิมีผลทำให้สารบางตัวสลายไป โดยเฉพาะวิตามินซีที่สลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนความร้อน ดังนั้นในการสกัดสารจากมะเขือเทศจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิห้องเป็นมาตรฐาน

สารองค์ประกอบบางตัวในสารสกัดจากมะเขือเทศอาจสลายไป เนื่องจากรังสียูวี ดังนั้นในขั้นตอนการสกัดควรทำภายใต้ตัวกรองรังสียูวีเพื่อเป็นการช่วยลดการสูญเสียสารองค์ประกอบที่สำคัญในมะเขือเทศ

การเก็บสารสกัดจากมะเขือเทศไว้เป็นระยะเวลานานๆ จะทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบมีปริมาณเปลี่ยนแปลง ดังนั้นก่อนการศึกษาควรที่จะทดลองเก็บสารสกัดไว้เป็นระยะเวลาต่างๆเพื่อที่จะวิเคราะห์ว่า สารที่เก็บนั้นมีปริมาณเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด และเพื่อเป็นแนวทางที่จะคงสภาพสารองค์ประกอบให้คงที่

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรเพิ่มขนาดตัวอย่างที่สุ่มตรวจวิเคราะห์ทั้งในการทดสอบหาสารพิษในผักและผลไม้ และกลุ่มอาสาสมัครตัวอย่าง เพื่อเพิ่มค่าระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ
2. ชนิดของสารพิษในผักผลไม้ที่พบ โดยใช้ชุดทดสอบ GPO TM Kit ตามหลักการ TLC ควรมีการทดสอบยืนยัน ด้วยวิธี Gas chromatography
3. ควรมีกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นกลุ่มที่รับประทานผักและผลไม้ที่มาจากการทำเกษตรชีวภาพมาเป็นระยะเวลานาน เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ ในการศึกษาระดับเอนไซม์ โคลีนเอสเตอเรส
4. แบบสอบถามที่ใช้มีช่วงการแปลผลที่แคบ ทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างได้ชัดเจน ควรมีการปรับรูปแบบคำถามและค่าการแปลผลการประเมิน
5. ควรทำการทดสอบโคลีนเอสเตอเรสอินฮิบิชั่น (Cholinesterase inhibition) ในเม็ดเลือดแดง (AChE) ของกลุ่มตัวอย่าง เปรียบเทียบกับค่าที่พบในซีรั่ม (BChE) เนื่องจากให้ผลที่จำเพาะมากว่า
6. ควรทำการทดสอบวิเคราะห์ทางเคมีคลินิกเพิ่มเติมที่ใช้ประเมินผลความเสียหายที่ตับ เช่น Albumin, Liver enzyme ต่อระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสเพื่อประเมินความเกี่ยวข้องและผลกระทบทางสุขภาพที่แม่นยำขึ้น
7. ควรศึกษาความสัมพันธ์ของระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสที่ส่งผลต่อสุขภาพเบื้องต้นในกลุ่มผู้สูงอายุ ที่ได้รับสารพิษตกค้างสะสมในร่างกายระยะยาว

ผลผลิต

(Output)

การนำเสนอผลงานวิจัยชิ้นนี้ เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่สาธารณชน

- เสนอผลงานแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) หัวข้อเรื่อง “พฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคผักและผลไม้ที่ได้รับสารพิษตกค้าง ที่ส่งผลต่อระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสและสุขภาพของผู้บริโภค” งานประชุมวิชาการเทคนิคการแพทย์ ครั้งที่ 41 ปี พ.ศ. 2560 ในวันที่ 27-30 มิถุนายน พ.ศ. 2560 ณ อิมแพ็คฟอรั่ม เมืองทองธานี อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการทั้งในระดับชาติ และนานาชาติ (ระบุชื่อผู้แต่ง ชื่อเรื่อง ชื่อวารสาร ปี เล่ม เลขที่และหน้า)

Thamwiriyasati N. Singsanan S. Correlation effect of cholinesterase blood level and toxic pesticide to the health impact in a population exposed to insecticides residues in vegetables. *Journal of Toxicology and Environmental health*. (In progress).

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

นงนุช โกสียรัตน์. (2553). *กรณีศึกษาความต้องการบริโภคผักปลอดสารพิษของผู้บริโภค ในร้านค้าเพื่อสุขภาพ แขวงศิริราช*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาการจัดการภาครัฐและภาคเอกชน คณะศิลปกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นันทิรา หงษ์ศรีสุวรรณ์. (2557). ความปลอดภัยจากสารเคมีตกค้างในผักปลอดสาร. *มฉก.วิชาการ* ,18(35), 107-118.

นิธิยา รัตนปนนท์ และ ดนัย บุญยเกียรติ. (2548). *การปฏิบัติการภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. กรุงเทพมหานคร. โอเดียนสโตร์.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 21(3), 275-286.

พาลาภ สิงหเสนี. (2535). *พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

มลิวรรณ บุญเสนอ. (2549). สารฆ่าแมลง. ใน พิมพ์ลักษณ์. *พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม*. มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตสนามจันทร์: นครปฐม. หน้า 95-117.

วรเชษฐ์ ขอบใจ, อารักษ์ ดำรงสัตย์, พิทักษ์พงศ์ ปันต๊ะ และเดช ดอกพวง. (2010). พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของกลุ่มเกษตรกรต้นน้ำ: กรณีศึกษาชาวเขาเผ่าม้ง จังหวัดพะเยา. *Journal of health science research*, 4(2), 36-46.

ศิรินุช ชีวันพิศาลนุกูล. (2553). เอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรส [Online]. เข้าถึงได้จาก http://raepk.blogspot.com/2013/09/cholinesterase-enzymes-acetylcholine.html สืบค้นเมื่อ [16 ธันวาคม 2558]

สมคิด จูหว้า. ม.ป.ป. การรวบรวมและเครื่องมือการวิจัย [Online]. เข้าถึงได้จาก www.medicine.up.ac.th/contacs/เครื่องมือ.pdf สืบค้นเมื่อ [17 ธันวาคม 2558]

สาคร ศรีมุข. (2556). ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทย. *บทความวิชาการ สำนักวิชาการ สำนักเลขาธิการวุฒิสภา,* 3(17), 1-29.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2552). อันตรายที่เกิดจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร [Online]. เข้าถึงได้จากhttp://www.oryor.com/oryor/admin/module/fda_fact_sheet/file/f_123_1263284687.pdfสืบค้นเมื่อ [16 ธันวาคม 2558]

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2553). คู่มือเกษตรกรปลอดโรค สำหรับเกษตรกรและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

แสงโฉม ศิริพานิช. (2556). สถานการณ์และผลต่อสุขภาพจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ปีพ.ศ. 2556. *รายงานการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาประจำสัปดาห์,* 44(44), 1-4.

พุริยา สิริภัทรไพศาล. (2550). *พฤติกรรมการบริโภคและส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อแนวโน้มการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษในซูเปอร์มาร์เก็ต เขตบางกอกน้อย*. สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Beshwari M.M., Bener A., Amer A. Mehdi A.M., Onda H.Z. and Pasha MAH. (1999). Pesticide related health problems and diseases among farmers in the United Arab Emirates. *International Journal of Environmental Health Research,* 9(3), 213-221.

Bloomquist J.R. (1993). Neuroreceptor mechanisms in pyrethroid mode of action and resistance, *In Reviews in Pesticide Toxicology* (Roe M. and Kuhr R.J., eds.),Toxicology Communications Raleigh, NC: 181-226.

Bloomquist J.R. (1996). Ion channels as targets for insecticides. *Ann. Rev. Entomol,* 41, 163-190.

Chemwiki. (2015). Enzymatic ester hydrolysis: acetylcholinesterase and sarin nerve gas
[Online]. เข้าถึงได้จาก http://chemwiki.ucdavis.edu. สืบค้นเมื่อ [28 ธันวาคม 2558].

Chiueh C.C. (1999). Neuroprotective properties of nitric oxide. *Ann. N.Y. Acad Scc.,* 890, 301-311. Den Blaauwen D.H., Poppe W.A. and Tritschler W. (1983).

Cholinesterase (EC 3.1.1.8) with butyrylthiocholine-iodide as a substrate: Reference depending on age and sex with special reference to hormonal effects and pregnancy. *J Clin. Chem.,* 21, 381-386.

EQM Research Inc. (2003). Test-mate ChE Cholinesterase Test System (Model 400) [Online] เข้าถึงได้จาก http://www.eqmresearch.com/Manual-E.pdf สืบค้นเมื่อ [17 ธันวาคม 2558]

Garcia-Repetto R., Martinez D. and Repetto M. (1995). Malathion and dichlorvos toxicokinetics after the oral administration of malathion and trichlorfon. *Vet. Hum. Toxicol,* 37, 306-309.

Garey J. and Wolff M.S. (1998). Estrogenic and antiprogestagenic activities of pyrethroid insecticides. *Biochem Biophys Res Commun,* 251, 855-9.

Gopal D.V. and Rosen H.R. (2000). Abnormal findings on liver function tests. Interpreting results to narrow the diagnosis and establish a prognosis. *Postgrad Med.,* 107(2), 100-114.

Herrera E. and Barbas C. (2001). Vitamin E: action, metabolism and perspectives. *J Physiol. Biochem.,* 57(2), 43-56.

Hunter J., Maxwell J.D., Stewart D.A., Williams R., Robinson J. and Richardson J. (1972).Increased Hepatic Microsomal Enzyme Activity from Occupational Exposure to Certain Organochlorine Pesticides. *Nature,* 237(5355), 399-401.

Hurrell R. (2003). Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral
bioavailability. *J Nutr.,* 133(9), 2973-2977.

Jintana S., Sming K., Krongtong Y. and Thanyachai S. (2009). Cholinesterase activity, pesticideexpo sure and health impact in a population exposed to organophosphates. *Int Arch Occup Environ Health,* 82(7), 833-42.

Joshaghani R.H., Mansourian A.R., Kalavi K. and Salimi S. (2007). Haematologic indices in pesticide factory workers. *Journal of Biological Sciences,* 7, 566-569.

Leblanc N., Ledoux J', Saleh S., Sanguinetti A., Angermann J., O,Driscoll K. et al. (2005). Regulation of calcium-activated chloride channels in smooth muscle cells: a complex picture is emerging. *Can J Physiol Pharmacol,* 83, 541-556.

Nielson J.B. and Anderson H.R.(2002). Cholinesterase Activity in Female Greenhouse Workers Influence of Work Practise and Use of Oral Contrace tives, 44, 234-9.

Norkaew S., Lertmaharit S., Wilaiwan W., Siriwong W., Perez H.M. and Robson M.G. (2015). An association between organophosphate pesticides exposure and Parkinson among people in an agricultural area in Ubon Ratchathani province,Thailand. *Rocz Panstw Zakl Hig,* 66(1), 21-26.

Olgun S. (2004). *Immunotoxicity of pesticide mixtures and the role of oxidative stress* Dissertation. Department of biomedical sciences and pathobiology Virgenia-aryland Religional College of Veterinary Medicine.

Pediatric Environmental Health Specialty Unit (PEHSU). (2007). Organophosphate pesticides and child health [Online]. เข้าถึงได้จาก http://depts.washington.edu/opchild/acute.html สืบค้นเมื่อ [28 ธันวาคม 2558]

Polhuijs M, Langenberg J.P., Benschop H.P. (1997). New method for retrospective detection of exposure to organophosphorus anticholinesterases: application to alleged sarin victims of Japanese terrorists. *Toxicol Appl Pharmacol,* 146(1), 156–161

Sidell F. R. and Kaminskis A. (1975). Influence of Age, Sex and Oral Contraceptives on Human Blood Cholinesterase Activity. *Clin Chem,* 21(10), 1393-5.

Thetkathuek A., Keifer M., Fungladda W., Kaewkungwal J., Padungtod C., Eilson B. and Mankhetkorn S. (2005). Spectrophotometric determination of plasma and red blood cell cholinesterase activity of 53 fruit farm workers pre- and post-exposed chlorpyrifos for one fruit crop. *CHEMICAL & PHARMACEUTICAL BULLETIN,* 53(4), 422-4.

Velloglu Y.S., Mazza G., Gao L. and Oomah B.D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruit, vegetables and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 46(10), 4113-4117.

Ware, G. W. and D. M. Whitacre. (2004). *The pesticide book*. MeisterPro Information Resources, Willoughby, OH.

ภาคผนวก

แบบสอบถามโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาพิษของยาฆ่าแมลงต่อระดับเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดที่ส่งผลต่อสุขภาพในกลุ่มประชากรผู้ได้รับสารพิษตกค้างในผัก

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หรือกรอกข้อมูลที่ตรงกับข้อมูลของผู้ให้การสัมภาษณ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ 1. ชาย ☐ 2. หญิง

2. อายุ .....ปี

3. การศึกษาสูงสุด ☐1.ไม่ได้เรียน ☐2.ประถมศึกษา ☐3.มัธยมศึกษา/ปวช
☐4.อนุปริญญา/ปวส. ☐5. ปริญญาตรีหรือสูงกว่า

4. อาชีพ ☐ 1.ไม่ได้ประกอบอาชีพ/แม่บ้าน ☐ 2.เกษตรกร ☐3.รับจ้างทั่วไป
☐ 4.ทำงานบริษัทเอกชน/โรงงาน ☐ 5. ค้าขาย/ประกอบอาชีพส่วนตัว
☐ 6.ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ☐ 7.ข้าราชการบำนาญ
☐ 8. นักเรียน/นิสิต นักศึกษา

ตอนที่ 2 ภาวะสุขภาพและความเสี่ยงด้านสุขภาพในปัจจุบัน

1. ส่วนสูง.....เซ็นติเมตร 2. น้ำหนัก.....กิโลกรัม 3. เส้นรอบเอว.....นิ้ว

4. ความดันโลหิต 4.1 ตัวบน.....mmHg 4.2 ตัวล่าง.....mmHg

5. โรคประจำตัว ☐ 5.1 ไม่มี
☐ 5.2 มี ระบุ ☐ 5.2.1 มะเร็ง ☐ 5.2.2 ความดันโลหิตสูง
☐ 5.2.3 โรคหัวใจและหลอดเลือด (เช่น หัวใจขาดเลือด)
☐ 5.2.4 โรคตับและไต
☐ 5.2.5 อื่น ๆ ระบุ.....

ตอนที่ 3 ทัศนคติเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้

โปรดทำเครื่องหมาย✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับทัศนคติของท่าน

ระดับความคิดเห็นที่ท่านมี	มากที่สุด	ปานกลาง	น้อยที่สุด
1. มีความรู้ และทราบถึงอันตรายของสารพิษตกค้างในผัก / ผลไม้			
2. ทราบถึงวิธีการล้างผักผลไม้ให้สะอาดปลอดภัย อย่างน้อย 3 วิธี			
3. ควรรู้ผลการตรวจสารพิษตกค้างในผักผลไม้ก่อนรับประทานหรือปรุงแต่ง			
4. บริการตรวจสารพิษตกค้างในผักผลไม้เป็นเรื่องจำเป็น			
5. ปัญหาสารพิษตกค้างในผักผลไม้เป็นเรื่องที่ต้องแก้ไขทุกฝ่าย			
6. ผักผลไม้ต้องรับประทานสดทุกครั้งถึงจะได้ประโยชน์			
7. สารพิษตกค้างในผักผลไม้ขึ้นอยู่กับการใช้ยาฆ่าแมลงของเกษตรกร			
8. อันตรายของสารพิษตกค้างในผักผลไม้ไม่ทำให้เสียชีวิต			
9. ประโยชน์จากการรับประทานผักผลไม้มีมากกว่าอันตรายที่พบ			
10. ผู้บริโภคได้รับยาฆ่าแมลงสะสมในร่างกายน้อยกว่าเกษตรกรผู้ใช้			

ตอนที่ 4 การปฏิบัติตนที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการรับประทานผักผลไม้

โปรดทำเครื่องหมาย✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความถี่ของการปฏิบัติจริงของท่านในแต่ละข้อ ช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา

การปฏิบัติของท่าน	ปฏิบัติทุกครั้ง	ปฏิบัติบางครั้ง	ไม่ปฏิบัติ
1. กินผักและผลไม้สดชนิดต่างๆ รวมกันประมาณหนึ่งกิโลต่อวัน			
2. ซื้อผักผลไม้ในตลาดหาบเร่ แผงลอย			
3. ชอบกินผักสด ประเภทถั่วฝักยาว ผักกาดขาว แตงกวา คะน้า เพราะให้คุณค่าสูงมากกว่าผักต้ม			
4. เลือกซื้อผักผลไม้ที่มีสีสันสวยงามและน่ารับประทาน			
5. ซื้อผักผลไม้ในตลาดที่ขายพืชผลทางเกษตรอินทรีย์ หรือที่ผ่านการตรวจรับรอง			
6. ตรวจสอบคุณภาพและความปลอดภัยผักผลไม้ก่อนรับประทาน			
7. แช่น้ำและล้างผักผลไม้ อย่างน้อย 15 นาที ทุกครั้งก่อนรับประทาน			

8. แช่ผักในน้ำเกลือ/ น้ำปูนใส/ ด่างทับทิม ก่อนรับประทาน			
9. ปอกเปลือกผักหรือผลไม้หรือลอกใบผักชั้นนอกออกก่อนแช่น้ำ เช่น กะหล่ำปลี แครอท			
10. ลวกผักหรือต้มผักก่อนนำไปปรุงอาหาร หรือรับประทาน			

ตอนที่ 5 ข้อมูลเพิ่มเติม

แหล่งตลาดที่นิยมซื้อผักผลไม้มารับประทานหรือปรุงอาหาร:.....

ผักผลไม้ที่ชื่นชอบและรับประทานบ่อยครั้ง: .....

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล	นิรมล ธรรมวิริยสติ Niramon Thamwiriyasati
คุณวุฒิ	ปร.ด.(อณูพันธุศาสตร์และพันธุวิศวกรรม) มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
หน่วยงานที่สังกัด	สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ที่อยู่	169 ถ. ลงหาดบางแสน ต. แสนสุข อ. เมืองฯ จ. ชลบุรี 20131
โทรศัพท์	038-103-166
โทรศัพท์เคลื่อนที่	081-713-1556, 082-685-4567
โทรสาร	038-393-497
E-mail	niramon25@yahoo.com, niramon@buu.ac.th
สาขาวิชาที่มีความชำนาญ	Biochemistry and Molecular Biology, Bacterial Protein Toxins, Clinical chemistry, Microbiology

ผลงานที่เผยแพร่/ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

1. Juntapremjit S, **Thamwiriyasati N**, Kurehong C, Prangkio P, Shank L, Powthongchin B, Angsuthanasombat C. Functional importance of the Gly cluster in transmembrane helix 2 of the *Bordetella pertussis* CyaA-hemolysin: implications for toxin oligomerization and pore formation. **TOXICON** 2015: 1-6. (Accepts: Manuscript Number: TOXCON-D-15-00247R1)
2. **Thamwiriyasati N,** Angsuthanasombat C. Kinetic characterization of the **CyaC enzyme** that activates *Bordetella pertussis* CyaA pore-forming toxin. Proceeding in Burapha University International Conference 2015, Bangsaen, Chonburi, Thailand: July 10^{th}-12^{th}, 2015.

3. **นิรมล ธรรมวิริยสติ.** การปรากฏขึ้นอีกครั้งของโรคไอกรน: ปัญหาและแนวทางการควบคุม. *ธรรมศาสตร์เวชสาร*, ๑๔(๒), ๒๓๗-๒๔๖.
4. **Thamwiriyasati N,** Angsuthanasombat C. *p*-Nitrophenyl palmitate mimics acyl-ACP as the acyl donor for activating proCyaA-PF *in vitro* by CyaC-acyltransferase. Proceeding in the 7th AOHUPO and the 9th International Symposium of the Protein Society of Thailand: August 6th -8th, 2014.
5. Yentongchai M, Angsuthanasombat C, **Thamwiriyasati N.** Generation of the *Bordetella pertussis* CyaA toxin fragment containing the hydrophobic region with an acylation site for structure-folding studies. Proceeding in Burapha University International Conference, Burapha University, Thailand: July 4th - 5th, 2013. HSP342-9: page 706-712.
6. Kurehong C, Powthongchin B, **Thamwiriyasati N**. & Angsuthanasombat, C. Functional significance of the highly conserved Glu^{570} in the putative pore-forming helix 3 of the *Bordetella pertussis* haemolysin toxin. *Toxicon* 2011; 57: 897-903.
7. Pojanapotha P, **Thamwiriyasati N**, Powthongchin B, Katzenmeier G, Angsuthanasombat C. *Bordetella pertussis* CyaA-RTX subdomain requires calcium ions for structural stability against proteolytic degradation. *Protein Expr Purif* 2010; 75(2): 127-132.
8. **Thamwiriyasati N**, Sakdee S, Chuankhayan P, Katzenmeier G, Chen C.J, Angsuthanasombat C. Crystallization and preliminary X-ray crystallographic analysis of a full-length active form of Cry4Ba toxin from *Bacillus thuringiensis. Acta Crystallogr F* 2010; 66: 721-724.
9. **Thamwiriyasati N**, Powthongchin B, Kittiworakarn J, Katzenmeier G, Angsuthanasombat C. Esterase activity of *Bordetella pertussis* CyaC-acyltransferase against synthetic substrates: Implications for catalytic mechanism *in vivo*. *FEMS Microbiol Letters* 2010; 304(2): 183-190.

ผู้ร่วมงานวิจัย

ชื่อ-สกุล	สานิตา สิงห์สนั่น
คุณวุฒิ	ปร.ด. (ชีวเวชศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
หน่วยงานที่สังกัด	สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ที่อยู่	169 ถ. ลงหาดบางแสน ต. แสนสุข อ. เมืองฯ จ. ชลบุรี 20131
โทรศัพท์	038-103-167
โทรศัพท์เคลื่อนที่	085-855-0460
โทรสาร	038-393-497
E-mail	sanita@hotmail.com
สาขาวิชาที่มีความชำนาญ	โลหิตวิทยา

ผลงานที่เผยแพร่/ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

1. Prakobkaew N., Singsanan S., Fucharoen G., Surapot S. &Fucharoen S.) Secondary Erythrocytosis Caused by Hemoglobin Tak/$(db)^0$-Thalassemia Syndrome. *Acta Haematol*. 142(2): 115-119 (แหล่งทุน: KhonKaen University, The Higher Education Commission and The Royal Golden Jubilee)
2. Fucharoen G, Srivorakun H, Singsanan S, Fucharoen S. (2011) Presumptive diagnosis of common haemoglobinopathies in Southeast Asia using a capillary electrophoresis system. *Int J Lab Hematol.* 33(4): 424-433. (แหล่งทุน: Centre for Research and Development of Medical Diagnostic Laboratories, Faculty of Associated Medical Sciences, KhonKaen University, KhonKaen, Thailand)
3. Singsanan S, Srivorakun H, Fucharoen G, Puangplruk R, Fucharoen S. (2011) Hb Phimai [β72(E16)Ser$\longrightarrow$Thr]: a novel β-globin structural variant found in association with Hb constant spring in pregnancy. *Hemoglobin.* 35(2): 103-10. (แหล่งทุน: Centre for Research and Development of Medical Diagnostic Laboratories, Faculty of Associated Medical Sciences, KhonKaen University, KhonKaen, Thailand)

4. ศิริรัตน์ เกียรติกูลานุสรณ์ และ สานิตา สิงห์สนั่น. (2559). การทำให้ระดับไขมันในเลือดเข้าสู่ระดับปกติโดยการออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูปเป็นเวลา 12 สัปดาห์. การประชุมระดับชาติเครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ ประจำปี 2559 ณ อาคารสุรพัฒน์ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 19-20 ธันวาคม 2559.