

การศึกษาพืชเห็บพลับ และพืชในขนาดที่ไม่ทำให้ตายของคาร์บาริล
ต่อปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*)



นางสาวสุภัทรรดา เจียมศักดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-144-7

ลิขสิทธิ์บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACUTE TOXICITY AND SUBLETHAL EFFECT OF CARBARYL
IN GIANT PERCH (*LATES CALCARIFER*)

MISS SUPATTRA JIAMSAK

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Inter - Department of Pharmacology
Graduate School
Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-144-7



หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาพืชเลี้ยงปล้นและพืชในขนาดที่ไม่ทำให้ตายของคาร์บาริล
ต่อปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*)

โดย

นางสาวสุภัทรรดา เจียมศักดิ์

ภาควิชา

สหสาขาวิชาเกษตรวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา


ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนัตรา ศรีไชยรัตน์


อาจารย์ที่ปรึกษารวม


รองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร.จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์

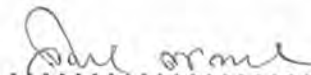
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

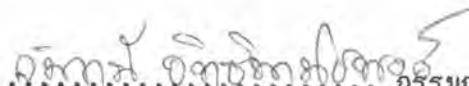
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สพ.ญ. ดร.วรา พานิชเกรียงไกร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนัตรา ศรีไชยรัตน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร.จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จันทน์ อิทธานิพงษ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ อุ่มอุม)



พิมพ์ด้วยฉบับนบถัดโดยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เรียงพิมพ์เดียว

ง

สุภัทรตรา เจียมศักดิ์ : การศึกษาพิษเฉียบพลันและพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ตายของคาร์บาริล
ต่อปลากะพงขาว (LATES CALCARIFER) (ACUTE TOXICITY AND SUBLETHAL EFFECT
OF CARBARYL IN GIANT PERCH-(LATES CALCARIFER) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุภัทรตรา
ศรีไชยรัตน์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.น.สพ.ดร.จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์, 103 หน้า
ISBN 974-584-144-7

ศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลขนาดความเข้มข้น 2.0-5.0 มิลลิกรัม/ลิตร (ppm)
ในปลากะพงขาว 8 กลุ่ม พบว่าค่า LC₅₀ ภายใน 96 ชั่วโมง เท่ากับ 2.95 ppm ในขณะที่ได้รับสารเคมี
กำจัดศัตรูพืช ปลาทุกกลุ่มแสดงอาการเป็นพิษ โดยสูญเสียการทรงตัว เคลื่อนไหวไม่มีทิศทางแน่นอนและกิน
อาหารน้อยลง ปลาที่ได้รับคาร์บาริล 4.5 ppm ตายหมดภายใน 96 ชั่วโมง กลุ่ม 5.0 ppm ตายหมดภายใน
72 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การตายของปลาเพิ่มขึ้นตามขนาดความเข้มข้นของคาร์บาริลที่เพิ่มขึ้น ผลการวัด
สมรรถนะของเอนไซม์โกลีตาไมเนส เอนไซม์แอลดีไฮด์ดีไฮโดรจีเนสในสมองและกล้ามเนื้อ พบว่าลดลงตามความเข้มข้นของคาร์บาริลที่
เพิ่มขึ้นและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

จากการศึกษาพิษของคาร์บาริลในขนาดที่ไม่ทำให้ตายในปลา 5 กลุ่ม ที่ขนาดความเข้มข้น 0.5,
1.0, 1.5, 2.0 ppm และกลุ่มควบคุม เป็นเวลา 15 วัน พบว่าปลาแสดงอาการผิดปกติ เช่นเดียวกับกลุ่ม
ศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน อาการรุนแรงตามความเข้มข้นของคาร์บาริลที่เพิ่มขึ้น และพบว่าปลาเริ่มมี
อาการเห็นตัวในวันที่ 8 หลังจากสัมผัสกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และระดับสมรรถนะของเอนไซม์โกลีตาไมเนส-
เอนไซม์แอลดีไฮด์ดีไฮโดรจีเนสในสมองและกล้ามเนื้อสูงขึ้นใน 7 วันหลังจากได้รับสาร แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มเดียวกันที่เวลา 15 นาที

จากการศึกษาการแก้ไขความเป็นพิษของคาร์บาริล โดยการเปลี่ยนน้ำและการให้สารแก้ไขความเป็นพิษ
เป็นพิษ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการแก้ไขความเป็นพิษมีจำนวนปลาตายน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการแก้ไขความเป็นพิษ
พบว่าระดับเอนไซม์โกลีตาไมเนส เอนไซม์แอลดีไฮด์ดีไฮโดรจีเนสในสมองและกล้ามเนื้อของกลุ่มที่ไม่ได้รับการแก้ไขต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการ
แก้ไขด้วยวิธีการต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการตรวจทางจุลพยาธิสภาพในการศึกษาพิษเฉียบพลัน พิษในขนาดที่ไม่ทำให้ตายและการศึกษา
การแก้ไขความเป็นพิษ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้ของเซลล์กล้ามเนื้อ แต่เซลล์ตับและเซลล์เหงือก
มีความผิดปกติเกิดขึ้นรุนแรงตามความเข้มข้นของคาร์บาริลที่เพิ่มขึ้นและตามระยะเวลาที่ปลาสัมผัสกับคาร์บาริล

ภาควิชา สหสาขาวิชาเกษตรวิทยา
สาขาวิชา เกษษวิทยา
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิติกร สุภัทรตรา เจียมศักดิ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม

C545452 : MAJOR PHARMACOLOGY

KEY WORD: : CARBARYL TOXICITY / CHOLINESTERASE / LATES CALCARIFER
SUPATTRA JIAMSAK : ACUTE TOXICITY AND SUBLETHAL EFFECTS OF CARBARYL
IN GIANT PERCH (LATES CALCARIFER). THESIS ADVISOR :
ASSIST. PROF. SUPATRA SRICHIRAT, DR.rer.nat., THESIS COADVISOR :
ASSOC. PROF. DR. JIRASAK TANGTRONGPIROS, DVM., Ph.D. 103 pp.
ISBN 974-584-144-7

Eight groups of LATES CALCARIFER were exposed to carbaryl at the concentrations of 2.0-5.0 ppm. The LC₅₀ at 96 hours was 2.95 ppm. Intoxication signs, such as loss of balance, ataxia, occurred in all carbaryl-treated groups. Feed intake was reduced. All fish exposed to carbaryl at the concentration of 4.5 ppm died within 96 hours and at 5.0 ppm died within 72 hours. Severity of clinical signs and mortality rates were dose dependent. The reduction of cholinesterase activity in muscle and brain was statistically significant compared with the control group ($p < 0.01$).

Sublethal effects of carbaryl at the concentration of 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 ppm were also studied in 5 groups of LATES CALCARIFER for 15 days. The survived fish recovered after the 8th day of exposure. Significant decrease of brain and muscle cholinesterase activities were found during the first 8 days, then increased toward normal during the last 7 days.

Detoxification of carbaryl was done either by changing water or adding ammonia reducing agent (monosodium glutamate) into the water. Reduced mortality rate and significantly inhibited cholinesterase activities in the brain and muscle of detoxified fish were observed.

Histopathological observation in acute toxicity, sublethal effect and detoxification studies revealed no changes of the muscle cells. However, there were abnormalities of liver and gill tissues which were dependent on dose and time of exposure.

ภาควิชา..... สหสาขาวิชา เกษษวิทยา

สาขาวิชา..... เกษษวิทยา

ปีการศึกษา..... 2536

ลายมือชื่อนิติ..... ศุภภัทรธรา เขียมศักดิ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Supatra Srichirat*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *Jirasak Tangtrongpiros*



กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนันทรา ศรีไชยรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ น.สพ. ดร. จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร. วรา พานิชเกรียงไกร หัวหน้าภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ ที่กรุณาอนุญาตให้ผู้วิจัยได้ใช้สถานที่เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของภาควิชาในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ สัตวแพทย์หญิง ดร. นันทริกา ชันชื้อ รองผู้อำนวยการศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสัตวแพทย์หญิงอรัญญา พลพรนิสิษฐ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทำสไลด์ และการวินิจฉัยความผิดปกติของกล้ามเนื้อ ตับ และเหงือก และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำทุกท่าน ที่ได้ให้ความสะดวกและช่วยเหลือในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาเภสัชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ ทุกท่านที่ให้ความรู้ตลอดการศึกษาในปริญญาโทมาบัดนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุภัทรรดา เจริญศักดิ์

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตัวสาร	ช
สารบัญภาพ	ฅ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ

บทที่

1 บทนำ	
คาร์บาริล.....	7
กลไกการออกฤทธิ์	8
ขบวนการเมตาบอลิซึม	11
อาการพิษที่เกิดจากการได้รับคาร์บาริล.....	12
การสลายตัวของคาร์บาริล	13
ความเป็นพิษของคาร์บาริล	16
ผลกระทบของคาร์บาริลต่อสัตว์น้ำ	22
ผลเสียของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำ	24
ปลากระพงขาว	29
ลักษณะเนื้อเยื่อที่ศึกษา	30
ความผิดปกติทางจุลพยาธิสภาพ.....	33
วัตถุประสงค์ในการศึกษา	34
2 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
สัตว์ทดลอง เครื่องมือ และสารเคมี	35
การเตรียม Reagent	37
วิธีการทดลอง	38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
วิธีการคิดคำนวณสมรรถนะของเอนไซม์	42
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์	42
3 ผลการทดลอง	
3.1 ศึกษาพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) ของคาร์บาริล (carbaryl)	43
ต่อปลากระพงขาว	
3.2 ศึกษาพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ตาย (Sublethal effect) ของคาร์บาริล	45
(carbaryl) ในปลากระพงขาว	
3.3 ศึกษาการแก๊นพิษของคาร์บาริล โดยใช้วิธีการเปลี่ยนน้ำและการให้สารแก๊น... 48	
ความเป็นพิษ (Monosodium glutamate)	
4 อภิปราย สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	
4.1 ประเมินวิธีการที่ใช้วัดสมรรถนะของเอนไซม์โพลีเอสเตอร์เลส	79
4.2 ความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและผลการวัดสมรรถนะของเอนไซม์ ... 79	
โพลีเอสเตอร์เลส	
4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์กล้ามเนื้อ ตับ	84
และตับอ่อน	
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง	87
ภาคผนวก	96
ประวัติผู้เขียน	100

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	แสดงสถิติผู้ได้รับอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากการทำงาน	3
	ในเกษตรกรวัยแรงงาน (15-64 ปี) แยกตามชนิดของสารในปี 2530	
ตารางที่ 1.2	แสดงปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชปี พ.ศ.2528-2530	4
ตารางที่ 1.3	เปรียบเทียบค่า LD ₅₀ ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมทและ ..	5
	ออกโนฟอสเฟต	
ตารางที่ 1.4	แสดงค่า LD ₅₀ ในสัตว์ชนิดต่างๆ ที่ได้รับคาร์บาริล	20
ตารางที่ 1.5	สรุปผลการทดลองความเป็นพิษของคาร์บาริลที่มีต่อปลาชนิดต่างๆ	25
ตารางที่ 1.6	สรุปผลการทดลองความเป็นพิษของคาร์บาริลที่มีต่อสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ	27
ตารางที่ 3.1	แสดงจำนวนปลาตายในช่วงเวลาต่างๆ ในกลุ่มที่ไม่ได้รับคาร์บาริล ...	51
	และได้รับคาร์บาริลที่ขนาดความเข้มข้นต่างๆ	
ตารางที่ 3.2	แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความเป็นกรดต่างและ	52
	ปริมาณออกซิเจนในน้ำ	
ตารางที่ 3.3	แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โกลูตาไมกเอสเทอเรส (mean±SE)	53
	ในสมองปลากระพงขาวที่ตายในแต่ละช่วงเวลาขณะที่ได้รับคาร์บาริล	
	ขนาดความเข้มข้นต่างๆ	
ตารางที่ 3.4	แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โกลูตาไมกเอสเทอเรส (mean±SE)	54
	ในกล้ามเนื้อปลากระพงขาวที่ตายในแต่ละช่วงเวลาขณะที่ได้รับคาร์บาริล	
	ขนาดความเข้มข้นต่างๆ	
ตารางที่ 3.5	แสดงค่าสมรรถนะของเอนไซม์โกลูตาไมกเอสเทอเรสในสมองและ	55
	กล้ามเนื้อของปลากระพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ	
	ภายใน 96 ชั่วโมง	
ตารางที่ 3.6	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โกลูตาไมกเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อของปลากระพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล	56
	ขนาดความเข้มข้นระหว่าง 2.0-5.0 ppm เมื่อครบ 96 ชั่วโมง	

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.7 แสดงค่าสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนส (mean±SE) ในสมองของปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับและได้รับคาร์บาริลขนาด ความเข้มข้น 0.5-2.0 ppm ที่เวลาต่างๆ (n= 10)	57
ตารางที่ 3.8 แสดงค่าสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนส (mean±SE) ในกล้ามเนื้อของปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับและได้รับคาร์บาริลขนาด ความเข้มข้น 0.5-2.0 ppm ที่เวลาต่างๆ (n= 10)	58
ตารางที่ 3.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนส ในสมองและกล้ามเนื้อปลากระพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เวลาต่างๆ (n= 10)	59
ตารางที่ 3.10 แสดงจำนวนปลาตายในช่วงเวลาต่างๆ หลังจากได้รับคาร์บาริล ที่ขนาดความเข้มข้นเท่ากับ LC ₅₀ , 96 ชั่วโมง (2.95 ppm) นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษ	60
ตารางที่ 3.11 เปรียบเทียบสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสในสมอง ปลากระพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลในขนาดความเข้มข้น 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษกับกลุ่มที่ไม่ได้แก้ไขความ เป็นพิษ ในช่วงเวลาเดียวกัน (n= 10)	61
ตารางที่ 3.12 เปรียบเทียบสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสในกล้ามเนื้อ ปลากระพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลในขนาดความเข้มข้น 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษกับกลุ่มที่ไม่ได้แก้ไขความ เป็นพิษ ในช่วงเวลาเดียวกัน (n= 10)	62

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	แสดงสูตรโครงสร้างของคาร์บาริล	7
รูปที่ 1.2	ก. แสดงขบวนการทำลายอะเซทิลโคลีนโดยเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) ข. เปรียบเทียบปฏิกิริยาของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตและกลุ่มออกแกโนฟอสเฟตที่มีต่อเอนไซม์	9
รูปที่ 1.3	แสดงการจับกันของคาร์บาริลกับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส	10
รูปที่ 1.4	แสดงขบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์บาริล	12
รูปที่ 1.5	แสดงการสลายตัวของคาร์บาริล โดย <i>P. aeruginosa</i>	15
รูปที่ 1.6	แสดงมัดกล้ามเนื้อปลากะพงขาว	32
รูปที่ 3.1	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บาริลกับเปอร์เซ็นต์การตายของปลากะพงขาว	63
รูปที่ 3.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ มีความสัมพันธ์ $r = 0.93899$ สมการเส้นตรงเท่ากับ $Y = 8.644 X + 5.333$	64
รูปที่ 3.3	แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ	65
รูปที่ 3.4	แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ	65
รูปที่ 3.5	แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์ตับที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เวลา 96 ชั่วโมง	66
รูปที่ 3.6	แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์หัวใจที่เปลี่ยนแปลงไปในปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เวลา 96 ชั่วโมง	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสในสมองปลากระพงขาว ที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เวลาต่างกัน	68
รูปที่ 3.8 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสในกล้ามเนื้อปลากระพงขาว .. ที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เวลาต่างกัน	68
รูปที่ 3.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสใน สมองปลากระพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ	69
รูปที่ 3.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสใน กล้ามเนื้อปลากระพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ	69
รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บาริลและเปอร์เซ็นต์ การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสในสมองปลากระพงขาว ตามระยะเวลาต่างๆ	70
รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บาริลและเปอร์เซ็นต์ การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสในกล้ามเนื้อปลากระพงขาว ตามระยะเวลาต่างๆ	70
รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์ตับปลากระพงขาว ในวันที่ 2 และ 8 หลังจากได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้น 1.0, 1.5 และ 2.0 ppm.	71
รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์เหงือกปลากระพงขาว ในวันที่ 2 และ 8 หลังจากได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้น 1.0, 1.5 และ 2.0 ppm (ต่อ)	72
รูปที่ 3.15 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสในสมองปลากระพงขาว ที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความ เป็นพิษ	73
รูปที่ 3.16 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟอไรเนสในกล้ามเนื้อปลา กระพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการ แก้ไขความเป็นพิษ	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.17	แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟาเตสในสมองปลา กะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการ แก้ไขความเป็นพิษ	73
รูปที่ 3.18	แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โพลีฟอสฟาเตสในกล้ามเนื้อปลา กะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการ แก้ไขความเป็นพิษ	74
รูปที่ 3.19	แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์ตับปลากะพงขาว ที่ได้รับ คาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษ ด้วยวิธีการต่างๆ ในวันที่ 1 และ 5	75
รูปที่ 3.20	แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพในเซลล์เหงือกปลากะพงขาวในวันที่ 1 และ 5 หลังจากได้คาร์บาริล 2.95 ppm แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษด้วย วิธีการต่างๆ	77

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ซม.	=	เซนติเมตร
มก.	=	มิลลิกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
ล.	=	ลิตร
ชม.	=	ชั่วโมง
ACh	=	acetylcholine
AChE	=	acetylcholinesterase
ΔA	=	optical density ที่เปลี่ยนแปลงไป
DTNB	=	dithiobisnitrobenzoic acid
g	=	gram
hr	=	hour
kg	=	kilogram
LC ₅₀	=	Median Lethal Concentration
LD ₅₀	=	Median Lethal Dose
min	=	minute
mg/l	=	milligram/liter
ppm	=	part per million (มก./กก. หรือ มก./ล.)
SE	=	standard error
$\mu\text{m}/\text{l}$	=	micromole/liter