

การศึกษาพืชเนียบพลันและพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ปลาตายของเมทิลพาราไรออน
ค่อลากะพงขาว (*Lates calcarifer*)



นางสาว ภิทธา หาญจริยากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูทปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สหสาขาวิชา เกษตรวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2536

ISBN 974-582-654-4

ลิขสิทธิ์บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019491 117879.246

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



Miss Phatra Harnchariyakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Inter-Department of Pharmacology
Graduate School

Chulalongkorn University


1993

ISBN 974-582-654-4

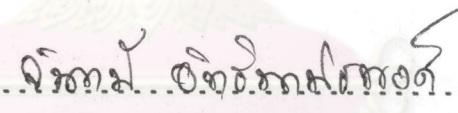
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาพืชเฉียบพลันและพิษในขนาดไม่เท่าทำให้ปลาตายของเมททิล
พาราไรออนต่อปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*)
โดย นางสาว ภัทรา หาญจริยาภูด
ภาควิชา สหสาขาวิชาเกษตรวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพิศรา ศรีไชยรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ น.สพ.ดร. จิรศักดิ์ คั้งทรงไพโรจน์

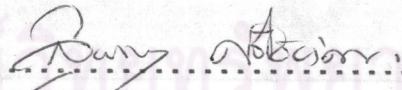


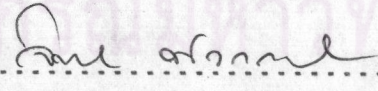
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

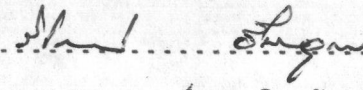

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จันทน์ อธิพานิชพงศ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพิศรา ศรีไชยรัตน์)


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


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ อิ่มอุคม)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ภัทรา หาญจริยากุล : การศึกษาพิษเฉียบพลันและพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ปลาตายของเมทิลพาราไรออนต่อปลากะพงขาว (Lates calcarifer.) (ACUTE TOXICITY AND SUBLETHAL EFFECT OF METHYLPARATHION IN GIANT PERCH (LATES CALCARIFER.))

อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุพัตรา ศรีไชยรัตน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.น.สพ.ดร.จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์, 151 หน้า. ISBN 974-582-654-4

ศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของเมทิลพาราไรออนที่ขนาดความเข้มข้น 0.5-2.5 มิลลิกรัม/ลิตร (ppm) ในปลากะพงขาว 10 กลุ่ม พบว่าค่า LC_{50} ภายใน 96 ชั่วโมง เท่ากับ 1.48 ppm ในขณะที่ปลาได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ปลาทุกกลุ่มแสดงอาการเป็นพิษออกมา โดยมีอาการกระวนกระวาย กระโดดตัวขึ้นเหนือน้ำ เคลื่อนไหวอย่างไม่มีทิศทางแน่นอน ปลาบางตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีความเข้มข้นสูง ตายภายใน 6-24 ชั่วโมง ปลาที่รอดตายทุกกลุ่มจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กินอาหารได้น้อยลง และยังคงแสดงอาการของความเป็นพิษ อัตราการตายของปลาที่ได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชขึ้นกับความเข้มข้นที่ให้ เช่นเดียวกับที่สัมพันธ์ของเอ็นไซม์โฆลินเอสเทอเรส โดยที่สัมพันธ์ของเอ็นไซม์โฆลินเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มที่ได้รับความเข้มข้นของเมทิลพาราไรออน 1.0-2.5 ppm ส่วนระดับโฆลินเอสเทอเรสในสมองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการศึกษาพิษของเมทิลพาราไรออนในขนาดที่ไม่ทำให้ปลาตายที่ขนาดความเข้มข้น (0.05-0.2 ppm) เป็นเวลา 7 วัน พบว่าปลาทุกตัวแสดงอาการเป็นพิษออกมาเช่นกัน และเริ่มมีอาการฟื้นตัวได้ในวันที่ 4 หลังจากสัมผัสกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ระดับเอ็นไซม์โฆลินเอสเทอเรสในสมองของปลาทุกกลุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ในกล้ามเนื้อลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลจากการตรวจทางจุลพยาธิวิทยาในการศึกษาพิษเฉียบพลัน พบว่าเซลล์ตับและกล้ามเนื้อแสดงการตายของเซลล์ ในเซลล์เหงือกมีการรวมกันของซีเหงือก ในการศึกษาพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ปลาตาย พบว่าเซลล์เหงือก ตับและกล้ามเนื้อ เริ่มแสดงอาการตายหลังวันที่ 2 ของการสัมผัสและอาการรุนแรงเพิ่มตามขนาดความเข้มข้นเมทิลพาราไรออนที่เข้าไปในทั้ง 2 การศึกษา

ผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่า การวัดสัมพันธ์ของเอ็นไซม์โฆลินเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อและสมองของปลากะพงขาวที่ลดลงไปอย่างมากในการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน เนื่องจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชพวกเมทิลพาราไรออน สามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีผลต่อการยับยั้งเอ็นไซม์โฆลินเอสเทอเรส



ภาควิชา เกษษวิทยา

สาขาวิชา สหศึกษาศาสตร์ เกษษวิทยา

ปีการศึกษา 2535

ลายมือชื่อนิสิต ภัทรา หาญจริยากุล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุพัตรา ศรีไชยรัตน์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.น.สพ.ดร.จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์

C445443: MAJOR PHARMACOLOGY
KEY WORD: : PARATHION TOXICOLOGY / CHOLINESTERASE / Lates calcarifer

PHATRA HARNCHARIYAKUL : ACUTE TOXICITY AND SUBLETHAL EFFECT OF METHYLPARATHION IN GIANT PERCH (LATES CALCARIFER.) THESIS ADVISOR : ASSIS. PROF. SUPATRA SRICHIRAT, Dr.rer.nat.; THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. JIRASAK TANGTRONGPIROS, PhD., DVM. 151 pp. ISBN 974-582-654-4

10 groups of Lates calcarifer were exposed to methyl parathion at the concentration of 0.5 to 2.5 mg/litre (ppm) and the LC₅₀ at 96 hours interval was found to be 1.48 ppm. Clinical signs of intoxication occurred in every treated groups. The fishes were restless and showed their fast erratic swimming (hyperexcitability), loss of coordination movement. Some of them, especially in the high concentration groups died in 6 to 24 hours. The survival fishes of every treated groups were appetitlose. Clinical sign and mortality rate of intoxicated fish were dose dependent as well as cholinesterase activity in muscle and brain were decreased significantly.

Sublethal effect of methyl parathion at the concentration of 0.05 - 0.2 ppm was also studied in 4 groups of Lates calcarifer for 7 days. The fishes showed signs of intoxication and recovered after the 4th day of exposure. Significantly decreased of brain cholinesterase activity was found, whereas cholinesterase activity in muscle was not significantly reduced.

The histopatological examination in both studies showed that there were muscle necrosis, liver cell vacuolation, congestion, necrosis and fusion of gill filament.

The results obtained from this study suggested that the strong inhibition of cholinesterase in muscle and brain tissue of Lates calcarifer due to organophosphate insecticides is a good indicator of their acute poisoning.



ภาควิชา.....เภสัชวิทยา.....

สาขาวิชา.....สัตวศาสตร์.....

ปีการศึกษา..... 2535.....

ลายมือชื่อนิติ..... ภาทรา หาร์จันทร์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... รุ่ง สรชिरาต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... จิระสาร ตังตรองปิโรส.....

ภิกษิกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุหิครา ศรีไชยรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ น.สพ.ดร. จิรศักดิ์ คั้งคร่งไพโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้ความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ น.สพ.คานิต ทวีเทียนนท์ หัวหน้าภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ ที่กรุณาอนุญาตให้ผู้วิจัยได้ใช้สถานที่เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของภาควิชาในการทําวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพ.ญ.ราศรี วงษ์วัชรคารง หัวหน้าหน่วยชันสูตรโรคสัตว์ ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ ที่กรุณาอนุญาตให้ผู้วิจัยได้ใช้สถานที่เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของหน่วยในการทําวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ น.สพ.ระบิล รัตนธานี อาจารย์ประจำภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ สพ.ญ.อรุณญา พลพรพิสิฐ สัตวแพทย์ประจำศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทาสไลด์ และการวินิจฉัยความผิดปกติของตับและตับอ่อน เหงือก และกล้ามเนื้อ และคุณวราภรณ์ วุทธิจินดา ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่อง gas chromatography รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยโรคสัตว์น้ำทุกท่าน ที่ได้ให้ความสะดวกในการทําวิจัย

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำภาควิชาเภสัชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ ทุกท่านที่ให้ความรู้ ตลอดจนการศึกษาในปริญญามหาบัณฑิตนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการทําวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ภัทรา หาญจริยากุล



บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ด
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ต

บทที่

1. บทนำ	
การใช้สาร เคมีกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย	2
ผลกระทบและการปนเปื้อนของสาร เคมีกำจัดศัตรูพืชในสภาวะแวดล้อม	3
เมทิลลพาราไรออน	
คุณสมบัติทั่วไป	7
กลไกการออกฤทธิ์และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	8
การศึกษาความเป็นพิษ	14
ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ	16
ปลากระพงขาว	25
2. วิธีการทดลอง	
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	33
การตรวจวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์อะซิติลเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อ	37
การตรวจวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์อะซิติลเอสเทอเรสในสมอง	38
การตรวจหาระดับของเมทิลลพาราไรออนในน้ำ	39
การศึกษาจุลพยาธิวิทยาของเหงือก กล้ามเนื้อ คับและคัพอ่อน	40
การคำนวณสมรรถนะของเอ็นไซม์อะซิติลเอสเทอเรส	41
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. ผลการทดลอง	
การประเมินความเที่ยงตรงในการวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลีติน	
เอสเทอร์ส	43
การประเมินค่าความคงตัวของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์สในกล้ามเนื้อ ...	45
การประเมินค่าความคงตัวของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์สในสมอง	47
การประเมินค่าเปอร์เซ็นต์ recovery ของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์ส	
ในสมอง	51
การประเมินค่าเปอร์เซ็นต์ recovery ของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์ส	
ในกล้ามเนื้อ	52
ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของเมทิลพาราไรโอบอนในปลากระพงขาว.....	
อาการทั่วไป.....	52
ผลการวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์ส	57
ผลการวัดปริมาณเมทิลพาราไรโอบอนในน้ำ	58
ผลการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยา	76
การศึกษาพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ปลาตายของเมทิลพาราไรโอบอนในปลา	
กระพงขาว.....	
อาการทั่วไป.....	87
ผลการวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์ส	91
ผลการวัดปริมาณเมทิลพาราไรโอบอนในน้ำ	99
ผลการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยา	104
4. อภิปรายและสรุปผลการทดลอง	124
เอกสารอ้างอิง	134
ภาคผนวก	148
ประวัติผู้เขียน	151

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	
เปรียบเทียบผลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ	6
2 แสดงความสัมพันธ์ของค่าครึ่งชีวิตกับอุณหภูมิของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ	12
3 แสดงผลกระทบของ pH ต่อการสลายตัวของเมทิลพาราไรธอนในน้ำ ...	12
4 แสดงค่าความคงตัวของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในน้ำกร่อย	13
5 แสดงค่า LC ₅₀ ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตต่อสัตว์ต่าง ๆ	18
6 แสดงความเที่ยงตรงของการวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์เอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาว	43
7 แสดงความเที่ยงตรงของการวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์เอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาว	44
8 แสดงการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์เอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวในระยะเวลา 30 วัน	45
9 แสดงการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์เอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาวในระยะเวลา 30 วัน	47
10 เปรียบเทียบค่าความคงตัวของเอ็นไซม์โกลด์เอสเทอเรสในกล้ามเนื้อและสมอง ภัยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สมรรถนะของเอ็นไซม์ที่วัดครั้งแรก	50
11 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ recovery วิธีการวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์เอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาว	51
12 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ recovery วิธีการวัดสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์เอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาว	52
13 แสดงจำนวนการตายของปลากะพงขาวภายหลังจากได้รับเมทิลพาราไรธอนในช่วงเวลาที่ศึกษา 96 ชั่วโมง	55
14 แสดงระดับสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์เอสเทอเรส (mean ± SE) ในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ตายในแต่ละช่วงเวลาขณะได้รับเมทิลพาราไรธอน	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 15 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์สที่เหลืออยู่ และ %inhibition ในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่คายนแต่ละช่วงเวลาขณะได้รับเมทิลพาราไธออนเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	60
16 แสดงระดับสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์สในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ไม่ได้รับเมทิลพาราไธออนและได้รับเมทิลพาราไธออนในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	62
17 แสดงระดับสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์ส (mean ± SE) ในสมองปลากะพงขาวที่คายนแต่ละช่วงเวลาขณะได้รับเมทิลพาราไธออน..	65
18 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์สที่เหลืออยู่ และ %inhibition ในสมองปลากะพงขาวที่คายนแต่ละช่วงเวลาขณะได้รับเมทิลพาราไธออนเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	66
19 แสดงระดับสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์สในสมองปลากะพงขาวที่ไม่ได้รับเมทิลพาราไธออนและได้รับเมทิลพาราไธออนในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	68
20 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของเมทิลพาราไธออนที่เหลืออยู่ที่เวลาต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นเริ่มกันต่างกัน	72
21 แสดงปริมาณของเมทิลพาราไธออนที่เหลืออยู่ที่เวลาต่าง ๆ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่วัดครั้งแรก	72
22 แสดงลักษณะอนุหุมิ ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนในน้ำ	75
23 แสดงค่าเปรียบเทียบเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์ส (mean ± SE) ในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ความเข้มข้นของเมทิลพาราไธออนขนาดต่าง ๆ และที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ กัน (n=5)	93
24 แสดงค่าเปรียบเทียบเอ็นไซม์โกลีตินเอสเทอร์ส (mean ± SE) ในสมองปลากะพงขาวที่ความเข้มข้นของเมทิลพาราไธออนขนาดต่าง ๆ และที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ กัน (n=5)	96
25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเมทิลพาราไธออนที่เหลืออยู่ในน้ำที่เวลาต่าง ๆ	104
26 แสดงความเข้มข้นของปริมาณเมทิลพาราไธออนที่เหลืออยู่ที่เวลาต่าง ๆ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่วัดครั้งแรก	101

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงการนำเข้าของสาร เคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแต่ละชนิดในช่วงปี 1985-1989	3
2 โครงสร้างทางเคมีของเมทิลพาราไรบอน	7
3 แสดงขบวนการทำลาย acetylcholine โดยเอ็นไซม์ acetylcholinesterase (AChE) และปฏิกิริยาของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีต่อเอ็นไซม์	10
4 แผนภูมิแสดงผลของเมทิลพาราไรบอนต่อลิวติคเมคาบอลิซึม	21
5 แสดงขบวนการเมคาบอลิซึมของเมทิลพาราไรบอนในร่างกาย	24
6 แสดงโครงสร้างทั่วไปของปลากะพงขาว	25
7 แสดงลักษณะของระบบประสาท	27
8 แสดงลักษณะของกล้ามเนื้อปลากะพงขาว	28
9 แสดงตำแหน่งที่จะเลาะเอากล้ามเนื้อ และสมองปลามาทดลอง	37
10 แผนภูมิแสดงการสกัดเมทิลพาราไรบอนในน้ำ	39
11 แสดงค่าความคงตัวของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาว โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สมรรถนะของเอ็นไซม์ที่วัดครั้งแรก (mean±SE)	46
12 แสดงค่าความคงตัวของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในสมองปลากะพงขาว โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สมรรถนะของเอ็นไซม์ที่วัดครั้งแรก (mean±SE)	48
13 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคงตัวของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาว โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สมรรถนะของเอ็นไซม์ที่วัดครั้งแรก (mean±SE)	49
14 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเมทิลพาราไรบอนกับเปอร์เซ็นต์การตายของปลากะพงขาว	56
15 แสดงสมรรถนะของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ตายในแต่ละช่วงเวลา (mean±SE)	61
16 แสดงความสัมพันธ์ของสมรรถนะเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวกับปริมาณเมทิลพาราไรบอนที่ได้รับ	63
17 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับเมทิลพาราไรบอนความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ...	64

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 18 แสดงสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลูโคสเทอเลสในสมองปลากะพงขาวที่คายใน แต่ละช่วงเวลา (mean±SE)	67
19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะเอ็นไซม์โกลูโคสเทอเลสในสมองปลา กะพงขาวกับปริมาณเมทิลพิริมาดีนที่ได้รับ	69
20 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โกลูโคสเทอเลสในสมอง ปลากะพงขาวที่ได้รับเมทิลพิริมาดีนความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ในเวลา 96 ชั่วโมง	70
21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลูโคสเทอเลสในกล้ามเนื้อ กับในสมองปลากะพงขาวที่ได้รับเมทิลพิริมาดีนขนาดต่าง ๆ ในเวลา 96 ชั่วโมง	71
22 แสดงปริมาณเมทิลพิริมาดีนที่เหลืออยู่ในน้ำเมื่อเวลาผ่านไป	73
23 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของเมทิลพิริมาดีนที่เหลือ อยู่ในน้ำกับเวลาที่ผ่านไป โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ปริมาณความเข้มข้นของ เมทิลพิริมาดีนที่วัดครั้งแรก	74
24 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ คับในกลุ่มควบคุม	77
25 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพิริมาดีน 0.5 ppm	78
26 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพิริมาดีน 0.75 ppm	79
27 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพิริมาดีน 1.0 ppm	80
28 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพิริมาดีน 1.25 ppm	81
29 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพิริมาดีน 1.50 ppm	82
30 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพิริมาดีน 1.75 ppm	83
31 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพิริมาดีน 2.0 ppm	84

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 32 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และตับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลททาราไรออน 2.25 ppm	85
33 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และตับอ่อนในกลุ่มที่ได้รับเมทิลททาราไรออน 2.50 ppm	86
34 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์อินเอสเทอเรส ในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่เก็บในแต่ละช่วงเวลากับความเข้มข้นของ เมทิลททาราไรออนที่ได้รับ	94
35 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โกลด์อินเอสเทอเรสใน กล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่เวลาต่าง ๆ	95
36 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของเอ็นไซม์โกลด์อินเอสเทอเรส ในสมองปลากะพงขาวที่เก็บในแต่ละช่วงเวลากับความเข้มข้นของเมทิล ททาราไรออนที่ได้รับ	97
37 แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โกลด์อินเอสเทอเรสใน กล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่เวลาต่าง ๆ	98
38 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของเมทิลททาราไรออน ที่เหลืออยู่ในน้ำเมื่อเวลาผ่านไป อดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ปริมาณความ เข้มข้นของเมทิลททาราไรออนที่วัดครั้งแรก	102
39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเมทิลททาราไรออนที่เหลืออยู่ ในน้ำกับเวลาที่ผ่านไป และเวลาที่ผ่านไปกับ % inhibition ในกล้ามเนื้อ และสมองปลากะพงขาว	103
40 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และตับอ่อนในกลุ่มควบคุม	105
41 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และตับอ่อนในกลุ่มที่ได้รับเมทิลททาราไรออน 0.05 ppm หลังสัมผัสนาน 2 วัน	106
42 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และตับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลททาราไรออน 0.10 ppm หลังสัมผัสนาน 2 วัน	107
43 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และตับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลททาราไรออน 0.2 ppm หลังสัมผัสนาน 2 วัน	108
44 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และตับในกลุ่มที่ได้รับเมทิลททาราไรออน 0.05 ppm หลังสัมผัสนาน 3 วัน	109

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 45 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.1 ppm หลังสัมผัสนาน 3 วัน	110
46 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.2 ppm หลังสัมผัสนาน 3 วัน	111
47 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบอ่อนในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.05 ppm หลังสัมผัสนาน 4 วัน	112
48 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.1 ppm หลังสัมผัสนาน 4 วัน	113
49 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบอ่อนในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.2 ppm หลังสัมผัสนาน 4 วัน	114
50 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบอ่อนในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.05 ppm หลังสัมผัสนาน 5 วัน	115
51 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.1 ppm หลังสัมผัสนาน 5 วัน	116
52 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.2 ppm หลังสัมผัสนาน 5 วัน	117
53 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.05 ppm หลังสัมผัสนาน 6 วัน	118
54 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.1 ppm หลังสัมผัสนาน 6 วัน	119
55 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.2 ppm หลังสัมผัสนาน 6 วัน	120
56 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.05 ppm หลังสัมผัสนาน 7 วัน	121
57 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.1 ppm หลังสัมผัสนาน 7 วัน	122
58 แสดงเซลล์เหงือก กล้ามเนื้อ และคืบในกลุ่มที่ได้รับเมทิลพาราไรออน	
0.2 ppm หลังสัมผัสนาน 7 วัน	123

คำอธิบายและสัญลักษณ์ย่อ

ซม.	=	เซนติเมตร
มก.	=	มิลลิกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
ล.	=	ลิตร
ซม.	=	ซีวามง
ACh	=	acetylcholine
AChE	=	acetylcholinesterase
A	=	optical density
°C	=	degree celsius
DTNB	=	dithiobisnitrobenzoic acid
NADPH	=	Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
g	=	gram
hr	=	hour
nm	=	nanometer
min	=	minute
ppm	=	part per million
ppt	=	part per thousand
T	=	Temperature
IU	=	International unit
GSH	=	Glutathione

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย