

ผลของเมทิลพาราไธออนและไนไตรท์ต่อระดับไซโตโครมพี 450 ไซโตโครมบี 5  
และสมรรถนะของไซโตโครมซีรีดักเตสในปลาอุกพันธุ์ผสม  
( *Clarias macrocephalus* VS *Clarias gariepinus* )

ร้อยตำรวจโทหญิง กรรณิกา ไล้ห์ทอง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเภสัชวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-281-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

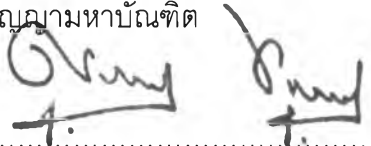
EFFECT OF METHYL PARATHION AND NITRITE ON THE LEVEL OF  
CYTOCHROME P450, CYTOCHROME b5 AND CYTOCHROME C  
REDUCTASE ACTIVITIES IN CROSSBRED CATFISH  
(*Clarias macrocephalus* VS *Clarias gariepinus*)

Pol.Lt. Kannika Lothong

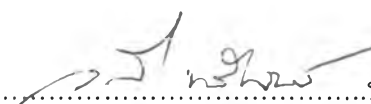
A Thesis Submitted in Partail Fullfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Pharmacology  
Inter-Department of Pharmacology  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
Academic Year 1998  
ISBN 974-332-281-7

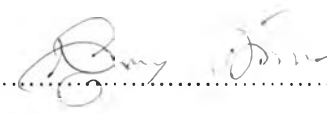
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของเมทิลพาราไธออนและไนไตรท์ต่อระดับไฮโดรคอร์ติซอล  
ไฮโดรคอร์ติซอล 5 และสมรรถนะของไฮโดรคอร์ติซอลในปลา  
ในปลาอุกพันธุ์ผสม ( *Clarias macrocephalus* VS  
*Clarias gariepinus* )  
โดย ร้อยตำรวจโท หญิง ภรณีกรรณิกา ไส้หึ่งทอง  
สาขาวิชา เกษตรวิทยา  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ภญ.ดร. สุพัตรา ศรีไชยรัตน์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ น.สพ.ดร. จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์

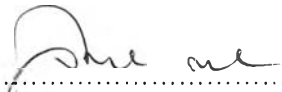
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

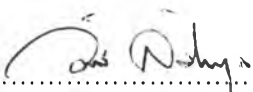
  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

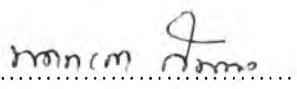
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ วณิ ทวีทรัพย์)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ภญ.ดร. สุพัตรา ศรีไชยรัตน์)

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

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วชิรี ลิมนิสิตธิกุล)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ พ.ต.ท. ดร. สมทรง ลาวัณย์ประเสริฐ)

กรรมนิภา โฉน่ทอง, ร้อยตำรวจโท : ผลของเมททิลพาราไรออนและไนไตรท์ต่อระดับไซโตโครมพี 450, ไซโตโครมบี5 และสมรรถนะของไซโตโครมซีรีดักเตสในปลาอุกพันธุ์ผสม (EFFECT OF METHYLPARATHION AND NITRITE ON THE LEVEL OF CYTOCHROME P450, CYTOCHROME b5 AND CYTOCHROME C REDUCTASE ACTIVITIES IN CROSSBRED CATFISH (*Clarias macrocephalus* VS *Clarias gariepinus*)  
อ.ที่ปรึกษา : รศ. ภญ. ดร. สุพัตรา ศรีไชยรัตน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. น.สพ.ดร. จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์,  
125 หน้า. ISBN 974-332-281-7

ทำการศึกษาค้นคว้าที่ไม่ทำให้ปลาตายของเมททิลพาราไรออน, ไซเดียมไนไตรท์ และผลร่วมกันของสารทั้ง 2 ชนิด ต่อเอ็นไซม์ในระบบไซโตโครมพี 450, ไซโตโครมพี 420, ไซโตโครมบี 5, สมรรถนะไซโตโครมซีรีดักเตสตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตับและปริมาณโปรตีนในไมโครโซมที่แยกจากตับของปลาอุกพันธุ์ผสม โดยที่ปลาอุกสัมผัสกับเมททิลพาราไรออนที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 - 4.0 มก./ลิตร, ไซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 6.25 - 150 มก./ลิตร และเมททิลพาราไรออน 0.5 และ 1.0 มก./ลิตร ร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 150 มก./ลิตร นาน 24 ชั่วโมง ผลจากการศึกษาพบว่า เมททิลพาราไรออนที่ความเข้มข้น 2 มก./ลิตรมีผลทำให้ระดับไซโตโครมพี 450 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในขณะเดียวกันก็มีการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของไซโตโครมพี 420 ซึ่งเป็นรูปแบบของไซโตโครมพี 450 ที่ถูกทำลายไป การลดลงของไซโตโครมพี 450 ร่วมกับการเพิ่มขึ้นของไซโตโครมพี 420 นั้นเป็นไปตามความเข้มข้นของเมททิลพาราไรออนที่เพิ่มขึ้น ไม่พบว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของระดับไซโตโครมบี 5, ตลอดจนน้ำหนักตับและปริมาณโปรตีนในไมโครโซม เมททิลพาราไรออนตั้งแต่ความเข้มข้น 1 มก./ลิตรทำให้สมรรถนะของไซโตโครมซีรีดักเตสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ไซเดียมไนไตรท์ทำให้ระดับไซโตโครมพี 450 ลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 100 มก./ลิตร มีผลทำให้ระดับไซโตโครมพี 450 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) และมีการเพิ่มขึ้นของไซโตโครมพี 420 ที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) สำหรับสมรรถนะไซโตโครมซีรีดักเตสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อความเข้มข้นของไซเดียมไนไตรท์สูงตั้งแต่ 25 มก./ลิตร ไม่พบว่าไนไตรท์ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของระดับไซโตโครมบี 5, ปริมาณโปรตีนในไมโครโซม และน้ำหนักตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การให้เมททิลพาราไรออนร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ทำให้เกิดผลเช่นเดียวกัน ซึ่งมีผลที่น้อยกว่าผลรวมกันของสารทั้ง 2 ตัว อย่างไรก็ตามผลที่เกิดขึ้นจนสังเกตเห็นได้นี้อาจจะนำมาใช้ในการวัดสภาวะแวดล้อมที่ปนเปื้อนเนื่องจากสารพิษทั้ง 2 ตัวนี้

ภาควิชา .....บัณฑิตวิทยาลัย.....  
สาขาวิชา .....เภสัชวิทยา.....  
ปีการศึกษา ..... 2541 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

# ๘845717 : MAJOR PHARMACOLOGY

KEY WORD:

METHYL PARATHION / SODIUM NITRITE / CYTOCHROME P450 / CYTOCHROME b5 / CYTOCHROME C REDUCTASE

KANNIKA LOTHONG, Pol.Lt. : EFFECT OF METHYL PARATHION AND NITRITE ON THE LEVEL OF CYTOCHROME P450, CYTOCHROME b5 AND CYTOCHROME C REDUCTASE ACTIVITIES IN CROSSBRED CATFISH (*Clarias macrocephalus* VS *Clarias gariepinus*). THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.SUPATRA SRICHIRAT, Dr.rer.nat., THESIS CO-ADVISOR : ASSO.PROF. DR. JIRASAK TANGTRONGPIROT, D.V.M., Ph.D. 125 pp. ISBN 974-332-281-7

The sublethal effects of methyl parathion, sodium nitrite as well as the combination of the two toxic substances on the level of cytochrome P450, cytochrome P420, cytochrome b5 and cytochrome C reductase as well as changing in liver weight and microsomal protein content were studied in crossbred catfishes. The catfishes were exposed to methyl parathion ( 0.1-4.0 mg/L ), sodium nitrite ( 0.625-150 mg/L ) and the combination of methyl parathion ( 0.5 and 1.0 mg/L ) and sodium nitrite ( 25-150 mg/L ) for 24 hours. The results from these studies showed that methyl parathion at the concentration up to 2 mg/L caused a significant decrease of the cytochrome P450 level accompanied with an elevation of an absorption peak at 420 which supposed to be cytochrome P420, a denatured form of cytochrome P450. The reduction of cytochrome P450 with elevation of cytochrome P420 were found to be concentration dependent. No significant changes in cytochrome b5, liver weight and microsomal protein content were found. At the concentration up to 1 mg/L, methyl parathion caused a significant decrease in cytochrome C reductase activity.

Sodium nitrite caused also a concentration dependent decreased in cytochrome P450 with increasing in cytochrome P420 level. At concentration up to 100 mg/L, sodium nitrite caused significant decrease in cytochrome P450 ( $P < 0.01$ ) with increasing formation of cytochrome P420 ( $P < 0.001$ ). Significant decrease ( $P < 0.001$ ) of cytochrome C reductase was showed at the high concentration of sodium nitrite ( $\geq 25$  mg/L). No significant changes of cytochrome b5, microsomal protein and liver weight were also observed.

Combining methyl parathion and sodium nitrite produced a less than additive effect on these measurements. Some of these effects seen might have implication for monitoring of environmental pollution for these two toxic compounds.

ภาควิชา.....บัณฑิตวิทยาลัย.....  
สาขาวิชา.....เภสัชวิทยา.....  
ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. ภญ. ดร. สุพัตรา ศรีไชยรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ รศ. น.สพ. ดร. จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ในการ  
ให้คำปรึกษาและชี้แนะในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้  
ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. สพ.ญ. ดร. วรา พานิชเกรียงไกร ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่  
รวมทั้งอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชา สหสาขาเภสัชวิทยาทุกท่านที่กรุณาชี้แนะ  
ให้ความรู้และคำแนะนำ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกและให้การช่วยเหลือในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา และเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนทำให้  
วิทยานิพนธ์สำเร็จในที่สุด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฒ
บทที่	
1. บทนำ	
การเปลี่ยนแปลงสารพิษ.....	2
ระบบไฮโดโครมพี450.....	2
การกระจายของไฮโดโครมพี450.....	2
คุณสมบัติทั่วไปของไฮโดโครมบี 5.....	4
คุณสมบัติทั่วไปของไฮโดโครมซีรีดักเตส.....	5
ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ในระบบไฮโดโครมพี450.....	6
ชนิดของการยับยั้งเอ็นไซม์ไฮโดโครมพี450.....	7
เมทิลพาราไรออน.....	12
การเมตาบอลิซึมของเมทิลพาราไรออน.....	14
ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา.....	15
ผลกระทบของเมทิลพาราไรออนต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม.....	16
ไซเดียมไนไตรท์.....	18
แหล่งที่พบไนไตรท์และไนเตรท.....	19
การดูดซึมและการขับถ่าย.....	21
ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นพิษของไนไตรท์และไนเตรท.....	22
ผลกระทบของไนไตรท์และไนเตรทต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม.....	24
แนวเหตุผลและสมมุติฐานในการศึกษา.....	27
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	29

## สารบัญ ( ต่อ )

	หน้า
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	29
<b>2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง</b>	
สัตว์ทดลอง เครื่องมือ และสารเคมี.....	38
การเตรียมสารเคมี.....	39
การเตรียมไมโครโซม.....	42
การวัดปริมาณโปรตีน.....	42
การวัดระดับไซโตโครมบี 5 ไซโตโครมพี 450 และไซโตโครมพี 420.....	43
การวัดสมรรถนะไซโตโครมซีรีดักเตส.....	45
วิธีการทดลอง.....	46
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	48
<b>3. ผลการทดลอง</b>	
ประเมินความแม่นยำในการวัดระดับไซโตโครมพี 450 ไซโตโครมบี 5 และสมรรถนะ ไซโตโครมซีรีดักเตส.....	49
ประเมินความคงตัวของไซโตโครมพี 450 ไซโตโครมบี 5 และสมรรถนะไซโตโครมซีรีดักเตส.....	49
การศึกษาผลของเมทิลพาราไรออนภายในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม.....	49
อาการทั่วไป.....	49
ผลต่อปริมาณโปรตีนในไมโครโซมและน้ำหนักตับ.....	50
ผลต่อระดับไซโตโครมพี 450 และไซโตโครมพี 420.....	51
ผลต่อระดับไซโตโครมบี 5 และสมรรถนะไซโตโครมซีรีดักเตส.....	51
การศึกษาผลของไซเดียมไนไตรท์ภายในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม.....	51
อาการทั่วไป.....	51
ผลต่อปริมาณโปรตีนในไมโครโซมและน้ำหนักตับ.....	52
ผลต่อระดับไซโตโครมพี 450 และไซโตโครมพี 420.....	52
ผลต่อระดับไซโตโครมบี 5 และสมรรถนะไซโตโครมซีรีดักเตส.....	53



สารบัญ ( ต่อ )

หน้า

การศึกษาผลของเมทิลพาราไรออนร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ ภายในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม.....	53
อาการทั่วไป.....	53
ผลของเมทิลพาราไรออนขนาด 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์.....	55
ผลต่อปริมาณโปรตีนในไมโครโซมและน้ำหนักตับ.....	56
ผลต่อระดับไซโตโครมพี 450 และไซโตโครมพี 420.....	56
ผลต่อระดับไซโตโครมบี 5 .....	57
ผลต่อสมรรถนะไซโตโครมซีรีดักเตส.....	57
ผลของเมทิลพาราไรออนขนาด 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์.....	58
ผลต่อปริมาณโปรตีนในไมโครโซมและน้ำหนักตับ.....	58
ผลต่อระดับไซโตโครมพี 450 และไซโตโครมพี 420.....	58
ผลต่อระดับไซโตโครมบี 5 .....	59
ผลต่อสมรรถนะไซโตโครมซีรีดักเตส.....	59
4. อภิปรายผลและสรุปผลการทดลอง.....	93
รายการอ้างอิง.....	110
ประวัติผู้เขียน.....	125

## สารบัญญัตินี้

ตารางที่	หน้า
1. แสดงเอ็นไซม์ไฮโดรโครมพี 450 ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม.....	33
2. แสดงสารเหนียวนำเอ็นไซม์ไฮโดรโครมพี 450.....	34
3. แสดงลักษณะการเหนียวนำของสารเหนียวนำเอ็นไซม์.....	35
4. แสดงสารที่เป็นตัวยับยั้งเอ็นไซม์ไฮโดรโครมพี 450.....	36
5. แสดงความแตกต่างระหว่างเพศในการเปลี่ยนแปลงสาร.....	37
6. แสดงความแม่นยำในการวัดระดับไฮโดรโครมพี 450 ไฮโดรโครมปี 5 และสมรรถนะของ ไฮโดรโครมซีรีดักเตส.....	61
7. แสดงความคงตัวของระดับไฮโดรโครมพี 450 ไฮโดรโครมปี 5 และสมรรถนะของ ไฮโดรโครมซีรีดักเตส.....	61
8. แสดงปริมาณโปรตีนในไมโครโซมและน้ำหนักตับปลาตุ๊กพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมททิลพาราไรออนนาน 24 ชั่วโมง.....	62
9. แสดงระดับไฮโดรโครมพี 450 ไฮโดรโครมพี 420 ไฮโดรโครมปี 5 และสมรรถนะของ ไฮโดรโครมซีรีดักเตสในปลาตุ๊กพันธุ์ผสมภายหลังสัมผัสเมททิลพาราไรออนนาน 24 ชั่วโมง....	63
10. แสดงปริมาณโปรตีนในไมโครโซมและน้ำหนักตับปลาตุ๊กพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสไซเดียมไนไตรท์ นาน 24 ชั่วโมง.....	64
11. แสดงระดับไฮโดรโครมพี 450 ไฮโดรโครมพี 420 ไฮโดรโครมปี 5 และสมรรถนะของ ไฮโดรโครมซีรีดักเตสในปลาตุ๊กพันธุ์ผสมภายหลังสัมผัสไซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	65
12. แสดงปริมาณโปรตีนในไมโครโซมและน้ำหนักตับปลาตุ๊กพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมททิลพาราไรออนขนาด 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 24 ชั่วโมง.....	66
13. แสดงระดับไฮโดรโครมพี 450 และไฮโดรโครมพี 420 ในปลาตุ๊กพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัส เมททิลพาราไรออนขนาด 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 24 ชั่วโมง.....	67
14. แสดงระดับไฮโดรโครมปี 5 และสมรรถนะไฮโดรโครมซีรีดักเตสในปลาตุ๊กพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมททิลพาราไรออนขนาด 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 24 ชั่วโมง.....	68

## สารบัญตาราง ( ต่อ )

ตารางที่	หน้า
15. แสดงปริมาณโปรตีนในไมโครโซมและน้ำหนักตับปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออนขนาด 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 24 ชั่วโมง.....	68
16. แสดงปริมาณโปรตีนในไมโครโซมต่อน้ำหนักตับในปลาอุกพันธุ์ผสมภายหลังสัมผัส เมทิลพาราไรออนขนาด 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 24 ชั่วโมง.....	69
17. แสดงระดับไฮโดโครมพี 450 และไฮโดโครมพี 420 ในปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัส เมทิลพาราไรออนขนาด 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 24 ชั่วโมง.....	70
18. แสดงระดับไฮโดโครมบี 5 และสมรรถนะไฮโดโครมซีรีดักเตสในปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออนขนาด 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเดียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 24 ชั่วโมง.....	71

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แสดงวงจรการทำงานของไฮโดโครมพี 450.....	30
2. แสดงไฮโดโครมพี 450 และไฮโดโครมบี 5 ในไมโตคอนเดรีย.....	31
3. แสดงการเมตาบอลิซึมของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต.....	32
4. แสดงความคงตัวของไฮโดโครมพี 450 และไฮโดโครมบี 5.....	72
5. แสดงความคงตัวของสมรรถนะไฮโดโครมซีรีดักเตส.....	72
6. แสดงปริมาณโปรตีนในไมโครโซมในตับปลาตกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออนนาน 24 ชั่วโมง.....	73
7. แสดงน้ำหนักตับปลาตกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออนนาน 24 ชั่วโมง.....	73
8. แสดงระดับไฮโดโครมพี 450 และไฮโดโครมพี 420 ในร่างกายปลาตกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออนนาน 24 ชั่วโมง.....	74
9. แสดงระดับไฮโดโครมบี 5 ในร่างกายปลาตกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออนนาน 24 ชั่วโมง.....	74
10. แสดงรูปแบบสเปกตรัมของไฮโดโครมพี 450 และไฮโดโครมพี 420 ในปลาตกพันธุ์ผสมที่ได้รับเมทิลพาราไรออนที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	75
11. แสดงรูปแบบสเปกตรัมของไฮโดโครมบี 5 ในปลาตกพันธุ์ผสม ได้รับเมทิลพาราไรออนที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	76
12. แสดงสมรรถนะไฮโดโครมซีรีดักเตสในปลาตกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออนนาน 24 ชั่วโมง.....	77
13. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนในไมโครโซมในตับปลาตกพันธุ์ผสม กับความเข้มข้นของเมทิลพาราไรออนภายหลังสัมผัสนาน 24 ชั่วโมง.....	78
14. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตับปลาตกพันธุ์ผสม กับความเข้มข้นของเมทิลพาราไรออนภายหลังสัมผัสนาน 24 ชั่วโมง.....	78
15. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับไฮโดโครมพี 450 ในปลาตกพันธุ์ผสม กับความเข้มข้นของเมทิลพาราไรออนภายหลังสัมผัสนาน 24 ชั่วโมง.....	79
16. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับไฮโดโครมพี 420 ในปลาตกพันธุ์ผสม กับความเข้มข้นของเมทิลพาราไรออนภายหลังสัมผัสนาน 24 ชั่วโมง.....	79
17. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับไฮโดโครมบี 5 ในปลาตกพันธุ์ผสม กับความเข้มข้นของเมทิลพาราไรออนภายหลังสัมผัสนาน 24 ชั่วโมง.....	80

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	หน้า
18. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะไฮโดโครมซีรีดักเตสในปลาอุกพันธุ์ผสม กับความเข้มข้นของเมทิลลพาราไรออนภายหลังสัมผัสนาน 24 ชั่วโมง.....	80
19. แสดงปริมาณโปรตีนในไมโครโซมในตับปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	81
20. แสดงน้ำหนักตับปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	81
21. แสดงระดับไฮโดโครมพี 450 และไฮโดโครมพี 420 ในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	82
22. แสดงระดับไฮโดโครมบี 5 ในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	82
23. แสดงรูปแบบสเปกตรัมของไฮโดโครมพี 450 และไฮโดโครมพี 420 ในปลาอุกพันธุ์ผสมที่ได้รับโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	83
24. แสดงรูปแบบสเปกตรัมของไฮโดโครมบี 5 ในปลาอุกพันธุ์ผสม ที่ได้รับโซเดียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	84
25. แสดงสมรรถนะไฮโดโครมซีรีดักเตสในปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	85
26. แสดงปริมาณโปรตีนในไมโครโซมในตับปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลลพาราไรออนร่วมกับโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	86
27. แสดงน้ำหนักตับปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลลพาราไรออนร่วมกับ โซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	86
28. แสดงระดับไฮโดโครมพี 450 ในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลลพาราไรออนร่วมกับโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	87
29. แสดงระดับไฮโดโครมพี 420 ในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลลพาราไรออนร่วมกับโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	87
30. แสดงระดับไฮโดโครมบี 5 ในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลลพาราไรออนร่วมกับโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	88
31. แสดงสมรรถนะไฮโดโครมซีรีดักเตสในร่างกายปลาอุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลลพาราไรออนร่วมกับโซเดียมไนไตรท์นาน 24 ชั่วโมง.....	88

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	หน้า
32. แสดงการเปรียบเทียบเสปคตรัมของไซโตโครมพี 450 และไซโตโครมพี 420 ในปลาตุกพันธุ์ผสมภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไซเตียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	89
33. แสดงการเปรียบเทียบเสปคตรัมของไซโตโครมบี 5 ในปลาตุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเตียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้น 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	90
34. แสดงการเปรียบเทียบเสปคตรัมของไซโตโครมพี 450 และไซโตโครมพี 420 ในปลาตุกพันธุ์ผสมภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไซเตียมไนไตรท์ที่ความเข้มข้น 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	91
35. แสดงการเปรียบเทียบเสปคตรัมของไซโตโครมบี 5 ในปลาตุกพันธุ์ผสม ภายหลังสัมผัสเมทิลพาราไรออน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับไซเตียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้น 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	92

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

มก.	=	มิลลิกรัม
/	=	per
%	=	percent
ABS	=	absorbance
ATP	=	adenosine triphosphate
cm	=	centimetre
CYP	=	cytochrome P450
cv	=	coefficient of variance
DNA	=	deoxyribonucleic acid
EDTA	=	ethylene diamine tetra - acitic acid
GSH	=	reduced glutathion
M	=	molar
min	=	minute
mg	=	milligram
ml	=	millilitre
mM	=	millimolar
mRNA	=	massenger ribonucleic acid
NADH	=	reduced nicotinamide adenine dinucleotide
NADPH	=	reduced nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
nmol	=	nanomolar
RNA	=	ribonucleic acid
SER	=	smooth endoplasmic reticulum
W/W	=	weight by weight