

จุลพยาธิสภาพของเห็บก ตัวและไตในปลากระดี่หม้อ *Trichogaster trichopterus*  
และปลาตะเพียน *Puntius gonionotus* ในพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี



นางสาววันทนี ศรีจันทร์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

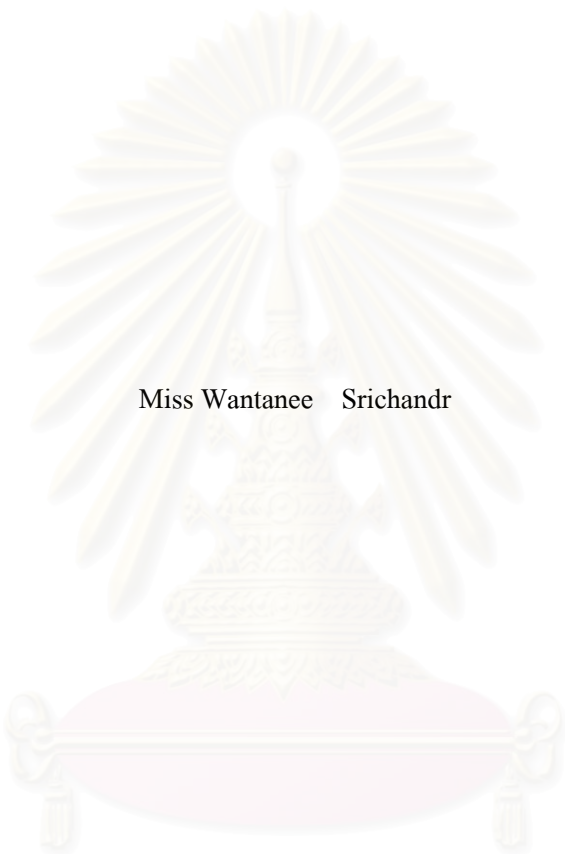
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HISTOPATHOLOGICAL ALTERATION OF GILL, LIVER AND KIDNEY OF  
THREE-SPOTTED GOURAMY *Trichogaster tricopterus* AND COMMON SILVER BARB *Puntius gonionotus*  
AT KLONG 7 AGRICULTURE AREA, PATHUM THANI PROVINCE



Miss Wantanee Srichandr

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

จุลพยาธิสภาพของเหวี่ยง ดับและไตในปลากระดี่หม้อ

*Trichogaster trichopterus* และปลาตะเพียน *Puntius*

*gonionotus* ในพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี

โดย

นางสาววันทนี ศรีจันทร์

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

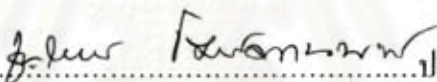
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก


รองศาสตราจารย์ ดร. กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฉมจิตานนท์)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. กำธร ชีรคุปต์)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร. เจนนุช ว่องวัชชัย)

วันทนี ศรีจันทร์: จุลพยาธิสภาพของเหงือก ดับและไตในปลากระดี่หม้อ *Trichogaster trichopterus* และปลาตะเพียน *Puntius gonionotus* ในพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี. (HISTOPATHOLOGICAL ALTERATION OF GILL, LIVER AND KIDNEY OF THREE SPOTTED GOURAMY *Trichogaster trichopterus* AND COMMON SILVER BARB *Puntius gonionotus* AT KLONG 7 AGRICULTURE AREA, PATHUM THANI PROVINCE) อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ, 119 หน้า.

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือก ดับ ไต ในปลากระดี่หม้อและปลาตะเพียน และปริมาณตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี และศึกษาความเป็นพิษกึ่งเรื้อรังของสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.1 0.2 0.5 และ 0.8 ppb เป็นระยะเวลา 1 เดือนต่อเนื้อเยื่อเหงือก ดับและไตของปลากระดี่หม้อและปลาตะเพียนในห้องปฏิบัติการ เก็บตัวอย่างน้ำและปลาทั้ง 2 ชนิดตั้งแต่เดือน เมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ. 2550 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูแล้งและฤดูฝน ศึกษาเนื้อเยื่อจากสไลด์ถาวร และวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิดในน้ำ ปลากระดี่หม้อและปลาตะเพียนโดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี การศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือก ดับและไตของปลาทั้ง 2 ชนิด ในคลอง 7 พบการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน มีการเพิ่มจำนวนเซลล์เยื่อผิวของกิ่งเหงือก ทำให้เกิดการเชื่อมกันของซี่เหงือก เซลล์เยื่อผิวของซี่เหงือกแยกตัวหลุดลอก พบการคั่งของเซลล์เม็ดเลือดแดงในไซนุซอยด์และพบการบวมพองของกิ่งเหงือก เนื้อเยื่อดับพบการสะสมของแควิวโอลและไฮยาลินแกรนูลในเซลล์ตับ เกิดการคั่งของเลือดในไซนุซอยด์และหลอดเลือด เซลล์ตับตายเป็นหย่อมๆและกระจายทั่วไป และมีการแทรกซึมของเซลล์เม็ดเลือดขาว เนื้อเยื่อไตพบการหดตัวของโกลเมอรูลัสและมีเม็ดเลือดแดงอัดแน่น เซลล์ท่อไตมีช่องว่างภายในและพบการตายของเซลล์ ปลากลุ่มทดลองที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนที่ความเข้มข้นสูง 0.5 และ 0.8 ppb พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเช่นเดียวกับปลาจากคลอง 7 สรุปได้ว่าน้ำที่ปนเปื้อนสารในพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 ทำให้เกิดพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อปลา โดยปลากระดี่หม้อมีการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพมากกว่าปลาตะเพียน จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบเอนโดซัลแฟนและอนุพันธ์ของเอนโดซัลแฟนตกค้างในน้ำ 0.004 - 0.021 ppb ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้ แสดงถึงปริมาณการใช้ที่ลดลงอันเนื่องมาจากการประกาศห้ามใช้สารชนิดนี้ตั้งแต่พ.ศ. 2547 โดยมีปริมาณสารพิษตกค้างในระดับไม่เกินความเข้มข้นสูงสุดของสารเอนโดซัลแฟนที่สามารถมีในแหล่งน้ำโดยไม่เกิดอันตรายแก่สัตว์น้ำตามมาตรฐานของ U.S.EPA(1994) คือ 0.22 ppb พบการตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีนหลายชนิดในตัวอย่างปลาซึ่งมีปริมาณสะสมมากกว่าที่พบในตัวอย่างน้ำ 100 เท่า และพบปริมาณที่ตกค้างทั้งในตัวอย่างน้ำและปลามากน้อยขึ้นกับฤดูกาลในการทำเกษตรกรรม

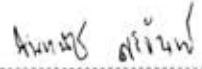
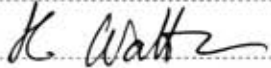
สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต..... น.ทงป๋ ศรีจันทร์  
ปีการศึกษา..... 2551..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

## 4889134020: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: HISTOPATHOLOGICAL ALTERATION/FISH/GILL/LIVER/KIDNEY  
/ORGANOCHLORINE INSECTICIDE/GAS CHROMATOGRAPHY

WANTANEE SRICHANDR: HISTOPATHOLOGICAL ALTERATION OF GILL, LIVER AND KIDNEY OF THREE SPOTTED GOURAMY *Tricogaster tricopterus* AND COMMON SILVER BARB *Puntius gonionotus* AT KLONG 7 AGRICULTURE AREA, PATHUM THANI PROVINCE. ADVISOR: ASSOC. PROF. KINGKAEW WATTANASIRMKIT, Ph.D., 119 pp.

Histological alteration of the gill, liver and kidney of the three-spotted gouramy and Thai silver barb and the concentration of organochlorine pesticide residual in water and fish tissue at Klong 7 agricultural area, Pathum Thani Province and subchronic toxicological test with endosulfan at level 0.1, 0.2, 0.5 and 0.8 ppb for 1 month in laboratory were studied. Water and tissue samples in April, July, October 2006 and January 2007 represented to summer and rainy season were collected. Histological alteration was studied on H&E staining permanent slides preparation and the analyses of 17 organochlorine compounds in water and fish samples were conducted by Gas-chromatography. Histopathological alteration of these fish exhibited similar histopathological changes. Histopathological changes in gill were hyperplasia of 1<sup>o</sup> gill lamellae, epithelial lifting, congestion in sinusoid and telengiectasia. Histopathological alterations of liver were accumulation of vacuoles and hyalin granules, congestion in blood vessel and sinusoid, foci and diffuse necrosis and lymphocyte infiltration. Kidney alterations were shrinkage of glomerulus, vacuole accumulation in renal tubular cell, necrosis of renal tubular cell. Fish treated in high dose with endosulfan 0.5 and 0.8 ppb showed histological alteration at the same level with fish collected from klong 7. It could be concluded that water in klong 7 has effects on histopathological changes. Three-spotted gouramy has more degree of severity than the Thai silver barb. From chemical analysis, residual concentration of endosulfan and its derivatives were 0.004 - 0.021 ppb which lower than previous study. These results indicated that the used of endosulfan has been low in this area due to the banning in 2004 and did not exceed the Maximum Allowable Concentration of endosulfan in drinking water standards by U.S.EPA(1994) which was 0.22 ppb. However, most organochlorine pesticide residues in the fish tissues were more than 100 times of the amount in water samples. These residues found in samples related to seasonal of agricultural activity.

Field of Study: Environmental Science Student's Signature:   
Academic Year: 2008 Advisor's Signature: 

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. กิ่งแก้ว วัฒนเสริมกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์ อย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้ และกรุณาให้ผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์และสถานที่ในการทดลองทางเนื้อเยื่อวิทยา ตลอดจนสนับสนุน ให้กำลังใจและคอยติดตามตลอดระยะเวลาการวิจัยจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.กำธร ชีรคุปต์ ที่กรุณาให้ผู้วิจัยใช้สารเคมี สถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือในการทดลองแก๊สโครมาโตกราฟี และการสนับสนุนพร้อมทั้งคำแนะนำต่างๆที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินการวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ รศ.สพ.ญ.ดร. เจนนุช ว่องธวัชชัย ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และเมตตาให้ความอนุเคราะห์ขยายสไลด์ปลา aquaness® ซึ่งเป็นประโยชน์ในการศึกษาครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชาญวิทย์ โหมยิตานนท์ ที่กรุณาสละเวลาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งคอยติดตาม ดูแลให้ งานสำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณ คุณวัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ คุณศรัณย์ เกียรติมาลีสถิตย์ และคุณศิระประกาศ บุญถื่อ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในขณะที่ทำการศึกษาด้านแก๊สโครมาโตกราฟีเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อ.ดร. จิรารัช ศรีจันทร์งาม คุณวชิพร เย็นฉ่ำ และคุณวรรษฐา อังศิริจินดา สำหรับคำแนะนำ ความช่วยเหลือต่างๆในขณะที่ทำการศึกษาด้านเนื้อเยื่อ ตลอดจนให้กำลังใจและความเป็นกันเอง ผู้วิจัยได้รับความประทับใจและความรู้สึกที่ดีมากๆ

ขอขอบคุณชาวบ้านคลอง 7 สำหรับความเอื้ออารีในระหว่างการเก็บตัวอย่าง ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ และผู้มีอุปการคุณที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ทั้งหมดที่คอยดูแลเอาใจใส่ ให้ความช่วยเหลือต่างๆและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลในครอบครัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งมารดาซึ่งเป็น ต้นแบบในการดำเนินชีวิต ให้การศึกษา ให้กำลังใจและความรักมาโดยตลอด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน.....	4
2.2 กลไกการเกิดพิษของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน.....	6
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายและปนเปื้อน ของสารออร์กาโนคลอรีนในสิ่งแวดล้อม.....	6
2.4 การแพร่กระจายและการสะสมของสารออร์กาโนคลอรีน.....	8
2.5 ผลกระทบจากการใช้สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสิ่งแวดล้อม.....	9
2.6 เอนโดซัลแฟน.....	12
2.7 ปลาที่ทำการศึกษา.....	24
2.8 เนื้อเยื่อปกติของปลา.....	26
2.9 กลไกการบาดเจ็บของเซลล์.....	28
2.10 การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพ.....	29
/ 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	36
3.1 สัตว์ทดลอง.....	36
3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆสำหรับการศึกษาจุลพยาธิสภาพ.....	36
3.3 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆสำหรับการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงกลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน.....	36
3.4 พื้นที่ศึกษา.....	36
3.5 การเก็บตัวอย่าง.....	37

3.6 การศึกษาจุลพยาธิสภาพและวิเคราะห์สารตกค้าง ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟในห้องปฏิบัติการ.....	38
3.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	42
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	43
4.1 ปัจจัยทางกายภาพของน้ำที่ทำการตรวจระหว่างการศึกษาเก็บตัวอย่าง.....	43
4.2 จุลพยาธิสภาพของเหงือก ตับ ไตที่พบในปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อ.....	45
4.3 ผลการวิเคราะห์สารออร์กาโนคลอรีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ.....	70
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	93
5.1 อภิปรายผล.....	93
5.2 สรุปผล.....	99
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	100
รายการอ้างอิง.....	101
ภาคผนวก.....	106
ภาคผนวก ก วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ.....	107
ภาคผนวก ข การเตรียมสารละลายและภาพขั้นตอนทางพาราฟิน.....	111
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	116
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	119



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเอนโดซัลแฟน.....13
2.2	ค่าครึ่งชีวิตของเอนโดซัลแฟนในสิ่งแวดล้อม.....14
2.3	ความเข้มข้นของเอนโดซัลแฟนที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง.....15
2.4	LC <sub>50</sub> ของเอนโดซัลแฟนในสัตว์ปีก.....22
2.5	LC <sub>50</sub> ของเอนโดซัลแฟนในสัตว์น้ำ.....23
4.1	ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของน้ำคลอง 7 ในแต่ละเดือน.....43
4.2	รีเทนชันไทม์และค่า R <sup>2</sup> .....71
4.3	ขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ (limit of detection; LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ปริมาณ (limit of quantitation; LOQ).....72

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ไอโซเมอร์ของเอน โคซัลแฟน.....	12
2.2 การย่อยสลายของเอน โคซัลแฟนในน้ำและดิน.....	17
2.3 การย่อยสลายของเอน โคซัลแฟนไปสู่อุณหภูมิรูปต่างๆในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม.....	19
3.1 แสดงสถานีเก็บตัวอย่าง คลอง 7 จังหวัดปทุมธานี.....	37
4.1 ค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในแต่ละเดือน.....	44
4.2 ค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) เฉลี่ยในแต่ละเดือน.....	44
4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยในแต่ละเดือน.....	44
4.4 เหงือกของปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อกลุ่มควบคุม.....	54
4.5 พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูแล้ง.....	55
4.6 พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูฝน.....	56
4.7 พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อที่ได้รับสารเอน โคซัลแฟน ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน.....	57
4.8 พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อที่ได้รับสารเอน โคซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน.....	58
4.9 ดับปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อกลุ่มควบคุม.....	59
4.10 พยาธิสภาพของตับปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูแล้ง.....	60
4.11 พยาธิสภาพของตับปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูฝน.....	61
4.12 พยาธิสภาพของตับปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโคซัลแฟน ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน.....	62
4.13 พยาธิสภาพของตับปลาตะเพียนและปลากะดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโคซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน.....	63

ภาพที่	หน้า
4.14 พยาธิสภาพของไตปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน.....	64
4.15 ไข่ของปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อกลุ่มควบคุม.....	65
4.16 พยาธิสภาพของไตปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูแล้ง.....	66
4.17 พยาธิสภาพของไตปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูฝน.....	67
4.18 พยาธิสภาพของไตปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน.....	68
4.19 พยาธิสภาพของไตปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน.....	69
4.20 โครมาโตแกรมสารมาตรฐานออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิด เฉลี่ยในแต่ละเดือน.....	70
4.21 ค่าความเข้มข้นของสารออร์กาโนคลอรีนในน้ำทั้งคลอง เดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	73
4.22 ค่าความเข้มข้นของสารออร์กาโนคลอรีนในปลาตะเพียน เดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	74
4.23 ค่าความเข้มข้นของสารออร์กาโนคลอรีนในปลากระดี่หม้อ เดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	75
4.24 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารแอลฟา-บีเอชซีในน้ำทั้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	76
4.25 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารแกมมา-บีเอชซีในน้ำทั้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	77

4.26	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเบต้า-บีเอชซีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	78
4.27	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเฮปตาคลอร์ในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	79
4.28	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารคลอโร-บีเอชซีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551 .....	80
4.29	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารอัลดรินในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551 .....	81
4.30	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551 .....	82
4.31	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารแกมมา-เอนโดซัลแฟนในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551 .....	83
4.32	กราฟแสดงความเข้มข้นของสาร 4,4'-ดีดีอี ในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	84
4.33	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารดีลดรินในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	85
4.34	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเอนดรินในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	86
4.35	กราฟแสดงความเข้มข้นของสาร 4,4'-ดีดีดีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	87

4.36	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเบต้า-เอนโดซัลเฟนในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	88
4.37	กราฟแสดงความเข้มข้นของสาร4,4'-ดีดีทีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551 .....	89
4.38	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเอนครินอัลดีไฮด์ ในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551 .....	90
4.39	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเอนโดซัลเฟนซัลเฟตในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551 .....	91
4.40	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเมทอกซีคลอร์ในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หมีในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551.....	92

# บทที่ 1

## บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรที่ปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม ก็ยังเป็นปัญหาสำคัญ พบว่ามีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทยมากที่สุดประเทศหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (นวลศรี ทยาพัชร, 2533) แม้ว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร แต่การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ขาดความระมัดระวังจะก่อให้เกิดปัญหาตามมาหลายอย่าง และสุดท้ายจะตกอยู่ที่มนุษย์และสัตว์ ทำให้เกิดการสะสมสารพิษในส่วนต่างๆของร่างกายซึ่งเมื่อมีปริมาณมากพอจะทำให้เกิดอาการเจ็บป่วย ไม่แข็งแรงหรือในที่สุดอาจถึงอันตรายแก่ชีวิตได้ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ โดยมีการสะสมในอาหาร เช่น ข้าว ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ในปริมาณสะสมเล็กน้อยแตกต่างกันไป เมื่อมีการบริโภคอาหารเหล่านั้น สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชก็จะถูกถ่ายทอดทางห่วงโซ่อาหาร นอกจากนี้สารพิษอาจสะสมได้ในดิน น้ำ ทำให้เกิดความเสียหายอย่างกว้างขวาง ผลของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้นทำให้เกิดมลภาวะในดิน น้ำ และอากาศ จากการใช้สารพิษต่อเนื่องเป็นเวลานาน เกิดสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชมากกว่า 1,600 ชนิด รวมปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ไม่ต่ำกว่า 3 ล้านตันต่อปี แต่ปรากฏว่ามีการศึกษาผลกระทบของการใช้สารเคมีต่อสิ่งแวดล้อมไม่ถึงร้อยละ 10 (สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2546) สอดคล้องกับรายงานของกรมวิชาการเกษตร (2545) ซึ่ง พบว่าข้อมูลการสำรวจตรวจสอบในประเทศไทยยังมีไม่พอเพียง จำเป็นต้องศึกษาและติดตามปัญหาต่อไป โดยเฉพาะการใช้ดัชนีทางชีวภาพในการประเมินคุณภาพน้ำของประเทศไทย

จังหวัดปทุมธานี เป็นพื้นที่เกษตรกรรมสำคัญแห่งหนึ่งของประเทศ มีการทำการเกษตรส่วนใหญ่เป็นที่นา และไม้ผล ไม้ยืนต้น ตามลำดับ เคยมีรายงานการเกิดปลาตายเนื่องจากสารพิษรุนแรงที่สุดในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2525 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2526 (นวลศรี ทยาพัชร, 2533)

สารเคมีอันตรายที่เป็นปัญหามากที่สุดในช่วงที่ผ่านมาคือ เอนโดซัลแฟน เนื่องจากมีการใช้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะชาวนาข้าวซึ่งใช้กำจัดหอยเชอรี่ในนา สารนี้โดยทั่วไปใช้กำจัดแมลงและไร กำจัดศัตรูพืชในฝ้าย งา กาแฟและโกโก้ ตกค้างเป็นพิษได้ราว 3 สัปดาห์ แต่เมื่อนำมาใช้กำจัดหอยเชอรี่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนตกค้างในดินนานขึ้น และยังมีพิษต่อสัตว์สูง (สกุลรัตน์ อุษณาพรรค, 2548)

เอนโดซัลแฟนเป็นสารเคมีกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ซึ่งจัดว่าเป็นสารที่อันตรายสูงต่อสุขภาพ แม้ว่าสารกำจัดแมลงกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะถูกห้ามนำเข้าและห้ามใช้ในปัจจุบัน แต่การตกค้างของสาร

กลุ่มนี้ในน้ำยังสามารถตรวจพบอยู่ทั่วไป (Thirakhupt *et. al*, 2006) จากงานศึกษาของ Sam-angsri (2004) และ Rohitrattana (2005) พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี มีปริมาณเอนโดซัลแฟน และอนุพันธุ์ของเอนโดซัลแฟนตกค้างในปริมาณสูง จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการติดตามสถานการณ์การปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 จังหวัดปทุมธานีภายหลังจากห้ามใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 และผลกระทบจากสารเอนโดซัลแฟนต่อปลาที่อาศัยในแหล่งน้ำนี้ โดยใช้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาจุลพยาธิวิทยาของเหงือก ตับและไตของปลากระดี่หม้อและปลาตะเพียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี
2. เพื่อศึกษาจุลพยาธิวิทยาของเหงือก ตับ และไตของปลากระดี่หม้อและปลาตะเพียนที่ทดสอบด้วยสารเอนโดซัลแฟนในห้องปฏิบัติการ
3. เพื่อศึกษาปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิดเอนโดซัลแฟนและอนุพันธุ์ที่ตกค้างในปลาและน้ำบริเวณคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี

### ขอบเขตของการวิจัย

1. สถานที่ศึกษา คือ
  - 1.1 คลอง 7 อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี มีความยาว 20 กิโลเมตร เก็บตัวอย่างปลาในสถานีท้ายคลอง และเก็บตัวอย่างน้ำในสถานีต้นคลอง กลางคลอง และท้ายคลอง
  - 1.2 ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทดลองเลี้ยงปลากับสารเอนโดซัลแฟน
2. สัตว์ทดลองที่ใช้ศึกษาคือปลากระดี่หม้อ *Trichogaster trichopterus* และปลาตะเพียน *Puntius gonionotus* เก็บตัวอย่างปลาที่มีขนาดความยาวประมาณ 10 เซนติเมตรจากคลอง 7 และปลาทั้ง 2 ชนิดจากฟาร์มเลี้ยงและศูนย์เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดกรมประมง จังหวัดอยุธยา สำหรับการทดลองกับสารเอนโดซัลแฟนในห้องปฏิบัติการ
3. ใช้สารฆ่าแมลงเอนโดซัลแฟน ชื่อการค้าเอ็นโดซัลแฟน สารสำคัญ (1, 4, 5, 6, 7, 7-hexachloro-8, 9, 10-trinoborn-5-en-2, 3-ylenebismethylene)sulfite 35% W/V EC

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการติดตามตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำ โดยใช้การเปลี่ยนแปลงจุดพยาธิสภาพของปลาเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพร่วมกับการวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์ของแหล่งน้ำในประเทศไทยได้
2. ช่วยในการติดตามตรวจสอบสารเอนโดซัลแฟนที่ตกค้างในแหล่งน้ำภายหลังการประกาศห้ามใช้ในประเทศไทย โดยสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนปรับปรุงเพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาและควบคุมการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำให้ดียิ่งขึ้น



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีคุณลักษณะคือ โครงสร้างประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และคลอรีนเป็นหลัก โดยบางโมเลกุลจะมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ โครงสร้างเป็นสารประกอบแบบ cyclic และ aromatic รวมทั้ง benzene rings เป็นสารประกอบไม่มีขั้ว ไม่ละลายน้ำ ยกเว้นสารลินเดน ในจำนวนนี้พบว่า ดีดีทีเป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดคือประมาณ 0.001-0.04 ppm ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส (สุรพล วิเศษสรรค์, 2542) แต่เป็นสารที่ละลายได้ดีในไขมัน คือมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว(partition coefficient) ในตัวทำละลายไขมันเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสูง(พาลาก สิงหนณี, 2540) เมื่อเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตจึงสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันได้เป็นระยะเวลานาน(สกุศลรัตน์ ต่อสกุลแก้ว, 2548) และไม่มีปฏิกิริยาภายในโมเลกุลกับสารเคมี ทำให้สารนี้คงทนอยู่ได้นานในสิ่งแวดล้อมและมีฤทธิ์ต่อสัตว์ป่าซึ่งไม่ใช่สิ่งมีชีวิตเป้าหมายจึงทำให้ถูกจำกัดการใช้หรือห้ามใช้ในหลายประเทศ(พาลาก สิงหนณี, 2540) สารดังกล่าวจะสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตในระดับสูงกว่าที่พบในสิ่งแวดล้อมทั่วไป และปริมาณการสะสมจะสามารถเพิ่มขึ้นตามวงจรห่วงโซ่อาหาร การที่สารมีการสะสมเช่นนี้ จะทำให้สามารถแพร่กระจายไปในสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น และมนุษย์มีความเสี่ยงสูงขึ้น ระดับสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงในระยะเริ่มแรกค่อนข้างช้า แต่สามารถป้องกันกำจัดแมลงได้เป็นเวลานาน ในกรณีที่ไม่ถูกแสงแดดอาจป้องกันการเข้าทำลายของแมลงได้ถึง 10 ปี (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

สารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีคือ

1) **Diphenyl Aliphatic** เช่น ดีดีที เป็นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่มีธาตุไฮโดรเจนคาร์บอน และคลอรีนเป็นองค์ประกอบ โครงสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วยไอโซเมอร์มากมายแตกต่างกันไป โดยปกติดีดีทีนับเป็นสารที่มีความคงตัวในสภาพแวดล้อม ตัวอย่างคุณสมบัติทาง

ฟิสิกส์และเคมีของสารกลุ่มนี้ เช่น พารา, พารา-คีดีที (p.p'-DDT) มีชื่อทางเคมีว่า 1,1'-(2,2,2-trichloroethylidene) bis (4-chloro - benzene) มีลักษณะเป็นผลึกของแข็ง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นของอะโม่เมติกอ่อน ๆ มีจุดเดือด 260 องศาเซลเซียส มีจุดหลอมตัว 108 – 109 องศาเซลเซียส ความดันไอ  $5.5 \times 10^{-6}$  มิลลิเมตรของปรอท ( $0.73 \times 10^{-6}$  KPa) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการละลายต่าง ๆ ได้แก่ ไดเอทิลอีเธอร์ อะซีโตน เบนซีน คลอโรฟอร์ม ไซโคลเฮกซานอน มีค่า 28, 58, 78, 96 และ 116 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรตามลำดับ ที่อุณหภูมิที่สูงกว่าจุดหลอมตัว พารา,พารา-คีดีที จะถูกเปลี่ยนไปเป็นคีดีที โดยขบวนการดีไฮโดรคลอรีนชัน โดยการกระตุ้นของแสงหรือเอนไซม์ของสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในธรรมชาติ ดังนั้นคีดีทีจึงเป็นเมตาบอไลต์ของคีดีที ที่มีความคงทนมากกว่าคีดีที และภายใต้สภาวะการกระตุ้นของบรรยากาศ ทั้งคีดีทีและคีดีทีอาจจะถูกย่อยให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และกรดไฮโดรคลอริกได้ (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

**2) Chlorinated Cyclodienes** ตัวอย่างคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของสารกลุ่มนี้ เช่น เอนดรินมีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-epoxy-1-4-4a5,6,7,8,8a-octahydro-1,4-endo,endo-5-8-dimethanaphthalene มีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ  $C_{12}H_5Cl$  มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 380.9 มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาวจนถึงสีน้ำตาล มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ มีจุดหลอมเหลวที่ 226-230 องศาเซลเซียส ความดันไอ  $2.7 \times 10^{-7}$  มิลลิเมตรของปรอท ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความสามารถในการละลายน้ำน้อยมาก มีค่า 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถละลายได้เล็กน้อยในแอลกอฮอล์ ปีโตรเลียมและไฮโดรคาร์บอน ละลายได้ดีปานกลางในสารละลายพวกอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน แต่ละลายได้ดีในอะซีโตน เบนซีน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และไซลีน ไม่สลายตัวได้ง่ายในสภาพที่เป็นค้าง แต่สลายตัวได้ง่ายในสภาพที่เป็นกรด (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

**3) Hexachlorocyclohexanes** ตัวอย่างคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของสารกลุ่มนี้ เช่น เอชซีเอช มีชื่อทางเคมีว่า 10a,1a,3B,4a,5B,6B-hexachlorocyclohexane โดยปกติจะไม่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีจุดหลอมตัวที่ 158 องศาเซลเซียส มีจุดเดือดที่ 288 องศาเซลเซียส มีความดันไอ 0.02 มิลลิเมตรของปรอท ที่ 20 องศาเซลเซียส ความสามารถในการละลายน้ำ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส มีความคงทนในสภาพที่เป็นกรด แต่สลายตัวได้ง่ายในสภาพที่เป็นค้าง (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

## 2.2 กลไกการเกิดพิษของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

ตัวอย่างกลไกความเป็นพิษของสารกลุ่มนี้เช่นดีดีที ดีดีทีที่มีผลต่อกระบวนการส่งสัญญาณประสาทของระบบประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวและความรู้สึก ตามปกติสัญญาณประสาทที่เคลื่อนที่ผ่านเซลล์ประสาทจะเคลื่อนที่ไปกับการเคลื่อนที่ของโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) และโพแทสเซียมไอออน ( $\text{K}^+$ ) ในเซลล์สัตว์ส่วนใหญ่ความเข้มข้นของ  $\text{K}^+$  ภายในเซลล์จะสูงกว่าภายนอกเซลล์ และความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  ภายในเซลล์จะต่ำกว่าภายนอก เซลล์สามารถรักษาความแตกต่างนี้ไว้ได้โดยอาศัยกระบวนการแพร่แบบพิเศษ หรือ active transport เมื่อเซลล์ต้องการส่ง  $\text{Na}^+$  ออกจากภายนอกเซลล์ โปรตีนซึ่งเป็นเอนไซม์ตัวหนึ่งชื่อ  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  pump จะทำปฏิกิริยากับ ATP เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส  $\text{Na}^+$  ซึ่งอยู่ภายในเซลล์จะเข้าเกาะกับ E-P เกิดปฏิกิริยาฟอสโฟริเลชันทำให้รูปร่างของโปรตีนนั้นเปลี่ยนกลับทิศจากด้านในเป็นด้านนอก ทำให้  $\text{Na}^+$  จะถูกย้ายจากการที่อยู่ภายในเซลล์ออกไปอยู่ภายนอกเซลล์แล้วหลุดออกไป จากนั้น  $\text{K}^+$  ซึ่งอยู่ภายนอกเซลล์จะเข้าแทนที่  $\text{Na}^+$  แล้วกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาดีฟอสโฟริเลชัน ในขณะที่รูปร่างของโปรตีนเปลี่ยนรูปกลับทิศอีกครั้ง ทำให้  $\text{K}^+$  ที่เกาะอยู่กับโปรตีนย้ายจากภายนอกเข้าไปอยู่ภายในเซลล์ ในระยะพัก การที่เซลล์มีปริมาณ  $\text{K}^+$  สูงกว่า  $\text{Na}^+$  ต่ำกว่าภายนอกเซลล์ทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าประมาณ -70 มิลลิโวลต์ เมื่อร่างกายได้รับการกระตุ้นหรือมีความรู้สึก สัญญาณที่ส่งมาจะถูกกระตุ้นให้  $\text{Na}^+$  ไหลเข้าภายในเซลล์และ  $\text{K}^+$  ไหลออกภายนอกเกิดกระบวนการดีโพลาไรเซชัน เมื่อเกิดดีโพลาไรเซชันนี้จะทำให้เกิดช่องขึ้นมากมายและเป็นทางให้สัญญาณประสาทเคลื่อนที่ผ่านไป เมื่อสัญญาณถูกส่งผ่านไปแล้วความต่างศักย์ระหว่างสองข้างของเซลล์จะกลับสู่สภาพเดิมเกิดกระบวนการรีโพลาไรเซชัน โดยที่  $\text{Na}^+$  ถูกส่งออกไปนอกเซลล์และ  $\text{K}^+$  เคลื่อนที่กลับเข้าไปในเซลล์โดยอาศัยเอนไซม์  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  pump โดยสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนอาจไปอุดช่องที่เกิดขึ้นทำให้สัญญาณส่งผ่านไม่ได้หรืออาจไปขัดขวางไม่ให้  $\text{K}^+$  เคลื่อนที่กลับเข้าไปในเซลล์ได้(มลิวรรณ บุญเสนอ, 2549)

## 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายและปนเปื้อนของสารออร์กาโนคลอรีนในสิ่งแวดล้อม

**2.3.1 ความสามารถในการละลายน้ำ** สารเคมีในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยมาก ทำให้มีความคงทนในน้ำ โดยจะจับกับอนุภาคของดินและของสารแขวนลอยในน้ำ ส่วนใหญ่จะจมลงสู่ท้องน้ำสะสมในดินตะกอน โดยพบว่าถ้าจำนวนคลอรีนอะตอมมากการละลายน้ำจะลดลง (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

**2.3.2 การดูดซับ** การดูดซับโดยอนุภาคดิน มีผลต่อการแพร่กระจาย การระเหยกลายเป็นไอ และการสลายตัว ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับโดยอนุภาคดิน ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมีของสาร ปริมาณอนุภาคของดินเหนียวอินทรีย์วัตถุในดิน ความเป็นกรด-ด่าง ขนาดของอนุภาคดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยน อีออนของดินและอุณหภูมิ เช่น วัตถุที่มีพิษจะสะสมในปริมาณสูงในดินตะกอนที่มีอนุภาคดินเหนียวและมีอินทรียสารประกอบอยู่ในปริมาณสูงด้วย (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

**2.3.3 การระเหย** อัตราการระเหยของสารในบรรยากาศอาจมีได้ในปริมาณน้อยมาก เนื่องจากสารส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารแขวนลอยและตกตะกอน อัตราการระเหยของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ขึ้นอยู่กับความดันไอ สารที่มีความดันไอต่ำจะระเหยได้ดีกว่าสารที่มีความดันสูง ปัจจัยขึ้นอยู่กับชนิดของตะกอนที่มีอยู่ในน้ำ ลักษณะการดูดซับ การป้องกันตลอดจนอุณหภูมิ เป็นต้น (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

**2.3.4 การสลายตัวโดยแสง** สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนสามารถสลายตัวได้ในธรรมชาติ อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาโฟโตไลซิสได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะแสงอัลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 290 – 450 นาโนเมตร การเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวขึ้นกับระยะเวลาที่ได้รับแสง ความเข้ม และความยาวคลื่นแสง คุณสมบัติของสาร คุณสมบัติตัวกลางที่สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ยึดเกาะ ตัวทำละลายของสาร สภาพความเป็นกรด-ด่างของตัวทำละลาย รวมทั้งตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา เช่น สารอินทรีย์ ซึ่งมักดูดซับแสงในช่วงคลื่น UV ได้ดี กระตุ้นให้เกิดการสลายตัวโดยแสงมากขึ้น (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

**2.3.5 การเปลี่ยนแปลงโดยสิ่งมีชีวิต** สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีความคงทนในธรรมชาติ สามารถสลายตัวโดยสิ่งมีชีวิตแล้วได้สารใหม่ที่มีโครงสร้างคล้ายสารเดิมและอาจมีความเป็นพิษมากหรือน้อยกว่าเดิม ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการย่อยสลายสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช โดยจุลินทรีย์ ได้แก่ อุณหภูมิ สภาพความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุและคุณสมบัติของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชเอง (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

## 2.4 การแพร่กระจายและการสะสมของสารออร์กาโนคลอรีน

### 2.4.1 การแพร่กระจายและการสะสมของสารออร์กาโนคลอรีนในบรรยากาศ

การปนเปื้อนของสารออร์กาโนคลอรีนในบรรยากาศส่วนใหญ่เกิดจากการฉีดพ่น การระเหยขณะใช้และหลังการใช้ เมื่อมีการฉีดพ่นสารพบว่ามากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณสารจะแพร่กระจายไปในอากาศ การเคลื่อนย้ายจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดและอนุภาคของสารและ ลักษณะของความแรงและทิศทางลม (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

### 2.4.2 การแพร่กระจายและการตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีนในดิน

สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่ถูกดูดซับ โดยอนุภาคของดินจะมีการเคลื่อนย้าย โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินหรือการเคลื่อนย้ายในดินในแนวดิ่ง สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่ละลายน้ำ ได้มากกว่า 10 ppm ส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่โดยการละลายน้ำ สำหรับสารที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าถูกดูดซับโดยอนุภาคดิน น้ำไหลบ่าหน้าดินสามารถเคลื่อนย้ายสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในปริมาณ น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ไป จึงเกิดมีปัญหาระบาดและกำจัด ศัตรูพืชตกค้างในดิน โดยเฉพาะสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเนื่องจาก สลายตัวยาก (นวลศรี ทยาภัทร, 2533)

### 2.4.3 การแพร่กระจายและการตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีนในน้ำ

การปนเปื้อนของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแหล่งน้ำ มีหลายสาเหตุ อาจเนื่องมาจากการฉีดหรือพ่นลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง การระบายน้ำทิ้งจากแหล่ง ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตหรือกาสรรใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในขบวนการผลิต (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528) นอกจากนี้ยังเกิดจากการชะล้างของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่ ตกค้างภายในดิน โดยการไหลบ่าของน้ำผิวดินตลอดจนน้ำใต้ดิน การพังทลายของดินก็เป็นอีกปัจจัย ที่ทำให้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชถูกชะล้างและสะสมในแหล่งน้ำได้เร็วขึ้น โดยปกติแล้วแหล่ง น้ำในพื้นที่เกษตรกรรมมีสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ค่อนข้างสูงกว่าในพื้นที่อื่น ๆ

นอกจากนี้ปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมของแหล่งน้ำก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สารป้องกัน และกำจัดศัตรูพืชมีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำแตกต่างกัน เช่น สภาวะความเป็นกรด ต่างอุณหภูมิของ น้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่แขวนลอยในแหล่งน้ำ (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

## 2.5 ผลกระทบจากการใช้สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสิ่งแวดล้อม

สัตว์น้ำเป็นสิ่งมีชีวิตที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยสารเคมีจะเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ 2 ทาง คือ โดยการดูดซึม ผิวตัวเข้าไป และเข้าไปพร้อมอาหารและน้ำ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2532) สรุปว่า สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแหล่งน้ำทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อยโดยทั่วไปมีปริมาณน้อย แต่ในพืชและ สัตว์จะมีมากกว่าในน้ำหลายเท่า และในสัตว์จะมีปริมาณสูงกว่าในพืช นอกจากนี้กลุ่มสัตว์ที่กินเนื้อ เป็นอาหารปริมาณที่พบจะสูงกว่าสัตว์กินพืช ซึ่งส่วนใหญ่จะพบในส่วนของร่างกายที่มีไขมัน สะสมอยู่มากแต่ปริมาณที่พบจะต่ำกว่าระดับที่ทำให้สิ่งมีชีวิตตาย กรณีที่เป็นเช่นนี้จึงน่าจะเชื่อว่ใน แหล่งน้ำธรรมชาติสารกลุ่มนี้จะเข้าสู่ร่างกายของสัตว์โดยผ่านทางระบบทางเดินอาหาร มากกว่าพืช ผ่านผิวหนังและสารจะถูกเก็บสะสมไว้ในร่างกายสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น โดยจะมีเพียงส่วนน้อยที่ถูกกำจัด ออกจากร่างกายโดยระบบขับถ่าย ส่วนใหญ่พบว่าสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจะถูกเก็บสะสมใน ไขมัน เนื่องจากมีคุณสมบัติการละลายที่ดีในไขมัน ปริมาณที่ถูกเก็บสะสมในร่างกายสัตว์จะมาก หรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยประกอบต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาที่ได้รับ ความเข้มข้นของสาร ภาวะของ แหล่งน้ำ ความเป็นกรด ต่าง ขนาดและชนิดของสิ่งมีชีวิต เป็นต้นการปนเปื้อนของสารกลุ่ม ออร์กาโนคลอรีนในแหล่งน้ำ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และจะ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ทำให้ชนิด ปริมาณ สัตว์ส่วน และ การกระจายของสิ่งมีชีวิตภายใน ระบบเปลี่ยนแปลงไป เช่น พืช นก ปลา และ สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ลดจำนวนลง ก่อให้เกิดความไม่สมดุล ในระบบนิเวศน์ (เนื่องพนิช สิ้นชัยศรี, 2535)

### 2.5.1 การปนเปื้อนและการสะสมสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ

แพลงตอนและพืชน้ำต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะรับสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนโดยการดูดซึมผ่านผิวเซลล์หรือผิวใบและลำต้น ทำให้ปริมาณเคมีสารในแพลงตอนและพืชน้ำจะมีมากกว่าในน้ำหลายเท่า ส่วนในสัตว์น้ำมักจะรับสารเข้าสู่ร่างกายได้ 2 วิธี วิธีแรกโดยการดูดซึมผ่านผิวหนัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่ละเอียดอ่อน ไม่มีเกล็ดปกคลุม เช่น เหงือก และเยื่อพองปากค้ำใน ส่วนวิธีที่สองโดยผ่านระบบทางเดินอาหาร คือการกินอาหารหรือน้ำที่มีสารพวกนี้ปนเปื้อนอยู่ สัตว์เหล่านี้จะสะสมสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชไว้ในส่วนที่เป็นไขมันส่วนใหญ่ทั้งไขมันกล้ามเนื้อและไขมันช่องท้องรวมทั้งอวัยวะสืบพันธุ์ และยังสามารถถ่ายทอดสารเหล่านี้ไปยังรุ่นลูกได้ด้วย (ปรีชา พุทธิปริชาพงศ์, 2542) กลไกการทำงานของสัตว์น้ำเมื่อได้รับสารพิษมีดังนี้

**ขบวนการดูดซึมสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในสัตว์น้ำ** เมื่อสัตว์น้ำได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย ส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กและถูกส่งไปที่ตับจากนั้นเมื่อผ่านขบวนการเผาผลาญแล้วจะผ่านจากตับไปเก็บที่ถุงน้ำดี ซึ่งมีท่อไปเปิดออกที่ลำไส้เล็กตอนบน แล้วเคลื่อนต่อไปและถูกขับออกนอกร่างกายพร้อมอุจจาระและที่ลำไส้เล็กนี้บางส่วน อาจถูกดูดกลับเข้าสู่เส้นเลือดได้ สารที่อยู่ในเลือดอาจจะถูกขับออกมาที่ปัสสาวะได้โดยผ่านทางไตและที่ขดเลือดโกลเมอรูลัส (glomerulus) (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, 2523)

#### ขบวนการกำจัดออกของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในสัตว์น้ำ

อัตราการกำจัดสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในสัตว์น้ำจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่ละลายได้ดีในน้ำแต่ละลายได้น้อยในไขมันจะถูกกำจัดได้ดีกว่าสารที่ละลายได้น้อยในน้ำแต่ละลายได้ดีในไขมัน นอกจากนี้ขบวนการกำจัดออกจะได้ผลดียิ่งขึ้น ถ้างดการให้อาหารสัตว์น้ำ (Braunbeck *et al*, 1993)

**ขบวนการสะสมของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในสัตว์น้ำ** ภายหลังจากสัตว์น้ำได้รับสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลไกการทำงานของร่างกายจะเป็นไป

ตามธรรมชาติ โดยเกิดขบวนการดูดซึม และกำจัดออก บางส่วนที่กำจัดออกไม่ได้ก็จะสะสมตามอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกาย (Braunbeck *et al*, 1993)

**2.5.2 ความเป็นพิษของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนต่อปลา** สารออร์กาโนคลอรีนจะมีความเป็นพิษต่อแมลง สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก และปลาเท่ากันหมายความว่าถ้าสัตว์ได้รับสารเคมีในความเข้มข้นเท่ากันโดยน้ำหนัก เช่น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว สารกลุ่มนี้จะทำให้เกิดพิษมากน้อยต่อสัตว์ชนิดนั้นๆเท่ากัน แต่เนื่องจากปลาอาศัยอยู่ในน้ำต้องสัมผัสกับสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตลอดเวลาจึงทำให้ความเป็นพิษสูงขึ้นกว่าสัตว์ชนิดอื่นๆ (Braunbeck *et al*, 1993)

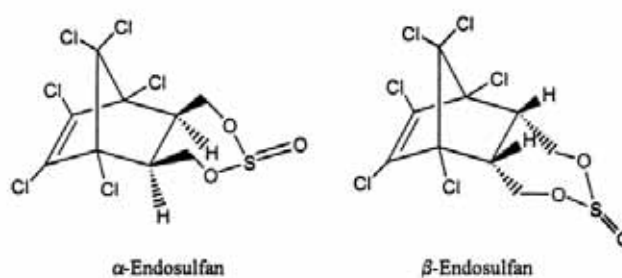
**2.5.3 การสะสมสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในห่วงโซ่อาหาร** เนื่องจากสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน มีการคงสภาพอยู่ได้นานในสิ่งแวดล้อมเพราะการสลายตัวเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และแม้ว่าสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชมีปริมาณต่ำก็จะสามารถเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิต การสะสมของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชพวกนี้สามารถเพิ่มขึ้นโดยผ่านทางห่วงโซ่อาหาร หรือที่เรียกว่าการเพิ่มขยายแบบชีวภาพโดยสารพวกนี้จะถูกส่งผ่านจากระดับของห่วงโซ่อาหารหนึ่งไปยังระดับการกินถัดไป ดังนั้นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระดับชั้นที่สูงกว่าจะมีการสะสมของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในร่างกายมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระดับชั้นที่ต่ำกว่า (Braunbeck *et al*, 1993)

## 2.6 เอนโดซัลแฟน

การศึกษาค้นคว้าได้ใช้เอนโดซัลแฟนเป็นตัวอย่างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

**2.6.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ** เป็นผลึกสีน้ำตาล มีกลิ่นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) เอนโดซัลแฟนเทคนิคอลเกรดประกอบด้วย สเตอริโอไอโซเมอร์ 2 ชนิดคือ แอลฟา-เอนโดซัลแฟน และเบต้า-เอนโดซัลแฟน ประมาณร้อยละ 70 และ 30 ตามลำดับ เอนโดซัลแฟนละลายน้ำได้น้อยมาก แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเอนโดซัลแฟน ดังแสดงในตารางที่ 2.1





ภาพที่ 2.1 ไอโซเมอร์ของเอนโดซัลแฟน

เอนโดซัลแฟนออกฤทธิ์กำจัดแมลงโดยการสัมผัสและโดยการกิน ใช้กำจัดแมลงสำหรับพืชกินผล เช่น มะเขือเทศ ผัก กล้วย พืช ชา และพืชที่ไม่ได้ใช้เป็นอาหาร เช่น ยาสูบ ฝ้าย นอกจากนี้ยังใช้กำจัดเพลี้ย และรักษาเนื้อไม้ เอนโดซัลแฟนสามารถเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้หลายทาง เช่น ขั้นตอนการผลิต การเก็บรักษา และการขนส่ง นอกจากนั้นการใช้งาน ยังเป็นวิธีหลักที่เอนโดซัลแฟนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากเอนโดซัลแฟนที่ใช้ในการเกษตรส่วนใหญ่ใช้โดยวิธีฉีดพ่นและโปรยจากเครื่องบิน จึงทำให้เอนโดซัลแฟนฟุ้งกระจายในอากาศและถูกพัดพาไปยังบริเวณอื่นได้โดยลม และสุดท้ายคือการจัดการกากของเสียที่ไม่ถูกวิธี เช่น การล้างภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์เอนโดซัลแฟนในแหล่งน้ำ การฝังกลบภาชนะบรรจุที่ยังมีเอนโดซัลแฟนเหลืออยู่โดยไม่ทำลายพิษก่อน ทำให้เอนโดซัลแฟนอาจปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเอนโดซัลแฟน (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

จุดหลอมเหลว (°C)	
endosulfan	106
$\alpha$ - endosulfan	108 – 110
$\beta$ - endosulfan	208 – 210
ความถ่วงจำเพาะ (20°C)	1.745
การละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร; 20°C)	
น้ำ $\alpha$ - endosulfan	0.53 (25°C)
$\beta$ - endosulfan	0.28 (25°C)
เอทานอล	65
โทลูอิน	200
ไคลคลอโรมีเทน	200
เอทิล อะซีเตต	200
เฮกเซน	24
ความดันไอ (มิลลิเมตรปรอท, 20°C)	$6.2 \times 10^{-6}$
n-octanol-water partition coefficient, $K_{ow}$	3.83
Log $K_{ow}$ ( $\alpha$ – endosulfan)	
Henry's law constant	$6.6 \times 10^5$
(บรรยากาศ x ลูกบาศก์เมตร/โมล)	

การแตกสลายของเอนโดซัลแฟนในอากาศเป็นปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล อัลคอกซิล และเพอรอกซิล ทั้งนี้ปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลมีความสำคัญที่สุด ค่าครึ่งชีวิตของเอนโดซัลแฟนในน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และดิน คำนวณจากปฏิกิริยาการแตกสลายด้วยน้ำของแอลฟา และเบต้า-เอนโดซัลแฟนที่ pH 7 และ pH 9 ค่าครึ่งชีวิตของเอนโดซัลแฟน แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าครึ่งชีวิตของเอนโดซัลแฟนในสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

สิ่งแวดล้อม	ค่าครึ่งชีวิต	คำอธิบาย
อากาศ	2.5 ชั่วโมง – 24.8 ชั่วโมง	ค่าครึ่งชีวิตของเอนโดซัลแฟนในอากาศคำนวณจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยแสง(photooxidation) ของสารประกอบ oxygenated endosulfan
น้ำผิวดิน	4.5 ชั่วโมง – 218 ชั่วโมง (9.1 วัน)	ค่าครึ่งชีวิตของเอนโดซัลแฟนในน้ำผิวดินคำนวณจากปฏิกิริยาการแตกสลายด้วยน้ำของ $\alpha$ – endosulfan และ $\beta$ – endosulfan ที่ pH 7 (4.5 ชั่วโมง) และที่ pH 9 (218 ชั่วโมง) ที่ 25 °C
น้ำใต้ดิน	4.5 ชั่วโมง – 218 ชั่วโมง (9.1 วัน)	ค่าครึ่งชีวิตของ endosulfan ในน้ำใต้ดินคำนวณจากปฏิกิริยาการแตกสลายด้วยน้ำของ $\alpha$ – endosulfan และ $\beta$ – endosulfan ที่ pH 7 (4.5 ชั่วโมง) และที่ pH 9 (218 ชั่วโมง) ที่ 25 °C
ดิน	4.5 ชั่วโมง – 218 ชั่วโมง (9.1 วัน)	ค่าครึ่งชีวิตของ endosulfan ในดินคำนวณจากปฏิกิริยาการแตกสลายด้วยน้ำของ $\alpha$ – endosulfan และ $\beta$ – endosulfan ที่ pH 7 (4.5 ชั่วโมง) และที่ pH 9 (218 ชั่วโมง) ที่ 25 °C

ปรีชา ฉัตรสันติประภา และพูลสุข หฤทัยธนาสันติ (2543) ได้รายงานการตกค้างของ เอนโดซัลแฟนในแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณเอนโดซัลแฟนที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำบางปะกง (ปรีชา ฉัตรสันติประภา และพูลสุข หฤทัยธนาสันติ, 2543)

แม่น้ำ	ค่าเฉลี่ยของ เอนโดซัลแฟน (ไมโครกรัม/ลิตร)				
	มิถุนายน 2542	สิงหาคม 2542	ตุลาคม 2542	ธันวาคม 2542	กุมภาพันธ์ 2543
<b><u>แม่น้ำเจ้าพระยา</u></b>					
- ในแม่น้ำ	0.16	0.19	0.09	0.10	0.007
- ในคลองที่ไหลลงสู่แม่น้ำ	0.17	0.22	0.13	0.13	0.09
- จุดที่คลองไหลลงสู่แม่น้ำ	0.16	0.18	0.12	0.12	0.07
<b><u>แม่น้ำท่าจีน</u></b>					
- ในแม่น้ำ	0.21	0.23	0.38	0.13	0.09
- ในคลองที่ไหลลงสู่แม่น้ำ	0.19	0.13	0.29	0.16	0.12
- จุดที่คลองไหลลงสู่แม่น้ำ	0.30	0.20	0.40	0.26	0.10
<b><u>แม่น้ำบางปะกง</u></b>					
- ในแม่น้ำ	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02
- ในคลองที่ไหลลงสู่แม่น้ำ	0.14	0.04	0.14	0.03	0.05
- จุดที่คลองไหลลงสู่แม่น้ำ	0.06	0.02	0.04	0.03	0.03

## 2.6.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม

**การย่อยสลายโดยชีวภาพและการเปลี่ยนรูปโดยชีวภาพ** เอนโคซัลแฟนในดินถูกย่อยสลายโดยชีวภาพในสภาวะที่มีออกซิเจนได้ เอนโคซัลแฟนซัลเฟตเป็นเมตาโบไลต์หลัก เอนโคซัลแฟนในดินยังถูกย่อยสลายโดยชีวภาพในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้และเมตาโบไลต์หลักยังคงเป็น เอนโคซัลแฟนซัลเฟตแต่อัตราการย่อยสลายช้ามาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

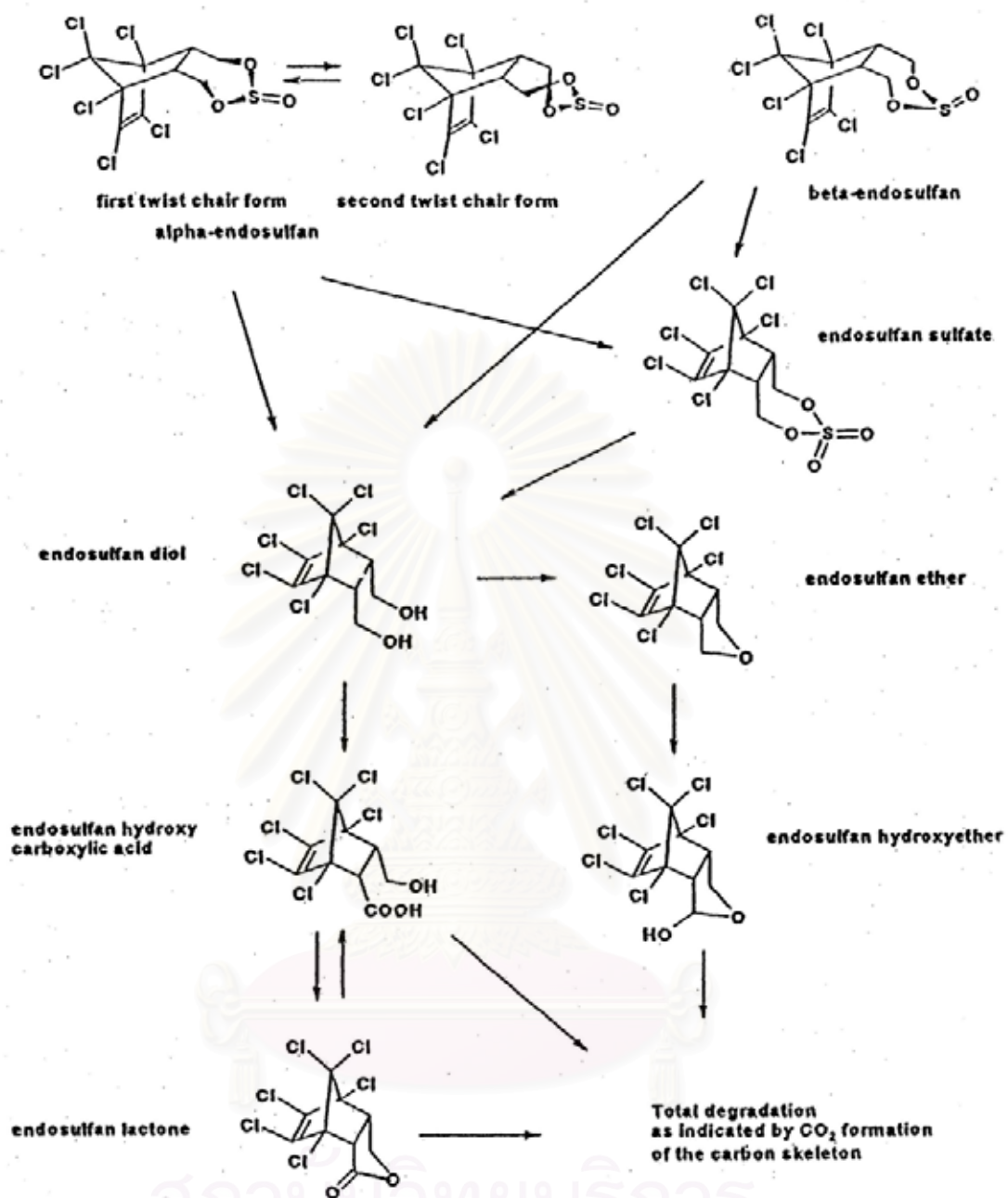
**การย่อยสลายโดยแสง** ในสภาวะที่ปราศจากน้ำ ทั้งแอลฟาและเบตาเอนโคซัลแฟนมีความคงตัวต่อการย่อยสลายโดยแสง ในสภาวะที่มีความชื้นหรือน้ำเอนโคซัลแฟนถูกย่อยสลายโดยแสงได้เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**การแตกสลายด้วยน้ำ** ในสภาวะที่มีความชื้นหรือน้ำ เอนโคซัลแฟนถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนได้ เอนโคซัลแฟนซัลเฟตแล้วจึงเกิดปฏิกิริยาการแตกสลายด้วยน้ำได้เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์และก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**การรวมตัว** เอนโคซัลแฟนรวมตัวกับดินได้ดีจนถึงดีมากขึ้นอยู่กับชนิดของดิน เบต้า-เอนโคซัลแฟนรวมตัวกับดินได้ดีกว่า แอลฟา-เอนโคซัลแฟนสัมประสิทธิ์การรวมตัวของแอลฟา และ เบต้า-เอนโคซัลแฟนในตะกอนดินจากมหาสมุทร มีค่าเท่ากับ 3,981 และ 19,953 ตามลำดับ แสดงว่าเอนโคซัลแฟนในดินสามารถเคลื่อนย้ายสู่น้ำได้ดินได้น้อยมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**การกลายเป็นไอ** เอนโคซัลแฟนมีค่า Henry's law constant เท่ากับ  $6.6 \times 10^{-5}$  บรรยากาศ x ลูกบาศก์เมตร/โมล แสดงให้เห็นว่าเอนโคซัลแฟน ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ค่อนข้างดี โดยเฉพาะถ้าแหล่งน้ำมีการไหลของน้ำและมีลมพัด (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน** เอนโคซัลแฟนในสิ่งแวดล้อมถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนในสภาวะที่มีความชื้นได้เอนโคซัลแฟนซัลเฟต แล้วจึงเกิดปฏิกิริยาการแตกสลายด้วยน้ำได้ เอนโคซัลแฟนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังรูปที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การย่อยสลายของเอนโดซัลเฟนในน้ำและดิน (GFEA, 2004)

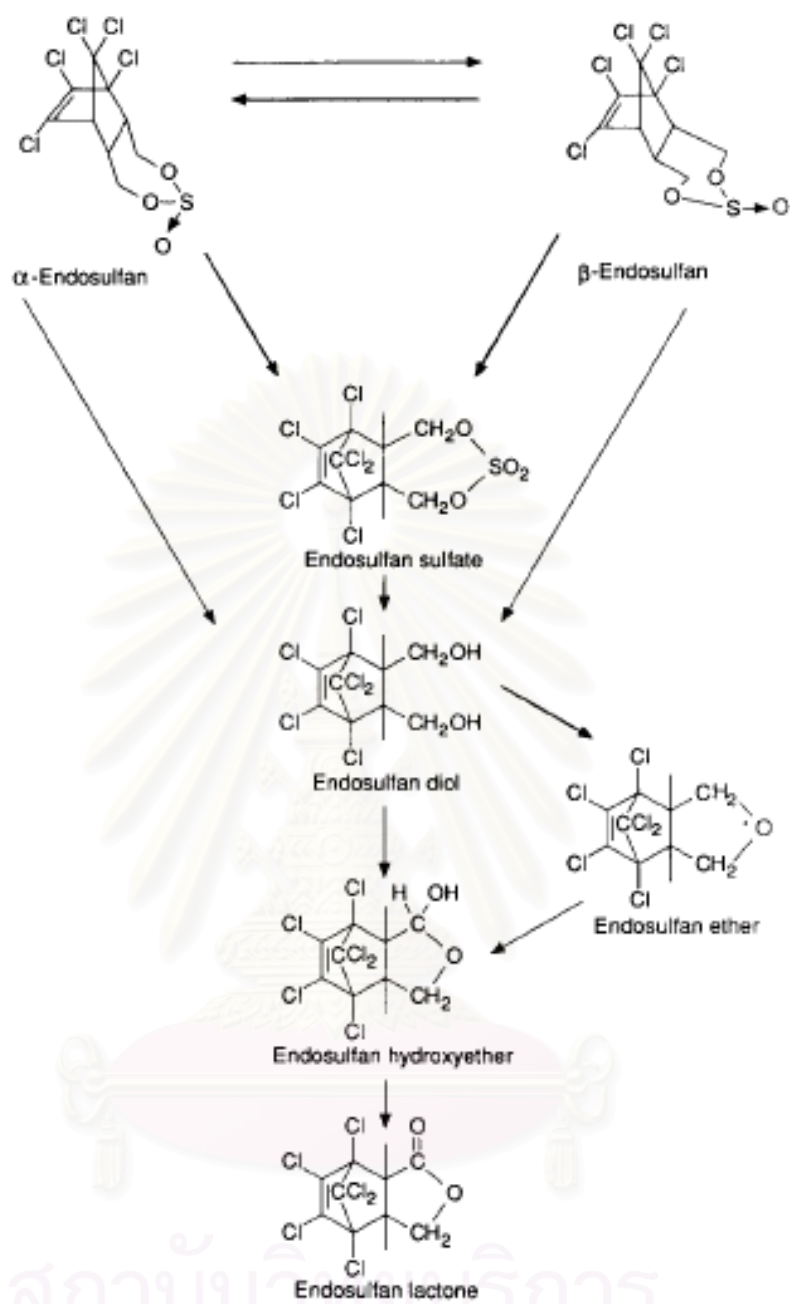
### 2.6.3 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต

**การดูดซึม** เอนโดซัลแฟนถูกดูดซึมได้ดีจากระบบทางเดินอาหาร ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้จากข้อมูลกรณีศึกษาในมนุษย์ซึ่งได้รับเอนโดซัลแฟนโดยการกิน ผู้ป่วยแสดงอาการพิษเฉียบพลันภายใน 30 นาทีหลังได้รับสาร (Ellenhorn *et al.*, 1997 อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**การแพร่กระจาย** เอนโดซัลแฟนสามารถแพร่กระจายไปยังอวัยวะต่าง ๆ ได้ที่สำคัญคือ ตับ และไต มีรายงานการแพร่กระจายของเอนโดซัลแฟนในผู้ป่วยที่ได้รับเอนโดซัลแฟนโดยการกินและเสียชีวิต 6 ชั่วโมงภายหลังได้รับสาร จากการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณแอลฟา และ เบต้า-เอนโดซัลแฟนสูงสุดในตับ รองลงมาคือไต ปัสสาวะ และเลือด นอกจากนี้ยังพบว่าเอนโดซัลแฟนสามารถแพร่กระจายในส่วนต่าง ๆ ของสมองได้ (Demeter *et al.*, 1977 อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**การสะสมในร่างกาย** เอนโดซัลแฟนสะสมในส่วนต่าง ๆ ของสมองได้เป็นอย่างดี เพราะเป็นสารที่ละลายได้ดีในไขมัน หนู rat ได้รับเอนโดซัลแฟน(สารผสมของ แอลฟา และเบต้า-เอนโดซัลแฟน อัตราส่วน 2 : 1) ทางปากปริมาณ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน เป็นเวลา 15 วัน และถูกกำจัดในวันที่ 16 พบว่า แอลฟา-เอนโดซัลแฟน แพร่กระจายในส่วนต่าง ๆ ของสมองได้ดีกว่า เบต้า-เอนโดซัลแฟน ปริมาณ แอลฟา-เอนโดซัลแฟน ที่พบใน cerebrum cerebellum และส่วนอื่น ๆ ของสมองเท่ากับ 3.76, 2.04 และ 2.66 มิลลิกรัม/กิโลกรัมสมองตามลำดับ สำหรับ เบต้า-เอนโดซัลแฟน พบเฉพาะใน cerebrum และ cerebellum เท่านั้น ปริมาณที่พบเท่ากับ 0.06 และ 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัมสมอง และเมื่อเพิ่มปริมาณการได้รับเอนโดซัลแฟนสูงขึ้นเป็น 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว สัดส่วนของไอโซเมอร์ทั้ง 2 ที่พบในส่วนต่าง ๆ ของสมองยังคงเป็นเช่นเดียวกัน (Gupta, 1978 อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**เมตาบอลิซึม** จากการศึกษาในหนู rat และหนู mouse พบว่าเอนโดซัลแฟนถูกเมตาโบไลซ์โดยเอนไซม์ไซโตโครม P-450 ได้เมตาโบไลต์หลักคือเอนโดซัลแฟนซัลเฟต เอนโดซัลแฟนไดออกไซด์, เอนโดซัลแฟนไฮดรอกซีอีเทอร์ และเอนโดซัลแฟนแลกโตน ดังรูปที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การย่อยสลายของเอนโดซัลแฟนไปสู่อนุพันธ์รูปต่างๆในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Syed, and Chetana, 1993)



## 2.6.4 การศึกษาความเป็นพิษเฉพาะด้าน

**ปฏิกิริยาทางชีวเคมี** เอนโดซัลแฟนสามารถกระตุ้นเอนไซม์ cytochrome P-450 จากการศึกษาในหนูแรทเพศเมียได้รับ endosulfan ทางปากปริมาณ 1.0, 2.5 และ 5.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน เป็นเวลา 7-15 วัน พบว่าเอนไซม์ cytochrome P-450 ในตับ 2 ชนิด คือ aniline hydroxylase และ aminopyrine demethylase เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เอนไซม์ aminotransferase เพิ่มขึ้นอีกด้วย (Agarwal *et al.*, 1978 อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547) การได้รับเอนโดซัลแฟนในปริมาณสูงทำให้ปริมาณกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นด้วย หนูแรทเพศผู้ได้รับเอนโดซัลแฟนทางปากปริมาณ 0.625, 5.0 และ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว 6 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่าหนูที่ได้รับเอนโดซัลแฟน 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว มีปริมาณกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้น (Garg *et al.*, 1980 อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**การเป็นสารเกิดการกลายพันธุ์** เอนโดซัลแฟนไม่เป็็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ ในการทดลองที่ใช้แบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* (Fabrig, 1974; Moriya *et al.*, 1983 อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547) และการศึกษาในสัตว์ทดลอง (Dikshith and Datta, 1978 อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547) รายงานการศึกษาในหนูแรทเพศผู้ได้รับเอนโดซัลแฟนทางปากปริมาณ 11, 22, 36 และ 55 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงตรวจสอบโดยวิเคราะห์เซลล์ไขกระดูก และเซลล์ต้นกำเนิดตัวอสุจิ ปรากฏว่าไม่พบความผิดปกติทางโครโมโซมและการแตกหักของเส้นโครมาติดในเซลล์ทั้ง 2 ชนิด

**การเสริมพิษและการต่อต้านพิษ** สภาวะการขาดโปรตีนของร่างกายทำให้พิษเฉียบพลันของเอนโดซัลแฟนเพิ่มขึ้น Boyd (1972: อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547) รายงานค่า LD<sub>50</sub> โดยการให้ทางปากของเอนโดซัลแฟนซึ่งละลายในน้ำมันเมล็ดฝ้าย ในหนูแรทเพศผู้ ซึ่งได้รับอาหารที่มีโปรตีนปกติ มีค่าเท่ากับ 121 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว แต่มีค่าเพียง 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ในหนูที่ได้รับอาหารที่ขาดโปรตีน การขาดโปรตีนทำให้ร่างกายขาดเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการทำลายพิษของเอนโดซัลแฟนจึงทำให้ความเป็นพิษของเอนโดซัลแฟนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนปกติ

ความเป็นพิษต่อระบบประสาท เอนโดซัลแฟนในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมส่วนใหญ่มีพิษเฉียบพลันต่อระบบประสาท อาการที่สำคัญคือ ปวดศีรษะ กระวนกระวายใจ กล้ามเนื้อเกร็ง สั่น หายใจลำบาก หมดสติ และชัก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ผลต่อการพัฒนาของตัวอ่อน เอนโดซัลแฟนมีผลต่อการพัฒนาโครงกระดูกของตัวอ่อน Gupta (1978: อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547) ศึกษาในหนูแรทเพศเมียได้รับเอนโดซัลแฟน ปริมาณ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน ระหว่างวันที่ 6 – 14 ของการตั้งท้อง พบว่าการพัฒนาโครงกระดูกของตัวอ่อนผิดปกติและตัวอ่อนบางตัวตายในท้อง

### ความผิดปกติที่เกิดในทารก

จากการศึกษาของ Gupta (1978: อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ, 2547) ซึ่งรายงานว่าเอนโดซัลแฟนทำให้การพัฒนาโครงกระดูกของตัวอ่อนของหนูแรทผิดปกติ อาจพิจารณาได้ว่าเอนโดซัลแฟนสามารถทำให้เกิดความผิดปกติในทารกได้

### พฤติกรรม

เอนโดซัลแฟนมีผลต่อพฤติกรรมของมนุษย์ที่ได้รับสารเป็นเวลานาน จากรายงานกรณีศึกษาของคนงาน 3 คนที่ทำหน้าที่บรรจุเอนโดซัลแฟนใส่ถุง ซึ่งโดยปกติไม่ได้สวมชุดและหน้ากากป้องกันสารเคมีขณะปฏิบัติงาน เมื่อปฏิบัติงานได้ 3 สัปดาห์ 1 เดือน และ 18 เดือน มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือ กระสับกระส่าย หงุดหงิด งุนงงสับสน ส่วนอาการอื่นๆ ที่พบคือ ปวดศีรษะ อาการรู้สึกหุน และชักเกร็ง

### 2.6.5 ผลต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

สิ่งมีชีวิตในน้ำ เอนโดซัลแฟนมีความเป็นพิษเฉียบพลันในสัตว์น้ำสูงมาก มีค่า  $LC_{50}$  อยู่ในช่วงไมโครกรัม/ลิตร ปลา catfish (*Mystus vittatus* sp.) มีความไวต่อเอนโดซัลแฟนมากที่สุด มีค่า  $LC_{50}$  เพียง 0.06 ไมโครกรัม/ลิตร กุ้ง (*Crangon septemspinosa*) มีความไวต่อเอนโดซัลแฟนมากเช่นกันคือ มีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 0.2 ไมโครกรัม/ลิตร  $LC_{50}$  ของเอนโดซัลแฟนในสัตว์น้ำแสดงในตารางที่ 2.5 (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

**สิ่งมีชีวิตบอบก** เอนโดซัลแฟนมีความเป็นพิษเฉียบพลันในสัตว์ปีกระดับปานกลาง อาการพิษเฉียบพลันของเอนโดซัลแฟนที่พบในสัตว์ปีก คือ การเคลื่อนไหวอย่างเชื่องช้า หายใจลำบาก กระตุก สั่น เดินโซเซ และล้มลง ในเปิดอาการจะปรากฏภายใน 10 นาทีหลังได้รับสารและตายภายใน 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมง สำหรับนกยูงอาการจะปรากฏภายใน 1 ชั่วโมงหลังได้รับสาร และตายภายใน 2 ถึง 4 วัน สัตว์ที่ไม่ตายจะหายจากอาการเป็นพิษภายใน 1 เดือน  $LC_{50}$  ของเอนโดซัลแฟนในสัตว์ปีกแสดงในตารางที่ 2.4 (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ตารางที่ 2.4  $LC_{50}$  ของเอนโดซัลแฟนในสัตว์ปีก(กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

สปีชีส์	เพศ	อายุ (เดือน)	$LC_{50}$ (มิลลิกรัม/ กิโลกรัมน้ำหนักตัว)
เป็ด mallard ( <i>Anas platyrhynchos</i> )	ผู้	3 – 4	33
		12	45
นกยูง pheasant ( <i>Phasianus colchicus</i> )	เมีย	12	31.2
	ผู้	3 – 4	80 – 160
		3 – 4	190
		12	< 320

ตารางที่ 2.5 LC<sub>50</sub> ของเอนโดซัลแฟนในสัตว์น้ำ(กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

สปีชีส์	ระยะเวลาการทดลอง (ชั่วโมง)	LC <sub>50</sub> (ไมโครกรัม/ลิตร)
Water flea ( <i>Daphnia magna</i> )	96	52.9
กุ้ง ( <i>Crangon septemspinosa</i> )	96	0.2 – 6.9
ปลา rainbow trout ( <i>Salmo gairdneri</i> )	96	14
ปลา fathead minnow ( <i>Pimephales promelas</i> )	96	1.5
ปลา channel catfish ( <i>Ictalurus punctatus</i> )	96	1.5
ปลา catfish ( <i>Mystus vittatus sp.</i> )	96	0.06 – 3.5
ปลา catfish ( <i>Mystus vittatus sp.</i> )	96	1.9
ปลา catfish ( <i>Heteropneustes fossilis.</i> )	96	11
ปลา catfish ( <i>Ophiocephalus punctatus.</i> )	96	22
ปลา carp ( <i>Cyprinus carpio.</i> )	48	10
ปลาทอง gold fish ( <i>Carassius auratus.</i> )	24	8

## 2.7 ปลาที่ทำการศึกษ

### 2.7.1 ปลากระดี่หม้อ

ปลากระดี่หม้อมีลำตัวค่อนข้างยาว แบนข้าง ปากเล็กยึดหดได้ ฟันบนขากรรไกรมีขนาดเล็ก มีฟันบนกระดูก palatine และกระดูก vomer ขอบของกระดูก opercle เรียบ ส่วนขอบของกระดูก preopercle เป็นหยัก เกิดเป็นแบบ cycloid เส้นข้างตัวขาดตอน จุดเริ่มต้นของครีบหลังอยู่หลังฐานของครีบหู ครีบหลังสั้นกว่าครีบกัน ครีบท้องมีก้านครีบแข็งเสื่อม ก้านครีบอ่อนอันแรกของครีบท้องยื่นยาวเป็น filament อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนิ่ง หนอง บึง แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ เป็นปลาที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมมาก ปลากระดี่หม้อเป็นปลาน้ำจืดที่อาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะตามที่ราบลุ่มทุกประเภทที่มีพืชไม้น้ำขึ้นประปราย มีการจับได้ด้วยเครื่องมือพื้นเมืองแทบทุกอย่าง จึงนับว่าเป็นปลาที่รู้จักกันดีทั้งชาวบ้านและในทางวิชาการ ปลาชนิดนี้เป็นปลาพื้นเมืองในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศไทย พม่า มาเลเซีย และหมู่เกาะซุนดาในเขตอินโดนีเซีย เวียดนามทางใต้ ในประเทศไทยพบปลาชนิดนี้กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ สำหรับภาคกลางและภาคเหนือนั้นพบเป็นจำนวนมาก ส่วนภาคอื่นๆพบเป็นจำนวนน้อย ปลากระดี่หม้อนี้สามารถนำมาปรุงเป็นอาหารได้ ทั้งอาหารสดและแปรรูป เช่น นำมาเรียงเป็นวงตากแห้ง เรียกว่า กระดี่วง หรือหมักเกลือเป็นปลาร้า (ชวลิต วิทยานนท์, 2547)

ปลากระดี่หม้อจัดอยู่ในลำดับอนุกรมวิธานดังนี้

Kingdom           Animalia

Phylum           Chordata

Class               Osteichthyes

Order              Perciformes

Family             Belontiidae

Genus              *Trichogaster*

Species *Trichogaster trichopterus*

ปลากระดีหม้อมีความแตกต่างระหว่างเพศที่สังเกตจากลักษณะภายนอกได้ เช่น จุดสีบริเวณฐานครีบเดี่ยวของปลาเพศผู้จะมีสีเข้มและเห็นได้ชัดกว่าปลาเพศเมีย ในปลาเพศผู้จะมีครีบหลังที่ยาวกว่าและปลายครีบค่อนข้างแหลมกว่า และครีบกันมีความยาวมากกว่าปลาเพศเมีย

## 2.7.2 ปลาตะเพียน

ปลาตะเพียนเป็นปลาที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง ปราดเปรี้ยว ว่ายน้ำเร็ว เมื่อตกใจจะกระโดดได้สูงมาก ปลาตะเพียนขาวมีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศกลุ่มอินโดจีน เกาหลี เกาหลี เกาหลี และประเทศไทย สำหรับในประเทศไทยพบได้ทั่วทุกภาค อาศัยในหนองบึงและแม่น้ำ มีลักษณะลำตัวแบนข้าง ยาว รี ขอบหลังโค้งงอสูงชัน เกือบลำตัวสีขาวเงิน หัวเล็ก ริมฝีปากบาง จะงอยปากแหลม มีหนวดสั้นๆ 2 คู่ ที่ขากรรไกรบนและจะงอยปาก ส่วนหลังสีคล้ำเล็กน้อย ส่วนท้องมีสีขาวครีมหรือขาวเงิน ครีบท้องและครีบกันสีเหลืองปนส้มเล็กน้อย ครีบหุมีสีจางหรือสีเหลืองอ่อนจางๆ ครีบหลังและครีบหางสีเทาปนเหลือง มีเส้นข้างตัว 1 เส้น (กรมประมง, 2538) ลูกปลาตะเพียนขาววัยอ่อนกินสาหร่ายเซลล์เดียวและแพลงตอนขนาดเล็ก ส่วนปลาตะเพียนขาวขนาด 3-5 นิ้ว กินพวกพืชน้ำ เช่น แหนเป็ด สาหร่ายพวงชะโด ผักบุ้ง สำหรับปลาตะเพียนขนาดใหญ่สามารถกินใบพืชบก เช่น ใบมันเทศ ใบมันสำปะหลัง หญ้าขน เป็นต้น พบว่าปลาตะเพียนหากินในเวลากลางวันมากกว่ากลางคืน ปลาเพศผู้มีลำตัวยาวเรียวยาว ส่วนปลาเพศเมียลำตัวป้อมสั้น

ปลาตะเพียนขาวจัดอยู่ในลำดับอนุกรมวิธานดังนี้

Kingdom      Animalia

Phylum      Chordata

Class      Osteichthyes

Order      Perciformes

Family      Cyprinidae

Genus      *Puntius*

Species *Puntius gonionotus*

## 2.8 เนื้อเยื่อปกติของปลา

**2.8.1 เหงือก** ปลาไม่มีเหงือก 4 คู่ อยู่ในบริเวณกระพุ้งแก้มแต่ละข้าง เหงือกอันแรกที่อยู่หน้าสุดจะมีขนาดใหญ่ ส่วนเหงือกอันถัดไปจะมีขนาดเล็กลงตามลำดับ เหงือกแต่ละอันจะประกอบด้วย gill raker และซี่เหงือก(gill filament) ตั้งอยู่ตรงข้ามกันบนส่วนของแกนเหงือก(gill arch) ในบริเวณส่วนท้ายของเหงือกแต่ละอันจะมีแกนเหงือกที่โค้งงอด้านบน พบว่าบริเวณนี้ของเหงือกอันแรกจะมีองค์ประกอบคล้ายกระดูกเจริญขึ้นออกมาเป็นแผ่นจากส่วนของแกนเหงือก และมีเยื่อผิวประกอบด้วย epithelium cells เป็นรูปรีเรียงซ้อนกันหลายชั้น มีท่อเลือดขนาดเล็กและต่อมเมือกแทรกอยู่จำนวนมาก ถัดลงไปเป็นชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งพบท่อเลือดขนาดเล็กและเนื้อเยื่อไขมันแทรกอยู่ทั่วไป นอกจากนี้ยังพบกระดูกอ่อนแทรกอยู่ในชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันด้วย ส่วนของกระดูกอ่อนนี้เมื่อปลามีขนาดโตขึ้นจะมีการสะสมแคลเซียมบริเวณรอบนอกเพื่อเปลี่ยนไปเป็นกระดูกแข็งต่อไป(สุปราณี ชินบุตรและคณะ, 2536)

gill racle มีลักษณะเป็นปุ่มเล็กๆภายในมีโครงสร้างของกระดูก ลักษณะคล้ายคลึงกับฟัน(pharyngeal teeth) ที่พบบริเวณคอหอย ฟันตัวอยู่ในชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งอยู่ติดกับแกนเหงือกด้านบนของโครงสร้างนี้มีชั้น dermis บางๆปกคลุมอยู่ และมีชั้นบนสุดเป็น epidermis ประกอบด้วยเซลล์เยื่อผิวรูปรีเรียงซ้อนกันหลายชั้น พบต่อมเมือกแทรกอยู่ระหว่างเซลล์เหล่านี้จำนวนมาก และบางบริเวณพบตุ่มรับความรู้สึกแทรกอยู่ภายในชั้นนี้ด้วย โครงสร้างของ gill raker ของปลาจะช่วยบอกถึงนิสัยการกินอาหารได้ เช่น ปลาช่อนซึ่งเป็นปลากินเนื้อจะมีโครงสร้างของ gill raker เปี้ยตุ่มเล็กๆและแข็งแรง ส่วนปลา herring (*Clupea harengus*) ซึ่งเป็นปลากินแพลงก์ตอนจะมี gill racle ยาวและอยู่ติดๆกัน(Gibson, 1988 อ้างถึงใน สุปราณี ชินบุตรและคณะ, 2536)

ซี่เหงือก (gill filament) ในปลาขนาดเล็กจะมีกระดูกอ่อนค้ำจุนอยู่ภายใน แต่เมื่อปลามีขนาดโตขึ้นจะมีการสะสมแคลเซียมบริเวณรอบกระดูกอ่อน ชั้นเยื่อผิวที่ปกคลุมซี่เหงือกประกอบด้วยเซลล์เยื่อผิวรูปแบนเรียงซ้อนกัน 3-5 ชั้น มี chloride cells(acidophilic cells) แทรกอยู่บริเวณใกล้ฐานของกิ่งเหงือก(gill lamellae) เซลล์มีลักษณะเป็นรูปรีมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ข้างเคียง chloride cells นี้มีหน้าที่เกี่ยวกับ osmoregulation (Groman, 1982 อ้างถึงใน สุปราณี ชินบุตรและคณะ, 2536)

กึ่งเหงือก (gill lamellae) เป็นส่วนที่แยกออกมาจากซี่เหงือกทั้ง 2 ข้าง เยื่อที่ปกคลุมเป็น เซลล์บุผิวรูปแบนชั้นเดียว อาจพบต่อมเมือกขนาดเล็กแทรกอยู่ในชั้นนี้ด้วย ภายในกึ่งเหงือก พบ pillar cells เป็นตัวค้ำจุน โดยมีแขนงยื่นยาวออกไปเชื่อมกับ pillar cells อันถัดไป เกิดเป็นท่อ เลือดขนาดเล็ก ซึ่งเป็นช่องที่เม็ดเลือดผ่านไปแลกเปลี่ยนแก๊สกับน้ำ

**2.8.2** ตับ เป็นอวัยวะที่อยู่ส่วนบนสุดของช่องท้อง มีสีน้ำตาลเหลือง แยกเป็นหลายกลีบ ปลาแต่ละชนิดมีรูปร่างของตับแตกต่างกันไป แต่ละกลีบมีความสั้นยาวต่างกัน มีหลอดเลือดจาก โคนตับไปสู่ปลายตับทุกกลีบ ตับประกอบด้วยเซลล์ตับและท่อน้ำดี เซลล์ตับมีรูปร่างหลายเหลี่ยม นิวเคลียสกลมอยู่กลางเซลล์ หรืออาจถูกดันไปอยู่ขอบเซลล์ถ้ามีไขมันสะสมอยู่ในเซลล์มาก เซลล์ ตับเรียงชิดกันไม่เห็นเป็น lobule เหมือนที่พบในปลา atlantic croaker (*Micropogon undulates*) และ สัตว์มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ พบไซโทซอซด์แทรกในเนื้อเยื่อตับ เซลล์ตับมีหน้าที่สำคัญหลาย ประการคือ เมตาบอลิซึมสารอาหารชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้สารที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ สร้าง โปรตีนของพลาสมา ทำลายสิ่งแปลกปลอมทั้งจุลินทรีย์ และสารพิษ ขับสารพิษและของเสียออก ทางน้ำดี (สุปราณี ชินบุตรและคณะ, 2536; Takashima and Hibiya, 1995)

**2.8.3** ไต อยู่ทางด้านล่างของกระดูกสันหลัง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ไตส่วนต้น(anterior kidney) และไตส่วนท้าย(posterior kidney) ไตส่วนต้นประกอบด้วยเนื้อเยื่อสร้างเลือดกระจายอยู่ ระหว่างท่อไต ไตส่วนท้ายประกอบด้วย nephron เป็นหน่วยทำงานของไต แต่ละ nephron ประกอบด้วย renal corpuscle และ renal tubule และยังพบเนื้อเยื่อสร้างเลือดแทรกอยู่ระหว่างท่อไต ที่ขดไปมา renal corpuscle ประกอบด้วย glomerulus เป็นกลุ่มของหลอดเลือดฝอยล้อมรอบด้วย เซลล์เยื่อหลอดเลือดฝอย basal lamina และ visceral epithelium ติดอยู่กับผนังด้านนอกของ glomerulus ระหว่างชั้นทั้งสองมี Bowman's space กั้นอยู่ glomerulus นี้ได้รับเลือดจาก afferent glomerulus artery โดยมี juxtaglomerular cell อยู่ที่ผนังของหลอดเลือดแดงที่ติดกับ glomerulus เป็น ตัวควบคุมปริมาณการไหลเวียนของเลือด และผลิตเอนไซม์ rennin ที่จำเป็นในการผลิต angiotonin เพื่อควบคุมความดันเลือดให้ปกติ ส่วน renal tubule เป็นท่อหน่วยไตที่เชื่อมต่อระหว่าง renal corpuscle และ collecting duct เปิดออกสู่ opisthonephric duct เปิดออกสู่ ophisthonephric duct หรือ ureter (สุปราณี ชินบุตรและคณะ, 2536)



Renal tubule แบ่งออกเป็นส่วนๆตามความยาวของท่อดังนี้ ส่วนแรกคือ neck segment เป็นท่อสั้นๆที่ต่อจาก renal corpuscle มีเซลล์เยื่อบุผิวเป็นรูปสี่เหลี่ยมทรงเตี้ยที่มี brush border เป็นขนสั้นๆยื่นเข้าไปใน lumen ของท่อแต่ไม่เด่นชัด มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ประมาณครึ่งหนึ่งของเซลล์ และพบอยู่ตรงกลางเซลล์ ส่วนท่อบางที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ต่อจาก neck segment คือ proximal convoluted tubule เป็นท่อขด แบ่งออกเป็น first และ second proximal tubule แตกต่างกันตรงที่เซลล์เยื่อบุของ first proximal tubule เป็นรูปสี่เหลี่ยมทรงเตี้ย มีนิวเคลียสกลมอยู่กึ่งกลางเซลล์ มี brush border น้อยและขนาดของ lumen เล็กกว่า ส่วน second proximal tubule มีเซลล์เยื่อบุเป็นรูปสี่เหลี่ยมทรงเตี้ยแต่สูงกว่า neck segment โซโทพลาสซึมติดสีชมพูเข้มกว่าส่วนอื่นเมื่อย้อมด้วยสี Hematoxylin&Eosin (H&E) นิวเคลียสกลมอยู่กึ่งกลางเซลล์หรืออยู่บริเวณฐานเซลล์ ไม่มี brush border สำหรับ distal tubule มีหน้าที่ดูดซึมเกลือโซเดียมและโปตัสเซียมเก็บไว้ในร่างกาย แล้วขับแอมโมเนียออกจากร่างกาย collecting duct เป็นส่วนท้ายสุดของท่อหน่วยไต มีเซลล์เยื่อบุเป็นรูปสี่เหลี่ยมทรงสูงขนาดเล็ก กลุ่มเซลล์ถูกล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อประสานเห็นได้ชัดเจน(สุปราณี ชินบุตร และคณะ, 2536)

ไตทำหน้าที่รักษาสภาพสมดุลออสโมลในในร่างกาย มีความสำคัญมากในปลาน้ำจืด โดยไตขับน้ำส่วนเกินในเลือดและขับถ่ายสารพิษออกจากร่างกาย สารพิษที่อยู่ในรูปละลายน้ำได้จะถูกขับออกมาพร้อมกับปัสสาวะ หรืออาจถูกดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือดโดยท่อไตส่วนต่างๆ กระบวนการดูดซึมเกิดได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายตัวในไขมันของสารพิษนั้น (ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้วและคณะ, 2535; Takashima and Hibiya, 1995)

## 2.9 กลไกการบาดเจ็บของเซลล์

การบาดเจ็บของเซลล์เกิดได้จากหลายสาเหตุ สาเหตุที่สำคัญคืออวัยวะขาดเลือด เกิดจากการอุดตันของหลอดเลือดหรือหลอดเลือดถูกทำลาย เมื่อเลือดไปเลี้ยงอวัยวะลดลง เซลล์บริเวณนั้นเกิดภาวะขาดอาหารและออกซิเจน ภาวะขาดออกซิเจนทำให้เซลล์ต้องใช้กระบวนการ เมตาบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจน เซลล์สร้าง ATP ไม่เพียงพอทำให้เซลล์ไม่สามารถขนส่งสารแบบใช้พลังงานได้ เกิดการสะสมโซเดียมในเซลล์ทำให้น้ำและออสโมลเข้าสู่เซลล์ได้อย่างไม่จำกัด การขาดพลังงานจึงมีผลทำให้เซลล์เกิดการบาดเจ็บ ในภาวะขาดออกซิเจน เซลล์อาจกลับเข้าสู่ภาวะปกติได้ถ้าได้รับออกซิเจนอีกครั้ง แต่ถ้าเกิดความเสียหายในระดับออร์แกเนล จนกระทั่งเซลล์ไม่สามารถ

กลับสู่ภาวะปกติได้ จะนำไปสู่การตายของเซลล์ การบาดเจ็บยังเกิดจากอนุมูลอิสระไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ และเยื่อหุ้มออร์แกเนล โดยอนุมูลอิสระจับกับไขมันเกิดกระบวนการ lipid peroxidation ทำให้สูญเสียสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่าน เซลล์ไม่สามารถกลับสู่ภาวะปกติได้และตาย อนุมูลอิสระยังสามารถจับกับสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ในเซลล์คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต DNA และ RNA รวมทั้งแร่ธาตุต่างๆ ได้อย่างดีเพื่อให้อยู่ในสภาพเสถียร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเซลล์ มีผลทำให้เซลล์เกิดอันตราย นำไปสู่ภาวะเซลล์ตายได้ (Cotran *et al.*, 2006)

## 2.10 การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพ

การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในระบบต่างๆ นั้น เกิดขึ้นจากการตอบสนองของร่างกายเมื่อได้รับสิ่งแปลกปลอม เช่น เชื้อโรคและสารพิษ การตอบสนองเกิดจากหน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตคือเซลล์ การเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์นี้เมื่อมีมากขึ้นจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในระดับเนื้อเยื่อ อวัยวะและระบบต่างๆ ของร่างกายตามมา เมื่อเซลล์ได้รับอันตรายจะมีการตอบสนอง ดังต่อไปนี้ (Cotran *et al.*, 2006; Roberts, 1978)

**การปรับตัวระดับเซลล์** การปรับตัวระดับเซลล์อาจทำให้เซลล์กลับเข้าสู่ภาวะปกติได้ หรือถ้าไม่สามารถกลับสู่ภาวะปกติได้ก็เกิดเซลล์ตายในที่สุด การปรับตัวของเซลล์มีได้หลายแบบ ดังต่อไปนี้

**การฝ่อลีบ** คือ ภาวะที่เซลล์หรือออร์แกเนลต่างๆ มีขนาดเล็กกลงรวมถึงอวัยวะมีขนาดเล็กกลงด้วย ขอบเขตของเซลล์ไม่ชัดเจน ไซโทพลาสซึมย้อมติดสี eosin ลดลง ไม่พบการเก็บสะสมสารภายในเซลล์ นิวเคลียสและนิวคลีโอลัสมีขนาดเล็กและติดสีเข้ม

**การเพิ่มขนาดของเซลล์** คือ ภาวะที่เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยไม่เพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากเซลล์มีการสะสมสารชีวโมเลกุล เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก คาร์โบไฮเดรต และ ไขมัน เป็นต้น รวมทั้งการเพิ่มจำนวนออร์แกเนลต่างๆ ภายในเซลล์ โดยที่รูปร่างลักษณะของเซลล์ยังคงคล้ายกับเซลล์ปกติเพียงแต่มีขนาดใหญ่ขึ้น

**การเพิ่มจำนวนเซลล์** คือ ภาวะที่เซลล์ชนิดเดียวกันนั้นมีจำนวนเพิ่มขึ้น เป็นผลให้อวัยวะมีขนาดใหญ่กว่าปกติ เกิดจากเซลล์ได้รับการกระตุ้นให้แบ่งเซลล์ตลอดเวลา เซลล์ที่เพิ่มขึ้นมาใหม่นี้ทำหน้าที่คล้ายกับเซลล์ปกติมาก

**การเสื่อมของเซลล์** เป็นการตอบสนองของเซลล์เมื่อได้รับอันตรายหรือเกิดการบาดเจ็บ มีการเปลี่ยนแปลงได้หลายแบบได้แก่

**hydropic degeneration** คือการเสื่อมของเซลล์เนื่องจากเซลล์สะสมน้ำไว้ภายในไซโทพลาสซึมอย่างต่อเนื่องจนทำให้เซลล์ขยายขนาดใหญ่ขึ้น น้ำที่เข้ามาภายในเซลล์นี้สามารถเข้าไปในออร์แกเนลล์ได้ ซึ่งถ้าเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมมีการสะสมน้ำด้วย ก็อาจทำให้หลุดขาดออกเป็นส่วนๆได้

**vascuolar degeneration** คือ การเสื่อมของเซลล์เนื่องจากเกิดแวคิวโอลขึ้นภายในไซโทพลาสซึม ในแวคิวโอลนี้บรรจุสารใดก็ได้ ลักษณะทางกล้องจุลทรรศน์ คือ เห็นมีช่องว่างเกิดขึ้นในไซโทพลาสซึม การใช้คำว่า vascuolar degeneration เพราะเป็นการไม่ระบุชนิดของสารที่อยู่ในแวคิวโอล ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าเป็นไขมันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมของเซลล์

**hyaline degeneration** คือ การเสื่อมของเซลล์ที่มักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เยื่อหุ้มของ proximal tubule มีความบกพร่องในการดูดซึมสารโมเลกุลใหญ่กลับโดยเฉพาะโปรตีน จึงมีโปรตีนสะสมเพิ่มขึ้นในไซโทพลาสซึม ทำให้มองเห็นเป็นตะกอน หรือเม็ดสีชมพูขนาดแตกต่างกัน

**fatty degeneration** คือการเสื่อมของเซลล์ที่เกิดจากการสะสมไขมันไว้ภายในเซลล์ การสะสมไขมันนี้เกิดขึ้นได้กับเซลล์หลายชนิด แต่ส่วนใหญ่พบที่เซลล์ตับเนื่องจากทำหน้าที่เมตาบอลิซึมไขมันโดยตรง กรดไขมันจากหลอดเลือดถูกนำเข้าสู่เซลล์ตับเพื่อสร้างเป็นไตรกลีเซอไรด์ แล้วส่งออกไปนอกเซลล์ ถ้าไม่สามารถส่งไขมันออกไปนอกเซลล์ได้ ก็เก็บสะสมไว้ในเซลล์ เมื่อมีปริมาณมากก็จะเบียดออร์แกเนลล์ต่างๆจนไม่สามารถทำงานได้ ในที่สุดเซลล์ตับอาจตายได้

**การตายของเซลล์แบบเนโครซิส** การตายของเซลล์เกิดจากเอนไซม์หลายชนิดภายในเซลล์ ย่อยโปรตีน กรดนิวคลีอิกรวมทั้งออร์แกเนลล์ภายในเซลล์จนกลายเป็นเศษเล็กๆ จำแนกการตายของเซลล์จากการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสได้เป็น 3 แบบคือ แบบที่ 1 โครมาตินติดสีน้ำเงินของ hematoxylin น้อยลง เกิดจากการย่อยโดยเอนไซม์ DNAase เรียกลักษณะแบบนี้ว่า karyolysis แบบที่ 2 โครมาตินหดตัวแน่นทำให้ติดสีน้ำเงินของ hematoxylin เข้มขึ้น เกิดจาก DNA มีการหดตัวแน่นเป็นก้อน เรียกลักษณะนี้ว่า pyknosis แบบสุดท้ายเกิดจากโครมาตินที่หดตัวแน่นเป็นก้อนแตกออกเป็นชิ้นๆเรียกว่า karyorrhexis ต่อมาไม่พบนิวเคลียสภายในเซลล์ และในที่สุดเชื้อ

หุ้มเซลล์แตกออกจนไม่เห็นโครงสร้างเดิม เซลล์ที่ตายจะถูกย่อยสลายเป็นของเหลวและถูกซึมเข้าสู่กระแสเลือดและน้ำเหลือง ตัวอย่างการตายของเซลล์แบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ดังนี้

**coagulative necrosis** เป็นรูปแบบการตายของเซลล์เบื้องต้น โดยที่เมื่อเซลล์ตาย โปรตีนต่างๆจะแปรสภาพและตกตะกอน ถ้าไม่มีเอนไซม์ hydrolase ออกมาย่อย เนื้อเยื่อตายจะคงรูปอยู่จนกว่าจะมี macrophages มาเก็บกิน ความจริงเอนไซม์ต่างๆก็เป็นโปรตีนจึงตกตะกอน และไม่สามารถทำหน้าที่ได้ การที่เนื้อเยื่อตายถูกย่อยสลายจึงมักเกิดจาก hydrolase จำนวนมากที่หลั่งจากเซลล์

**liquefactive necrosis** เป็นลักษณะของเนื้อเยื่อตายที่มีการย่อยสลายเกิดขึ้น เนื้อเยื่อจึงดูและไม่มีเค้าโครงของเนื้อเยื่อเดิมที่จะบอกได้ว่าเป็นอวัยวะใด การตายที่ให้รูปแบบนี้ เนื่องจากมี hydrolase ทำการย่อยสลายเนื้อเยื่อ

**caseous necrosis** เป็นการตายของเนื้อเยื่อที่มีลักษณะพิเศษ ซึ่งแตกต่างจาก coagulative necrosis ตรงที่ไม่มีโครงร่างของเซลล์ที่ตายให้เห็น ขณะเดียวกันไม่เหมือน liquefactive necrosis ตรงที่เนื้อเยื่อที่ตายไม่ถูกย่อยสลาย

**fat necrosis** เป็นการตายของเนื้อเยื่อไขมันซึ่งเกิดจากเอนไซม์ โดยการอักเสบของเนื้อเยื่อทำให้เอนไซม์รั่วออกมาออกเซลล์ สัมผัสกับเซลล์ไขมัน phospholipases และ proteases จะทำการย่อยเซลล์เมมเบรนของเซลล์ไขมันก่อน ต่อจากนั้น triglycerides ที่เก็บสะสมไว้จะถูก lipase ย่อย ทำให้เกิด free fatty acids จำนวนมาก ซึ่ง fatty acids เหล่านี้เองที่ตกตะกอน เป็น calcium soap ที่มองเห็นเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

**hemorrhagic necrosis** หมายถึง สภาวะที่มีการตายของเนื้อเยื่อร่วมกับมีเลือดออก ในบริเวณที่มีการตายนั้นด้วย ส่วนมากเกิดจากการอุดตันของหลอดเลือดไม่ว่าจะเป็นจากหลอดเลือดแดงหรือหลอดเลือดดำ ในกรณีที่เป็นการอุดตันของหลอดเลือดแดง ในระยะแรกจะเป็น coagulation necrosis หรือ white infarct แต่ต่อมาอาจมี collateral circulation ทำให้มีเลือดออกในบริเวณเนื้อตาย จึงเป็น hemorrhagic necrosis ส่วนในกรณีที่เป็นการอุดตันของหลอดเลือดดำนั้น เมื่อเกิดการคั่งของเลือดในเนื้อเยื่อส่วนที่อยู่เหนือต่อหลอดเลือดดำนั้นมากๆ เม็ดเลือดแดงจะหลุดออกมาออกหลอดเลือด และเนื่องจากไม่มีการไหลเวียนของเลือด ทำให้เนื้อเยื่อตาย หลอดเลือดก็แตกออกทำให้มีเลือดออกเป็นจำนวนมาก เป็น hemorrhagic necrosis

**2.10.4. การอักเสบและการซ่อมแซม** การอักเสบ หมายถึง ขบวนการตอบสนองของร่างกาย ต่อสิ่งระคายเคืองต่างๆ ที่เข้าสู่ร่างกายเพื่อกำจัดสาเหตุเหล่านั้น การตอบสนองของเนื้อเยื่อเมื่อได้รับการอักเสบนั้นจำแนกเป็น 2 ชนิด คือ การตอบสนองของระบบหลอดเลือด และการตอบสนองของเซลล์ การอักเสบอาจแบ่งได้ตามระยะเวลา ดังนี้

**การอักเสบแบบเฉียบพลัน** หมายถึง การอักเสบที่เกิดขึ้นเร็วและรุนแรง ร่างกายมีการตอบสนองอย่างทันทีทันใด เริ่มต้นจากหลอดเลือดขยายใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มการหมุนเวียนเลือดมากขึ้น แต่เลือดไม่สามารถหมุนเวียนได้อย่างปกติทำให้มีเลือดคั่งในหลอดเลือด ลักษณะที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์ จะพบ หลอดเลือดขยายตัวออก(dilation) และมีเม็ดเลือดคั่งอยู่เป็นจำนวนมาก ถ้าเกิดในหลอดเลือดดำเรียกว่า congestion แต่ถ้าเกิดในหลอดเลือดแดงเรียกว่า hyperemia การขยายตัวของหลอดเลือดนี้ทำให้โปรตีนในพลาสมาและเม็ดเลือดขาวหลุดออกมาจากหลอดเลือดได้ เรียกของเหลวที่ออกมาอยู่ระหว่างเซลล์นี้ว่า exudates ของเหลวที่สะสมอยู่ภายนอกหลอดเลือดหรือบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์นี้ทำให้เกิดการบวมขึ้น เรียกว่า edema

**การอักเสบแบบเรื้อรัง** เป็นการอักเสบที่ค่อยๆเกิด ดำเนินต่อเนื่องเป็นเวลานาน เนื่องจากสาเหตุที่ทำให้เกิดการอักเสบยังไม่สามารถกำจัดออกไปได้โดยการทำงานของ macrophage lymphocyte และ plasma cell ซึ่งจะเคลื่อนที่เข้าไปยังบริเวณที่เกิดการบาดเจ็บต่อจาก neutrophil แล้วซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายต่อไป

**การซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย** มี 4 กระบวนการหลักคือ การสร้างหลอดเลือดใหม่ การเคลื่อนที่ของ fibroblast เข้ามายังบริเวณเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายแล้วเพิ่มจำนวนขึ้นการสะสม extracellular matrix การเกิด fibrosis ในเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายเพื่อให้มีรูปร่างเหมือนเดิม การซ่อมแซมอาจเกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังการบาดเจ็บ โดยการเพิ่มจำนวน fibroblast และเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือดทำให้เกิดเป็นหลอดเลือดขนาดเล็ก เรียกกระบวนการนี้ว่า granulation คงอยู่ในช่วง 3-5 วันหลังจากได้รับอันตราย แต่ถ้าสิ่งแปลกปลอมไม่สามารถถูกกำจัดออกไปได้ macrophage จะเปลี่ยนรูปร่างไปมีลักษณะแบนคล้ายเซลล์เยื่อผิวเรียกว่า epithelioid แล้วเข้าไปล้อมรอบบริเวณที่สิ่งแปลกปลอมยังคงอยู่เพื่อจำกัดไม่ให้สิ่งแปลกปลอมกระจายออกไป เกิดลักษณะเป็นก้อนเรียกว่า granuloma macrophage ที่อยู่ภายในจะกำจัดเศษเซลล์ และต่อมาอาจตายด้วย ทำให้ภายใน

granuloma มีลักษณะขาวขุ่น คล้ายครีมหรือเรียกการตายของเนื้อเยื่อแบบนี้ว่า caseous necrosis (Robert,1978)

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sam-angsri(2004) และ Rohitrattana(2005)พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 จังหวัดปทุมธานีมีปริมาณเอนโคซัลเฟน และอนุพันธุ์ของเอนโคซัลเฟนตกค้างในปริมาณสูงสุดคล่องกับรายงานของ Thirakhupt et.al.(2006) ได้สำรวจการตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในคลอง 7 จังหวัดปทุมธานีตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 พบปริมาณตกค้างของเอนโคซัลเฟนแอลฟา 1.360-15.260 ไมโครกรัมต่อลิตร เอนโคซัลเฟนเบตา 0.650-14.010 ไมโครกรัมต่อลิตร และเอนโคซัลเฟนซัลเฟต 14.110-427.800 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารเอนโคซัลเฟนที่สามารถมีในแหล่งน้ำโดยไม่เกิดอันตรายแก่สัตว์น้ำ(Criteria Maximum Concentration , CMC) ตามมาตรฐานของ USEPA(1994) มีค่าเท่ากับ 0.22 ไมโครกรัมต่อลิตร

พินิจ หวังสมนึกและคณะ(2543) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากใบหนวดปลาหมึก(*Brassaia actinophylla Endl.*) ในระดับความเป็นพิษกึ่งเรื้อรังต่อเนื้อเยื่อผิวหนัง ระบบทางเดินอาหาร ระบบขับถ่ายและระบบหายใจของปลานิล(*Oreochromis niloticus L.*) โดยใช้สารสกัดใบต้นหนวดปลาหมึกความเข้มข้น 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ไม่ทำให้ปลาตายเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคือ เซลล์สร้างสารเมือกบริเวณเนื้อเยื่อผิวหนังชั้นนอกมีขนาดและจำนวนเพิ่มขึ้น ที่เนื้อเยื่อลำไส้ส่วนต้นมีการหลุดลอกของเยื่อเมือกของวิลไล เนื้อเยื่อเกี่ยวพันของลามินาโพรเพียหดตัว หลอดเลือดในชั้นใต้เมือกและชั้นกล้ามเนื้อพองขยายมากขึ้น เนื้อเยื่อตับมีเลือดคั่งในหลอดเลือด เซลล์บุผิวในหลอดเลือดหลุดลอก เซลล์ตับรอบหลอดเลือดตาย ช่องไขนุชอยด์ขยายตัว โกลเมอรูลัสของเนื้อเยื่อไตหดตัวแน่นและมีเม็ดเลือดแดงอัดแน่น เซลล์บุท่อไตส่วนต้นถูกทำลาย ส่วนเนื้อเยื่อเหงือกเกิดการหดตัว กิ่งเหงือกมีทิศทางไม่เป็นระเบียบ ปลาขี้เหงือกมีลักษณะบวมพอง มีการยกตัวของเยื่อหุ้มกิ่งเหงือก และมีการรวมตัวกันของกิ่งเหงือกจำนวนมาก

ประสาทพร บริสุทธิ์เพ็ชรและคณะ(2546) รายงานการศึกษาผลของกรดแทนนิกในระดับความเป็นพิษกึ่งเรื้อรังต่อเหงือก ลำไส้ ตับและไตของปลานิล *Oreochromis niloticus (L.)* ที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 3 เดือน พบว่ามีผลต่อจุลพยาธิสภาพของเหงือกคือเซลล์เยื่อบุผิวของ gill filament เพิ่มจำนวน ทำให้ gill lamellae บริเวณดังกล่าวเชื่อมติดกัน เซลล์เยื่อบุผิว

ของ gill lamellae บางบริเวณแยกตัวและหลุดลอก พบการคั่งของเซลล์เม็ดเลือดแดง มีช่องว่างแทรกระหว่าง pillar cell และบริเวณปลายสุดของ gill lamellae มีวนตัว ผลต่อลำไส้พบว่าชั้น mucosa มีเซลล์เมือกจำนวนมาก และเซลล์เยื่อบุผิวหลุดลอก ในชั้น submucosa และชั้น muscularis พบหลอดเลือดขยายใหญ่ กล้ามเนื้อในชั้น muscularis เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ ผลต่อดับคือเซลล์ตายเป็นหย่อมๆ ไซนุซซอยด์ขยายขนาด พบ granuloma แทรกระหว่างเนื้อเยื่อดับ มี vacuole รูปกลมขนาดใหญ่อยู่เกือบเต็มเซลล์ดับ มี hyalin droplet สะสมในไซโตพลาสซึม พบเซลล์เม็ดเลือดขาวคั่งอยู่ในหลอดเลือดและระหว่างเนื้อเยื่อดับ เซลล์ดับบางบริเวณย้อมติดสี eosinophilic บางบริเวณย้อมติดสี basophilic บางบริเวณตายและสลายตัวทำให้สูญเสียโครงสร้างของเนื้อเยื่อดับ ส่วนผลต่อไตไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิสภาพ ผลการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่ากรดแทนนิกในระดับความเป็นพิษกึ่งเรื้อรังมีผลทำให้จุลพยาธิสภาพของเหงือก ลำไส้ และตับของปลานิลเกิดการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่มีผลต่อไต

Stentiford *et al.*(2003) ศึกษาจุลพยาธิสภาพของปลา 3 ชนิด ได้แก่ *Platichthys flesus*, *Pomatoschistus minutus* และ *Zoarcetes viviparus* จับจากปากแม่น้ำในประเทศอังกฤษ(Tyne, Tees, Mersey และ Alda) ที่ปนเปื้อนสารกลุ่ม PAHs เกิดจุลพยาธิสภาพในตับ ได้แก่ hepatocellular fibrillar inclusions เกิด neoplastic toxicopathic lesions เกิด hepatic foci และเกิด hepatocellular adenoma การศึกษาพบว่าสามารถใช้จุลพยาธิสภาพของปลาเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของแหล่งน้ำ โดยนำไปวิเคราะห์เชื่อมโยงกับค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น การปนเปื้อนของสารในตะกอนดินและน้ำ การตอบสนองของเอนไซม์ ระดับการทำงานของน้ำดี หรือการเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุลของปลาเป็นต้น

Otludil *et al.*(2004) ได้ศึกษาผลของสารเอนโดซัลแฟนที่ทำให้เกิดจุลพยาธิสภาพต่อ digestive gland, foot และ mantle ของหอยทาก *Plonorbarius corneus* โดยเก็บหอยทากจากประเทศตุรกี นำมาเลี้ยงในสารละลายเอนโดซัลแฟนในระดับที่ไม่ทำให้เกิดการตาย(0.4 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร) เป็นระยะเวลา 10 วัน 20 วัน และ 30 วัน พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อใน digestive gland คือเกิด amoebocytes infiltration เกิด dilatation ใน hemolymphatic spaces ระหว่าง tubules เกิดการตายของเซลล์แบบ necrosis และเกิด atrophy ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อใน foot และ mantle คือเกิดการ desquamation ของ epithelium cells มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของ mucocytes, protein gland cells และ lipid vacuolus และเกิดการฝ่อของ

columnar muscle fibers นอกจากนั้นในเนื้อเยื่อ mantle ยังพบเซลล์ในระยะ pycnotic state สรุปว่า สารนี้มีผลต่อ digestive gland, foot และ mantle ของหอยทากตามระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่ได้รับสาร

Wattanasirmit and Thirakhupt (2006) ศึกษาผลของเมทิลพาราไธออนต่อเหงือก ตับ และไตของปลานิล *Oreochromis niloticus* ในระดับความเข้มข้นที่ไม่ทำให้ปลาตายเป็นเวลานาน 96 ชั่วโมง ได้รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อที่ขึ้นกับระยะเวลาที่ได้รับสาร และเนื้อเยื่อเหงือกมีการกลับคืนสู่สภาพปกติภายหลังการทดลอง 96 ชั่วโมง เนื้อเยื่อตับมีความเสียหายรุนแรงมากในช่วง 24 ชั่วโมง ถึง 48 ชั่วโมง ส่วนเนื้อเยื่อไตมีการเกิดพยาธิสภาพตลอดการทดลอง

Ayas et al. (2007) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับและไตของปลา *Silurus glanis*, *Cyprinus carpio* และ *Alburnus escherichii* ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ Usakbuku, Sariyar และ Nallihan Bird Paradise (NBP) ประเทศตุรกี และวัดปริมาณออร์กาโนคลอรีนที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน รวมทั้งเนื้อเยื่อไขมันจากปลาในแหล่งดังกล่าว ผลที่ได้สรุปว่าแหล่งน้ำที่ศึกษาถูกปนเปื้อนด้วยสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนหลายชนิด และมีการสะสมในเนื้อเยื่อปลาและเกิดพยาธิสภาพของตับและไต ได้แก่ mononuclear cell infiltration เกิด congestion และ nuclear picnosis ในตับและเกิดการสลายของท่อไต พบว่าการเกิดพยาธิสภาพของปลา *S. glanis* และ *C. carpio* รุนแรงกว่า *A. escherichii* จากการศึกษานี้ได้สรุปว่าสามารถใช้การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อปลาชนิดดังกล่าว มาประเมินสภาพการปนเปื้อนของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแหล่งน้ำได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 3

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 สัตว์ทดลอง

ปลากระดี่หม้อ *Trichogaster trichopterus* และปลาตะเพียน *Puntius gonionotus* ที่มีขนาดความยาว (Total length) ประมาณ 10 เซนติเมตร จากฟาร์มเลี้ยงจังหวัดราชบุรีและหน่วยวิจัยเพาะเลี้ยง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อำเภอบางไทร จังหวัดอยุธยา เก็บตัวอย่างปลาสำหรับการทดลองกับสารเอนโดซัลแฟนในห้องปฏิบัติการ ทำการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำบริษัทซีพี มีระดับโปรตีนประมาณ 15.5% ไขมันประมาณ 4% และมีส่วนประกอบต่างๆ คือ ปลาป่น เก็ดถั่วเหลือง รำละเอียด กากมะพร้าวอัด ถั่วเหลืองนึ่ง ข้าวโพด ปลายข้าว วิตามินและเกลือแร่

#### 3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆสำหรับการศึกษาจุลพยาธิสภาพ

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ สำหรับการศึกษาก่อนพยาธิสภาพมีรายละเอียดในภาคผนวก ก.

#### 3.3 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆสำหรับการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน มีรายละเอียดในภาคผนวก ก.

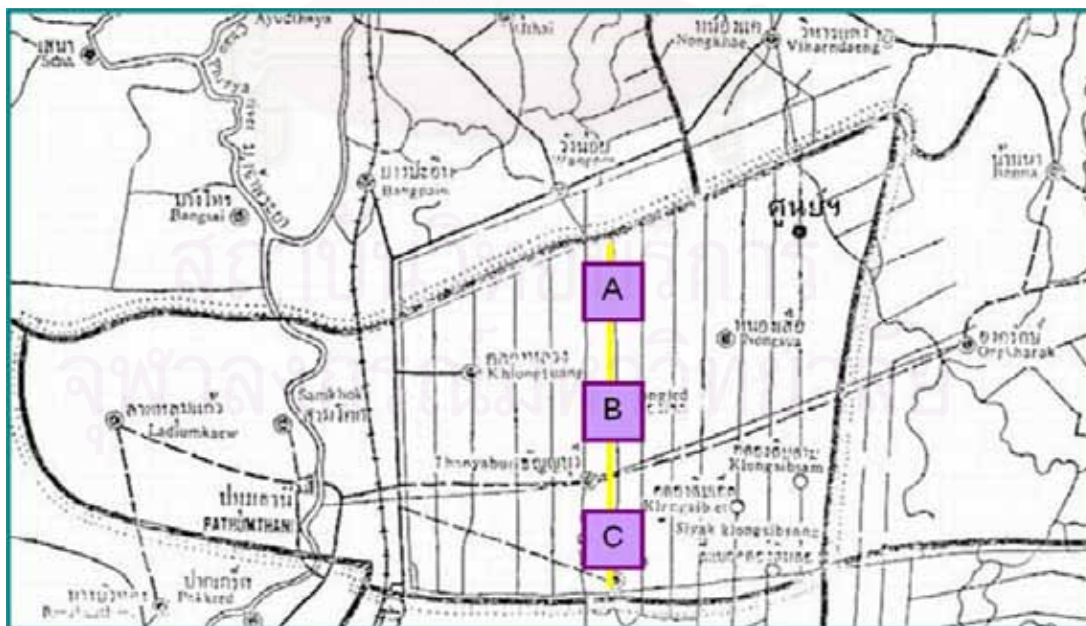
#### 3.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่เกษตรกรรมรังสิตมีสภาพการใช้ที่ดินเป็นแหล่งเกษตรกรรมจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกข้าว พื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้คือคลอง 7 อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี คลอง 7 มีความยาวตลอดคลอง 20 กิโลเมตร อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนใต้ส่วนบน รับน้ำจากคลองระพีพัฒน์ทางตอนเหนือของจังหวัดปทุมธานี ไหลลงสู่คลองรังสิตประยูรศักดิ์และแม่น้ำเจ้าพระยาในกรุงเทพมหานคร ซึ่งพืชเศรษฐกิจหลักของพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ ข้าว ข้าว

ฟาง มันสำปะหลัง อ้อย ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสงและฝ้าย (พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2545) ดังนั้นพื้นที่นี้จึงมีโอกาสเป็นแหล่งสะสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นอย่างมาก

### 3.5 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำและปลาในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ. 2550 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 จากคลอง 7 อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากสถานีต้นคลอง (A) กลางคลอง (B) และท้ายคลอง (C) และเก็บตัวอย่างปลาจากสถานีท้ายคลอง (C) เพียงสถานีเดียว เนื่องจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางพยาธิสภาพของปลาจากทั้ง 3 สถานีในคลอง 7 (Sam-ang Sri, 2004; Yenchum, 2004) วัดคุณสมบัติน้ำได้แก่อุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรด-ด่างและค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละสถานี เก็บตัวอย่างน้ำในขวดโพลีเอทิลีนขนาด 1 ลิตร อย่างละ 3 ขวด เก็บไว้ที่แช่เย็นในถังน้ำแข็งและนำกลับมาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป (APHA, 2005) เก็บตัวอย่างปลากลับมาที่ห้องปฏิบัติการวัดความยาวลำตัวและรีบทำการผ่าตัดเก็บชิ้นเนื้อเพื่อนำมาดองใน 10 % บัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน จากนั้นจึงเก็บตัวอย่างเนื้อปลาห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ใส่ในถุงซิปล็อก 2 ชั้นรีดอากาศออกให้มากที่สุดและนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -34 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างตัวอย่างละ 3 ขวด ด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟีต่อไป



ภาพที่ 3.1 แสดงสถานีเก็บตัวอย่าง คลอง 7 จังหวัดปทุมธานี

(ดัดแปลงจาก: <http://www.th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดปทุมธานี>)

### 3.6 การศึกษาจุลพยาธิสภาพและวิเคราะห์สารตกค้างด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีในห้องปฏิบัติการ

#### 3.6.1 การศึกษาจุลพยาธิสภาพของเหงือก ตับ ไต

นำปลามาเลี้ยงปรับสภาพในอ่างแก้วความจุ 325 ลิตร เป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนการทดลอง ใช้น้ำประปาที่ผ่านการกรองและทิ้งไว้เพื่อให้คลอรีนระเหย น้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีอุณหภูมิระหว่าง 26-29 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6-7 และค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 5.8-6.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงและการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดที่ควรมีค่าออกซิเจนละลายน้ำอย่างน้อย 5 มิลลิกรัมต่อลิตรและความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6-11 (Sniesko and Axelord, 1976) ใช้สารฆ่าแมลงเอนโดซัลแฟน ชื่อการค้าเอ็นโดซัลแฟน สารสำคัญ (1, 4, 5, 6, 7, 7-hexachloro-8, 9, 10-trinoborn-5-en-2, 3-ylenebismethylene)sulfite 35% W/V EC ทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว คัดเลือกปลาที่มีความยาวลำตัวใกล้เคียงกันและคุณลักษณะภายนอกกว่าปกติ แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในน้ำที่มีเอนโดซัลแฟนในความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0.1 0.2 0.5 0.8 ไมโครกรัมต่อลิตร ในโหลแก้วกลมขนาดความจุ 14 ลิตร ใช้น้ำ 10 ลิตร ใช้วิธี Static renew (USEPA, 2002) ทำการเปลี่ยนน้ำใหม่ทุก 3 วัน เป็นเวลา 1 เดือน นำปลาจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมาทำให้ตายโดยยาสลบ Aquanes® (equivalent to 5% eugenol) วัดความยาวลำตัว(total length) เก็บตัวอย่างเหงือก ตับ ไต แล้วนำไปผ่านกรรมวิธีทางพาราฟินและย้อมสี(Humason, 1979)นำมาศึกษาเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

##### 3.6.1.1 วิธีการเตรียมสไลด์เนื้อเยื่อโดยวิธีพาราฟิน

นำชิ้นเนื้อมาดองในน้ำยา 10% บัฟเฟอร์ฟอร์มอลิน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แช่ชิ้นเนื้อในเอทิลแอลกอฮอล์ เเปอร์เซ็นต์ต่างๆ เพื่อดึงน้ำออก โดยแช่ในเอทิลแอลกอฮอล์ 70% 1 ชั่วโมง เอทิลแอลกอฮอล์ 90% 6 ชั่วโมง เอทิลแอลกอฮอล์ 95% 2 ครั้ง ครั้งละ 6 ชั่วโมง และบิวทานอล 1 ชั่วโมง ตามลำดับ นำชิ้นเนื้อมาแช่ใน xylene 1 ชั่วโมง แล้วนำมาแช่ในสารละลาย xylene ผสม wax ในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 30 นาที ภายในตู้อบอุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส แล้วย้ายลงมาใน wax<sub>1</sub> 30 นาที และ wax<sub>2</sub> 1 ชั่วโมง ฟังชิ้นเนื้อเยื่อลงในพาราฟินดังแสดงขั้นตอนในภาคผนวก ข นำชิ้นเนื้อมาตัดด้วยเครื่องโรตารีไมโครทอม ใช้ความหนา 5  $\mu\text{m}$  นำมาติดบนสไลด์

โดยใช้ egg albumin และฝังให้แห้งบน warm plate ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เพื่อทำการย้อมสีต่อไป (Gurr, 1963)

### 3.6.1.2 วิธีการย้อมสี Haematoxylin และ Eosin

นำสไลด์ที่มีเนื้อเยื่อแช่ใน xylene 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที แช่ใน alcohol เปอร์เซ็นต์ต่างๆ จาก n-butanol, 95%, 90% และ 70% ethyl alcohol ตามลำดับ ขั้นตอนละ 3 นาที จากนั้นนำมาย้อมด้วยสี haematoxylin นาน 3 นาที นำมา differentiate ในสารละลายที่ประกอบด้วย 70% ethyl alcohol 100 ml ผสมกับ conc. HCL 2-3 หยด นาน 1 วินาที จากนั้นแช่ในน้ำประปาดำมาค่อน้ำออกจากสไลด์ด้วย 70%, 90% ethyl alcohol ขั้นตอนละ 3 นาที ย้อมด้วยสี eosin นาน 2 นาที ล้างสีส่วนเกินด้วย 95% ethyl alcohol 3 นาที นำมาแช่ใน n-butanol 5 นาที และแช่สไลด์ใน xylene 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที แล้ว mount สไลด์ด้วย permount (Gurr, 1963) ดังแสดงขั้นตอนในภาคผนวก ข

## 3.6.2 การศึกษาสารออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและปลาด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟ

### 3.6.2.1 วิธีการสกัดสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

#### 3.6.2.1.1 วิธีการสกัดตัวอย่างน้ำ

กรองตัวอย่างน้ำด้วยเครื่องดูดสุญญากาศผ่านกระดาษกรอง (เส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร) เพื่อกรองสิ่งที่ทำให้เกิดความขุ่นออก แล้วตวงน้ำที่กรองให้ได้ ปริมาตร 800 ml ใส่ใน separatory funnel ขนาด 2,000 ml เติมสารละลาย 1:1 เฮกเซน:ไดคลอโรมีเทน 100 ml เขย่าอย่างแรงนาน 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น ไขชั้นน้ำซึ่งอยู่ชั้นล่างลงใน beaker ขนาด 1,000 ml สารละลายชั้นบนซึ่งเป็นชั้นของเฮกเซน ไขผ่านกระดาษกรอง ที่มีโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสประมาณ 20 กรัม ใส่ใน Concentrator tube ขนาด 250 ml แล้วกลั่นด้วยเฮกเซน ทั้งใน separatory funnel และในกรวยกรอง เพื่อให้สารที่อาจตกค้างอยู่หลุดลงมาให้มากที่สุด เทน้ำจาก beaker ลงใน separatory funnel ใบเดิม เติมสารละลาย 1:1 เฮกเซน:ไดคลอโรมีเทน จำนวน 50 ml เพื่อทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง นำสารละลายที่ได้ไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรสุดท้ายที่แน่นอนเป็น 1.5 ml ใส่วาลิวาล ขนาด 2 ml และผนึกด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันสารระเหย เก็บในตู้เย็นเพื่อรอการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟต่อไป

### 3.6.2.1.2 วิธีการสกัดตัวอย่างปลา

นำตัวอย่างเนื้อปลาที่ทำให้ละเอียดแล้ว 5 กรัม มาผสมด้วยโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสเพื่อคั่งน้ำออก นำไปผ่านขั้นตอนการสกัดและแยกไขมัน โดยใช้เฮกเซน:อะซิโตน ในอัตราส่วน 3:1 (Zhuang et al., 2004) โดยใช้เครื่อง accelerated solvent extractor(ASE) ภายใต้สภาวะดังนี้คือ อุณหภูมิ 5 นาที สกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 1,500 psi และให้คงสภาวะนี้ต่อไปอีก 10 นาทีในแต่ละรอบ สุดท้ายตัวอย่างจะถูกทำให้บริสุทธิ์ด้วยแก๊สไนโตรเจนเป็นเวลา 60 วินาที นำสารที่ได้ใส่เครื่องลดปริมาตรให้เหลือ 2 มิลลิลิตร สารที่สกัดได้จะถูกนำมาชะล้าง(eluted)ด้วย ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ 6%, 15% และ 50% ตามลำดับ นำสารละลายที่ผ่านการกำจัดสิ่งปนเปื้อนไปลดปริมาตรในเครื่องระเหยอีกครั้งจนเกือบแห้งและปรับปริมาตรสุดท้ายที่แน่นอนเป็น 1.5 ml ใส่วial ขนาด 2 ml และผนึกด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันสารระเหย เก็บในตู้เย็นเพื่อรอการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟต่อไป

### 3.6.2.2 การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารออร์กาโนคลอรีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ

นำตัวอย่างที่สกัดได้ตามวิธีข้างต้น ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนโดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ รุ่น Agilent 6890N ใช้เครื่องตรวจ (detector) ชนิดไมโครอิเล็กทรอนิกส์แค็ทเจอร์ดีเทคเตอร์ ( $\mu$ -ECD) ใช้คอลัมน์ชนิด DB-35MS ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิ (temperature program) โดยตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ (initial temperature) 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสต่อนาที ถึงอุณหภูมิสุดท้าย (final temperature) 280 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิบริเวณที่ฉีดตัวอย่าง (injection temperature) 260 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของตัวตรวจวัด(Detector temperature) 300 องศาเซลเซียส ใช้ฮีเลียมเป็นแก๊สพา(carrier gas)ปรับอัตราการไหลเท่ากับ 2 มิลลิลิตรต่อนาที และไนโตรเจนเป็น make up gas ปรับอัตราการไหลเท่ากับ 60 มิลลิลิตรต่อนาที โดยฉีดขนาดตัวอย่าง 1 ไมโครลิตร เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 1, 5, 10, 50 และ 100 พีพีบี มาวิเคราะห์โดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟตามสภาพการใช้งานที่กำหนดไว้เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน วัดค่าที่สารละลายมาตรฐานแต่ละชนิดใช้เวลาเคลื่อนที่จากจุดที่ฉีดสารตัวทำละลาย (solvent) ถึงจุดสูงสุดของพีก (peak) ที่ปรากฏออกมาเรียกว่าค่ารีเทนชันไทม์ (retention time) จากนั้นจึงฉีดสารละลายที่สกัดจากตัวอย่างน้ำและปลาเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟที่มีสภาพการใช้งานเกี่ยวกับการฉีดสารมาตรฐาน วัดรีเทนชันไทม์ของพีกที่ปรากฏเทียบกับพีกมาตรฐาน ถ้าพีกตรงกันก็จะเป็นสารกำจัดแมลงชนิดเดียวกัน แล้วสามารถนำพื้นที่ใต้กราฟนั้น

ไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของตัวอย่างได้ โดยความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรง linear regression จากการคำนวณของโปรแกรมประมวลผล

### 3.6.2.3 การหาประสิทธิภาพในการวิเคราะห์

การสกัดสารออร์กาโนคลอรีนออกจากตัวอย่างน้ำและปลา เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณสารที่มีค่าต่ำมาก อาจมีความคลาดเคลื่อนหรือเกิดการสูญหายของชนิดและปริมาณสารได้ จึงจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ โดยการเติมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนลงในตัวอย่างน้ำและปลา นำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารด้วยวิธีเดียวกันกับขั้นตอนการวิเคราะห์ทั้งหมด แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากตัวอย่างดินและน้ำที่ไม่ได้เติมสารมาตรฐาน ในการหาประสิทธิภาพครั้งนี้ ใช้สารละลายมาตรฐานออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิด ความเข้มข้น 10 ppb เติมลงในน้ำกลั่นและใช้ปลาที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งเกษตรกรรม วิเคราะห์ชนิดละ 7 ตัวอย่าง และทำตัวอย่างน้ำกลั่นและเนื้อปลาที่ไม่ได้เติมสารละลายมาตรฐานออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิด เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาร้อยละการได้กลับคืน (% recovery) ซึ่งเป็นการหาความแม่นยำ (accuracy) จากสมการ

$$\% \text{ recovery} = \frac{\text{ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้}}{\text{ความเข้มข้นที่เติมลงไปนสาร}} \times 100$$

และนำมาหาความเที่ยง (precision) จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากสมการ

$$\% \text{RSD} = \frac{SD}{\text{mean}} \times 100$$

ผลของการหาประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งนี้ในตัวอย่างน้ำมีค่าเท่ากับ 91.64-128.31 เปอร์เซ็นต์ และในตัวอย่างปลามีค่าเท่ากับ 91.27-116.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ 70-130% (Vives and Grimalt, 2002)

### 3.6.2.4 ขอบเขตการวิเคราะห์ (detection limit)

ขอบเขตการวิเคราะห์หาได้จากค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ (limit of detection; LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ปริมาณ (limit of quantitation; LOQ) เป็นค่าที่ใช้วิเคราะห์คือ ถ้าค่าของข้อมูลที่ได้มีค่ามากกว่า LOQ สามารถรายงานผลในรูปตัวเลขระบุหน่วยได้ ถ้าค่าของข้อมูลที่ได้มีน้อยกว่า LOQ แต่มากกว่า LOD ข้อมูลนั้นไม่สามารถรายงานเป็นตัวเลขได้ แต่จะรายงานว่าตรวจพบ ถ้าข้อมูลที่ได้มีค่าน้อยกว่า LOD ไม่ต้องรายงานผลข้อมูลนั้นถือว่าตรวจไม่พบ

การหาค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ปริมาณ หากจากการหาค่ามาตรฐานออร์กาโนคลอรีนความเข้มข้นต่างๆ แล้วหาค่า  $SD$  ที่แต่ละความเข้มข้น เพื่อคำนวณหาจากสูตร

$$LOD = 3SD$$

$$LOQ = 10SD$$

### 3.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้างแต่ละชนิดที่พบในตัวอย่างน้ำและปลา มาวิเคราะห์หาความแตกต่าง โดยวิธี One-way ANOVA เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารที่ตกค้าง โดยแยกชนิดของตัวอย่างและเดือนที่เก็บ เมื่อพบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแล้วจึงนำมาวิเคราะห์กลุ่มของค่าเฉลี่ยที่ต่างกันแยกระหว่างฤดูที่เก็บด้วยระดับความเชื่อมั่น 95% โดย t-test

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

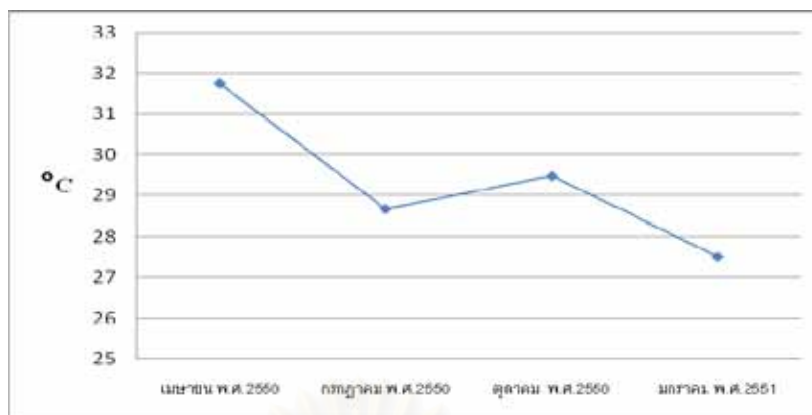
#### 4.1 ปัจจัยทางกายภาพของน้ำที่ทำการตรวจระหว่างกรเก็บตัวอย่าง

ทำการวัดอุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในสถานีต้นคลอง กลางคลองและท้ายคลอง ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และมกราคม พ.ศ.2551 นำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน ดังตารางที่ 4.1 พบอุณหภูมิของน้ำสูงที่สุดในเดือนเมษายน พ.ศ.2550 คือ  $31.75 \pm 0.48$  องศาเซลเซียส และต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ.2551 คือ  $27.52 \pm 0.21$  องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.1) ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง  $3.29 \pm 2.17$  ถึง  $7.78 \pm 0.38$  mg/L (ภาพที่ 4.2) ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง  $6.32 \pm 0.63$  ถึง  $6.8 \pm 0.06$  (ภาพที่ 4.3)

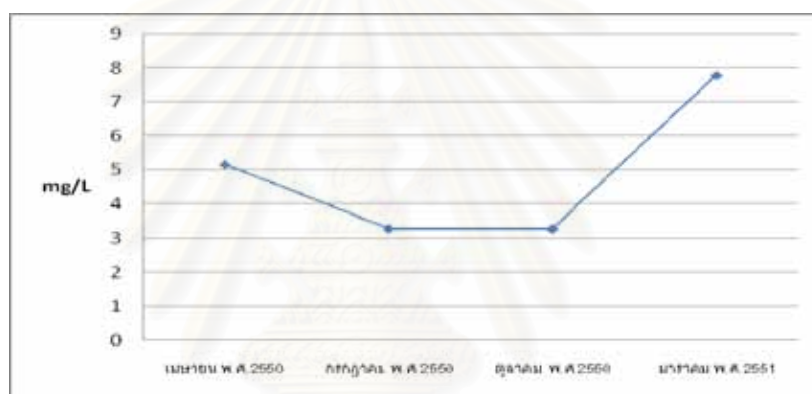
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของน้ำคลอง 7 ในแต่ละเดือน

เดือน	เมษายน พ.ศ.2550 Mean±SD	กรกฎาคม พ.ศ.2550 Mean±SD	ตุลาคม พ.ศ.2550 Mean±SD	มกราคม พ.ศ.2551 Mean±SD
อุณหภูมิ (°C)	$31.75 \pm 0.48$	$28.67 \pm 1.17$	$29.47 \pm 0.67$	$27.52 \pm 0.21$
DO (mg/L)	$5.16 \pm 2.51$	$3.3 \pm 1.05$	$3.29 \pm 2.17$	$7.78 \pm 0.38$
pH	$6.64 \pm 0.43$	$6.75 \pm 0.13$	$6.32 \pm 0.63$	$6.8 \pm 0.06$

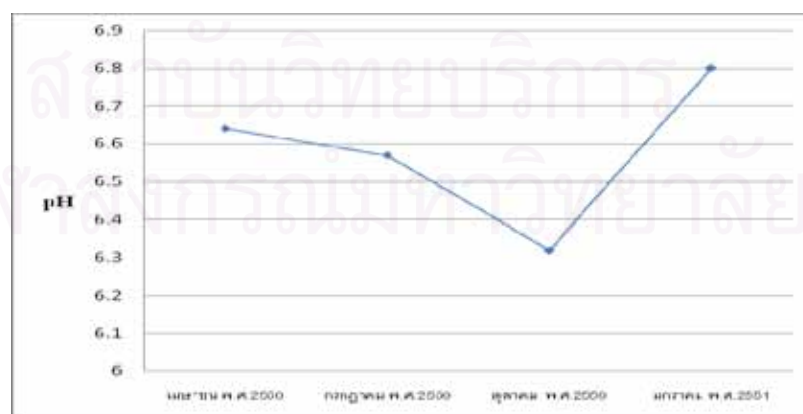




ภาพที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในแต่ละเดือน



ภาพที่ 4.2 ค่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) เฉลี่ยในแต่ละเดือน



ภาพที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยในแต่ละเดือน

## 4.2 จุลพยาธิสภาพของเหงือก คับ ไตที่พบในปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ

จากการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือก คับ ไต ของปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ จากแหล่งเกษตรกรรมคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี โดยแบ่งเป็นตัวอย่างปลาในฤดูแล้งและฤดูฝน จำนวนทั้งหมด 80 ตัว และศึกษาพยาธิสภาพของปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับเอนโดซัลแฟนแบบกึ่งเรื้อรัง ทำการทดลองโดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจำนวนทั้งหมด 80 ตัวที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนในระดับความเข้มข้น 4 ระดับคือ 0.1 0.2 0.5 0.8 ppb พบผลการศึกษาดังนี้

### 4.2.1 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก คับ ไตในปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อกลุ่มควบคุม

#### เนื้อเยื่อเหงือก

เนื้อเยื่อเหงือกแต่ละอันประกอบด้วย gill arch, 1° gill lamellae และ 2° gill lamellae มีกระดูกอ่อน (cartilage) คำจุน 2° gill lamellae แยกออกมาจาก 1° gill lamellae อย่างมีระเบียบและมีทิศทางที่แน่นอน(ภาพที่ 4.4A) บูดด้วยเซลล์เยื่อบุผิวชนิด multilayered squamous epithelium โดยมีเส้นเลือดแดงใหญ่อยู่บริเวณ gill arch แล้วมีการแยกเป็นท่อเล็กๆ ตามแกนกลางของ 1° gill lamellae แล้วแยกออกไปตาม 2° gill lamellae ภายใน 2° gill lamellae พบ pillar cell มีลักษณะคล้ายตัว I ซึ่งเป็นตัวคำจุนระหว่างเซลล์เยื่อบุผิวทั้งสองด้านของ 2° gill lamellae และ pillar cell จะมีแขนงยื่นออกไปล้อมรอบ sinusoid ซึ่งจะเป็นช่องที่เม็ดเลือดเข้าไปอยู่ภายในเพื่อทำการแลกเปลี่ยนแก๊ส พบเม็ดเลือด 2-3 เม็ด (ภาพที่ 4.4B)

#### เนื้อเยื่อตับ

เนื้อเยื่อตับปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อประกอบด้วยเซลล์ตับ (hepatocyte) มีรูปร่างหลายเหลี่ยม เนื้อเยื่อตับถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มตับซึ่งเป็นเซลล์แบนบางชนิด squamous cell เซลล์ตับเรียงตัวขนานกัน 2 แนว (hepatic plate) และคั่นด้วยช่อง sinusoid ซึ่งติดต่อกับ central vein(ภาพที่ 4.9A) นิวเคลียสกลม ข้อมติคสีน้ำเงินเข้ม (ภาพที่ 4.9B) ภายในเห็นนิวคลีโอลัสชัดเจน เนื้อเยื่อตับมีท่อน้ำดีและเนื้อเยื่อตับอ่อนแทรกอยู่โดยล้อมอยู่รอบเส้นเลือด พบเซลล์ตับอ่อนแทรกอยู่ภายในเนื้อเยื่อตับ เซลล์ตับอ่อนมีลักษณะเป็นรูปร่าง acinar cell ข้อมติคสีม่วงอมน้ำเงิน ภายในไซโตพลาสซึมของแต่ละ acinar cell มี zymogen granule ข้อมติคสีชมพู

### เนื้อเยื่อไต

Bowman's capsule ประกอบด้วย epithelial 2 ชั้น ชั้นในเป็นชั้นผิวของ glomerulus glomerulus ประกอบด้วยเส้นเลือดฝอยจำนวนมาก(ภาพที่ 4.15A) ชั้นนอกแสดงขอบเขตของ capsule แต่ละช่วง ประกอบด้วยเซลล์รูปแบนบางมีความหนาเพียงชั้นเดียว ท่อหน่วยไต (renal tubule) ส่วนต้น คือ proximal tubule เซลล์เยื่อบุผิวช่วงแรกเป็น cuboidal epithelium แต่ตอนปลาย เป็น columnar epithelium มีนิวเคลียสกลมอยู่กลางเซลล์และมี brush border ส่วน distal tubule เป็นท่อหน่วยไตส่วนปลาย มีเซลล์เยื่อบุผิวแบบ low columnar epithelium มีไมโทพลาสต์ชนิดคิลิซึมพุ่ม เข้มกว่าส่วนอื่น นิวเคลียสค่อนข้างกลมอยู่ที่ฐานเซลล์ แต่บางครั้งพบอยู่กลางเซลล์ ไม่มี brush border และพบ hemopoietic tissue แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อไต (ภาพที่ 4.15A)

### 4.2.2 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก ตับ ไตในปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อจากแหล่งเกษตรกรรม คลอง 7 จังหวัดปทุมธานี ช่วงฤดูแล้ง

#### เนื้อเยื่อเหงือก

ปลาตะเพียนเดือนมกราคม พบการเกิด telangiectasia ซึ่งเป็นการสะสมของเม็ดเลือดอยู่ตามก้านของ 2° gill lamellae ทำให้ 2° gill lamellae เกิดการบวมโตและมีขนาดใหญ่ มีการแยกตัวของ epithelial (epithelial lifting) บริเวณฐานของ 2° gill lamellae พบเลือดคั่งในส่วนปลายของซี่เหงือก และการเพิ่มจำนวนเยื่อบุผิวของ 1° gill lamellae คลุมซี่เหงือกไปด้านหนึ่ง(ภาพที่ 4.5A) มีการคั่งของเลือดทั้งในเส้นเลือดและไซนัสซอยด์ทำให้ปลาย 2° gill lamellae โป่งพอง ซี่เหงือกเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ

ปลาตะเพียนเดือนเมษายน พบการคั่งเลือดภายในเส้นเลือดและไซนัสซอยด์ pillar cells หดตัว ทำให้กึ่งเหงือกเสีรูปร่างเกิดการโค้งงอในบางซี่และพบการยกตัวของเซลล์เยื่อบุผิว(ภาพที่ 4.5B)

ปลากระดี่หม้อเดือนมกราคม กึ่งเหงือกมีการยกตัวของเซลล์เยื่อบุผิวทั้ง 2 ด้านของซี่เหงือก ซี่เหงือกเกิดการเพิ่มจำนวนเซลล์เยื่อบุผิว พบการคั่งของเลือดและ telangiectasia (ภาพที่ 4.5C)

ปลากระดี่หม้อเดือนเมษายน 1° gill lamellae มีการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อบุผิว กึ่งเหงือกเสีรูปร่างเนื่องจาก pillar cell หดตัว มีการคั่งของเลือดที่ปลายซี่เหงือกจนโป่งพอง (ภาพที่ 4.5D) พบการยกตัวของเซลล์เยื่อบุผิวที่ฐานของกึ่งเหงือก

### เนื้อเยื่อตับ

ตับปลาตะเพียนเดือนมกราคม พบการแทรกตัวของไฟโบร بلاสและเซลล์เม็ดเลือดขาว การมีไฟโบร بلاสแทรกในเนื้อเยื่อตับเป็นการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหายให้คงรูปร่างเดิม โดยไฟโบร بلاสเพิ่มจำนวนเข้ามาแทนที่บริเวณที่เซลล์ตับตาย พบ hyaline granule พบเวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ พบการกั่งเลือดในไซนุซรอยด์และเส้นเลือด พบการตายของเซลล์ตับทั้งแบบเป็นหย่อมและกระจายรอบเส้นเลือด พบเซลล์ตับฝ่อ พบการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวในเส้นเลือดและตับอ่อน(ภาพที่ 4.10A) พบการติดสีของเซลล์ตับไม่เท่ากันเกิดเป็น eosinophilic area พบเซลล์ตับมี 2 นิวเคลียสใน 1 เซลล์

ปลาตะเพียนเดือนเมษายน พบการกั่งเลือดในเส้นเลือดและไซนุซรอยด์ มีการตายของเซลล์ตับทั้งแบบเป็นหย่อมและแบบกระจายเห็นเป็นช่องว่างภายในเนื้อเยื่อตับ พบการสลายของนิวเคลียส พบนิวเคลียสหดตัวและสลายในเซลล์ตับ เซลล์ตับมีไฮยาไลน์แกรนูลสะสมอยู่ภายในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ (ภาพที่ 4.10B) เซลล์ตับมีการบวมน้ำ (Edema) พบเวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ พบการติดสีไม่เท่ากัน 2 บริเวณในเนื้อเยื่อตับอย่างชัดเจน พบการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวและไฟโบร بلاส เชื้อหุ้มผนังหลอดเลือดบางส่วนหลุดลอก

ปลากระดี่หมีเดือนมกราคม มีการขยายของช่องไซนุซรอยด์ (ภาพที่ 4.10C) พบเวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ พบการกั่งเลือดในเส้นเลือด พบการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาว พบการตายของเซลล์ตับ พบสารข้อมติดสีชมพู (exsudate) บริเวณเซลล์ตับตาย เซลล์ตับอ่อนสลายและเสียรูปร่าง

ปลากระดี่หมีเดือนเมษายน พบเชื้อหุ้มตับหลุดลอก ช่องไซนุซรอยด์ขยาย (ภาพที่ 4.10D) มีการสะสมของ hyaline granule พบการตายของเซลล์แบบกระจายและเป็นหย่อม พบนิวเคลียสตายแบบหดตัวแน่นและการสลายของนิวเคลียส เซลล์ตับบวมน้ำ พบเวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ การแทรกตัวของไฟโบร بلاส พบเซลล์ตับ มี 2 นิวเคลียสเนื่องมาจากการสลายของเชื้อหุ้มเซลล์ตับ พบสารข้อมติดสีชมพูและเซลล์เม็ดเลือดขาวในเส้นเลือด เซลล์ตับอ่อนฝ่อและเสียรูปร่าง

### เนื้อเยื่อไต

เนื้อเยื่อไตปลาตะเพียนในเดือนมกราคมและเดือนเมษายน พบการกั่งของเลือดใน glomerulus ท่อไตบางท่อสลายเห็นเป็น exudates ข้อมติดสีชมพู เซลล์เม็ดเลือดขาวบริเวณท่อไตสลาย พบเวกคิวโอลในเซลล์ท่อไต พบ homeopoetic tissue บางส่วนตายเห็นเป็นช่องว่างในเนื้อเยื่อไต พบการแทรกตัวของ fibrous cell (ภาพที่ 4.16A)

เนื้อเยื่อไตปลากรดที่หมีมือในเดือนมกราคมและเดือนเมษายน พบการเสื่อมของเซลล์ท่อไต (ภาพที่ 4.16B) พบการสะสมของเวคคิวโอลในเซลล์ท่อไต โกลเมอรูลัสหดตัวแน่น (ภาพที่ 4.16C) เห็นช่องว่างระหว่าง Bowman' capsule กว้าง

#### 4.2.3 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก ตับ ไตในปลาตะเพียนและปลากรดที่หมีมือช่วงฤดูฝน

##### เนื้อเยื่อเหงือก

เหงือกปลาตะเพียนเดือนกรกฎาคม เกิดการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อบุผิวของซี่เหงือกและมีการเชื่อมรวมกันระหว่างกิ่งเหงือก เยื่อบุผิววมที่บริเวณฐานของกิ่งเหงือก เกิดการคั่งเลือดทำให้ปลายกิ่งเหงือกโป่งพอง (ภาพที่ 4.6B) pillar cell หดตัว ทำให้กิ่งเหงือกเสียรูปร่าง

ปลาตะเพียนเดือนตุลาคม พบ Telangiectasia (ภาพที่ 4.6A) เซลล์บุกิ่งเหงือกเพิ่มจำนวน มีการคั่งเลือดในไซนุซรอยด์ของกิ่งเหงือกจนซี่เหงือกเกิดการโป่งพอง พบการเสียรูปร่างของซี่เหงือกเนื่องจาก pillar cell หดตัว

ปลากรดที่หมีมือเดือนกรกฎาคม พบการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อบุผิวของซี่เหงือกจนเกิดการเชื่อมกันระหว่างกิ่งเหงือก (ภาพที่ 4.6C) โดยพบกิ่งเหงือกกลุ่มซี่เหงือกไปด้านหนึ่ง กิ่งเหงือกเกิดการยกตัวบริเวณฐานของกิ่งเหงือก (ภาพที่ 4.6D) พบการคั่งของเลือดในเส้นเลือดของซี่เหงือก

ปลากรดที่หมีมือเดือนตุลาคม พบเลือดคั่งในไซนุซรอยด์ พบการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อบุผิวของซี่เหงือก และพบ telangiectasia

##### เนื้อเยื่อตับ

ตับปลาตะเพียนเดือนกรกฎาคม พบเซลล์เม็ดเลือดขาวแทรกตัวบริเวณรอบเส้นเลือดและตับอ่อน (ภาพที่ 4.11A) มีการตกเลือดในเนื้อเยื่อตับ พบการตายของเซลล์ตับรอบเส้นเลือดและมีเวคคิวโอลภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ตับ

ปลาตะเพียนเดือนตุลาคม พบการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาว พบการขยายของช่องไซนุซรอยด์ พบการตายของเซลล์ตับ (ภาพที่ 4.11B) พบสารขี้มดสีชมพูในเส้นเลือด เซลล์ตับอ่อนเสียรูปร่าง พบการตกเลือดในเนื้อเยื่อตับ

ปลากรดที่หมีมือเดือนกรกฎาคม เยื่อหุ้มตับหลุดลอก เซลล์ตับบวมพอง พบเวคคิวโอลภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ตับ (ภาพที่ 4.11C) เซลล์ตับตายจนเห็นเป็นช่องว่างภายในเนื้อเยื่อตับ เยื่อผนังหลอดเลือดหลุดลอกจนมีเซลล์ตับที่ตายเข้ามาในเส้นเลือด และมีเซลล์เม็ดเลือดขาวเข้ามาค้ำกั้นเซลล์ที่ตาย พบการสะสมของ hyaline granule

ปลากระดีหม้อเดือนตุลาคม พบแวกคิวโอลภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ตับ พบการตายของเซลล์ตับในระดับรุนแรงคือพบเกือบ 70 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อเยื่อตับ โดยส่วนมากจะพบการตายของเซลล์ตับรอบๆเส้นเลือด พบการสลายของนิวเคลียส มีการคั่งของเลือด มีการแทรกตัวของไฟโบร بلاส ช่องไขนุชอยด์ขยาย (ภาพที่ 4.11D)

### เนื้อเยื่อไต

ตัวอย่างเนื้อเยื่อไตปลาตะเพียนเดือนกรกฎาคม พบท่อไตเสื่อม glomerulus สลายและหดตัวแน่น ในท่อไตที่สลายพบสารย้อมติดสีชมพูของ eosin เห็นขอบเขตของเซลล์ท่อไตไม่ชัดเจนเนื่องจากเซลล์ท่อไตสลาย (ภาพที่ 4.17A) พบแวกคิวโอลในเซลล์ท่อไต

ปลากระดีหม้อเดือนกรกฎาคม พบเซลล์ท่อไตเสื่อม เซลล์ท่อไตบวม น้ำ เซลล์ท่อไตฝ่อเห็นช่องว่างระหว่างท่อไตกับเนื้อเยื่อไตกว้าง เซลล์ท่อไตเกิดการตายของนิวเคลียสทั้งแบบหดตัวแน่นและสลาย พบการหดตัวของ glomerulus

ปลาตะเพียนเดือนตุลาคม เซลล์ตับตายจนเห็นเป็นเพียงช่องว่างภายในตับ พบการสะสมของแวกคิวโอลในไซโตพลาสซึม มีหย่อมเลือดออกภายในเนื้อเยื่อ

ปลากระดีหม้อเดือนตุลาคม พบท่อไตเสื่อม ท่อไตบางเซลล์บวมและสลาย พบการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาว ท่อไตหด พบช่องว่างระหว่างท่อไตกับ homeopoetic tissue กว้าง (ภาพที่ 4.7B) พบการหดตัวของ glomerulus มีการคั่งเลือดในเส้นเลือด พบการตกเลือดทั่วทั้งเนื้อเยื่อไต (ภาพที่ 4.17C)

## 4.2.4 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก ตับ ปลาตะเพียนและปลากระดีหม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลเฟนความเข้มข้น 0.1 ppb เป็นเวลา 30 วัน

### เนื้อเยื่อเหงือก

ปลาตะเพียน พบพยาธิสภาพมีลักษณะปกติเหมือนกลุ่มควบคุม (ภาพที่ 4.7A) กิ่งเหงือกเกิด epithelial lifting พบการเพิ่มจำนวนของเซลล์เชื่อมุผิว pillar cell หดตัว และเลือดคั่งใน sinusoid ทั่วทั้งซี่เหงือก

ในปลากระดีหม้อ พบกิ่งเหงือกหดสั้นลง(ภาพที่ 4.7C) ซี่เหงือกมีการเพิ่มจำนวนเซลล์เชื่อมุผิว พบการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบของ 2° gill lamellae เชื่อมุผิวบวมที่ฐานของ 2° gill lamellae พบการยกตัวของเชื่อมุผิว และมีการเพิ่มจำนวนของ epithelial cell เกิดช้อนเป็นชั้นหนา

### เนื้อเยื่อตับ

ปลาตะเพียนพบการคั่งเลือดในไซนูซอยด์ ไซนูซอยด์ขยาย เซลล์ตับไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัด ซึ่งยังคงเหมือนกับกลุ่มควบคุม เซลล์บวม พบการตายของเซลล์ตับ พบการคั่งของเม็ดเลือด เซลล์ตับอ่อนมีปริมาณ zymogen granule ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม เล็กน้อย เซลล์ตับอ่อนบางเซลล์เสียรูปร่าง พบ exudates ในเส้นเลือดในตับอ่อน พบแวกคิวโอลแทรกอยู่ภายในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ พบการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาว และพบการสะสมของ hyaline granule (ภาพที่ 4.12A)

ปลากระดี่หม้อ พบพยาธิสภาพโดยรวมคล้ายกับกลุ่มควบคุม พบเซลล์ตับบวม มีการสะสมของแวกคิวโอลภายในเซลล์ตับ acinar cell ของตับอ่อนบางเซลล์สลาย ตับอ่อนเสียรูปร่างในบางเซลล์ มีการสะสมของเม็ดเลือดแดงในเส้นเลือดภายในตับอ่อน พบการตกเลือด มีการแทรกตัวของเม็ดเลือดขาว lymphocyte (ภาพที่ 4.12C)

### เนื้อเยื่อไต

ปลาตะเพียน พบพยาธิสภาพคล้ายกลุ่มควบคุม มีบางตัวอย่างที่พบท่อไตและโกลเมอรูลัสหดตัวแน่น มีการสะสมของแวกคิวโอลในเซลล์ท่อไต ท่อไตฝ่อและตาย (ภาพที่ 4.18A)

ปลากระดี่หม้อ ท่อไตเกิดการเสื่อมสลายและการบวม มี vacuole ภายในเซลล์ท่อไต glomerulus ในบางตัวอย่างเกิดการ shrinkage พบการตายของเนื้อเยื่อไตเห็นเป็นช่องว่าง (ภาพที่ 4.18C)

**4.2.5 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก ตับ ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอ็นโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน**

### เนื้อเยื่อเหงือก

ปลาตะเพียน พบการเรียงตัวของซี่เหงือกไม่เป็นระเบียบ (ภาพที่ 4.7B) ซี่เหงือกบวมที่บริเวณฐานของกิ่งเหงือก พบเยื่อบุผิวหลุดลอก มีเลือดคั่งใน sinusoid พบ telangiectasia

ปลากระดี่หม้อ พบการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อบุผิว และมีการบวมของเซลล์เยื่อบุผิวทำให้กิ่งเหงือกและซี่เหงือกหนาขึ้น (ภาพที่ 4.7D) พบเลือดคั่งใน sinusoid ของ 2° gill lamellae จนเห็นการโป่งบวมที่ปลาย

### เนื้อเยื่อตับ

เนื้อเยื่อตับปลาคะเพียน พบเยื่อบุผนังเส้นเลือดหลอดลอก เซลล์บวมและมีเวกคิวโอลสะสมในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ เนื้อเยื่อตับตายเป็นหย่อมๆและมีการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาว (ภาพที่ 4.12B) มีการกั่งของเลือดในเส้นเลือดในตับอ่อนและเส้นเลือดในตับ เยื่อบุผนังเส้นเลือดหลอดลอก พบเซลล์ตับบางเซลล์มี 2 นิวเคลียส และมีการสะสมของ hyaline granule

ปลากระดีหม้อ พบการสะสมของ hyaline granule พบเวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ เซลล์ตับตายจนเห็นเป็นช่องว่างภายในเนื้อเยื่อตับ พบการตายของนิวเคลียสแบบหดตัวแน่นและสลาย เยื่อบุผนังหลอดเลือดสลายทำให้เซลล์ตับที่ตายเข้ามาปะปนในเส้นเลือดและมีการแทรกตัวของเม็ดเลือดขาวในเส้นเลือด เยื่อหุ้มตับบางส่วนหลุดลอก พบการตกเลือดในเนื้อเยื่อตับ เซลล์ตับพบการติดสีต่างกันชัดเจนเกิดเป็น eosinophilic area ที่ติดสีชมพู เซลล์ตับอ่อนฝ่อ ตับอ่อนเสีรูปร่าง (ภาพที่ 4.12D) พบสารข้อมติดสีชมพูในเส้นเลือด

### เนื้อเยื่อไต

ไตปลาคะเพียนพบนิวเคลียสและไซโทพลาสซึมของเซลล์ท่อไตติดสีน้ำเงินเข้ม ท่อไตเห็นขอบเขตของเซลล์ไม่ชัด ท่อไตตาย (ภาพที่ 4.18B)

ปลากระดีหม้อพบท่อไตสลาย พบเวกคิวโอลในเซลล์ท่อไต glomerulus สลาย มีเลือดกั่งและหดตัวแน่น พบการตายของเนื้อเยื่อไต (ภาพที่ 4.18D)

## 4.2.6 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก ตับ ไตปลาคะเพียนและปลากระดีหม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 ppb เป็นเวลา 30 วัน

### เนื้อเยื่อเหงือก

ปลาคะเพียน พบเยื่อหุ้มกิ่งเหงือกหลุดลอกไปด้านหนึ่งของซี่เหงือก และพบการเพิ่มจำนวนเซลล์ของซี่เหงือก ทำให้ซี่เหงือกรวมเป็นแผ่นเดียวกัน ช่อง sinusoid ขยาย การเรียงตัวของซี่เหงือกไม่เป็นระเบียบ (ภาพที่ 4.8A)

ปลากระดีหม้อ มีเลือดกั่งใน sinusoid ทำให้โป่งบวมที่ปลายกิ่งเหงือก กิ่งเหงือกเสีรูปร่าง พบการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อผิวจนคลุมกิ่งเหงือกไปด้านหนึ่ง พบ epithelial lifting]t กิ่งเหงือกหดตัว (ภาพที่ 4.8C)



### เนื้อเยื่อตับ

พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับเพิ่มขึ้นในปลาทั้ง 2 ชนิด คือปลาตะเพียน มีการสะสมของ hyalin granule และแวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ พบเซลล์ตับตายเป็นหย่อมๆ และมีการแทรกตัวของเม็ดเลือดขาวในเนื้อเยื่อตับ บริเวณรอบเส้นเลือดพบเซลล์ตับถูกทำลายและพบเศษเซลล์ตับที่ตายอยู่ภายในเส้นเลือด เซลล์บุผนังหลอดเลือดถูกทำลายหายไป พบการตกเลือดและการคั่งของเลือด (ภาพที่ 4.13A) พบการตายของนิวเคลียสทั้งแบบ pyknotic nucleus และ karyolysis เซลล์ตับอ่อนบวมและเสีรูปร่าง พบ exudates ในเส้นเลือด

ปลากระดี่หม้อ พบการแทรกตัวของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ พบเซลล์ตับบวม พบการสะสมของแวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมทั่วเซลล์ตับ เยื่อบุผนังหลอดเลือดหลุดลอก พบเซลล์ตับตายเป็นหย่อมๆ ใกล้เคียงเส้นเลือด (ภาพที่ 4.13C) พบการตายของนิวเคลียสแบบหดตัวและสลาย ในสัดส่วนที่เท่าๆกัน พบการสะสมของ hyaline granule พบเซลล์ตับบางเซลล์มี 2 นิวเคลียส

### เนื้อเยื่อไต

ปลาตะเพียน ท่อไตเห็นขอบเขตของเซลล์ไม่ชัด พบสารขี้มดคิลิซึมฟูในเนื้อเยื่อสร้างเลือด (ภาพที่ 4.19A) พบการตายของเซลล์ท่อไต เซลล์ท่อไตบวมน้ำ glomerulus หดตัวแน่น

ปลากระดี่หม้อ ท่อไตสลาย มีแวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ท่อไต glomerulus หดตัวแน่น (ภาพที่ 4.7C) ท่อไตเห็นขอบเขตของเซลล์ไม่ชัด

## 4.2.7 ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือก ตับ ไตปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน

### เนื้อเยื่อเหงือก

ปลาตะเพียน พบ epithelial lifting พบเซลล์เหงือกบวม พบการคั่งของเลือดในหลอดเลือดและไซนูซอยด์ (ภาพที่ 4.8B) พบการเกิด telangiectasia

ปลากระดี่หม้อ ซี่เหงือกมีการเรียงตัวที่ไม่เป็นระเบียบ เกิดการโค้งงอ พบเม็ดเลือดแดงอัดกันแน่นในไซนูซอยด์ เยื่อบุผิวหลุดลอกตรงส่วนฐานของซี่เหงือก เกิดการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อบุผิวของซี่เหงือก และเกิดการ เชื่อมกันของซี่เหงือกจนกิ่งเหงือกหายไป (ภาพที่ 4.8D)

### เนื้อเยื่อตับ

เนื้อเยื่อตับปลาตะเพียน เยื่อหุ้มตับหลุดลอก (ภาพที่ 4.13B) พบเซลล์ตับบวม แวกคิวโอลขนาดใหญ่ในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับเบียดนิวเคลียสไปชิดขอบเซลล์ มีการสะสมของ hyalin

granule มีการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวในเส้นเลือด พบเซลล์ตายทั้งแบบกระจายและเป็นหย่อมๆ มีการตกเลือดและคั่งเลือดในเส้นเลือด และสารข้อมติคติดีชมพูภายในเส้นเลือด พบการแทรกตัวของไฟโบรบลาสต์

ตับปลากระดีหมี้อ พบแวกคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ เยื่อหุ้มตับหลุดลอก (ภาพที่ 4.13D) และมีเม็ดเลือดขาวสะสมอยู่บริเวณเยื่อหุ้มตับ เซลล์ตาย และบางส่วนข้อมติคติดีจางลง

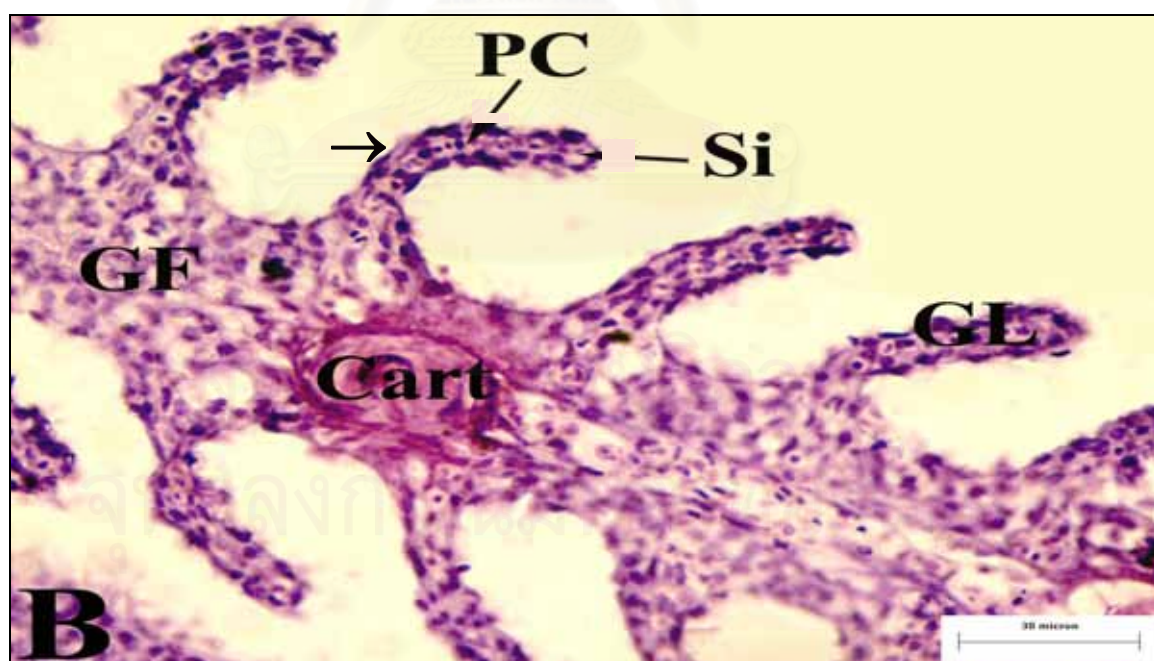
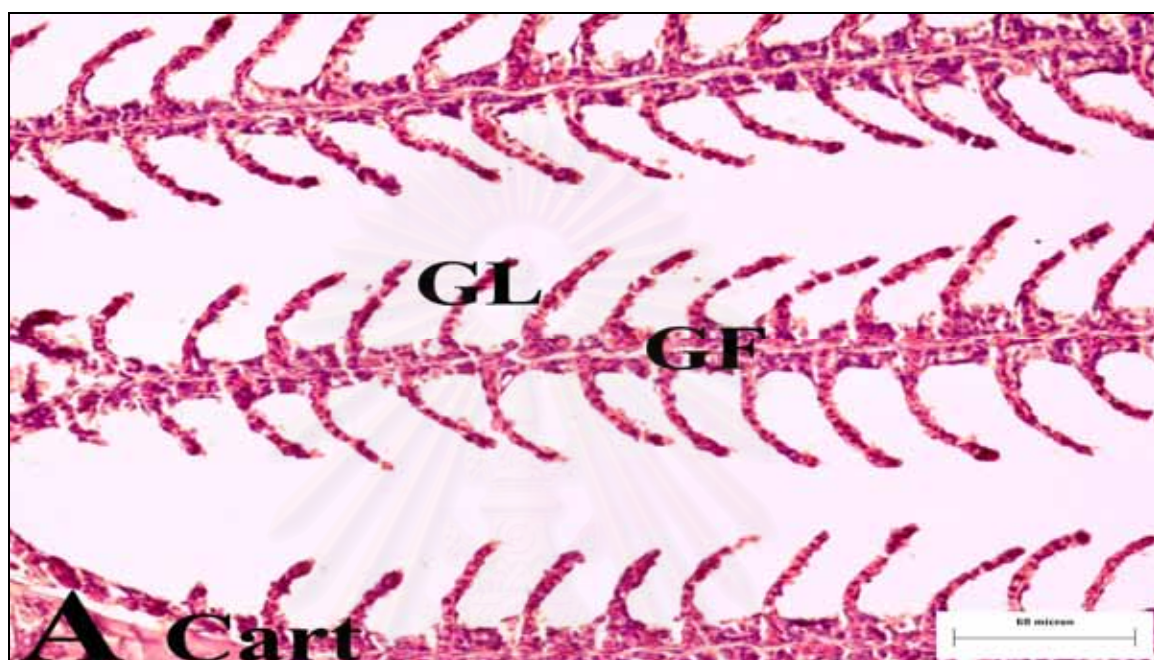
### เนื้อเยื่อไต

เนื้อเยื่อไตปลาตะเพียน มีการแทรกตัวของ vacuole ในเซลล์ท่อไต เซลล์ท่อไตเสื่อมเห็นขอบเขตของเซลล์ไม่ชัดเจน เซลล์ท่อไตข้อมติคติดีชมพู (ภาพที่ 4.19B) glomerulus สลายและมีเลือดคั่งภายในขดเลือด พบการตายของนิวเคลียสทั้งแบบ pycnotic nucleus และ karyolysis

ปลากระดีหมี้อ ท่อไตเสื่อมและตาย พบนิวเคลียสตายแบบหดตัวและสลาย พบการแทรกตัวของแวกคิวโอลภายในเซลล์ท่อไต มีหย่อมเลือดออกในเนื้อเยื่อไต พบการแทรกตัวของ fibroblast (ภาพที่ 4.19D)

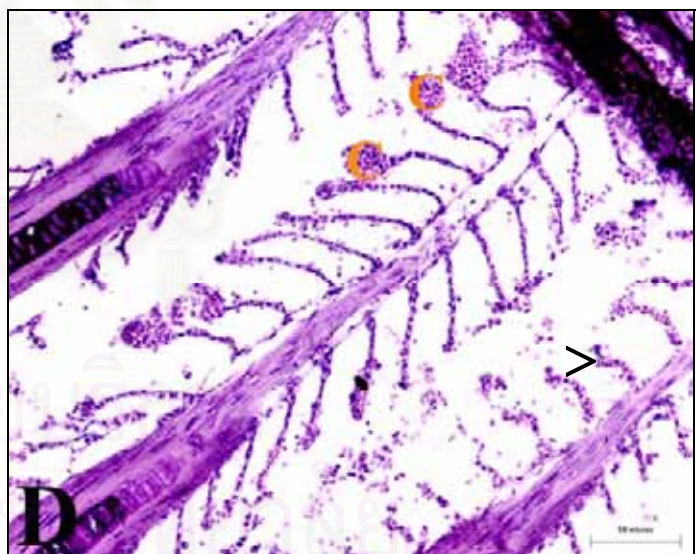
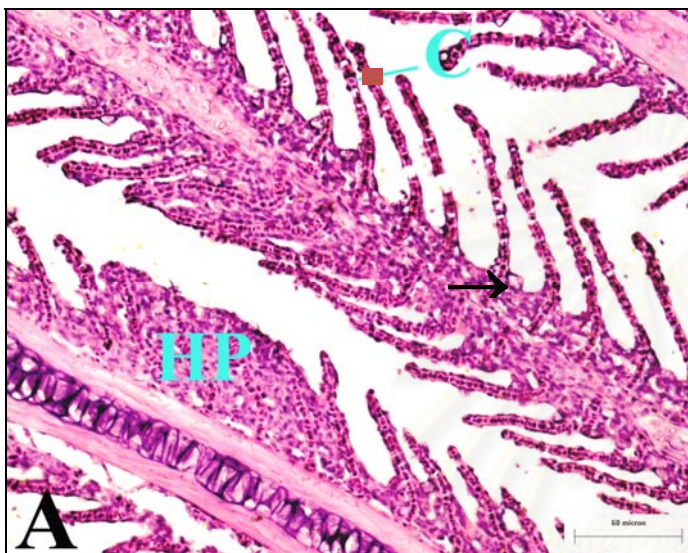
#### ภาพที่ 4.4 เหงือกของปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อกลุ่มควบคุม

- A** เหงือกปลาตะเพียนแสดงซี่เหงือก (GF) ที่มีกิ่งเหงือก (GL) เรียงกันเป็นระเบียบ ภายในมีกระดูกอ่อน (Cart) ช่วยค้ำจุน (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** แสดงโครงสร้างเหงือกปลากระดี่หม้อ กิ่งเหงือก (GL) ซึ่งถูกปกคลุมด้วยเซลล์บุผิว ( $\rightarrow$ ) รูปร่างบางเพียงชั้นเดียว ภายในประกอบด้วย pillar cell (PC) ซึ่งมีลักษณะคล้ายตัว I ไชนูซอยด์ (Si) เป็นช่องของท่อเลือดมีเม็ดเลือดอยู่ภายในและมี cartilage (Cart) เป็นกระดูกอ่อนช่วยในการค้ำจุน (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



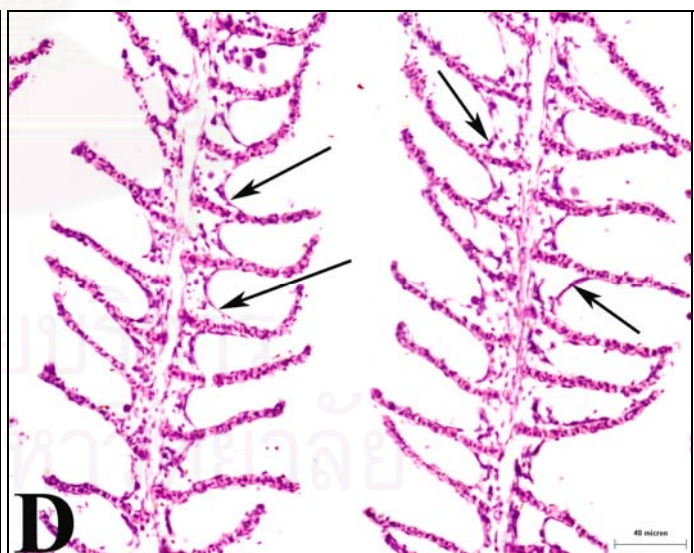
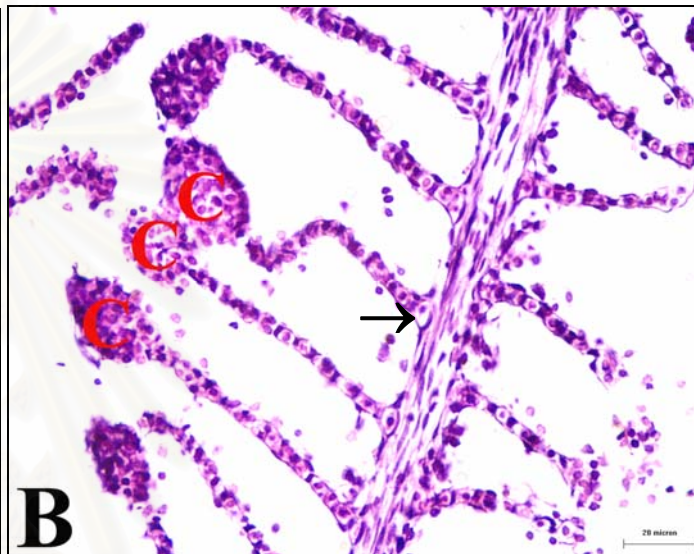
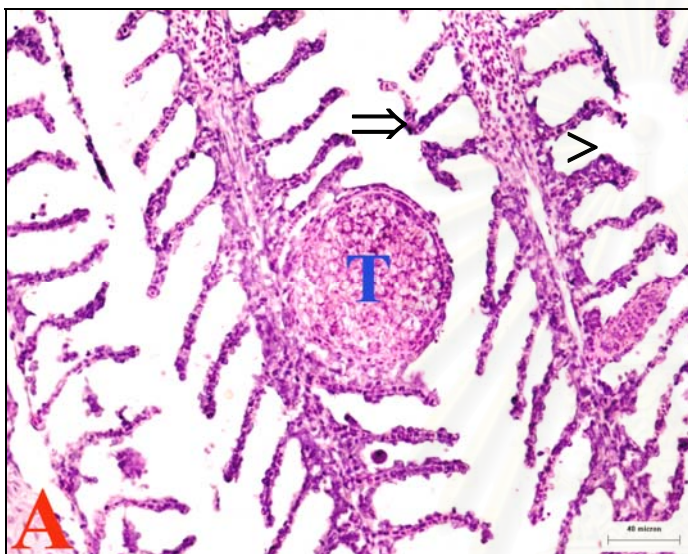
ภาพที่ 4.5 พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูแล้ง

- A** เนื้อเยื่อเหงือกปลาตะเพียนในเดือนมกราคมเกิด Hyperplasia (Hp) ซึ่งมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ของซี่เหงือก ทำให้เกิดการเชื่อมรวมกึ่งเหงือกบางซี่ เกิดการคั่งของเลือด (C) และเซลล์บวมน้ำ (→) ที่ฐานของซี่เหงือก (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** เนื้อเยื่อเหงือกปลาตะเพียนเดือนเมษายน พบเลือดคั่งในไซนุซอยด์ (C) pillar cells หดตัว ทำให้กึ่งเหงือกเสีรูปร่างเกิดการโค้งงอในบางซี่ (>) และพบการยกตัว (→) ของเซลล์เยื่อบุผิว (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** เนื้อเยื่อเหงือกปลากระดี่หม้อในเดือนมกราคม มีการคั่งของเลือดในช่องไซนุซอยด์ (>) เกิด Telangiectasia (T) กึ่งเหงือกหดสั้นลง (⇒) เมื่อเปรียบเทียบกับปลากระดี่หม้อกลุ่มควบคุม (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** เนื้อเยื่อเหงือกปลากระดี่หม้อเดือนเมษายน เกิดการคั่งเลือดที่ปลายของซี่เหงือกจนโป่งพอง (C) และการโค้งงอของปลายซี่เหงือก (>) (Bar scale = 50  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



ภาพที่ 4.6 พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูฝน

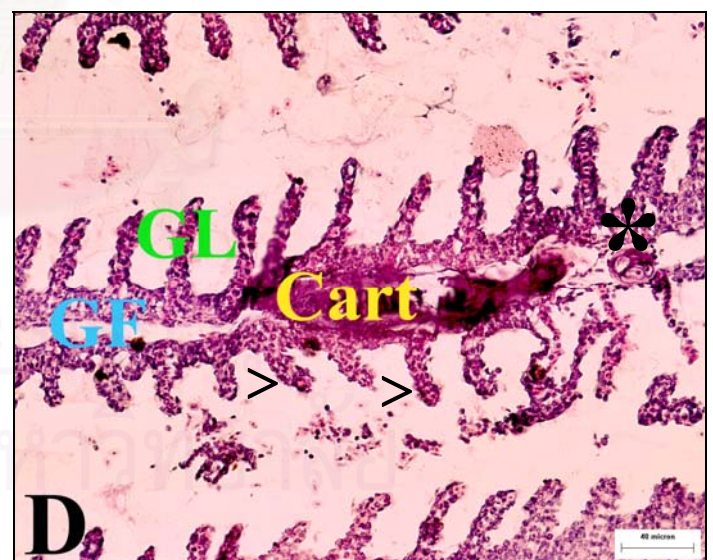
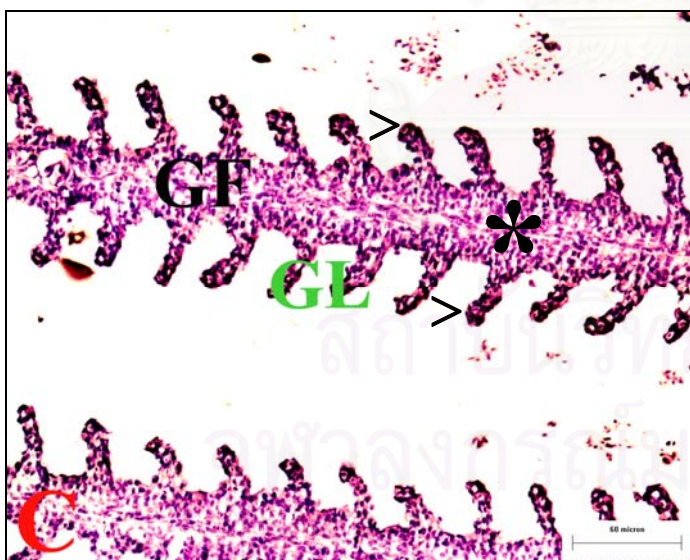
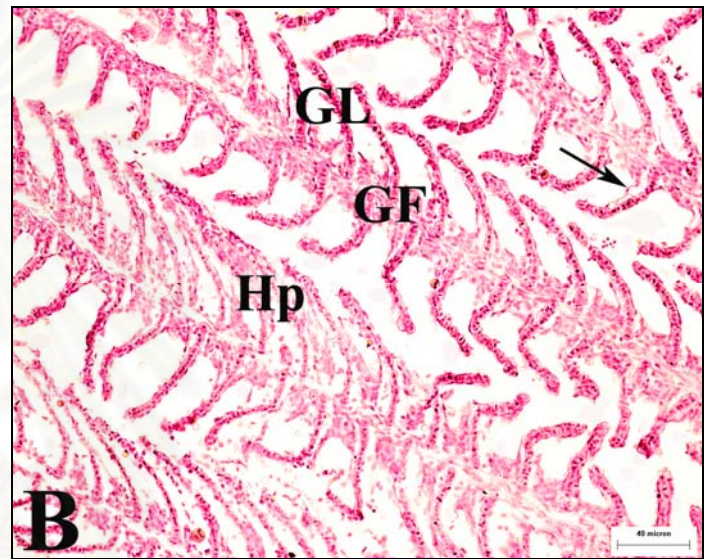
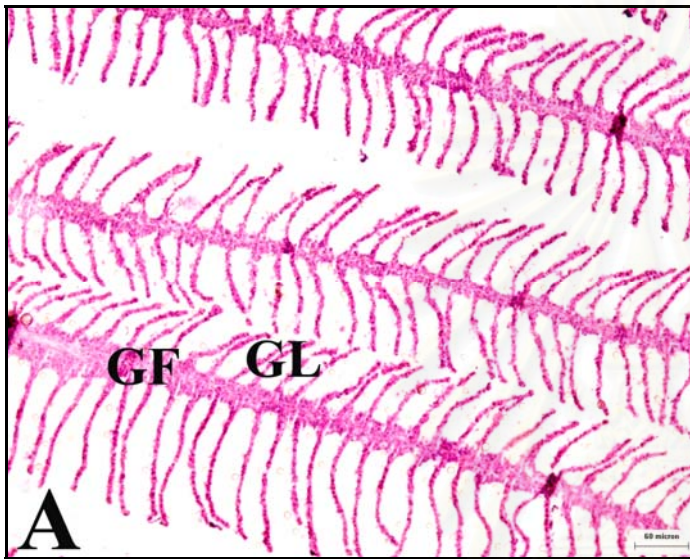
- A** เนื้อเยื่อเหงือกปลาตะเพียนเดือนตุลาคม พบ Telangiectasia (T) กิ่งเหงือกเดี่ยวรูปร่าง ( $\Rightarrow$ ) เนื่องจาก pillar cell หดตัว และเซลล์บุกิ่งเหงือกเพิ่มจำนวน ( $>$ ) (Bar scale = 40  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** เนื้อเยื่อเหงือกปลาตะเพียนเดือนกรกฎาคม เซลล์บุกิ่งเหงือกเกิดการบวมน้ำ ( $\rightarrow$ ) ที่บริเวณฐานของกิ่งเหงือก เกิดการคั่งของเลือด (C) ทำให้ปลายกิ่งเหงือกโป่งพอง (Bar scale = 20  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** เนื้อเยื่อเหงือกปลากระดี่หม้อเดือนกรกฎาคม ชีเหงือกมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ (Hp) ทำให้ชีเหงือกหนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชีเหงือกปลากระดี่หม้อกลุ่มควบคุม (Bar scale = 40  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** เนื้อเยื่อเหงือกปลากระดี่หม้อเดือนกรกฎาคม พบการยกตัวของเซลล์เยื่อผิว ( $\rightarrow$ ) ที่ฐานของกิ่งเหงือกทั้งสองด้านของชีเหงือก (Bar scale = 40  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)





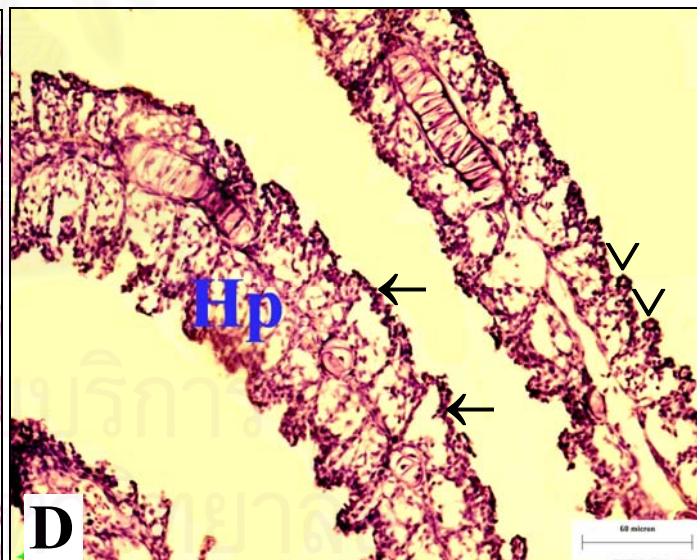
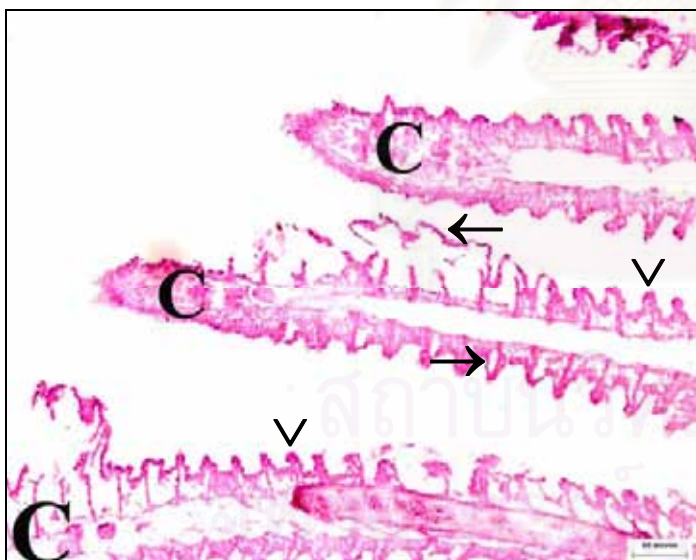
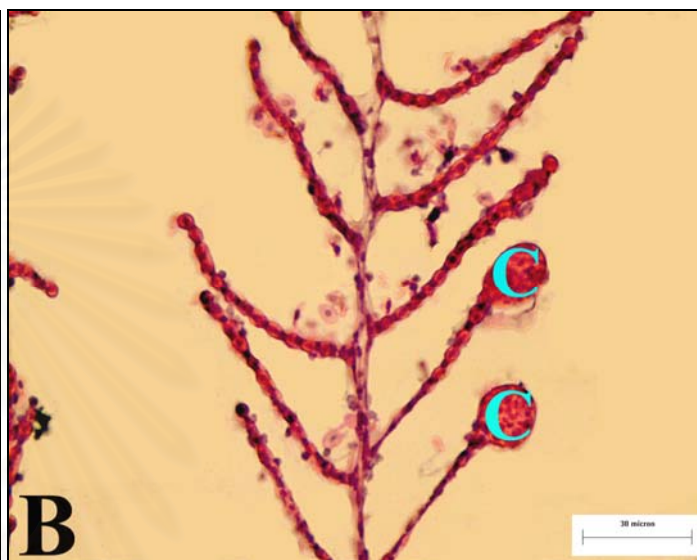
**ภาพที่ 4.7** พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน

- A** เหงือกปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.1 ppb เป็นเวลา 30 วัน แสดงซี่เหงือก (GF) และกิ่งเหงือก (GL) มีลักษณะปกติเหมือนกลุ่มควบคุม (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** เหงือกปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน แสดงการเพิ่มจำนวนเซลล์ (Hp) ของซี่เหงือก (GF) จนเชื่อมรวมกิ่งเหงือก (GL) ในบางซี่ เกิดการยกตัวของเซลล์บุผิว ( $\rightarrow$ ) บริเวณฐานของกิ่งเหงือก (Bar scale = 40  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** เหงือกปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.1 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบกิ่งเหงือก (GL) หดสั้นลง (>) และซี่เหงือก (GF) มีการเพิ่มจำนวนเซลล์บุผิว (\*) (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** เหงือกปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน แสดงการเพิ่มจำนวนของเซลล์บุซี่เหงือก (GF) และกิ่งเหงือก (GL) ซี่เหงือกหนาขึ้น (\*) และกิ่งเหงือกหดสั้นลง (>) พบกระดูกอ่อน (Cart) อยู่ภายในซี่เหงือก (Bar scale = 40  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



ภาพที่ 4.8 พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน

- A** เหงือกปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.5 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบเซลล์กึ่งเหงือกบวม (>) บริเวณฐานของกึ่งเหงือก เกิดการยกตัวของเยื่อบุผิว (→) ทั้งสองด้านของซี่เหงือก (GF) และเกิดการเพิ่มจำนวนเซลล์ (Hp) ของซี่เหงือก จนเชื่อมรวมกึ่งเหงือก (GL) (Bar scale = 40  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** เหงือกปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน เกิดการคั่งของเลือดที่ปลายกึ่งเหงือกมีลักษณะโป่งบวม(C) (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** เหงือกปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.5 ppb เป็นเวลา 30 วัน เกิดการยกตัว (→) ของเซลล์บุผิวทั้งสองด้านของซี่เหงือก และการคั่งของเลือดในส่วนปลายของซี่เหงือก (C) มีการหดตัวของกึ่งเหงือก (>) (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** เหงือกปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน เกิดการเพิ่มจำนวนของเซลล์กึ่งเหงือก (Hp) ตลอดทั้งซี่ที่มีการหดตัว (>) และมีการยกตัว (→) ของเซลล์เยื่อบุผิวทั้งสองด้านของซี่เหงือกจนกึ่งเหงือกหายไป (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)

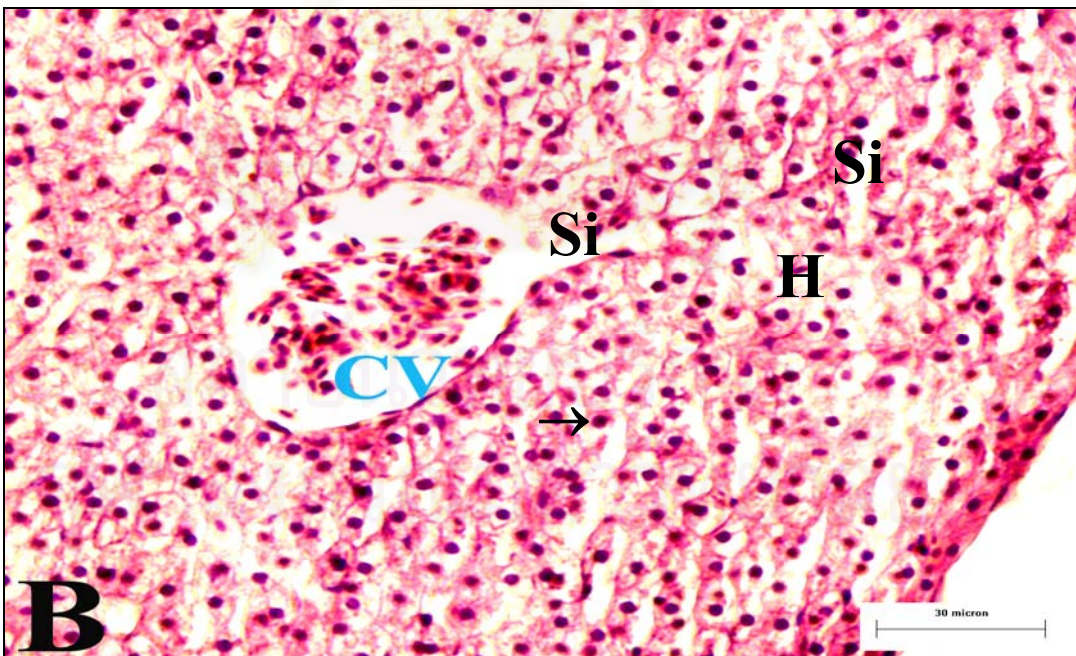
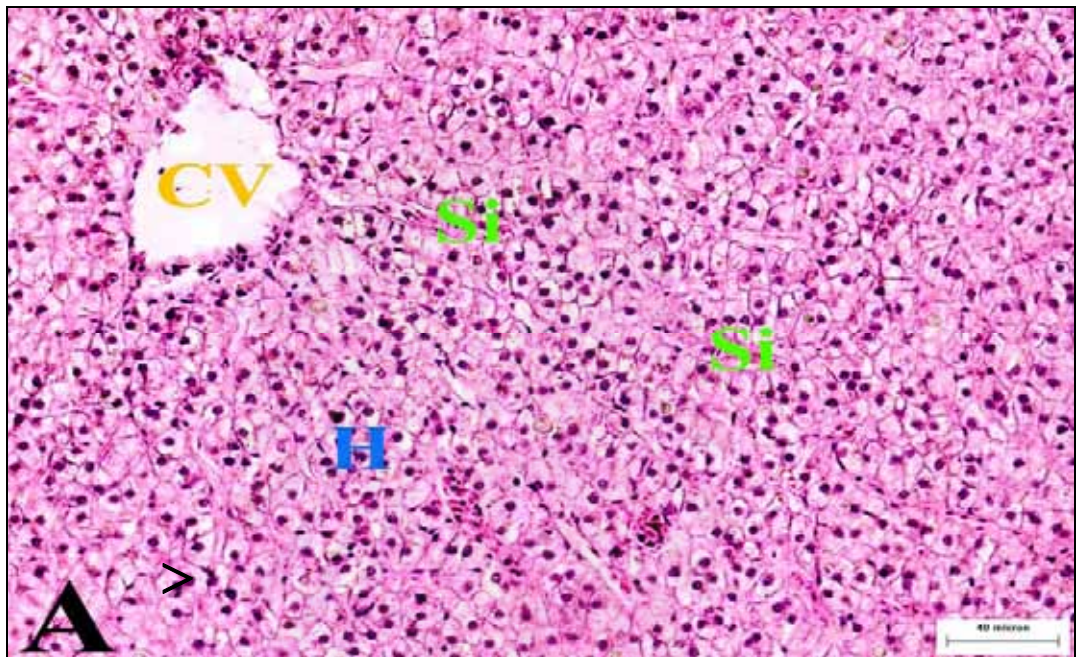


#### ภาพที่ 4.9 ตับปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อกลุ่มควบคุม

- A** ตับปลาตะเพียนกลุ่มควบคุม แสดงเส้นเลือด (CV) และช่องไซนูซอยด์ (Si) ที่แยกออกจากเส้นเลือด และพบเซลล์ตับ (H) เรียงตัวขนานกัน 2 แนว (Bar scale = 40  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** ตับปลากระดี่หม้อกลุ่มควบคุม เซลล์ตับ (H) มีรูปร่างหลายเหลี่ยม มีนิวเคลียสกลม ( $\rightarrow$ ) ย้อมติดสีน้ำเงินเข้ม มีช่องไซนูซอยด์ (Si) ติดต่อกับเส้นเลือด (CV) และกั้นระหว่างเนื้อเยื่อตับ (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)

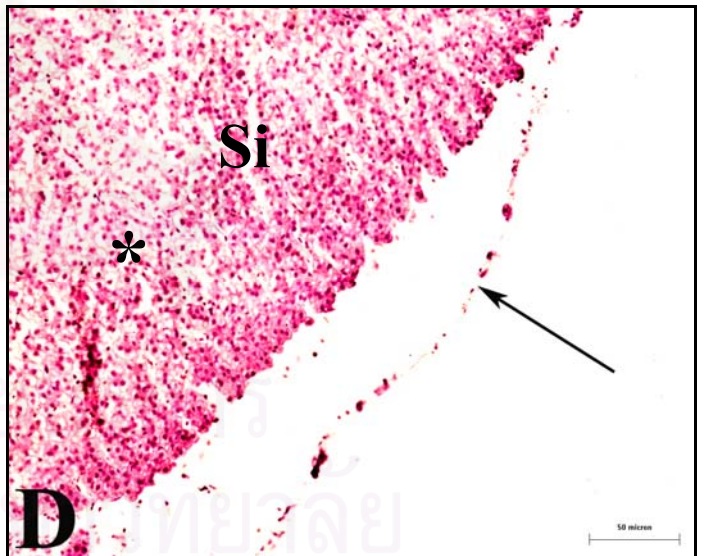
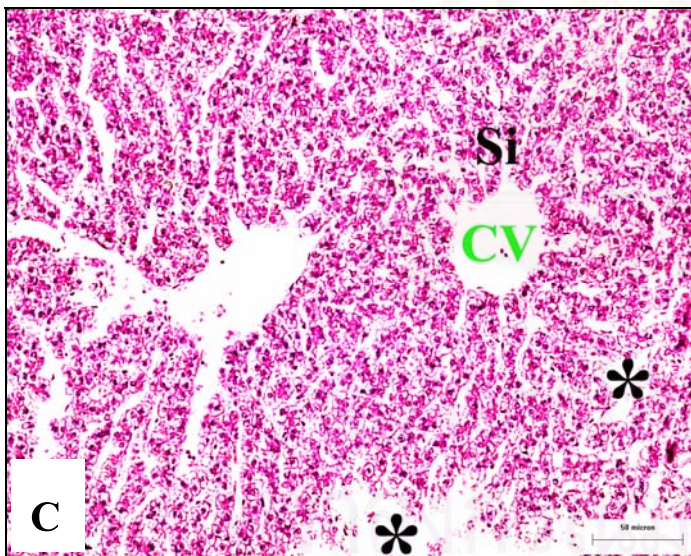
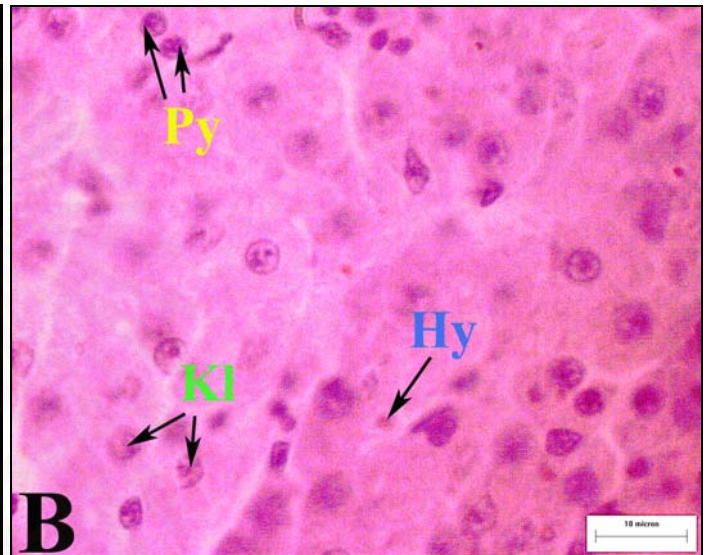
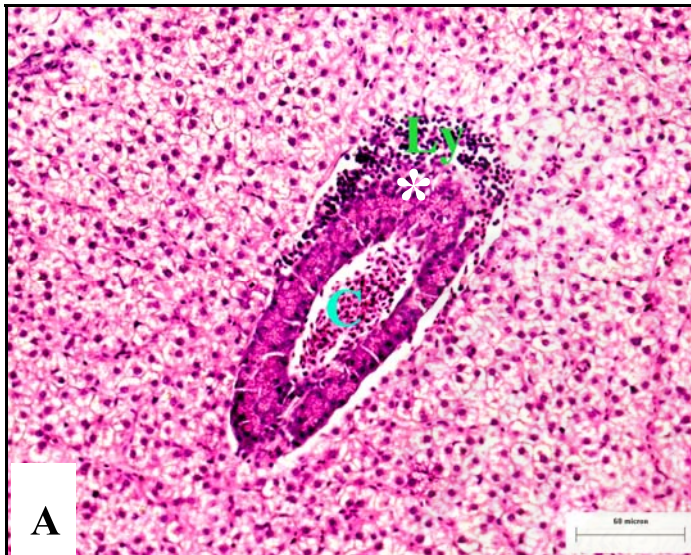


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



**ภาพที่ 4.10** พยาธิสภาพของตับปลาทะเพียนและปลากระดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูแล้ง

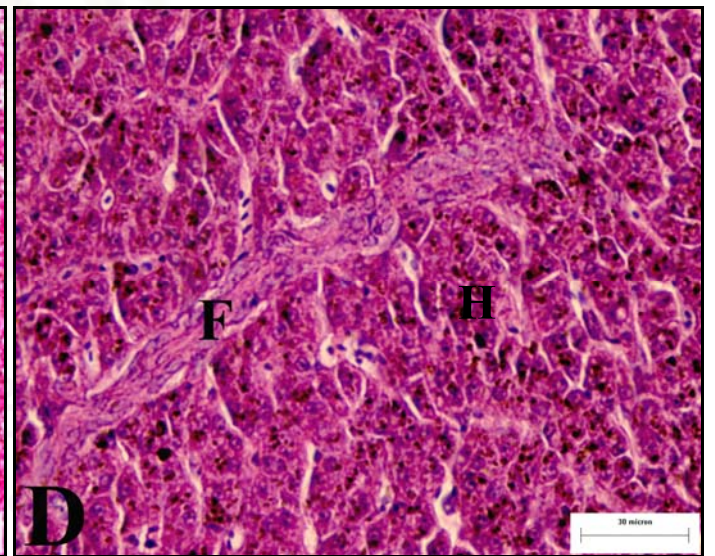
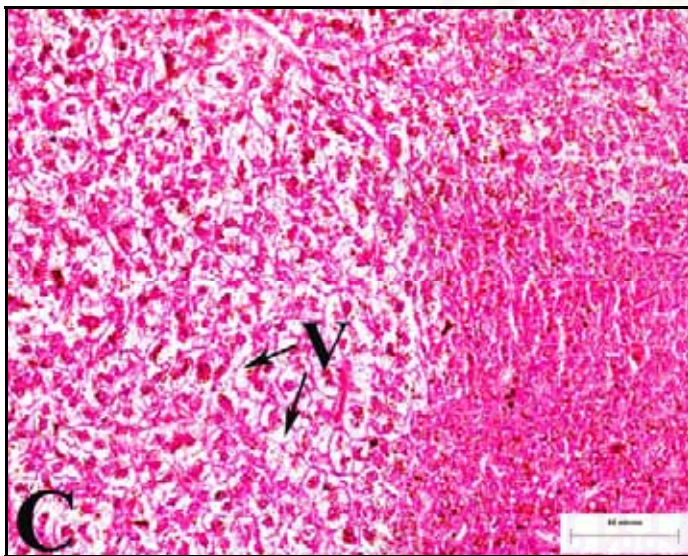
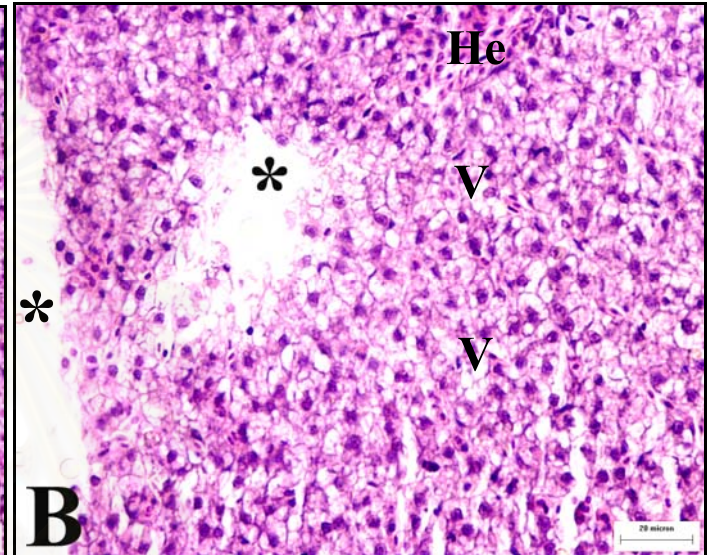
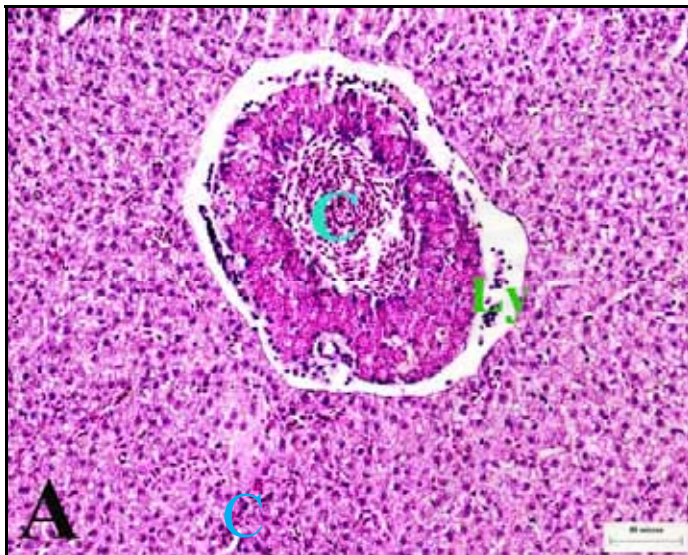
- A** เนื้อเยื่อตับปลาทะเพียนเดือนมกราคม เส้นเลือด (C) ภายในเซลล์ตับอ่อนมีเม็ดเลือดแดง พบเซลล์ตับอ่อนสลาย (\*) และพบเม็ดเลือดขาว (Ly) จำนวนมากบริเวณที่ตับอ่อนสลาย (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ข้อมติ H&E)
- B** เนื้อเยื่อตับปลาทะเพียนเดือนเมษายน เซลล์ตับพบการตายของนิวเคลียสทั้งแบบสลาย (K1) และหดตัวแน่น (Py) เซลล์ตับมีไฮยาลินแกรนูล (Hy) สะสมอยู่ในภายในไซโตพลาสซึม (Bar scale = 10  $\mu\text{m}$  ข้อมติ H&E)
- C** เนื้อเยื่อตับปลากระดี่หม้อเดือนมกราคม มีการขยายของช่องไซนูซอยด์ (Si) ใกล้เส้นเลือด (CV) และในเนื้อเยื่อตับ พบการตายของเซลล์ตับเป็นหย่อมๆ (\*) (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ข้อมติ H&E)
- D** เนื้อเยื่อตับปลากระดี่หม้อเดือนเมษายน พบเยื่อหุ้มตับหลุดลอก ( $\rightarrow$ ) และมีการขยายของช่องไซนูซอยด์ (Si) พบการตายของเซลล์ตับ (\*) (Bar scale = 50  $\mu\text{m}$  ข้อมติ H&E)





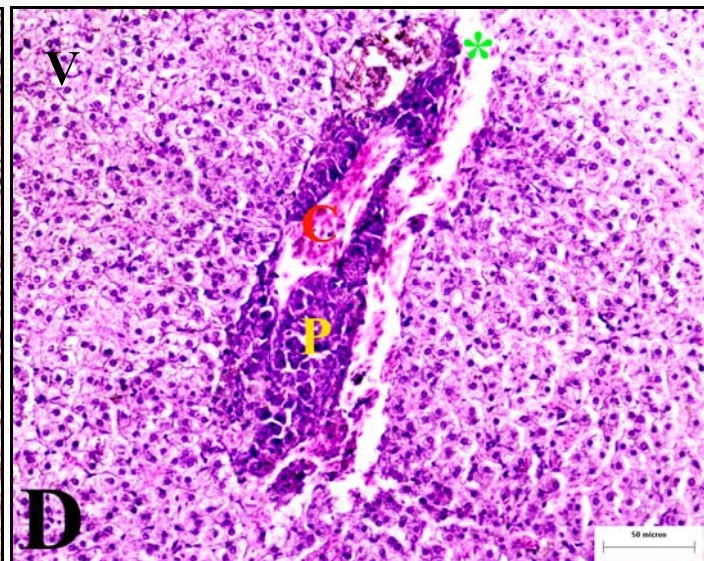
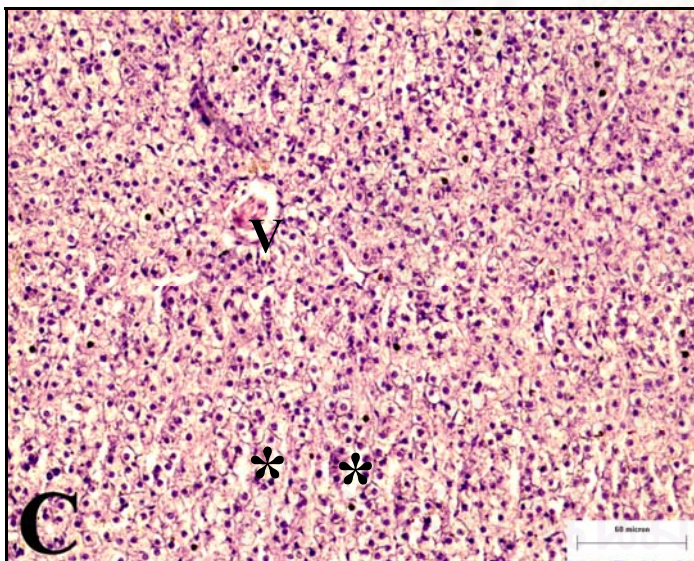
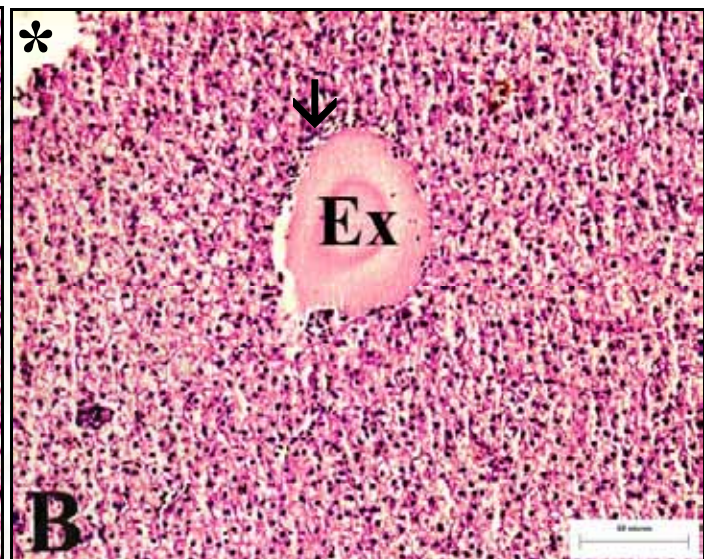
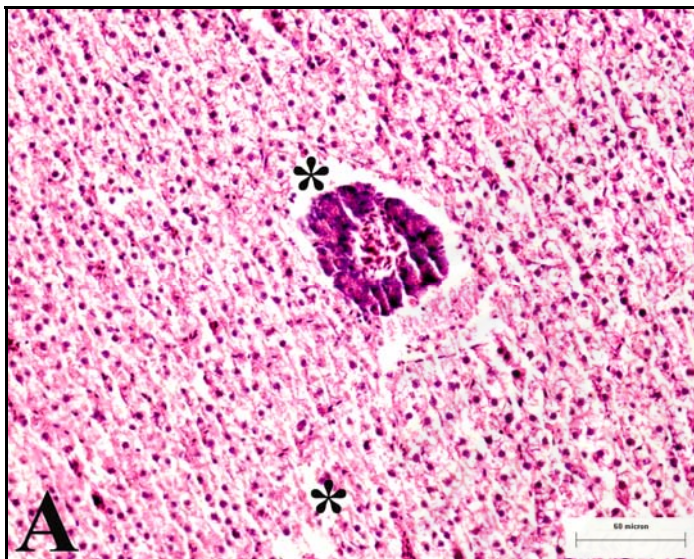
ภาพที่ 4.11 พยาธิสภาพของตับปลาดูเพียนและปลาระดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูฝน

- A** เนื้อเยื่อตับปลาดูเพียนเดือนกรกฎาคม พบเซลล์เม็ดเลือดขาว (Ly) บริเวณรอบตับอ่อน มีการคั่งเลือด (C) ในเส้นเลือดภายในตับอ่อนและไซนุซรอยด์ (Bar scale = 40  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** เนื้อเยื่อตับปลาดูเพียนเดือนตุลาคม เซลล์ตับตายจนเห็นเป็นเพียงช่องว่างภายในตับ (\*) พบการสะสมของแวกคิวโอล (V) ในไซโทพลาสซึม มีหย่อมเลือดออก (He) ภายในเนื้อเยื่อ (Bar scale = 20  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** ตับปลาระดี่หม้อเดือนกรกฎาคมพบการสะสมของแวกคิวโอล (V) ภายในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ แตกต่างกัน 2 บริเวณอย่างชัดเจนในเนื้อเยื่อตับ (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** เนื้อเยื่อตับปลาระดี่หม้อเดือนตุลาคม มีการแทรกตัวของ fibroblast (F) ภายในเนื้อเยื่อตับ ช่องไซนุซรอยด์ขยาย ไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับ (H) ย้อมติดสีชมพูเข้ม (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



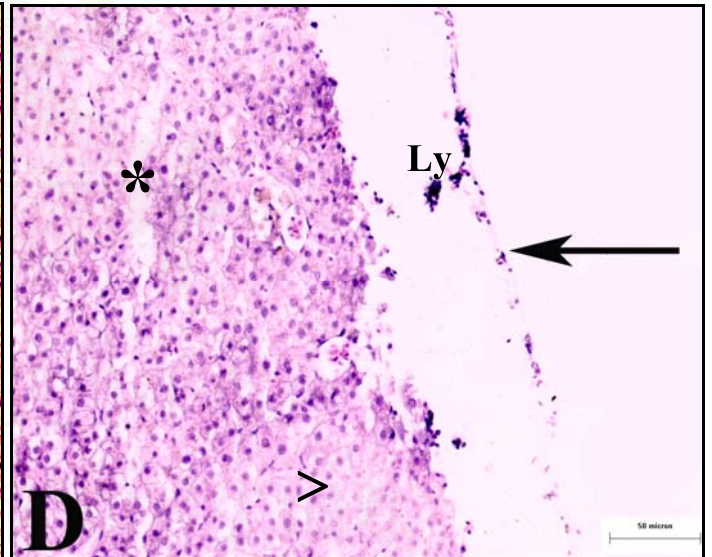
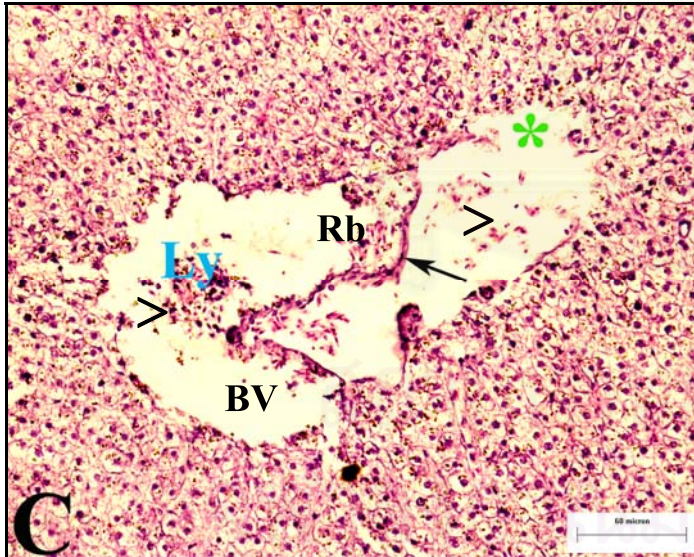
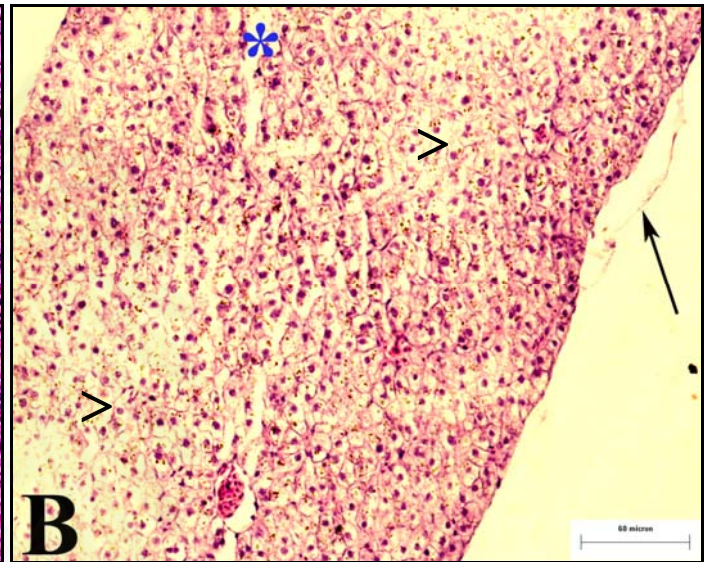
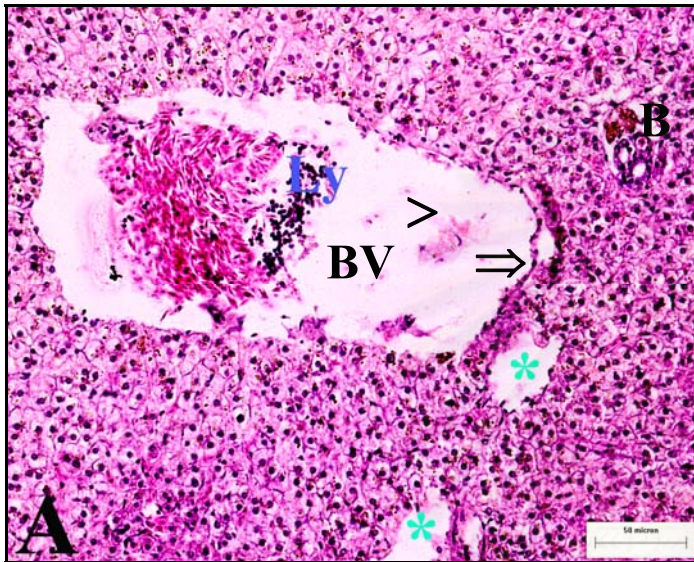
**ภาพที่ 4.12 พยาธิสภาพของตับปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน**

- A** เนื้อเยื่อตับปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.1 ppb เป็นเวลา 30 วัน มีนิวเคลียสกลมขนาดเล็กติดสีน้ำเงินเข้ม เซลล์ตับรอบๆตับอ่อนตายจนเห็นเป็นช่องว่าง (\*) เซลล์ตับหดตัว มีการคั่งของเลือดในเส้นเลือด (C) (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** เนื้อเยื่อตับปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน เซลล์ตับตาย (\*) จนเห็นเป็นเพียงช่องว่าง พบสารขี้มอดติดสีชมพูเข้ม (Ex) ภายในช่องว่างของเนื้อเยื่อตับและมีเซลล์เม็ดเลือดขาว ( $\rightarrow$ ) เข้ามาบริเวณนี้ (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** เนื้อเยื่อตับปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.1 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบการสะสมของแวกคิวโอล (V) ในไซโตพลาสซึม พบเซลล์ตับตาย (\*) เป็นหย่อมๆ (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** เนื้อเยื่อตับปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วันมีแวกคิวโอล (V) ขนาดเล็กในไซโตพลาสซึม เซลล์ตับอ่อน (P) ฝ่อเล็กรูปร่างไซโตพลาสซึมติดสีน้ำเงินเข้มและจำนวน zymogen granule น้อย (Bar scale = 50  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



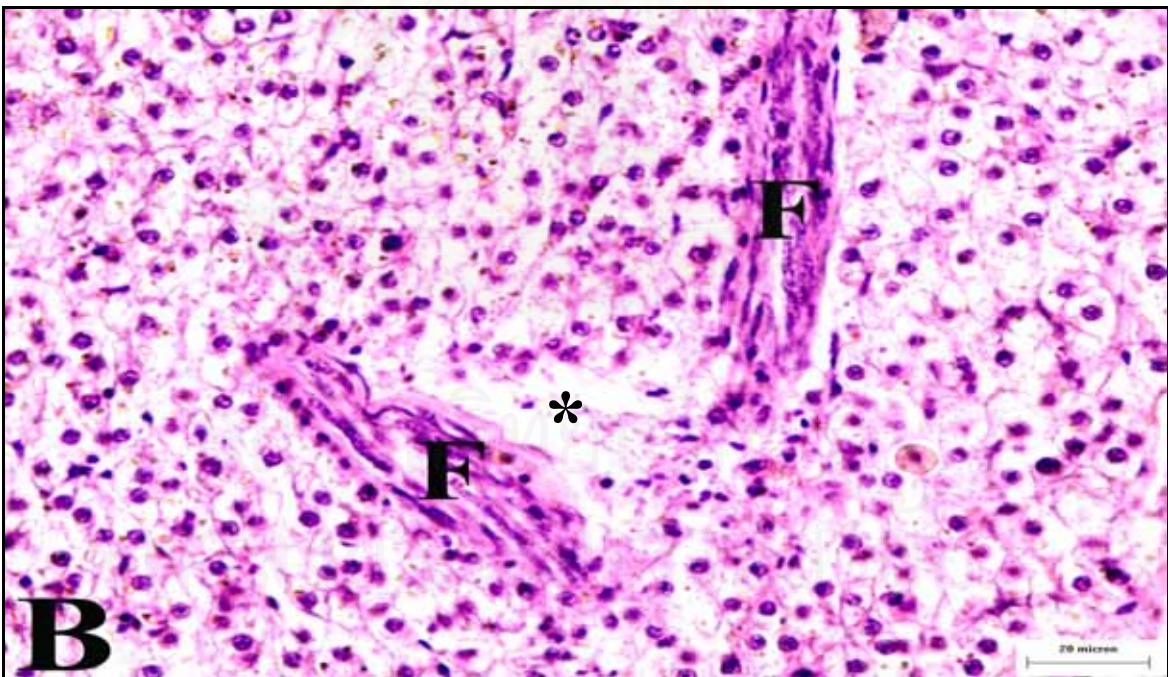
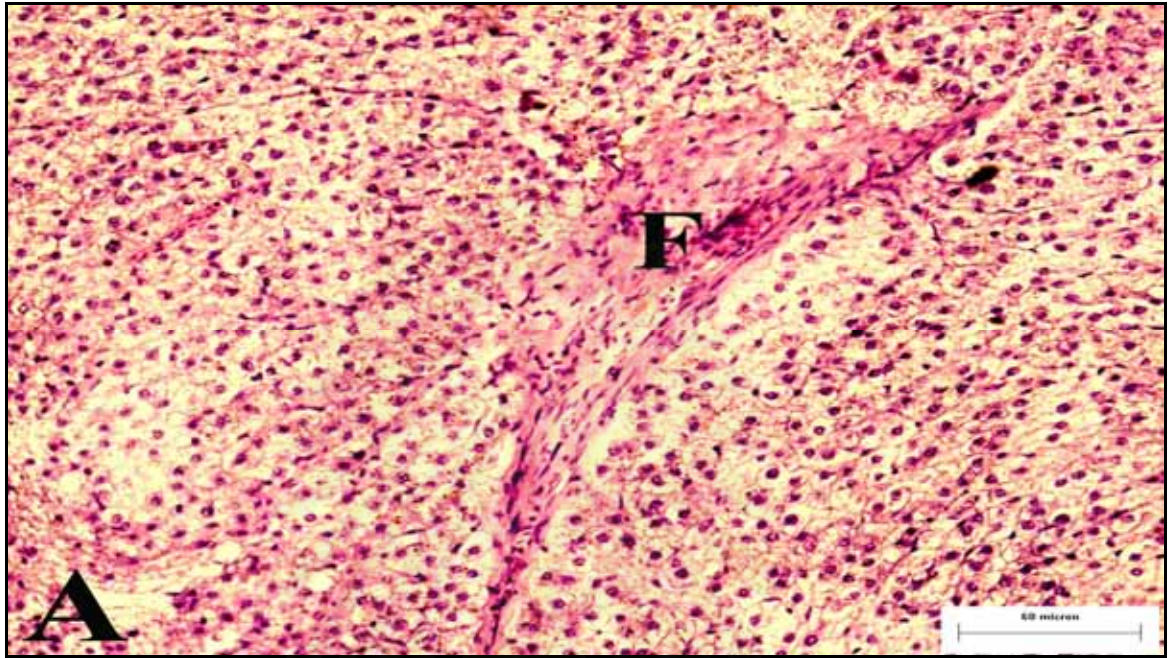
**ภาพที่ 4.13 พยาธิสภาพของตับปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน**

- A** เนื้อเยื่อตับปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.5 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบท่อน้ำดี (B) ภายในเส้นเลือด (BV) พบเยื่อบุเส้นเลือดสลายและเยื่อหุ้มเส้นเลือดหลุดลอกจากผนัง ( $\Rightarrow$ ) พบเซลล์เม็ดเลือดขาวและเศษเซลล์ตับที่ตาย ( $>$ ) และพบการตายของเซลล์ตับ (\*) ใกล้เส้นเลือด (Bar scale = 50  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** เนื้อเยื่อตับปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบเยื่อหุ้มตับหลุดลอก ( $\rightarrow$ ) เซลล์ตับตายแบบกระจาย (\*) บางส่วนย้อมติดสีข้างลง ( $>$ ) (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** เนื้อเยื่อตับปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.5 ppb เป็นเวลา 30 วันพบเยื่อหุ้มเส้นเลือดหลุดลอก ( $\rightarrow$ ) มีเศษเซลล์ตับที่ตาย ( $>$ ) เม็ดเลือดแดง (Rb) และเม็ดเลือดขาว (Ly) แทรกปนกันอยู่ภายในหลอดเลือด (BV) และพบการตายของเซลล์ตับใกล้หลอดเลือด (\*) (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** เนื้อเยื่อตับปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วันพบเยื่อหุ้มตับหลุดลอก ( $\rightarrow$ ) และมีเม็ดเลือดขาว (Ly) สะสมอยู่บริเวณเยื่อหุ้มตับ พบเซลล์ตับตาย (\*) และเซลล์ตับบางส่วนย้อมติดสีข้างลง ( $>$ ) (Bar scale = 50  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



ภาพที่ 4.14 พยาธิสภาพของตับปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน

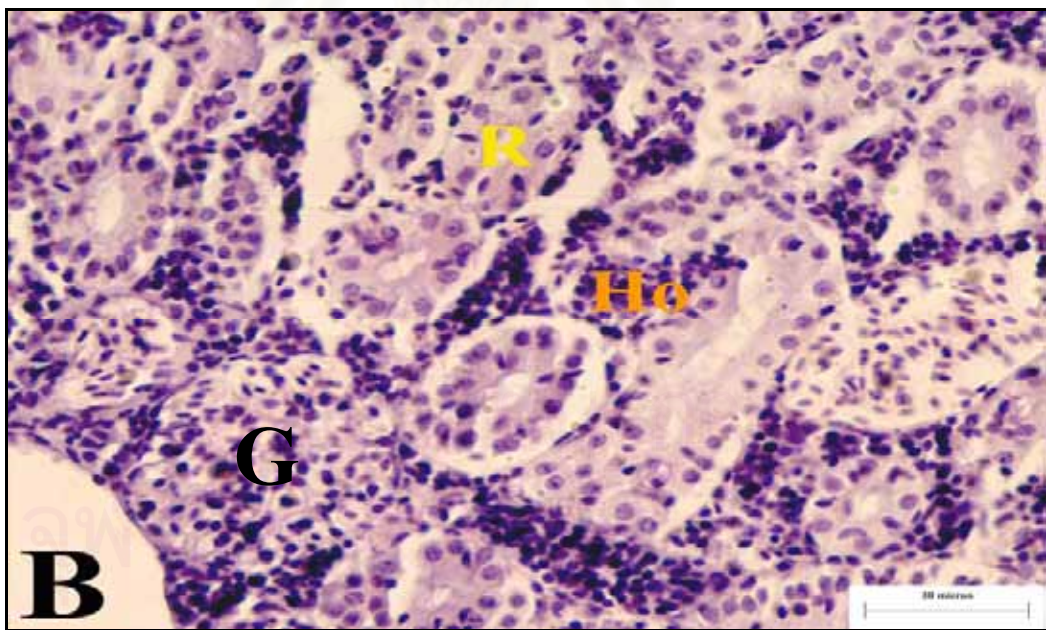
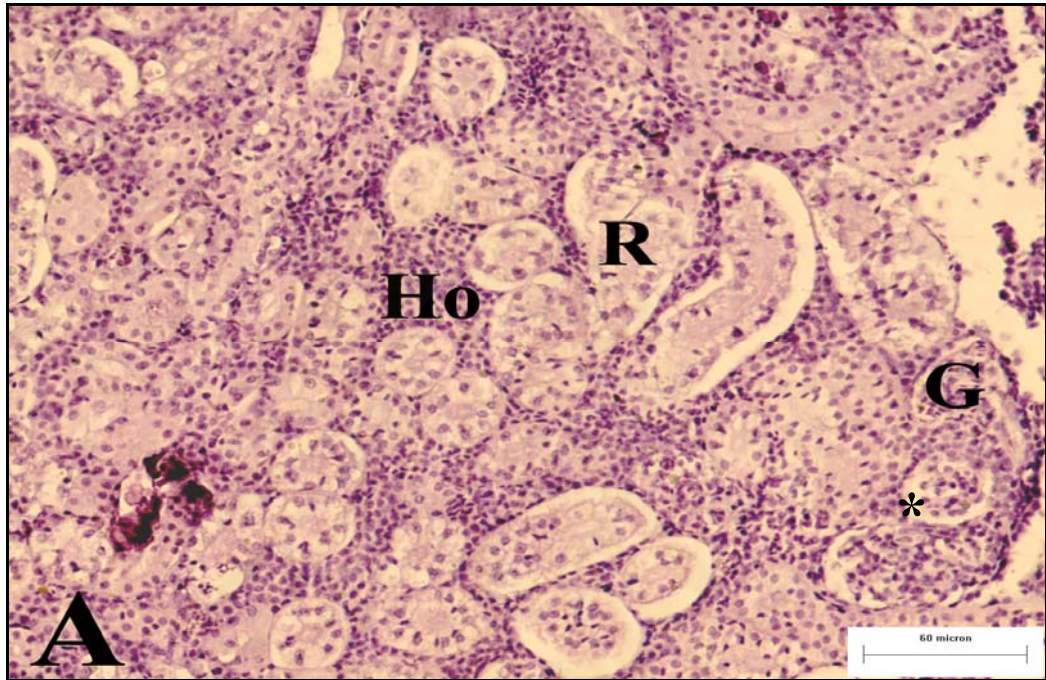
- A** เนื้อเยื่อตับปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบการคั่งเลือด (C) ในไซนัสชอยด์ พบการแทรกตัวของ fibroblast (F) แทนที่เนื้อเยื่อที่ตาย (Bar scale = 60  $\mu$ m ย้อมสี H&E)
- B** เนื้อเยื่อตับปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.5 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบการแทรกตัวของ fibroblast (F) บริเวณที่มีการตายของเซลล์ตับ (\*) (Bar scale = 20  $\mu$ m ย้อมสี H&E)





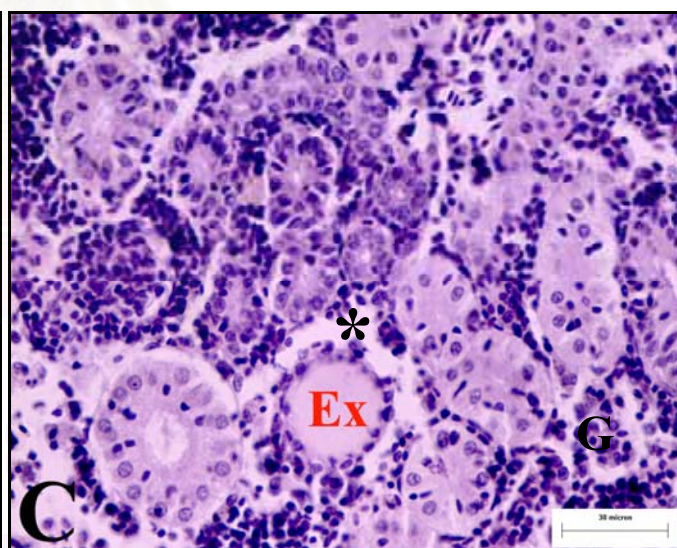
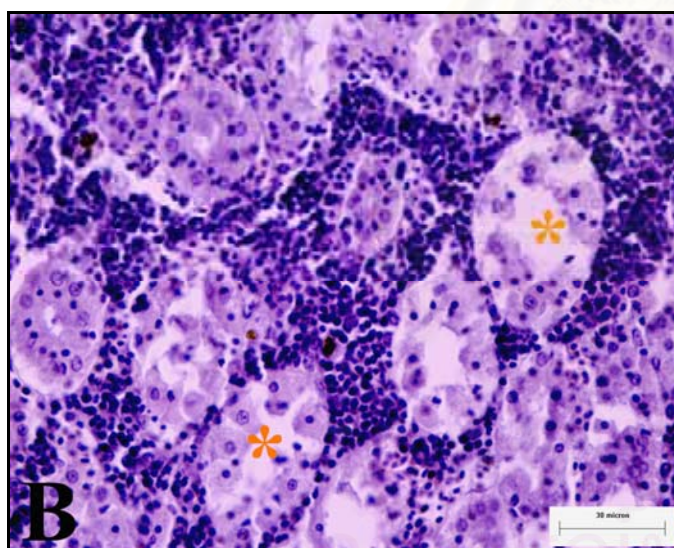
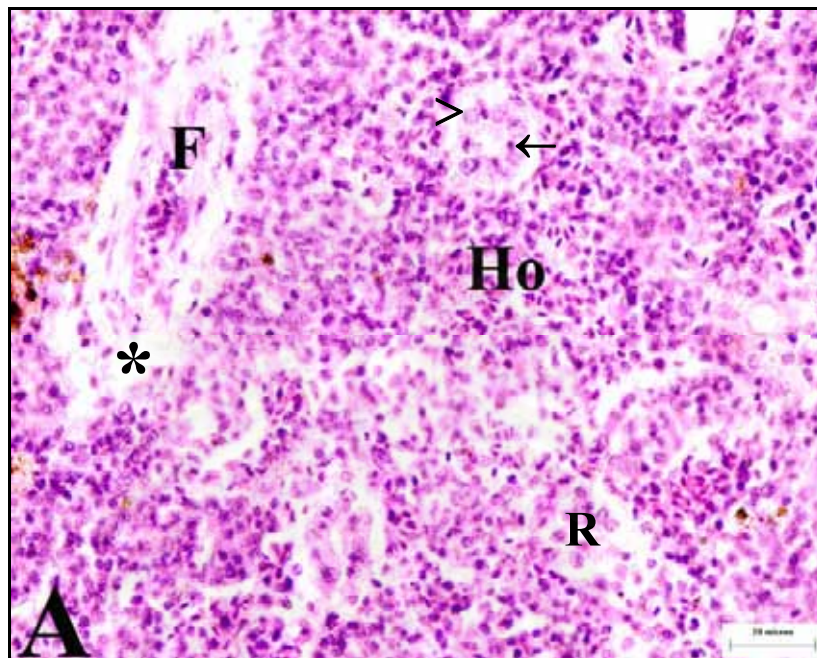
#### ภาพที่ 4.15 ไตปลาตะเพียนและปลากระดูกอ่อนกลุ่มควบคุม

- A** แสดงเนื้อเยื่อไตปลาตะเพียนและปลากระดูกอ่อนกลุ่มควบคุมประกอบด้วย ท่อไต(R) เนื้อเยื่อสร้างเลือด (Ho) แทรกอยู่ระหว่างท่อไต และโกลเมอรูลัส (G) เป็นกลุ่มของ หลอดเลือดฝอยล้อมรอบด้วยเซลล์เยื่อบุหลอดเลือดฝอย basal lamina และ visceral epithelium ติดอยู่กับผนังด้านนอกของ glomerulus ระหว่างชั้นทั้งสองมี Bowman's space (\*) กั้นอยู่ (Bar scale = 60  $\mu$ m ย้อมสี H&E)
- B** แสดงเนื้อเยื่อไตปลาตะเพียนและปลากระดูกอ่อนกลุ่มควบคุมประกอบด้วย ท่อไต(R) เนื้อเยื่อสร้างเลือด (Ho) และ โกลเมอรูลัส (G) (Bar scale = 30  $\mu$ m ย้อมสี H&E)



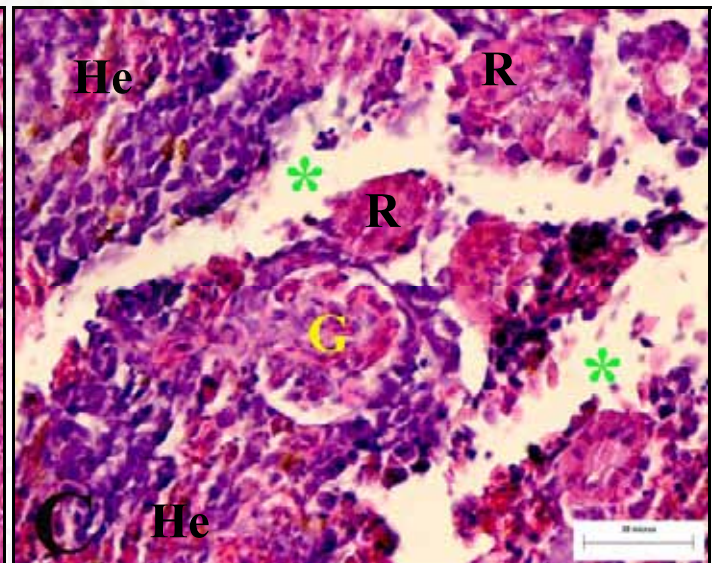
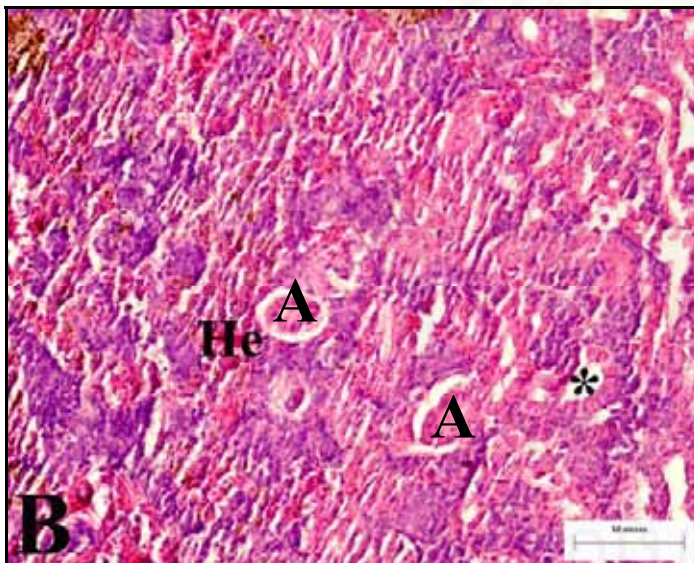
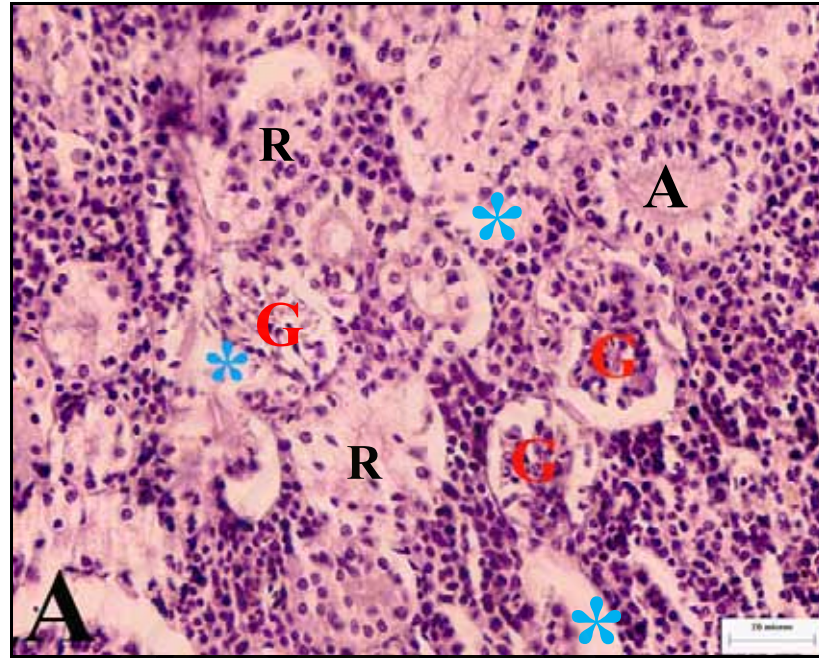
ภาพที่ 4.16 พยาธิสภาพของไตปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูแล้ง

- A** ไตปลาตะเพียนเดือนมกราคม พบการแทรกตัวของ fibrous cell (F) บริเวณที่มีการตายของเนื้อเยื่อไต (\*) พบหย่อมเลือดออก (Ho) ในเนื้อเยื่อสร้างเลือด ท่อไตตาย (R) พบนิวเคลียสหดตัว (→) และสลาย (>) ในเซลล์ท่อไต (Bar scale = 20  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** ไตปลากระดี่หม้อเดือนเมษายน พบท่อไตเสื่อม (\*) ไม่สามารถเห็นขอบเขตของเซลล์ท่อไต (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** ไตปลากระดี่หม้อเดือนเมษายน พบสารข้อมดัดสีชมพู (Ex) แทนที่บริเวณที่เคยเป็นท่อไต มีการตายของเนื้อเยื่อไต (\*) เห็นเป็นช่องว่าง โกลเมอรูลัสหดตัวแน่น (G) (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



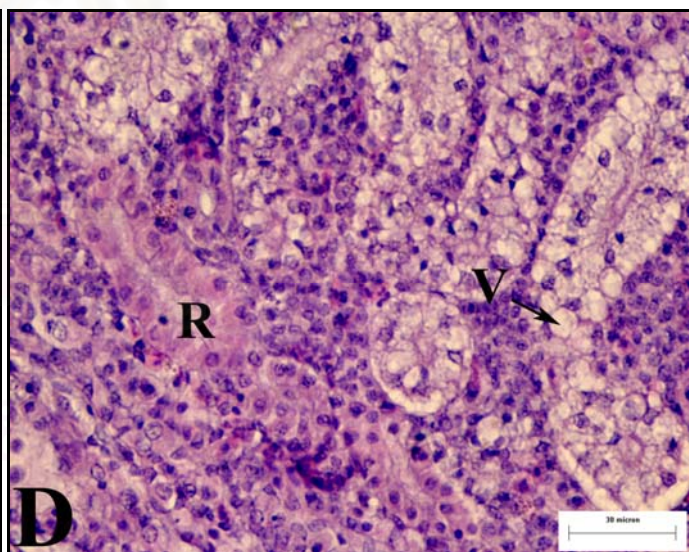
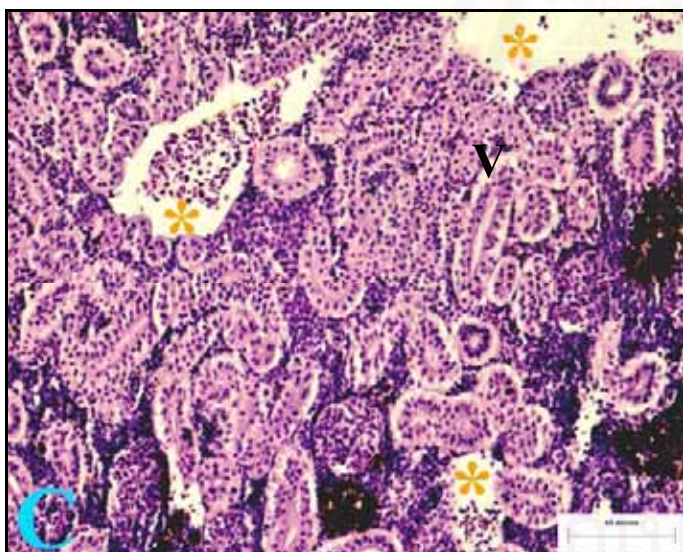
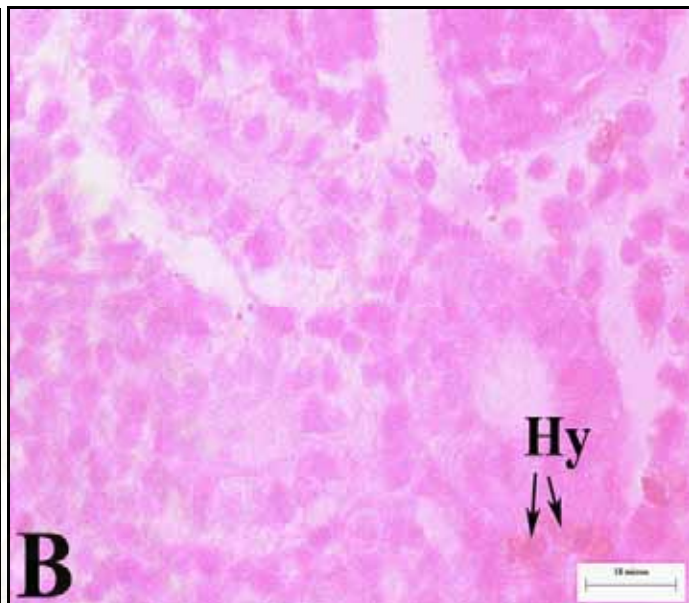
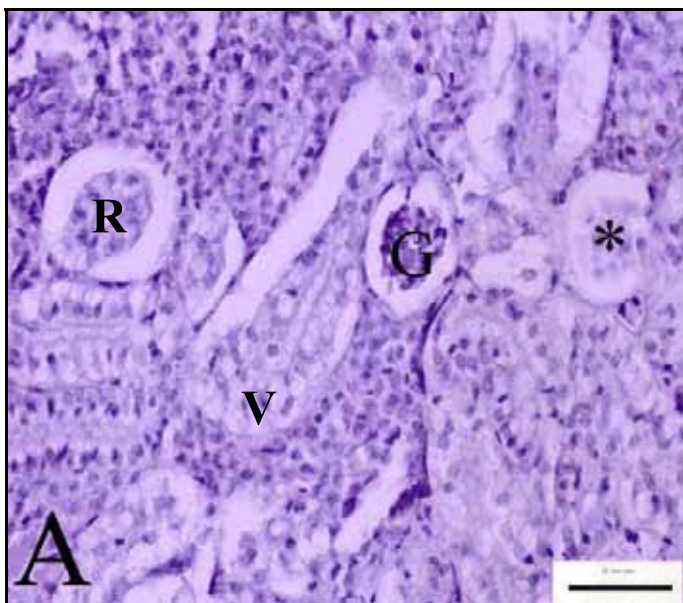
ภาพที่ 4.17 พยาธิสภาพไตของปลาดตะเพียนและปลากระดี่หม้อจากคลอง 7 ในช่วงฤดูฝน

- A**      ใต้ปลาดตะเพียนเดือนกรกฎาคม พบท่อไตสลาย (R) จนไม่เห็นขอบเขตของเซลล์ท่อไต เซลล์ท่อไตฝ่อ (A) เนื้อเยื่อไตตาย (\*) และ โกลเมอรูลัส (G) สลาย (Bar scale = 20  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B**      ใต้ปลากระดี่หม้อเดือนตุลาคม พบหย่อมเลือดออก (He) แทรกกระจายทั่วทั้งเนื้อเยื่อไต โซโดพลาสซึมของเซลล์ท่อไตย้อมติดสีชมพูเข้ม พบเซลล์ท่อไตฝ่อ (A) จนเห็นเป็นช่องว่างระหว่างท่อไตกับเนื้อเยื่อสร้างเลือด (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C**      ใต้ปลากระดี่หม้อเดือนตุลาคม พบการติดสีชมพูเข้มของเซลล์ท่อไต (R) เนื้อเยื่อสร้างเลือดตาย (\*) และมีหย่อมเลือดออก (He) (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



ภาพที่ 4.18 พยาธิสภาพของไตในปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน

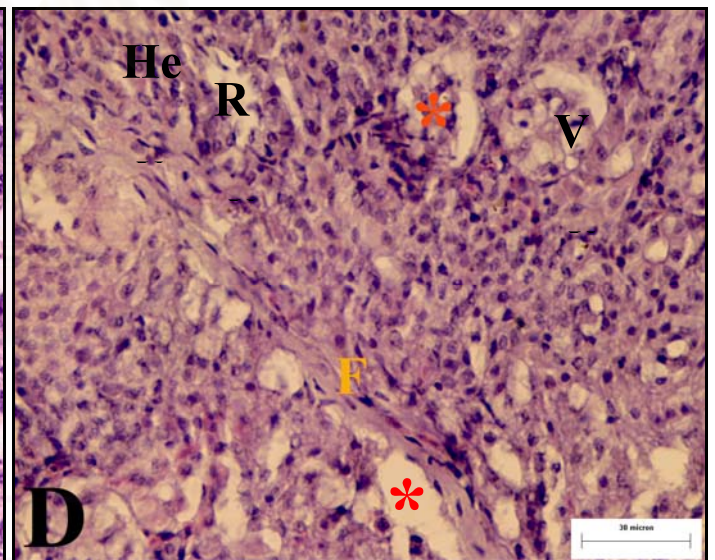
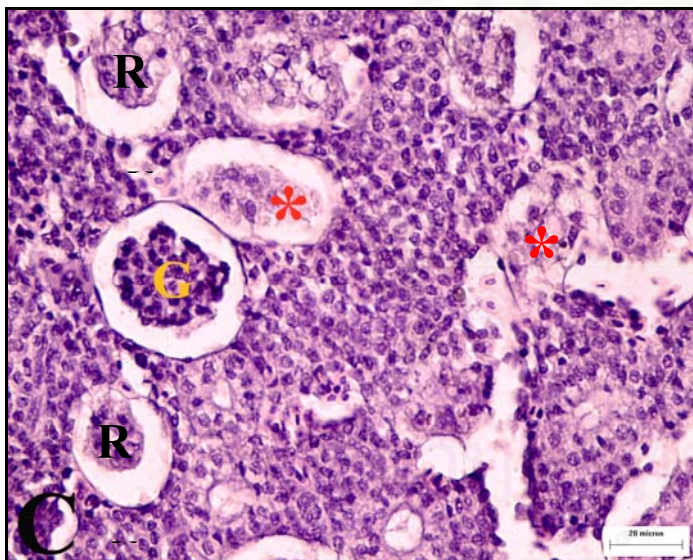
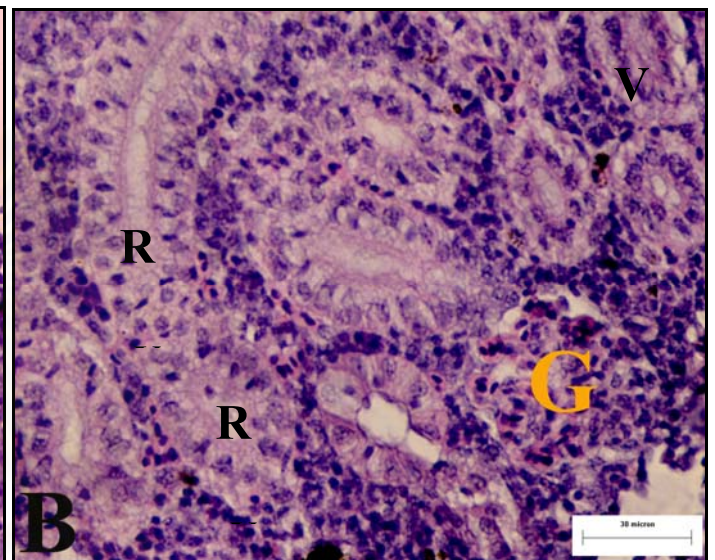
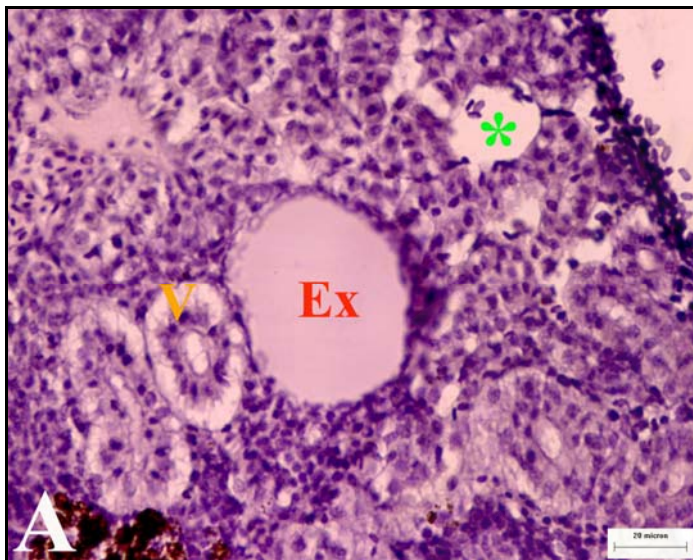
- A** เนื้อเยื่อไตปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.1 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบท่อไต (R) และโกลเมอรูลัสหดตัวแน่น (G) เห็นเป็นช่องว่างระหว่างเนื้อเยื่อ มีการสะสมของแวกคิวโอล (V) ในเซลล์ท่อไต ท่อไตฝ่อ (A) และตาย (\*) (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** แสดงเนื้อเยื่อไตปลาตะเพียนประกอบด้วยที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.2 ppb เป็นเวลา 30 วัน พบการสะสมของ hyaline granule (Hy) ในเซลล์ท่อไต (Bar scale = 10  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** เนื้อเยื่อไตปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.1 ppb เป็นเวลา 30 วัน มีการสะสมแวกคิวโอล (V) ในเซลล์ท่อไต พบการตายของเนื้อเยื่อไตเห็นเป็นช่องว่าง (\*) (Bar scale = 60  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** ไตปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.2 ppb เป็นระยะเวลา 30 วัน ไซโตพลาสซึมของเซลล์ท่อไตย้อมติดสีชมพู (R) มีการสะสมของแวกคิวโอล (V) ในท่อไต (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)





ภาพที่ 4.19 พยาธิสภาพของไตในปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb เป็นเวลา 30 วัน

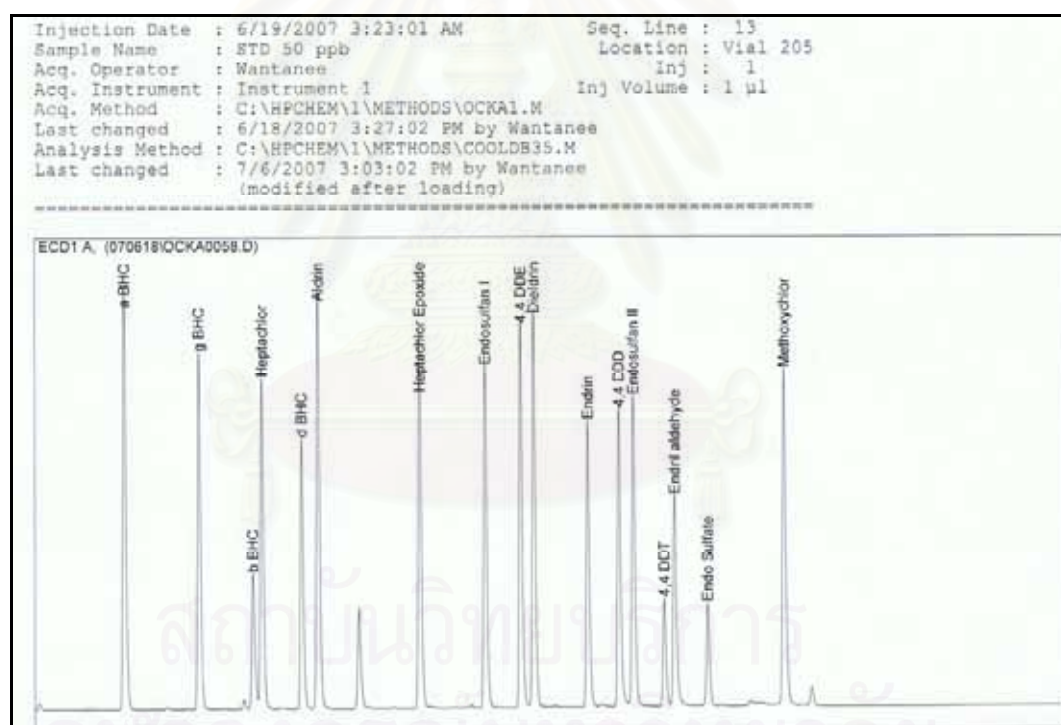
- A** ไตปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.5 ppb เป็นระยะเวลา 30 วัน พบสารข้อมติคีสัมพูในเนื้อเยื่อไต (Ex) เซลล์ท่อไตมีการสะสมแวกคิวโอล (V) ท่อไตตายจนเห็นเป็นเพียงช่องว่างภายในเนื้อเยื่อไต (\*) (Bar scale = 20  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- B** ไตปลาตะเพียนที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.8 ppb เป็นระยะเวลา 30 วัน พบเซลล์ท่อไตข้อมติคีสัมพู (R) เซลล์ท่อไตมีการสะสมแวกคิวโอล (V) ภายในไกลเมอรูลัสมีเลือดคั่ง (G) (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- C** ไตปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.5 ppb เป็นระยะเวลา 30 วัน พบท่อไตบางท่อสลาย (\*) ไกลเมอรูลัส (G) หดตัว (Bar scale = 20  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)
- D** ไตปลากระดี่หม้อที่ได้รับสารเอนโดซัลแฟนความเข้มข้น 0.8 ppb เป็นระยะเวลา 30 วัน มีการสะสมแวกคิวโอล (V) ในเซลล์ท่อไต พบท่อไตสลาย (R) มีข้อมติเลือดออกในเนื้อเยื่อไตเนื้อเยื่อไตตาย (\*) และมีการแทรกตัวของ fibroblast (F) (Bar scale = 30  $\mu\text{m}$  ย้อมสี H&E)



### 4.3 ผลการวิเคราะห์สารออร์กาโนคลอรีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ

#### 4.3.1 ผลรีเทนชันไทม์และค่า $R^2$ ของสารมาตรฐานออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิด

สร้างกราฟมาตรฐานด้วยการฉีดสารมาตรฐานออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิด ที่ความเข้มข้น 0.1 1 10 50 100 ppb สามารถแยกตามลำดับเวลาการออกมาของสารหรือรีเทนชันไทม์ (ตารางที่ 4.2) ดังนี้ แอลฟา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เบต้า-บีเอชซี เฮปตาคลอร์ เดลต้า-บีเอชซี อัลดริน เฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ แกมมา-เอนโดซัลแฟน พารา, พารา-ดีดีอี ดีลดริน เอนดริน พารา, พารา-ดีดีดี เบต้า-เอนโดซัลแฟน พารา, พารา-ดีดีที เอนดรินอัลดีไฮด์ เอนโดซัลแฟนซัลเฟต เมทอกซีคลอร์ ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.20 โครมาโตแกรมสารมาตรฐานออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิด ที่ความเข้มข้น 50 ppb

ตารางที่ 4.2 รีเทนชันไทม์และค่า R<sup>2</sup>

สารออร์กาโนคลอรีน	รีเทนชันไทม์(นาที)	ค่า R <sup>2</sup>
แอลฟา-บีเอชซี	13.242	0.9982
แกมมา-บีเอชซี	14.136	0.9986
เบต้า-บีเอชซี	14.327	0.9982
เฮปตาคลอร์	15.222	0.9982
เดลต้า-บีเอชซี	15.325	0.9982
อัลดริน	16.197	0.9982
เฮปตาคลอร์เอพอกไซด์	17.612	0.9976
แกมมา-เอนโคซัลเฟน	18.456	0.9981
พารา,พารา-ดีดีอี	18.931	0.9982
ดีลดริน	19.101	0.9983
เอนดริน	19.795	0.9976
พารา,พารา-ดีดีดี	20.034	0.9979
เบต้า-เอนโคซัลเฟน	20.152	0.9981
พารา,พารา-ดีดีที	20.672	0.9977
เอนดรินอัลดีไฮด์	20.774	0.9982
เอนโคซัลเฟนซัลเฟต	21.14	0.9985
เมทอกซีคลอร์	22.657	0.9983

#### 4.3.2 การหาประสิทธิภาพในการวิเคราะห์

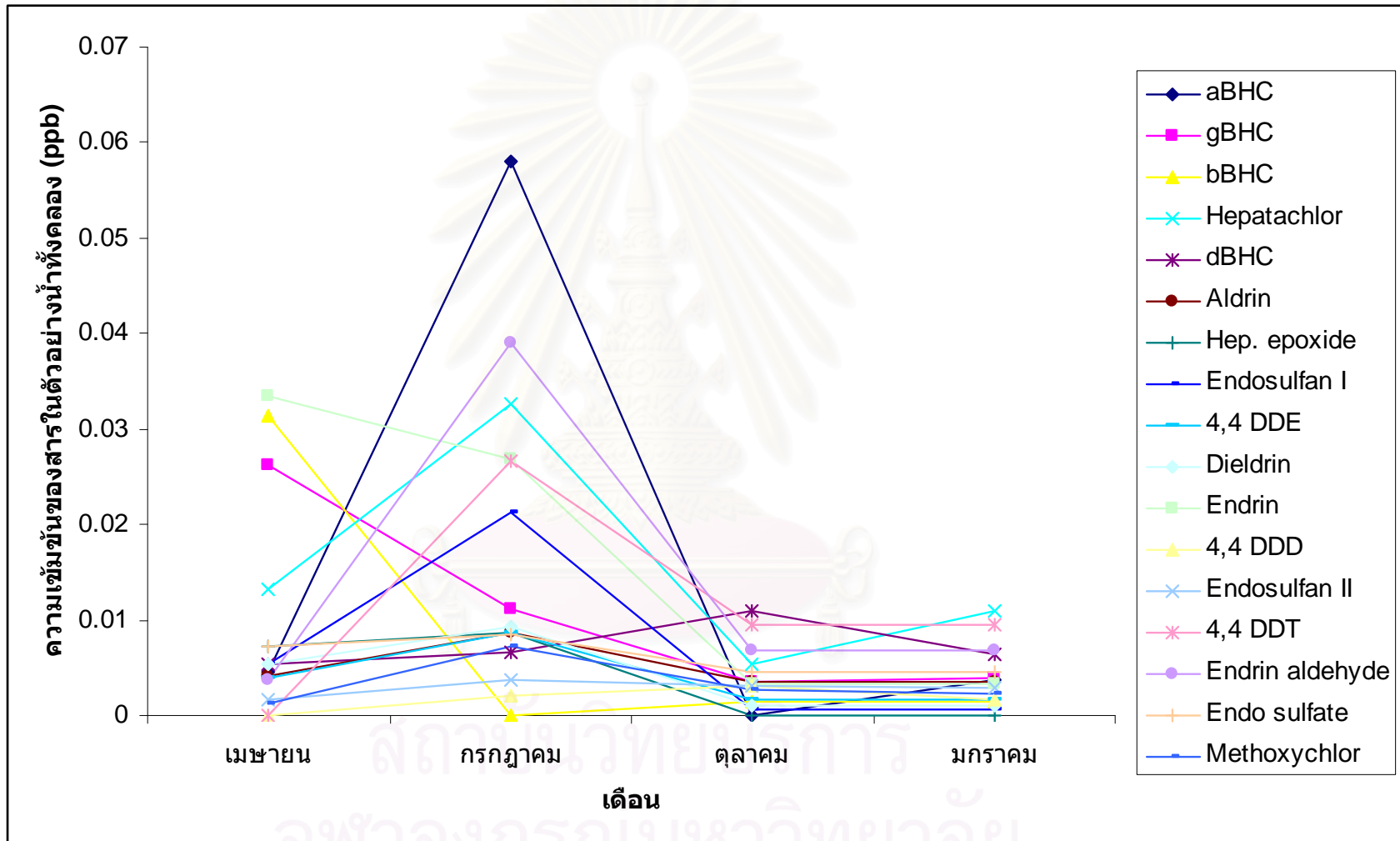
ผลของการหาประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งนี้ในตัวอย่างน้ำมีค่าเท่ากับ 91.64-128.31 เปอร์เซ็นต์ และในตัวอย่างปลา มีค่าเท่ากับ 91.27-116.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ 70-130% (Vives and Grimalt, 2002)

### 4.3.3 การหาขอบเขตการวิเคราะห์

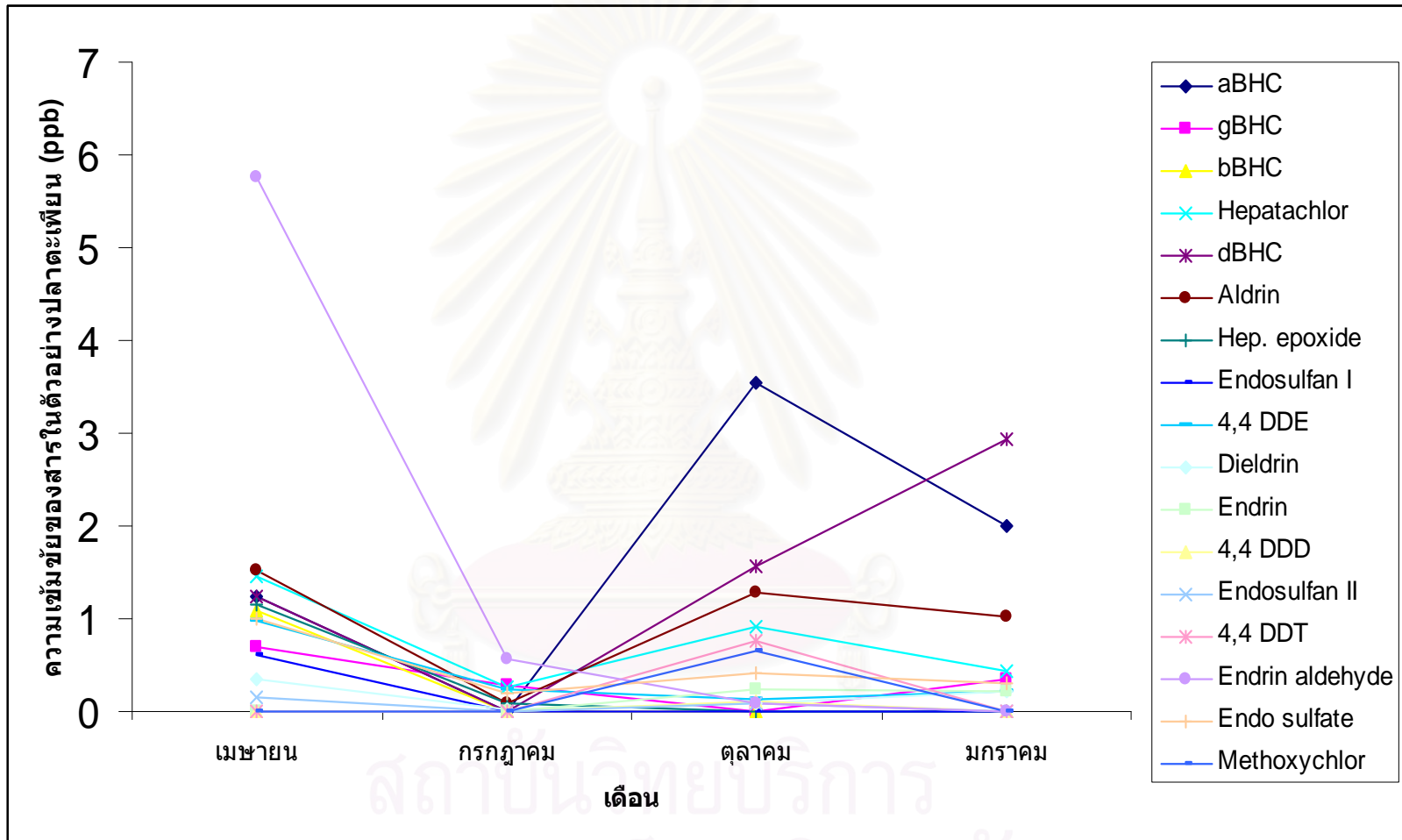
ขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ (limit of detection; LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ปริมาณ (limit of quantitation; LOQ) ของการศึกษาครั้งนี้คือ 0.007-0.01 ppb และ 0.006-0.01 ppb ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ (limit of detection; LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ปริมาณ (limit of quantitation; LOQ)

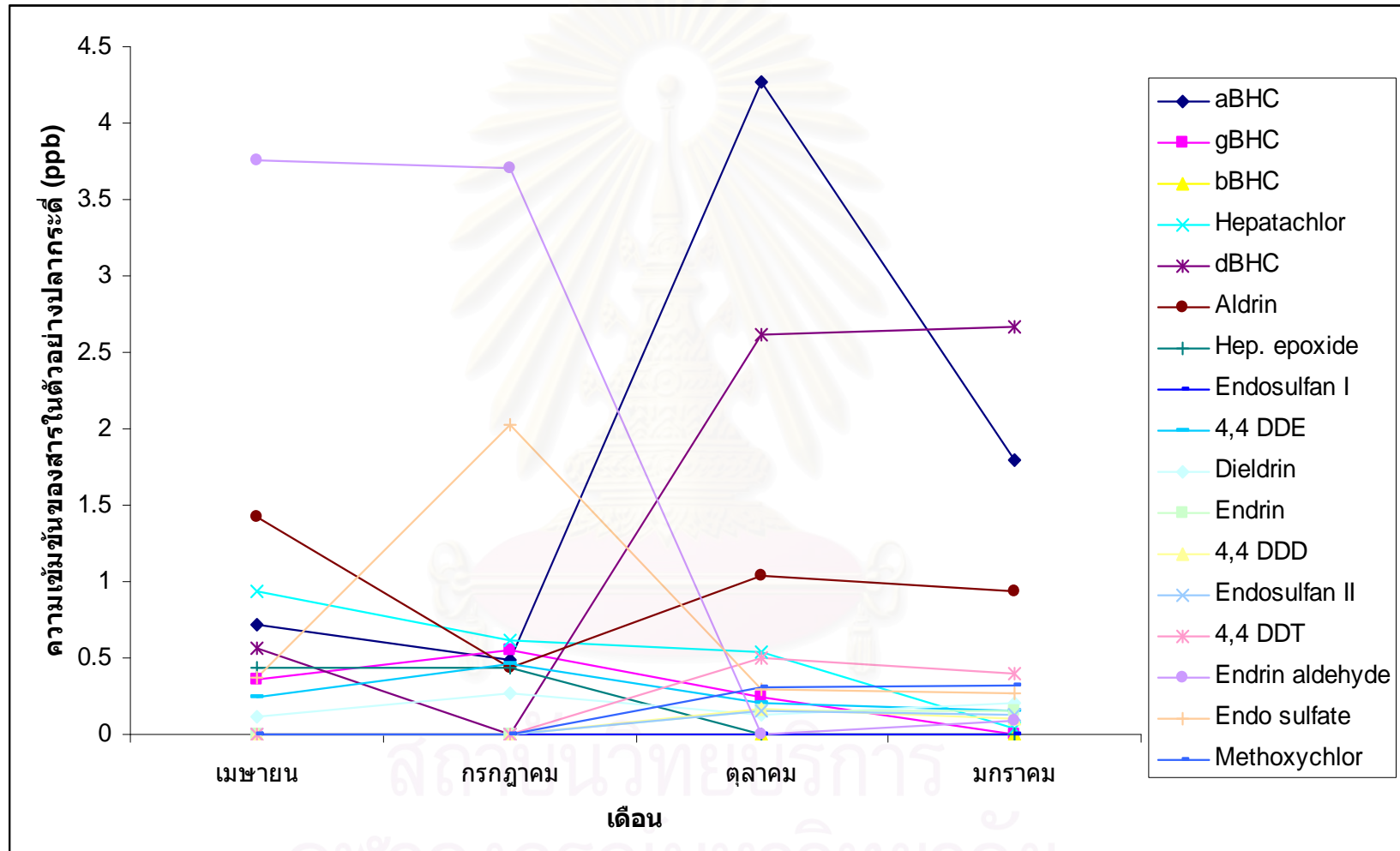
สารออร์กาโนคลอรีน	LOD	LOQ
แอลฟา-บีเอชซี	0.003	0.01
แกมมา-บีเอชซี	0.003	0.01
เบต้า-บีเอชซี	0.02	0.07
เฮปตาคลอรั	0.003	0.01
เดลต้า-บีเอชซี	0.003	0.01
อัคริน	0.003	0.01
เฮปตาคลอรัเอพอกไซด์	0.006	0.02
แกมมา-เอนโคซัลเฟน	0.005	0.02
พารา,พารา-ดีดีอี	0.005	0.02
ดีลคริน	0.005	0.02
เอนคริน	0.004	0.01
พารา,พารา-ดีดีดี	0.007	0.02
เบต้า-เอนโคซัลเฟน	0.005	0.02
พารา,พารา-ดีดีที	0.002	0.005
เอนครินอัลดีไฮด์	0.01	0.04
เอนโคซัลเฟนซัลเฟต	0.02	0.06
เมทอกซีคลอรั	0.002	0.006



ภาพที่ 4.21 ค่าความเข้มข้นของสารออร์กาโนคลอรีนในน้ำที่คลองเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551



ภาพที่ 4.22 ค่าความเข้มข้นของสารออร์กาโนคลอรีนในปลาตะเพียนเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551



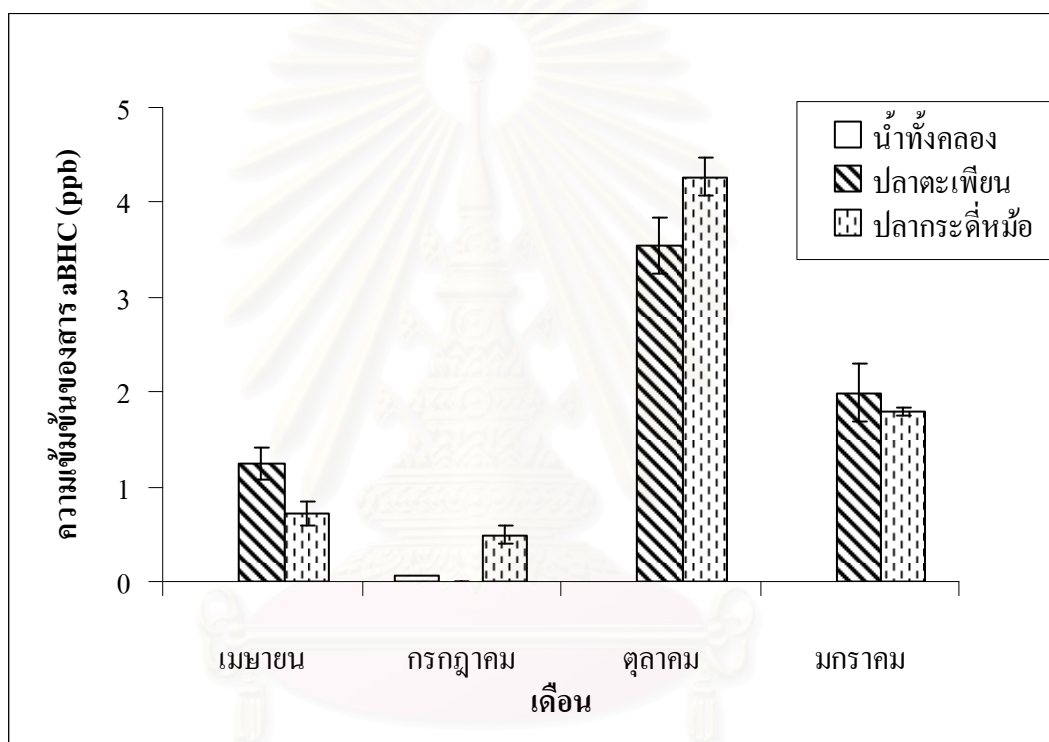
ภาพที่ 4.23 ค่าความเข้มข้นของสารออร์กาโนคลอรีนในปลากระดี่หื้อเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551



#### 4.3.4 สารออร์กาโนคลอรีนที่พบในตัวอย่างน้ำ ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในคลอง 7 จังหวัดปทุมธานี

ปริมาณสารออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในน้ำและปลาทั้ง 2 ชนิดในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ดังแสดงในภาพที่ 4.21-4.23 ความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดของทั้งตัวอย่างน้ำและปลาทั้ง 2 ชนิดแสดงในภาพที่ 4.24-4.40

##### ชนิด 1 แอลฟา-บีเอชซี

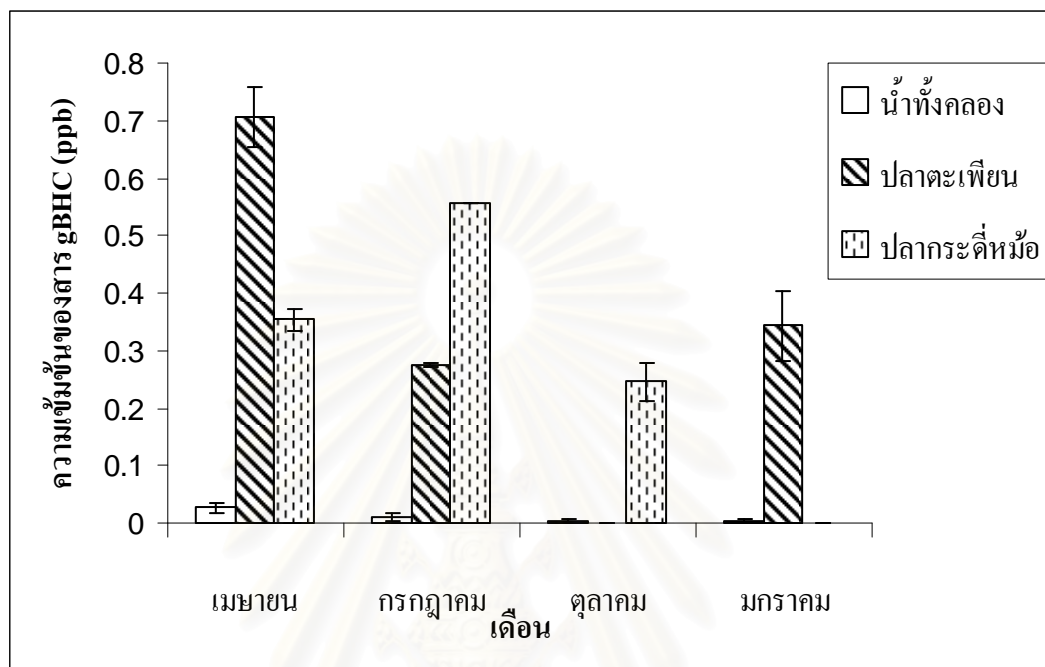


ภาพที่ 4.24 ค่าความเข้มข้นของสารแอลฟา-บีเอชซีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

จากการวิเคราะห์สารแอลฟา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ เดือนเมษายนพบสารแอลฟา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.005 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.24 และ 0.72 ppb ในเดือนกรกฎาคมพบสารแอลฟา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ย 0.0058 ppb และไม่พบในตัวอย่างปลาตะเพียนส่วนในตัวอย่างปลากระดี่หม้อพบว่ามีค่าเฉลี่ยแอลฟา-บีเอชซีเท่ากับ 0.49 ppb ในเดือนตุลาคม ไม่พบสารแอลฟา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.54 และ 4.27 ppb ตามลำดับ ในเดือนมกราคมพบสารแอลฟา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำ

ทั้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.99 และ 1.79 ppb ตามลำดับ

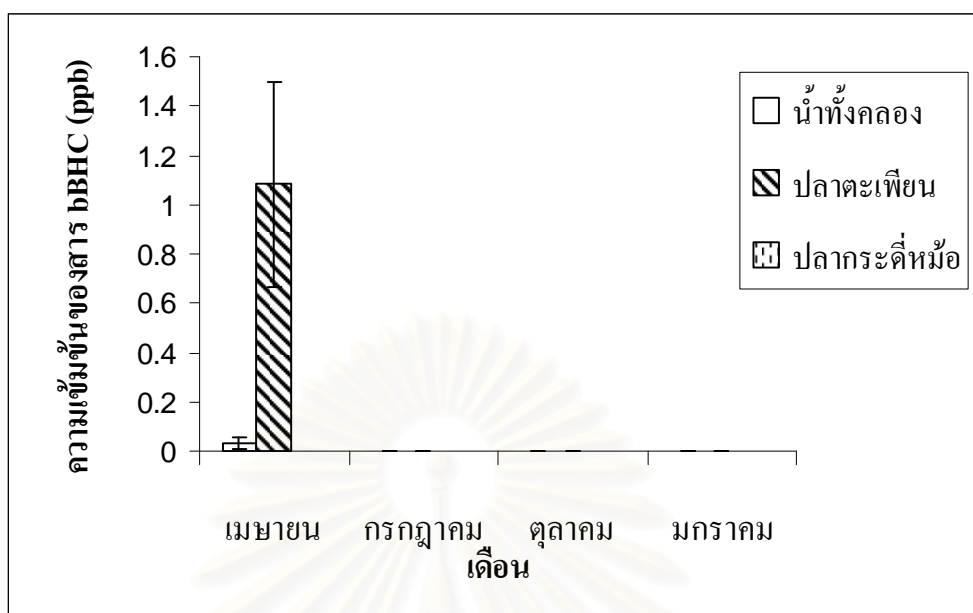
ชนิด 2 แกมมา-บีเอชซี



ภาพที่ 4.25 ค่าความเข้มข้นของสารแกมมา-บีเอชซีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

จากการวิเคราะห์สารแกมมา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อ ในเดือนเมษายนพบสารแกมมา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.026 ppb ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.706 และ 0.353 ppb เดือนกรกฎาคมพบสารแกมมา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ย 0.011 ppb ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.274 และ 0.557 ppb ในเดือนตุลาคมพบสารแกมมา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004 ppb และไม่พบสารแกมมา-บีเอชซีในตัวอย่างปลาตะเพียน ส่วนในตัวอย่างปลากระดี่หม้อพบว่ามีค่าความเข้มข้นของสารแกมมา-บีเอชซีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.245 ppb ในเดือนมกราคมพบสารแกมมา-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004 ppb และในตัวอย่างปลาตะเพียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.343 ppb แต่ไม่พบในตัวอย่างปลากระดี่หม้อ

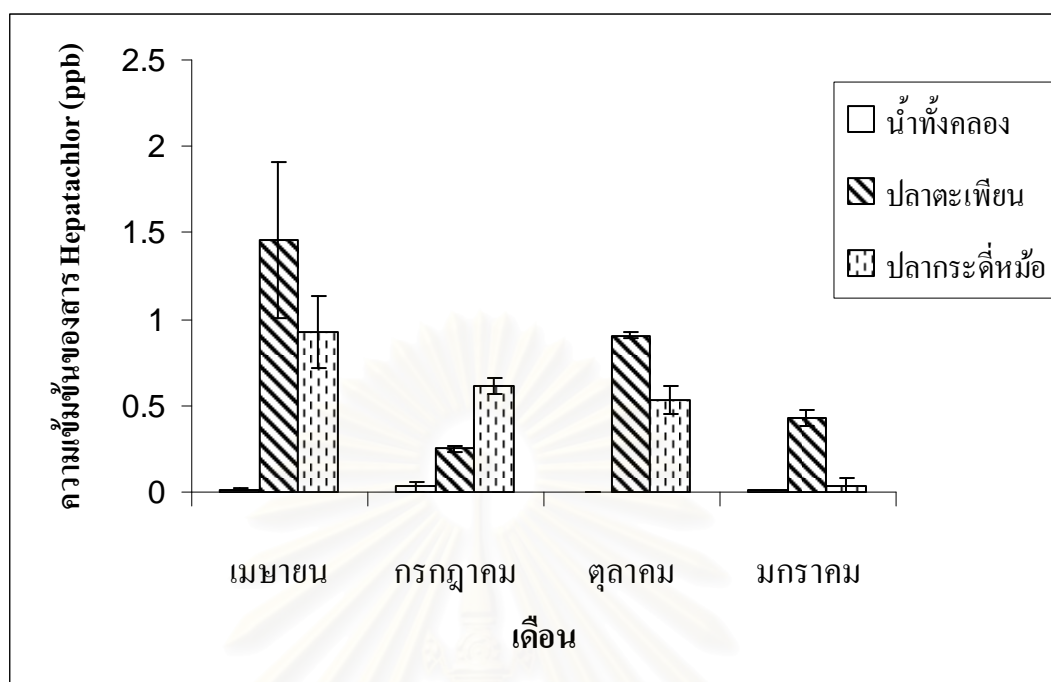
### ชนิด 3 เบต้า-บีเอสซี



ภาพที่ 4.26 ค่าความเข้มข้นของสารเบต้า-บีเอสซีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

จากการวิเคราะห์สารเบต้า-บีเอสซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อสามารถตรวจสอบสารเบต้า-บีเอสซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองและในปลาตะเพียนเฉพาะในเดือนเมษายน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0313 และ 1.081 ppb ตามลำดับ

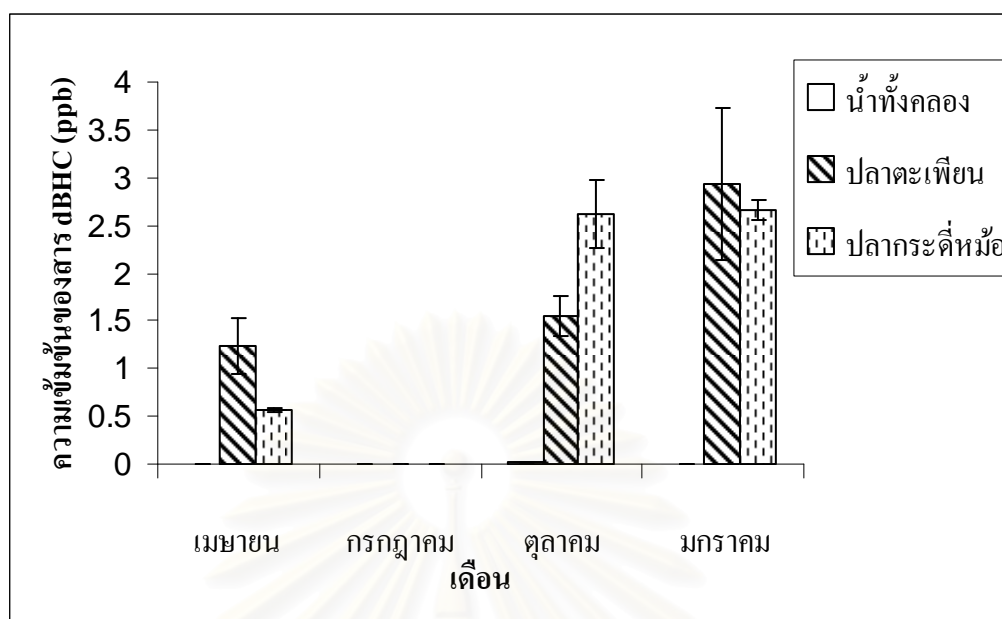
## ชนิด 4 เฮปตาคลอร์



ภาพที่ 4.27 ค่าความเข้มข้นของสารเฮปตาคลอร์ในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

จากการวิเคราะห์สารเฮปตาคลอร์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อเดือนเมษายนพบปริมาณความเข้มข้นในตัวอย่างน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.013 ppb และตรวจพบความเข้มข้นของสารเฮปตาคลอร์ในปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.459 และ 0.904 ppb ตามลำดับ ในเดือนกรกฎาคมพบสารเฮปตาคลอร์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ย 0.033 ppb ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.250 และ 0.617 ppb ในเดือนตุลาคมพบสารเฮปตาคลอร์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.005 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.905 และ 0.532 ppb ในเดือนมกราคมพบสารเฮปตาคลอร์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.011 ppb ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อพบว่ามีค่าเฉลี่ยของสารเฮปตาคลอร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.424 และ 0.362 ppb ตามลำดับ

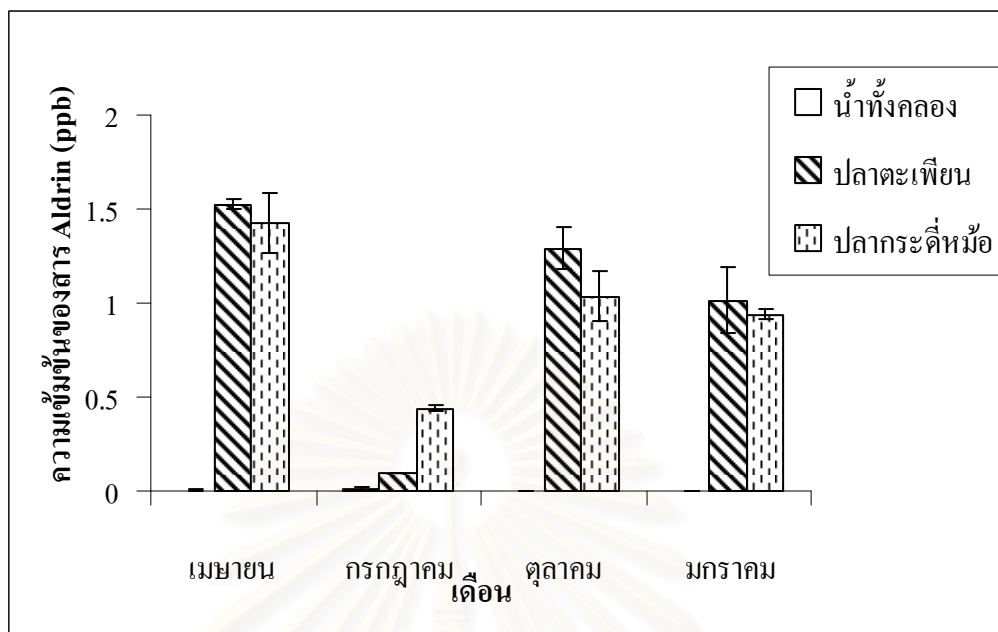
## ชนิด 5 เกล็ดน้ำ-บีเอชซี



ภาพที่ 4.28 ค่าความเข้มข้นของสารเคล็ดน้ำ-บีเอชซีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

จากการวิเคราะห์สารเคล็ดน้ำ-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อเดือนเมษายนพบสารเคล็ดน้ำ-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.005 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.235 และ 0.566 ppb ในเดือนกรกฎาคมพบสารเคล็ดน้ำ-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.006 ppb และไม่พบสารเคล็ดน้ำ-บีเอชซีในปลาทั้งสองชนิด เดือนตุลาคมพบสารเคล็ดน้ำ-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.011 ppb ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.558 และ 2.614 ppb เดือนมกราคมพบสารเคล็ดน้ำ-บีเอชซีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.006 ppb ตัวอย่างในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยคือ 2.931 และ 2.661 ppb ตามลำดับ

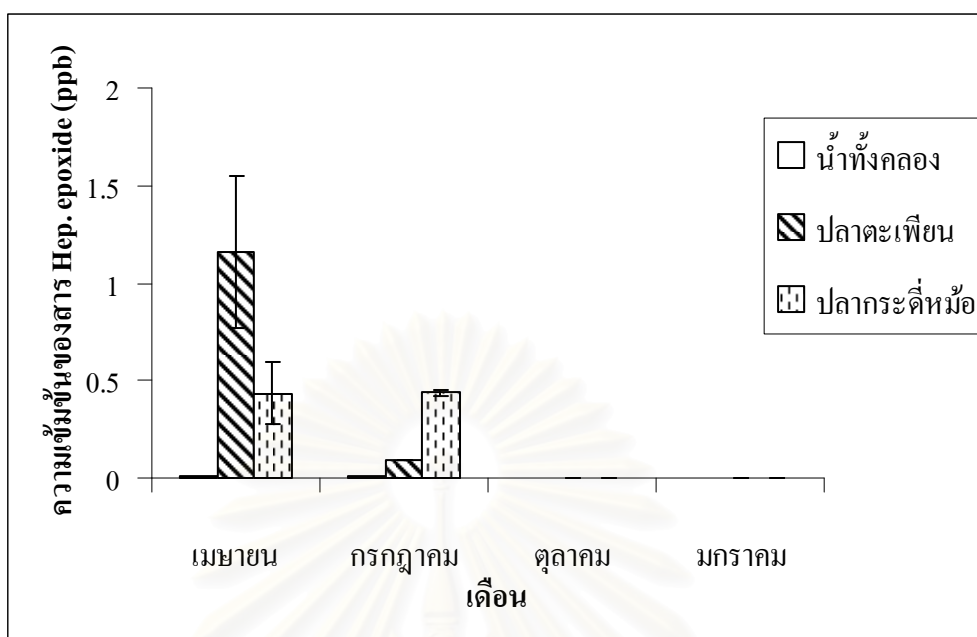
## ชนิด 6 อัลดริน



ภาพที่ 4.29 ค่าความเข้มข้นของสารอัลดรินในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์สารอัลดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ เดือนเมษายนพบสารอัลดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0042 ppb ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ พบความเข้มข้นของสารอัลดรินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.526 และ 1.427 ppb ในเดือนกรกฎาคมพบสารอัลดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0087 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.953 และ 0.438 ppb ในเดือนตุลาคมพบสารอัลดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004 ppb ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.292 และ 1.032 ppb ในเดือนมกราคมพบสารอัลดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเท่ากับ 1.161 และ 0.4354 ppb

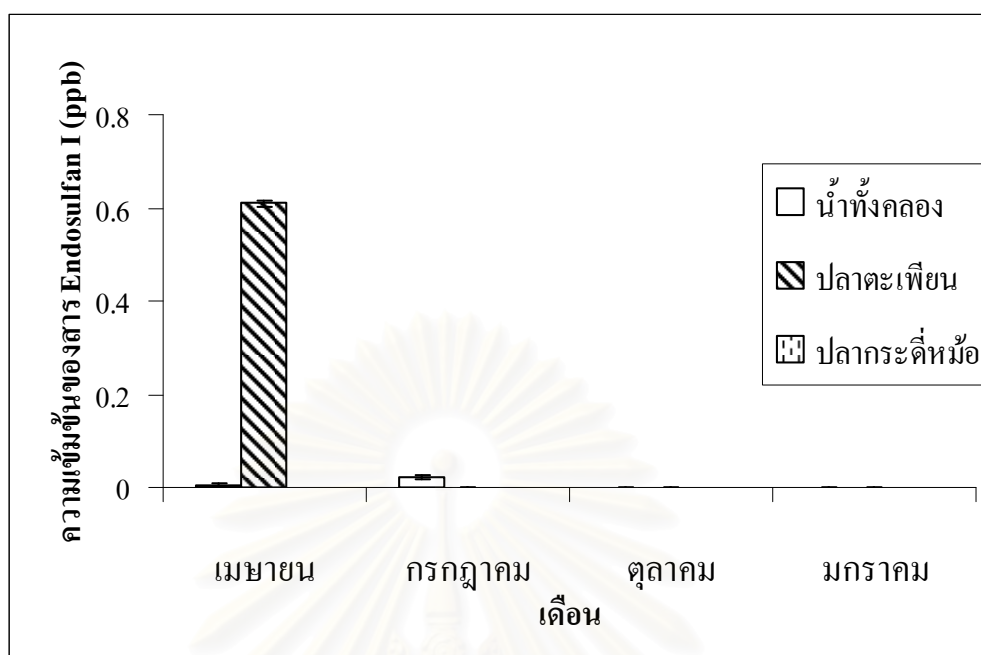
### ชนิด 7 เฮปตาคลอร์เอพอกไซด์



ภาพที่ 4.30 ค่าความเข้มข้นของสารเฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์สารเฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อ พบสารเฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ในเดือนเมษายนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.007 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.160 และ 0.435 ppb ในเดือนกรกฎาคมพบสารเฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0087 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0953 และ 0.438 ppb ในเดือนตุลาคมและเดือนมกราคมไม่พบสารเฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ในทั้งสามตัวอย่าง

### ชนิด 8 แกมมา-เอนโดซัลแฟน



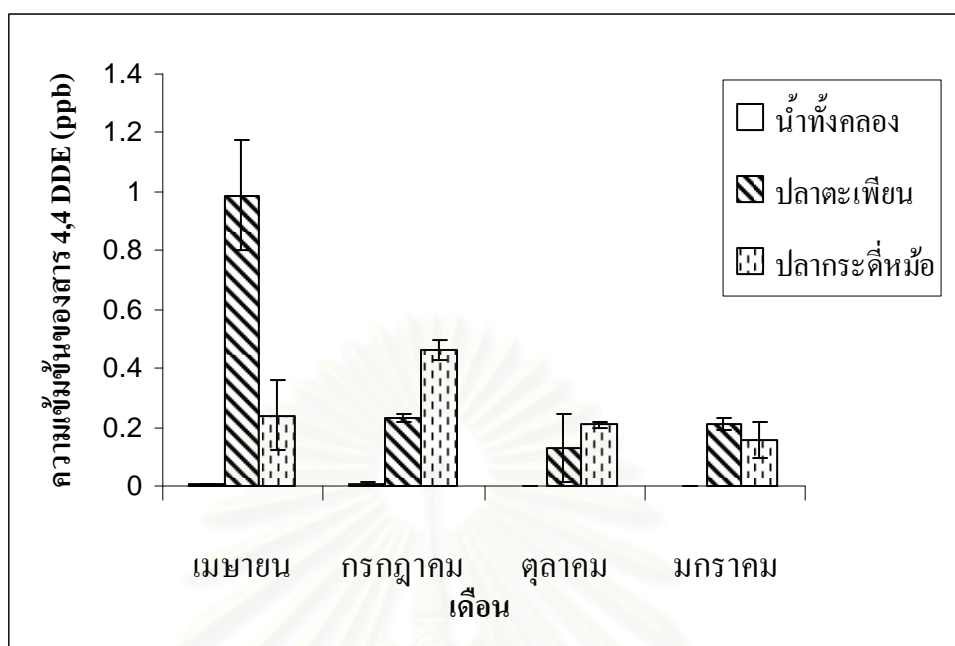
ภาพที่ 4.31 ค่าความเข้มข้นของสารแกมมา-เอนโดซัลแฟนในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

ผลการวิเคราะห์สารแกมมา-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อในทั้งสี่เดือน พบว่าในเดือนเมษายนพบสารแกมมา-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองและปลาตะเพียน 0.0053 และ 0.6094 ppb ตามลำดับ โดยไม่พบในตัวอย่างปลากระดี่หม้อในเดือนกรกฎาคมพบสารแกมมา-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง 0.0212 ppb แต่ไม่พบในตัวอย่างปลาทั้ง 2 ชนิด ในเดือนตุลาคมและเดือนมกราคมไม่พบสารแกมมา-เอนโดซัลแฟนในทั้งสามตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



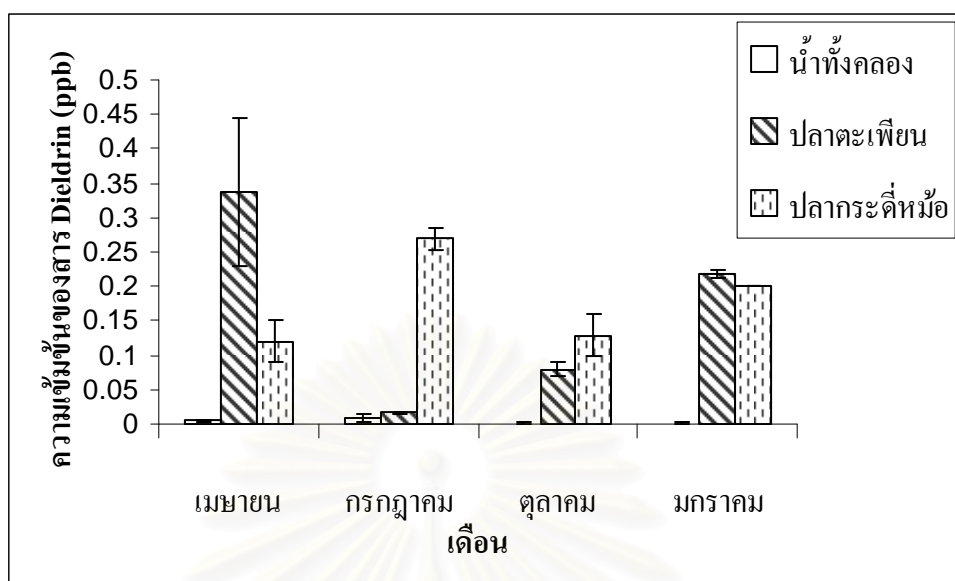
### ชนิด 9 4,4'-ดีดีอี



ภาพที่ 4.32 ค่าความเข้มข้นของสาร 4,4'-ดีดีอีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

ผลการวิเคราะห์สาร 4,4'-ดีดีอีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อเดือนเมษายนพบสาร 4,4'-ดีดีอีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0039 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อพบความเข้มข้นของสาร 4,4'-ดีดีอี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.988 และ 0.239 ppb ในเดือนกรกฎาคมพบสาร 4,4'-ดีดีอีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0087 ppb ตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.229 และ 0.462 ppb ในเดือนตุลาคมพบสาร 4,4'-ดีดีอีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.002 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อพบว่ามีค่าเฉลี่ยของสาร 4,4'-ดีดีอีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.298 และ 0.209 ppb ในเดือนมกราคมพบสาร 4,4'-ดีดีอีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.002 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อพบค่าเฉลี่ย 0.2108 และ 0.1549 ppb

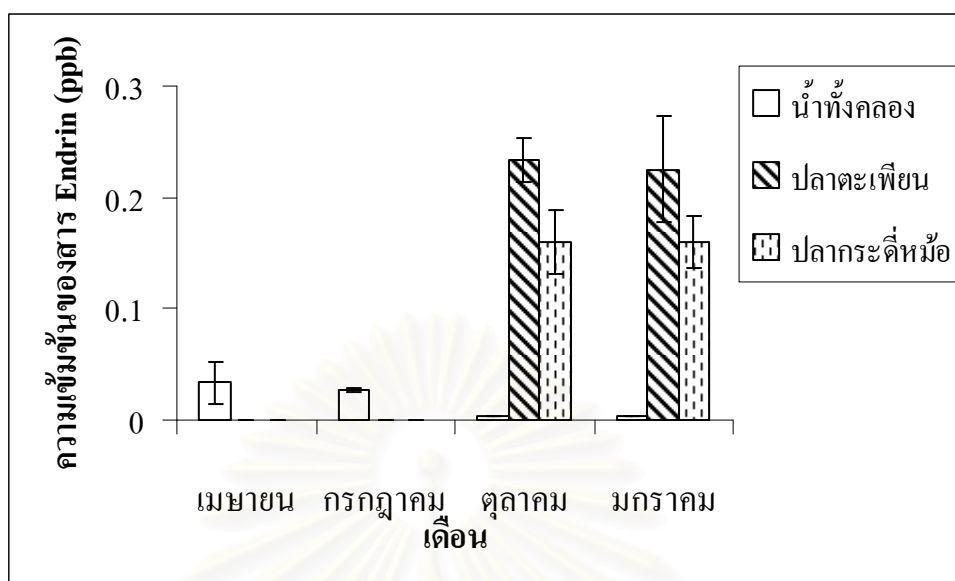
## ชนิด 10 ดีลทริน



ภาพที่ 4.33 ค่าความเข้มข้นของสารดีลทรินในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดีหมีในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

ผลการวิเคราะห์สารดีลทรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดีหมีในเดือนเมษายนพบสารดีลทรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0053 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดีหมีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.338 และ 0.120 ppb ในเดือนกรกฎาคมพบสารดีลทรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0092 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดีหมีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.016 และ 0.269 ppb ในเดือนตุลาคมพบสารดีลทรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.001 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดีหมีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.079 และ 0.129 ppb ในเดือนมกราคมพบสารดีลทรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.001 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดีหมีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.218 และ 0.201 ppb

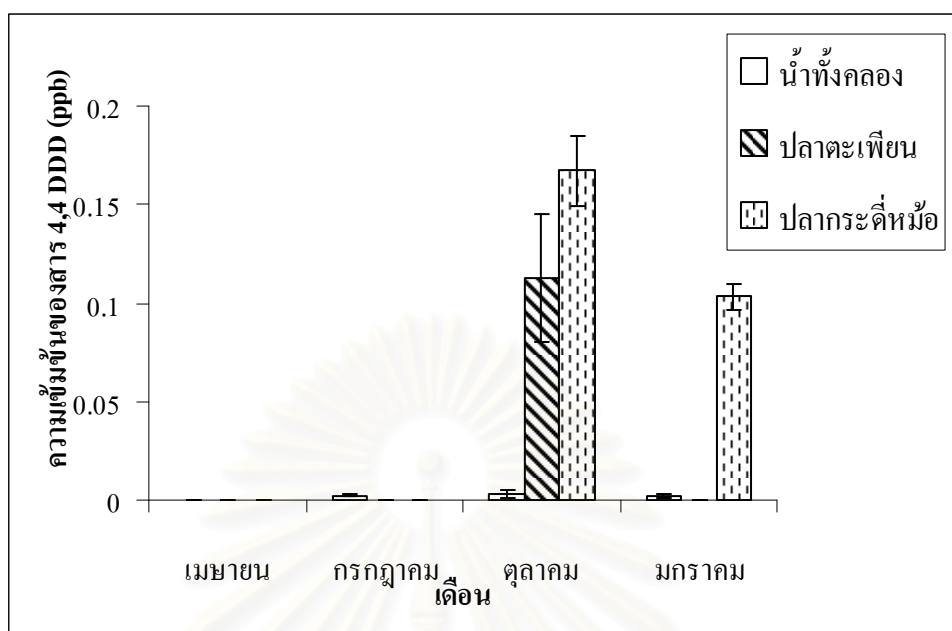
## ชนิด 11 เอนดริน



ภาพที่ 4.34 ค่าความเข้มข้นของสารเอนดรินในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

ผลวิเคราะห์สารเอนดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ ในเดือนเมษายนและกรกฎาคมพบสารเอนดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.033 และ 0.027 ppb ตามลำดับ และไม่พบสารเอนดรินในตัวอย่างปลาทั้งสองชนิด ในเดือนตุลาคมพบสารเอนดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.233 และ 0.160 ppb ในเดือนมกราคมพบสารเอนดรินในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ย 0.225 และ 0.160 ppb

### ชนิด 12 4,4'-ดีดีดี

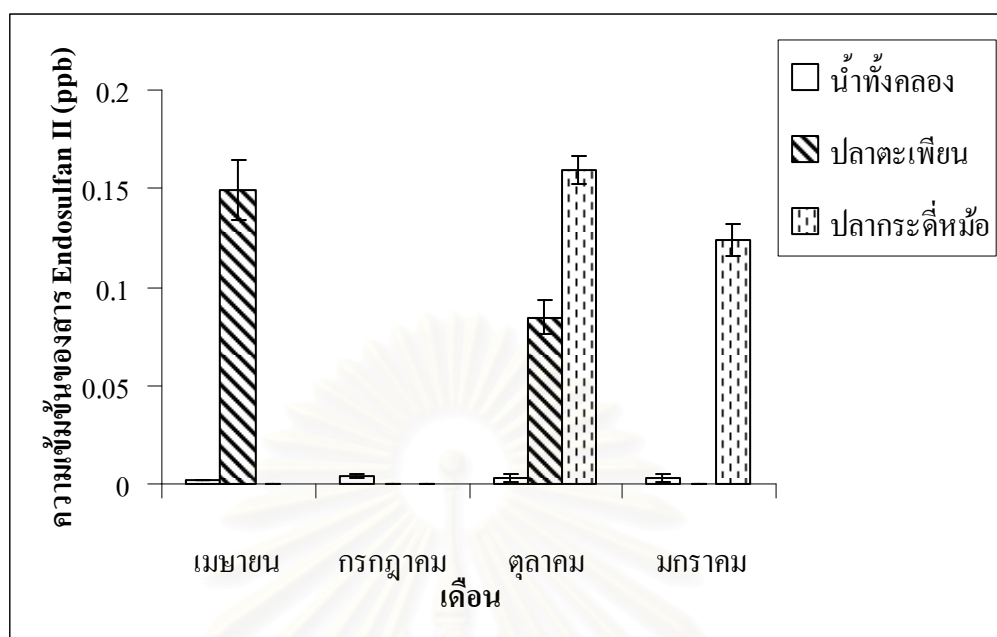


ภาพที่ 4.35 ค่าความเข้มข้นของสาร 4,4'-ดีดีดีในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2551 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

ผลการวิเคราะห์สาร 4,4'-ดีดีดีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในทั้งสี่เดือน พบว่าในเดือนเมษายนไม่พบสาร 4,4'-ดีดีดีในตัวอย่างทั้งสามชนิด เดือนกรกฎาคมพบสาร 4,4'-ดีดีดีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.002 ppb และไม่พบสาร 4,4'-ดีดีดีในตัวอย่างปลาทั้งสองชนิด ในเดือนตุลาคมพบสาร 4,4'-ดีดีดีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.113 และ 0.167 ppb ในเดือนมกราคม พบสาร 4,4'-ดีดีดีในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.002 ppb และไม่พบสาร 4,4'-ดีดีดีในตัวอย่างปลาตะเพียน แต่พบในตัวอย่างปลากระดี่หม้อเท่ากับ 0.103 ppb

สถาบันนวัตกรรมการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

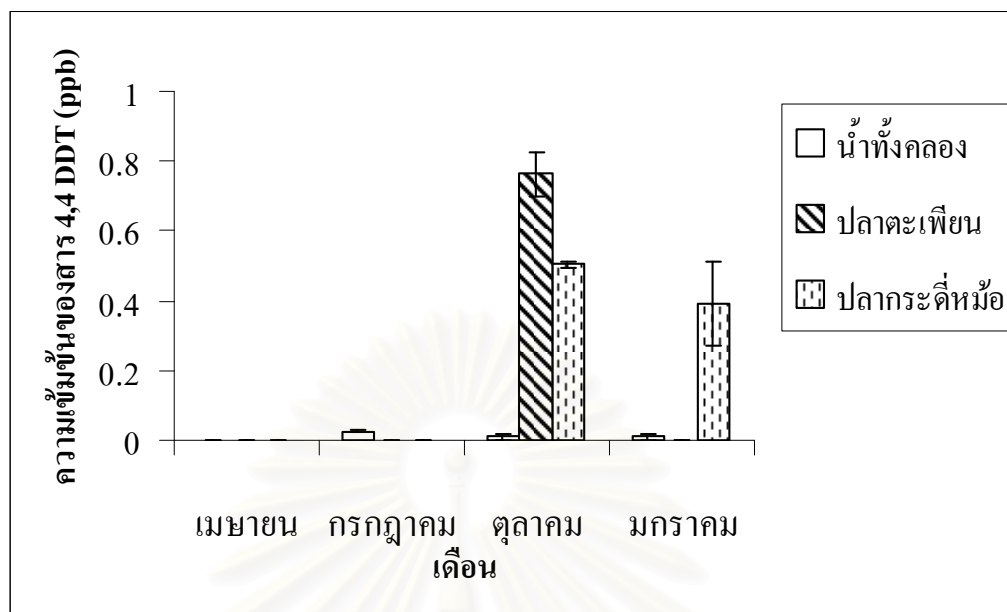
### ชนิด 13 เบต้า-เอนโดซัลแฟน



ภาพที่ 4.36 ค่าความเข้มข้นของสารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในน้ำทิ้งคลอง ปลาดูเลี้ยงและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

จากผลการวิเคราะห์สารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาดูเลี้ยงและปลากระดี่หม้อในทั้งสี่เดือน พบว่าในเดือนเมษายนพบสารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.002 ppb และพบสารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างปลาดูเลี้ยงเท่ากับ 0.149 ppb แต่ไม่พบในตัวอย่างปลากระดี่หม้อ ในเดือนกรกฎาคมพบสารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004 ppb แต่ไม่พบสารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างทั้งปลาดูเลี้ยงและปลากระดี่หม้อ เดือนตุลาคมพบสารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 ppb ในตัวอย่างปลาดูเลี้ยงและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.085 และ 0.159 ppb ในเดือนมกราคม พบสารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 ppb และไม่พบสารเบต้า-เอนโดซัลแฟนในตัวอย่างปลาดูเลี้ยง แต่พบในตัวอย่างปลากระดี่หม้อ เท่ากับ 0.124 ppb

## ชนิด 14 4,4'-ดีดีที

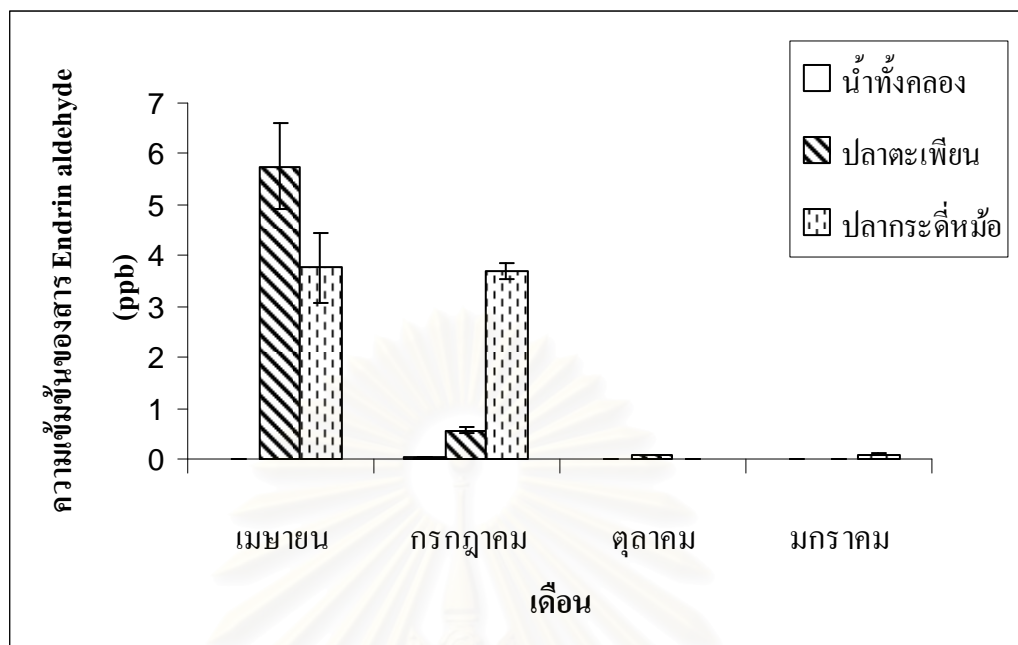


ภาพที่ 4.37 ค่าความเข้มข้นของสาร 4,4'-ดีดีทีในน้ำทั้งหมด ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

ผลการวิเคราะห์สาร 4,4'-ดีดีที ในตัวอย่างน้ำทั้งหมด ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อเดือนเมษายนไม่พบสาร 4,4'-ดีดีทีในทั้งสามตัวอย่าง ในเดือนกรกฎาคมพบสาร 4,4'-ดีดีทีในตัวอย่างน้ำทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.027 ppb และไม่พบสาร 4,4'-ดีดีทีในตัวอย่างปลาทั้งปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ ในเดือนตุลาคมพบสาร 4,4'-ดีดีทีในตัวอย่างน้ำทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.009 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.763 และ 0.504 ppb เดือนมกราคมพบสาร 4,4'-ดีดีทีในตัวอย่างน้ำทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.009 ppb ไม่พบสาร 4,4'-ดีดีทีในตัวอย่างปลาตะเพียนแต่พบในตัวอย่างปลากระดี่หม้อเท่ากับ 0.391 ppb

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

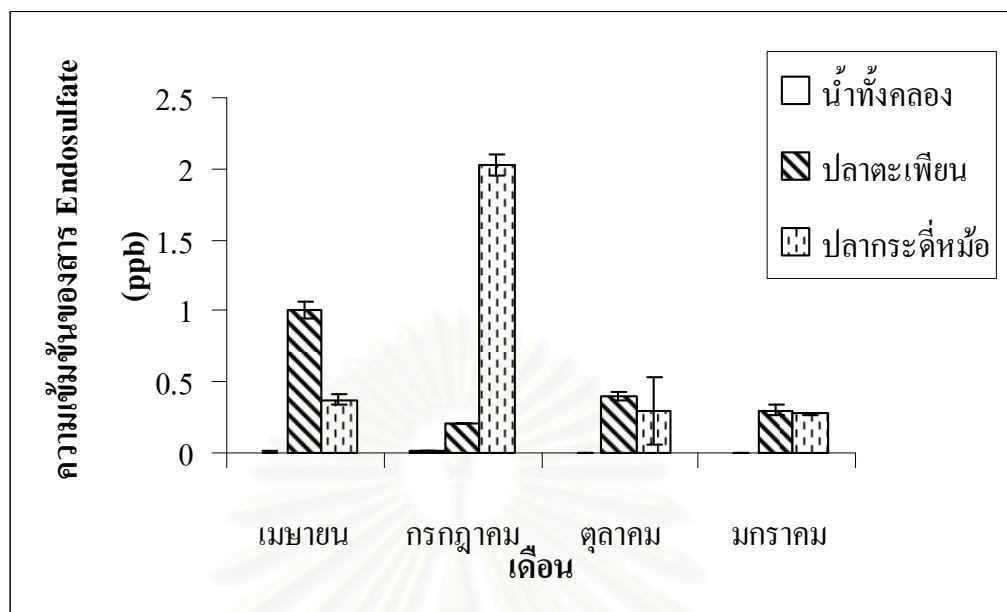
## ชนิด 15 เอนดรินอัลดีไฮด์



ภาพที่ 4.37 ค่าความเข้มข้นของสารเอนดรินอัลดีไฮด์ ในน้ำทิ้งคลอง ปลายะพืชนและปลายะระดีหม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์สารเอนดรินอัลดีไฮด์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลายะพืชนและปลายะระดีหม้อในทั้งสี่เดือน พบว่าในเดือนเมษายนพบสารเอนดรินอัลดีไฮด์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004 ppb ในตัวอย่างปลายะพืชนและปลายะระดีหม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.753 และ 3.759 ppb ในเดือนกรกฎาคมพบสารเอนดรินอัลดีไฮด์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.039 ppb ในตัวอย่างปลายะพืชนและปลายะระดีหม้อพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.559 และ 3.708 ppb ในเดือนตุลาคม พบสารเอนดรินอัลดีไฮด์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.007 ppb และพบสารเอนดรินอัลดีไฮด์ในตัวอย่างปลายะพืชนเท่ากับ 0.083 ppb แต่ไม่พบในตัวอย่างปลายะระดีหม้อในเดือนมกราคมพบสารเอนดรินอัลดีไฮด์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.007 ppb และไม่พบสารเอนดรินอัลดีไฮด์ในตัวอย่างปลายะพืชนแต่พบในตัวอย่างปลายะระดีหม้อเท่ากับ 0.090 ppb

## ชนิด 16 เอนโดซัลแฟนซัลเฟต



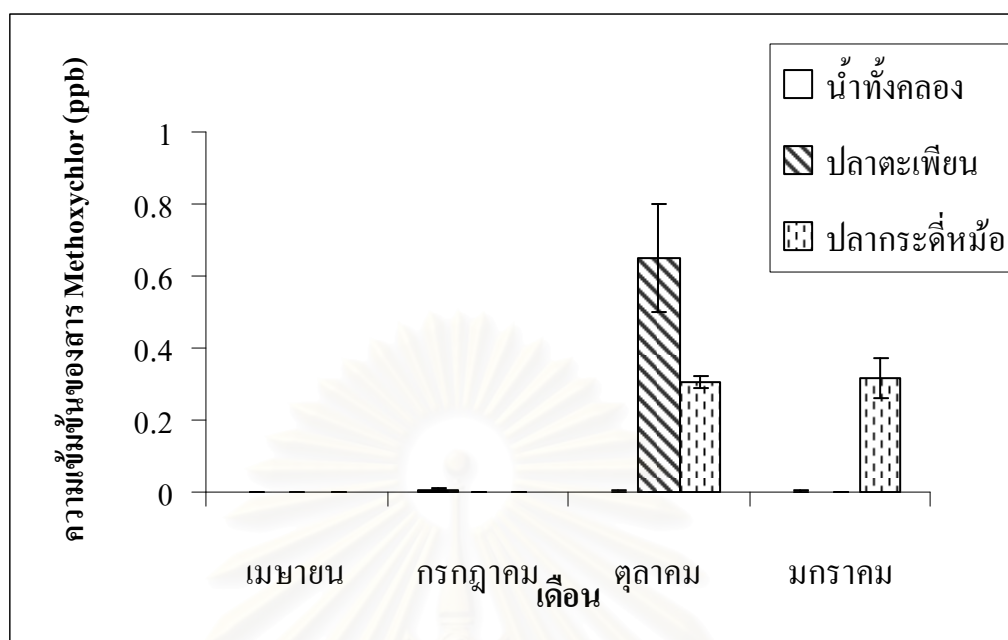
ภาพที่ 4.39 ค่าความเข้มข้นของสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์สารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียน และปลากระดี่หม้อในทั้งสี่เดือน เดือนเมษายนพบสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.007 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.003 และ 0.372 ppb ในเดือนกรกฎาคมพบสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.009 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.205 และ 2.024 ppb ในเดือนตุลาคมพบสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.403 และ 0.294 ppb ในเดือนมกราคมพบสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0047 ppb ในตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.297 และ 0.275 ppb

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ชนิด 17 เมทอกซีคลอร์



ภาพที่ 4.40 ค่าความเข้มข้นของสารเมทอกซีคลอร์ในน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ ในเดือนเมษายน กรกฎาคม ตุลาคม พ.ศ.2550 และเดือนมกราคม พ.ศ.2551

ผลการวิเคราะห์สารเมทอกซีคลอร์ตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง ปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ พบว่าในเดือนเมษายนและกรกฎาคมพบสารเมทอกซีคลอร์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.001 และ 0.007 ppb ตามลำดับ และไม่พบสารเมทอกซีคลอร์ในตัวอย่างทั้งปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ ในเดือนตุลาคมพบสารเมทอกซีคลอร์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 ppb และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ พบว่ามีความเข้มข้นของสารเมทอกซีคลอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.649 และ 0.305 ppb ตามลำดับ) ในเดือนมกราคมพบสารเมทอกซีคลอร์ในตัวอย่างน้ำทิ้งคลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.002 ppb และไม่พบสารเมทอกซีคลอร์ในตัวอย่างปลาตะเพียนแต่พบในตัวอย่างปลากระดี่หม้อเท่ากับ 0.316 ppb

## บทที่ 5

### อภิปรายผลการทดลอง สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 อภิปรายผลการทดลอง

##### 5.1.1 ปัจจัยทางกายภาพของน้ำที่ทำการตรวจระหว่างการศึกษาตัวอย่าง

คุณภาพน้ำของคลอง 7 ที่ศึกษาแม้จะพบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม พ.ศ.2550 มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำที่กำหนดไว้คือต่ำกว่า 4 mg/L (เปี่ยมศักดิ์เมนะเสวต, 2543) ซึ่งแสดงถึงการสะสมของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเช่นแพลงตอนปริมาณสูงในน้ำ แต่สามารถนำน้ำจากคลอง 7 มาใช้ในการทำเกษตรกรรมได้

##### 5.1.2 พยาธิสภาพของเหงือกปลาตะเพียนและปลากะตือหม้อ

เหงือกเป็นอวัยวะที่ค่อนข้างละเอียดอ่อนเมื่อเทียบกับส่วนที่ปกคลุมผิวหนังที่เหลือ เนื่องจากการหายใจต้องใช้การแพร่กระจายของแก๊สผ่านเยื่อบุผิวของซี่เหงือก นอกจากนี้ยังมีน้ำจำนวนมากที่ต้องผ่าน ซี่เหงือกอยู่ตลอดเวลาไม่เว้นแม้แต่ช่วงพักของปลา ซึ่งเป็นโอกาสให้สารได้ละลายหรือแขวนลอยผ่านเหงือก (Alan, 1995) ตัวอย่างการเกิดพยาธิสภาพของเหงือกปลาที่ถูกกระตุ้นด้วยสารมลพิษ เช่น เกิด necrosis ของเซลล์ ซี่เหงือกเกิดการรวมตัวกัน เยื่อบุผิวหลุดลอก การหลังเมือก มีการแทรกตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวที่เยื่อบุผิว ช่องไขนุซอซด์ขยาย (Alan, 1995)

ในเนื้อเยื่อเหงือกพบว่าปลาจากคลอง 7 แสดงพยาธิสภาพคล้ายคลึงกับการทดลองด้วยสารเอนโดซัลแฟนในระดับความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb แสดงถึงการได้รับสารพิษในน้ำจากคลอง 7 อยู่ตลอดเวลา และที่ความเข้มข้น 0.8 ppb พบพยาธิสภาพของเหงือกมีความรุนแรงมากที่สุด พบซี่เหงือกเรียงตัวไม่เป็นระเบียบมากขึ้น และพบการเกิด telangiectasia ในปลากะตือหม้อ พบการเพิ่มจำนวนเซลล์เยื่อบุผิวของซี่เหงือก gill filament มากที่สุด พยาธิสภาพที่พบสอดคล้องกับการศึกษาของ Mishra and Mohanty (2008) ทำการศึกษาพิษของโครเมียมต่อปลา *Channa punctus* พบการเกิดการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อบุผิว การเชื่อมรวมกันเป็นแผ่นเดียวกันของกิ่งเหงือก การบวมของเซลล์เยื่อบุผิว การหลุดลอกของเซลล์เยื่อบุผิว การตายของเซลล์เยื่อบุผิวแบบเนโครซิส และงานของ Benli *et al.* (2008) ศึกษาพิษของแอมโมเนียต่อปลา *Nile tilapia* พบการเพิ่มจำนวนของเซลล์เยื่อบุผิว การเชื่อมรวมกันของ gill lamellae และการเกิด telangiectasis

### 5.1.3 พยาธิสภาพของตับปลาตะเพียนและปลากะตักหม้อ

ในเนื้อเยื่อตับพบการเสื่อมของตับแบบมีแวกคิวโอล เซลล์ตับตาย พบการแทรกซึมของเซลล์เม็ดเลือดขาวในบริเวณที่เซลล์ตับตาย และยังพบการแทรกตัวของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในเนื้อเยื่อตับอีกด้วย การมีไฟโบรบลาสต์แทรกในเนื้อเยื่อตับเป็นการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหายให้คงรูปร่างเดิม มักพบร่วมกับการสร้างหลอดเลือดใหม่ (Cotran, *et al.*, 2006) การมีไฟโบรบลาสต์แทรกตัวเข้ามาในเนื้อเยื่อตับแบบที่พบในปลาที่จับจากคลอง 7 บ่งบอกถึงภาวะตับอักเสบแบบเรื้อรัง (Robbins, *et al.*, 2004) ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 0.8 ppb ตับปลาแสดงพยาธิสภาพที่รุนแรงที่สุดในปลาทั้ง 2 ชนิด เมื่อเทียบกับความเข้มข้นในระดับอื่นๆ พบว่าปลากะตักหม้อเกิดพยาธิสภาพในตับที่มากกว่าปลาตะเพียนในหลายตัวอย่าง สอดคล้องกับการทดลองสารออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในตัวปลา พบว่าปลากะตักหม้อสามารถสะสมสารพิษตกค้างได้ในปริมาณที่มากกว่าปลาตะเพียน พบเซลล์ตับมี 2 นิวเคลียสใน 1 เซลล์ อาจเนื่องมาจากเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการ โดยเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย จึงทำให้มีการหลอมรวมกันของเซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้เยื่อหุ้มเซลล์ยังเสียความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ของสารต่างๆ ด้วย จึงทำให้มีการบวมน้ำอย่างมากภายหลังการตาย มีการหลังเอนไซม์จากไลโซโซมมาย่อยสารชีวโมเลกุลภายในไซโตพลาสซึม ทำให้เกิดช่องว่างภายในเซลล์ และในขั้นตอนนี้เซลล์จะมีลักษณะพองมากขึ้น ส่วนที่นิวเคลียสจะหดตัวแน่น มีขนาดเล็กและติดสีที่มากขึ้นเรียกว่า pyknotic nucleus จากนั้นจะมีการสลายตัวของโครมาตินในนิวเคลียส เรียกว่า karyolysis และติดตามมาด้วยการแตกสลายของนิวเคลียสออกเป็นชิ้นๆ เรียกว่า karyorrhexis nucleus ดังนั้นการสูญเสียนิวเคลียสกับการแตกสลายของไซโตพลาสซึมของเซลล์จึงเป็นสัญลักษณ์ของการตายของเซลล์แบบ necrosis (ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้วและคณะ, 2535) การพบแกรนูโลตีน้ำตาลทองในเซลล์ตับที่ตายบางเซลล์ ซึ่งอาจเป็นแกรนูโลลของเกล็ดน้ำดี เนื่องจากเซลล์ตับบวมอาจไปเบียด canaliculi หรือท่อน้ำดีอาจถูกทำลาย ส่งผลให้การลำเลียงน้ำดีไปยังถุงน้ำดีไม่เป็นไปตามปกติ เกิดการคั่งของน้ำดีในเนื้อเยื่อตับรวมกลุ่มกันเป็นตะกอนเกล็ดน้ำดีสะสมอยู่ภายในเซลล์ตับ (Klaassen and Watkins, 2003) นอกจากนี้ยังพบพยาธิสภาพในตับอ่อนที่แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อตับ เช่นการเสียโครงสร้างของเซลล์ตับอ่อนเนื่องจาก acinar cell ตายหรือฝ่อลีบ การสะสมของ zymogen granule ลดลงเมื่อเทียบกับเซลล์ปกติ ตับอ่อนมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร โดย acinar cell ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยหลายชนิด เก็บอยู่ในรูป zymogen granule ในไซโตพลาสซึม ตับอ่อนมีท่อน้ำย่อยร่วมกันกับท่อน้ำดี

ในดับก่อนที่จะส่งน้ำดีไปที่ลำไส้เล็ก ดังนั้นถ้าเกิดพยาธิสภาพที่ตับอ่อนจะส่งผลให้กระบวนการย่อยอาหารเกิดได้ไม่ดี (Mills, 2007)

#### 5.1.4 พยาธิสภาพของไตปลาตะเพียนและปลากระดี่หม้อ

ผลการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อไต พบพยาธิสภาพ ดังนี้ พบหย่อมเลือดออกแทรกในเนื้อเยื่อไต การตายของเซลล์ท่อไต การหดตัวของโกลเมอรูลัส การสะสมโปรตีนเห็นเป็นเม็ดสีชมพู หรือการข้อมติสีชมพูมากขึ้นในไซโตพลาสซึมของเซลล์ท่อไต การสะสมของ vacuole ในเซลล์ท่อไต หย่อมเลือดออกที่พบกระจายอยู่ระหว่างท่อไตและในเนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือด (hemopoietic tissue) อาจเนื่องมาจากหลอดเลือดอักเสบหรือเซลล์เยื่อหุ้มหลอดเลือดเกิดอันตราย ทำให้เม็ดเลือดแดงหลุดลอกออกมานอกหลอดเลือด หรืออาจเกิดจาก hemopoietic tissue เปลี่ยนสภาพไปเป็นเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานศึกษาของ Velmurugan, *et al.*, 2007 ทดลองในปลา *Cirrhinus mrigala* ด้วยสารฆ่าแมลงไพรีทรอยด์ พบการตายของเซลล์ท่อไตแบบเนโครซิส การหดตัวของโกลเมอรูลัส และมีหย่อมเลือดออกในเนื้อเยื่อไต ไตมีหน้าที่รักษาสมดุลของเหลวในร่างกายกับสภาพแวดล้อม และกำจัดของเสียออกจากเลือด ทำให้ไตได้รับสารต่างๆหมุนเวียนตลอดเวลา การศึกษาครั้งนี้จึงพบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับเนื้อเยื่อไต สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อตับด้วย

#### 5.1.5 เปรียบเทียบพยาธิสภาพปลาที่จับจากคลองระหว่างฤดูกลาง

เมื่อเปรียบเทียบความรุนแรงของพยาธิสภาพระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝนพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก โดยปลากระดี่หม้อแสดงพยาธิสภาพที่รุนแรงกว่าปลาตะเพียนในบางเดือนเช่นเดือนกรกฎาคมจากการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างในน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเดือนก่อนๆ เมื่อพิจารณาจากลักษณะนิสัยในการกินอาหารของปลากระดี่หม้อและปลาตะเพียนที่เป็นตัวแทนของกลุ่ม omnivore เหมือนกัน (Rainboth, 1996) แต่มีความแตกต่างในแหล่งที่อยู่อาศัยคือ ปลากระดี่หม้อมีนิสัยชอบอยู่ในแหล่งน้ำนิ่งและมีวัชพืชช่วยในการหายใจ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในที่แคบๆ และมีออกซิเจนต่ำ ชอบอยู่ในแหล่งน้ำตื้น (สุจิตรา สรสิทธิ์ และคณะ, 2544) จึงมีโอกาสได้รับสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้มากกว่าปลาตะเพียนที่ชอบอยู่ในบริเวณผิวน้ำและชอบอาศัยอยู่ในที่น้ำไหลเป็นพิเศษ ดังเช่นผลการทดลองแม้ว่าจะเป็นตัวแทนของปลากลุ่มเดียวกัน ลักษณะการกินอาหารคล้ายกัน แต่ปลากระดี่หม้อพบปริมาณสะสมของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้มากกว่า

ปลาตะเพียนเล็กน้อยเนื่องจากอุปนิสัยที่ชอบอยู่ตามแหล่งน้ำผิวดิน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างในปลาที่ไม่ค่อยแตกต่างกันมากนักในปลาทั้งสองชนิด โดยปลาทั้ง 2 ชนิดจัดเป็นปลาที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ในต่างประเทศได้มีการใช้ปลาเป็นตัวชี้วัดสภาพแวดล้อมร่วมกับการตรวจวัดทางกายภาพเช่น Wright *et al.* (1993) รายงานว่า ประเทศอังกฤษได้พยายามพัฒนาระบบ Biomonitoring ของลำน้ำ มีการสำรวจข้อมูลพื้นฐานชนิดและการกระจายตัวของสัตว์ครอบคลุมทุกพื้นที่ของประเทศ ตัวแทนของสัตว์ที่ทำการศึกษามีความสามารถบอกระดับการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม เป็นประโยชน์ในการประเมินความเสื่อมโทรมแหล่งน้ำ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนา และปรับปรุงแหล่งน้ำให้มีคุณภาพดีขึ้น และประเทศสหรัฐอเมริกาได้เริ่มพัฒนาการใช้ข้อมูลทางชีวภาพ (Biological information) ร่วมกับตัวแปรทางเคมี ฟิสิกส์ ในการจัดการด้านคุณภาพ (Water quality management) รัฐที่เริ่ม คือ โอไฮโอ (Ohio EPA, 1987) ต่อมาคือ รัฐเมน (Courtemanch *et al.*, 1989) จนในที่สุดรัฐต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ใช้วิธีการทางชีววิทยาร่วมประเมินคุณภาพ ของแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง และมีงานวิจัยในหลายประเทศที่ทำการศึกษาดัชนีชีวภาพเพื่อประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เช่น Paolini *et al.*, 2005 ทำการศึกษาลักษณะทางพยาธิสภาพของปลา Chubs(*Leuciscus cephalus*) และปลา brown trout(*Salmo trutta fario*) เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมของแม่น้ำในประเทศอิตาลี Dudgeon *et al.* (1994) ได้เสนอแนะว่า กลุ่มประเทศเอเชีย โดยเฉพาะเขตร้อน ควรศึกษาพัฒนาระบบชีวภาพมาประเมินคุณภาพน้ำ โดยให้เหตุผลว่า ระบบชีวภาพเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการบอกทิศทางของการเสื่อมโทรม ของสิ่งแวดล้อม และระบบนี้สามารถบอกถึง ผลสัมฤทธิ์ของมาตรการอนุรักษ์นั้นว่า เกิดผลสำเร็จในการฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมได้เพียงไร ด้านสาธารณสุขนั้น Hudgkiss (1994) ได้ศึกษาและรายงานว่าระบบการสำรวจทางชีววิทยาของลำน้ำเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการสาธารณสุขหรือสุขภาพของคน

### 5.1.6 วิเคราะห์สารตกค้างในน้ำและปลา

จากการศึกษาในครั้งนี้พบความเข้มข้นของสารตกค้างในน้ำเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดคือแอลฟา-บีเอชซี (0.058 ppb) เอนดรินอัลดีไฮด์ (0.039 ppb) เฮปตาคลออร์และเอนดริน (0.033 ppb) เบต้า-บีเอช (0.031 ppb) 4,4'-ดีดีที(0.027 ppb) แกมมา-บีเอชซี (0.026 ppb) แกมมา-เอนโดซัลแฟน (0.021 ppb) เดลต้า-บีเอชซี (0.010 ppb) เฮปตาคลออร์เอพอกไซค์ ดีลดรินและเอน

โคซัลเฟนซัลเฟต (0.009 ppb) อัลดริน (0.008 ppb) เมทอกซีคลอร์ (0.007 ppb) เบต้า-เอนโคซัลเฟน (0.004 ppb) และ 4,4'-ดีดีดี (0.003 ppb)

พบความเข้มข้นของสารตกค้างในปลาตะเพียนเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดคือ เอนดรินอัลดีไฮด์ (5.754 ppb) แอลฟา-บีเอชซี (3.539 ppb) เดลต้า-บีเอชซี (2.931 ppb) อัลดริน (1.526 ppb) เฮปตาคลอร์ (1.459 ppb) เฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ (1.161 ppb) เบต้า-บีเอชซี (1.082 ppb) เอนโคซัลเฟนซัลเฟต (1.003 ppb) 4,4'-ดีดีอี (0.988 ppb) 4,4'-ดีดีที (0.763 ppb) แกมมา-บีเอชซี (0.706 ppb) เมทอกซีคลอร์ (0.650 ppb) แกมมา-เอนโคซัลเฟน (0.6094 ppb) ดีลดริน (0.338 ppb) เอนดริน (0.233 ppb) เบต้า-เอนโคซัลเฟน (0.149 ppb) และ 4,4'-ดีดีดี (0.113 ppb)

และพบความเข้มข้นตกค้างในปลากระดี่หม้อเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยคือ แอลฟา-บีเอชซี (4.270 ppb) เอนดรินอัลดีไฮด์ (3.759 ppb) เดลต้า-บีเอชซี (2.661 ppb) เอนโคซัลเฟนซัลเฟต (2.024 ppb) อัลดริน (1.427 ppb) เฮปตาคลอร์ (0.931 ppb) แกมมา-บีเอชซี (0.557 ppb) 4,4'-ดีดีที (0.504 ppb) 4,4'-ดีดีอี (0.462 ppb) เฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ (0.438 ppb) เมทอกซีคลอร์ (0.316 ppb) ดีลดริน (0.269 ppb) 4,4'-ดีดีดี (0.167 ppb) เอนดริน (0.160 ppb) และเบต้า-เอนโคซัลเฟน (0.159 ppb)

พบปริมาณสารตกค้างในน้ำคลองมีแนวโน้มสูงที่สุดในเดือนกรกฎาคม (ภาพที่ 4.5) ยกเว้น แกมมา-บีเอชซี เบต้า-บีเอชซี และเอนดรินพบปริมาณสูงสุดในเดือนเมษายน เดลต้า-บีเอชซีและ 4,4'-ดีดีดีพบปริมาณสูงที่สุดในเดือนตุลาคม โดยปริมาณที่พบนั้นมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม (Chulin, 2002) ยกเว้นสารเฮปตาคลอร์ที่พบสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคือพบ 0.033 ppb ในเดือนกรกฎาคม การที่พบแนวโน้มสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในน้ำสูงในเดือนกรกฎาคมนี้ อาจเนื่องมาจากการเป็นช่วงที่มีใช้สารฆ่าแมลงในการทำเกษตรกรรมซึ่งพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 สามารถทำนาได้ตลอดปีมีการทำนาโดยเฉลี่ยปีละ 3 ครั้ง หรือการที่อยู่ในช่วงหน้าฝนที่มีการชะล้างเอาสารที่สะสมอยู่ในดินลงมาสู่่น้ำได้ (Bennett, 1994) สารออร์กาโนคลอรีนสามารถไหลจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่ระบบน้ำได้ และเนื่องจากสารเหล่านี้จะค่อยๆสลายตัวอย่างช้าๆ จึงทำให้สามารถซึมเข้าสู่ดินและบางส่วนก็ละลายในผิวน้ำ หรืออาจเนื่องมาจากได้รับน้ำมาจากคลองรังสิต ประยูรศักดิ์ที่อยู่ด้านทิศเหนือซึ่งเป็นแหล่งรวมน้ำมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน มีการทำเกษตรกรรมมาตลอดช่วงของแม่น้ำ แล้วจึงไหลเข้ามาในคลอง 7 และช่วงเดือนกรกฎาคมในปีนั้น เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมาก จึงทำให้ปริมาณสารออร์กาโนคลอรีนที่พบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน

เดือนกรกฎาคมนี้ (ภาพที่ 4.21) ปริมาณสารตกค้างในปลาตะเพียนมีแนวโน้มต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม (ภาพที่ 4.22) และไม่พบความสัมพันธ์ของปริมาณสารตกค้างในปลากระดีหม้อในแต่ละเดือน (ภาพที่ 4.23)

เมื่อพิจารณาความแตกต่างปริมาณสารที่พบระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนด้วยวิธีทางสถิติ t-test ในแต่ละตัวอย่างพบว่าไม่มีความแตกต่างกันเป็นส่วนมาก ยกเว้นสารคลอตา-บีเอชซี 4,4'-ดีดีดีและ 4,4'-ดีดีทีในตัวอย่างน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในตัวอย่างปลาตะเพียน ได้แก่สารคลอตา-บีเอชซี แคมมา-บีเอชซีและดีลครินที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสาร 4,4'-ดีดีดีในตัวอย่างปลากระดีหม้อเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพียง 1 สาร จึงอาจกล่าวได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารขึ้นอยู่กับฤดูกาลในการทำเกษตรกรรม

เมื่อพิจารณาความสามารถในการสะสมสารระหว่างปลาทั้ง 2 ชนิด พบว่าปลากระดีหม้อสามารถสะสมสารตกค้างได้มากกว่าปลาตะเพียนอย่างไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารที่สะสมในตัวอย่างปลามากที่สุดคือแอลฟา-บีเอชซี คลอตา-บีเอชซีและเอนครินอัลดีไฮด์ตามลำดับ สอดคล้องกับงานของ Rohitrattana (2005) ที่พบปริมาณสารที่ตกค้างในปลามีค่ามากกว่าในน้ำถึง 100 เท่าและงานของ Bouchot *et al.*, (1995) ซึ่งรายงานปริมาณสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแม่น้ำ Palizada ประเทศเม็กซิโกที่พบปริมาณการสะสมในปลามากกว่าที่ตรวจพบในน้ำ เนื่องจากสารเหล่านี้คงทนในสิ่งแวดล้อมและความสามารถในการสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน และแตกตัวยากในตัวสัตว์ (Allsopp and Johnston, 2000) ถึงแม้ว่าสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจะตกค้างในปริมาณน้อยในสิ่งแวดล้อมเช่นในน้ำหรือในดินตะกอน แต่สามารถเพิ่มปริมาณได้ในเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำ ดังนั้นปริมาณการสะสมของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจากน้ำและตะกอนดินจึงสามารถผ่านเข้าสู่สัตว์น้ำของคลอง 7 ได้ ปริมาณไขมันในร่างกายของสัตว์น้ำก็เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดการสะสมในร่างกายของสัตว์น้ำ (Landrum and Fisher, 1998) Swartz and Lee (1980) กล่าวว่าทางผ่านหลักของการได้รับสารเหล่านี้ในสัตว์น้ำคือ ผิวหนัง เนื้อเยื่อปกคลุมเหงือกและระบบย่อยอาหาร โดยพบว่าปลากระดีหม้อมีระดับความรุนแรงทางพยาธิสภาพมากกว่าปลาตะเพียนอาจเนื่องมาจากปลาตะเพียนมีปริมาณไขมันสะสมในเนื้อเยื่อมากกว่าปลากระดีหม้อจึงสามารถเก็บสะสมสารได้มากกว่า จึงแสดงลักษณะทางพยาธิสภาพที่น้อยกว่า เช่นเดียวกับคนผอมที่เมื่อได้รับ

สารพิษแต่ไม่สามารถเก็บได้ในเนื้อเยื่อไขมันจึงปรากฏอาการก่อนคนอ้วนที่สามารถเก็บสะสมสารพิษในเนื้อเยื่อไขมันได้

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารเอนโดซัลเฟนและอนุพันธ์ที่ตกค้างในน้ำที่คลองพบว่ามีปริมาณ 0.002-0.021 ppb หรือคิดเป็น 2-21.2 ng/L เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในพื้นที่เดียวกันของ Sam-angsri(2004) ที่พบปริมาณตกค้างของเอนโดซัลเฟนสูงสุดถึง 427.80 ng/L และ Thongkongowm(2005) พบปริมาณเอนโดซัลเฟนรวมตกค้าง 0.08 ppb จึงอาจกล่าวได้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมคลอง 7 ยังมีการใช้ สารเอนโดซัลเฟน หลังจากมีการประกาศห้ามใช้เมื่อ พ.ศ. 2547 เพราะสารนี้สามารถย่อยสลายได้ง่ายโดยแสงเมื่อเปรียบเทียบกับสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตัวอื่น (Peterson and Batley, 1992)

## 5.2 สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาพยาธิสภาพเหงือก พบการเปลี่ยนแปลงได้แก่ การเรียงตัวของกิ่งเหงือกบนซึ่งเหงือกมีทิศทางไม่แน่นอน เซลล์บุเหงือกและกิ่งเหงือกมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น มีการรวมกันของกิ่งเหงือกในบางบริเวณของเหงือก และตอนปลายของกิ่งเหงือกมีลักษณะบวมพอง มีการหลุดลอกของเซลล์บุเหงือก มีการคั่งของเลือดภายในกิ่งเหงือก ในตัวอย่างปลาจากคลอง 7 และกลุ่มทดลอง

2. พยาธิสภาพของตับ พบการเปลี่ยนแปลงได้แก่ เซลล์ตับถูกทำลาย มีการคั่งของเซลล์เม็ดเลือดแดงภายในเส้นเลือด และตับอ่อน เซลล์บุผนังหลอดเลือดหลุดลอกและมีเศษเซลล์ตับที่ตายเข้ามาปะปนในหลอดเลือด เซลล์ตับที่พบในบริเวณต่างๆ มีการหดตัวแน่นและการสลายตัวของนิวเคลียส พบการสะสมของ hyaline granule และแวคคิวโอลในไซโทพลาสซึมของเซลล์ตับบางเซลล์ พบการแทรกซึมของเซลล์เม็ดเลือดขาว และมี fibroblast ในเซลล์ตับจากตัวอย่างปลาทั้งคลอง 7 และกลุ่มทดลองแสดงถึงพยาธิสภาพในระดับเรื้อรัง

3. จากการศึกษาพยาธิสภาพของไต พบการหดตัวแน่นของโกลเมอรูลัสทำให้ มีช่องว่างภายใน Bowman's capsule เพิ่มขึ้น มีการตายของเซลล์ท่อไตเกิดการเสียชีวิตรูปร่างของท่อ จากปลาทั้งคลอง 7 และกลุ่มทดลอง แต่พบ hyaline granule และ แวกคิวโอลในบางตัวอย่าง

4. พบปลากระดีหม้อเกิดพยาธิสภาพรุนแรงกว่าปลาตะเพียนในทุกสภาพความเข้มข้นในเนื้อเยื่อตับ ส่วนเนื้อเยื่อเหงือกและไตพบการเปลี่ยนแปลงพยาธิสภาพในระดับเดียวกัน และพบปลากระดีหม้อจากคลอง 7 มีพยาธิสภาพรุนแรงกว่าปลาปลาตะเพียน ซึ่งสอดคล้องกับการพบปริมาณสารตกค้างในเนื้อเยื่อของปลากระดีหม้อที่มากกว่าปลาตะเพียน



5. พบสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในน้ำน้อยมาก โดยตรวจพบไม่เกินค่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม
6. พบปริมาณสารตกค้างในน้ำมากที่สุดในเดือนกรกฎาคมอาจเนื่องมาจากเป็นช่วงการทำเกษตรกรรมและเป็นฤดูฝนที่มีการชะล้างสารพิษที่สะสมอยู่ในดินลงน้ำได้
7. ปริมาณสารออร์กาโนคลอรีนตกค้างในปลามากกว่าในน้ำทุกตัวอย่าง และพบการสะสมในระดับใกล้เคียงกันของปลาทั้งสองชนิด
8. การทดลองสารเอนโดซัลแฟนในความเข้มข้นที่ไม่ทำให้เกิดการตายต่อปลา แสดงให้เห็นว่าแม้ปริมาณของสารตกค้างในน้ำจะลดลง แต่สารนั้นยังสามารถถ่ายทอดสู่ห่วงโซ่อาหารสะสมและก่อให้เกิดพยาธิสภาพในปลาได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพหรือลักษณะการกินอาหารของปลาที่จะสามารถสะสมหรือกำจัดสารพิษได้ดีกว่ากัน

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในสิ่งแวดล้อม ทั้งพื้นที่เดิมและบริเวณต่างๆของประเทศไทย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการป้องกันและรักษาสิ่งแวดล้อม เช่น มาตรฐานสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
2. ปริมาณสารออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำและปลาในการศึกษานี้ แม้มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่ยังสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตคือปลาจากการศึกษาลักษณะทางเนื้อเยื่อ จึงควรเข้มงวดในการห้ามใช้สารเหล่านี้ ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับสารเหล่านี้ให้ใช้อย่างถูกต้องเพื่อป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากธรรมชาติแทนการใช้สารเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเอนโดซัลแฟน ควรมีการติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่องจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และควรมีการทบทวนค่ามาตรฐานที่เคยกำหนดไว้ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำใหม่เพื่อให้เป็นค่าที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน
3. ควรศึกษาถึงดัชนีชี้วัดตัวอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อรวบรวมข้อมูลให้มีความสมบูรณ์ครอบคลุมในทุกด้านมากยิ่งขึ้น

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2528. สารฆ่าแมลงหลักการและวิธีการใช้. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2547. เอนโดซัลเฟน. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ.
- ชวลิต วิทยานนท์. 2547. คู่มือปลาน้ำจืด. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์กรุงเทพ.
- ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว, ชีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ปัญญา เต็มเจริญ. 2535. หลักการทางพิษวิทยา. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- นวลศรี ทยาพัชร. 2533. ปัญหาสารพิษทางการเกษตรในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร.
- เนืองพลิช สิ้นชัยศรี. 2535. ยาฆ่าแมลงประเภทออร์กาโนคลอรีน. ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยด้านฝึกอบรมและสิ่งแวดล้อม จังหวัดปทุมธานี.
- ประมง, กรม. 2538. ปลาที่เพาะเลี้ยงง่าย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์. 2542. สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2543. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พาลาก สิงหเสนี. 2540. พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิพิธภัณฑวิทยาศาสตร์แห่งชาติ. 2544. ทุ่งหลวงรังสิตมรดกทางธรรมชาติของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: ดานสุทธาการพิมพ์.
- พินิจ หวังสมนึก, นันทนา ปัดทอง และ ละออศรี เสนาะเมือง. 2543. ผลของสารสกัดจากใบหนวดปลาหมึก (*Brassia actinophylla* Endl.) ในระดับความเป็นพิษกึ่งเรื้อรังต่อเนื้อเยื่อผิวหนัง ระบบทางเดินอาหาร ระบบขับถ่ายและระบบหายใจของปลานิล (*Oreochromis niloticus* L.). วารสารวิจัย มข 5(2): 5-16.
- มลิวรรณ บุญเสนอ. 2549. พิษวิทยาสังแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 4. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, กอง. 2532. รายงานการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำแม่กลอง พ.ศ. 2529-2531. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- วิจัยระบบสาธารณสุข, สถาบัน. 2546. หยุดสารเคมีเพื่อสุขภาพคนไทย. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท. วิชาการเกษตร, กรม. 2545. นโยบายและแผนแม่บทในการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 2545-2549. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร.
- สกุลรัตน์ อุษณาวรงค์. 2548. ความเป็นพิษจากสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช. เอกสารคำสอนสารพิษในชีวิตประจำวัน. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2523. ยาฆ่าแมลง. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์.
- สุจิตรา สรสิทธิ์, ประวิทย์ ละออบุตร, กฤษณา งามอาจ, อุทัย งามอาจ และ ณัฐชยาน์ รุกขสุคนธ์. 2544. ชีวิตวิทยาบางประการของปลากระดี่หม้อในบึงสีไฟจังหวัดพิจิตร. วารสารวิจัย มข 9(2): 16-22.
- สุปราณี ชินบุตร, กัลยา จำเริญรัตน์ และ ชะลอ ลิมสุวรรณ. 2536. เนื้อเยื่อของปลาช่อน. กรุงเทพมหานคร: ฟีนี พับบลิชซิ่ง.
- สุรพล วิเศษสรรค์. 2542. พิษวิทยาชีวภาพเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

### ภาษาอังกฤษ

- APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water&Wastewater. 21<sup>st</sup>. ed. Washington, DC: American Public Health Association.
- Alan, G. 1995. Water pollution and fish physiology. 2<sup>nd</sup>.ed. NewYork: CRC pres.
- Ayas, Z., Ekmekci, G., Ozmen, M., and Yerli, S.V. 2007. Histopathological changes in the livers and kidneys of fish in Sariyar Reservoir, Turkey. Environmental Toxicology and Phamacology 23: 242-249.
- Bennett, D. 1994. Evolution of thefate of pesticides in water and sediment. In Hudson, D.H. and Roberts, T.R.(eds.). Environmental fate of pesticides. Chichester: A Wiley-Interscience Publishing.
- Benli, A.C.K., Koksall, G., and Ozkul, A. 2008. Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.):Effects on gill, liver and kidney histology. Chemosphere. 72:1355-1358.

- Braunbeck, T., Hanke, W., and Segner, H. 1993. Fish ecotoxicology and ecology. London: Saunder.
- Chulin, P. 2002. Distribution of pesticides from Agricultural area to the main river in Thailand. Department of Agriculture.
- Cotran, R. S., Kumar, V. and Collins, T. 2006. Robbins and Cotran: Atlas of pathology. Canada: Saunder.
- Courtemanch, D.L., Davies, S.P. and Flaverty, E.B. 1989. Incorporation of Biological Information in Water Quality Planning. Env. Man 13(1): 35-41.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Chang, W.B., Davies, J., Humphrey, C.L., Pearson, R.G. and Lam, P.K.S. 1994. Conservation and Management of Tropical Asian and Australian Inland Waters: Problems, Solutions are Prospects. Mill. Internat. Veren. Limnol 24: 369-386.
- German Federal Environment Agency. 2004. Draft Dossier prepared in support of a proposal of endosulfan to be considered as a candidate for inclusion in the UNECELRTAP protocol on persistent organic pollutants. Umweltbundesamt: German Federal Environment Agency.
- Gurr, G. T. 1963. Biological staining method. 7<sup>th</sup> ed. London: George T. Gurr Ltd.
- Hodgkiss, I. J. 1994. Microbiological Indicators of freshwater pollution in Hong Kong in Dudgeon, D and Lam, P.K.S. (eds.), inland Waters of Tropical Asia and Australia: Conservation and Management. Mitt. Internat. verein. Limnol 24:321-326.
- Humason, G. L. 1979. Animal Tissue Techniques. 4<sup>th</sup> ed. San Francisco: W.H. Freeman and company.
- Klaassen, C.D. and Watkins, J.B. 2003. Casarett & Doull's essentials of toxicology. USA: McGraw-Hill companies.
- Mills, S. E. 2007. Histology for pathologists. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: USA publishing.
- Mishra, A. K. and Mohanty. 2008. Acute toxicity impacts of hexavalent chromium on behavior and histopathology of gill, kidney and liver of the freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch). Environmental Toxicology and Pharmacology 26: 136-141.

- Otludil, B., Cengiz, E. L., Yildirim, M. Z., Ozkan, U. and Unlu E. 2004. The effects of endosulfan on the great ranshorn snail *Planorbarius*(Gastropoda, Pulmonata): a histopathological study. Chemosphere 56: 77-716.
- Paolini A., Berti M., Angelo A.D. and Giansante. 2005. Use of histopathologic indicators on Chubs (*Leuciscus cephalus*) and brown trout (*Salmo trutta fario*) in evaluating river environments. Veterinaria Italiana 41(3): 189-198.
- Peterson, S. M. and Batley, G. E. 1992. The fate of endosulfan in aquatic ecosystem. Environmental pollution 82: 143-152.
- Rainboth, W. J. 1996. Fishes of the Combodian Mekong. Food and Agiculture Organization of the United Nations. Rome.
- Robbins, L. S., Cotran, R. S. and Kumar, V. 2004. Pathologic basis of disease. 7<sup>th</sup> ed. London: Saunder.
- Roberts, R. J. 1978. Fish pathology. London: Bailliere Tindall.
- Rohitrattana, J. 2005. Accumulation of organochlorine insecticide residues in food chain of fish at khlung 7, Rangsit Agricultural area, Pathum Thani province. Master's thesis. Environmental Management (Inter-Department). Graduate School. Chulalongkorn University.
- Sam-angsri, C. 2004. Histopathology of siamese glassfish *Parambassis siamensis* Liver at klong 7 agricultural area, Pathum Thani province. Master's thesis. Department of biology. Faculty of Science. Chulalongkorn University.
- Snieszko, S.F and Alelord, A.R. 1976. Diseases of fishes. Environmental stress and fish disease. T.H.F.Publication, Inc.Ltd.
- Stentiford, G.D., Longshaw. M., Lyons, B.P., Jones. G., Green, M. and Feist, S.W. 2003. Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants. Marine Environmental Research 55: 137-159.
- Syed, M. N., and Chetana, V. 1993. Minireview: Bioaccumulative potential and toxicology of endosulfan insectide to non-target animals. Camp. Biochem. Physiol 105c: 347-361.
- Takashima, F.and Hibiya,T. 1995. An Atlas of Fish Histology: normal and pathological feature. 2<sup>nd</sup> ed. Japan: Kodansha Ltd.

- Thirakhupt, K., Sitticharoenchai, D., Keithmalesatti, S. and Siriwong, W. 2006. Organochlorine Pesticides and their Usages in Thailand. The Journal of Scientific Research Chulalongkorn University 31(2):1-15.
- Thongkongown, P. 2005. Accumulation of organochlorine residues in water, sediment and aquatic invertebrates at khlong 7, Rangsit agricultural area, Pathum Thani province. Master's thesis. Environmental Management (Inter-Department). Graduate School. Chulalongkorn University.
- USEPA. 2002. Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms. 4<sup>th</sup>.ed. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Vives, I. and Grimalt, J. O. 2002. Method for integrated analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine compounds in fish liver. Journal of Chromatography B 768:247-254.
- Velmurugan, B., Selvanayagam, M., Cengiz, E.I. and Unlu, E. 2007. Histopathology of lambda-cyhalothrin on tissue (gill, kidney, liver and intestine) of *Cirrhinus mrigala*. Environmental Toxicology and Phamacology 24:286-291.
- Wattanasirmit, K. and Thirakhupt, T. 2006. Effects of Methyl Parathion on gill, Liver and Kidney of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Linn. The Journal of Scientific Research Chulalongkorn University 31(2):95-111.
- Wright, J. F., Fursr, M. T., Armitage, P.D. and Moss, D. 1993. Procedures for Identifying Running-Water Sites Subject to Conversation Based on the Macroinvertebrate Fauna. Arch. Hydrobiol 127: 319-326.
- Yenchum, W. 2004. Histopathology of common silver barb *Puntius gonionotus* Liver at klong 7 Agricultural area, Pathum Thani province. Master's thesis. Department of biology. Faculty of Science. Chulalongkorn University.
- Zhuang, W. 2004. A comparative evaluation of accelerated solvent extraction and polytron extraction for quantification of lipids and extractable organochlorine in fish. Chemosphere 54: 467-480.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ

### 1. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆสำหรับการศึกษาจุลพยาธิสภาพ

#### 1.1. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเลี้ยงปลา

1.1.1 โหลแก้วกลมความจุประมาณ 12 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 9 นิ้ว สูง 14 นิ้ว จำนวน 30 ใบ

1.1.2 อ่างแก้วความจุ 325 ลิตร สำหรับพักปลา

1.1.3 อุปกรณ์สำหรับให้ออกซิเจนในน้ำประกอบด้วยเครื่องอัดอากาศ ท่อยาง และหินอากาศ

1.1.4 สวิตช์ปลา

#### 1.2. อุปกรณ์วัดขนาดปลา

1.2.1 ไม้บรรทัดวัดความยาวของปลา

#### 1.3. อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำในอ่างเลี้ยงปลา

1.3.1 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) รุ่น YSI model 63

1.3.2 เครื่องวัดค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO meter) รุ่น YSI Model 52

1.3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer)

#### 1.4. อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำพาราฟิน

1.4.1 ตู้อบอุณหภูมิ 37-60° C

1.4.2 เครื่องตัดเนื้อเยื่อ Rotary microtome

1.4.3 มีดโกน สไลด์แก้วและแผ่นปิดสไลด์

1.4.4 เครื่องมือผ่าตัด

1.4.5 vial ขนาด 30 มิลลิลิตร

1.4.6 ปากคีบปลายมน

1.4.7 ขวดน้ำยาสำหรับทำพาราฟิน

1.4.8 บล็อกสำหรับทำพาราฟิน

1.4.9 ไขมีดสำหรับตัดเนื้อเยื่อพาราฟิน

1.4.10 กล้องกระดาษสำหรับเก็บเนื้อเยื่อพาราฟิน

1.4.11 ขวดแก้วสำหรับย้อมสีเนื้อเยื่อ 1 ชุด

## 1.5 สารเอนโคซัลแฟนสำหรับทดลองความเป็นพิษในระดับที่ไม่ทำให้ปลาตาย



รูปที่ สารเอนโคซัลแฟนที่ใช้ทดลอง

## 1.6. สารเคมีสำหรับวิธีการทำพาราฟิน

- 1.6.1 ฟออร์มาลีน 10% (neutral buffer formaline )
- 1.6.2 เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) 70% , 90%, 95%
- 1.6.3 สี 0.5% Eosin
- 1.6.4 สี Hematoxylin
- 1.6.5 นอร์มอล-บิวทานอล (N-butanol)
- 1.6.6 ไซลีน(Xylene)
- 1.6.7 พาราฟิน (Paffin wax)
- 1.6.8 อีลบูมิน

## 2. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆสำหรับการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

### 2.1. เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

- 2.1.1 กรวยแยก (separatory funnel) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ใช้ในการสกัดตัวอย่างน้ำ
- 2.1.2 เครื่อง Accelerated Solvent Extractor (ASE) ใช้ในการสกัดตัวอย่างปลา
- 2.1.3 เครื่อง Solid-Phase Extraction (SPE)
- 2.1.4 Florisil ขนาด 500 มิลลิกรัม
- 2.1.3 เครื่องระเหย (nitrogen evaporator)
- 2.1.4 เข็มฉีดยา (micro syringe) ขนาด 10 ไมโครลิตร

- 2.1.5 ขวดบรรจุสารที่ลดปริมาตรแล้ว (vials) ขนาด 2 มิลลิลิตร
- 2.1.6 เครื่องแก้วต่างๆ
- 2.1.7 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ (gas chromatograph) รุ่น 6890N ( $\mu$ -ECDs)
- 2.1.8 คอลัมน์ชนิด DB-35MS ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตร หน้า 0.25 ไมโครเมตร เคลือบด้วย 35% ไคพีนิลโพลีไซโลเซน ของบริษัท J&W Scientific Company
- 2.1.9 Glass bead ขนาด 3 มิลลิเมตร ของบริษัท Ajax chemical
- 2.1.10 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 2.1.11 ขวดโพลีเอทิลีนสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำ
- 2.1.12 เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำ (water sampler)
- 2.1.13 ถังแช่แข็ง
- 2.1.14 เครื่องมือผ่าตัด
- 2.1.15 อุปกรณ์ในการจับปลา
- 2.1.16 อลูมิเนียมฟอยล์
- 2.1.17 ถุงซิปล็อกทำจากโพลีเอทิลีนสำหรับการเก็บตัวอย่างปลา

**หมายเหตุ:** เครื่องแก้วที่ใช้แล้วหลังจากนำมาล้างและกลั้วด้วยน้ำกลั่น จึงนำมากลั้วด้วย อะซิโตนและอบในตู้อบอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ข้ามคืน

## 2.2. สารเคมี

- 2.2.1 นอร์มอล-เฮกเซน (n-hexane, PR grade) จากบริษัทแล็บสแกน เอเชีย จำกัด
- 2.2.2 อะซิโตน (acetone, AR&PR grade) จากบริษัทแล็บสแกน เอเชีย จำกัด
- 2.2.3 ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether, PR grade) จากบริษัทแล็บสแกน เอเชีย จำกัด
- 2.2.4 ไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether, PR grade) จากบริษัทแล็บสแกน เอเชีย จำกัด
- 2.2.5 โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสชนิดผงจากบริษัทแล็บสแกน เอเชีย จำกัด สำหรับดู น้ำออกจากสารละลายที่ใช้สกัดตัวอย่าง ก่อนใช้ได้อบแห้งที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ข้ามคืน
- 2.2.6 สารละลายมาตรฐานของกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิดของ EPA (Environmental Protection Agency) 8080 Catalog No.47913 ประกอบด้วย แอลฟา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เบต้า-บีเอชซี เฮปตาคลอร์ เดลต้า-บีเอชซี อัลดริน เฮปตาคลอร์เอพอกไซด์ แกมมา-เอนโดซัลแฟน 4,4'-ดีดีอี ดีลดริน เอนดริน 4,4'-ดีดีดี เบต้า-เอนโดซัลแฟน 4,4'-ดีดีที เอนดรินอัลดีไฮด์ เอนโดซัลแฟนซัลเฟตและเมทอกซีคลอร์ จากบริษัท SUPLECO



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การเตรียมสารละลายและภาพขั้นตอนทางพาราฟิน

### 1. การเตรียมสารละลายสำหรับการย้อมสีเนื้อเยื่อพาราฟิน

#### Ehrlich acid Haematoxylin (Humason, 1979)

สูตร	Haematoxylin	8	กรัม
	95% Ethyl alcohol	400	มิลลิลิตร
	(ละลายสารทั้งสองใน water bath และทำการกรอง)		
	Potass or ammonia alum	8	กรัม
	น้ำกลั่น	400	มิลลิลิตร.
	(ละลายสาร ammonia alum ในน้ำอุ่น)		
	Glycerin	400	มิลลิลิตร.
	Glacial acetic acid	40	มิลลิลิตร.

#### วิธีผสม

ผสมสารทั้งหมดในบีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร และปิดปากขวดด้วย จุกสำลี และนำไปตั้งทิ้งไว้ให้ได้รับแสงทุกวัน เป็นเวลานานอย่างน้อย 6 สัปดาห์

#### 0.5% Eosin Y (Humason, 1979)

สูตร	Eosin Y (yellow)	0.5	กรัม
	95% Ethyl alcohol	100	มิลลิลิตร

#### วิธีผสม

เติม Eosin 0.5 กรัม ผสมใน 95% Ethyl alcohol 100 มิลลิลิตร คนจนละลายจากนั้นกรองและเก็บในขวดที่สะอาด

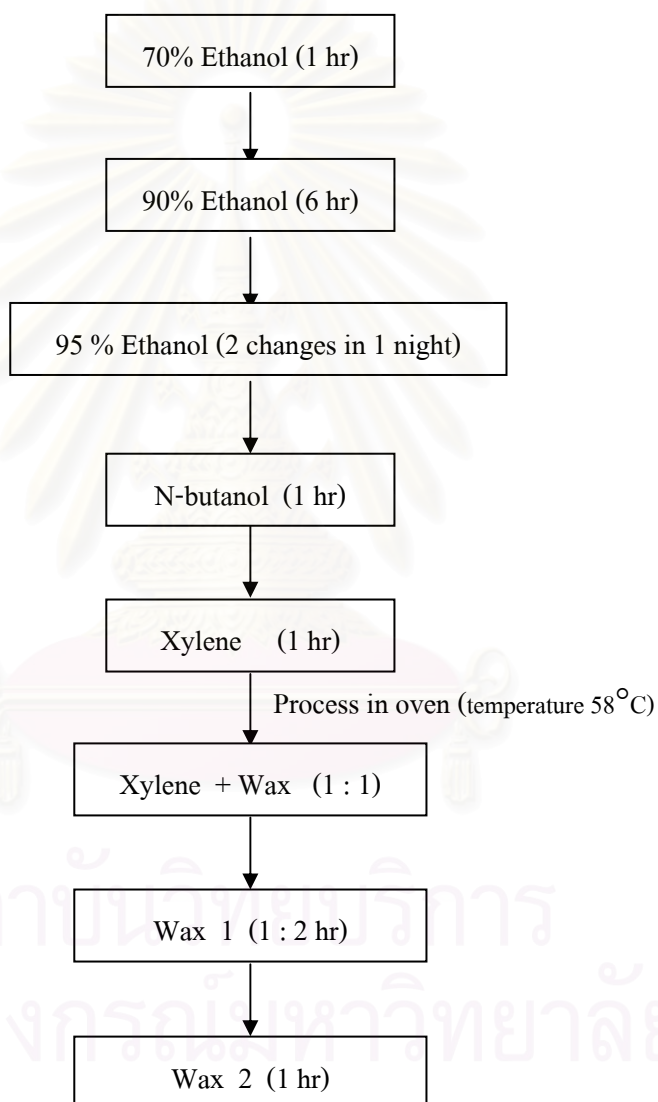
#### 10% Buffer neutral formalin (Humason, 1979)

สูตร	37-40% formalin	100	มิลลิลิตร
	น้ำกลั่น	900	มิลลิลิตร
	Sodium phophatre monobasic ( $\text{Na}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )	4	กรัม
	Sodium phosphate dibasic ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ )	6.5	กรัม

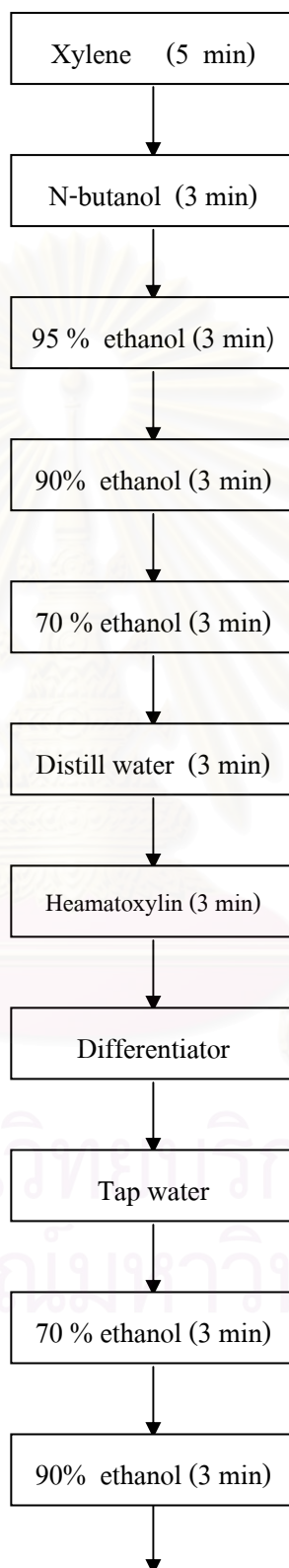
## วิธีผสม

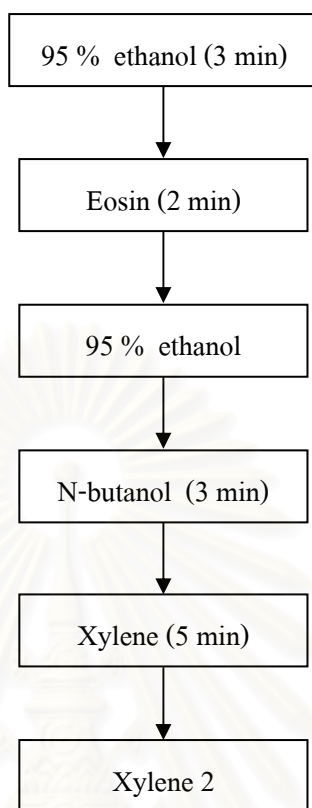
เติม Sodium phosphate monobasic 4 กรัม ในน้ำกลั่นคนจะละลาย และเติม Sodium phosphate dibasic 6.5 กรัม คนจะละลายเช่นกัน จากนั้นเติมสารละลายฟอร์มาลีน 100 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บใส่ขวดปิดฝาและไว้ที่อุณหภูมิห้อง

## 2. ขั้นตอนการฝังเนื้อเยื่อในพาราฟิน(Gurr, 1963)



### 3. ขั้นตอนการย้อมสี(Gurr, 1963)





สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เดสก์ท็อป

น้ำทิ้งคลอง

T-Test

### Group Statistics

ช่วงฤดู	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่า ฤดูร้อน	6	.0058167	.00158419	.0006467
ฤดูฝน	6	.0087667	.00267632	.0010926

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
ค่า	Equal variances assumed	2.199	.169	-2.323	10	.043	-.0029500	.00126967	-.005779	-.000121
	Equal variances not assumed			-2.323	8.121	.048	-.0029500	.00126967	-.005870	-.000030

ปลาตะเพียน

T-Test

### Group Statistics

ช่วงฤดู	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่า ฤดูร้อน	6	2.082917	1.07462405	.4387134
ฤดูฝน	6	.7791833	.86362279	.3525725

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
ค่า	Equal variances assumed	.118	.738	2.316	10	.043	1.3037333	.56282934	.0496714	2.557795
	Equal variances not assumed			2.316	9.557	.044	1.3037333	.56282934	.0417564	2.565710

## ปลากระดีหม้อ

## T-Test

## Group Statistics

ช่วงฤดู	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่า ฤดูร้อน	6	1.613717	1.14997026	.4694734
ฤดูฝน	6	1.307000	1.44888978	.5915068

## Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ค่า	Equal variances assumed	7.412	.021	.406	10	.693	.3067167	.75517252	-1.37591	1.989346
	Equal variances not assumed			.406	9.510	.694	.3067167	.75517252	-1.38774	2.001177

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววันทนีศ ศรีจันทร์ เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2525 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อที่ภาควิชาสหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย