บทที่ 3

3.1 ศึกษาพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) ของคาร์บาริล (Carbaryl) ในปลากะพงขาว

3.1.1 อาการทั่วไปของปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล

บันทึกผลการทดลองเป็นเวลา 96 ชั่วโมง หลังจากใส่คาร์บาริลในน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา พบว่าพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อปลากะพงขาว มีความรุนแรงตามขนาดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ได้รับ อาการที่ปรากฏสรุปแยกเป็นกลุ่มดังนี้

กลุ่มควบคุมเป็นปลาในกลุ่มที่ไม่ได้รับคาร์บาริล ปลาในกลุ่มนี้ว่ายน้ำไปมาปกติทั่วทั้งอ่าง ปลากินอาหารได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการศึกษาคือ 96 ชั่วโมง พบว่าไม่มีปลาตาย

กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 2.0 ppm หลังจากได้รับคาร์บาริลประมาณ 12 ชั่วโมง พบว่าปลามีการเคลื่อนไหวลดลง ส่วนใหญ่สงบนิ่งอยู่ที่พื้นอ่าง บางตัวสูญเสียการทรงตัว ลำตัวงอขณะว่ายน้ำ และว่ายวนเป็นวงกลม กินอาหารน้อยลง ปลาบางตัวมีอาการทั่วไปปกติ เมื่อผ่านไป 48 ชั่วโมง เริ่มมีปลาตาย

กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 2.5 ppm เริ่มแสดงอาการผิดปกติหลังจากได้รับคาร์บาริลแล้ว 8 ชั่วโมง ปลาเริ่มสูญเสียการทรงตัว บางตัวหงายท้อง ลำตัวเอียงไปมา ไม่กินอาหารเริ่มมีปลาตายที่ 48 ชั่วโมง เมื่อนำปลาตายขึ้นมาตรวจสอบสภาพพบว่าปลาตายในลักษณะที่ขากรรไกรล่างอ้าออก ลำตัวซีดขาว เหงือกสีแดงคล้ำ มีเมือกตามตัวมากกว่าปกติ

กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 3.0 ppm หลังจากได้รับคาร์บาริลแล้วประมาณ 6 ชั่วโมง ปลาเริ่มแสดงอาการผิดปกติ ปลาจะสูญเสียการทรงตัว อยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่พื้นอ่าง บางตัวลอยอยู่ที่ผิวน้ำในลักษณะหงายท้องและตายในที่สุด ลักษณะการตายเหมือนในกลุ่ม 2.0ppm แต่จำนวนปลาตายเพิ่มมากขึ้น

กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 3.5 ppm และ 4.0 ppm ปลาแสดงอาการผิดปกติรุนแรงและรวดเร็วขึ้นคือภายใน 3 ชั่วโมง หลังจากได้รับคาร์บาริล เมือกตามตัวลอกหลุดออก ปลาทุกตัวซึมลงอยู่สงบนิ่งบริเวณหัวทรายสำหรับให้ออกซิเจน บางตัวลำตัวแบนขนานกับพื้นน้ำ ลอยตัวอยู่ที่ผิวน้ำ ไม่กินอาหารและไม่ขับถ่าย ปลาเริ่มตายในวันแรกและจำนวนปลาตายเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 2 ลักษณะการตายเหมือนกับใน 3 กลุ่มแรก

กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 4.5 ppm และ 5.0 ppm ปลาแสดงอาการผิดปกติเร็วขึ้นและรุนแรงกว่ากลุ่มอื่น กลุ่ม 4.5 ppm. ปลาตายหมดในเวลา 96 ชั่วโมง และในกลุ่ม 5.0 ppm ปลาตายหมดในระยะ 72 ชั่วโมง

เมื่อครบ 96 ชั่วโมง บันทึกปริมาณปลาที่ตายในแต่ละช่วงเวลา และแสดงผลการทดลองไว้ในตารางที่ 3.1 ค่า Median Lethal Concentration ภายใน 96 ชั่วโมง (LC_{50}, 96 ชั่วโมง) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 มีค่าเท่ากับ 2.95 ppm

ในระหว่างทำการทดลอง วัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่างและปริมาณออกซิเจนในน้ำที่เลี้ยงปลาทุกกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3.2

3.1.2 ผลของคาร์บาริลต่อสมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรส

ตารางที่ 3.3 และ 3.4 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อของปลากะพงขาวที่ตายในแต่ละช่วงเวลาตามลำดับ พบว่าสมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อของปลากะพงที่ศึกษามีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 โดยมีค่า r= 0.93899

สมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวลดลง - ตามขนาดความเข้มข้นของคาร์บาริลที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้คาร์บาริล พบว่าระดับการทำงานของเอนไซม์ในสมองและกล้ามเนื้อของกลุ่มที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.0, 2.5 และ 3.0 ppm ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p< 0.05$) และในกลุ่มที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ppm ต่ำมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.01$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5 รูปที่ 3.3 เปอร์เซนต์ของการยับยั้งเพิ่มขึ้นตามขนาดความเข้มข้นของคาร์บาริลที่เพิ่มขึ้นทั้งในสมองและกล้ามเนื้อ ดังแสดงไว้ในตาราง 3.6 และรูปที่ 3.4

3.1.3 ผลของคาร์บาริลต่อจุลพยาธิสภาพที่เปลี่ยนแปลงไป

การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ลำแสงธรรมดา พบว่า

เซลล์กล้ามเนื้อ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในกลุ่มที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.0-5.0 ppm

เซลล์ตับ พบการตายของเซลล์ตับเกิดขึ้น มีนิวเคลียสเปลี่ยนแปลงหลายลักษณะ ได้แก่ pyknosis และ karyolysis นอกจากนี้ยังพบการเกิด vacuolation อย่างชัดเจนและรุนแรงตามขนาดความเข้มข้นของคาร์บาริลที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5

เซลล์เหงือก พบว่ามีการเชื่อมติดกันของซี่เหงือก มีการบวมของเหงือก (gill swelling) มีการตายของเหงือก (gill necrosis) และการหนาตัวของเหงือก (hyperplasia) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.6

กลุ่มควบคุม เซลล์ตับ เหงือก และกล้ามเนื้อ ไม่พบความผิดปกติทางจุลพยาธิสภาพ

3.2 ศึกษาพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ตาย (Sublethal effect) ของคาร์บาริล (Carbaryl) ในปลากะพงขาว

3.2.1 อาการทั่วไปของปลากะพงขาวในกลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล และไม่ได้รับคาร์บาริล

3.2.1.1 อาการทั่วไปของปลากะพงขาวที่ไม่ได้รับคาร์บาริล

ตลอดเวลา 15 วันของการศึกษา ปลาทุกตัวมีอาการทั่วไปเหมือนเดิมคือ ว่ายน้ำไปมาปกติ กินอาหารได้มาก ขับถ่ายปกติ อยู่กระจายทั่วทั้งอ่าง แต่อยู่หนาแน่นบริเวณหัวทรายสำหรับให้ออกซิเจน เมื่อครบ 15 วัน พบว่าไม่มีปลาตาย

3.2.1.2 อาการทั่วไปของปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล 0.5 ppm

ที่เวลา 15 นาที ยังไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่เมื่อนำปลาขึ้นมาเพื่อวัดสมรรถนะเอนไซม์ พบว่ามีเมือกตามตัวมากกว่าปกติ

ที่เวลา 1 วัน ปลาเริ่มว่ายน้ำน้อยลง บางตัวลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำ ลำตัวเริ่มงอขณะว่ายน้ำ กินอาหารน้อยลง มีเมือกลื่นตามตัวมากขึ้น

ที่เวลาผ่านไป 2 วัน ปลาสูญเสียการทรงตัว ลำตัวจะงอโค้งขณะว่ายน้ำ เคลื่อนไหวน้อยลง กินอาหารน้อยลง บางตัวสงบนิ่งที่พื้นอ่างบริเวณหัวทราย บางตัวลอยอยู่ที่ผิวน้ำ

วันที่ 4 ปลาเคลื่อนไหวน้อยลง ลำตัวงอมากขึ้นอยู่รวมกันบริเวณหัวทราย กินอาหารน้อยลง เริ่มมีปลาตาย ลักษณะปลาที่ตายจะอ้าปากค้าง เหงือกมีสีแดงคล้ำ ลำตัวซีดขาว

วันที่ 8 ปลาที่เหลือเริ่มว่ายน้ำไปมาปกติ กินอาหารได้บ้าง การว่ายน้ำมีทิศทางแน่นอนขึ้น อยู่รวมเป็นกลุ่มที่พื้นอ่าง สังเกตปลาที่นำขึ้นมาเพื่อวัดสมรรถนะเอนไซม์ พบว่ามีเมือกลื่นตามตัวมาก

วันที่ 15 ปลากินอาหารได้มากขึ้น ว่ายน้ำไปมาปกติทั่วทั้งอ่าง สังเกตว่าเมือกตามตัวลดลงจากเดิม แต่บางตัวมีการลอกหลุดของผิวหนัง

3.2.1.3 อาการทั่วไปของปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล 1.0 ppm

ที่เวลา 15 นาที มีปลาบางตัวที่สูญเสียการทรงตัว ลำตัวงอขณะว่ายน้ำ

บางตัวยังว่ายน้ำไปมาได้ปกติ กินอาหารได้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ที่เวลา 1 วัน ปลากินอาหารน้อยลงมาก ซึมลง ไม่เคลื่อนไหว บางตัวลอยตัวนิ่งที่ผิวน้ำ สังเกตปลาที่นำขึ้นมาเพื่อวัดสมรรถนะของเอนไซม์ พบว่ามีเมือกตามตัวมากกว่าปกติ

วันที่ 2 ปลาไม่กินอาหาร ไม่เคลื่อนไหว อยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่มุมอ่างโดยเฉพาะบริเวณหัวทราย มีเมือกลื่นตามตัวมากขึ้น พบว่าเริ่มมีปลาตาย ลักษณะการตายเหมือนในกลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.0 ppm

วันที่ 4 ปลาซึมลงกว่าเดิม บางตัวอยู่นิ่งในลักษณะหงายท้อง บางตัวลำตัวโค้งงอสังเกตบริเวณผิวหนังพบว่ามีการลอกหลุดของผิวบางส่วน

วันที่ 8 ปลาที่เหลืออยู่เริ่มเคลื่อนไหวและเริ่มกินอาหารบ้าง แต่ยังน้อยกว่ากลุ่มควบคุม สังเกตบริเวณผิวหนังพบว่ามีการลอกหลุดของผิวไปมากกว่าเดิม

วันที่ 15 ปลากินอาหารมากขึ้น ว่ายน้ำไปมาปกติ แต่ที่ผิวหนังยังคงเห็นรอยการลอกหลุดออก และแทบจะไม่มีเมือกตามลำตัวเลย

3.2.1.4 อาการทั่วไปของปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล 1.5 ppm

ที่เวลา 15 นาที ปลาแสดงอาการผิดปกติเด่นชัดกว่ากลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 0.5 และ 1.0 ppm ลักษณะปลาจะซึมลง สูญเสียการทรงตัว ปลาจะว่ายน้ำในลักษณะที่ลำตัวเอียงบางตัวว่ายวนเป็นวงกลมแล้วหยุดว่าย ไม่กินอาหาร ปลาที่นำขึ้นมาเพื่อวัดสมรรถนะของเอนไซม์พบว่ามีเมือกลื่นตามตัวมาก

ที่เวลา 1 วันผ่านไป ปลาบางตัวอยู่ในลักษณะหงายท้องว่ายน้ำแต่ไม่ตาย บางตัวลำตัวงอโค้ง เคลื่อนไหวลดลง ไม่กินอาหาร พบเมือกลื่นตามตัวมาก

วันที่ 2 ปลาไม่กินอาหาร อยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่พื้นอ่าง บางตัวลอยตัวขึ้นมาที่ผิวน้ำหงายท้องแล้วค่อยๆ จมสู่ก้นอ่าง ปลาทุกตัวมีการเคลื่อนไหวน้อยมากและเริ่มมีปลาตาย

วันที่ 4 ปลาไม่กินอาหาร ส่วนใหญ่ลำตัวจะงอโค้ง บางตัวหงายท้องและค่อยๆ ตายอย่างช้าๆ ลักษณะการตายเหมือนกันคือ ขากรรไกรล่างอ้าออก เหงือกสีแดงคล้ำ ลำตัวซีดขาว

วันที่ 8 ปลาเริ่มกินอาหารบ้าง แต่ยังเคลื่อนไหวน้อย บางตัวยังเคลื่อนไหวผิดปกติลำตัวโค้งงอ สังเกตปลาที่นำขึ้นมาเพื่อวัดสมรรถนะของเอนไซม์ พบว่ามีการลอกหลุดของผิวหนังมาก

วันที่ 15 ปลาที่เหลือเริ่มกินอาหารมากขึ้น ว่ายน้ำไปมาบ้าง ที่ผิวหนังยังเหลือร่องรอยการลอกหลุดของผิว

3.2.1.5 อาการทั่วไปของปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล 2.0 ppm

ที่เวลา 15 นาที ปลาแสดงอาการผิดปกติโดยปลาไม่เคลื่อนไหว ลำตัวงอโค้งไม่กินอาหาร ส่วนใหญ่อยู่รวมกันบริเวณพื้นอ่างตรงหัวทรายที่ให้ออกซิเจน

วันที่ 1 ปลาซึมลงกว่าเดิม ไม่กินอาหาร อาการผิดปกติรุนแรงและเร็วกว่ากลุ่มอื่นสังเกตปลาที่นำขึ้นมาเพื่อวัดสมรรถนะของเอนไซม์พบว่ามีเมือกตามตัวมาก

วันที่ 2 ปลาไม่กินอาหาร บางตัวอยู่ในลักษณะหงายท้อง ลำตัวงอโค้ง เมือกตามตัวลอกหลุดออก เริ่มมีปลาตาย ปลาที่ตายลักษณะเหมือนในกลุ่ม 1.0 และ 1.5 ppm

วันที่ 4 เริ่มมีปลาตายเพิ่มขึ้น ลักษณะการตายเหมือนกันและเหมือนกับกลุ่มอื่น ปลาที่เหลืออยู่ไม่กินอาหาร ไม่เคลื่อนไหว บางตัวลอยตัวนิ่งในลักษณะหงายท้องบางตัวลำตัวจะโค้งงอ ปลาที่นำขึ้นมาเพื่อวัดสมรรถนะของเอนไซม์พบว่ามีการลอกหลุดบริเวณผิวหนังและมีเมือกตามตัวมาก

วันที่ 8 ยังคงมีปลาตายเพิ่ม และปลาที่เหลือบางตัวยังมีอาการลำตัวโค้งงอ ว่ายน้ำไปมาบ้าง บางตัวเริ่มกินอาหาร

วันที่ 15 ปลาที่เหลือกินอาหารได้มากขึ้น ว่ายน้ำไปมาปกติ บริเวณผิวยังเหลือร่องรอยการลอกหลุดออกของผิวหนัง ยังพบว่ามีการตายของปลาเกิดขึ้น

3.2.2 ผลของคาร์บาริลในขนาดที่ไม่ทำให้ตายต่อสมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อ

พบว่าสมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวลดลงตามขนาดความเข้มข้นของคาร์บาริลที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เวลาเดียวกัน โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกช่วงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 3.7 และ 3.8 รูปที่ 3.7 และ 3.8

เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสในกลุ่มเดียวกัน พบว่าในทุกความเข้มข้นของคาร์บาริลที่ได้รับ เมื่อผ่านไป 4 วัน สมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสลดลง แตกต่างจากสมรรถนะของเอนไซม์ที่เวลา 15 นาที ($p < 0.05$) และเมื่อผ่านไป 15 วัน สมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสในสมองของทุกกลุ่มไม่แตกต่างจากสมรรถนะของเอนไซม์ที่เวลา 15 นาที ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3.7 และรูปที่ 3.7

ในกล้ามเนื้อของปลาที่สัมผัสกับคาร์บาริลนาน 4 วัน ทุกความเข้มข้นพบว่าสมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ

สมรรถนะของเอนไซม์ที่เวลา 15 นาที ($p < 0.05$) และเมื่อทำการทดลองครบ 15 วัน สมรรถนะของเอนไซม์โมลินเอสเทอเรสในกลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 0.5, 1.0 และ 1.5 ppm ไม่แตกต่างจากสมรรถนะของเอนไซม์ที่ความเข้มข้นเดียวกันที่เวลา 15 นาที ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3.8 และรูปที่ 3.8

เปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โมลินเอสเทอเรส ทั้งในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.9 และแสดงไว้ในรูปที่ 3.9 และ 3.10 ในสมองและกล้ามเนื้อตามลำดับ

รูปที่ 3.11 และ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นและเปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์ในสมองและกล้ามเนื้อ ตามระยะเวลาที่ปลาสัมผัสกับคาร์บาริล

3.2.3 ผลของคาร์บาริลในขนาดที่ไม่ทำให้ตายต่อจุลพยาธิสภาพที่เปลี่ยนแปลงไป

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ลำแสงธรรมดาพบว่า

เซลล์กล้ามเนื้อ ไม่พบความเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นในกลุ่มที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 0.5-2.0 ppm

เซลล์ตับ พบว่ามีความผิดปกติในนิวเคลียสเกิด pyknotic cell และ karyolysis นอกจากนี้ยังเกิด vacuolation ในกลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.5 และ 2.0 ppm ภายหลังจากสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชแล้วนาน 2 วัน และอาการรุนแรงมากขึ้นตามระยะเวลาที่สัมผัส ดังแสดงในรูปที่ 3.13

เซลล์เหงือก พบว่ามีการรวมกันของ secondary lamella มีการบวมของเซลล์เหงือก การตายของเซลล์เหงือก และมีการหนาตัวของเหงือก ดังแสดงในรูปที่ 3.14

ในกลุ่มควบคุม เซลล์กล้ามเนื้อ ตับ และเหงือก ไม่แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพที่ผิดปกติแต่อย่างใด

3.3 ศึกษาการแก้พิษของคาร์บาริล โดยใช้วิธีการเปลี่ยนน้ำและการให้สารแก้ไขความเป็นพิษ (Monosodium glutamate)

3.3.1 จากการศึกษาการแก้พิษของคาร์บาริล โดยการเปลี่ยนน้ำและการให้สารแก้ไขความเป็นพิษ โดยใช้คาร์บาริลที่ขนาดความเข้มข้นเท่ากับ LC_{50} (2.95 ppm) แบ่งปลาเป็น 6 กลุ่ม ๆละ 100 ตัว ทำการแก้พิษภายหลังได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชแล้วนาน 30 นาที เก็บปลาขึ้นมาครั้งละ 10 ตัวในช่วงเวลาต่าง ๆ หลังจากได้รับคาร์บาริลที่เวลา

15 นาที, 1, 4, 10, 24, 36, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง สังเกตอาการเปลี่ยนแปลงและนับจำนวนปลาตาย

จากผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 3.10 พบว่ากลุ่มที่มีจำนวนปลาตายมากที่สุดคือ กลุ่มที่ไม่ได้รับการแก้ไขความเป็นพิษมีจำนวนปลาตาย 51/100 ตัว รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับการแก้ไขความเป็นพิษด้วยวิธีให้สารแก้ไขความเป็นพิษ 0.001% Monosodium glutamate ตายมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/4, กลุ่มที่ได้รับ 0.01% Monosodium glutamateกลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยน น้ำ 1/2 และกลุ่มที่เปลี่ยนน้ำทั้งหมดโดยมีจำนวนปลาตายเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ จำนวน 33/100, 27/100, 21/100, 17/100, และ 6/100 ตัว

3.3.2 ผลการแก้ไขความเป็นพิษหลังจากได้รับคาร์บาริล(2.95 ppm) นาน 30 นาที ต่อสมรรถนะของเอนไซม์โมลินเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาว

เมื่อเวลาผ่านไป พบว่าสมรรถนะของเอนไซม์โมลินเอสเทอเรสของทุกกลุ่มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมในการศึกษาพิษเฉียบพลัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

ตารางที่ 3.11 และ 3.12แสดงถึงสมรรถนะเอนไซม์โมลินเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อของปลากะพงขาวของทุกกลุ่มตามระยะเวลาต่างๆ ตามลำดับ

เปรียบเทียบกลุ่มที่ได้รับการแก้ไขความเป็นพิษโดยการเปลี่ยนน้ำ 1/4 และ 1/2 เมื่อสัมผัสยานาน 2 ชั่วโมง หลังจากได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่เปลี่ยนน้ำในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าสมรรถนะของเอนไซม์โมลินเอสเทอเรสในสมองทั้ง 2 กลุ่มสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) แต่สมรรถนะของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อเริ่มแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มที่เปลี่ยนน้ำ 1/2 ที่เวลา 24 ชั่วโมง และ 36 ชั่วโมง ในกลุ่มเปลี่ยนน้ำ 1/4 หลังจากนั้นสมรรถนะของเอนไซม์ทั้งในสมองและกล้ามเนื้อของทั้ง 2 กลุ่มค่อยๆ สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.15 และ 3.16

เปรียบเทียบกลุ่มที่ได้รับการแก้ไขความเป็นพิษ โดยการเปลี่ยนน้ำทั้งหมดกับกลุ่มไม่เปลี่ยนน้ำ พบว่าสมรรถนะของเอนไซม์ในสมองและกล้ามเนื้อสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) หลังจากเวลาผ่านไป 2 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.11 และ 3.12 รูปที่ 3.15 และ 3.16

กลุ่มที่ได้รับ 0.01% Monosodium glutamate พบว่าสมรรถนะของเอนไซม์ค่อย ๆ ต่ำลงและสูงขึ้น โดยสมรรถนะของเอนไซม์โมลินเอสเทอเรสในสมองแตกต่างจากกลุ่มไม่เปลี่ยนน้ำ($p< 0.05$) ที่เวลา 2, 4, 10, 24, 36, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง และสมรรถนะของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อแตกต่างจากกลุ่มไม่เปลี่ยนน้ำที่เวลา 24, 36, 96 และ 120 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 3.11 และ 3.12 รูปที่ 3.17 และ 3.18

กลุ่มที่ได้รับ 0.001% Monosodium glutamate พบว่าระดับสมรรถนะของเอนไซม์ในสมองต่ำลงและค่อยๆ สูงขึ้น แตกต่างจากกลุ่มไม่เปลี่ยนน้ำ ($p< 0.05$) ที่เวลา 36, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง และสมรรถนะของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อ แตกต่างจากกลุ่มไม่เปลี่ยนน้ำ ($p< 0.05$) ที่เวลา 72, 120 ชั่วโมง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.11 และ 3.12 รูปที่ 3.17 และ 3.18

3.3.3 ผลทางจุลพยาธิวิทยาในปลาที่ได้รับคาร์บาริล (LC_{50}) นาน 30 นาที แล้วทำการแก้พิษที่เวลาต่างๆ กัน

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ลำแสงธรรมดาพบว่า

เซลล์กล้ามเนื้อ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นในเซลล์กล้ามเนื้อ

เซลล์ตับ เมื่อเวลาผ่านไปพบลักษณะของเซลล์ตับเกิด pyknotic cell shrinkage of cell membrane และ vacuolation ดังแสดงในรูปที่ 3.19

เซลล์เหงือก พบความผิดปกติในทุกกลุ่มศึกษา แต่ความรุนแรงของอาการพิษแตกต่างกัน พบว่าเซลล์เหงือกมีการรวมกันของ lamella การลอกหลุดของเซลล์ เกิดgill erosion และ necrosis พบความผิดปกติมากในกลุ่มที่ไม่ได้รับการแก้พิษ กลุ่มที่ได้ 0.001%, 0.01% Monosodium glutamate กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/4 และ 1/2 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.20

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนปลาตายในช่วงเวลาต่าง ๆ ในกลุ่มที่ไม่ได้รับคาร์บาริล และได้รับคาร์บาริลที่ขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	จำนวนปลาที่ทดลอง	จำนวนปลาที่ตาย					รวม (ตัว)	เปอร์เซนต์ปลาตาย
		0-6 ชม.	6-24 ชม.	24-48 ชม.	48-72 ชม.	72-96 ชม.		
1. กลุ่มควบคุม	50	–	–	–	–	–	0	0
2. 2.0	50	–	–	–	1	8	9	18
3. 2.5	50	–	–	–	3	16	19	38
4. 3.0	50	–	–	5	12	11	28	56
5. 3.5	50	–	7	17	6	8	38	76
6. 4.0	50	–	4	19	13	9	45	90
7. 4.5	50	–	8	19	16	7	50	100
8. 5.0	50	–	12	21	17	-	50	100

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และปริมาณออกซิเจนในน้ำ

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	ค่าที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลา (ชม.)														
	0			1-24			24-48			48-72			72-96		
	T (°C)	pH	O (ppm)	T (°C)	pH	O (ppm)	T (°C)	pH	O (ppm)	T (°C)	pH	O (ppm)	T (°C)	pH	O (ppm)
Control	27	7.0	7.0	27	6.5	7.1	27	6.5	7.2	27	6.5	7.3	27	6.5	7.1
2.0	27	7.0	7.0	27	6.0	7.2	27	6.0	7.1	27	6.0	7.1	27	6.0	7.0
2.5	27	6.0	7.4	27	7.0	7.0	27	6.0	7.0	27	6.0	7.2	27	6.0	7.0
3.0	27	6.5	7.0	27	7.4	7.0	27	7.0	7.0	27	7.0	7.0	27	7.0	7.2
3.5	27	6.0	7.1	27	7.4	7.1	27	6.5	7.0	27	6.5	7.1	27	6.0	7.2
4.0	27	6.8	7.0	27	7.1	7.1	27	6.5	7.2	27	6.0	7.1	27	6.0	7.0
4.5	27	7.2	7.0	27	7.1	7.1	27	6.0	7.2	27	6.0	7.2	27	6.0	7.0
5.0	27	7.0	7.0	27	7.2	7.1	27	6.0	7.0	27	6.0	7.4	27	6.5	7.1

ตารางที่ 3.3 สมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส (mean ± SE) ในสมองของปลากะพงขาวที่ตายในแต่ละช่วงเวลาของที่ได้รับคาร์บาริล ขนาดความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	สมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส*									
	ระยะเวลา (ชม.)									
	0-6	จำนวนปลาตาย	6-24	จำนวนปลาตาย	24-48	จำนวนปลาตาย	48-72	จำนวนปลาตาย	72-96	จำนวนปลาตาย
Control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.0	-	-	-	-	-	-	82.803	1	80.291±0.893	8
2.5	-	-	-	-	-	-	71.316±0.094	3	74.332±0.700	16
3.0	-	-	-	-	52.315±1.862	5	60.428±1.720	12(11)**	67.896±2.382	11
3.5	-	-	47.604±0.399	7(6)**	54.797±2.045	17	57.621±1.794	6	61.787±4.832	8
4.0	-	-	39.260±1.035	4	44.312±1.640	19	47.201±3.42	13	55.798±5.718	9
4.5	-	-	24.445±2.910	8	30.255±3.717	19(17)**	37.676±1.749	16	58.046±1.220	7
5.0	-	-	16.623±3.129	12(11)**	22.105±1.951	21	55.456±5.874	17	-	-

หมายเหตุ * หน่วย คือ micromoles substrate hydrolyzed/min/g of tissue

** นำปลาทุกตัวมาวัดระดับเอนไซม์ ยกเว้นบางกลุ่ม ตัวเลขในวงเล็บคือจำนวนปลาที่นำมาวัดระดับเอนไซม์

ตารางที่ 3.4 สมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส (mean ± SE) ในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ตายในแต่ละช่วงเวลาของที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	สมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส* ระยะเวลา (ชม.)									
	0-6	จำนวนปลาตาย	6-24	จำนวนปลาตาย	24-48	จำนวนปลาตาย	48-72	จำนวนปลาตาย	72-96	จำนวนปลาตาย
Control	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.0	-	-	-	-	-	-	8.590	1	14.348±0.250	8
2.5	-	-	-	-	-	-	10.670±0.481	3	12.640±0.447	16
3.0	-	-	-	-	9.941±0.146	5	10.711±0.209	12(11)**	11.991±0.344	11
3.5	-	-	8.962±0.480	7(6)**	9.411±0.257	17	10.325±0.396	6	10.102±0.261	8
4.0	-	-	6.299±0.085	4	6.984±0.166	19	7.639±0.269	13	8.047±0.147	9
4.5	-	-	5.783±0.203	8	5.563±0.195	19(17)**	6.804±0.240	16	7.559±0.137	7
5.0	-	-	3.407±0.024	12(11)**	3.839±0.020	21	4.422±0.046	17	-	-

หมายเหตุ * หน่วย คือ micromoles substrate hydrolyzed/min/g of tissue

** นำปลาทุกตัวมาวัดระดับเอนไซม์ ยกเว้นบางกลุ่ม ตัวเลขในวงเล็บคือจำนวนปลาที่นำมาวัดระดับเอนไซม์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าสมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรสในสมอง และกล้ามเนื้อของปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ ภายใน 96 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	สมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส μm substrate hydrolyzed/min/g of tissue	
	สมอง	กล้ามเนื้อ
กลุ่มควบคุม	103.288±1.298	17.331±0.730
2.0	88.551±2.070 *	14.967±0.060 *
2.5	76.240±0.987 *	13.341±0.447 *
3.0	72.265±1.083 *	12.095±0.128 *
3.5	57.950±0.630 **	10.089±0.093 **
4.0	48.397±2.800 **	9.080±0.066 **
4.5	35.813±0.527 **	6.537±0.054 **
5.0	28.839±1.482 **	3.944±0.048 **

* $p < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม

** $p < 0.01$ เทียบกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 3.6 แสดงเปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมอง และกล้ามเนื้อของปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล ขนาดความเข้มข้นระหว่าง 2.0-5.0 ppm ภายใน 96 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	เปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรส	
	สมอง	กล้ามเนื้อ
กลุ่มควบคุม	–	–
2.0	14.268 %	13.675 %
2.5	26.189 %	23.022 %
3.0	30.032 %	30.235 %
3.5	43.896 %	41.275 %
4.0	53.143 %	47.602 %
4.5	65.327 %	62.281 %
5.0	72.079 %	77.266 %

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าสมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส (mean ± SE) ในสมองของปลากะพงขาวที่ไม่ได้รับและได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นขนาด 0.5-2.0 ppm ที่เวลาต่างๆ (n= 10)

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	เวลาที่ผ่านไป (วัน)					
	15 นาที	1 วัน	2 วัน	4 วัน	8 วัน	15 วัน
กลุ่มควบคุม	109.216±1.613	109.296±9.710	105.272±1.940	100.218±3.083	103.460±1.596	105.611±0.760
0.5	A 110.012±8.070	A 99.854±1.155	A 95.410±1.284	AB 93.020±0.578	AB 94.688±0.828	A 97.518±0.823
1.0	A 99.485±0.780	A 97.114±1.679	A 93.410±0.796	AB 89.460±0.730	AB 91.051±0.438	A 94.630±0.801
1.5	A 93.713±0.488	A 92.72 ±0.498	A 89.988±0.770	AB 85.85 ±0.872	AB 88.033±1.203	A 93.472±0.372
2.0	A 93.956±6.060	A 90.835±0.216	A 86.422±1.530	AB 83.957±1.371	AB 86.801±1.372	A 93.336±0.372

A แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่เวลาเดียวกัน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (แนวตั้ง)

B แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในความเข้มข้นเดียวกัน เปรียบเทียบกับที่เวลา 15 นาที (แนวนอน)

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าสมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส (mean ± SE) ในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ไม่ได้รับและได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นขนาด 0.5-2.0 ppm ที่เวลาต่างๆ (n= 10)

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	เวลาที่ผ่านไป (วัน)					
	15 นาที	1 วัน	2 วัน	4 วัน	8 วัน	15 วัน
กลุ่มควบคุม	18.723±0.133	18.014±0.229	18.617±0.088	18.008±0.257	17.684±0.189	17.909±0.206
0.5	18.030±0.232	A 16.885±0.732	A 16.925±0.256	AB 16.136±0.229	AB 16.515±0.229	A 17.617±0.199
1.0	A 17.300±0.246	A 16.917±0.230	A 16.072±0.296	AB 15.342±0.138	AB 16.391±0.330	A 17.220±0.377
1.5	A 16.378±0.126	A 16.957±0.220	A 16.276±0.665	AB 15.271±0.180	AB 15.075±0.392	A 16.824±2.080
2.0	A 17.608±0.165	A 16.202±0.170	A 13.602±0.094	AB 13.441±0.162	AB 14.151±0.186	AB 14.720±0.313

A แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่เวลาเดียวกัน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (แนวตั้ง)

B แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในความเข้มข้นเดียวกัน เปรียบเทียบกับที่เวลา 15 นาที (แนวนอน)

ตารางที่ 3.9 แสดงเปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส ในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริล เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เวลาต่างๆ (n= 10)

ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)	เปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส											
	เวลา (วัน)											
	15 นาที		1		2		4		8		15	
	สมอง	กล้ามเนื้อ	สมอง	กล้ามเนื้อ	สมอง	กล้ามเนื้อ	สมอง	กล้ามเนื้อ	สมอง	กล้ามเนื้อ	สมอง	กล้ามเนื้อ
กลุ่มควบคุม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	0.00	3.80	8.64	6.27	9.366	9.00	7.18	10.39	8.47	6.16	7.68	1.63
1.0	8.69	7.60	11.14	6.09	11.268	13.67	10.73	14.77	11.99	7.29	10.42	3.85
1.5	14.19	12.49	15.14	5.86	14.45	12.57	14.33	15.20	14.91	14.76	11.52	6.06
2.0	13.97	5.94	16.89	10.06	17.90	26.94	16.22	25.32	16.10	19.98	11.65	17.89

ตารางที่ 3.10 แสดงจำนวนปลาที่ตายในช่วงเวลาต่างๆ หลังจากได้รับคาร์บาริลที่ขนาดความเข้มข้นเท่ากับ LC_{50}, 96 ชั่วโมง (2.95 ppm) นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษ

กลุ่มทดลอง (n= 100)	จำนวนปลาตาย (ตัว)										รวมปลาตาย (ตัว)
	1/4	1	2	4	10	24	36	72	96	120	
ไม่เปลี่ยนน้ำ	-	-	-	1	3	7	11	12	8	9	51
เปลี่ยนน้ำ 1/4	-	-	-	-	-	5	3	7	6	6	27
เปลี่ยนน้ำ 1/2	-	-	-	-	-	3	3	6	3	2	17
เปลี่ยนน้ำทั้งหมด	-	-	-	-	-	2	1	2	1	-	6
0.01% Monosodium glutamate	-	-	-	1	-	3	5	3	6	3	21
0.001% Monosodium glutamate	-	-	-	-	4	6	6	5	7	5	33

ตารางที่ 3.11 เปรียบเทียบสมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลในขนาดความเข้มข้น 2.95 ppm. นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษกับกลุ่มที่ไม่ได้แก้ไขความเป็นพิษ ในช่วงเวลาเดียวกัน (n= 10)

กลุ่มทดลอง	สมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส (μm. substrated hydrolyzed/ min / g of tissue)									
	เวลาที่ผ่านไป (ชั่วโมง)									
	1/4	1	2	4	10	24	36	72	96	120
ไม่เปลี่ยนน้ำ	92.580±0.553	90.272±0.648	78.793±0.711	78.009±1.148	73.350±1.347	71.300±19103	71.799±0.983	68.201±0.752	64.455±1.228	61.012±0.552
เปลี่ยนน้ำ 1/4	92.020±0.341	90.734±0.966	85.961±0.807*	84.940±0.884*	84.054±0.416*	82.779±0.977*	78.202±0.142*	80.980±0.929*	84.087±1.280*	86.288±1.478*
เปลี่ยนน้ำ 1/2	93.320±0.430	89.541±1.273	87.977±1.454*	85.329±0.771*	83.127±1.082*	84.101±1.257*	83.355±0.149*	86.954±1.898*	89.757±1.681*	93.581±1.151*
เปลี่ยนน้ำทั้งหมด	92.285±0.521	91.571±0.907	87.372±1.706*	89.864±1.167*	90.891±1.128*	90.457±1.075*	95.312±0.874*	98.714±0.907*	98.421±0.705*	101.334±9.032*
0.01% Monosodium glutamate	92.194±0.834	91.086±1.525	85.407±0.886*	83.885±1.430*	85.235±1.171*	86.550±0.883*	88.904±1.545*	90.229±1.562*	91.245±1.405*	96.608±0.707*
0.001% Monosodium glutamate	92.805±1.252	91.368±1.786	84.970±1.302	81.286±1.051	79.061±1.543	78.532±2.963	82.956±1.333*	89.589±1.764*	90.386±0.715*	93.522±0.985*

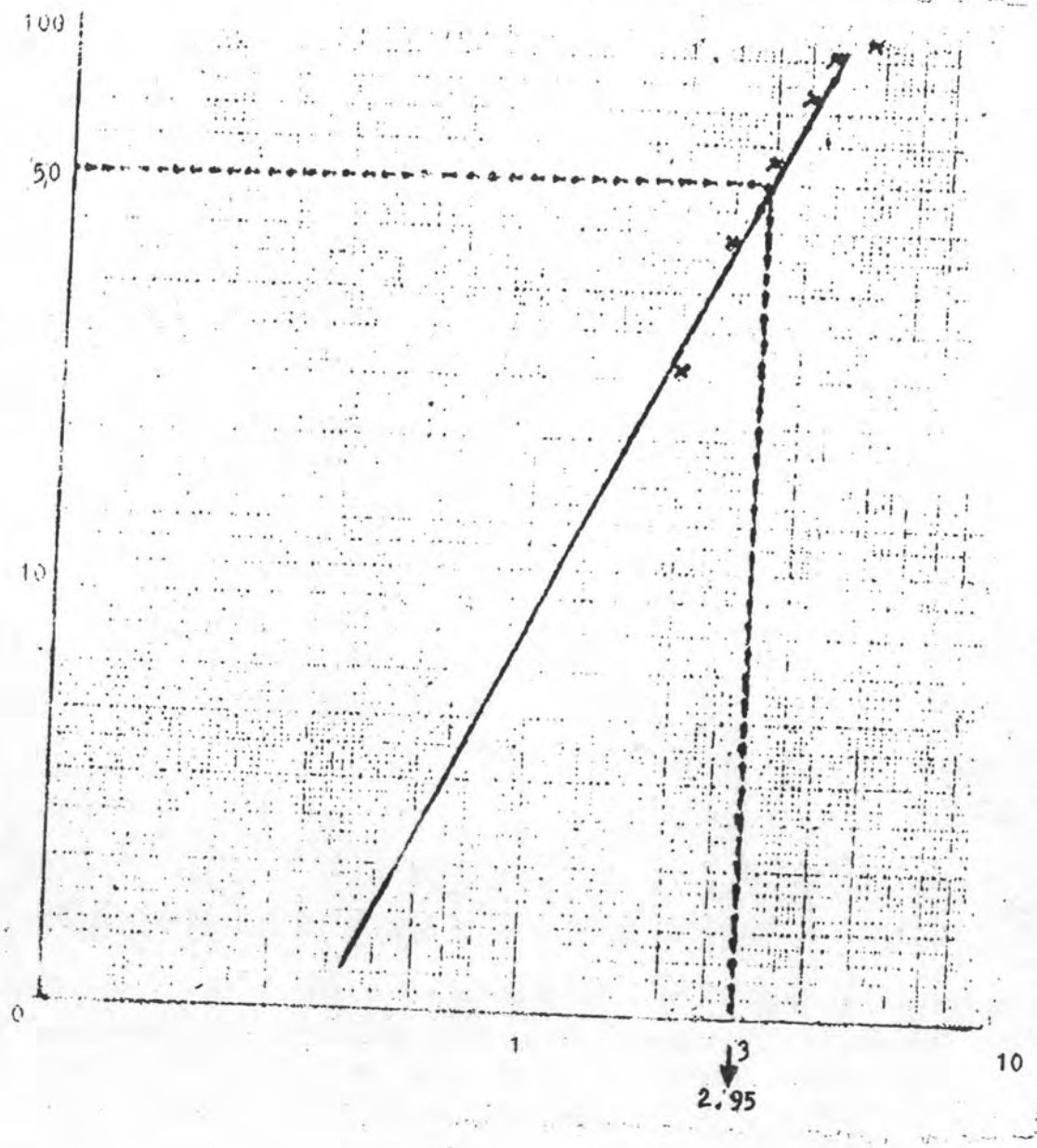
* $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับกลุ่มไม่เปลี่ยนน้ำที่เวลาเดียวกัน

ตารางที่ 3.12 เปรียบเทียบสมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลในขนาดความเข้มข้น 2.95 ppm. นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษกับกลุ่มที่ไม่ได้แก้ไขความเป็นพิษ ในช่วงเวลาเดียวกัน (n= 10)

กลุ่มทดลอง	สมรรถนะของเอนไซม์โพลีนเอสเทอเรส (μm. substrated hydrolyzed/ min / g of tissue)									
	เวลาที่ผ่านไป (ชั่วโมง)									
	1/4	1	2	4	10	24	36	72	96	120
ไม่เปลี่ยนน้ำ	18.399±0.166	16.998±0.207	16.867±0.979	14.553±0.245	13.811±0.295	12.835±0.118	13.518±0.249	16.719±0.513	15.329±0.306	14.351±0.258
เปลี่ยนน้ำ 1/4	17.963±0.080	16.865±0.220	16.664±0.262	15.658±0.497	14.352±0.416	13.583±0.332	14.575±0.474*	13.352±0.460*	15.327±0.141	15.933±0.241*
เปลี่ยนน้ำ 1/2	18.46 ±0.111	17.173±0.133	17.232±0.457	15.513±0.411	14.580±0.263	14.576±0.470*	15.981±0.196*	16.478±0.373*	16.435±0.344*	18.217±0.221*
เปลี่ยนน้ำทั้งหมด	18.939±0.106	16.918±0.225	18.316±0.537	16.257±0.321	16.721±0.213*	17.024±0.371*	17.571±0.230*	17.450±0.299*	18.096±0.237*	18.565±0.138*
0.01% Monosodium glutamate	18.512±0.167	16.754±0.215	18.867±0.355	15.289±0.516	13.354±0.413	15.521±0.421*	15.200±0.422*	16.323±0.306*	17.656±0.808*	16.242±0.438*
0.001% Monosodium glutamate	18.133±0.119	16.225±0.439	13.968±0.528	14.375±0.416	13.193±0.231	12.594±0.483	12.587±0.296	13.063±0.395*	16.393±0.313*	17.033±0.264*

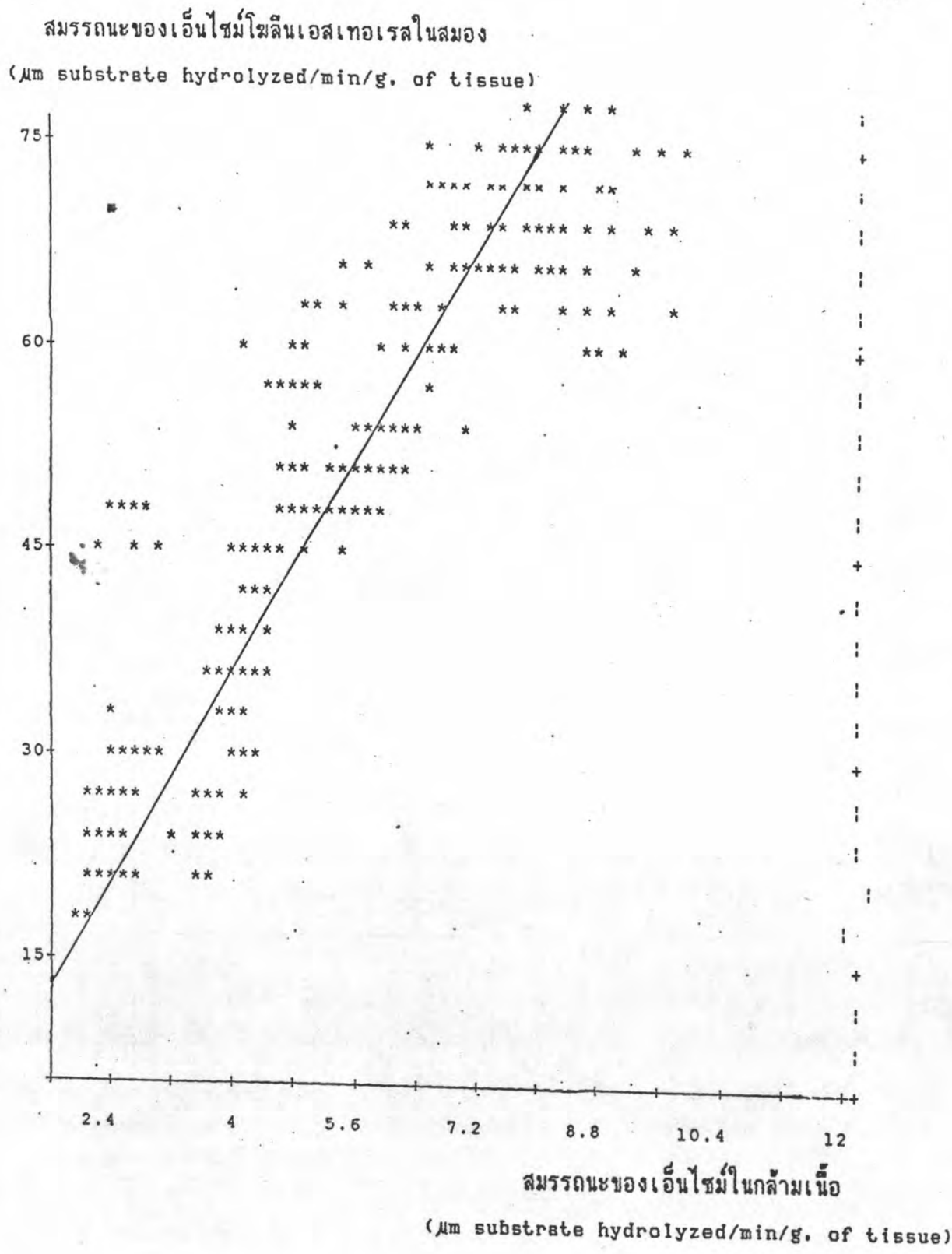
* $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับกลุ่มไม่เปลี่ยนน้ำที่เวลาเดียวกัน

เปอร์เซนต์การตายของปลา



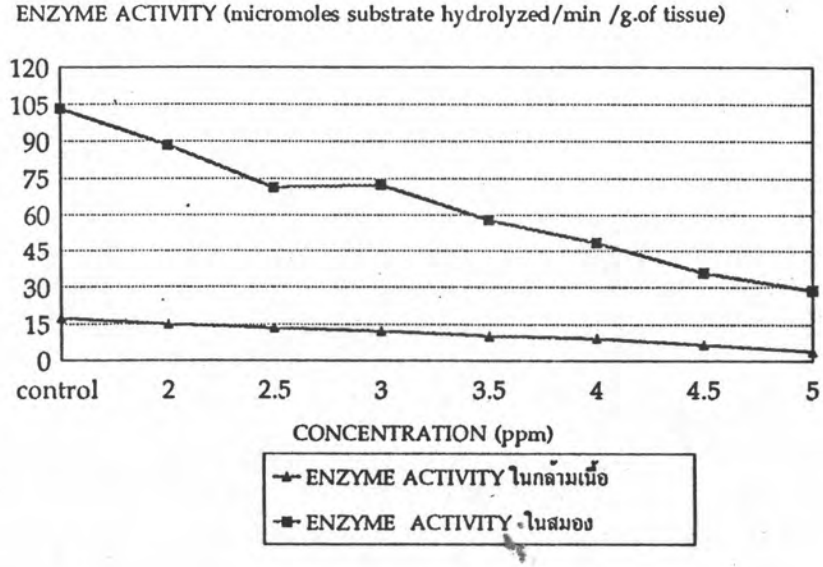
ความเข้มข้นของคาร์บาริล (ppm)

รูปที่ 3.1 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บาริล กับเปอร์เซนต์การตายของปลากะพงขาว

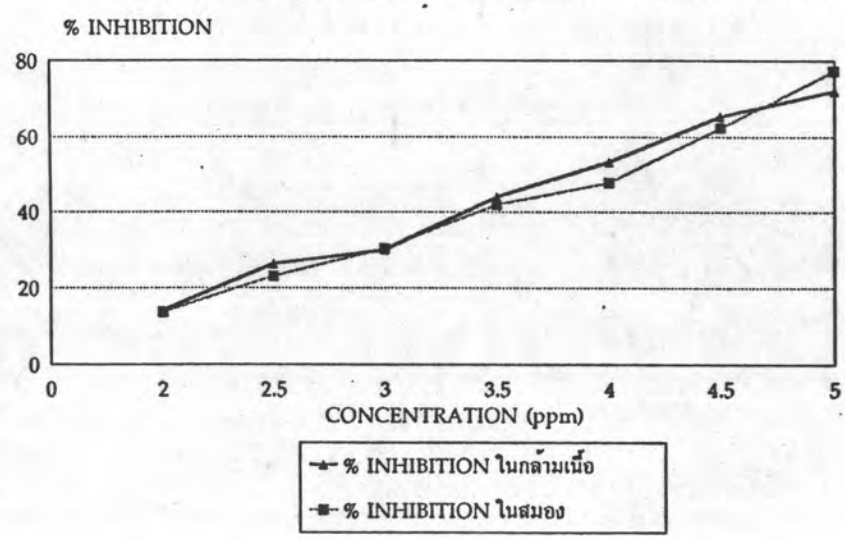


รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ $r = 0.93899$ สมการเส้นตรงเท่ากับ $Y = 8.644\ X + 5.333$

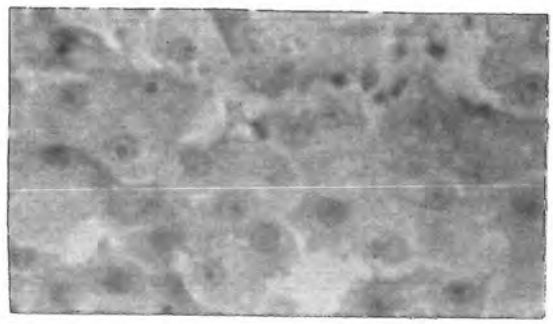
รูปที่ 3.3 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ



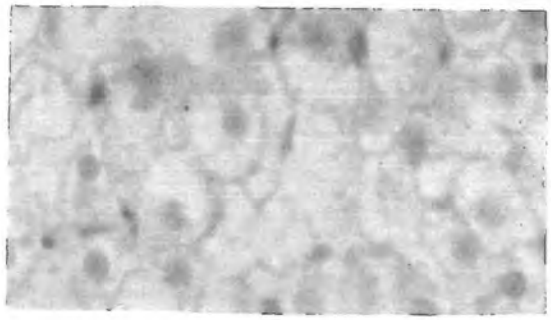
รูปที่ 3.4 แสดงเปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมองและกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ



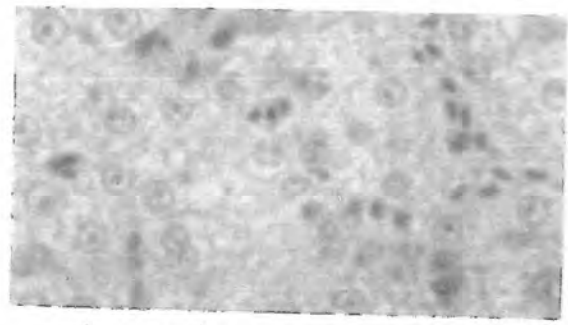
รูปที่ 3. 5 แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์ตับที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ที่เวลา 96 ชั่วโมง



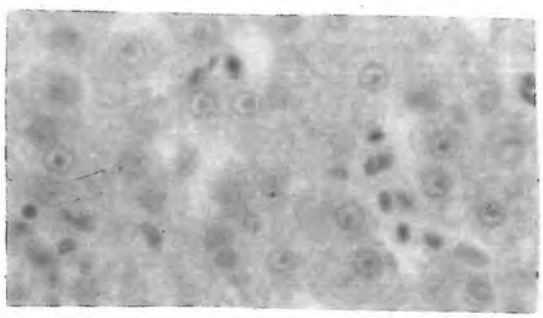
รูปที่ A กลุ่มควบคุม



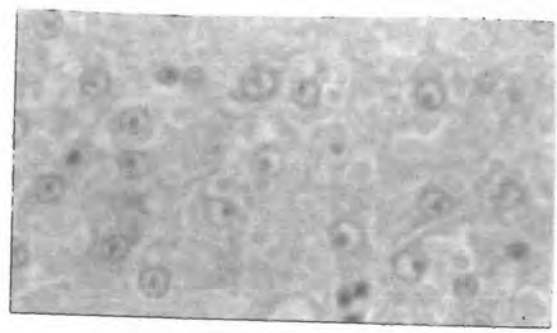
รูปที่ B กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 2.0 ppm. เซลล์ตับเกิด mild degree vacuolation



รูปที่ C กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 3.0 ppm. เซลล์ตับเกิด vacuolation



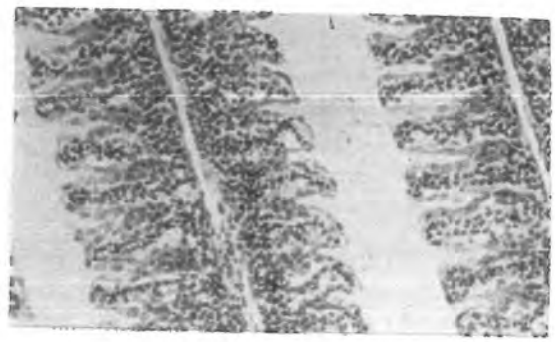
รูปที่ D กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 4.0 ppm. เซลล์ตับมี pyknotic cell และ vacuolation



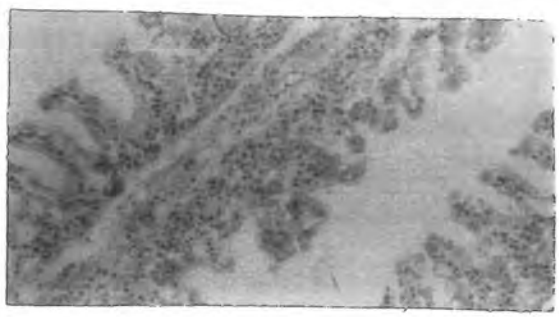
รูปที่ E กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 5.0 ppm. (72 ชั่วโมง) เซลล์ตับเกิด pyknotic และ karyolysis

(formalin's fixation; H&E:10x40)

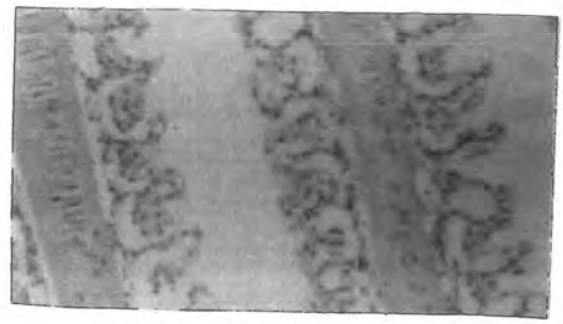
รูปที่ 3. 6 แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์เหงือกที่เปลี่ยนแปลงไปในปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ที่เวลา 96 ชั่วโมง



รูปที่ A กลุ่มควบคุม



รูปที่ B กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 2.0 ppm. เกิดการรวมกันของ lamella



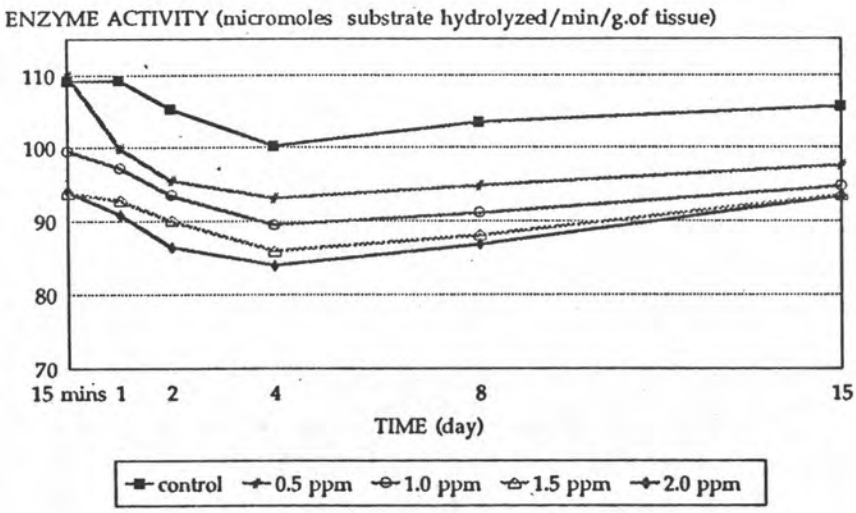
รูปที่ C กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 3.0 ppm. เกิดการรวมกันของ lamella

รูปที่ D กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 4.0 ppm. มี gill erosion เกิดขึ้น

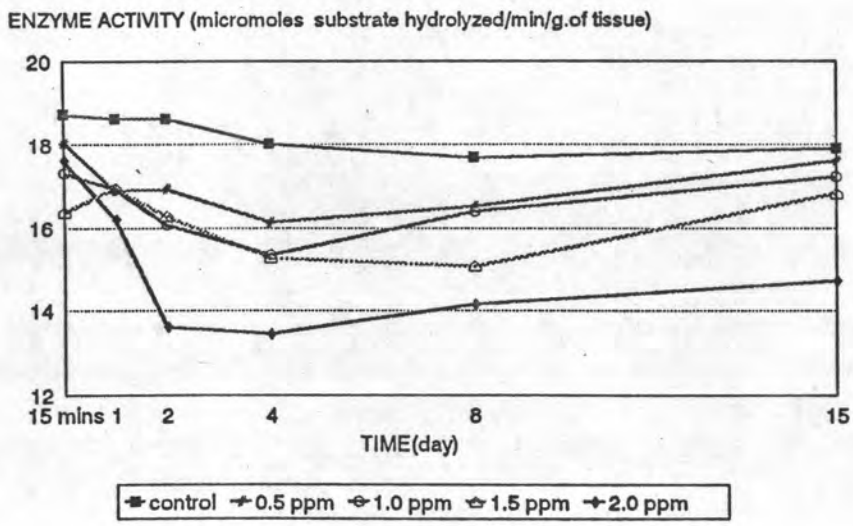
รูปที่ E กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 5.0 ppm. เกิด severe necrosis (72 ชั่วโมง)

(formalin's fixation; H&E:10x40)

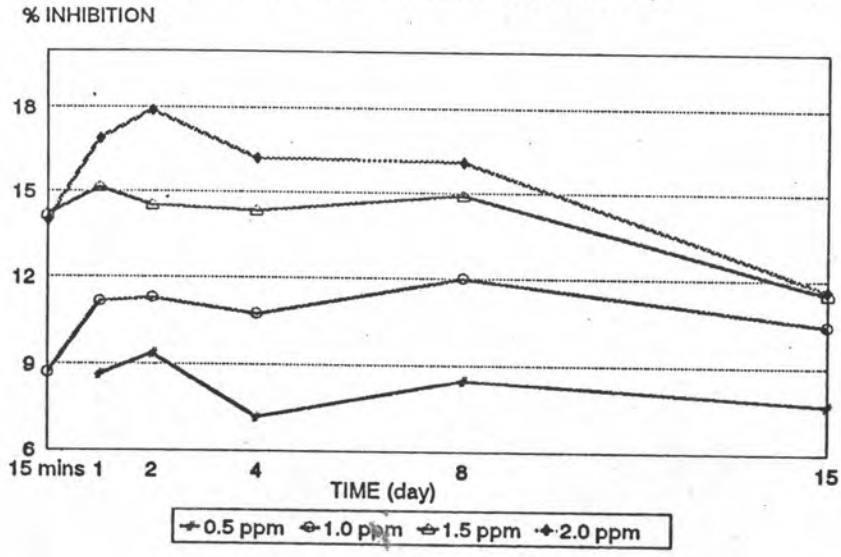
รูปที่ 3.7 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาว
ที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่างๆ ที่เวลาต่างกัน



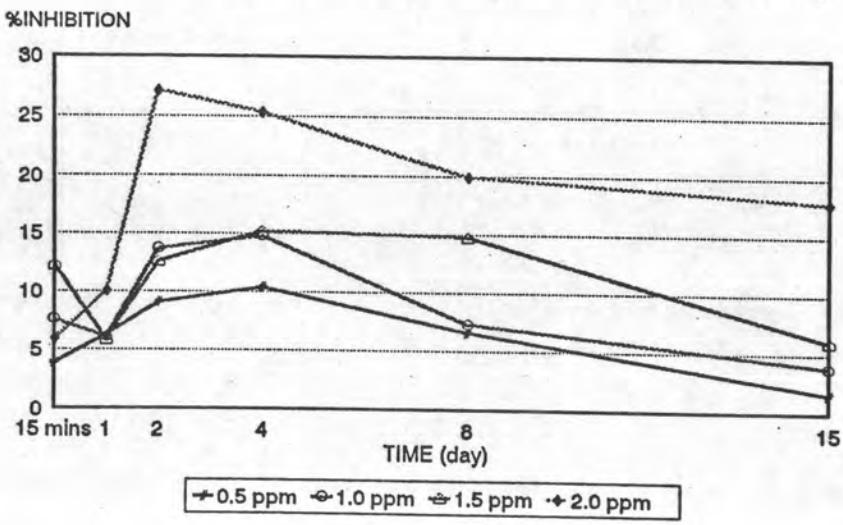
รูปที่3.8 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาว
ที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆที่เวลาต่างกัน



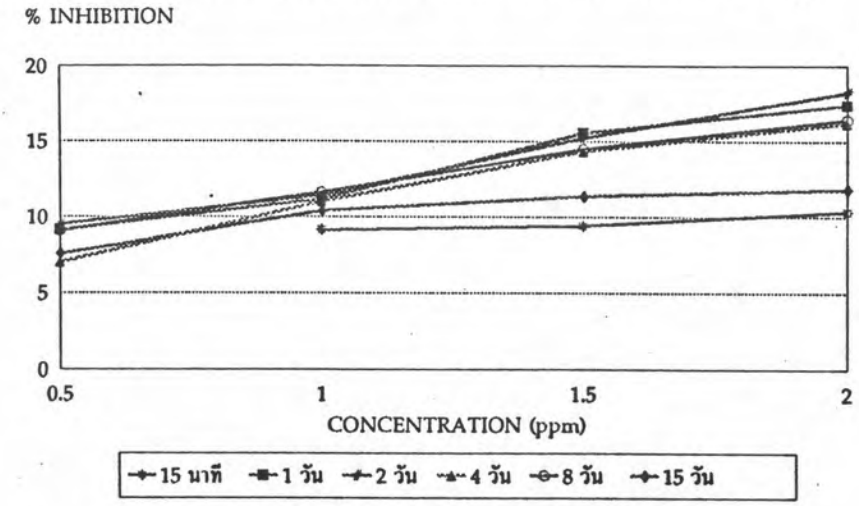
รูปที่3.9 แสดงเปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ



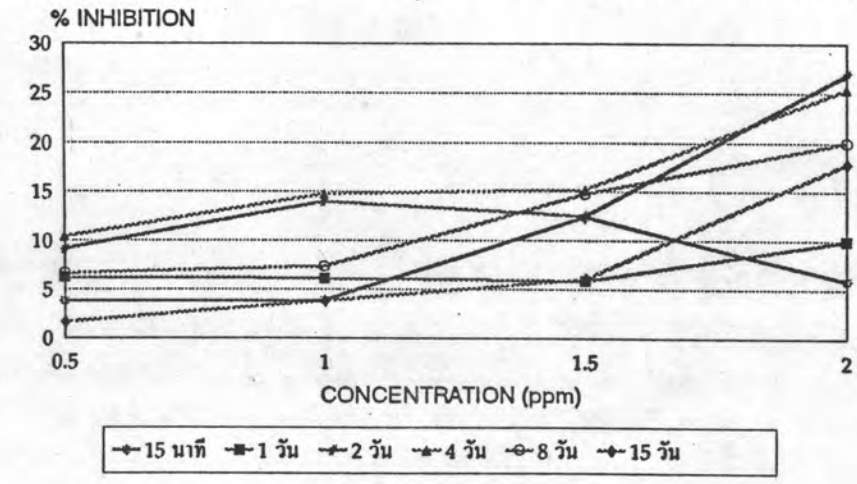
รูปที่ 3.10 แสดงเปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลในขนาดความเข้มข้นต่าง ๆ



รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บาริลและเปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาวตามระยะเวลาต่าง ๆ

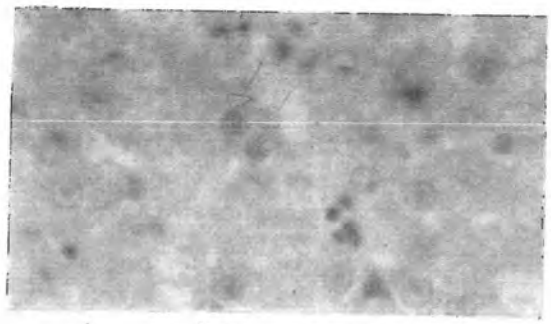


รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคาร์บาริลและเปอร์เซนต์การยับยั้งสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาว ตามระยะเวลาต่าง ๆ



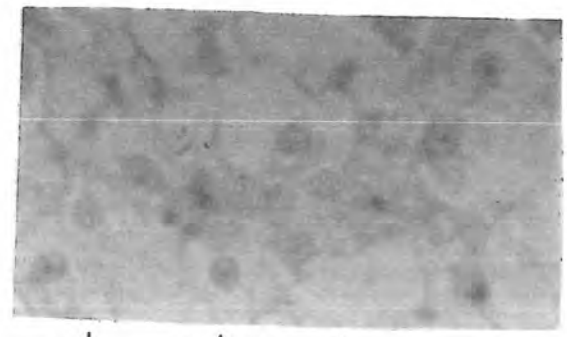
รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์ตับปลากะพงขาว ในวันที่ 2 และ 8 หลังจากได้รับคาร์บาริลขนาดความเข้มข้น 1.0, 1.5 และ 2.0 ppm.

วันที่ 2

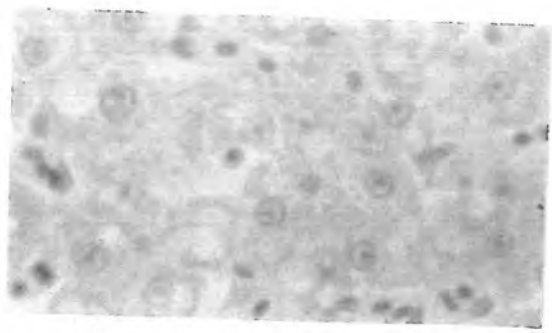


รูปที่ A กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.0 ppm. มี pyknotic cell

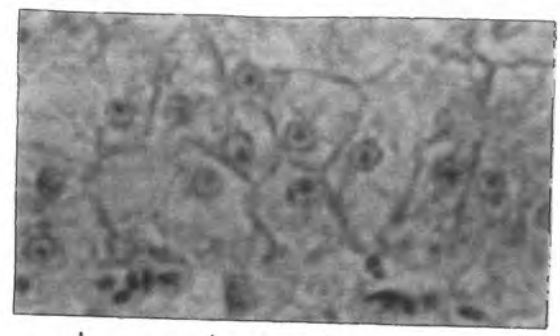
วันที่ 8



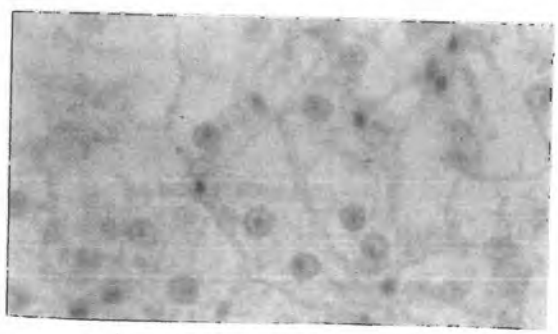
รูปที่ B กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.0 ppm. มี vacuolation เกิดขึ้น



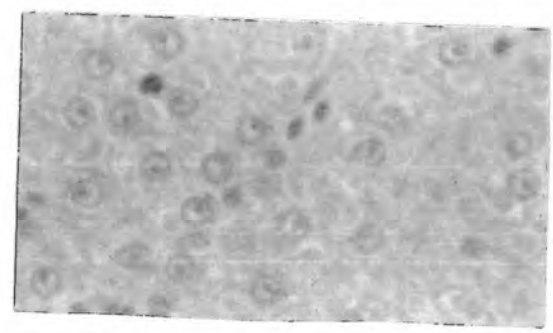
รูปที่ C กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.5 ppm. มี vacuolation เกิดขึ้น



รูปที่ D กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.5 ppm. เกิด vacuolation และ pyknotic cell



รูปที่ E กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 2.0 ppm. เซลล์ตับเกิด vacuolation

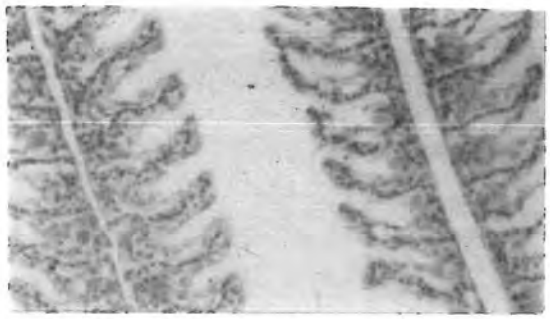


รูปที่ F กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 2.0 ppm. เกิด karyolysis

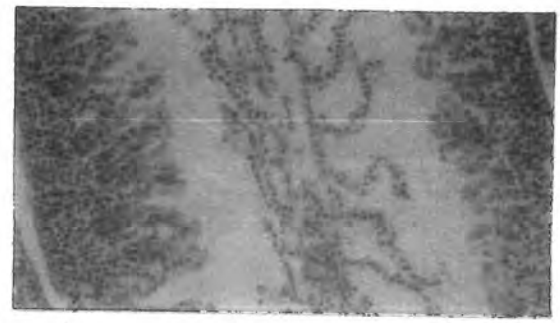
(formalin's fixation; H&E: 10x40)

รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์เหงือกที่เปลี่ยนแปลงไปของปลากะพงขาว ในวันที่ 2 และ 8 หลังจากได้รับคาร์บาริล 1.0, 1.5 และ 2.0 ppm.

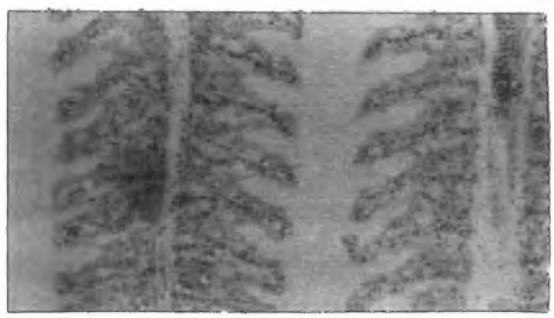
วันที่ 2 วันที่ 8



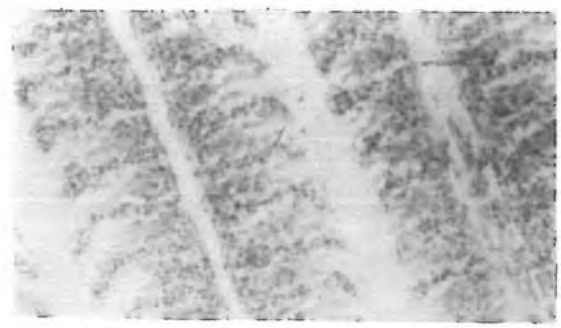
รูปที่ A กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.0 ppm. เริ่มมี swelling ของ secondary gill lamella



รูปที่ B กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.0 ppm. เกิด gill necrosis และการรวมกันของ secondary gill lamella

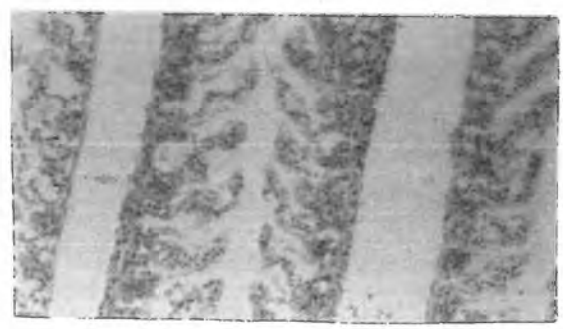


รูปที่ C กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.5 ppm. มี swelling และการรวมกันของ lamella



รูปที่ D กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 1.5 ppm. มีการหนาตัวของ lamella (hyperplasia)

รูปที่ E กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 2.0 ppm. มี swelling ของ gill lamella

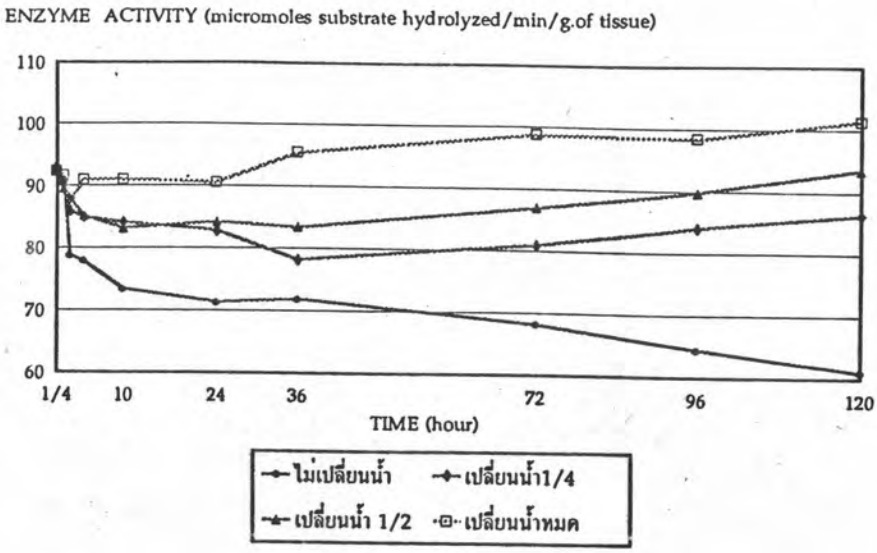


รูปที่ F กลุ่มที่ได้รับคาร์บาริล 2.0 ppm. เกิด gill necrosis

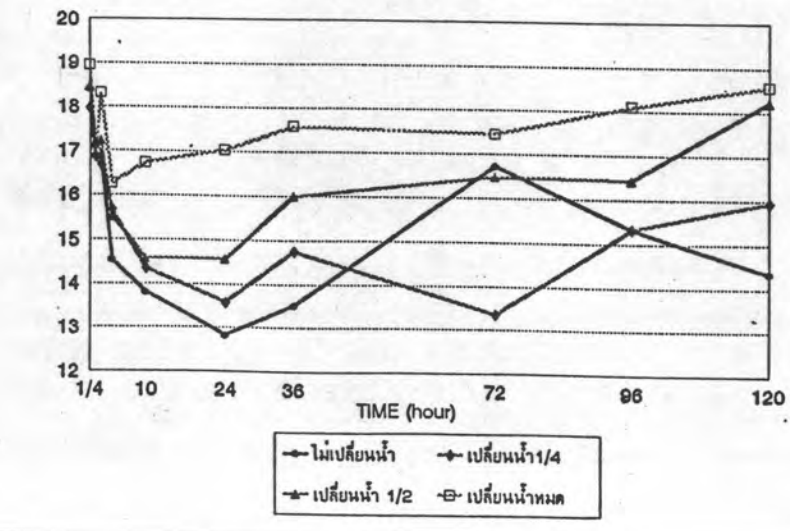
(formalin's fixation; H&E:10x10)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

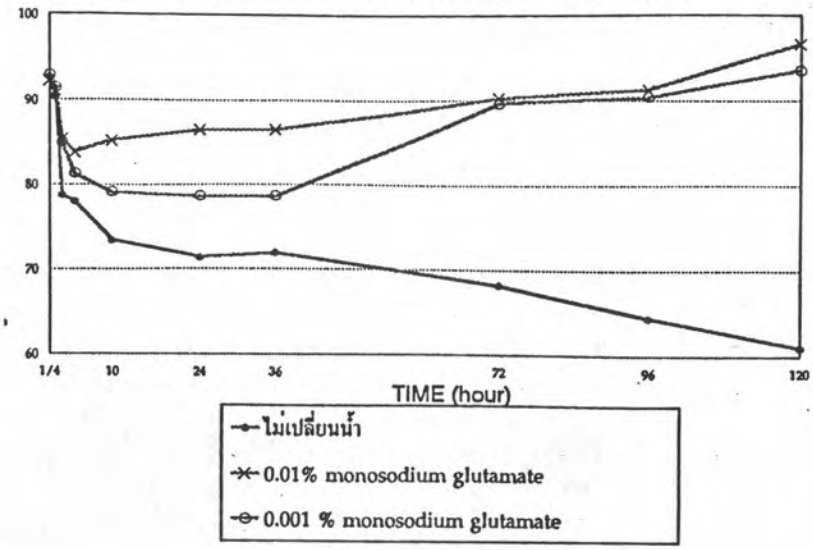
รูปที่ 3.15 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษ



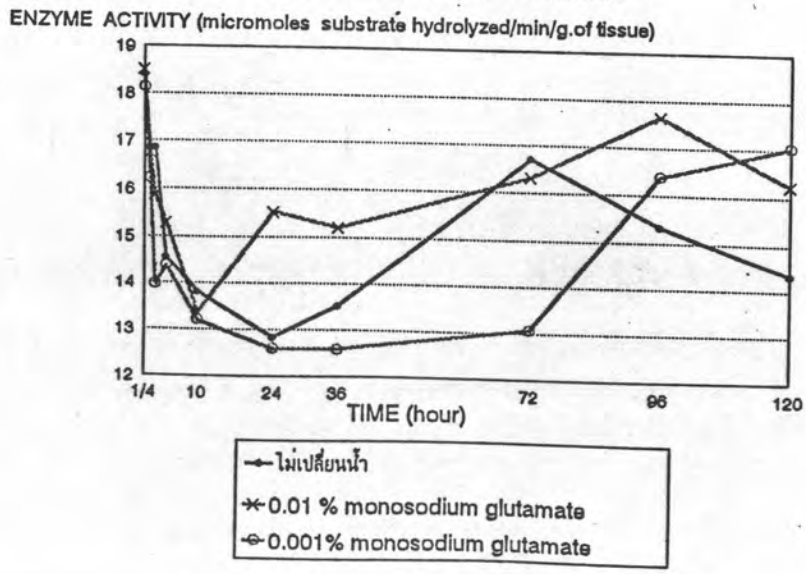
รูปที่ 3.16 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาทีแล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษ



รูปที่ 3.17 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในสมองปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษ

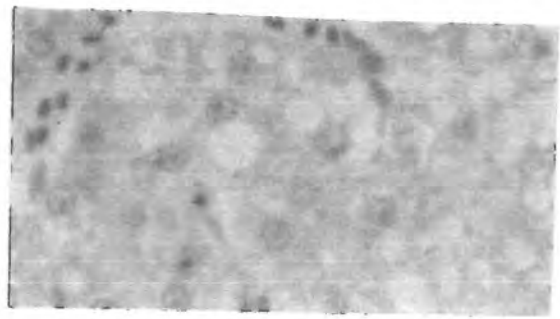


รูปที่ 3.18 แสดงสมรรถนะของเอนไซม์โมลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm นาน 30 นาทีแล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษ



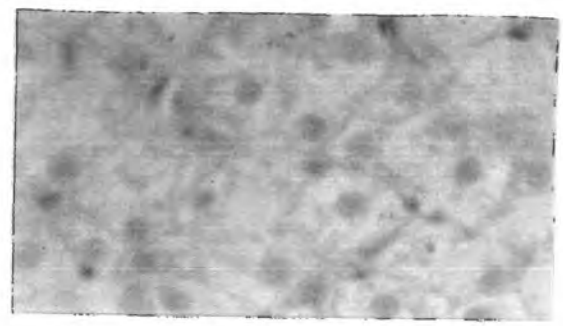
รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์ตับปลากะพงขาว ที่ได้รับคาร์บาริลขนาด 2.95 ppm. นาน 30 นาที แล้วทำการแก้ไขความเป็นพิษด้วยวิธีการต่าง ๆ ใน วันที่ 1 และ 5

วันที่ 1

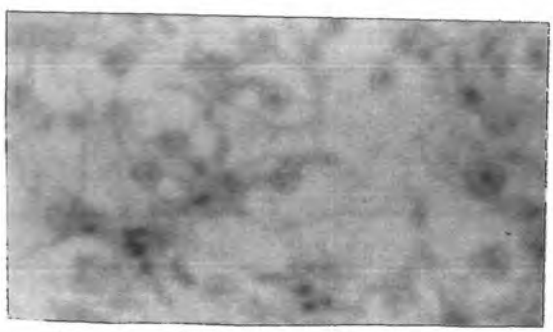


รูปที่ A กลุ่มที่ไม่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ เกิด vacuolation และ pyknotic cell

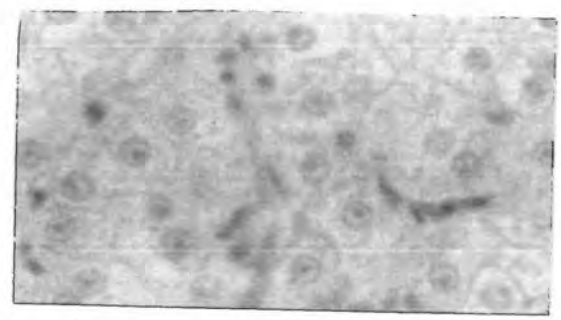
วันที่ 5



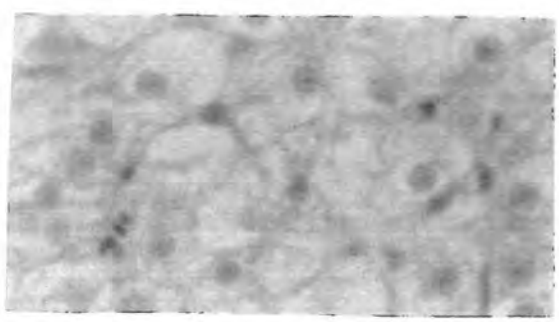
รูปที่ B กลุ่มที่ไม่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ เกิด vacuolation



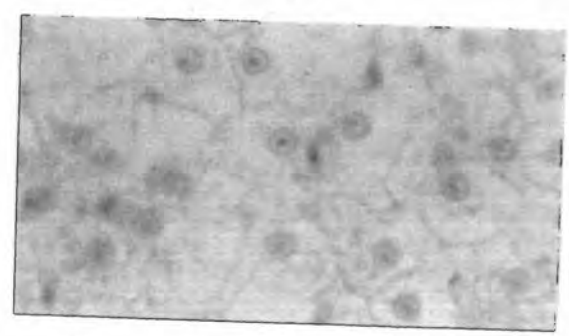
รูปที่ C กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/4 เซลล์ตับเกิด vacuolation และ cell enlargement



รูปที่ D กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/4 เกิด karyolysis และ vacuolation



รูปที่ E กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/2 เกิด vacuolation

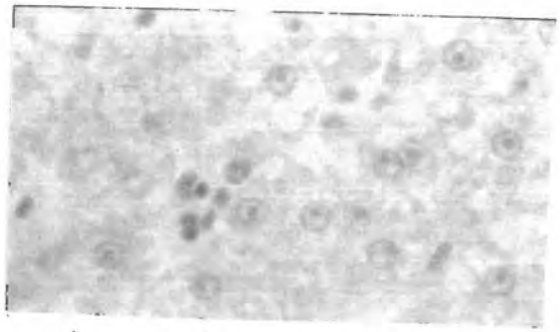


รูปที่ F กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/2 มีการเกิด vacuolation และ pyknotic cell

(formalin's fixation; H&E:10x40)

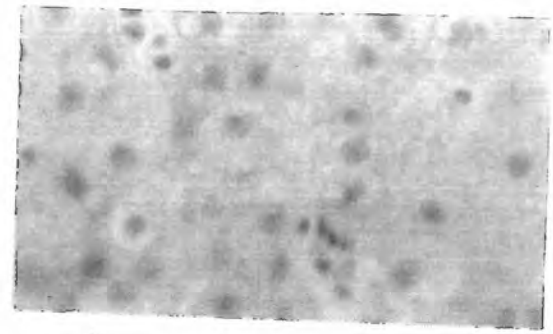
รูปที่ 3. 19 (ต่อ) แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์ตับปลากะพงขาว

วันที่ 1

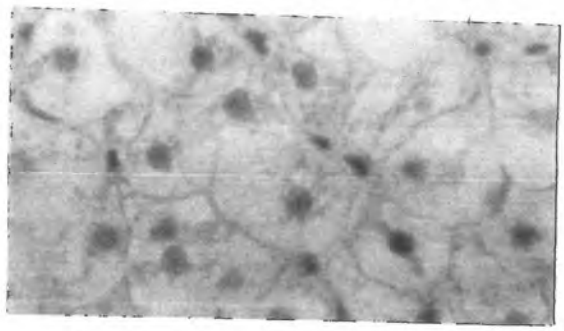


รูปที่ G กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำหมด ไม่พบความผิดปกติที่สังเกตเห็น

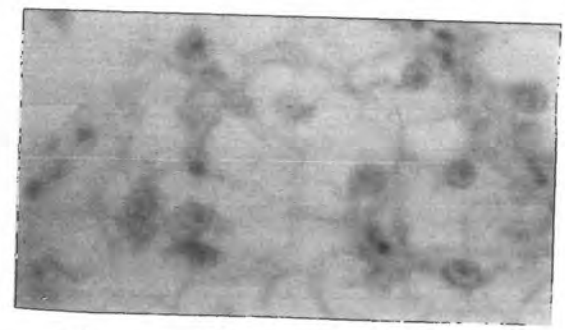
วันที่ 5



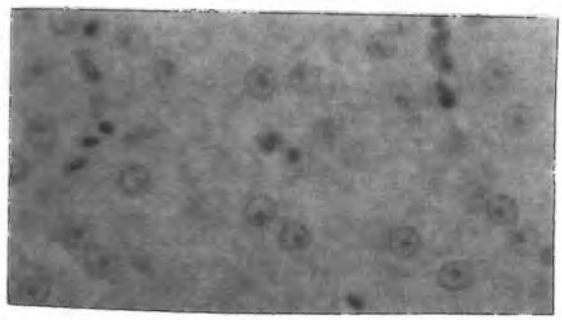
รูปที่ H กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำหมด ไม่พบความผิดปกติที่สังเกตเห็น



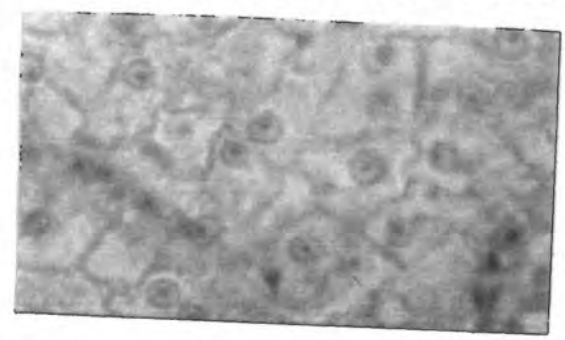
รูปที่ I กลุ่มที่ได้รับ 0.01% monosodium glutamate เกิด Vacuolation



รูปที่ J กลุ่มที่ได้รับ 0.01% monosodium glutamate เกิด cell enlargement และ shrinkage of cell membrane



รูปที่ K กลุ่มที่ได้รับ 0.001% monosodium glutamate มี degeneration of cell membrane

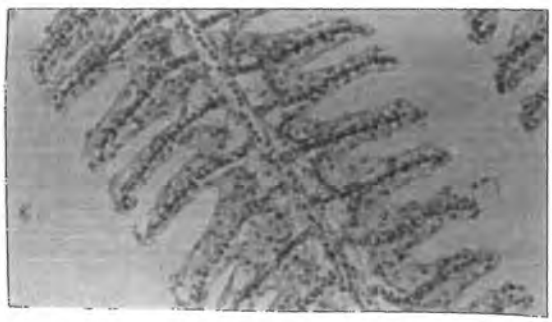


รูปที่ L กลุ่มที่ได้รับ 0.001% monosodium glutamate เกิด shrinkage of cell membrane

(formalin's fixation; H&E:10x40)

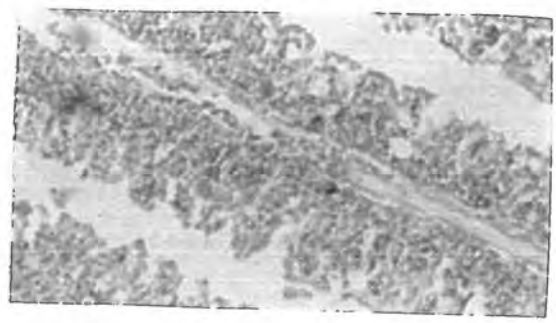
รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของเซลล์เหงือกปลากะพงขาวในวันที่ 1 และ 5 หลังจากได้รับคาร์บาริล 2.95 ppm. และทำการแก้ไขความเป็นพิษด้วยวิธีต่าง ๆ

วันที่ 1

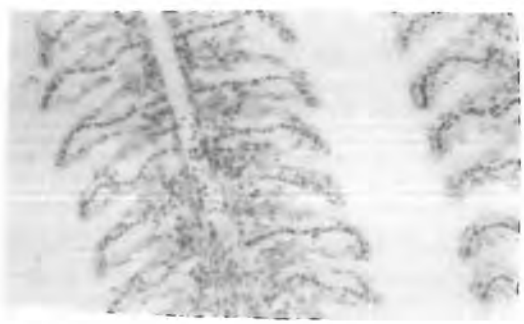


รูปที่ A กลุ่มที่ไม่ได้รับการเปลี่ยนน้ำเริ่มมีการรวมตัวกันของ lamella

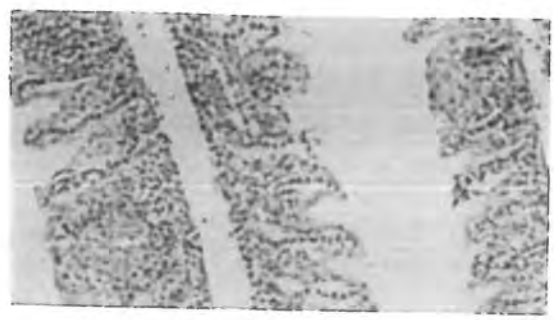
วันที่ 5



รูปที่ B กลุ่มที่ไม่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ มีการรวมกันของ lamella เป็นบริเวณกว้าง



รูปที่ C กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/4 มีการ inflitration ของเซลล์เม็ดเลือดแดงใน primary cannal



รูปที่ D กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/4 เกิด secondary of gill Lamella swelling

รูปที่ E กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/2 เกิด inflitration เซลล์เม็ดเลือดแดง

รูปที่ F กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำ 1/2 มี secondary filament hyperplasia lamella บางส่วน

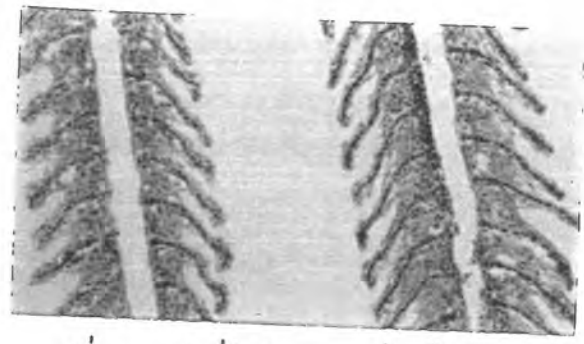
(formalin's fixation; H&E:10x10)

รูปที่ 3. 20 (ต่อ) แสดงลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของเซลล์เหงือกปลากะพงขาว

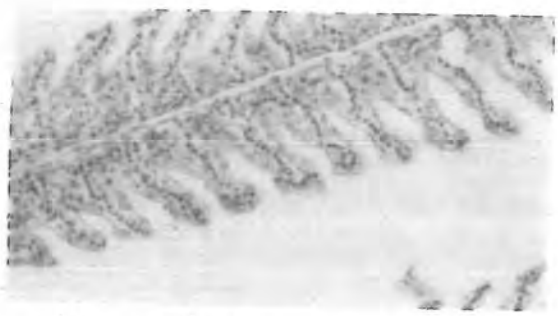
วันที่ 1

รูปที่ G กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำหมด
ไม่พบความผิดปกติที่สังเกตเห็นได้

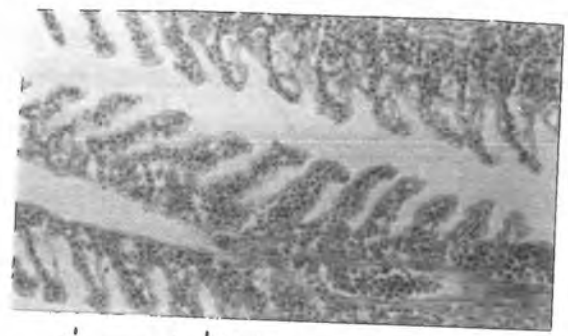
วันที่ 5



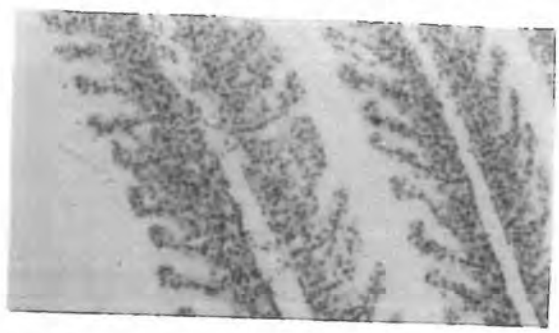
รูปที่ H กลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนน้ำหมด
ไม่พบความผิดปกติที่สังเกตเห็นได้



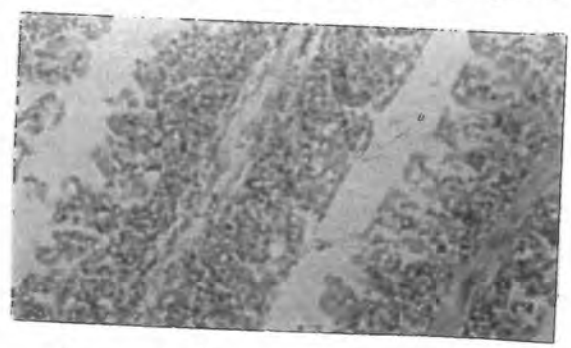
รูปที่ I กลุ่มที่ได้รับ 0.01% monosodium glutamate
มี swelling ของ lamella



รูปที่ J กลุ่มที่ได้รับ 0.01% monosodium glutamate
มี gill filament hyperplasia



รูปที่ K กลุ่มที่ได้รับ 0.001% monosodium glutamate
มี gill filament hyperplasia



รูปที่ L กลุ่มที่ได้รับ 0.001% monosodium glutamate
มี cell filament hyperplasia

(formalin's fixation; H&E:10x10)