

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 การทดลองที่ 1 : ผลของสารพิษจากเชื้อราที่หนูและซีราลีโนนต่อกึ่งกลาดำ

3.1.1 พฤติกรรมและความผิดปกติของกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ากึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับความเข้มข้นสูงสุด (2.0 พีพีเอ็ม) แสดงพฤติกรรมเชิงซ้ำ หลบตามมุมถึง กินอาหารลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ

3.1.2 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

3.1.2.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับทั้ง 4 ชุดตลอดระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่ากึ่งกลาดำมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5 เมื่อเริ่มต้นการทดลองน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อยู่ในช่วง 4.70 ± 0.02 – 4.71 ± 0.02 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวกึ่งกลาดำเริ่มมีความแตกต่างกันเมื่อเลี้ยงได้ 4 สัปดาห์ โดยพบว่ากึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับ 1.0 พีพีเอ็ม มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด คือ 8.71 ± 0.24 กรัม และแตกต่างกับกึ่งกลาดำในชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ได้รับสารพิษที่ทุ 2.0 พีพีเอ็ม ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ได้รับสารพิษที่ทุระดับ 0.1 พีพีเอ็ม ($p>0.05$) น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวกึ่งกลาดำในสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับสูงสุด (2.0 พีพีเอ็ม) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่ำที่สุดแตกต่างกับทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) คือ 12.21 ± 0.90 กรัม

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (หน่วยเป็นกรัม)

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษที่ทุ)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
1. (0 พีพีเอ็ม)	4.70±0.02 ^a	6.50±0.30 ^a	8.21±0.17 ^a	10.54±0.62 ^a	12.50±0.65 ^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	4.70±0.02 ^a	6.61±0.31 ^a	8.63±0.30 ^{bc}	10.87±0.16 ^a	13.23±0.16 ^{bc}
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	4.71±0.02 ^a	6.66±0.17 ^a	8.71±0.24 ^c	11.12±0.60 ^a	13.52±0.60 ^c
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	4.70±0.02 ^a	6.55±0.30 ^a	8.36±0.34 ^{ab}	10.40±0.43 ^a	12.21±0.90 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$)

3.1.2.2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน และอัตราการรอดตาย

ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน และอัตราการรอดตายของกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 6 พบว่ากึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตรมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในช่วง $138.80 \pm 17.51 - 187.74 \pm 13.60$ เปอร์เซนต์ โดยกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุ 1.0 พีพีเอ็ม มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงสุด ไม่แตกต่างกับกึ่งที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุ 0.1 พีพีเอ็ม แต่แตกต่างกับกึ่งกลาดำในชุดควบคุมและกึ่งที่ได้รับสารพิษที่ทุระดับสูงสุด (2.0 พีพีเอ็ม)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ พบว่ากึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำกว่ากึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษทุกชุดการทดลองคือ 1.45 ± 0.12 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$) ในขณะที่กึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 1.0 พีพีเอ็ม มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดคือ 1.76 ± 0.08 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $1.72 \pm 0.50 - 2.35 \pm 0.84$

ปริมาณอาหารที่กึ่งกินต่อตัวต่อวันทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $0.24 \pm 0.07 - 0.31 \pm 0.13$ กรัมต่อตัวต่อวัน

สำหรับ อัตราการรอดตายของกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $85.33 \pm 25.60 - 97.33 \pm 6.0$ เปอร์เซนต์

ตารางที่ 6 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายของกึ่งกุลาดำ ที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์¹

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษที่ทุ)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน (กรัมต่อตัวต่อวัน)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
1. (0 พีพีเอ็ม)	165.10±13.81 ^b	1.63±0.10 ^b	2.35±0.84 ^a	0.31±0.13 ^a	85.33±25.60 ^a
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	181.13±3.48 ^{bc}	1.73±0.02 ^{bc}	1.72±0.50 ^a	0.24±0.07 ^a	89.33±3.65 ^a
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	187.74±13.60 ^c	1.76±0.08 ^c	1.92±0.23 ^a	0.30±0.02 ^a	90.67±10.11 ^a
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	138.80±17.51 ^a	1.45±0.12 ^a	2.30±0.21 ^a	0.24±0.01 ^a	97.33±6.0 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

3.1.3 ผลของสารพิษที่ทุต่อองค์ประกอบเลือดกึ่งกุลาดำ

การวิเคราะห์องค์ประกอบเลือด ได้แก่ ปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมด (Total hemocyte count) การแยกชนิดของเม็ดเลือด (differential cell count) ปริมาณเอนไซม์ในเลือด และการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส (PO activity) ของกึ่งกุลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุทั้ง 4 สูตร ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 10 แสดงดังตารางที่ 7 – 9 พบว่าปริมาณเม็ดเลือดรวมของกึ่งกุลาดำที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 10 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง $3.74 \pm 2.30 - 4.60 \pm 2.65 \times 10^4$ เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร $5.20 \pm 1.20 - 6.20 \pm 1.70 \times 10^4$ เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร และ $1.40 \pm 0.74 - 2.70 \pm 2.02 \times 10^4$ เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร ตามลำดับ

ค่ากิจกรรมเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดสของกึ่งกุลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากึ่งกุลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุมีความกิจกรรมของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดสมีแนวโน้มลดลงและลดลงต่ำสุดในในกึ่งกลุ่มที่ได้รับสารพิษที่ทุระดับสูงสุด (2.0 พีพีเอ็ม) แตกต่างจากกึ่งกุลาดำในชุดควบคุมและที่ได้รับสารพิษ 1.0 พีพีเอ็ม ($p < 0.05$) คือ 470.92 ± 207.10 หน่วย/นาฬิกา/มิลลิกรัมโปรตีน

การแยกชนิดของเม็ดเลือด (differential cell count) กึ่งกุลาดำที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 4, 8 และ 10 สัปดาห์ พบว่าปริมาณเซลล์ไฮยาลินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในกึ่งกลุ่มที่ได้รับสารพิษ ขณะที่เซลล์กรานูลมีแนวโน้มลดลง โดยกึ่งที่ได้รับสารพิษที่ทุทั้ง 4 สูตร ในสัปดาห์ที่ 4 พบว่ากึ่งกุลาดำในชุดควบคุมมีปริมาณเซลล์ไฮยาลิน (hyaline cell) ต่ำที่สุดแตกต่างกับทุกชุดการทดลอง ($p < 0.05$) ขณะที่กึ่งกุลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุระดับ 2.0 พีพีเอ็มมีปริมาณเซลล์

ไฮยาลินสูงที่สุด ในส่วนของปริมาณเซลล์กรานูล (granular hemocyte) ของกิ้งกูดดำที่ได้รับสารพิษทีหามีค่าอยู่ในช่วง $15.20 \pm 6.02 - 29.20 \pm 6.50$ เปอร์เซ็นต์ โดยกิ้งกูดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีหุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม มีปริมาณเซลล์กรานูลต่ำที่สุดแตกต่างกับทุกชุดการทดลอง ($p < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากิ้งกูดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีหุทั้ง 4 สูตร มีปริมาณเซลล์ไฮยาลินอยู่ในช่วง $79.15 \pm 4.81 - 82.80 \pm 6.21$ เปอร์เซ็นต์ โดยทีระดับ 2.0 พีพีเอ็ม มีปริมาณเซลล์ไฮยาลินสูงที่สุด ส่วนปริมาณเซลล์กรานูลในกิ้งกูดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีหุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม มีค่าต่ำที่สุดแตกต่างกับกิ้งกูดดำในชุดควบคุม ($p < 0.05$) คือ 17.24 ± 6.21 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับกิ้งกูดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีหุระดับ 0.1 และ 1.0 พีพีเอ็ม ($p > 0.05$) ในสัปดาห์สุดท้าย คือ สัปดาห์ที่ 10 พบว่าปริมาณเซลล์ไฮยาลินของกิ้งกูดดำที่ได้รับสารพิษทีหุระดับสูงที่สุด (2.0 พีพีเอ็ม) มีปริมาณเซลล์ไฮยาลินสูงที่สุด แตกต่างกับกิ้งในชุดควบคุม (0 พีพีเอ็ม) ($p < 0.05$)

สำหรับปริมาณเอนไซม์ alkaline phosphatase (ALP), alanine aminotransferase (ALT) และ aspartate aminotransferase (AST) ของกิ้งกูดดำแสดงไว้ในตารางที่ 10

ปริมาณเอนไซม์ ALP ในซีรัมของกิ้งกูดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีหุระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $62.50 \pm 29.90 - 76.94 \pm 54.95$ หน่วยต่อลิตร

ปริมาณเอนไซม์ ALT ในซีรัมของกิ้งกูดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีหุระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $267.91 \pm 75.53 - 340.70 \pm 63.61$ หน่วยต่อลิตร โดยกิ้งที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีหุระดับ 0.1 พีพีเอ็ม มีปริมาณเอนไซม์ ALT สูงที่สุดแตกต่างกับชุดควบคุม (0 พีพีเอ็ม) ซึ่งมีปริมาณเอนไซม์ ALT ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกิ้งที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ ($p > 0.05$)

ปริมาณเอนไซม์ AST ในซีรัมของกิ้งกูดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีหุมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $446.75 \pm 115.07 - 566.10 \pm 101.21$ หน่วยต่อลิตร โดยกิ้งกลุ่มที่ได้รับสารพิษทีหุระดับต่าง ๆ พบว่าปริมาณเอนไซม์ในเลือดมีแนวโน้มสูงขึ้น ($p > 0.05$)

ตารางที่ 7 ค่าองค์ประกอบเลือดของกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 4¹

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษที่ทุ)	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^4$ cell/mm ³)	ชนิดเซลล์เม็ดเลือด (เปอร์เซ็นต์)	
		เซลล์ไฮยาลิน	เซลล์กรานูล
1. (0 พีพีเอ็ม)	3.85 \pm 0.75 ^a	70.80 \pm 6.50 ^a	29.20 \pm 6.50 ^c
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	4.60 \pm 2.65 ^a	77.30 \pm 6.04 ^b	23.09 \pm 5.40 ^{bc}
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	3.74 \pm 2.30 ^a	78.02 \pm 7.06 ^b	21.10 \pm 7.06 ^b
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	3.95 \pm 1.90 ^a	84.80 \pm 6.01 ^c	15.20 \pm 6.02 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าองค์ประกอบเลือดของกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8¹

ชุดการทดลอง	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^4$ cell/mm ³)	Po activity (Unit/min/mg Prot.)	ชนิดเซลล์เม็ดเลือด (เปอร์เซ็นต์)	
			เซลล์ไฮยาลิน	เซลล์กรานูล
1. (0 พีพีเอ็ม)	6.20 \pm 1.70 ^a	716.80 \pm 231.30 ^c	79.15 \pm 4.81 ^a	20.84 \pm 4.81 ^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	5.20 \pm 1.20 ^a	559.70 \pm 116.70 ^{ab}	80.60 \pm 6.61 ^{ab}	19.41 \pm 6.61 ^{ab}
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	5.30 \pm 1.81 ^a	624.03 \pm 200.90 ^{bc}	81.60 \pm 4.88 ^{bc}	18.41 \pm 4.88 ^{ab}
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	5.60 \pm 1.82 ^a	470.92 \pm 207.10 ^a	82.80 \pm 6.21 ^c	17.24 \pm 6.21 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าองค์ประกอบเลือดของกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 10¹

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษที่ทุ)	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^4$ cell/mm ³)	ชนิดเซลล์เม็ดเลือด (เปอร์เซ็นต์)	
		เซลล์ไฮยาลิน	เซลล์กรานูล
1. (0 พีพีเอ็ม)	2.70 \pm 2.02 ^a	82.20 \pm 6.92 ^a	17.83 \pm 6.92 ^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	1.98 \pm 1.36 ^a	84.60 \pm 4.60 ^{ab}	13.30 \pm 1.80 ^a
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	2.20 \pm 1.51 ^a	85.42 \pm 3.50 ^{ab}	13.06 \pm 1.33 ^a
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	1.40 \pm 0.74 ^a	88.11 \pm 2.01 ^b	11.74 \pm 1.13 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 10 ปริมาณเอนไซม์ ALP ALT และ AST ในกึ่งภูลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8¹

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษที่ทุ)	ALP (ยูนิตต่อลิตร)	ALT (ยูนิตต่อลิตร)	AST (ยูนิตต่อลิตร)
1. (0 พีพีเอ็ม)	67.50±31.25 ^a	267.91±75.53 ^a	446.75±115.07 ^a
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	62.50±29.90 ^a	340.70±63.61 ^b	566.10±101.21 ^b
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	76.94±54.95 ^a	304.41±91.50 ^{ab}	523.00±92.25 ^{ab}
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	67.93±27.50 ^a	307.73±66.03 ^{ab}	498.20±89.50 ^{ab}

¹ตัวเลขที่นำเสนอมือเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมคมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$)

3.1.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อกึ่งภูลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ ได้แก่ เนื้อเยื่อตับ ต่อม้ำเหลือง อวัยวะสร้างเม็ดเลือด เหนือก และกล้ามเนื้อลำตัวของกึ่งภูลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับและซีราลีโนในระดับต่าง ๆ เป็นเปอร์เซนต์จำนวนตัวที่พบความผิดปกติ แสดงดังตารางที่ 17 – 18

3.1.4.1 การศึกษาเนื้อเยื่อกึ่งภูลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 4

หลังจากกึ่งภูลาดำได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับ 0, 0.1, 1.0 และ 2.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับ ต่อม้ำเหลือง อวัยวะสร้างเม็ดเลือด เหนือก และกล้ามเนื้อลำตัว โดยพบว่าโครงสร้างของท่อตับปกติ เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ

3.1.4.2 การศึกษาเนื้อเยื่อกึ่งภูลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8 ตับ

กึ่งภูลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับ 0, 0.1 และ 1.0 พีพีเอ็ม มีโครงสร้างท่อตับปกติ เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ ช่องว่างกลางท่อตับเป็นรูปดาว (ภาพที่ 3) เช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 4 พบการฝ่อและลีบของเซลล์ตับ เซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารมีขนาดลดลง (atrophy of R-cell) แต่โครงสร้างท่อตับยังปกติ (ภาพที่ 4) ในกึ่งภูลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับสูงสุด (2.0 พีพีเอ็ม)

พบการเสื่อมสลายของเซลล์ท่อตับ (degeneration of hepatopancreatic tubule) โครงสร้างท่อตับผิดปกติไป เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (0 พีพีเอ็ม) และเริ่มพบเซลล์ตาย (cell necrosis) ในกึ่งภูลาดำที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับ 2.0 พีพีเอ็ม

เนื้อเยื่ออ่อนน้ำเหลือง

กึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับสารพิษที่ทุระดับ 0, 0.1 และ 1.0 พีพีเอ็ม ไม้พบความผิดปกติของเนื้อเยื่ออ่อนน้ำเหลือง เซลล์มีขนาดปกติและการเรียงตัวเป็นระเบียบ

พบความผิดปกติในเนื้อเยื่ออ่อนน้ำเหลืองกึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุ 2.0 พีพีเอ็ม โดยเซลล์มีการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ (loose contact) แต่เซลล์ยังมีลักษณะปกติ

อวัยวะสร้างเม็ดเลือด

กึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 0, 0.1 และ 1.0 พีพีเอ็ม ไม้พบความผิดปกติของเซลล์สร้างเม็ดเลือด เซลล์มีขนาดปกติและการเรียงตัวเป็นระเบียบ

กึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม พบว่าเซลล์สร้างเม็ดเลือดมีการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ

3.1.4.3 การศึกษาเนื้อเยื่อของกึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับสารพิษที่ทุระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 10

ตับ

กึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 0, 0.1 และ 1.0 พีพีเอ็ม โครงสร้างท่อตับปกติ เซลล์ตับมีขนาดและการเรียงตัวเป็นระเบียบ

พบเซลล์ฝ่อและลึบกระจายเป็นบริเวณกว้าง แต่โครงสร้างของท่อตับยังปกติ ในกึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม

พบการเสื่อมสลายของเซลล์ท่อตับ เซลล์เรียงตัวไม้เป็นระเบียบ เกิดการหลุดลอกของเซลล์ท่อตับ (erosion) และพบเซลล์ตายในกึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม (ภาพที่ 5)

ความผิดปกติโดยรวมในตับกึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบจำนวนตัวที่ผิดปกติและอาการรุนแรงมากกว่ากึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

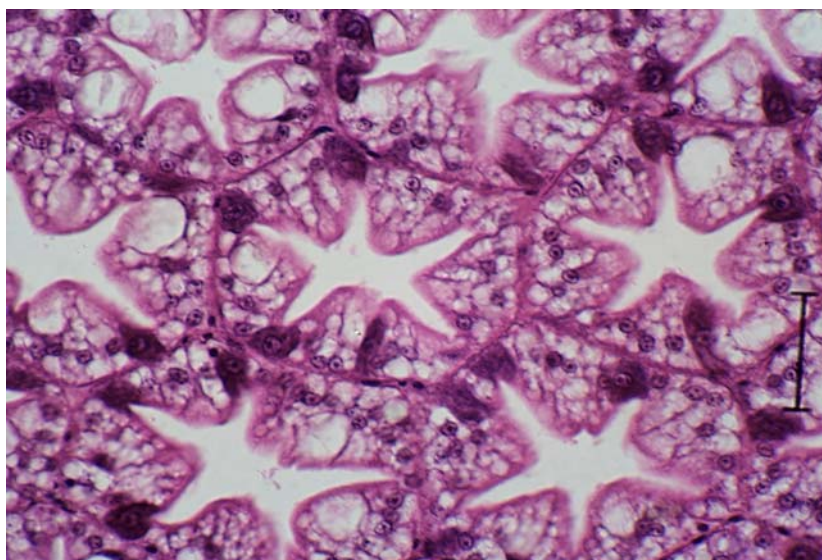
เนื้อเยื่ออ่อนน้ำเหลือง

ไม้พบความผิดปกติของเนื้อเยื่ออ่อนน้ำเหลืองกึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับสารพิษที่ทุระดับ 0, 0.1 และ 1.0 พีพีเอ็ม โดยเซลล์น้ำเหลืองมีขนาดปกติ เซลล์เรียงตัวเป็นระเบียบ

เซลล์น้ำเหลืองจับตัวกันอย่างหลวม ๆ เซลล์เรียงตัวไม้เป็นระเบียบท่อน้ำเหลืองหดตัว ความผิดปกติโดยรวมที่พบในเซลล์น้ำเหลืองสูงขึ้นในกึ่งกลุ่ดคำที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับสูงขึ้น และสูงที่สุดในกึ่งที่ด้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม

ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สร้างเม็ดเลือดในกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับการทดลองในสัปดาห์ที่ 10

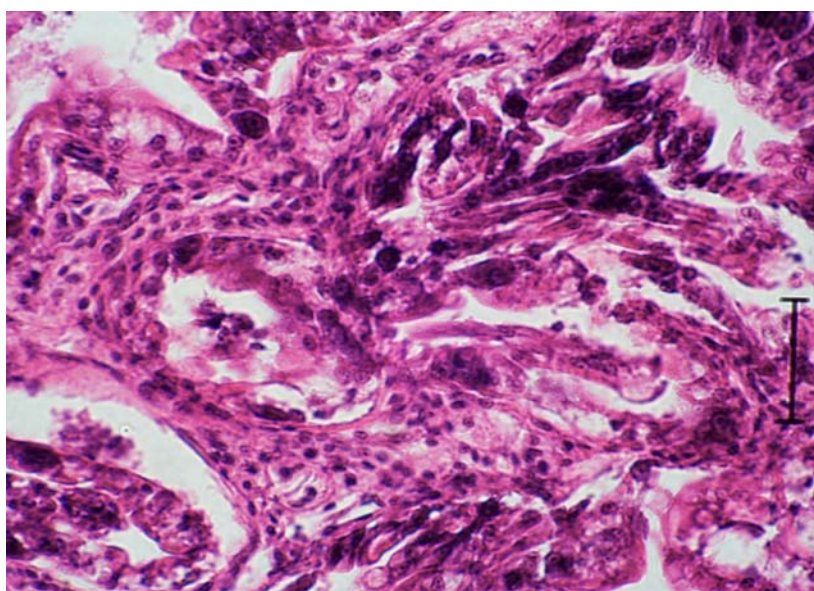
ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเหงือก กล้ามเนื้อลำตัวกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ ทั้งในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 10



ภาพที่ 3 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำปกติ (ชุดควบคุม) ที่ 8 สัปดาห์ ท่อตับปกติ เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ ช่องว่างกลางเซลล์เป็นรูปดาว (H&E, Bar = 50 μ m)



ภาพที่ 4 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทู 2.0 พิพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เซลล์ที่สะสมอาหารลดขนาดลง (atrophy of R-cell) (สรชี้) ไม่พบ R-cell และ B-cell ในท่อตับ (H&E, Bar = 100 μ m)



ภาพที่ 5 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทู 2.0 พิพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ โครงสร้างของเซลล์ตับที่ถูกทำลาย ท่อตับส่วนใหญ่เสื่อมสลาย (degeneration) มีเม็ดเลือดจำนวนมากแทรกตัวในเนื้อเยื่อระหว่างท่อตับ (H&E , Bar = 50 μ m)

3.1.5 พฤติกรรมและความผิดปกติของกึ่งกลูตาตัมที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนในระดับต่าง ๆ

สำหรับกึ่งที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (1.0 พีพีเอ็ม) แสดงพฤติกรรมและความผิดปกติคล้ายคลึงกับกึ่งที่ได้รับสารพิษที่ทู่ช่วงสัปดาห์สุดท้าย กึ่งที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษระดับสูงสุดกินอาหารน้อย กึ่งบางตัวลำตัวลีบเล็ก สีตับซีด และพบลักษณะตัวหลวม เมื่อเทียบกับกึ่งที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ

3.1.6 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

3.1.6.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกึ่งกลูตาตัมที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงในตารางที่ 11

3.1.6.2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน และอัตราการรอดตาย

สำหรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน และอัตราการรอดตายของกึ่งกลูตาตัมที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 12

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกึ่งกลูตาตัมที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $165.10\pm 22.52 - 183.30\pm 6.50$ เปอร์เซ็นต์

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกึ่งกลูตาตัมที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $1.62\pm 0.15 - 1.74\pm 0.05$ เปอร์เซ็นต์

สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกึ่งกลูตาตัมที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $1.80\pm 0.10 - 2.35\pm 0.84$

ปริมาณอาหารที่กึ่งกินตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0.30\pm 0.06 - 0.31\pm 0.13$ กรัมต่อตัวต่อวัน

อัตราการรอดตายของกึ่งกลูตาตัมที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากึ่งกลูตาตัมในกลุ่มที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนสูงที่สุด (1.0 พีพีเอ็ม) มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด แตกต่างกับทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) คือ 49.33 ± 8.94 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 11 การเจริญเติบโตของกึ่งกุลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริราลีโนในระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์¹ (หน่วยเป็นกรัม)

ชุดการทดลอง (ระดับซิริราลีโน)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
1. (0 พีพีเอ็ม)	4.70±0.02 ^a	6.50±0.30 ^a	8.21±0.17 ^a	10.54±0.62 ^a	12.50±0.65 ^a
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	4.70±0.02 ^a	6.53±0.31 ^a	8.50±0.42 ^a	11.03±0.80 ^a	12.84±1.50 ^a
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	4.70±0.02 ^a	6.50±0.14 ^a	8.40±0.23 ^a	10.91±0.30 ^a	13.33±0.35 ^a
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	4.71±0.02 ^a	6.63±0.30 ^a	8.52±0.40 ^a	10.43±0.95 ^a	12.50±1.11 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p > 0.05)

ตารางที่ 12 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน และอัตราการรอดตายของกึ่งกุลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริราลีโนในระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์¹

ชุดการทดลอง (ระดับซิริราลีโน)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น	อัตราการเจริญ เติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	อัตราการ เปลี่ยนอาหาร เป็นเนื้อ	ปริมาณอาหารที่ กึ่งกิน (กรัมต่อตัวต่อวัน)	อัตราการ รอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
1. (0 พีพีเอ็ม)	165.10±13.81 ^a	1.63±0.10 ^a	2.35±0.84 ^a	0.31±0.13 ^a	85.33±25.60 ^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	173.18±30.66 ^a	1.70±0.20 ^a	1.97±0.30 ^a	0.30±0.02 ^a	90.70±7.60 ^b
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	183.30±6.50 ^a	1.74±0.05 ^a	1.80±0.10 ^a	0.30±0.01 ^a	94.70±5.60 ^b
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	165.60±22.52 ^a	1.62±0.15 ^a	2.02±0.42 ^a	0.30±0.06 ^a	49.33±8.94 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p > 0.05)

3.1.7 ผลของสารพิษซิริราลีโนต่อองค์ประกอบเลือดกึ่งกุลาคำ

การวิเคราะห์องค์ประกอบเลือด ได้แก่ ปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมด การแยกชนิดของเม็ดเลือด ปริมาณเฮโมโกลบินในเลือด และการวิเคราะห์กิจกรรมเฮโมโกลบินออกซิเดสของกึ่งกุลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริราลีโนทั้ง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 13 พบว่าปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมดของกึ่งกุลาคำที่ได้รับสารพิษซิริราลีโนในระดับต่าง ๆ ไม่มี

ความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $3.37\pm 1.27 - 4.09\pm 1.33 \times 10^4$ เซลล์/ลูกบาศก์ มิลลิเมตร เริ่มมีความแตกต่างในสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากึ่งกลุ่มที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนสูงที่สุด (1.0 พีพีเอ็ม) มีปริมาณเม็ดเลือดรวมต่ำที่สุดแตกต่างกับทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) คือ $4.00\pm 1.90 \times 10^4$ เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร แสดงในตารางที่ 14 เมื่อศึกษาปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 10 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง $1.81\pm 1.11 - 2.70\pm 1.77 \times 10^4$ เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร แสดงในตารางที่ 15

ผลการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดสในกึ่งกลุ่ดที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8 แสดงในตารางที่ 14 กึ่งกลุ่ดที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนระดับ 0.1 พีพีเอ็ม มีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดสต่ำที่สุด ($p<0.05$) คือ 342.03 ± 250.20 ยูนิต/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน แตกต่างกับชุดควบคุม (0 พีพีเอ็ม) และชุดที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนน 0.5 พีพีเอ็ม ($p<0.05$) ซึ่งมีกิจกรรมเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดสสูงที่สุด คือ 716.80 ± 231.30 และ 586.60 ± 200.27 ยูนิต/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนระดับ 1.0 พีพีเอ็ม ($p>0.05$)

สำหรับการศึกษานิคของเม็ดเลือดกึ่งกลุ่ดที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนนทั้ง 4 สูตร ในสัปดาห์ที่ 4 พบว่ามีปริมาณเซลล์ไฮยาลินอยู่ระหว่าง $70.80\pm 6.46 - 87.20\pm 6.34$ เปอร์เซ็นต์ โดยกึ่งกลุ่ดที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนสูงที่สุด (1.0 พีพีเอ็ม) มีปริมาณเซลล์ไฮยาลินสูงที่สุด แตกต่างกับทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) ส่วนปริมาณเซลล์กรานูลมีค่าอยู่ในช่วง $12.81\pm 6.34 - 29.20\pm 6.46$ เปอร์เซ็นต์ โดยค่าต่ำสุดอยู่ในกึ่งกลุ่ดที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนสูงที่สุด (1.0 พีพีเอ็ม) แสดงดังตารางที่ 13 ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากึ่งกลุ่ดที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนระดับต่าง ๆ มีปริมาณเซลล์ไฮยาลินในช่วง $79.15\pm 4.81 - 84.60\pm 4.00$ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกึ่งที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนระดับ 1.0 พีพีเอ็ม มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุดแตกต่างกับชุดควบคุม ($p<0.05$) สำหรับปริมาณเซลล์กรานูล มีค่าอยู่ในช่วง $15.40\pm 4.00 - 20.84\pm 4.81$ เปอร์เซ็นต์ โดยกึ่งกลุ่ดที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนนระดับ 1.0 พีพีเอ็ม มีเปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุด แตกต่างกับชุดควบคุม (0 พีพีเอ็ม) แสดงดังตารางที่ 14 ส่วนสัปดาห์ที่ 10 ปริมาณเซลล์ไฮยาลินมีแนวโน้มสูงขึ้นในกลุ่มกึ่งที่ได้รับสารพิษ แตกต่างกับชุดควบคุม ($p<0.05$) และปริมาณเซลล์กรานูลของกึ่งทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $11.94\pm 0.10 - 17.83\pm 6.92$ เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 15

จากการวิเคราะห์ปริมาณเอนไซม์ ALP, ALT และ AST ในซีรัมของกึ่งกลุ่ดที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยปริมาณเอนไซม์ ALP มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $32.85\pm 21.86 - 80.94\pm 53.61$ ยูนิตต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ 16 โดยกึ่งที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนนระดับ 0.1 พีพีเอ็ม มีปริมาณเอนไซม์ ALP สูงที่สุด แตกต่างกับกึ่งที่ได้รับ

อาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนในระดับ 0.5 และ 1.0 พีพีเอ็ม ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p > 0.05$)

ปริมาณเอนไซม์ ALT ในซีรัมกึ่งกลาค่าที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโน พบว่าปริมาณเอนไซม์ ALT มีค่าเฉลี่ยในช่วง $214.20 \pm 44.32 - 351.41 \pm 74.94$ หน่วยต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ 16 โดยกึ่งที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนระดับ 0.1 พีพีเอ็ม มีปริมาณเอนไซม์ ALT สูงที่สุด แตกต่างกับกึ่งชุดควบคุมและชุดสารพิษซีราลีโนระดับ 1.0 พีพีเอ็ม ($p < 0.05$)

ปริมาณเอนไซม์ AST ในซีรัมกึ่งกลาค่าที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโน พบว่าปริมาณเอนไซม์ AST มีค่าเฉลี่ยในช่วง $446.75 \pm 115.08 - 607.70 \pm 126.21$ หน่วยต่อลิตร โดยกึ่งที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนระดับ 0.1 พีพีเอ็ม มีปริมาณเอนไซม์ AST สูงที่สุดแตกต่างกับกึ่งในชุดควบคุม (0 พีพีเอ็ม) และกึ่งที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนระดับ 1.0 พีพีเอ็ม ($p < 0.05$)

ตารางที่ 13 ค่าองค์ประกอบเลือดของกึ่งกลาค่าที่ได้รับสารพิษซีราลีโนระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 4¹

ชุดการทดลอง (ระดับซีราลีโน)	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^4$ cell/mm ³)	ชนิดเซลล์เม็ดเลือด (เปอร์เซ็นต์)	
		เซลล์โซยาลิน	เซลล์กรานูล
1. (0 พีพีเอ็ม)	3.85 ± 0.75^a	70.80 ± 6.46^a	29.20 ± 6.46^c
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	4.09 ± 1.33^a	79.90 ± 5.13^b	20.09 ± 5.13^b
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	3.37 ± 1.27^a	74.43 ± 7.89^{ab}	25.56 ± 7.88^{bc}
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	4.01 ± 1.52^a	87.20 ± 6.34^c	12.81 ± 6.34^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 14 ค่าองค์ประกอบเลือดของกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษซีราลีโนในระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์
ที่ 8¹

ชุดการทดลอง (ระดับซีราลีโน)	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^4$ cell/mm ³)	Po activity (Unit/min/mg Prot.)	ชนิดเซลล์เม็ดเลือด (เปอร์เซ็นต์)	
			เซลล์ไฮยาลิน	เซลล์กรานูล
1. (0 พีพีเอ็ม)	6.20 \pm 1.70 ^b	716.80 \pm 231.30 ^c	79.15 \pm 4.81 ^a	20.84 \pm 4.81 ^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	5.60 \pm 2.07 ^b	342.03 \pm 250.20 ^a	83.37 \pm 5.13 ^b	16.62 \pm 5.13 ^a
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	5.30 \pm 1.37 ^b	586.60 \pm 200.27 ^{bc}	82.91 \pm 5.23 ^b	17.08 \pm 5.23 ^a
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	4.00 \pm 1.90 ^a	456.08 \pm 170.51 ^{ab}	84.60 \pm 4.00 ^b	15.40 \pm 4.00 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรรถที่มีตัวอักษรเหมือนกัน
กำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 15 ค่าองค์ประกอบเลือดของกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษซีราลีโนในระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์
ที่ 10¹

ชุดการทดลอง (ระดับซีราลีโน)	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^4$ cell/mm ³)	ชนิดเซลล์เม็ดเลือด (เปอร์เซ็นต์)	
		เซลล์ไฮยาลิน	เซลล์กรานูล
1. (0 พีพีเอ็ม)	2.70 \pm 1.77 ^a	82.20 \pm 6.92 ^a	17.83 \pm 6.92 ^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	1.81 \pm 1.11 ^a	87.55 \pm 2.00 ^b	14.10 \pm 1.02 ^b
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	2.41 \pm 0.80 ^a	90.22 \pm 1.04 ^b	12.30 \pm 1.31 ^b
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	2.52 \pm 1.40 ^a	90.25 \pm 0.94 ^b	11.94 \pm 0.10 ^b

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรรถที่มีตัวอักษรเหมือนกัน
กำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 16 ปริมาณเอนไซม์ ALP ALT และAST ในกึ่งกุลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริราลีโนนระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8¹

ชุดการทดลอง (ระดับซิริราลีโนน)	ALP (ยูนิตต่อลิตร)	ALT (ยูนิตต่อลิตร)	AST (ยูนิตต่อลิตร)
1. (0 พีพีเอ็ม)	67.50±31.25 ^{bc}	267.91±75.53 ^{ab}	446.75±115.08 ^a
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	80.94±53.61 ^c	351.41±74.94 ^c	607.70± 126.21 ^b
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	32.85±21.86 ^a	314.10±62.81 ^{bc}	557.35±120.03 ^{ab}
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	43.40±19.03 ^a	214.20±44.32 ^a	456.20±104.78 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอมือเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 6 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$)

3.1.8 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อของกึ่งกุลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริราลีโนนระดับต่าง ๆ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ ได้แก่ เนื้อเยื่อตับ ต่อมมน้ำเหลือง อวัยวะสร้างเม็ดเลือด เหนือก และกล้ามเนื้อลำตัวของกึ่งกุลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริราลีโนนระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 และ 10 สัปดาห์ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดปกติ ดังตารางที่ 17 – 18

3.1.8.1 การศึกษาเนื้อเยื่อของกึ่งกุลาคำที่ได้รับสารพิษซิริราลีโนนระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 4

ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับ ต่อมมน้ำเหลือง เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือด เหนือก และกล้ามเนื้อลำตัวของกึ่งกุลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริราลีโนนระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในส่วนของตับพบโครงสร้างท่อตับปกติ เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ (ภาพที่ 6)

3.1.8.2 การศึกษาเนื้อเยื่อของกึ่งกุลาคำที่ได้รับสารพิษซิริราลีโนนระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8

ตับ

กึ่งกุลาคำที่ได้รับสารพิษซิริราลีโนน 0, 0.1 และ 0.5 พีพีเอ็ม ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับ โครงสร้างท่อตับปกติ เซลล์เรียงตัวเป็นระเบียบ เช่นเดียวกับในสัปดาห์ที่ 4

อาการผิดปกติของกึ่งกุลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริราลีโนนระดับ 1.0 พีพีเอ็ม ได้แก่ การฟ่อและลึบ การเสื่อมสลาย การตายของเซลล์ตับ และพบเม็ดเลือดจำนวนมาก

แทรกระหว่างท่อตับ เริ่มพบการเกิด melanization บริเวณเซลล์ตับที่ตายของกึ่งกลาคำที่มีอาการรุนแรง

เซลล์ฝ่อและลึบ เซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารลดขนาดลง (ภาพที่ 7) การสร้างน้ำย่อยลดลงในกึ่งกลาคำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม

พบการเสื่อมสลายของเซลล์ท่อตับ โครงสร้างท่อตับผิดปกติและมีเม็ดเลือดจำนวนมากแทรกระหว่างท่อตับ (infiltration of hemocyte) เพื่อจับกิน ในกลุ่มที่มีอาการรุนแรง พบว่ามีการตายของเซลล์ท่อตับและเกิด melanization บริเวณเซลล์ท่อตับที่ตาย (ภาพที่ 8 - 10) ในกึ่งกลาคำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับสูงสุด (1.0 พีพีเอ็ม)

เนื้อเยื่อต่อมน้ำเหลือง

กึ่งกลาคำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโน 0, 0.1 และ 0.5 พีพีเอ็ม เซลล์น้ำเหลืองปกติและมีการเรียงตัวเป็นระเบียบ เช่นเดียวกับในสัปดาห์ที่ 4

พบเซลล์น้ำเหลืองจับตัวกันอย่างหลวม ๆ ท่อน้ำเหลืองบางส่วนหดตัว สังเกตได้จากการติดสีชมพูเข้มของอีโอซินในกึ่งกลาคำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม

อวัยวะสร้างเม็ดเลือด

ไม่พบความผิดปกติของเซลล์สร้างเม็ดเลือดในกึ่งกลาคำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 0, 0.1 และ 0.5 พีพีเอ็ม เช่นเดียวกับชุดควบคุมในสัปดาห์ที่ 4 และ 8 (ภาพที่ 11)

สำหรับกึ่งกลาคำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม พบว่าเซลล์สร้างเม็ดเลือดจับตัวกันอย่างหลวม ๆ (ภาพที่ 12 - 13) การเรียงตัวเป็นระเบียบเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

3.1.8.3 การศึกษาเนื้อเยื่อของกึ่งกลาคำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 10

ตับ

กึ่งกลาคำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 0 และ 0.1 พีพีเอ็ม พบเซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ โครงสร้างท่อตับปกติ เช่นเดียวกับกึ่งในชุดควบคุม (ภาพที่ 14 - 15)

พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับในกึ่งกลาคำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 0.5 และ 1.0 พีพีเอ็ม อาการที่พบในกึ่งที่ได้รับสารพิษระดับ 0.5 พีพีเอ็ม ได้แก่ การฝ่อและลึบของเซลล์ตับกระจายทั่วเนื้อเยื่อตับ (ภาพที่ 16) บางกลุ่มที่มีอาการรุนแรงพบการสลายตัวของเซลล์ท่อตับร่วมด้วย (ภาพที่ 17 - 18)

สำหรับกึ่งที่ได้รับสารพิษระดับสูงสุด (1.0 พีพีเอ็ม) พบการฝ่อและลึบของเซลล์ท่อตับ การสะสมอาหาร และการสร้างน้ำย่อยลดลง ช่องว่างกลางท่อตับกว้างขึ้น (ภาพที่ 19) เซลล์ท่อตับเสื่อมสลาย โครงสร้างท่อตับผิดปกติ เม็ดเลือดจำนวนมากแทรกระหว่างท่อตับเพื่อจับกิน

เกิด melanization เต็มชัดและรุนแรงขึ้น (ภาพที่ 20 - 23) นอกจากนี้พบเซลล์ตายในกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษซีราลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม และมีจำนวนตัวผิดปกติสูงกว่าในสัปดาห์ที่ 8

ความผิดปกติโดยรวมในด้บบกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่ามีจำนวนตัวผิดปกติและอาการรุนแรงมากกว่ากึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อที่ตรวจพบจะสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของสารพิษซีราลีโนที่ได้รับ

เนื้อเยื่อต่อน้ำเหลือง

กึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนในระดับ 0, 0.1 และ 0.5 พีพีเอ็ม ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเซลล์น้ำเหลือง

พบการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ ของเซลล์น้ำเหลือง และการหลุดตัวของท่อน้ำเหลืองบางส่วน ในกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม

อวัยวะสร้างเม็ดเลือด

ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สร้างเม็ดเลือดในกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษซีราลีโนในระดับ 0, 0.1 และ 0.5 พีพีเอ็ม เซลล์เรียงตัวเป็นระเบียบ ขนาดและรูปร่างของเซลล์ปกติเช่นเดียวกับชุดควบคุม (ภาพที่ 24)

พบการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สร้างเม็ดเลือดในกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษซีราลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม อาการผิดปกติที่พบ ได้แก่ เซลล์มีการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ แต่ขนาดและรูปร่างเซลล์ปกติ (ภาพที่ 25 - 26)

ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกและกล้ามเนื้อลำตัวของกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนในระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 10

ตารางที่ 17 ลักษณะความผิดปกติของกึ่งภูตาคำที่ได้รับสารพิษทีทู่และซีราลีโนนระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์¹

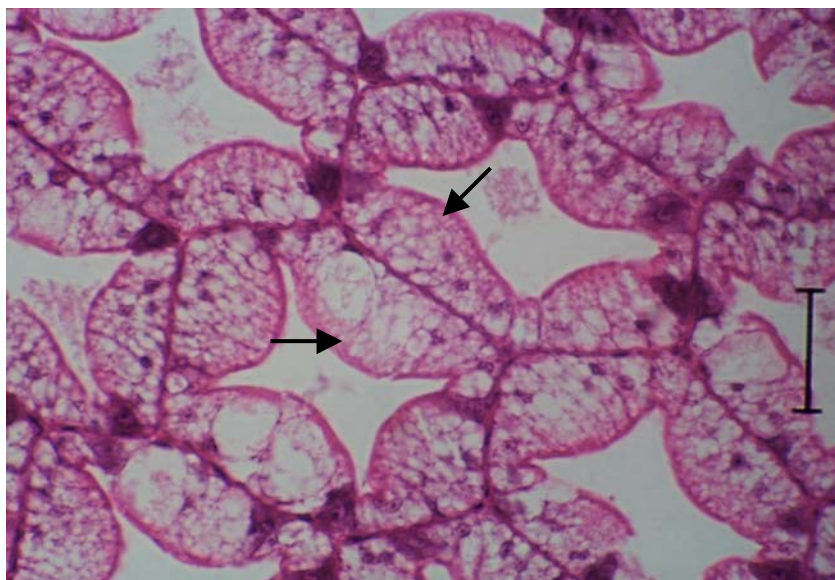
ชุดการทดลอง	ชุดควบคุม 0 พีพีเอ็ม	สารพิษทีทู่ 0.1 พีพีเอ็ม	สารพิษทีทู่ 1.0 พีพีเอ็ม	สารพิษทีทู่ 2.0 พีพีเอ็ม	สารพิษซีราลีโนน 0.1 พีพีเอ็ม	สารพิษซีราลีโนน 0.5 พีพีเอ็ม	สารพิษซีราลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม
1. Degeneration of hepatopancreatic tubule	0%	0%	0%	10% (1/10)	0%	0%	30% (3/10)
2. Atrophic change of hepatopancreatic tubule	0%	0%	0%	10% (1/10)	0%	0%	30% (3/10)
3. Cell necrosis	0%	0%	0%	10% (1/10)	0%	0%	40% (4/10)
4. Infiltration of hemocyte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20% (2/10)
5. Hemopoietic tissue - loose contact	0%	0%	0%	16.66% (1/6)	0%	0%	25% (1/4)
6. Lymphoid organ - loose contact	0%	0%	0%	25% (1/4)	0%	0%	16.66% (1/6)

¹% ความผิดปกติ = (จำนวนกึ่งผิดปกติ/จำนวนกึ่งทั้งหมด) × 100

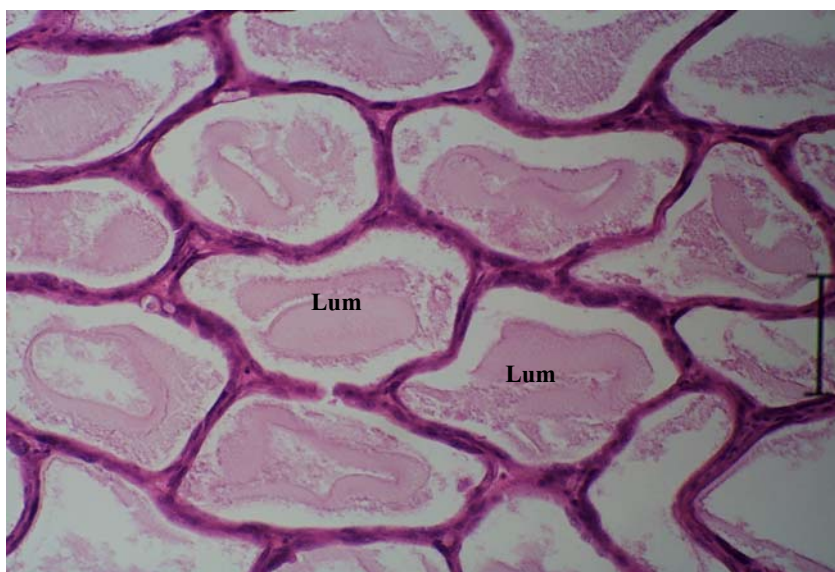
ตารางที่ 18 ลักษณะความผิดปกติของกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษทีทู่และซีราลีโนนระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 10 สัปดาห์¹

ชุดการทดลอง	ชุดควบคุม 0 พีพีเอ็ม	สารพิษทีทู่ 0.1 พีพีเอ็ม	สารพิษทีทู่ 1.0 พีพีเอ็ม	สารพิษทีทู่ 2.0 พีพีเอ็ม	สารพิษซีราลีโนน 0.1 พีพีเอ็ม	สารพิษซีราลีโนน 0.5 พีพีเอ็ม	สารพิษซีราลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม
1. Degeneration of hepatopancreatic tubule	0%	0%	0%	30% (3/10)	0%	30% (3/10)	70% (7/10)
2. Atrophic change of hepatopancreatic tubule	0%	0%	0%	30% (3/10)	0%	20% (2/10)	50% (5/10)
3. Cell necrosis	0%	0%	0%	10% (1/10)	0%	30% (3/10)	60% (6/10)
4. Infiltration of hemocyte	0%	0%	0%	0%	0%	10% (1/10)	40% (4/10)
5. Hemopoietic tissue - loose contact	0%	0%	0%	0%	0%	0%	37.5% (3/8)
6. Lymphoid organ - loose contact	0%	0%	0%	16.66% (1/6)	0%	0%	16.66% (1/6)

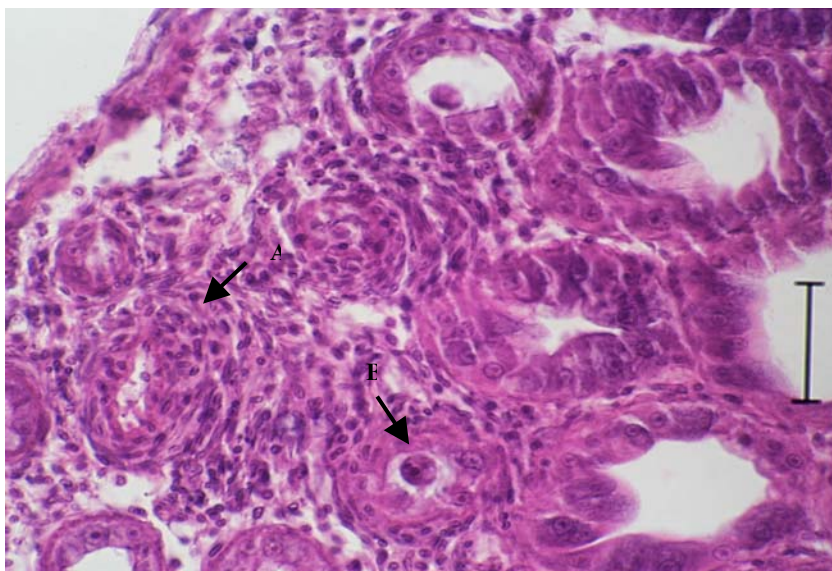
¹% ความผิดปกติ = (จำนวนกึ่งผิดปกติ/จำนวนกึ่งทั้งหมด) × 100



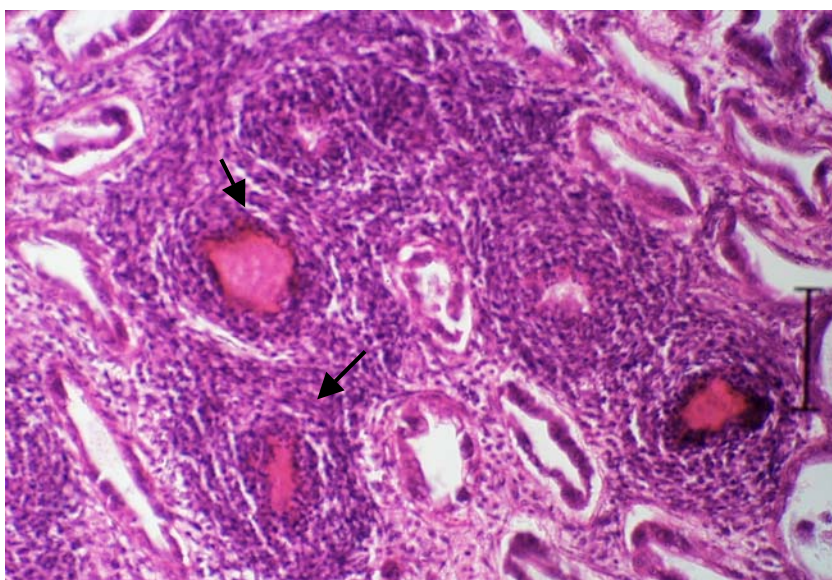
ภาพที่ 6 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำปกติ (ชุดควบคุม) ในสัปดาห์ที่ 8 พบ reserve cell (R-cell) (สรชี้) จำนวนมาก โครงสร้างท่อตับปกติ (H&E, Bar = 50 μ m)



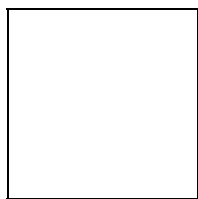
ภาพที่ 7 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริลโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบการฝ่อและลีบของเนื้อเยื่อ ช่องภายในท่อตับกว้างขึ้น การสะสมอาหารใน R-cell และ สรน้ำย่อยใน B-cell ลดลง (Lumen, Lum; H&E, Bar = 100 μ m)



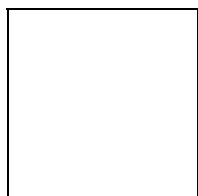
ภาพที่ 8 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบการสลายตัวของเซลล์ท่อตับ (degeneration of tubule) (A) มีเม็ดเลือดแทรกตัวระหว่างท่อตับ (infiltration of hemocyte) และพบเซลล์ตาย (B) (H&E, Bar = 50 μ m)



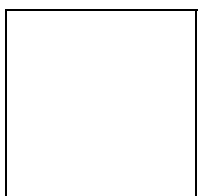
ภาพที่ 9 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบท่อตับเกิดการสลายตัว (degeneration) มีเม็ดเลือดจำนวนมากโอบล้อมท่อตับ (infiltration of hemocyte) (ศรีชี) เพื่อทำลาย (H&E, Bar = 50 μ m)



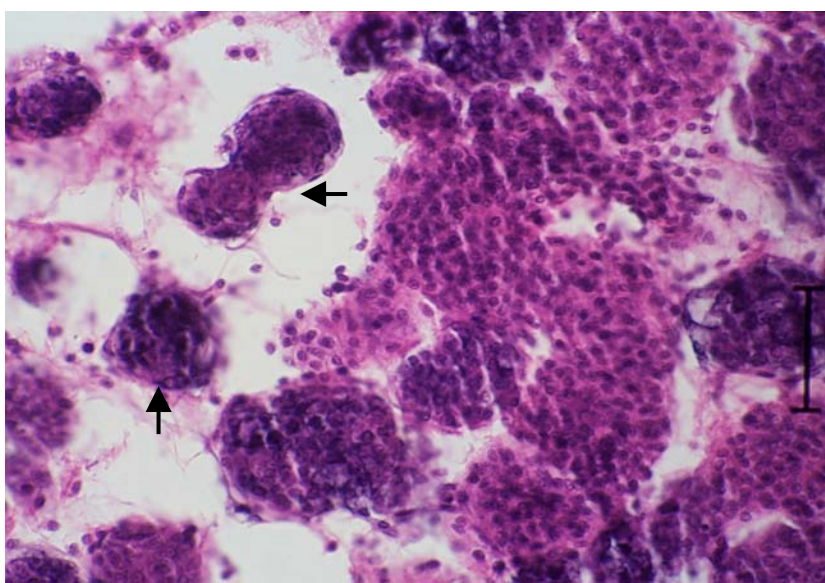
ภาพที่ 10 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลุตาต้าที่ได้รับสารพิษซีราลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบท่อตับเสื่อมสลาย (degeneration) มีเม็ดเลือดแทรกตัวระหว่างท่อตับจำนวนมากและเกิด melanization ในบริเวณที่มีการตายของเซลล์ (H&E, Bar = 50 μ m)



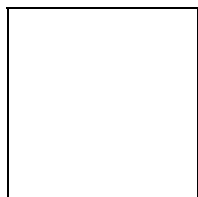
ภาพที่ 11 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกึ่งกลุตาต้าปกติ ที่ 8 สัปดาห์ (H&E, Bar = 100 μ m)



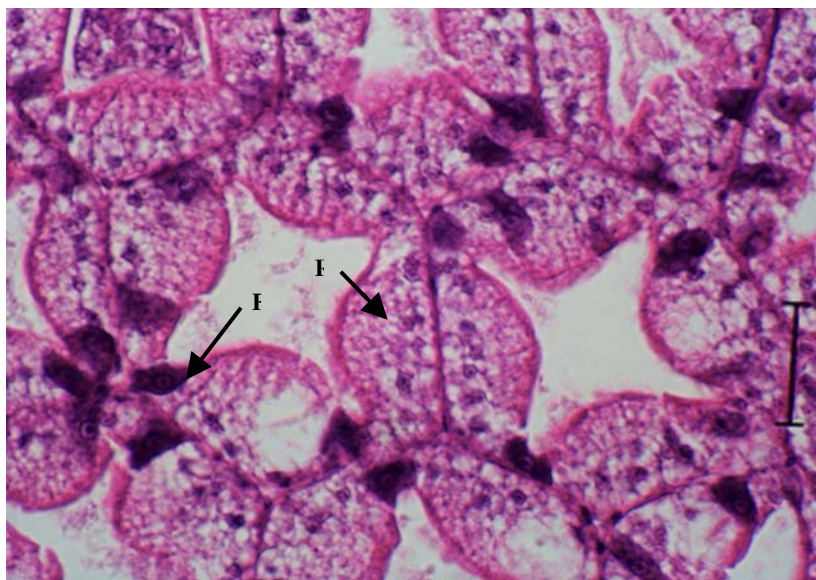
ภาพที่ 12 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกึ่งกลุตาต้าที่ได้รับสารพิษซีราลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เริ่มพบเซลล์สร้างเม็ดเลือดมีการจับตัวอย่างหลวม ๆ (ครีซี) (H&E, Bar=100 μ m)



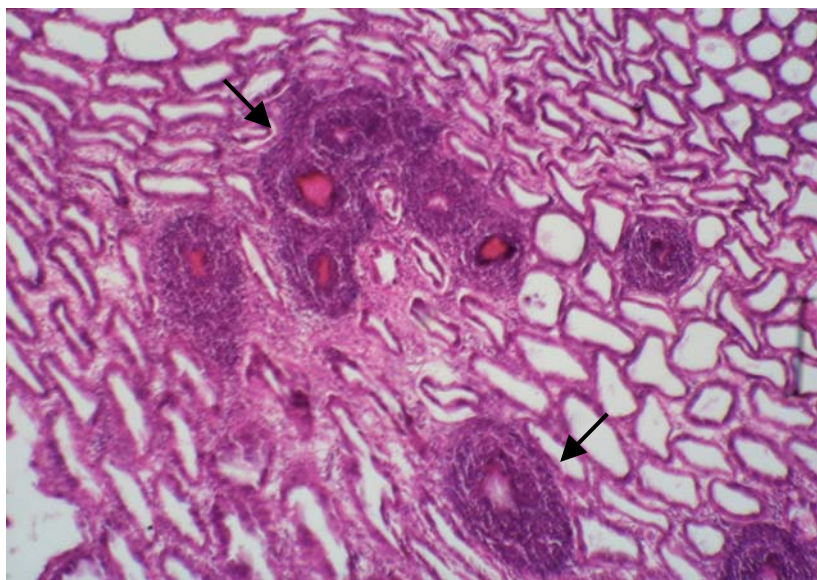
ภาพที่ 13 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกึ่งกลาดำที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบเซลล์สร้างเม็ดเลือดมีการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ (สรชี้) (H&E, Bar = 50 μ m)



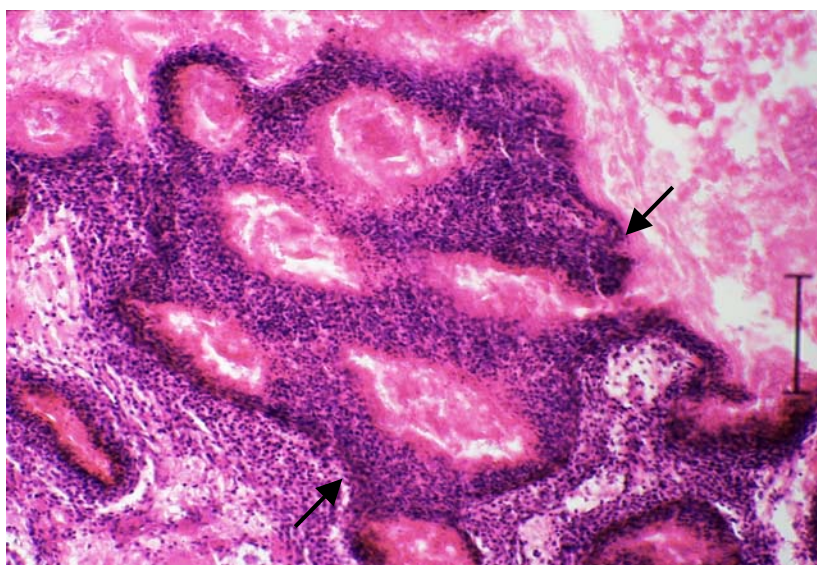
ภาพที่ 14 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำปกติ (ชุดควบคุม) ในสัปดาห์ที่ 10 ท่อตับปกติ เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ พบ B-cell และ R-cell จำนวนมาก ช่องว่างกลางเซลล์เป็นรูปดาว (H&E, Bar = 100 μ m)



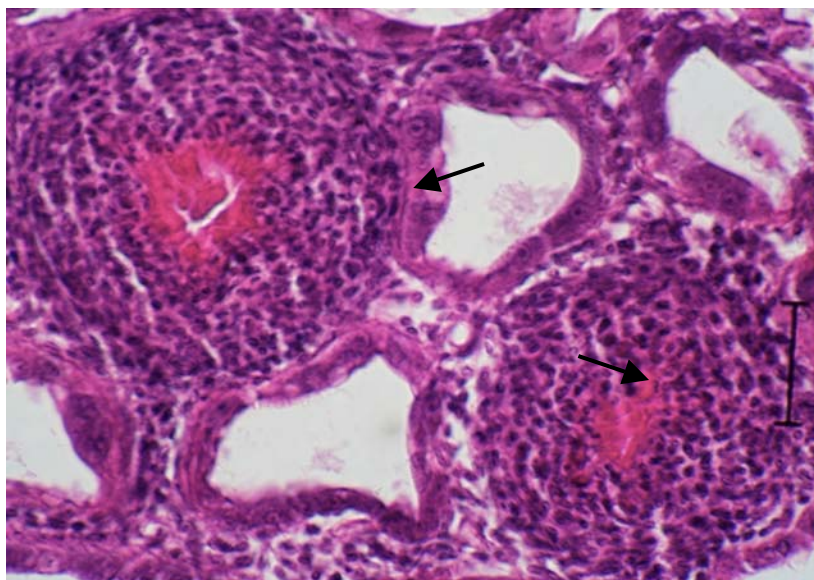
ภาพที่ 15 เนื้อเยื่อตับกึ่งกลาดำปกติ (ชุดควบคุม) ในสัปดาห์ที่ 10 ท่อตับปกติ เซลล์เรียงตัวเป็นระเบียบ พบ F-cell (F) และ R-cell (R) จำนวนมาก มีการสะสมอาหารในเซลล์ตับมาก (สรชี้) (H&E, Bar = 50 μ m)



ภาพที่ 16 เนื้อเยื่อตับกึ่งรกของลูกสัตว์ที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษคลอไพริฟอส 0.5 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ แสดงการฝ่อและลีบของเซลล์ตับ (atrophy) โครงสร้างท่อตับถูกทำลาย เนื้อเยื่อตับบางส่วนเสื่อมสลาย เริ่มมีเม็ดเลือดแทรกตัวค่อนข้างมากในเซลล์ระหว่างท่อตับ (ครีซี) (H&E, Bar = 200 μ m)



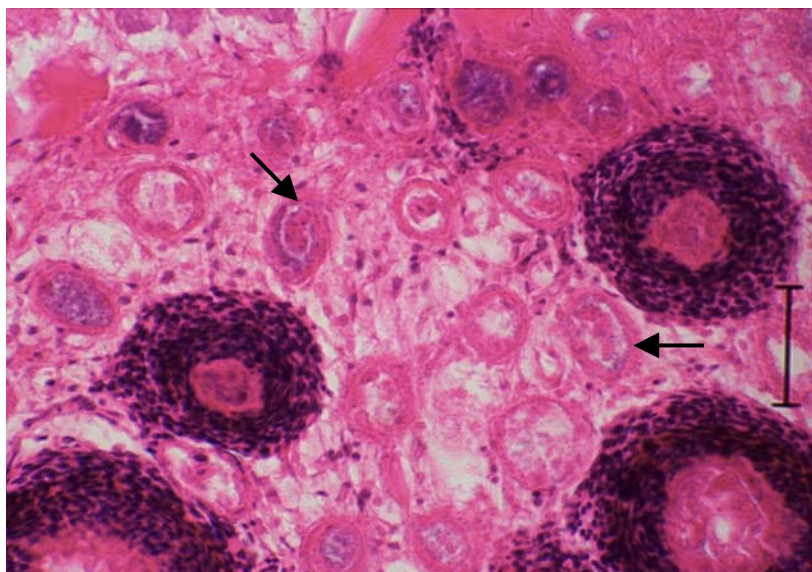
ภาพที่ 17 เนื้อเยื่อตับกึ่งรกของลูกสัตว์ที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษคลอไพริฟอส 0.5 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบโครงสร้างท่อตับถูกทำลาย เนื้อเยื่อตับเสื่อมสลาย มีเม็ดเลือดแทรกตัวเพิ่มมากขึ้นในเซลล์ระหว่างท่อตับ (ครีซี) (H&E, Bar = 50 μ m)



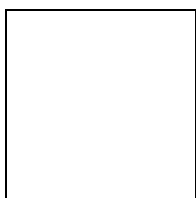
ภาพที่ 18 เนื้อเยื่อตับกึ่งกุลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริลิโนน 0.5 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ แสดงต่อตับลีบฝ่อ (atrophy) และต่อตับสลายตัว (degeneration) เกิดการโอบล้อมของเม็ดเลือดจำนวนมากบริเวณเซลล์ตับที่ตาย (สรชี้) (H&E, Bar = 50 μ m)



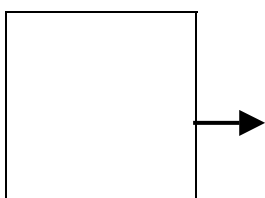
ภาพที่ 19 เนื้อเยื่อตับกึ่งกุลาดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริลิโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบช่องว่างภายในต่อตบกว้างขึ้น เซลล์ตับฝ่อและลีบ ภายในต่อตบไม่พบ R-cell และ B-cell และพบเซลล์ตาย (สรชี้) (Lum, lumen; H&E, Bar = 50 μ m)



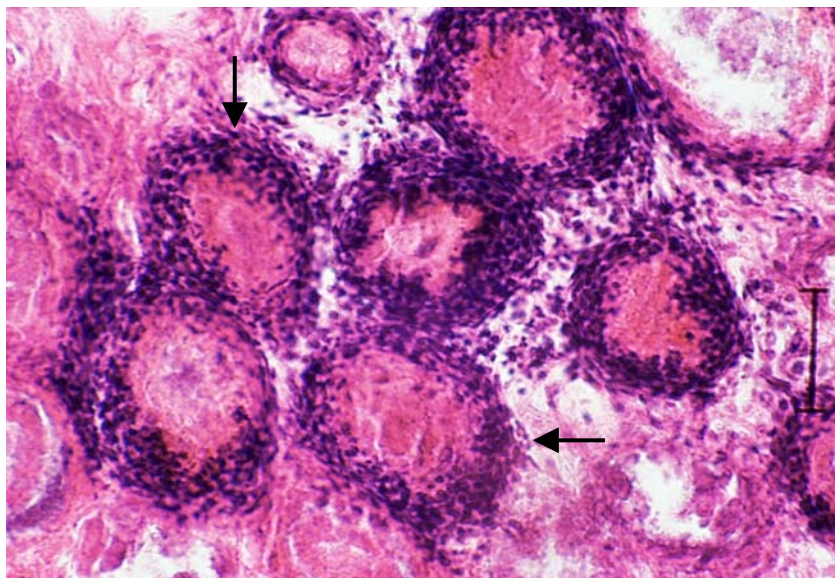
ภาพที่ 20 เนื้อเยื่ออัณฑะของหนูที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษคลอไรดีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ แสดงท่ออัณฑะเริ่มมีการเสื่อมสภาพมากขึ้น (สรชี้) พบเม็ดเลือดเข้าโอบล้อมท่ออัณฑะเพื่อทำลาย (H&E, Bar = 50 μ m)



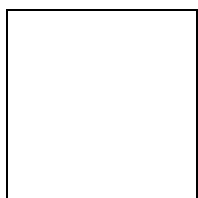
ภาพที่ 21 เนื้อเยื่ออัณฑะของหนูที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษคลอไรดีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าท่ออัณฑะเกือบทั้งหมดมีการสลายตัว (degeneration) (H&E, Bar = 100 μ m)



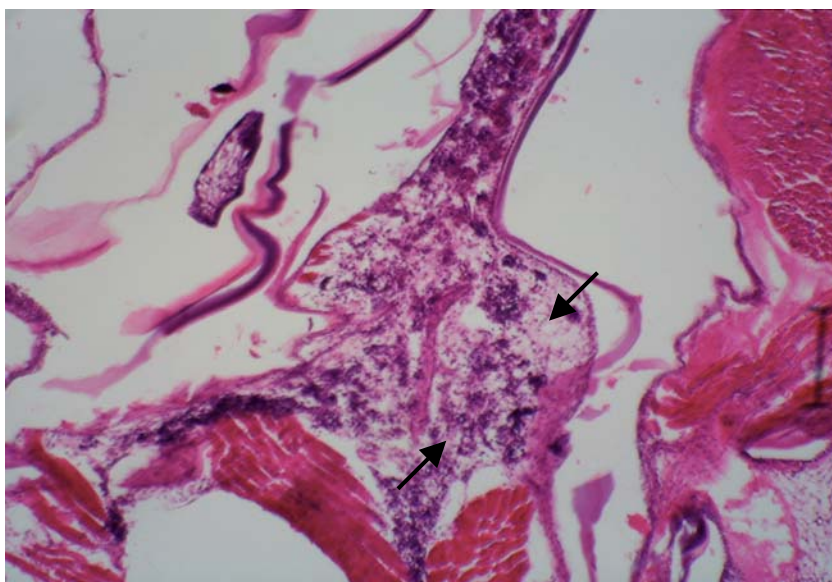
ภาพที่ 22 เนื้อเยื่ออัณฑะของหนูที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษคลอไรดีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ แสดงการเริ่มเสื่อมสภาพของเซลล์ท่ออัณฑะ โดยเฉพาะ E-cell มีเม็ดเลือดจำนวนมากเข้าโอบล้อม (สรชี้) (H&E, Bar = 50 μ m)



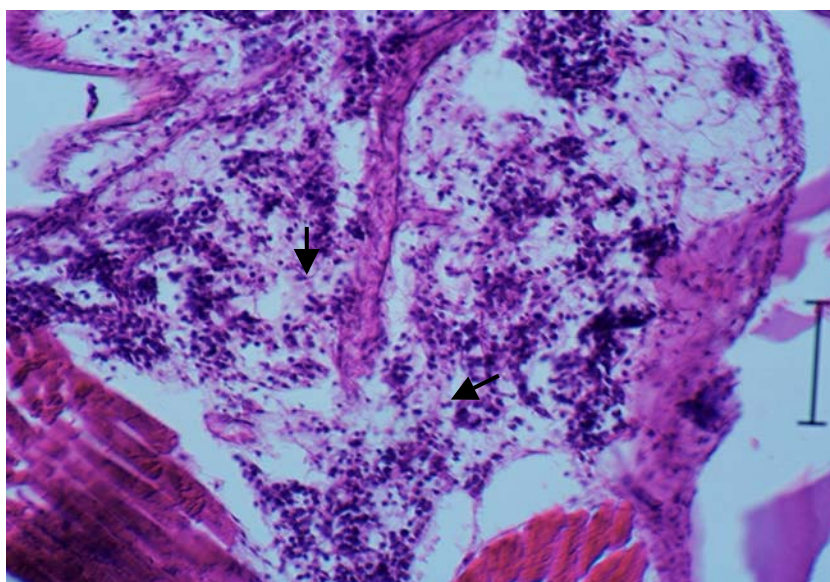
ภาพที่ 23 เนื้อเยื่ออัณฑ์กึ่งกลางดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริลีน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าท่ออัณฑ์เกือบทั้งหมดมีการสลายตัว (degeneration) เม็ดเลือดจำนวนมากเข้าโอบล้อมท่ออัณฑ์ (สรีร) เพื่อทำลาย (H&E, Bar = 50 μ m)



ภาพที่ 24 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกึ่งกลางดำ (ชุดควบคุม) สัปดาห์ที่ 10 แสดงลักษณะเนื้อเยื่อปกติ เซลล์สร้างเม็ดเลือดเรียงตัวเป็นระเบียบ (H&E, Bar = 200 μ m)



ภาพที่ 25 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกึ่งกลุ่ดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าเซลล์สร้างเม็ดเลือดจับตัวกันอย่างหลวม ๆ (สรชี้) (H&E, Bar = 200 μm)



ภาพที่ 26 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกึ่งกลุ่ดดำที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าเซลล์สร้างเม็ดเลือดจับตัวกันอย่างหลวม ๆ (สรชี้) และเซลล์สร้างเม็ดเลือดลดปริมาณลงมาก (H&E, Bar = 100 μm)

3.2 การทดลองตอนที่ 2: ผลของสารพิษจากเชื้อราที่ทูและซีราลีโนนต่อกึ่งขาว

3.2.1 พฤติกรรมและความผิดปกติของกึ่งขาวที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ

จากการสังเกตพฤติกรรมและความผิดปกติของกึ่งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ พบว่าบางตัวบริเวณเปลือกส่วนหัว ลำตัว และแพนหาง มีจุดดำกระจาย เมื่อลอก

ทราบจุดดำจะหายไป กลุ่มกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับสูงสุด (2.0 พีพีเอ็ม) แสดงพฤติกรรม
เชิงซ้ำ หลบตามมุมถึง เคลื่อนที่ช้าในสัปดาห์สุดท้าย

3.2.2 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว

3.2.2.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่ากุ้งขาวมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อ
ตัวเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 19 ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กุ้งมี
ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวอยู่ในช่วง $11.60 \pm 0.02 - 12.72 \pm 0.40$ กรัม

ตารางที่ 19 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทูที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์¹ (หน่วยป็นกรัม)

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษทีทู)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
1. (0 พีพีเอ็ม)	3.62±0.01 ^a	7.16±0.46 ^a	9.20±0.30 ^a	10.45±0.83 ^a	12.72±0.40 ^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	3.61±0.00 ^a	6.70±0.46 ^a	9.15±0.26 ^a	10.70±0.14 ^a	11.84±0.20 ^a
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	3.60±0.01 ^a	6.70±0.42 ^a	8.82±0.54 ^a	9.54±0.80 ^a	11.61±0.10 ^a
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	3.62±0.00 ^a	6.62±0.16 ^a	8.96±0.00 ^a	10.54±0.12 ^a	11.60±0.02 ^a

ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$)

3.2.2.2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน และอัตราการรอดตาย

ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน (feed consumption) และอัตราการรอดตาย (survival rate) ของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทูระดับต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 20

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกุ้งที่ได้รับสารพิษทีทูทั้ง 4 ระดับ มีค่าอยู่ในช่วง 220.17±0.83 – 251.20±11.50 เปอร์เซนต์ และ 1.94±0.08 – 2.10±0.05 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกุ้งกลุ่มที่ได้รับสารพิษมีแนวโน้มลดต่ำลง แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

กุ้งขาวกลุ่มที่ได้รับสารพิษทีทู ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีแนวโน้มสูงขึ้น แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ปริมาณอาหารที่กึ่งกินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกชุดการทดลอง ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.30±0.01 – 0.30±0.00 กรัมต่อตัวต่อวัน

อัตราการรอดตายของกุ้งที่ได้รับสารพิษระดับสูงสุด (2.0 พีพีเอ็ม) มีค่าต่ำสุด คือ 90.00±4.71 เปอร์เซนต์ แตกต่างกับกุ้งที่ได้รับสารพิษระดับ 0.1 และ 1.0 พีพีเอ็ม ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($p > 0.05$)

ตารางที่ 20 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษที่ทุกระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์¹

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษที่ทุ)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ปริมาณอาหารที่กิ้งกิน (กรัมต่อตัวต่อวัน)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
1. (0 พีพีเอ็ม)	251.20±11.50 ^b	2.10±0.05 ^b	1.62±0.06 ^a	0.30±0.00 ^a	93.33±0.00 ^{ab}
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	227.90±4.80 ^a	1.97±0.02 ^a	1.74±0.05 ^{ab}	0.03±0.00 ^a	100.00±0.00 ^b
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	221.80±1.53 ^a	1.94±0.06 ^a	1.82±0.02 ^b	0.30±0.00 ^a	100.00±0.00 ^b
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	220.17±0.83 ^a	1.94±0.08 ^a	1.92±0.01 ^b	0.30±0.01 ^a	90.00±4.71 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรรถที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p > 0.05)

3.2.3 ผลของสารพิษที่ทุต่อองค์ประกอบเลือดกุ้งขาว

การวิเคราะห์องค์ประกอบเลือด ได้แก่ ปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมด พบว่าปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมดของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษที่ทุระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (ตารางที่ 21) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $4.0 \pm 0.20 - 4.8 \pm 0.76 \times 10^4$ เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร โดยกุ้งที่ได้รับสารพิษระดับสูงสุดมีปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมดต่ำที่สุด แตกต่างกับชุดควบคุม (p < 0.05)

ตารางที่ 21 ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษที่ทุระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษที่ทุ)	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^4$ cell/mm ³)
1. (0 พีพีเอ็ม)	4.8 ± 0.76 ^c
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	4.4 ± 0.12 ^b
3. (1.0 พีพีเอ็ม)	4.1 ± 0.20 ^{ab}
4. (2.0 พีพีเอ็ม)	4.0 ± 0.20 ^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรรถที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p > 0.05)

3.2.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อถุงขาว

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ ได้แก่ เนื้อเยื่อตับ ต่อมมน้ำเหลือง อวัยวะสร้างเม็ดเลือด เหนือก และกล้ามเนื้อลำตัวของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทูและซีราลีโนในระดับต่าง ๆ เป็นเปอร์เซ็นต์จำนวนตัวที่พบความผิดปกติ แสดงดังตารางที่ 25

3.2.4.1 การศึกษาเนื้อเยื่อของกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษทีทูระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8

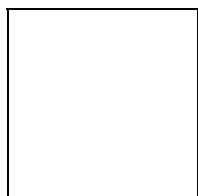
ไม่พบความผิดปกติทางเนื้อเยื่อของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทูระดับ 0, 0.1 และ 1.0 พีพีเอ็ม (ภาพที่ 27) ขณะที่พบความผิดปกติในเซลล์ตับกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษทีทูระดับ 2.0 พีพีเอ็ม เซลล์ตับมีลักษณะฝ่อและลีบ เซลล์ที่สะสมอาหารลดขนาดลง (ภาพที่ 28 - 29) การสะสมอาหารและการสร้างน้ำย่อยลดลง แต่โครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์ยังปกติ และมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับอย่างรุนแรง ได้แก่ มีการสลายตัวของเซลล์ท่อตับ มีเม็ดเลือดแทรกตัวค่อนข้างมากระหว่างท่อตับ (ภาพที่ 30) เพื่อทำลาย

ความผิดปกติโดยรวมในตับกุ้งขาวที่ได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีความรุนแรงที่สุดในกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษทีทูระดับ 2.0 พีพีเอ็ม และไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษทีทูระดับ 0.1 และ 0.5 พีพีเอ็ม

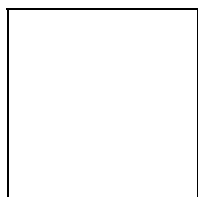
อวัยวะสร้างเม็ดเลือด

ไม่พบความผิดปกติของเซลล์สร้างเม็ดเลือดในกุ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทูระดับ 0, 0.1 และ 1.0 (ภาพที่ 31 - 32) แต่พบความผิดปกติในเซลล์สร้างเม็ดเลือด (hemopoietic tissue) ที่ได้รับสารพิษทีทูระดับ 2.0 พีพีเอ็ม โดยเซลล์สร้างเม็ดเลือดมีการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ แต่โครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์ยังปกติ (ภาพที่ 33 - 34)

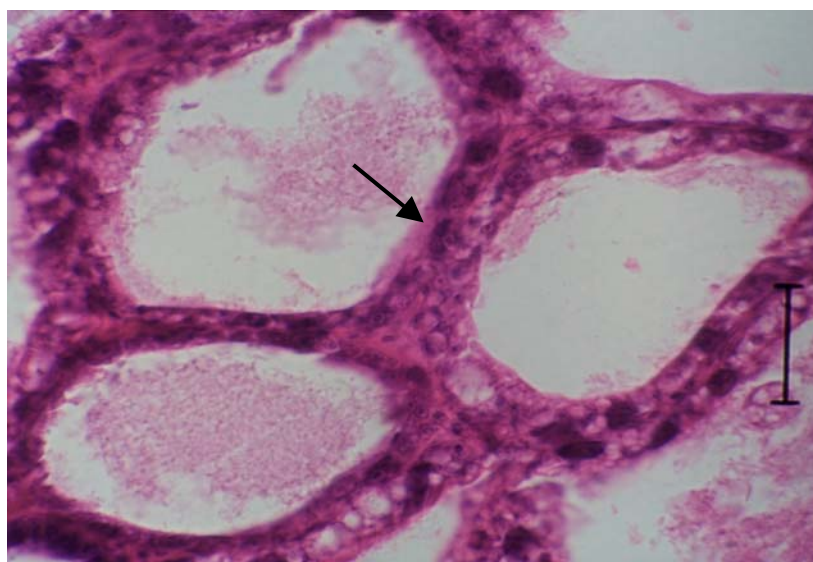
ไม่พบความผิดปกติใน เนื้อเยื่อต่อมน้ำเหลือง เหนือก และกล้ามเนื้อลำตัวของกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษทีทูทุกชุดการทดลอง ตลอดการทดลอง



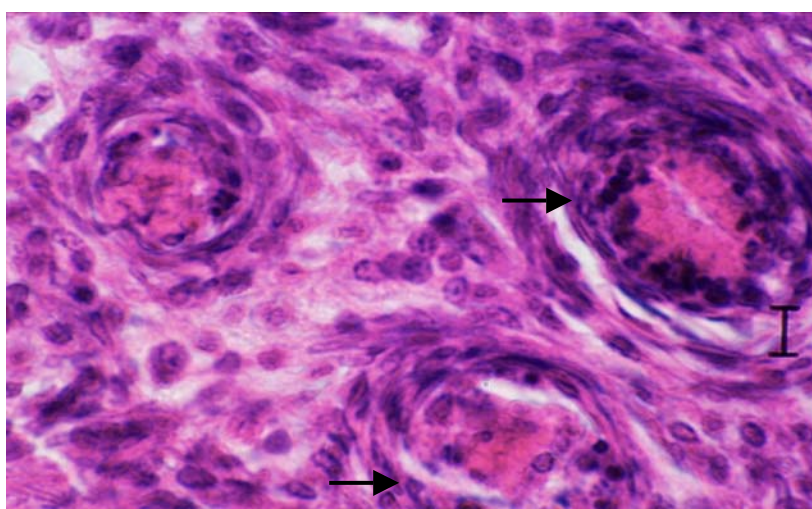
ภาพที่ 27 เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวปกติ (ชุดควบคุม) โครงสร้างตับปกติ เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ พบ R-cell และ B-cell จำนวนมาก มีการสะสมอาหารในเซลล์มาก (H&E, Bar = 50 μ m)



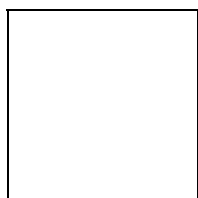
ภาพที่ 28 เนื้อเยื่อตับกึ่งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทุระดับระดับ 2.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบเซลล์ตับมีขนาดเล็กกล (atrophy) เป็นบริเวณกว้าง (H&E, Bar = 100 μ m)



ภาพที่ 29 เนื้อเยื่อตับกึ่งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทุระดับ 2.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เซลล์ตับมีขนาดเล็กกล (atrophy) พบ R-cell และ B-cell จำนวนน้อยการสะสมอาหารและการสร้างน้ำย่อยลดลง (ครีซ) (H&E, Bar = 50 μ m)



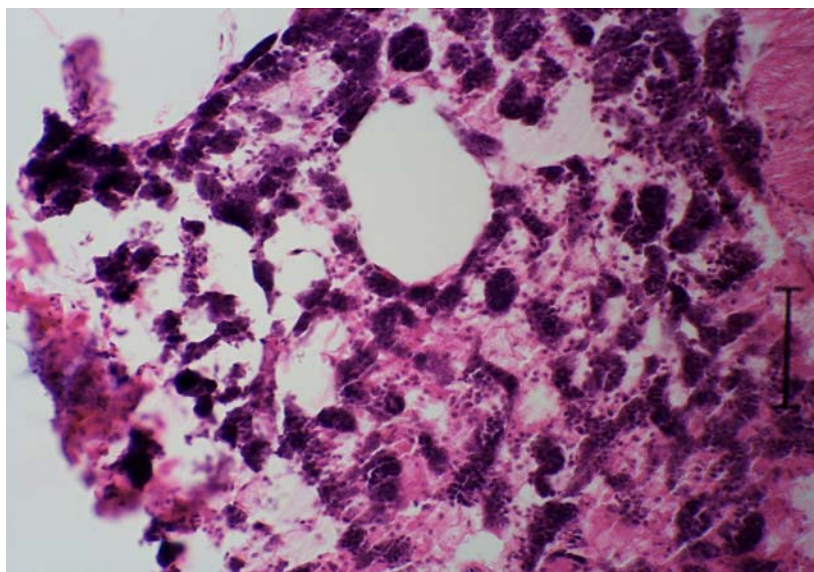
ภาพที่ 30 เนื้อเยื่อตับของกิ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษทีทู 2.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบโครงสร้างท่อตับถูกทำลาย เซลล์ตับเสื่อมสลาย มีเม็ดเลือดจำนวนมากเข้าโอบล้อมท่อตับที่เสื่อมสลาย (ครีซี) (H&E, Bar = 50 μm)



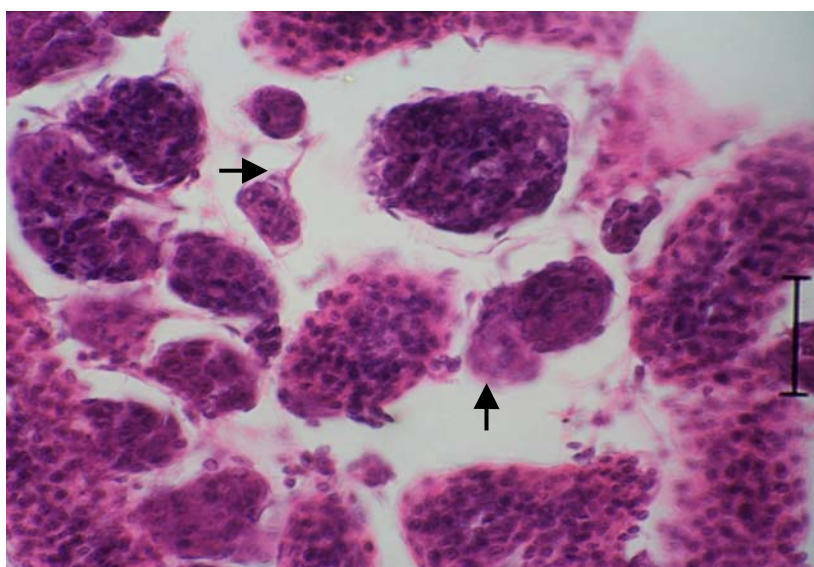
ภาพที่ 31 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกิ้งขาวปกติ (ชุดควบคุม) ที่ 8 สัปดาห์ แสดงเนื้อเยื่อปกติ เซลล์เรียงตัวเป็นระเบียบ (H&E, Bar = 50 μm)



ภาพที่ 32 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกิ้งขาวปกติ (ชุดควบคุม) ที่ 8 สัปดาห์ แสดงเนื้อเยื่อปกติเซลล์เรียงตัวเป็นระเบียบ (H&E, Bar = 100 μm)



ภาพที่ 33 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกึ่งขาวที่ได้รับสารพิษทีทู 2.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า เซลล์สร้างเม็ดเลือดมีการจับตัวอย่างหลวม ๆ (loose contact) (H&E, Bar = 200 μ m)



ภาพที่ 34 เนื้อเยื่อสร้างเม็ดเลือดกึ่งขาวที่ได้รับสารพิษทีทู 2.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (H&E, Bar = 50 μ m)

3.2.5 พฤติกรรมและความผิดปกติของกึ่งขาที่ได้รับสารพิษซีราลีโนในระดับต่าง ๆ

สำหรับความผิดปกติและพฤติกรรมของกึ่งขาที่ได้รับสารพิษซีราลีโนในระดับต่าง ๆ พบว่าอาการคล้ายคลึงกับกึ่งขาที่ได้รับสารพิษทีทู แต่อาการจุดดำบริเวณส่วนหัว ลำตัว และแพนหางพบมากกว่าและพบกึ่งตายเพิ่มมากขึ้น ในชุดการทดลองกึ่งขาที่ได้รับสารพิษซีราลีโนในระดับสูงสุด (1.0 พีพีเอ็ม) พฤติกรรมการกินอาหารลดลง หลบตามมูมถึง

3.2.6 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

3.2.6.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

กึ่งขาที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนในระดับต่าง ๆ พบว่าในสัปดาห์ที่ 8 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวอยู่ในช่วง $10.53 \pm 1.12 - 12.72 \pm 0.38$ กรัม โดยกึ่งกลุ่มที่ได้รับสารพิษระดับต่ำสุดมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่ำที่สุด ($p < 0.05$) (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 การเจริญเติบโตของกึ่งขาที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซีราลีโนในระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ชุดการทดลอง (ระดับซีราลีโน)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
1. (0 พีพีเอ็ม)	3.62 ± 0.01^a	7.16 ± 0.46^b	9.20 ± 0.30^b	10.45 ± 0.83^a	12.72 ± 0.38^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	3.61 ± 0.01^a	6.50 ± 0.34^{ab}	7.80 ± 0.20^a	9.72 ± 0.10^a	11.34 ± 0.30^{ab}
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	3.60 ± 0.01^a	5.13 ± 1.27^a	8.20 ± 0.11^a	9.55 ± 0.04^a	11.20 ± 0.10^{ab}
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	3.61 ± 0.01^a	6.80 ± 0.00^{ab}	8.12 ± 0.34^a	9.05 ± 0.80^a	10.53 ± 1.12^a

¹ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$)

3.2.6.2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน และอัตราการรอดตาย

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ปริมาณอาหารที่กึ่งกิน และอัตราการรอดตายแสดงในตารางที่ 23

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วง $191.60 \pm 3.22 - 251.20 \pm 11.50$ เปอร์เซ็นต์ โดยกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับสูงสุด (1.0 พีพีเอ็ม) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของกุ้งที่ได้รับสารพิษระดับสูงสุด (1.0 พีพีเอ็ม) มีค่าต่ำสุด คือ 1.80 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกับชุดควบคุม ($p < 0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งที่ได้รับสารพิษทั้ง 4 สูตร มีค่าอยู่ในช่วง $1.62 \pm 0.06 - 2.11 \pm 0.25$ โดยกุ้งกลุ่มที่ได้รับสารพิษระดับสูงสุด (1.0 พีพีเอ็ม) มีค่าดังกล่าวสูงสุด แตกต่างกับชุดควบคุม ($p < 0.05$)

ปริมาณอาหารที่กุ้งกินทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง $0.30 \pm 0.01 - 0.30 \pm 0.00$ กรัมต่อตัวต่อวัน

อัตราการรอดตายของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วง $66.70 \pm 9.43 - 93.33 \pm 0.00$ เปอร์เซ็นต์ โดยกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับสูงสุด (1.0 พีพีเอ็ม) มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุดแตกต่างกับทุกชุดการทดลอง ($p < 0.05$)

ตารางที่ 23 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ปริมาณอาหารที่กุ้งกิน และอัตราการรอดตายของกุ้งขาวที่ได้รับ อาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนในระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ชุดการทดลอง (ระดับซิริาลีโน)	เปอร์เซ็นต์น้ำ หนักที่เพิ่มขึ้น	อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	อัตราการเปลี่ยน อาหารเป็นเนื้อ	ปริมาณอาหารที่ กุ้งกิน (กรัมต่อตัวต่อวัน)	อัตราการรอด ตาย (เปอร์เซ็นต์)
1. (0 พีพีเอ็ม)	251.20 ± 11.50^b	2.10 ± 0.05^b	1.62 ± 0.06^a	0.30 ± 0.00^a	93.33 ± 0.00^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	214.03 ± 9.45^{ab}	1.90 ± 0.05^{ab}	2.00 ± 0.01^{ab}	0.30 ± 0.00^a	93.33 ± 0.00^b
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	210.03 ± 3.71^{ab}	1.86 ± 0.02^{ab}	2.05 ± 0.01^{ab}	0.30 ± 0.00^a	93.33 ± 0.00^b
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	191.60 ± 3.22^a	1.80 ± 0.20^a	2.11 ± 0.25^b	0.30 ± 0.01^a	66.70 ± 9.43^a

^aตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

3.2.7 ผลของสารพิษซิริาลีโนต่อองค์ประกอบเลือดกุ้งขาว

ค่าปริมาณเม็ดเลือดรวมทั้งหมดของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนในระดับต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $3.7 \pm 0.97 - 4.8 \pm 0.76^b \times 10^4$ เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร (ตา

รางที่ 24) โดยกุ้งขาวที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม มีปริมาณเม็ดเลือดรวมต่ำที่สุด แตกต่างกับทุกชุดการทดลอง ($p < 0.05$)

ตารางที่ 24 ปริมาณเม็ดเลือดรวมของกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ชุดการทดลอง (ระดับสารพิษที่ดู)	ปริมาณเม็ดเลือดรวม ($\times 10^4$ cell/mm ³)
1. (0 พีพีเอ็ม)	4.8 \pm 0.76 ^b
2. (0.1 พีพีเอ็ม)	4.6 \pm 0.66 ^b
3. (0.5 พีพีเอ็ม)	4.3 \pm 0.50 ^b
4. (1.0 พีพีเอ็ม)	3.7 \pm 0.97 ^a

ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 4 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสมกลุ่มที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$)

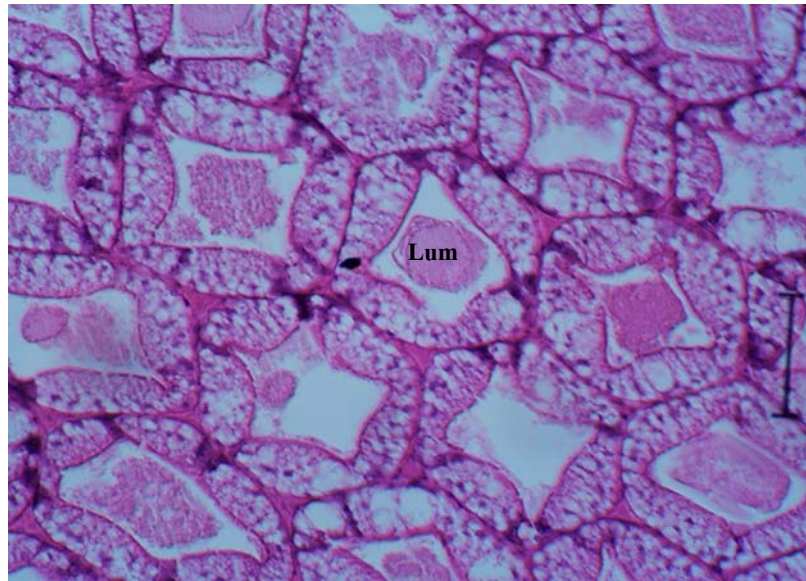
3.2.8 การศึกษาเนื้อเยื่อของกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับต่าง ๆ ในสัปดาห์

ที่ 8

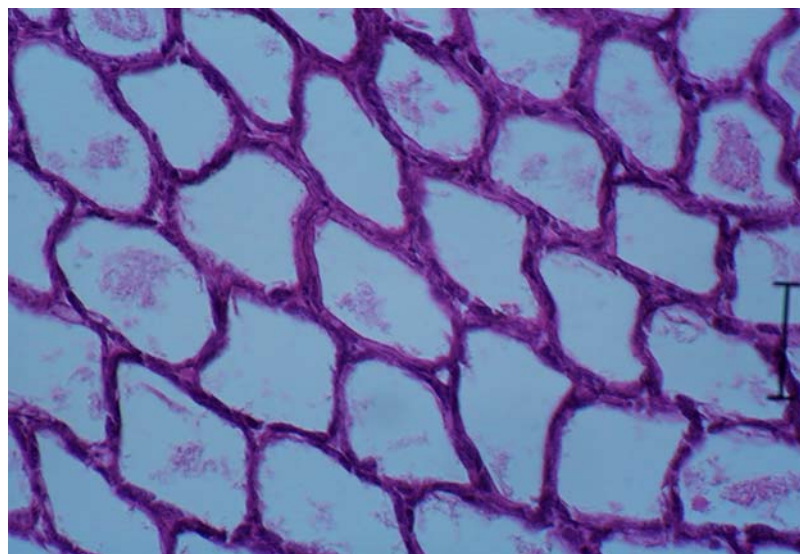
ดับ

ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อดับกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 0 และ 0.1 พีพีเอ็ม โครงสร้างท่อดับปกติ เซลล์เรียงตัวเป็นระเบียบมีปริมาณ R-cell จำนวนมาก (ภาพที่ 35) ขณะที่พบเซลล์ท่อดับฝ่อและลีบ มีเม็ดเลือดแทรกตัวระหว่างท่อดับในกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 0.5 และ 1.0 พีพีเอ็ม (ภาพที่ 36-38) พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อดับอย่างรุนแรง คือ โครงสร้างของเซลล์ดับถูกทำลาย ท่อดับเกือบทั้งหมดมีการสลายตัว พบเม็ดเลือดจำนวนมากเข้าโอบล้อมท่อดับที่เสื่อมสลายเพื่อทำลายในกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม (ภาพที่ 39-40) พบการตายของเซลล์ท่อดับบางส่วน (cell necrosis) ในกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม ความผิดปกติโดยรวมในดับกุ้งขาวที่ได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีความรุนแรงที่สุดในกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนในระดับ 1.0 พีพีเอ็ม

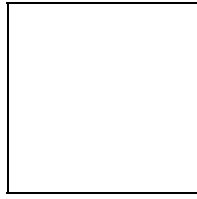
ไม่พบความผิดปกติในอวัยวะสร้างเม็ดเลือด เหงือก และกล้ามเนื้อลำตัวของกุ้งขาวทุกชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์



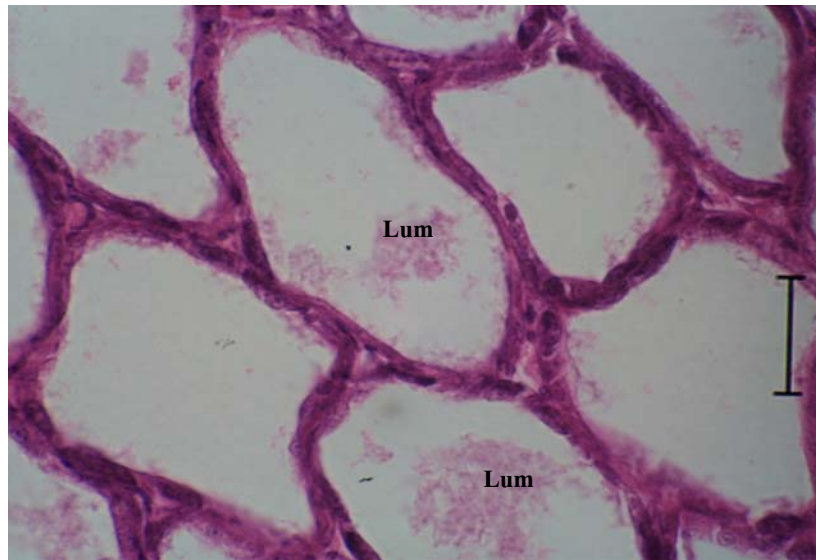
ภาพที่ 35 เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวปกติ (ชุดควบคุม) โครงสร้างตับปกติ เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ
(Lum = Lumen; H&E, Bar = 100 μ m)



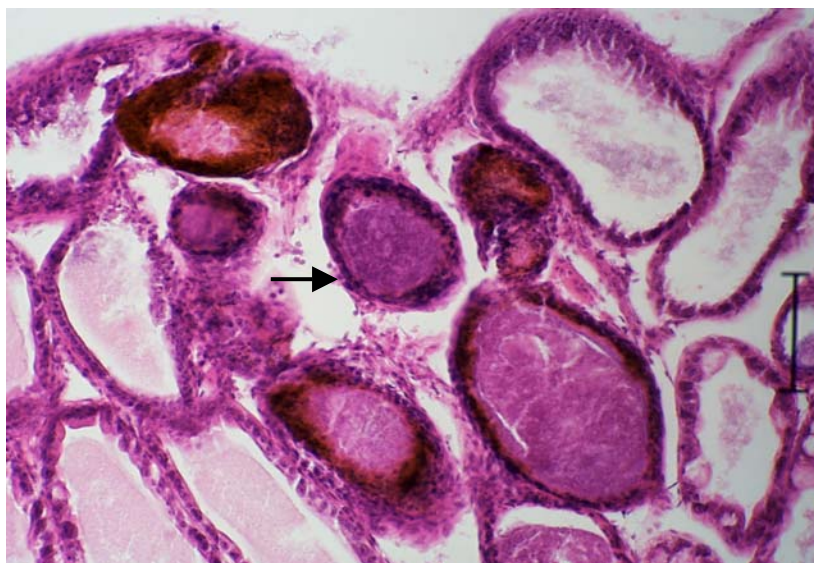
ภาพที่ 36 เนื้อเยื่อตับกุ้งขาวที่ได้รับสารพิษซิริลีน 0.5 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบเซลล์ตับเกิดการฝ่อและลึบเกือบทั้งหมด (atrophy) เริ่มมีเม็ดเลือดแทรกระหว่างท่อตับ (infiltration of hemocyte) (H&E, Bar = 100 μ m)



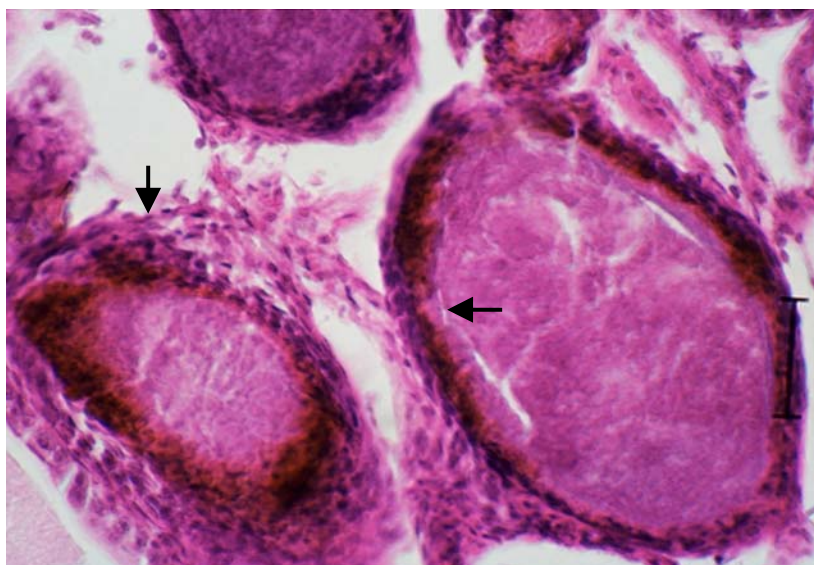
ภาพที่ 37 เนื้อเยื่อกระดูกขาที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนน 0.5 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบเซลล์ตับฝ่อและลิบ (atrophy) ไม่พบ R-cell และ B-cell การสะสมอาหารและการสร้างน้ำย่อยลดลง (H&E, Bar = 50 μ m)



ภาพที่ 38 เนื้อเยื่อกระดูกขาที่ได้รับสารพิษซิริาลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบเซลล์ตับฝ่อและลิบ (atrophy) ช่องว่างกลางท่อตีบกว้างขึ้น (Lum = lumen; H&E, Bar = 50 μ m)



ภาพที่ 39 เนื้อเยื่ออัณฑะของหนูที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบท่ออัณฑะเกือบทั้งหมดมีการสลายตัว (degeneration) เริ่มพบเม็ดเลือดแทรกระหว่างเซลล์ท่ออัณฑะที่ตาย (สรชี้) (H&E, Bar = 100 μ m)



ภาพที่ 40 เนื้อเยื่ออัณฑะของหนูที่ได้รับอาหารปนเปื้อนสารพิษซิริาลีโนน 1.0 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบการเสื่อมสลายของท่ออัณฑะ (degeneration) มีเม็ดเลือดแทรกระหว่างเซลล์ท่ออัณฑะ เกิด melanization บริเวณเซลล์ท่ออัณฑะที่ตาย (สรชี้) (H&E, Bar = 50 μ m)

ตารางที่ 25 ลักษณะความผิดปกติของกึ่งขาวที่ได้รับสารพิษทีหนูและซีราลีโนในระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์¹

ชุดการทดลอง	ชุดควบคุม	สารพิษทีหนู	สารพิษทีหนู	สารพิษทีหนู	สารพิษซีราลีโน	สารพิษซีราลีโน	สารพิษซีราลีโน
	0 พีพีเอ็ม	0.1 พีพีเอ็ม	1.0 พีพีเอ็ม	2.0 พีพีเอ็ม	0.1 พีพีเอ็ม	0.5 พีพีเอ็ม	1.0 พีพีเอ็ม
1. Degeneration of hepatopancreatic tubule	0%	0%	0%	20% (2/10)	0%	20% (2/10)	30% (3/10)
2. Atrophic change of hepatopancreatic tubule	0%	0%	0%	0%	0%	20% (2/10)	30% (3/10)
3. Cell necrosis	0%	0%	0%	10% (1/10)	0%	0%	30% (3/10)
4. Infiltration of hemocyte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10% (1/10)
5. Hemopoietic tissue - loose contact	0%	0%	0%	12.5% (1/8)	0%	0%	0%

¹% ความผิดปกติ = (จำนวนกึ่งผิดปกติ/จำนวนกึ่งทั้งหมด) × 100