บทที่ 3

ผล

การศึกษาผลกระทบของน้ำมัน และสารเคมีขจัดคราบน้ำมันต่อกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ได้ทำการศึกษาในประเด็นต่อไปนี้ คือ ความเป็นพิษเฉียบพลัน ระดับความเข้มข้นที่เริ่มเป็นพิษ ผลกระทบที่ต่อการเจริญเติบโต และลักษณะพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกและอวัยวะภายในของกุ้งกุลาดำเมื่อสัมผัสกับสารดังกล่าวในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ สำหรับผลการศึกษาเป็นดังนี้

1. ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารที่ใช้ในการทดลอง (Acute Toxicity)

การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลัน[11]ในน้ำนิ่งเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (OD 4000) น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ต่อกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ในช่วงความเข้มข้น 3.00-11.00, 19.20-79.20 และ 41.40-164.40 mg/L ตามลำดับ จำนวนกุ้งกุลาดำที่ตายสะสมในระยะเวลาต่าง ๆ แสดงไว้ดังภาพประกอบ 7 และภาคผนวก ฐ)

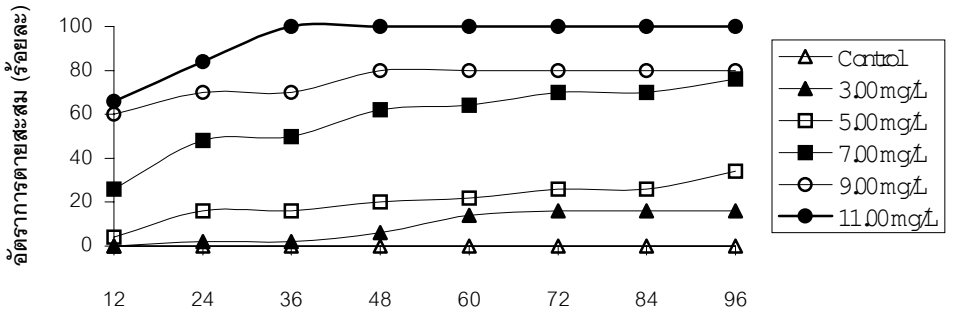
ค่าระดับความเข้มข้นที่ทำให้กุ้งกุลาดำตายร้อยละ 50 (Median Lethal Concentration, LC_{50}) ภายในระยะเวลาต่าง ๆ คำนวณด้วยวิธีโปรบิท (Probit Analysis) (Finney, 1971 และปรีชา สมมณี, 2520) (ภาคผนวก ฑ) พบว่าความเข้มข้นของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (OD 4000) น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่มีผลให้กุ้งกุลาดำตายร้อยละ 50 ภายในเวลา 96 ชั่วโมง มีค่า 4.44-5.24, 37.24-42.79 และ 41.46-53.46 mg/L ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} จากการทดลอง (ค่าเฉลี่ย$\pm$ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) มีค่าเป็น 4.97$\pm$0.32 , 40.31$\pm$2.41 และ 47.80$\pm$5.23 mg/L ตามลำดับ (ภาพประกอบ 8)

2. ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safety Level)

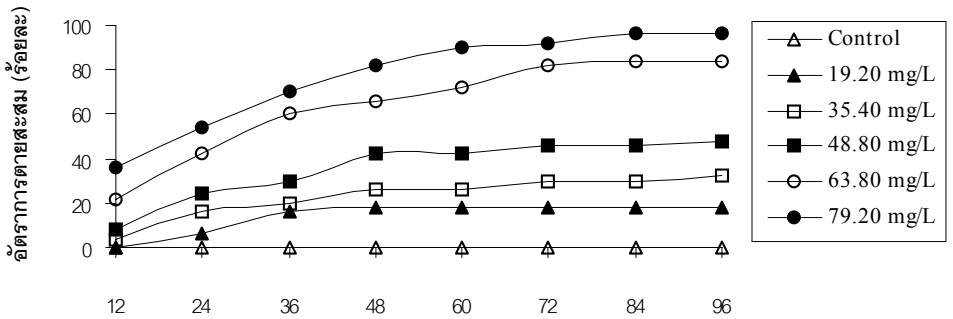
ค่าระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (OD 4000) น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ต่อกุ้งกุลาดำตามวิธีการของ Spraque (1969)โดยประเมินจากค่าความเข้มข้นของสารที่ทำให้กุ้งกุลาดำตายร้อยละ 50 ในระยะเวลาต่าง ๆ ซึ่งคำนวณจากสูตร ค่าของระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย = 0.1 x LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.63, 4.91 และ 5.88 mg/L ตามลำดับ

---

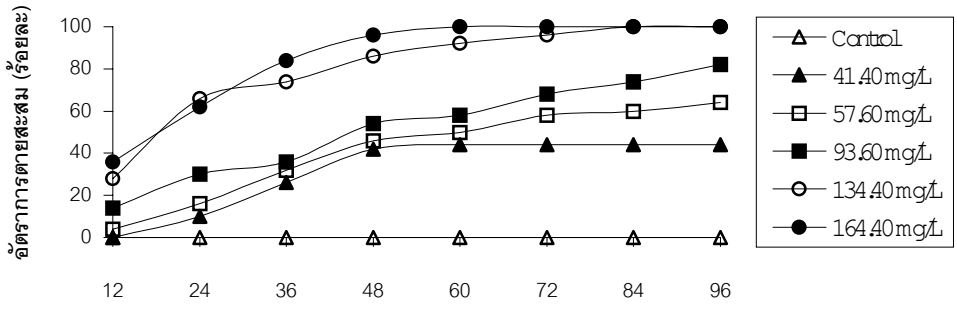
[11] ดูรายละเอียดวิธีการคำนวณในภาคผนวก ฏ



ก.



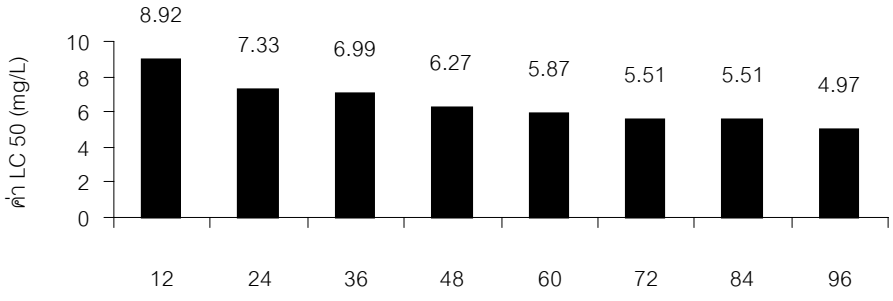
ข.



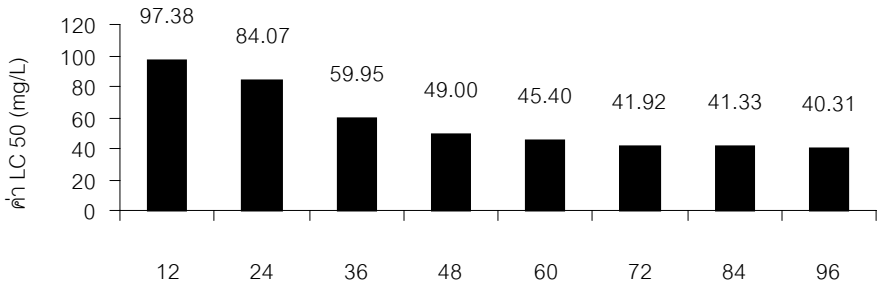
ค.

ภาพประกอบ 7 อัตราการตายสะสมของกุ้งกุลาดำเมื่อสัมผัสกับสารพิษชนิดต่าง ๆ ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง

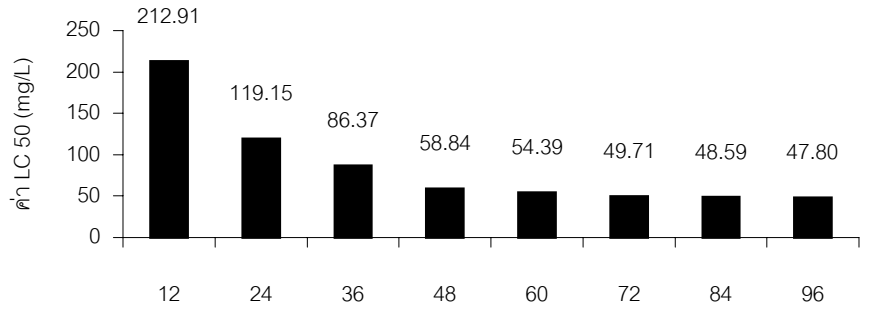
ก. สารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ข. น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ค. น้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ)



ก.



ข.



ค.

ภาพประกอบ 8 ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของสารที่ใช้ในการทดลองที่มีต่อกุ้งกุลาดำในระยะเวลาต่าง ๆ

ก. สารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ข. น้ำมันเตาส่วนที่ละลายน้ำ ค. น้ำมันดีเซลส่วนที่ละลายน้ำ

3. ค่าระดับเริ่มเป็นพิษของสารแต่ละชนิดต่อกุ้งกุลาดำ (Lethal Threshold Concentration, LTC)

จากการประมาณค่าระดับเริ่มเป็นพิษของสารพิษตามวิธีการศึกษาจากเส้นโค้งความเป็นพิษแบบเอ็กโปเนลเชียลที่มีขีดจำกัดล่าง[12] (ปรีชา สมมณี, 2525) ผลการศึกษาได้แสดงไว้ในตาราง 5 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ

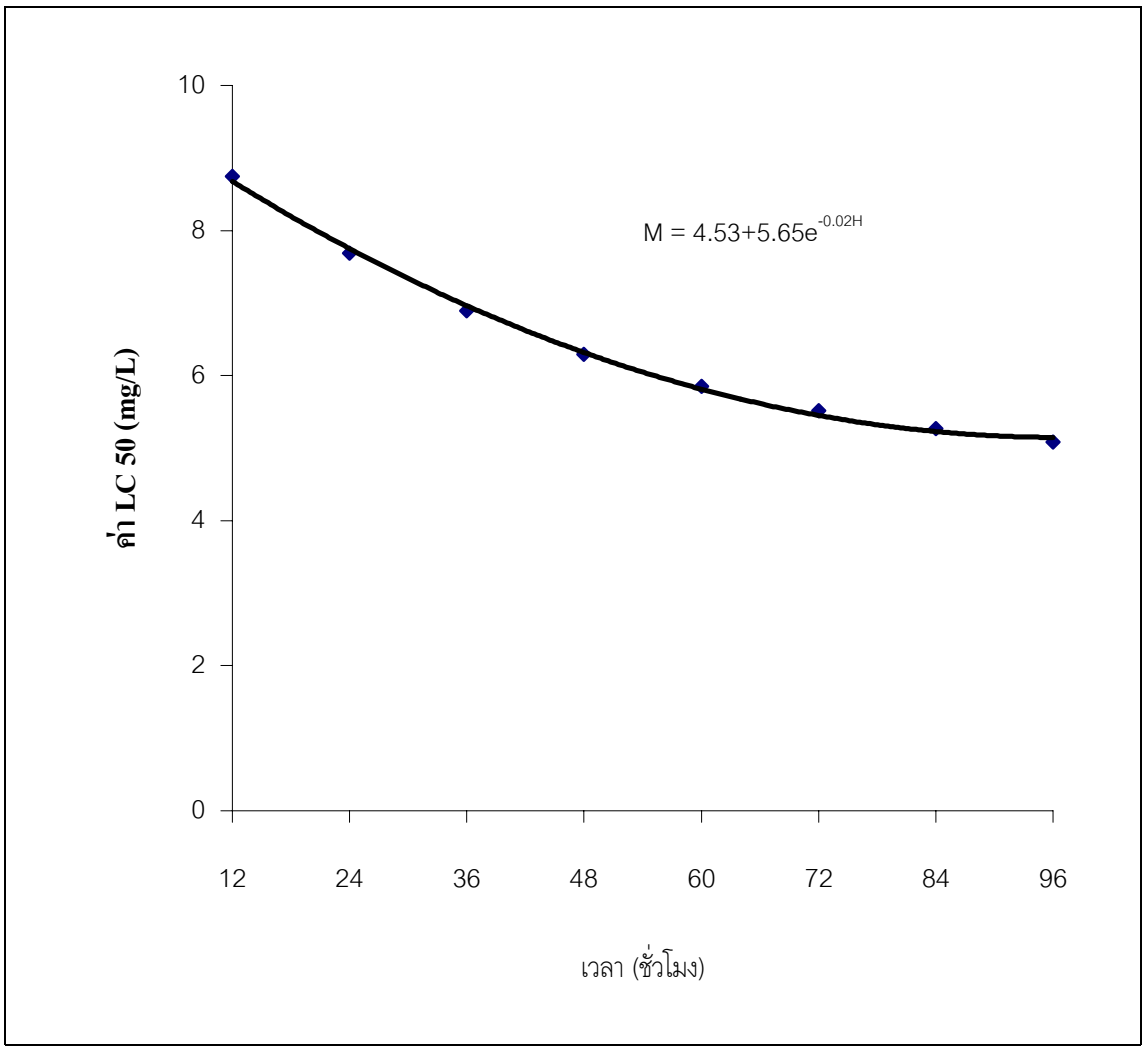
ตาราง 5 ผลการปรับเส้นตรง และระดับเริ่มเป็นพิษของสารพิษที่ใช้ในการทดลอง

สารทดลอง	ระดับเริ่มเป็นพิษ (mg/L)	ระยะตัดแกนดิ่ง (Lnc)	ความลาด (-k)	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ
สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000	4.53	1.73	-0.02	-0.96	6
น้ำมันเตาส่วนที่ละลายน้ำ	39.55	4.86	-0.05	-0.99	6
น้ำมันดีเซลส่วนที่ละลายน้ำ	46.99	5.82	-0.06	-0.97	6

3.1 สารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000

ความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ดีที่สุด เมื่อ a = 4.53 (r = 0.96) โดยมีระยะตัดแกนดิ่ง และความลาดเท่ากับ 1.73 และ –0.02 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าประมาณของระดับเริ่มเป็นพิษ (Lethal Threshold Concentration, LTC) ของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ที่มีต่อกุ้งกุลาดำเท่ากับ 4.53 mg/L และอัตราการเพิ่มความรุนแรงของพิษเท่ากับ 0.024 เส้นโค้งความเป็นพิษของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 คือ $M = 4.53+5.65e^{-0.02H}$ (ภาพประกอบ 9)

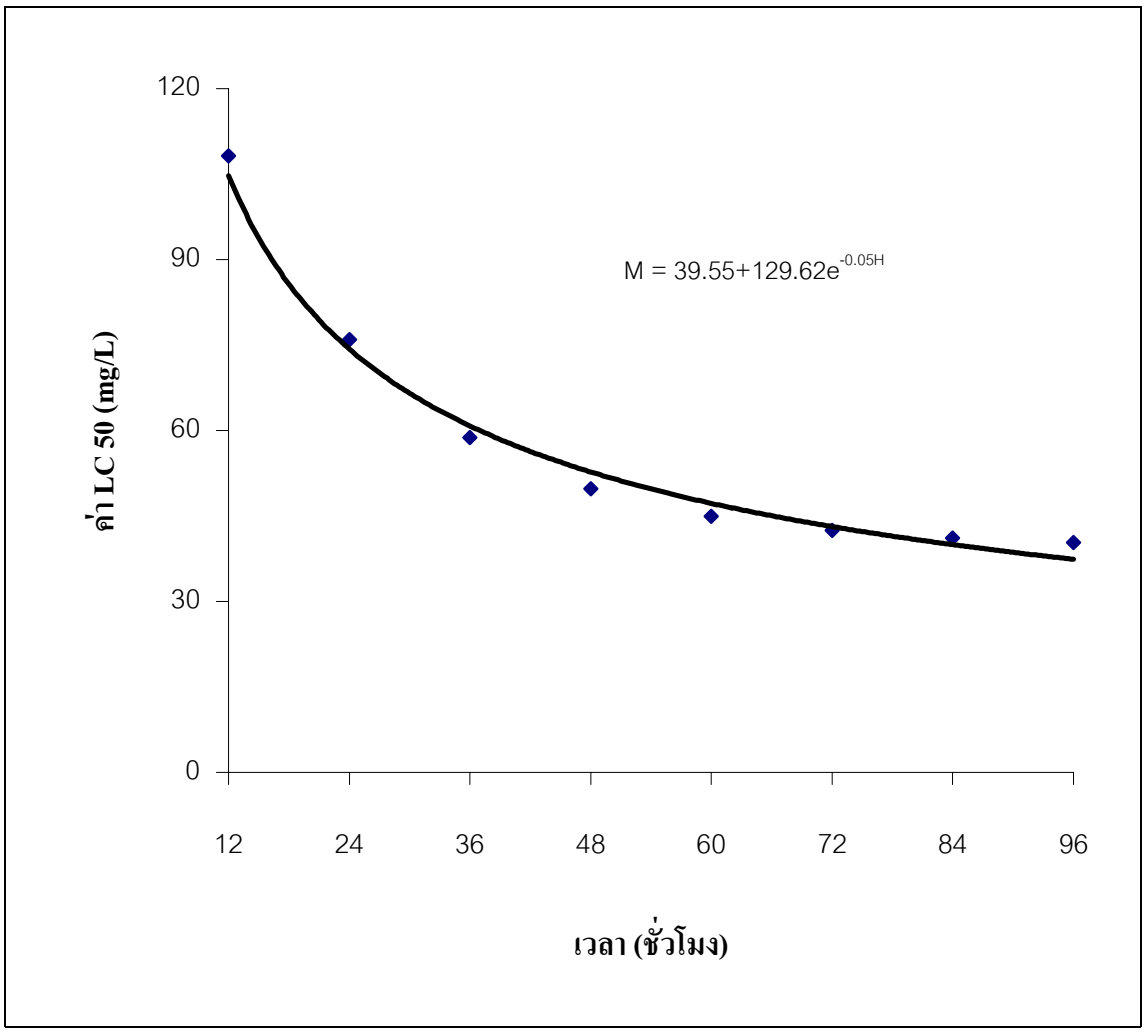
[12] ดูรายละเอียดวิธีการคำนวณในภาคผนวก ฒ



ภาพประกอบ9 ลักษณะเส้นโค้งความเป็นพิษเฉียบพลันของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ต่อกุ้งกุลาดำ

3.2 น้ำมันเตาส่วนที่ละลายน้ำ (Water Soluble Fraction)

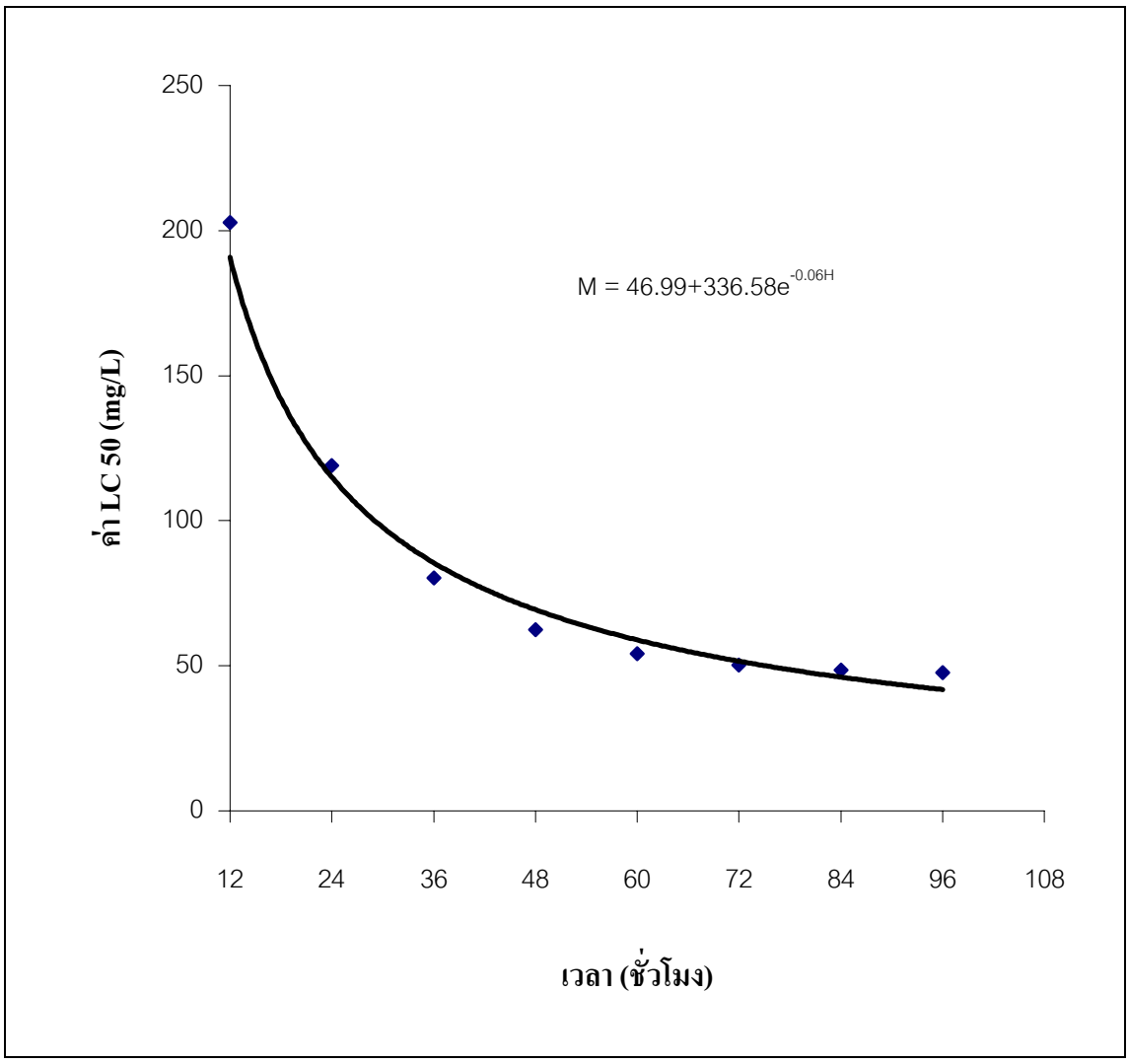
ความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ดีที่สุด เมื่อ a = 39.55 (r = 0.99) โดยมีระยะตัดแกนดิ่งและความลาดเท่ากับ 4.86 และ–0.05 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าประมาณของระดับเริ่มเป็นพิษ (LTC) ของน้ำมันเตาส่วนที่ละลายน้ำ (Water Soluble Fraction) ที่มีต่อกุ้งกุลาดำ จึงเท่ากับ 39.55 mg/L และอัตราการเพิ่มความรุนแรงของพิษเท่ากับ 0.05 เส้นโค้งความเป็นพิษของน้ำมันเตาส่วนที่ละลายน้ำคือ $M = 39.55+129.62e^{-0.05H}$ (ภาพประกอบ 10)



ภาพประกอบ 10 ลักษณะเส้นโค้งความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ต่อกุ้งกุลาดำ

3.3 น้ำมันดีเซลส่วนที่ละลายน้ำ (Water Soluble Fraction)

ความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ดีที่สุด เมื่อ a = 46.99 (r = 0.97) โดยมีระยะตัดแกนดิ่งและความลาดเท่ากับ 5.82 และ –0.06 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าประมาณของระดับเริ่มเป็นพิษ (LTC) ของน้ำมันดีเซลส่วนที่ละลายน้ำ (Water Soluble Fraction) ที่มีต่อกุ้งกุลาดำ จึงเท่ากับ 46.99 mg/L และอัตราการเพิ่มความรุนแรงของพิษเท่ากับ 0.06 เส้นโค้งความเป็นพิษของน้ำมันเตาส่วนที่ละลายน้ำ คือ $M = 46.99+336.58e^{-0.06H}$ (ภาพประกอบ 11)



ภาพประกอบ 11 ลักษณะเส้นโค้งความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ต่อกุ้งกุลาดำ

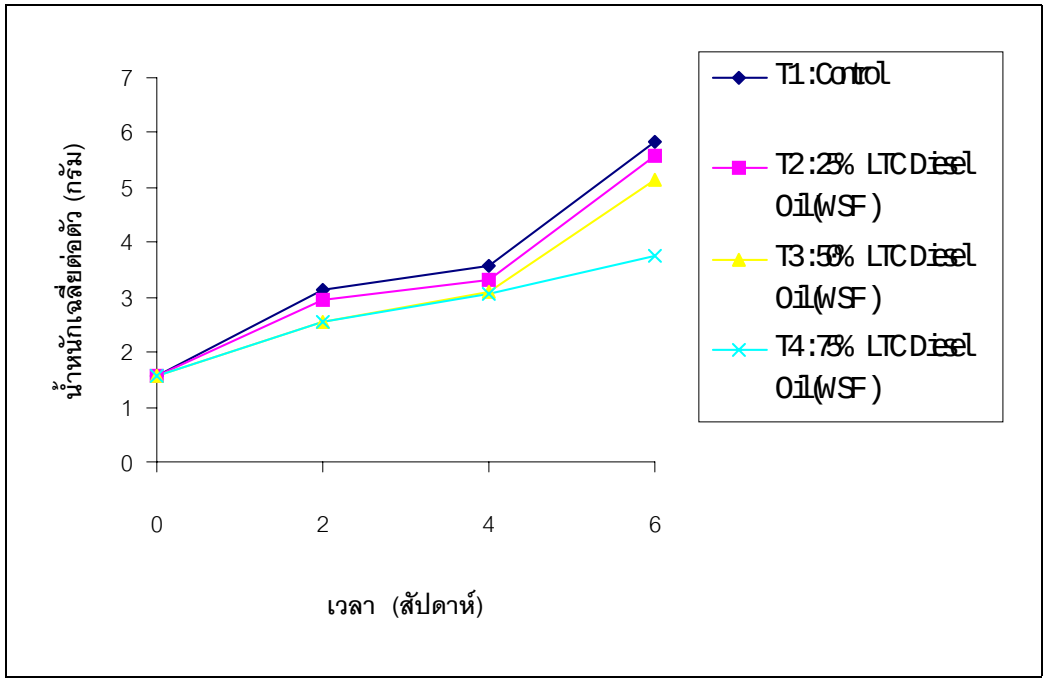
4. การเจริญเติบโต (Growth)

ภายหลังจากการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งให้สัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ปรากฏผลการทดลองดังนี้

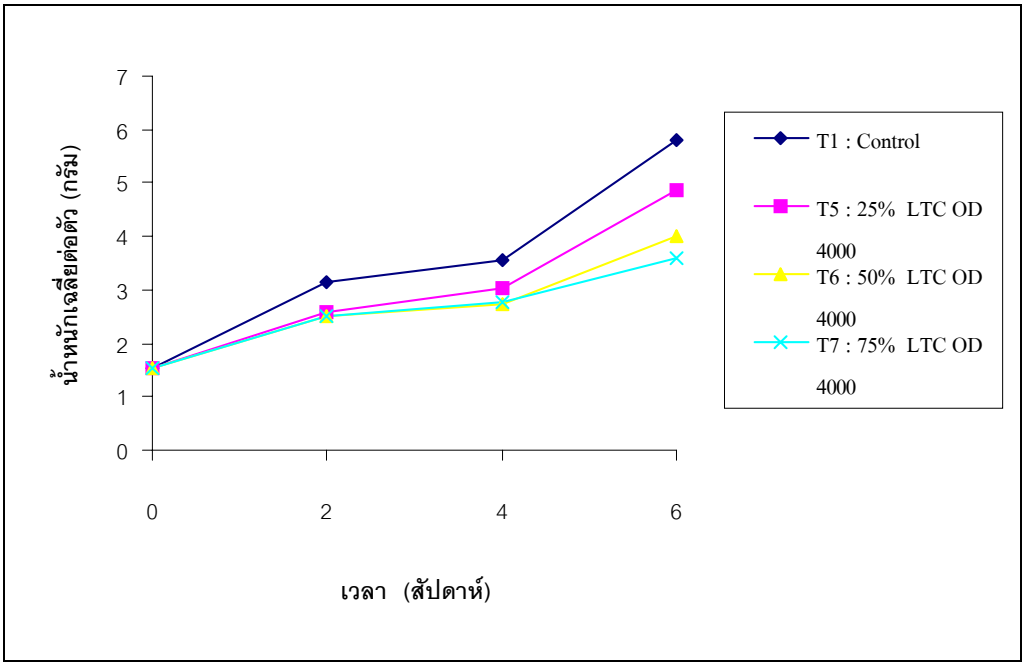
4.1 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งกุลาดำทุกสองสัปดาห์

จากข้อมูลการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำทุกสองสัปดาห์ ซึ่งเลี้ยงโดยให้สัมผัสกับสารพิษน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 25, 50 และ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษ (Lethal Threshold Concentration, LTC) (ภาพประกอบ 12-14 และภาคผนวก ฌ) เมื่อเริ่มทดลองน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

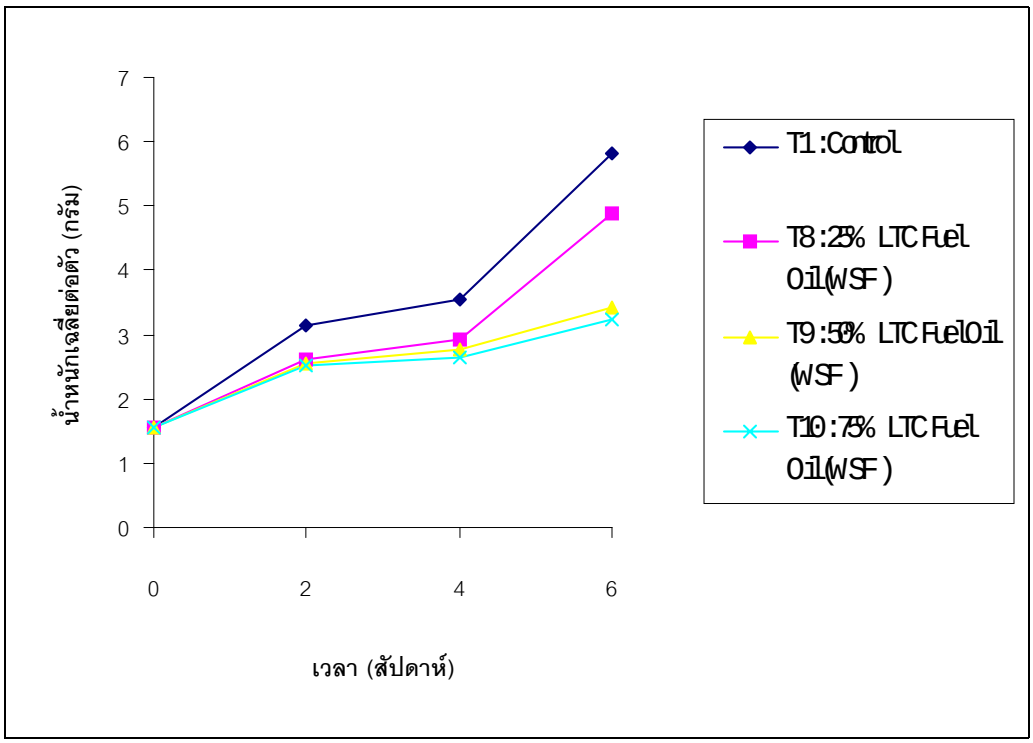
ของกุ้งกุลาดำในแต่ละชุดการทดลองใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 1.55 ± 0.01 กรัม แต่เมื่อระยะเวลาในการเลี้ยงนานขึ้นน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งกุลาดำทุกชุดการทดลองก็เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 12 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำเมื่อเลี้ยงโดยการให้สัมผัสกับน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ)ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ภายในระยะเวลา 6 สัปดาห์



ภาพประกอบ 13 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำเมื่อเลี้ยงโดยการให้สัมผัสกับสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ภายในระยะเวลา 6 สัปดาห์



ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำเมื่อเลี้ยงโดยการให้สัมผัสกับน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ภายในระยะเวลา 6 สัปดาห์

จากภาพประกอบ 12-14 และภาคผนวก ฌ พบว่าเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งอยู่ในช่วง 2.50-3.14 กรัม เมื่อนำผลไปวิเคราะห์ทางสถิติปรากฏว่ากุ้งที่เลี้ยงโดยสัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันทุกระดับความเข้มข้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมแล้วน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งจะมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดและระดับความเข้มข้นของสารพิษที่ใช้ทดสอบแล้วปรากฏว่าชุดทดลองที่สัมผัสกับสารที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษของสารพิษทุกชนิดมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวอยู่ในกลุ่มเดียวกัน คือ อยู่ในช่วง 2.50 ± 0.02 ถึง 2.56 ± 0.02 กรัม และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นต่ำลงมา คือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 25 ของระดับเริ่มเป็นพิษของสารพิษทุกชนิด ปรากฏว่าชุดการทดลองที่สัมผัสกับน้ำมันดีเซลล่วนที่ละลายน้ำ (T2) มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 2.96 ± 0.05 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดที่สัมผัสกับน้ำมันเตาส่วนที่ละลายน้ำ (T8) และสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 (T5) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$)

เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยต่อตัวอยู่ในช่วง 2.63-4.56 กรัม และทุกชุดการทดลองที่สัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน จะมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวที่แตกต่างจากชุดควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งที่สัมผัสกับ

น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษ (T10) มีค่าเท่ากับ 2.63±0.06 กรัม ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ แต่ก็ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองที่สัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000 (T6 และ T7) และที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 ของระดับ เริ่มเป็นพิษของน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) (T9) (ภาคผนวก ฌ) ส่วนชุดการทดลองที่พบว่ามีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งที่มีค่าสูงสุด คือ ชุดการทดลองที่สัมผัสกับสารเคมีขจัดคราบน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 25 ของระดับเริ่มเป็นพิษ (T5) ซึ่งเป็นค่าที่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) ยกเว้นกับชุดการทดลองที่สัมผัสกับความเข้มข้นร้อยละ 50 ของระดับเริ่มเป็นพิษของน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) (T3) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 6 กุ้งทุกชุดการทดลองที่สัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งต่ำสุดในชุดทดลองที่สัมผัสน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษ (T10) คือ 3.22±0.01 กรัม ซึ่งเป็นค่าที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ ส่วนชุดการทดลองที่พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของกุ้งสูง คืออยู่ในช่วง 5.58±0.06 ถึง 5.65±0.08 กรัม เป็นชุดการทดลองที่กุ้งสัมผัสกับสารที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 25 ของระดับเริ่มเป็นพิษของน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) และสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 (T2 และ T5) ซึ่งเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ (ภาคผนวก ฌ)

4.2 น้ำหนักกุ้งกุลาดำที่เพิ่มขึ้น (Wieght Gain)

น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้นหลังจากทดลองครบ 6 สัปดาห์ แสดงได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 น้ำหนักกุ้งกุลาดำที่เพิ่มขึ้น หลังจากทดลองครบ 6 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ชุดการทดลอง*	น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยต่อตัว (กรัม)		น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มเฉลี่ยต่อตัว (%)
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	
T1	1.55 ± 0.06^{a}	6.82 ± 0.17^{a}	340.40 ± 7.72^{a}
T2	1.56 ± 0.02^{a}	5.58 ± 0.05^{b}	256.74 ± 5.10^{d}
T3	1.55 ± 0.02^{a}	5.23 ± 0.07^{b}	237.48 ± 7.75^{e}
T4	1.57 ± 0.03^{a}	3.77 ± 0.03^{c}	140.07 ± 3.36^{b}
T5	1.54 ± 0.02^{a}	5.65 ± 0.08^{b}	267.89 ± 3.08^{f}
T6	1.54 ± 0.02^{a}	3.99 ± 0.07^{c}	158.89 ± 4.67^{g}
T7	1.55 ± 0.03^{a}	3.58 ± 0.06^{c}	131.01 ± 4.67^{bc}
T8	1.56 ± 0.02^{a}	4.87 ± 0.13^{d}	212.20 ± 8.63^{h}
T9	1.55 ± 0.03^{a}	3.43 ± 0.08^{c}	121.58 ± 5.54^{c}
T10	1.55 ± 0.02^{a}	3.22 ± 0.13^{c}	107.93 ± 6.68^{I}

ในสดมภ์เดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* T1 = Control , T2 = 25% LTC Diesel Oil (WSF) , T3 = 50% LTC Diesel Oil (WSF), T4 = 75% LTC Diesel Oil (WSF), T5 = 25% LTC OD 4000, T6 = 50% LTC OD 4000, T7 = 75% LTC OD 4000, T8 = 25% LTC Fuel Oil (WSF), T9 = 50% LTC Fuel Oil (WSF), T10 = 75% LTC Fuel Oil (WSF)

จากตาราง 6 ปรากฏว่าทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากทุกชุดการทดลองที่มีการสัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กันปรากฏว่าชุดการทดลองที่กุ้งสัมผัสกับน้ำมันเตาส่วนที่ละลายน้ำที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษ (T10) มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่ำสุด คือ 107.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) และชุดการทดลองที่กุ้งสัมผัสกับสารเคมีขจัดคราบน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 25 ของระดับเริ่มเป็นพิษ (T5) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 267.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ

4.3 อัตราการเจริญเติบโต (Growth Rate)

อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงโดยให้สัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ทุกสองสัปดาห์ รวมระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการศึกษาแสดงไว้ในตาราง 7

ตาราง 7 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (ร้อยละ/ตัว/วัน) ของแต่ละชุดการทดลองทุก 2 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ชุดการทดลอง*	สัปดาห์ที่		
	2	4	6
T1	5.05±0.27^{a}	2.66±0.25^{a}	2.88±0.39^{a}
T2	4.56±0.14^{b}	0.84±0.31^{de}	3.69±0.20^{b}
T3	3.58±0.04^{c}	1.55±0.03^{b}	3.55±0.16^{b}
T4	3.42±0.13^{c}	1.36±0.07^{bc}	1.47±0.10^{c}
T5	3.69±0.17^{c}	1.14±0.35^{cd}	4.47±0.39^{d}
T6	3.49±0.03^{c}	0.66±0.12^{ef}	2.64±0.22^{a}
T7	3.42±0.19^{c}	0.72±0.03^{e}	1.83±0.16^{c}
T8	3.68±0.13^{c}	0.78±0.13^{e}	3.68±0.13^{b}
T9	3.30±0.17^{c}	0.55±0.13^{ef}	1.54±0.19^{c}
T10	3.46±0.12^{c}	0.32±0.08^{f}	1.44±0.33^{c}

ในสดมภ์เดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* T1 = Control , T2 = 25% LTC Diesel Oil (WSF) , T3 = 50% LTC Diesel Oil (WSF), T4 = 75% LTC Diesel Oil (WSF), T5 = 25% LTC OD 4000, T6 = 50% LTC OD 4000, T7 = 75% LTC OD 4000, T8 = 25% LTC Fuel Oil (WSF), T9 = 50% LTC Fuel Oil (WSF), T10 = 75% LTC Fuel Oil (WSF)

จากตาราง 7 อธิบายได้ว่าเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งทุกชุดการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบในชุดการทดลองที่มีการสัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (T2-T10) พบว่าทุกชุดการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่2 (T2) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$)

เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (T1) และพบว่าชุดการทดลองที่ 10 (T10) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด คือ ร้อยละ 0.32±0.08 /ตัว/วัน แต่ก็ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 6 (T6) และชุดการทดลองที่ 9 (T9) ส่วนชุดการทดลองที่ 3 (T3) พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือร้อยละ 1.55±0.03 /ตัว/วัน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 4 (T4)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (สัปดาห์ที่ 6) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งทุกชุดการทดลอง (ยกเว้นชุดการทดลองที่ 6 (T6)) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 (T1, ชุดควบคุม) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.05$) และสามารถแบ่งกลุ่มแสดงอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งทดลองที่สัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 1.44±0.33 ถึง 1.83±0.16 /ตัว/วัน พบในชุดการทดลองที่ 4 (T4), ชุดการทดลองที่ 7 (T7), ชุดการทดลองที่ 9 (T9) และชุดการทดลองที่ 10 (T10) อีกกลุ่มเป็นกลุ่มที่มีอัตราการเจริญสูง คืออยู่ในช่วงร้อยละ 3.55±0.16 ถึง 3.69±0.20 /ตัว/วัน ซึ่งพบในชุดการทดลองที่ 2 (T2), ชุดการทดลองที่ 3 (T3) และ ชุดการทดลองที่ 8 (T8) ส่วนกลุ่มสุดท้าย คือชุดการทดลองที่ 5 (T5) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ ร้อยละ 4.47±0.39 /ตัว/วัน

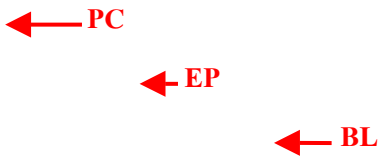
จากตาราง 7 จะพบว่าในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลองอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วง 2 สัปดาห์แรกแล้วพบว่า อัตราการเจริญเติบโตจะลดลง ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากเป็นช่วงที่กุ้งกำลังจะลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโตต่อไป หรือบางชุดการทดลองกุ้งได้รับสารพิษสะสมเข้าไปในร่างกายทำให้การเจริญเติบโตช้าลง หรือหยุดชะงัก

4. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อ (Histopathological Changes)

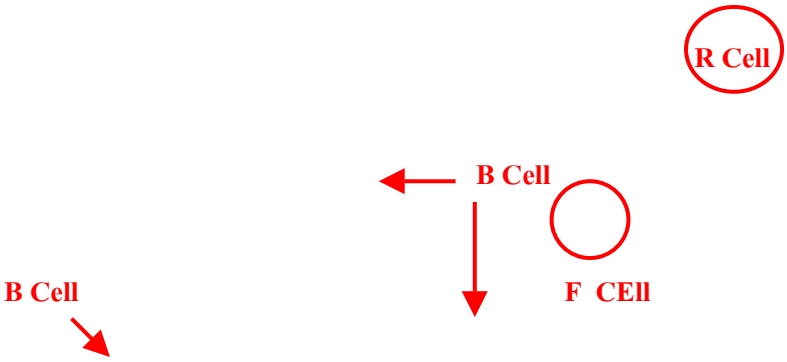
จากการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือก ตับอ่อน ของกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) ในทุกระยะเวลาของการเก็บตัวอย่าง ในกลุ่มทดลองทีเลี้ยงโดยสัมผัสกับสารพิษที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 75 % ของระดับเริ่มเป็นพิษของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) พบว่ากุ้งกุลาดำที่เลี้ยงให้สัมผัสกับสารดังกล่าว (ดังแสดงใน ตาราง 8) ปรากฏว่าเนื้อเยื่อกุ้งกุลาดำไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งชุดทดลองและชุดควบคุม (ภาพประกอบ 15-18)

ตาราง 8 ระดับความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการทดลองซึ่งไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา

ระดับความเข้มข้น	ระยะเวลาการสัมผัส (สัปดาห์)
25% LTC Fuel Oil (WSF)	6
25% LTC Diesel Oil (WSF)	6
25% LTC OD 4000	6
50% LTC Diesel Oil (WSF)	6
50% LTC Fuel Oil (WSF)	6
50% LTC OD 4000	4
75% LTC OD 4000	4
75% LTC Diesel Oil (WSF)	4



ภาพประกอบ 15 แสดงลักษณะปกติของซี่เหงือกกุ้งกุลาดำที่ประกอบด้วยเซลล์ค้ำจุน (PC = Pillaster Cell) แอ่งเลือด (BL = Blood Lobule) และเยื่อบุผิว (EP = Epithelial) (H&E) (Bar = 50 μm)



ภาพประกอบ 16 แสดงลักษณะปกติของท่อตับอ่อนของกุ้งกุลาดำประกอบด้วย F – Cell , R-Cell และ B - Cell (H&E) (Bar = 50 μm)

ภาพประกอบ 17 แสดงลักษณะปกติของอวัยวะสร้างเม็ดเลือดของกุ้งกุลาดำที่ประกอบด้วยเม็ดเลือดระยะต่าง ๆ (HEY = Young Heamocyte , MIT = Mitotic Figures (H&E) (Bar = 50 μm)

NUC

MSL

ภาพประกอบ 18 แสดงลักษณะปกติของหัวใจของกุ้งกุลาดำ (MSL = Muscle Bands , NUC = Nucleus) (H&E) (Bar = 50 μm)

สำหรับระดับความเข้มข้นของสารพิษที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อของกุ้งกุลาดำ พอจะแบ่งออกได้ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อแต่ละชนิด ดังตาราง 9 และ 10

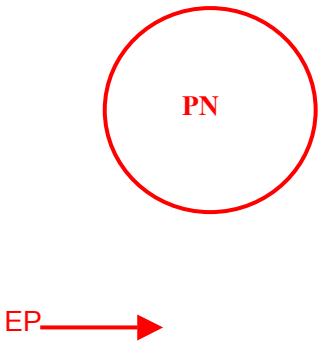
ตาราง 9 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อเหงือก

ระดับความเข้มข้น	ลักษณะทางพยาธิสภาพ
75% LTC OD 4000 (WSF) นาน 6 สัปดาห์ และ 50% LTC OD 4000 (WSF) นาน 6 สัปดาห์	ลักษณะของเหงือกกุ้งกุลาดำที่สัมผัสกับสารเคมีชนิดความเข้มข้น และระยะเวลาดังกล่าวจะแตกต่างจากลักษณะปกติ แต่ยังไม่ชัดเจนนัก คือ เริ่มมีการหลุดลอกของเยื่อบุผิว (ภาพประกอบ 19)
75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์	ลักษณะเหงือกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน พบว่ากิ่งเหงือก (Secondary Lamella) มีอาการบวมน้ำ (Edema) และมีการโป่งพอง (Telangiectasis) นิวเคลียสมีลักษณะบวมพอง (Hypertrophic Nuclei) นอกจากนี้เนื้อเยื่อเหงือกบางส่วนมีการเสื่อมสลาย (Degeneration) (ภาพประกอบ 20-22)
75% LTC Diesel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตพบคือ จะมีการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือด (Hemocytic Aggregation) (ภาพประกอบ 23-24)

ภาพประกอบ 19 แสดงลักษณะเหงือกกุ้งที่เลี้ยงโดยให้สัมผัสกับ 75% LTC OD 4000 นาน 6 สัปดาห์ พบการตายของเซลล์ และเกิดการหลุดลอกของเยื่อบุผิวของเหงือก (EP = Epithelial , PN = Pycnotic Nuclei) (H&E) (Bar = 50 μm)

ภาพประกอบ 20 แสดงลักษณะเหงือกกุ้งที่เลี้ยงโดยให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ พบการหลุดลอกของเยื่อบุผิว (EP) และการตายของนิวเคลียส (PN) (EP = Epithelial , PN = Pycnotic Nuclei) (H&E) (Bar = 50 μm)

ภาพประกอบ 21 แสดงลักษณะเหงือกกุ้งที่เลี้ยงโดยให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์พบการหลุดลอกของเยื่อบุผิว (EP) และการตายของนิวเคลียส (PN) และการรวมกลุ่มกันของเม็ดเลือด (HEM) (EP = Epithelial , PN = Pycnotic Nuclei , HEM = Hemocytic Aggregation (H&E) (Bar = 50 μm)



ภาพประกอบ 22 แสดงลักษณะเหงือกของกุ้งที่เลี้ยงโดยให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ พบการหลุดลอกของเยื่อบุผิว (EP) และบวมพองของนิวเคลียส (PN) (EP = Epithelial , PN = Pycnotic Nuclei) (H&E) (Bar = 10 μm)

ภาพประกอบ 23 แสดงลักษณะเหงือกกุ้งที่เลี้ยงโดยให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ พบการรวมกลุ่มกันของเม็ดเลือด (HEM) (HEM = Hemocytic Aggregation) (H&E) (Bar = 50 μm)

ภาพประกอบ 24 แสดงลักษณะเหงือกกุ้งที่เลี้ยงโดยให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ พบการรวมกลุ่มกันของเม็ดเลือด (HEM) (HEM = Hemocytic Aggregation) (H&E) (Bar = 50 μm)

ตาราง 10 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อตับอ่อน

ระดับความเข้มข้น	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง
75% ของระดับเริ่มเป็นพิษของน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) นาน 4 สัปดาห์ และ 75% ของระดับเริ่มเป็นพิษของน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) นาน 6 สัปดาห์	ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการสัมผัสดังกล่าว พบว่า เนื้อเยื่อส่วนนี้เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นซึ่งมีความแตกต่างไปจากชุดควบคุม คือ เซลล์บุผิวท่อตับเกิดการลีบฝ่อ (Athrophy) และหลุดออกจากฐานเซลล์ (ภาพประกอบ 25)
75% ของระดับเริ่มเป็นพิษของน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) นาน 6 สัปดาห์	พบว่าเนื้อเยื่อตับมีการเสื่อมสลายไปมาก สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ภาพประกอบ 26)

EP

CT

LU

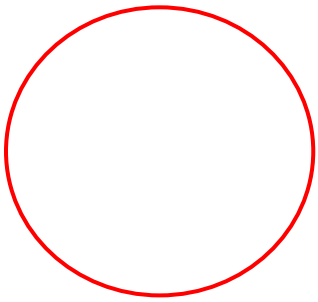
ภาพประกอบ 25 แสดงลักษณะการลีบฝ่อ และการหลุดลอกของเซลล์บุผิวของท่อตับอ่อนออกจากฐานเซลล์ของกุ้งซึ่งเลี้ยงให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 4 สัปดาห์ และ 75% LTC Diesel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ (EP = Epithelial Tissue, CT = Connective Tissue, LU = Lumen) (H&E) (Bar = 50 μm)

CT

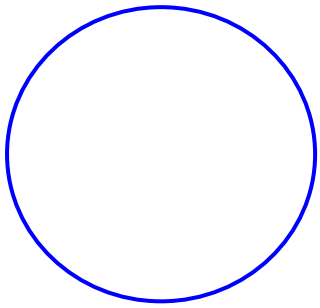
CT

ภาพประกอบ 26 แสดงลักษณะการเสื่อมสลายของท่อตับของกุ้งซึ่งเลี้ยงให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ (CT = Connective Tissue) (H&E) (Bar = 100 μm)

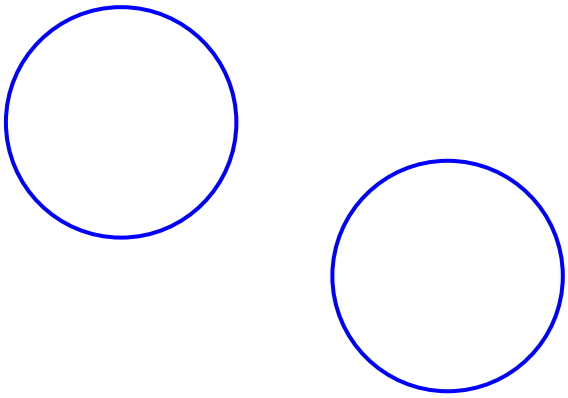
นอกจากนี้ในชุดการทดลองที่สัมผัสกับน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษนาน 6 สัปดาห์ พบว่าอวัยวะสร้างเม็ดเลือด (Hematopoietic Tissue) และเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจของกุ้งกุลาดำ เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติ (ภาพประกอบ 27-29)



ภาพประกอบ 27 แสดงลักษณะการบวมพองของอวัยวะสร้างเม็ดเลือด ของกุ้งซึ่งเลี้ยงให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ (H&E) (Bar = 10 μm)



ภาพประกอบ 28 แสดงลักษณะการตายของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจของกุ้งซึ่งเลี้ยงให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ (H&E) (Bar = 50 μm)



ภาพประกอบ 29 แสดงลักษณะการบวมพอง และการตายของนิวเคลียสของกล้ามเนื้อหัวใจของกุ้งซึ่งเลี้ยงให้สัมผัสกับ 75% LTC Fuel Oil (WSF) นาน 6 สัปดาห์ (H&E) (Bar = 10 μm)