บทที่ 4

บทวิจารณ์

1. ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารที่ใช้ในการทดลอง

สารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มี 3 ชนิด คือ สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000 น้ำมันเตา(ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ผลการทดลองครั้งนี้ปรากฏว่าความเป็นพิษของสารทั้ง 3 ชนิดต่อกุ้งกุลาดำ ในสภาวะการทดลองเดียวกัน (เรียงลำดับจากสูงไปต่ำ) คือ สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (OD 4000), น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสมบัติและองค์ประกอบของสารที่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากอัตราการตายสะสมของกุ้งกุลาดำทั้ง 3 ชุดการทดลองมีรูปแบบที่ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือที่ระดับความเข้มข้นของสารมากขึ้น อัตราการตายสะสมก็จะมากขึ้นตามลำดับ ผู้ศึกษาคาดว่าเป็นอิทธิพลของสารที่เป็นส่วนประกอบในสารทดลองแต่ละชนิดไปขัดขวางกระบวนการทางชีวเคมี เช่น กระบวนการหายใจ (Respiratory) การควบคุมสมดุลของร่างกาย (Osmoregulation) เป็นต้น ดังเช่นสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสารเคมีขจัดคราบน้ำมันทุกชนิดจะมีสารลดแรงตึงผิว และตัวทำลายต่าง ๆ ประกอบอยู่ จากการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถระบุแน่ชัดได้ว่าองค์ประกอบเหล่านนเป็นสารชนิดใด ทั้งนี้เพราะบริษัท ผู้ผลิต และบริษัทนำเข้าไม่ได้ให้ข้อมูลในส่วนนี้ไว้ เพียงแต่ระบุไว้ว่าเป็นสารอันตรายเท่านั้น ดังนั้นความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว และตัวทำละลายที่ประกอบอยู่ในสารเคมีขจัดคราบน้ำมันน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการเกิดความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง ในกรณีของความเป็นพิษของน้ำมันทั้ง 2 ชนิด คือน้ำมันเตา (เฉพาะส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ต่อสิ่งมีชีวิตนั้น เนื่องจากในน้ำมันเตามีไฮโดรคาร์บอนที่สำคัญ เช่น อะโรมาติกที่มีหลาย ๆ วงแหวนติดกัน (Polynuclear Aromatic) สารประกอบกำมะถัน เช่น Mercaptans, Thiophenes รวมถึงสารประกอบอินทรีย์ที่มีโลหะพวกวาเนเดียม และนิเกิลปนอยู่ และในน้ำมันดีเซลจะมีไฮโดรคาร์บอนพวก พาราฟินที่มีแขนตรง (N-Paraffin Hydrocarbons) ไอโซพาราฟิน และพาราฟินแบบกิ่ง (Isoparaffin and Branched Paraffins) ไซโคลพาราฟิน หรือแนฟทีน (Cycloparaffins or Naphthene) และอโรมาติก 2 วงแหวน พวกแนฟทาลีน (Naphthalene) (ปราโมทย์ ไชยเวช, 2537) ซึ่งสารเหล่านี้จะส่งผลให้สัตว์ทดลองให้รับอันตรายได้ ดังนั้นความเป็นพิษของสารทดลองอาจเกิดจากการที่สารซึ่งเป็นส่วนประกอบในน้ำมันแต่ละชนิดเข้าไปทำลายหรือขัดขวางกระบวนการเมทาบอลึซึม (Metabolism) หรือเกิดจากการสะสมสารเหล่านั้นไว้ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของกุ้งกุลาดำ เมื่อกุ้งกุลาดำเมื่อได้รับสารเหล่านี้เข้าไปในปริมาณมากจะก่อให้เกิด

การทำลายเซลล์ต่างๆ ภายในร่างกายได้ และคาดว่าสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้กุ้งกุลาดำตาย เนื่องจากกุ้งได้รับสารเหล่านั้นโดยผ่านทางเหงือก โดยกุ้งโบกพัดสารละลายที่ใช้ในการทดลองผ่านเหงือกเพื่อแลกเปลี่ยนออกซิเจน จะทำให้สารต่าง ๆ ผ่านเข้าสู่ร่างกายของกุ้ง ทำให้สมบัติในการคัดเลือกผ่านของเซลล์ (Semipermeable Membrane) บริเวณเหงือกเปลี่ยนแปลงไป เป็นเหตุให้การแลกเปลี่ยนก๊าซไม่สะดวก จากการสังเกตของผู้ศึกษาพบว่าสัตว์ทดลองจะมีความเครียดเมื่อได้สัมผัสกับสารพิษ โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้นสูง ๆ เช่น มีการว่ายวนเวียนไป-มา อย่างเร็วรอบ ๆ ตู้กระจก ต่อมาจะเริ่มเสียการทรงตัว มีการว่ายน้ำผิดปกติ เช่น ว่ายน้ำหมุน หงายท้องหรือลอยอยู่บนผิวน้ำ ต่อมาขาว่ายน้ำจะเริ่มโบกช้าลง หยุดโบก ไม่มีการเคลื่อนไหว หยุดนิ่ง และตายในที่สุด

ค่ามัธยฐานของความเข้มข้นที่ทำให้กุ้งกุลาดำตายภายในเวลา 96 ชั่วโมง (96 hrs – LC_{50}) สำหรับสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (OD 4000) น้ำมันเตา(ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ คือ 4.97, 40.31 และ 47.80 mg/L ตามลำดับ เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น (ตาราง 4 และ ตาราง 5 ในบทที่ 1) ไม่ปรากฏว่ามีการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ต่อกุ้งกุลาดำ หรือกุ้งชนิดอื่น ๆ เลย อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่คล้ายคลึงกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าความเป็นพิษเฉียบพลันมีค่าแตกต่างกัน ดังเช่น มนัส เพ็ชรทองคำ (2522) ได้ศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำมันเบนซินต่อกุ้งแชบ๊วยขาว *(P. merquiensis)* พบว่าค่า 24 hrs - LC_{50} ต่อกุ้งวัยอ่อน อายุ 5-7 วัน เท่ากับ 0.98 mg/L และ ค่า 96 hrs. LC_{50} ต่อกุ้งวัยรุ่น อายุ 45-60 วัน > 0.20 mg/L นิภาวรรณ บุศราวิช (2540) ศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด Corexit 9527 ต่อลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) อายุประมาณ 11 วัน พบว่าค่า 24-96 hrs - LC_{50} อยู่ในช่วง 14.2-1.3 ppm ทั้งนี้ค่าความเป็นพิษที่แตกต่างกันเป็นผลจากปัจจัยสำคัญ เช่น เช่น ชนิดและประเภทของสารที่ใช้ในการทดลอง ชนิดและขนาดของสัตว์ทดลอง สภาวะในการทดลอง รวมถึงวิธีการประเมินผลหรือการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น

ปัจจัยที่ทำให้ผลการศึกษาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันมีค่าแตกต่างกัน สามารุสรุปได้ดังนี้ คือ

- การวัดความเข้มข้นของน้ำมัน ผู้ศึกษาบางท่านวัดความเข้มข้นของน้ำมันโดยวัดจากปริมาณของน้ำมันที่ใส่ลงไปในน้ำ และบางท่านอาจจะวัดจากความเข้มข้นที่ปรากฏอยู่ในน้ำ

นอกจากนี้วิธีการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของน้ำมันอาจจะใช้วิธีการที่แตกต่างกันออกไป เช่น อาจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคกราวิเมตริก (Partition Gravimetric Method) เทคนิคฟลูออเรสเซนต์สเปกโตรมิตรี (Fluorescence Spectrometry) หรือการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรมิตรี

(Partition Infrared Method) เป็นต้น ซึ่งเทคนิคเหล่านี้มีความเหมาะสมในการวัดที่แตกต่างกันออกไปตามจุดประสงค์ของการศึกษา เช่น เทคนิคฟลูออเรสเซนต์สเปกโตรมิตรี (Fluorescence Spectrometry)เหมาะกับตัวอย่างที่มีปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนต่ำ เหมาะกับการวิเคราะห์หาปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเล

- การเตรียมสารทดลอง เนื่องจากน้ำมันเป็นสารผสม จึงมีส่วนที่ละลายน้ำผสมอยู่ ดังนั้นวิธีการเตรียมสารทดลองอาจมีวิธีการที่แตกต่างกันออกไป เช่นอาจจะใช้เครื่อง Homoginizer, Shaker หรืออาจใช้เครื่องกวนสาร (Magnetic Stirer) เป็นต้น จากตัวอย่างการศึกษาของ มนัส เพ็ชรทองคำ (2522) โดยศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำมันเบนซินต่อกุ้งแชบ๊วยขาว *(P. merquiensis)* ซึ่งเตรียมน้ำมันที่ใช้ทดลองโดยการใส่ลงในน้ำทะเลแล้วกวนด้วยเครื่องกวนช้า ๆ เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นจึงทิ้งไว้ 20 นาที แล้วใส่กุ้งทดลองที่เตรียมไว้จำนวน 5 ตัวต่อตู้ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างกันกับวิธีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากครั้งนี้ได้ใช้เฉพาะส่วนที่ละลายน้ำเท่านั้น และระยะเวลาในการกวนสารก็แตกต่างกัน

-วิธีการศึกษาในห้องทดลอง ในส่วนนี้ผู้ศึกษาบางท่านอาจใช้รูปแบบการทดลองในน้ำนิ่ง (Static Bioassay Test) และบางท่านอาจใช้ระบบน้ำหมุนเวียน (Continous Flow, Flow Through) วิธีการทดลองในน้ำนิ่งอาจให้ผลการทดลองที่ดีกว่าแบบระบบน้ำหมุนเวียนเมื่อใช้ทดลองกับสารที่มีพิษมาก และละลายออกมาทีละน้อย เช่น กรณีการรั่วไหลของน้ำมันซึ่งสัตว์จะสัมผัสกับสารที่มีความเข้มข้นสูงแล้วค่อย ๆ ลดลง (FAO, 1977)

- ชนิด และขนาดของสัตว์ทดลอง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเกิดความเป็นพิษเฉียบพลัน เพราะว่าสัตว์ต่างชนิดกัน ขนาดต่างกัน จะมีความทนทานต่อสารพิษได้ต่างกัน โดยทั่วไปแล้ว สัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีความทนทานต่อสารพิษได้ดีกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็ก

- การตรวจสอบผล การนับจำนวนสัตว์ทดลองที่ตาย ในส่วนนี้อาจมีความแตกต่างกันได้ เช่น ผู้ศึกษาบางท่านนับจำนวนสัตว์ทดลองเฉพาะที่ตายเท่านั้น กุ้งที่เสียการทรงตัว หรือนอนนิ่งเฉย ยังนับว่าเป็นกุ้งที่มีชีวิตอยู่ ในขณะที่บางท่านพิจารณาว่ากุ้งที่นอนนิ่ง เมื่อแตะด้วยแท่งแก้วแล้วยังนิ่งเฉยอยู่ให้ถือว่าตายแล้ว

- สภาพน้ำที่ใช้ในการทดลอง ผู้ศึกษาบางท่านอาจใช้น้ำทะเลเทียม หรือใช้น้ำจากทะเลนำมากรอง ทั้งนี้เพราะว่าธาตุต่าง ๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำทะเล อาจส่งผลต่อระดับความเค็มของน้ำ ซึ่งระดับความเค็มของน้ำจะมีผลกระทบต่อสภาพทางสรีรวิทยาของสัตว์ทดลอง นอกจากนี้ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) pH และอุณหภูมิ เป็นต้น อาจมีส่วนทำให้สัตว์ทดลองเกิดความเครียดได้ (สำหรับในการทดลองครั้งนี้ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าวที่ตรวจวัดได้ก่อนการทดลองอยู่ในช่วงที่กุ้งกุลาดำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปลอดภัย)

ทั้งนี้เพราะกุ้งกุลาดำจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงน้ำที่มีความเค็มตั้งแต่ 10-20 ค่า pH ระหว่าง 7.8-8.3 และค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ไม่น้อยกว่า 3 mg/L (บรรจง เทียนส่งรัศมี, 2530 : 66-68) คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง ดูได้จากภาคผนวก ณ

2. ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safety level)ของสารแต่ละชนิด

ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย หมายถึงระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารพิษที่มีอยู่ได้ในแหล่งน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การอยู่อย่างสะดวกสบาย การอยู่รอดของไข่และตัวอ่อน รวมถึงผลผลิตของสัตว์น้ำทั้งหมด ซึ่งปกติแล้วการหาระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยที่แท้จริงนั้นต้องใช้ระยะเวลานาน และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก เพราะเป็นการศึกษาผลระยะยาว (Chronic Test) โดยคำนึงถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม หรืออิทธิพลร่วม (Combine effects) ต่าง ๆ ด้วย (ไมตรี ดวงสวัสดิ์, 2526) สำหรับวิธีการคำนวณหาค่าระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยจากการทดลองครั้งนี้ คำนวณจากผลคูณระหว่างค่า LC_{50}ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมงกับปัจจัยปรับค่า (Application Factor) เท่ากับ 0.1 (Spraque, 1969) ซึ่งปัจจัยปรับค่านี้เป็นค่าเฉพาะสำหรับสารพิษชนิดหนึ่ง ๆ ต่อสัตว์ทดลองชนิดใดชนิดหนึ่งโดยสภาพแวดล้อมแห่งหนึ่งเท่านั้น แต่จากการตรวจเอกสารรายงานการวิจัยที่กี่ยวข้องไม่พบว่ามีรายงานถึงปัจจัยปรับค่าของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน และน้ำมันต่อกุ้งกุลาดำและสัตว์อื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกันเลย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ปัจจัยปรับค่าสำหรับสัตว์ทดลองชนิดอื่น ๆ มาใช้แทน ซึ่งการคิดค่าระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยจากค่าปัจจัยปรับค่า 0.1 X (48 hrs - LC_{50}) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก (โชคชัย เหลืองธุวปราณีต, 2538 : 16) แต่มีบางท่านใช้ดัชนีที่เรียกว่า Laboratory Fish Production Index (LFPI) กับค่า 96 hrs - LC_{50} ที่คำนวณได้จากเส้นโค้งความ เป็นพิษ

ดังนั้นในครั้งนี้จึงได้เปรียบเทียบค่าระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (OD 4000) น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ด้วยปัจจัยปรับค่าต่าง ๆ ผลดังตาราง 11

ตาราง 11 ระดับความปลอดภัยของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000 น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ด้วยปัจจัยปรับค่าต่าง ๆ

ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย (mg/L) ของสาร			หมายเหตุ
สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000	**น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ)**	**น้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ)**	
0.6269[a]	4.8998[a]	5.8837[a]	ปัจจัยปรับค่า = 0.1 จาก Spraque, (1971) อ้างถึงในอุทุมพร ศรีทองคำ (2525)
0.6988-1.3976[b]	5.6439-11.2879[b]	6.6919-13.3837[b]	ปัจจัยปรับค่า = 0.14-0.28 จาก Pickerling and Thatcher (1970) อ้างถึงใน อัจฉราภรณ์ อุดมกิจ (2529)
2.3460[b]	18.9475[b]	22.4655[b]	ปัจจัยปรับค่า = 0.47 จาก Hokanson and Smith 1971) อ้างถึงใน อัจฉราภรณ์ อุดมกิจ (2529)
0.0499-0.4992[b]	0.4031-4.0314[b]	0.4780-4.7799[b]	ปัจจัยปรับค่า = 0.01-0.1 จาก FAO (1970) อ้างถึงใน อัจฉราภรณ์ อุดมกิจ (2529)
0.0998-0.24986[c]	0.8063-2.0157[c]	0.9560-2.3900[c]	ปัจจัยปรับค่า = 0.02-0.05 จาก Mount and Stephan (1967) อ้างถึงในโชคชัย เหลืองธุวปราณีต (2538)

a = ปัจจัยปรับค่า x 48 hrs - LC_{50}

b = ปัจจัยปรับค่า x 96 hrs - LC_{50}

c = ปัจจัยปรับค่า x 48 hrs - LC_{50} (ที่คำนวณได้จากเส้นโค้งความเป็นพิษ)

จากตาราง 11 พบว่าค่าระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยของสารชนิดเดียวกันจะมีค่าที่แตกต่างกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยปรับค่า (Application Factor) ที่นำมาใช้ในการคำนวณ สามารถเรียงลำดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยจากต่ำไปสูง (ปัจจัยปรับค่า เท่ากับ 0.1 x 48 hrs - LC_{50}) ได้ดังนี้ คือ 0.6269, 4.8998 และ 5.8837 สำหรับสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000, น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ตามลำดับ ค่าระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safety Level) สามารถที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณาในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำ (Water Quality Criteria) ของประเทศไทยเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมและป้องกันปัญหามลภาวะทางน้ำอันเนื่องมาจากการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในโอกาส ต่อไป

3. ค่าระดับเริ่มเป็นพิษของสารแต่ละชนิดต่อกุ้งกุลาดำ (Lethal Threshold Concentration, LTC)

ค่าประมาณระดับเริ่มเป็นพิษของสารพิษตามวิธีการศึกษาจากเส้นโค้งความเป็นพิษแบบเอ็กโปเนลเชียลที่มีขีดจำกัดล่าง (ปรีชา สมมณี, 2525) ของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ)ต่อกุ้งกุลาดำเท่ากับ 4.53, 39.55 และ 46.99 mg/L ตามลำดับ จากข้อมูลพบว่าในการแสดงความเป็นพิษของสารแต่ละชนิดต่อสัตว์ในระยะแรกสัตว์ยังไม่ปรากฏอาการใด ๆ แต่พอถึงความเข้มข้นระดับหนึ่งสัตว์จะแสดงอาการออกมาให้ทราบว่าเริ่มได้รับผลกระทบจากสารเหล่านั้นแล้ว เช่น มีพฤติกรรมการว่ายน้ำเปลี่ยนไป เป็นต้น ดังนั้นผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า สารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 4.53 mg/L น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 39.55 mg/L และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 46.99 mg/L เป็นต้นไป จะทำให้กุ้งกุลาดำได้รับความเป็นพิษ แต่ทั้งนี้ปัจจัยทางด้านระยะเวลาที่สัตว์สัมผัสกับสารก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการได้รับผลกระทบจากสารพิษเหล่านั้นด้วย

4. การเจริญเติบโต (Growth)

การศึกษาผลกระทบของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000 น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำนั้น ผลการศึกษพบว่าสารที่ใช้ทดลองมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำในลักษณะที่คล้ายกันคือ ที่ระดับความเข้มข้นของสารมากกว่าจะส่งผลให้กุ้งกุลาดำมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ซึ่งในครั้งนี้พบว่าน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 75 ของระดับความเข้มข้นที่เริ่มเป็นพิษทำให้กุ้งกุลาดำเจริญเติบโตต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำมันเตามีไฮโดรคาร์บอนที่สำคัญ เช่น อะโรมาติกที่มีหลาย ๆ วงแหวนติดกัน (Polynuclear Aromatic) สารประกอบกำมะถัน เช่น Mercaptans, Thiophenes รวมถึงสารประกอบอินทรีย์ที่มีโลหะพวกวาเนเดียม และนิเกิลปนอยู่ สารเหล่านี้อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ทดลองมากกว่าสารที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันดีเซล (ไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำมันดีเซล เช่น พาราฟินที่มีแขนตรง (N-Paraffin Hydrocarbons) ไอโซพาราฟินและพาราฟินแบบกิ่ง (Isoparaffin and Branched Paraffins) ไซโคลพาราฟิน หรือแนฟทีน (Cycloparaffins or Naphthene) และอโรมาติก 2 วงแหวน พวกแนฟทาลีน (Naphthalene) (ปราโมทย์ ไชยเวช, 2537) นอกจากนี้ผู้ศึกษาคาดว่าสารที่มีอยู่ในน้ำมันเตามีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่า หรือมีความสามารถในการระเหยได้น้อยกว่าสารที่มีอยู่ในน้ำมันดีเซล และสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน จึงทำให้กุ้งกุลาดำได้สัมผัสกับสารเหล่านั้นในปริมาณที่มากกว่า สำหรับปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำนั้นย่อมมีหลายสาเหตุ เช่น ระดับคุณภาพน้ำ (ปริมาณออกซิเจนละลาย, ค่า pH, อุณหภูมิ และความเค็ม เป็นต้น) แต่ปัจจัยที่กล่าวมาสำหรับการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงที่กุ้งกุลาดำ

สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าระดับความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการทดลองเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สัตว์ทดลองเกิดความเครียด มีพฤติกรรมการกินอาหารลดลง หรือสารเหล่านั้นเข้าไปยับยั้งกลไกการทำงาน (Metabolism) ของระบบต่าง ๆ ของกุ้งกุลาดำอันจะส่งผลให้กุ้งไม่เจริญเติบโต หรือเจริญเติบโตช้า (จากการสังเกตพบว่าชุดการทดลองที่สัมผัสกับสารพิษในระดับความเข้มของสารสูงกุ้งจะลอกคราบช้ากว่าชุดการทดลองที่สัมผัสกับสารพิษในระดับความเข้มของสารต่ำกว่า)

5. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อเยื่อ (Histopathological Changes)

การศึกษาผลกระทบของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000 น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) และน้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) ต่อเนื้อเยื่อเหงือกและอวัยวะภายในของกุ้งกุลาดำนั้น จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่ปรากฏว่ามีรายงานการศึกษาไว้แต่อย่างใด แต่พอจะมีรายงานถึงผลกระทบของน้ำมันต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆอยู่บ้าง เช่น รายงานผลการศึกษาของ ชะลอ ลิ้มสุวรรณ และคณะ (2531) ซึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านพยาธิสภาพเนื้อเยื่อของลูกปลากระพงขาว (*Lates calcariter*) เมื่อเลี้ยงโดยให้สัมผัสกับน้ำมันดิบอะเรเบียนชนิดเบาในรูปที่ละลายน้ำ (WSF) ระยะเวลาสัมผัสนานติดต่อกัน 8 สัปดาห์ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 0.11 mg/L มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อลูกปลากระพงขาวดังต่อไปนี้ คือ

- กิ่งเหงือก (Secondary Lamella) มีอาการบวมน้ำ (Edema) มีอาการโป่งพองเป็นกระเปาะ (Taleniectasis หรือ Aneurysm)
- มีการเพิ่มจำนวนเซลล์บุผิวเหงือกมากขึ้น (Hyperplasia)
- เกิดการเสื่อมสลายของเนื้อเยื่อเหงือก
- ตับมีการเสื่อมสภาพชนิดมีไขมันเพิ่มขึ้น (Fatty Degenaration)
- เกิด Atrophy และ Necrosis บริเวณ Pancreatic

ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะคล้ายคลึงกับผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ กล่าวคือในครั้งนี้พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกและอวัยวะภายใน เช่น กิ่งเหงือก (Secondary lamella) มีอาการบวมน้ำ (Edema) และมีการโป่งพอง (Telangiectasis) เนื้อเยื่อเหงือกบางส่วนมีการเสื่อมสลาย (Degeneration) นิวเคลียสมีลักษณะบวมพอง (Hypertrophic Nuclei) มีการเกาะกลุ่มของเม็ดเลือด (Hemocytic Aggregation) และการเสื่อมสลายของท่อตับ เป็นต้น ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าความผิดปกติดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของจากสารที่ใช้ในการทดลอง เพราะไม่พบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสารพิษในระดับที่ต่ำกว่าชุดที่มีการเปลี่ยนแปลง (แต่กรณีตับลีบเล็กนั้นไม่สามารถจะยืนยันได้ว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจาก

สารที่ใช้ทดลอง เพราะความสามารถในการกินอาหารของกุ้งกุลาดำอาจมีผลต่อการลืบเล็กของตับด้วย)

เมื่อพิจารณาอวัยวะของกุ้งกุลาดำที่ไวต่อการตอบสนองกับสารพิษแล้วพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเหงือกมีเซลล์บุผิวที่บางปกคลุมอยู่ และสัมผัสกับน้ำตลอดเวลา ทำให้เหงือกได้สัมผัสกับสารพิษที่ทดลองตลอดเวลา ในสัปดาห์ที่ 2-4 ของการทดลองไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกในทุกระดับความเข้มข้น แต่เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 6 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 ของระดับเริ่มเป็นพิษของน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (OD 4000) พบว่าเริ่มมีการหลุดลอกของเยื่อหุ้มนิวเคลียส แต่ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 75 ของระดับเริ่มเป็นพิษของน้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) พบว่าเหงือกมีอาการบวมน้ำ (Edema) และมีการโป่งพองของกิ่งเหงือกอย่างชัดเจน บางส่วนมีการเสื่อมสลาย (อาการบวมน้ำ คาดว่าน่าจะเกิดมาจากสมดุลของพลาสมาในเลือดเสียไป และการโป่งพองของกิ่งเหงือกน่าจะมาจาก Pillar Cell ซึ่งเป็นเซลล์ค้ำจุนเหงือกชำรุด ทำให้ Blood Sinusoid ขยายตัวพองออก) ทั้งนี้เป็นผลมาจากอิทธิพลของสารที่กุ้งได้รับสะสมไว้เรื่อย ๆ