หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

ความเป็นพิษเฉียบพลันของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ต่อลูกปลานิลที่มีความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน

ค่ามัธยฐานของความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายภายในเวลา 96 ชั่วโมง (96 h. LC_{50}) สำหรับสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าแตกต่างจากค่าที่ผู้วิจัยอื่นได้รายงานไว้ในตารางที่ 2 และ 3 เนื่องจากความแตกต่างในเรื่องของชนิดของสารเคมีที่ใช้ทดลอง สภาวะในการทดลอง ชนิด และขนาดของสัตว์ทดลอง รวมทั้งวิธีการประเมินผล เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ไปเปรียบเทียบกับการทดลองอื่น ๆ พบว่า สาร ABS-ACID และ LAS-ACID มีความเป็นพิษสูงกว่าสาร ABS , LAS และผงซักฟอกโดยทั่วไป ทั้งนี้น่าจะเป็นผลจากปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ

1. ชนิดและคุณสมบัติของสารเคมี โดยการทดลองนี้ใช้สารตั้งต้นของสารลดแรงตึงผิว ซึ่งมี ABS-ACID และ LAS-ACID ร้อยละ 96 ขององค์ประกอบทั้งหมด (ตารางที่ 5) แต่สาร ABS, LAS และผงซักฟอกจะมี Active ingredient เป็นองค์ประกอบในปริมาณต่ำกว่านี้

2. สภาวะของการทดลอง การทดลองในสภาวะน้ำกร่อย หรือน้ำเค็มจะมีอิทธิพลของราตุต่าง ๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำทะเล เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความเค็มของน้ำจะมีผลกระทบต่อสภาพทางสรีระวิทยาของสัตว์ทดลอง ความทนทานของลูกปลาต่อความเค็มของน้ำตัวกลางจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ และความสามารถในการควบคุมปริมาณน้ำและเกลือแร่ (Osmotic and ionic regulation) ลูกปลานิลที่นำมาศึกษาครั้งนี้ได้มาจากบ่อเลี้ยงน้ำจืด และถูกนำมาปรับสภาพให้เคยชินกับน้ำที่มีความเค็มทีละน้อยจนถึงระดับความเค็มที่ต้องการ ประกอบกับลูกปลาที่ใช้มีขนาดเล็ก ดังนั้นความสามารถในการควบคุมปริมาณน้ำและเกลือแร่จะต่ำกว่าปลาขนาดใหญ่ เมื่อนำลูกปลามาทดลองกับสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ซึ่งจะมีผลรบกวนต่อบริเวณผิวที่เป็นจุดแลกเปลี่ยนของก๊าซและเกลือต่าง ๆ (Swedmark et al., 1971 : Abel, 1976 ; Hara and Thompson,1978) จึงทำ

ให้ความสามารถในการควบคุมปริมาณของน้ำและเกลือแร่ลดลง และมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ทดลอง นอกจากนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อม อื่น ๆ คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ pH อุณหภูมิ และปริมาณแอมโมเนีย ก็อาจมีส่วนให้สัตว์ทดลองเกิดความเครียดได้ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสิ่งแวดล้อมสามประการแรกที่ตรวจวัดได้จากการทดลองครั้งนี้ มีค่าอยู่ในช่วงที่สัตว์ทดลองสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปลอดภัย ส่วนปริมาณ Unionized ammonia นั้น แม้จะมีค่าค่อนข้างสูงกว่าการทดลองตอนอื่น แต่ยังไม่ถึงระดับที่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษเฉียบพลันแก่สัตว์ทดลอง

จากผลการทดลองปรากฏว่า สาร LAS-ACID มีความเป็นพิษสูงกว่าสาร ABS-ACID ในสภาวะการทดลองเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของการเรียงตัวในกลุ่ม Alkylbenzene ที่เป็นองค์ประกอบของสารทั้งสองชนิด โดยพวก Linear alkylbenzene ที่พบในสาร LAS-ACID มีลักษณะโครงสร้างของกลุ่ม Alkyl เป็นเส้นตรง ทำให้มีโอกาสที่จะทำปฏิกริยากับเอนไซม์ หรือผนังเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ดีกว่า Branched alkylbenzene ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ ABS-ACID และมีโครงสร้างแบบกิ่ง ซึ่งมีผลให้คาร์บอนอะตอมจำนวนหนึ่งถูกบดบังทำให้เกิดปฏิกริยาได้ยาก (Lundahl and Cabridenc, 1978) แต่เมื่อเวลาผ่านไปพวก Alkylbenzene จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในธรรมชาติ และ Linear alkylbenzene สามารถสลายตัวได้ดีกว่า Branched alkylbenzene ซึ่งการสลายตัวดังกล่าวนี้ จะทำให้ความเป็นพิษของสารเปลี่ยนแปลง ดังที่ Kimerle and Swisher (1977) รายงานว่า LAS จะถูกย่อยสลายโดยขบวนการทางชีวภาพ การย่อยสลายขั้นแรกคือ Carboxylation ของกลุ่มอัลคิลที่ปลายซึ่งจะมีผลให้ความเป็นพิษของ LAS ลดลง คือ ความเข้มข้นที่เป็น 48 h. LC_{50} สำหรับปลา Fathead minnow จะเพิ่มขึ้นจาก 16.0 มก./ล. เป็น 76.6 มก./ล. ขณะที่การสลายตัวดำเนินต่อไป คาร์บอนในสายของอัลคิดจะถูกกำจัดออกไปทีละ 2 อะตอม ทำให้ความเป็นพิษลดลงมากขึ้น เพราะสารที่เกิดขึ้นจะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมลดลง ซึ่งมีผลให้ความเป็นพิษต่ำลง คือ สารที่ประกอบ

ด้วยคาร์บอน 5 อะตอม จะมีค่า 48 h. LC_{50} สำหรับปลา Fathead minnow ประมาณ 10,000 มก./ล. ดังนั้นปริมาณสาร LAS ที่ลงสู่แหล่งน้ำจะสลายตัวได้เร็วกว่าสาร ABS และความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำก็จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป นอกจากนี้ สารลดแรงตึงผิว ABS หรือองค์ประกอบที่เป็น Branched alkylbenzene นั้นจะตกค้างอยู่ในแหล่งน้ำเป็นเวลานานกว่าสารที่มี Linear alkylbenzene เป็นองค์ประกอบ

ค่ามัธยฐานความเป็นพิษของสาร (Median lethal concentration , LC_{50}) นี้สามารถนำไปใช้ประมาณค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safety concentration) สำหรับลูกปลานิลในน้ำเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน โดยการนำค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} มาคูณด้วยปัจจัยปรับค่า (Application factor) ซึ่งเป็นค่าเฉพาะสำหรับสารชนิดหนึ่ง ๆ ต่อสัตว์ทดลองชนิดใดชนิดหนึ่งในสภาพแวดล้อมแบบหนึ่ง เท่านั้น จากการสำรวจเอกสารที่ผ่านมายังไม่มีการรายงานถึงค่าปัจจัยปรับค่าของสาร Alkylbenzene sulphonic acid หรือ สารลดแรงตึงผิวหรือผงซักฟอกต่อปลานิลและปลาในกลุ่มของ Tilapias ดังนั้นจำเป็นต้องใช้ปัจจัยปรับค่าสำหรับสัตว์ทดลองชนิดอื่นมาใช้ เพื่อการคำนวณความเข้มข้นที่ปลอดภัยของสาร ABS - ACID และ LAS-ACID ต่อลูกปลานิลในน้ำที่มีความเค็ม 20 ส่วนในพัน ดังนี้

ตารางที่ 13 ความเข้มข้นที่ปลอดภัยของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID

ความเข้มข้นที่ปลอดภัย (มก./ล.)		หมายเหตุ
ABS-ACID	LAS-ACID	
0.72-1.44	0.15-0.30	ปัจจัยปรับค่า = 0.14-0.28 จาก Pickerling and Thatcher (1970)
2.42	0.50	ปัจจัยปรับค่า= 0.47 จาก Hokanson and Smith (1971)
0.05-0.52	0.01-0.11	ปัจจัยปรับค่า= 0.01-0.1 จาก FAO (1977)

จะเห็นได้ว่า ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ต่อลูกปลานิลที่คำนวณได้จากตารางที่ 13 มีค่าแตกต่างกันมาก เนื่องจากใช้ปัจจัยปรับค่าที่มีค่าแตกต่างกัน โดยเฉพาะค่าปัจจัยปรับค่าตามรายงานของ FAO (1977) นั้น เป็นค่าที่ได้รวบรวมจากการศึกษาความเป็นพิษของสารพิษหลายชนิดต่อสัตว์น้ำโดยทั่วไป ทำให้ความเข้มข้นที่ปลอดภัยซึ่งคำนวณสำหรับการทดลองครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วงกว้างมากเกินไป การที่จะนำค่าความเข้มข้นชุดใดไปใช้อ้างอิงควรมีการพิจารณาควบคู่ไปกับผลของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ที่มีความเข้มข้นต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกของลูกปลานิลด้วย เนื่องจากผลการทดลองดังกล่าวแสดงว่า ในความเค็มระหว่าง 10 ถึง 30 ส่วนในพันส่วน สารทั้งสองชนิดสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกได้ดังจะกล่าวต่อไป

ความเป็นพิษของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ในระดับความเค็มต่าง ๆ

การตายของปลานิลอันเป็นผลจากความเป็นพิษของสาร ABS-ACID และ LAS - ACID ในน้ำที่มีความเค็ม 10 , 15 , 20 , 25 และ 30 ส่วนในพันส่วน แสดงให้เห็นว่า ความเค็มของน้ำตัวกลางมีอิทธิพลต่อความเป็นพิษของสารเคมีทั้งสองชนิด โดยความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไปจะก่อให้เกิดความเครียด (Physiological stress) และสัตว์ทดลองจะต้องมีการปรับตัวโดยเฉพาะเรื่องของ Osmoregulation และ Ionicregulation (Eisler , 1965) เพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ สาร Alkylbenzene sulphonic acid ที่ปรากฏอยู่ในสภาพแวดล้อมจะไปมีอิทธิพลต่อขบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซ และการแพร่ของอิออนต่าง ๆรวมทั้งการขับ Urea โดยเฉพาะที่บริเวณเหงือกของปลาทำให้ระบบ Osmoregulation ของปลาเสียไป ดังนั้นการตายของปลานิลที่ใช้ทดลองจึงมีสาเหตุมาจากความเป็นพิษของสารเคมีร่วมกับความเครียดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำตัวกลาง

อัตราการตายสะสมของปลาที่สัมผัสกับสาร ABS-ACID และ LAS-ACID จากการทดลองครั้งนี้ มีรูปแบบที่แตกต่างกัน จากการทดลองของ Eisler (1965) พบว่าอัตราการตายสะสมของปลา Fundulus heteroclitus และปลา Anguilla rostrata ที่สัมผัสกับสารลดแรงตึงผิว ABS ในปริมาณที่เท่ากับค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} ของสัตว์ทดลองแต่ละชนิด มีการเปลี่ยนแปลงตามความเค็มที่ใช้ทดลอง โดยไม่พบว่ามีการตายของ F. heteroclitus ที่ความเค็มระหว่าง 13 - 21 ส่วนในพันส่วน แต่ที่ความเค็มต่ำกว่า 13

ส่วนในพันส่วน และสูงกว่า 21 ส่วนในพันส่วน อัตราการตายจะเพิ่มขึ้นตามความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไป ส่วนปลา A. rostrata ไม่มีการตายเมื่อทดลองในน้ำเค็มประมาณ 11 ส่วนในพันส่วน แต่จะมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มมีค่าต่ำและสูงกว่า 11 ส่วนในพันส่วน โดยความเค็มที่สูงกว่า 11 ส่วนในพันส่วน มีผลให้ปลาตายมากกว่าความเค็มต่ำและเมื่อน้ำมีความเค็มประมาณ 26 ส่วนในพันส่วนขึ้นไป จะมีการตายของปลาในการทดลองที่เป็นชุดควบคุมด้วย

อัตราการตายสะสมของปลาที่สัมผัสกับสาร LAS-ACID ความเข้มข้น 1.00 มก./ล. จากการทดลองครั้งนี้ มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับผลการทดลองของ Eisler (1965) แต่ปลานิลที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นปลาที่เลี้ยงไว้ในน้ำจืด และนำมาปรับสภาพให้เคยชินกับความเค็มทั้ง 5 ระดับที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นการตายของปลาเมื่อสัมผัสกับสารลดแรงตึงผิวในน้ำที่มีความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ควรจะมีค่าต่ำที่สุด และจำนวนปลาที่ตายควรมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ดังที่พบจากการทดลองความเป็นพิษของสาร ABS - ACID ในความเค็มต่าง ๆ เพราะปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีชนิดเดียวกันที่ใช้ในการทดลองช่วงนี้มีค่าเท่ากัน ดังนั้นอัตราการตายน่าจะใกล้เคียงกัน อัตราการตายสะสมที่แตกต่างกันจึงควรจะเป็นผลจากอิทธิพลของความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตามสามารถจะสรุปได้ว่าความเป็นพิษของสารเคมีทั้งสองชนิดซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับความเข้มข้นที่เป็นค่า 96 h. LC_{50} เกิดขึ้นในระดับที่ไม่แตกต่างกันนัก โดยความเป็นพิษมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มสูงขึ้น เมื่อทำการทดลองในน้ำที่มีความเค็มระหว่าง 10-20 ส่วนในพันส่วน แต่เมื่อความเค็มสูงกว่า 20 ส่วนในพันส่วน ความเป็นพิษจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการที่สารเคมีที่ใช้ทดลองไปขัดขวางการหายใจและระบบ Osmoregulation (Swedmark et al.,) 1971) และจากการทดลองครั้งนี้คาดว่าความเค็มที่สูงกว่า 20 ส่วนในพันส่วน จะเพิ่มความเครียดในสัตว์ทดลองในแง่ของการปรับตัวเกี่ยวกับปริมาณของน้ำและเกลือแร่ดังที่กล่าวมาแล้ว

พยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกในปลาทดลองที่สัมผัสกับสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ความเข้มข้นต่ำ ในระดับความเค็มต่าง ๆ

ผลการศึกษาเนื้อเยื่อเหงือกของลูกปลานิล ซึ่งนำมาจากน้ำจืด ไม่พบความผิดปกติทางพยาธิสภาพใด ๆ ยกเว้นปลา 1 ตัวจากทั้งหมด 5 ตัว มีอาการ Aneurysm คือการสะสมของเม็ดเลือดที่บริเวณซี่เหงือกจนพองออกเป็นกระเปาะ ซึ่ง Roberts (1978) รายงานว่าอาการดังกล่าวจะพบได้ในปลาน้ำจืดที่ถูกย้ายบ่อ หรือทำการขนย้ายจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง

ลักษณะเนื้อเยื่อเหงือกของปลาในการทดลองที่เป็นชุดควบคุมทั้ง 3 ระดับความเค็มแสดงให้เห็นว่า ความเค็มอาจจะก่อให้เกิดเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกได้ โดยจะพบการคั่งเลือดที่ซี่เหงือกและแกนกลางของกิ่งเหงือก การหนาตัวของเซลล์ที่ฐานของซี่เหงือก รวมทั้งการชื่อมติดกันของซี่เหงือกมากกว่าในปลาที่นำมาจากน้ำจืดเล็กน้อย

การทดลองความเป็นพิษของสาร ABS-ACID ที่มีความเข้มข้น 0.57, 1.15 และ 1.72 มก./ล. ในน้ำที่มีความเค็มต่าง ๆ กัน 3 ระดับ พบว่าในระดับความเค็มหนึ่งๆ เนื้อเยื่อเหงือกจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับเนื้อเยื่อเหงือกของปลาในชุดควบคุมที่ระดับความเค็มนั้น ยกเว้นเมื่อระดับความเข้มข้นของ ABS-ACID มีค่า 1.72 มก./ล. จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกที่สังเกตได้ค่อนข้างชัดเจนกว่าในเนื้อเยื่อเหงือกของปลาที่สัมผัสกับ ABS-ACID ในความเค็มที่ต่ำกว่า ความเป็นพิษของสาร LAS-ACID ที่แสดงให้เห็นโดยการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเหงือกของลูกปลาที่แต่ละระดับความเค็มนั้น มีรูปแบบคล้ายคลึงกับผลที่ได้จาก ABS-ACID ทุกระดับความเข้มข้นตามลำดับ

ความเค็มของน้ำตัวกลางมีอิทธิพลต่อความเป็นพิษของสาร ABS - ACID และ LAS-ACID ในปริมาณต่ำ โดยเฉพาะความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกมากกว่าความเค็ม 10 และ 20 ส่วนในพันส่วน เมื่อปลาสัมผัสกับสารเคมีที่มีความเข้มข้นเท่ากัน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือก ยังขึ้นกับความทนทานต่อสภาพสิ่งแวดล้อมของปลาแต่ละตัวด้วย ซึ่งจะส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้บางครั้งมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาที่ปลาสัมผัสกับสารพิษ

การศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวต่อเนื้อเยื่อเหงือกของปลาเท่าที่มีรายงาน จนถึงปัจจุบัน จะเป็นการศึกษาโดยใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นค่อนข้างสูง ดังรายงานของ Schmid and Mann, (1961), Lemke and Mount (1963), Swisher et al. (1964)และ Swedmark et al. (1971) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกที่พบ ได้แก่

- การทำลายเซลล์เมือก (Damage of mucous cells)
- การหนาของ Gill epithelium และ ผนังเซลล์
- การหนาตัวของเซลล์ระหว่างซี่เหงือก (Thickening of interlamellar cells)
- การพองของซี่เหงือก จนเป็นกระเปาะ
- การเชื่อมติดของซี่เหงือก (Lamellar fusion)
- การสลายหรือการทำลายเนื้อเยื่อของเหงือก

ลักษณะผิดปกติที่พบส่วนมากคล้ายคลึงกับวิการสังเกตได้จากทดลองนี้ ยกเว้นการทำลายเซลล์เมือก การหนาของ Gill epithelium และ Cell wall รวมทั้งการสลายตัวของเนื้อเยื่อเหงือก เนื่องจากวิธีการที่ใช้ในการเตรียมเนื้อเยื่อสำหรับนำมาศึกษา และสีที่ใช้ย้อมเนื้อเยื่อแตกต่างกัน ทำให้การทดลองครั้งนี้ไม่สามารถศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อเหงือกได้

จากการศึกษาพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกในปลาทดลอง ทั้ง 3 ระดับความเค็ม เช่นเดียวกับในตัวอย่างปลาที่สัมผัสกับสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ที่ความเค็มต่าง ๆ ดังนั้นจึงไม่อาจยืนยันได้แน่นอนว่า ความผิดปกติที่พบในเนื้อเยื่อเหงือกของปลาเกิดขึ้นเพราะสารเคมีที่ใช้ทดลองแต่เพียงประการเดียว เนื่องจากความเค็มของน้ำที่ทดลองก็เป็นปัจจัยที่อาจจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกได้ ดังที่สังเกตได้จากการทดลองชุดควบคุม นอกจากนี้ลักษณะผิดปกติบางอย่างเช่น การคั่งเลือดที่ปลายซี่เหงือกจนซี่เหงือกพองเป็นกระเปาะ หรือการเชื่อมติดกันของซี่เหงือกนั้นเป็นวิการที่สามารถพบได้ในปลาตามแหล่งน้ำธรรมชาติหรือบ่อเลี้ยงทั่วไป ซึ่งอาจเกิดจากการขนย้ายตัวสัตว์หรือการสะสมของ Metabolic products ของสัตว์น้ำ ก็ได้ (Roberts , 1978) ปัจจัยที่อาจเกี่ยวข้องกับพยาธิสภาพในปลาทดลองชุดควบคุมอีกประการหนึ่ง คือการปรับสภาพ (acclimation) ของสัตว์ทดลอง การทดลองครั้งนี้เป็นการนำปลานิลซึ่งปกติเลี้ยงอยู่ในน้ำจืดมาทดลอง ในห้อง

ปฏิบัติการที่ระดับความเค็มต่าง ๆ ข้อสมมติฐานที่ว่าการปรับสภาพของปลานิลให้สามารถดำรงชีวิตได้ในน้ำกร่อย ภายในระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์นั้น อาจเป็นช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสมและปลายังไม่สามารถปรับตัวให้คุ้นเคยกับสภาพความเค็มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะมีผลให้เกิดพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกในปลาทดลองที่สังเกตได้ จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าวิการทั้งสองแบบเกิดจากสารเคมีที่ใช้ทดลอง และความเค็มของน้ำตัวกลางในการทดลอง

คุณภาพน้ำและปริมาณสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ในระหว่างการทดลอง

ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิและค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในการทดลองแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ทดลอง แต่ปริมาณแอมโมเนีย (Unionized ammonia) ในการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลันและการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของความเค็มต่อความเป็นพิษของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID มีค่าสูงกว่าที่พบในการทดลองความเป็นพิษของสารที่มีความเข้มข้นต่ำต่อเนื้อเยื่อเหงือกมาก ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากในการทดลอง 2 ตอนแรก ใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้ปลาตายและมีการสะสมของเสียที่ขับถ่ายออกมาหรือของเสียที่เกิดจากการตายของปลา รวมทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำที่ใช้ทำการทดลอง ประกอบกับทำการทดลองในสภาวะน้ำนิ่งไม่มีการเปลี่ยนน้ำเพื่อถ่ายเทของเสีย นอกจากนี้ Swisher et al. (1964) Swedmark et al. (1971) และ Kikuchi and Wakabayashi (1984) ได้รายงานถึงการขับสารเมือกของปลาที่สัมผัสกับการลดแรงตึงผิวในความเข้มข้นที่เป็นอันตราย ซึ่งสภาพดังกล่าวนี้นอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณแอมโมเนียในน้ำ แล้วยังมีผลรบกวนการวัดปริมาณแอมโมเนีย ที่มีอยู่ในน้ำอีกด้วย ส่วนการทดลองความเป็นพิษของสารทั้งสองชนิดที่มีความเข้มข้นต่ำต่อเนื้อเยื่อเหงือกที่ความเค็มต่าง ๆ นั้น มีการเปลี่ยนน้ำประมาณ 1/3 ของปริมาณน้ำในแต่ละตู้ทดลองทุกสามวันทำให้ปริมาณแอมโมเนียที่สะสมอยู่ต่ำกว่าการทดลองอื่น

จากการทดลองทั้งสามตอนจะพบว่า pH ของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 ถึง 7.2 ซึ่งเป็นข้อยืนยันว่า ปริมาณไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่ได้จากปฏิกิริยาการแตกตัวของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง คือ Dodecylbenzene sulphonic acid $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H$ (ดังสมการที่ 1 ในหน้า 4) นั้น ไม่มีผลรบกวนต่อองค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำตัว-

กลางที่ใช้ในการทดลองและมีพฤติกรรมเสมือนน้ำทะเลในธรรมชาติ ซึ่งรวมทั้งความสามารถในการรักษาสภาพบัฟเฟอร์ของน้ำทะเลด้วย

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวประจุลบ ของ Wang et al. (1975) ซึ่งถูกนำมาใช้สำหรับการทดลองนี้ เป็นวิธีการที่จะวัดปริมาณของ $C_n H_{2n+1} C_6 H_4 SO_3^-$ ในสารลดแรงตึงผิวหรือสารตั้งต้นของสารลดแรงตึงผิว ได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว นอกจากนี้ยังขจัดปัญหาการรบกวนของโซเดียมคลอไรด์ และโปแตสเซียมอิออนที่ปรากฏอยู่ในน้ำตัวกลางได้ Wang and Panzardi (1975)ได้รายงานว่าวิธี Direct Two Phase Titration นี้สามารถใช้หาปริมาณใช้ปริมาณสารลดแรงตึงผิว LAS ที่มีความเข้มข้นต่ำประมาณ 2.67 มก./ล. โดยมีค่า Relative standard deviation ร้อยละ 1.60 และ Relative error ร้อยละ 1.50 นอกจากนี้สามารถคำนวนค่าเบี่ยงเบนจากปริมาณสารที่มีอยู่จริงในสารละลายได้เป็นร้อยละ 0.75 เท่านั้น

การนำวิธี Direct Two-Phase Titration มาใช้สำหรับการทดลองนี้พบว่าค่าร้อยละของการเบี่ยงเบนจากปริมาณสารที่มีอยู่จริงมีค่าสูงมาก แสดงถึงแนวโน้มที่อาจจะมีปัจจัยบางประการจากน้ำที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไปมีผลรบกวนการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรมีการศึกษาอย่างละเอียดต่อไป นอกเหนือจากประเด็นดังกล่าวแล้ว ความแปรปรวนของปริมาณสารตั้งต้นของสารลดแรงตึงผิวที่ปรากฏในการทดลอง อาจจะเป็นผลจากการสะสมของของเสียที่สัตว์ทดลองขับถ่ายออกมาในระหว่างการทดลอง รวมทั้งความสามารถในการสลายตัวของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง กล่าวคือในการทดลองความเป็นพิษของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ต่อเนื้อเยื่อเหงือกที่ความเค็มต่าง ๆ นั้น ปริมาณสารที่ใช้ทดลองมีค่าต่ำมากและขณะทดลองมีการให้อากาศตลอดเวลาจะเห็นว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าสูงกว่าการทดลองอื่น ๆ รวมทั้งอุณหภูมิของน้ำค่อนข้างสูง (ดังตารางที่ 12) ทำให้คาดคะเนได้ว่าการสลายตัวของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองนี้จะเกิดได้เร็วและดีกว่าการทดลองชุดอื่นมีผลให้ปริมาณของสารที่วัดได้ต่ำมากหรือวัดไม่ได้เลยในบางครั้ง ส่วนการทดลองเกี่ยวกับความเป็นพิษเฉียบพลันของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID นั้นคาดว่าปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำรวมทั้งของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมา ในขณะที่ปลาอยู่ในสภาพปกติหรือใกล้ตายอาจจะมีผลต่อการหาปริมาณของสารเคมีที่เหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ระดับปลอดภัยของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID

จุดประสงค์หลักของการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่ง ต่อสิ่งมีชีวิต คือ ต้องการทราบระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยของสารเคมีนั้น ในกรณีของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID จะพบว่า ค่าระดับปลอดภัยที่คำนวณได้ในตารางที่ 13 มีความแปรปรวนมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าปัจจัยปรับค่าที่นำมาคำนวณ การหาระดับปลอดภัยสำหรับสัตว์น้ำชนิดหนึ่ง ๆ นอกเหนือไปจากการรอดชีวิตของสัตว์ที่ใช้ทดลองแล้วจะต้องคำนึงถึงการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การฟักไข่ รวมทั้งการรอดชีวิตของไข่และตัวอ่อน จนเป็นตัวเต็มวัยด้วย ในการศึกษาผลกระทบของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ต่อลูกปลานิล จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือก แม้ในตัวอย่างปลาที่สัมผัสกับสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.57 และ 0.24 มก./ล. ตามลำดับ ทั้งในน้ำตัวกลางที่มีความเค็ม 10, 20 และ 30 ส่วนในพันส่วน และไม่อาจยืนยันได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากสารเคมีที่ใช้ทดลองเท่านั้น แต่ข้อมูลจากการทดลองนี้อาจจะเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาความเป็นพิษเรื้อรัง หรือความเป็นพิษของสาร ABS-ACID และ LAS-ACID ที่มีความเข้มข้นต่ำต่อสัตว์น้ำต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย