

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

5.1 การทดสอบพิษเฉียบพลัน

5.1.1 การทดสอบพิษเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อตัวหนอนริ่นน้ำจืด (*Chironomus* sp.)

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมอาร์ซีไนท์ที่ทำให้ตัวหนอนริ่นน้ำจืด วัยที่ 1, 2, 3 และ 4 ตายร้อยละ 50 ที่เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 18.17, 20.59, 29.34 และ 30.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และในช่วงเวลา 48 ชั่วโมงค่า LC_{50} มีค่าเท่ากับ 9.53, 11.83, 15.02 และ 18.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่า LC_{50} ของเมอร์คิวริกคลอไรด์ ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 4.00, 5.79, 6.55 และ 12.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.03, 1.70, 2.85 และ 10.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า โซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์มีพิษต่อตัวหนอนริ่นน้ำจืดวัยที่ 1 มากที่สุด รองลงมา คือตัวหนอนวัยที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jeyasingham & Ling (2000) ที่ได้ทำการศึกษาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์ของริ่นน้ำจืด ที่เวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ของโซเดียมอาร์ซีไนท์ที่มีต่อตัวหนอนริ่นน้ำจืด วัยที่ 1, 2, 3 และ 4 (*Chironomus* sp.) มีค่าเท่ากับ 14.7, 20.4, 31.3 และ 39.1 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ Robinson & Scott (1995) ได้รายงานค่าความเป็นพิษของ cyromazine ที่มีต่อตัวหนอนริ่นน้ำจืดจะมีพิษมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุของตัวหนอนริ่นน้ำจืดด้วยเช่นเดียวกัน

จากการทดลองหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อตัวหนอนริ่นน้ำจืดแต่ละวัยพบว่า ตัวหนอนวัยที่ 2 เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสัตว์ทดลองในการชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ดี เนื่องจากไวต่อการตอบสนองของสารพิษ แข็งแรง และมีขนาดโตพอที่จะนำมาใช้ทดสอบความเป็นพิษได้ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวหนอนวัยอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เหิรพักตร์ สุจิรา (2546), Williams et al. (1986) และ Jeyasingham & Ling (2000) ที่รายงานว่าการศึกษาพิษเฉียบพลันของสารพิษต่อตัวหนอนริ่นน้ำจืด โดยทั่วไปนิยมศึกษากันในตัวหนอนวัยที่ 2 มากที่สุด เนื่องจากมีการตอบสนองต่อสารพิษและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ดี ถึงแม้ว่าจากการทดลองตัวหนอนวัยที่ 1 จะไวต่อการตอบสนองต่อสารหนูและปรอทมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาถึงการนำไปปฏิบัติแล้ว ตัวหนอนวัยที่ 1 มีขนาดลำตัวเล็กเกินไป ไม่สะดวกในการทดลอง ยากต่อการสังเกต และอ่อนแอเกินไป นอกจากนี้

Jeyasingham & Ling (2000) ยังพบว่าตัวหนอนวัยที่ 1 ไม่เหมาะสมสำหรับการเป็นสัตว์ทดลองที่ดี เนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไป

จากผลการทดลองพบว่า โปรทมีค่าความเป็นพิษสูงกว่าสารหนูต่อรึ้นน้ำจืดในทุกๆวัย ยกตัวอย่างเช่น ค่า LC_{50} ของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อตัวหนอนวัย 4 ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 18.45 และ 10.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นได้ว่าค่าความเป็นพิษของเมอร์คิวริกคลอไรด์มีค่าความเป็นพิษสูงกว่าโซเดียมอาร์ซีไนท์ต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Khangarot & Ray (1989) พบว่า โปรทมีค่าความเป็นพิษสูงกว่าสารหนูต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus tentans* และนอกจากนี้ยังพบว่า ค่าความเป็นพิษของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เช่น ค่า LC_{50} ของโซเดียมอาร์ซีไนท์ต่อตัวหนอนวัย 4 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 30.96 และ 18.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่าเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อตัวหนอนวัย 4 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 12.47 และ 10.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ Khangarot & Ray (1989) ได้กล่าวว่าค่าความเป็นพิษของโลหะหนักจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งยังมีรายงานการศึกษาพิษเฉียบพลันของสารหนูและปรอทต่อรึ้นน้ำจืดชนิดต่างๆที่มีค่าความเป็นพิษสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้นด้วย ได้แก่ Jeyasingham & Ling (2000) ได้ศึกษาผลของโซเดียมอาร์ซีไนท์ต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus* sp. และ *Chironomus zealandicus*, Qureshi et al. (1980) ศึกษาผลของเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus plumosus* และ *Chironomus* sp., Hooftman et al. (1989) ศึกษาผลของเมอร์คิวริกต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus tentans* และ *Chironomus thummi*, Rossaro et al. (1986) ศึกษาผลของเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus thummi* .

จากการศึกษาค่าความเป็นพิษของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่ทำให้ตัวหนอนรึ้นน้ำจืดวัยที่ 1 ตายร้อยละ 50 ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง เท่ากับ 9.53 (7.18 ± 12.96) และ 1.03 (0.70 ± 1.59) มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำของประเทศไทยได้ (Iwai et al., 2004a) แต่การกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ ต้องอาศัยข้อมูลความเป็นพิษของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ ต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ มาร่วมพิจารณาด้วย เนื่องจากค่าความเป็นพิษของสารหนูและปรอทต่อสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในแหล่งน้ำนั้น มีค่าที่แตกต่างกัน ปัจจุบันเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำกำหนดให้มีโปรทมีค่าได้ไม่เกิน 0.0005 มิลลิกรัมต่อลิตร และ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดให้มีค่าสารหนูได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และโปรทมีค่าได้ไม่เกิน 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่รึ้นน้ำจืดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

เมื่อนำผลทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับการทดสอบความเป็นพิษของโลหะหนักต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืดที่ศึกษาในต่างประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 36 พบว่าค่าความเป็นพิษ

เฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์ต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืดในทุกๆวัย ที่ช่วงเวลา 48 ชั่วโมง มีความแตกต่างกัน โดยที่ตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus* sp. และ *Chironomus zealandicus* วัยที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความไวต่อการตอบสนองต่อโซเดียมอาร์ซีไนท์น้อยกว่าตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus* sp. ที่ได้ทำการทดลองในครั้งนี้ ส่วนค่า LC_{50} ของเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่มีต่อตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus thummi*. และ *Chironomus tentans* วัยที่ 2 และ 4 นั้นมีความไวต่อการตอบสนองต่อโซเดียมอาร์ซีไนท์น้อยกว่าตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Chironomus* sp. ที่ได้ทำการทดลองในครั้งนี้เช่นเดียวกัน ดังนั้นเกณฑ์ในการพิจารณาค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำจึงควรคำนึงถึงค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของโลหะหนักต่อรึ้นน้ำจืดของแต่ละประเทศ เพราะรึ้นน้ำจืดของแต่ละที่มีความไวต่อการตอบสนองต่อโลหะหนักที่แตกต่างกัน (Iwai et al., 2004b)

ตารางที่ 36 ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่ทำให้ตัวหนอนรึ้นน้ำจืดตายร้อยละ 50 ที่ 48 ชั่วโมง

โลหะหนัก	ตัวหนอนรึ้นน้ำจืด	วัยที่	ค่า LC_{50} (มก/ล)	เอกสารอ้างอิง
โซเดียม อาร์ซีไนท์	<i>Chironomus</i> sp.	1	9.53	การศึกษาในครั้งนี้
		2	11.83	
		3	15.02	
		4	18.45	
	<i>Chironomus</i> sp.	1	14.70	Jeyasingham & Ling (2000)
		2	20.40	
		3	31.30	
		4	39.10	
	<i>Chironomus zealandicus</i>	1	36.70	Jeyasingham & Ling (2000)
		2	79.40	
		3	103.0	
		4	122.0	
	<i>Chironomus tentans</i>	3	0.68	Khangarot & Ray (1989)

ตารางที่ 36 ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่ทำให้ตัวหนอนรึ้นน้ำจืดตายร้อยละ 50 ที่ 48 ชั่วโมง (ต่อ)

โลหะหนัก	ตัวหนอนรึ้นน้ำจืด	วัยที่	ค่า LC ₅₀ (มก/ล)	เอกสารอ้างอิง
เมอร์คิวริก คลอไรด์	<i>Chironomus</i> sp.	1	1.03	การศึกษาในครั้งนี้
		2	1.70	
		3	2.85	
		4	10.39	
	<i>Chironomus tentans</i>	2	2.78	Ziegenfuss et al. (1986)
		3	0.03	Khangarot & Ray (1989)
	<i>Chironomus thummi</i>	4	0.32	Rossaro et al. (1986)

5.1.2 การทดสอบพิษเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อปลา

นิล

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมอาร์ซีไนท์ที่ทำให้ปลานิล ขนาด 3-5 เซนติเมตร และน้ำหนัก 0.4-0.5 กรัม ตายร้อยละ 50 ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 14.77 และ 8.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนเมอร์คิวริกคลอไรด์ มีค่าเท่ากับ 0.63 และ 0.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่สำหรับแหล่งน้ำจืดทั่วไปมีสารหนูและสารปรอทเจือปนอยู่ตามธรรมชาติประมาณ 0.01-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร (กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย, 2541) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปลานิลสามารถเจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำจืดในประเทศไทยได้ แต่เมื่อมองในแง่ของการสะสมและตกค้างของสารหนูและปรอทในสิ่งมีชีวิต เมื่อโลหะหนักเหล่านี้ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ซึ่งการสะสมจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับชั้นห่วงโซ่อาหารได้ (แววตา ทองระอา, 2531)

เมื่อนำผลทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับ การทดสอบความเป็นพิษของเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อปลานิลที่ศึกษาในแต่ละการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 37 พบว่าค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อปลานิลที่ศึกษาในแต่ละการทดลอง ที่ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีความเป็นพิษที่แตกต่างกันกับค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของเมอร์คิวริกคลอไรด์ปลานิลที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pandey et al. (2005) กล่าวว่า ความแตกต่างของค่าความเป็นพิษที่มีต่อปลา มีค่าต่าง ๆ กันนั้นขึ้นอยู่กับ ขนาด ชนิด น้ำหนักของปลา และ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ เป็นต้น เช่นเดียวกับรายงานของ Sprague (1969) และ Khangarot & Ray

(1987) ที่กล่าวว่าค่าความเป็นพิษของสัตว์แต่ละชนิดจะมีค่าความเป็นพิษที่แตกต่างกัน และนอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเป็นพิษของเมอร์คิวริกคลอไรด์มีค่าความเป็นพิษสูงกว่าค่าความเป็นพิษของโซเดียมอาร์ซีไนท์ที่มีต่อปลานิล อาจเป็นเพราะเมอร์คิวริกคลอไรด์มีความสามารถละลายน้ำได้ดีโซเดียมอาร์ซีไนท์ แต่ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำด้วย (Khangarot & Ray, 1987) ซึ่งความเป็นพิษของสารพิษที่มีต่อสัตว์ทดลองชนิดเดียวกันนี้ อาจมีความแตกต่างกัน เนื่องจากระยะเวลาในวงจรชีวิตต่างกัน เช่น ไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัยและความทนทานของสัตว์น้ำต่างชนิดกันจะทนต่อพิษของสารพิษแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพทางสรีรวิทยาและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อการปรับตัวของสัตว์น้ำแต่ละชนิด นอกจากนี้การทดลองชีววิเคราะห์ส่วนใหญ่เน้นทำในห้องปฏิบัติการ จึงต้องคำนึงถึงการกำหนดสภาพการทดลองให้เลียนแบบหรือใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมที่สัตว์อยู่จริงตามธรรมชาติมากที่สุด ปัญหาในการศึกษาความเป็นพิษของสารพิษต่อสัตว์น้ำชนิดใดชนิดหนึ่งนั้นคือ ผลการทดลองจะบ่งบอกถึงความเป็นพิษของสารพิษต่อสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ ภายใต้สภาพการทดลองที่ผู้ทดลองกำหนดเท่านั้น แต่ในสภาพของธรรมชาตินั้นมักมีสารพิษหลายชนิดที่อาจเสริมความเป็นพิษซึ่งกันและกันหรืออาจมีผลหักล้างกันเองทำให้ความเป็นพิษแปรปรวนไป (ณัฐรัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2526) ดังนั้นเกณฑ์ในการพิจารณาค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำจึงควรคำนึงถึงค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของโลหะหนักต่อสัตว์น้ำแต่ละชนิด เพราะสิ่งมีชีวิตทางน้ำของแต่ละที่มีความไวต่อการตอบสนองต่อสารพิษที่ต่างกัน (Iwai et al., 2004b)

ตารางที่ 37 ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่ทำให้ปลานิลตายร้อยละ 50

โลหะหนัก	ชนิดของปลา	เวลา (ชั่วโมง)	ค่า LC ₅₀ (มก/ล)	เอกสารอ้างอิง
โซเดียม อาร์ซีไนท์	<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.	24	14.77	การศึกษาในครั้งนี้
		48	8.23	
เมอร์คิวริก คลอไรด์	<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.	24	0.63	การศึกษาในครั้งนี้
		48	0.38	
	<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.	24	3.98	จารุวรรณ (2523)
		48	3.80	
	<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.	24	3.92	Somsiri (1982)
		48	3.80	
	<i>Tilapia mossambica</i>	48	1.00	Chandramouli & Ramamurthi (1978)

5.1.3 การทดสอบพิษเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อพฤติกรรมการว่ายน้ำของปลานิล

สารละลายโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ในระดับที่ทำให้ปลาตายร้อยละ 50 มีผลต่อพฤติกรรมการว่ายน้ำของปลานิล พบว่าปลากลุ่มควบคุมว่ายน้ำไปมาอย่างปกติ ส่วนปลากลุ่มทดลองส่วนใหญ่ลอยตัวอยู่นิ่งที่บริเวณผิวน้ำ เพื่อลดกิจกรรมต่างๆของร่างกาย ปลาอ้าปากสูบอากาศ และหายใจถี่ขึ้น โดยสังเกตจากการเปิดปิดแผ่นเหงือก ปลานิลจึงมีความต้องการออกซิเจนมากขึ้นเพื่อใช้หายใจ (Wedemeyer, 1996) ผลของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อพฤติกรรมการว่ายน้ำของปลานิลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ คล้ายกับรายงานของ O' Connor & Fromm (1975) ให้เหตุผลว่า โลหะหนักทั่วไป เช่น สังกะสี พรอท และสารหนู จะทำลาย epithelial cell ของเหงือกปลาให้หลุดออกไป ทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนของปลาเป็นไปอย่างลำบาก ปลาจึงขึ้นมาสูบอากาศเพราะตะกอนของสารประกอบโลหะหนักเข้าไปอุดตันตามช่องเหงือก และทำลายเซลล์บุผิวชั้นนอก

5.1.4 การทดสอบพิษเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบางประการ

ผลของโซเดียมอาร์ซีไนท์ที่ทำให้ลูกปลานิลตาย พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มทดลอง ที่ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มควบคุมที่ช่วงเวลาเดียวกัน ($p < 0.05$) อาจเนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มทดลองบางส่วนถูกนำไปใช้ออกซิไดส์สารหนู ทำให้เกิดตะกอนในน้ำ (Ferguson & Gavis, 1972) นอกจากนี้ออกซิเจนละลายน้ำบางส่วนอาจถูกปลานำไปใช้ในการหายใจด้วย ซึ่งพิจารณาได้จากค่าออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป และมีค่าต่ำกว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ 0 ชั่วโมง แสดงว่าออกซิเจนละลายน้ำถูกปลานำไปใช้ในการหายใจ

ผลของเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่ทำให้ลูกปลานิลตาย พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มทดลอง ที่ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มควบคุมที่ช่วงเวลาเดียวกัน ($p < 0.05$) อาจเนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มทดลองบางส่วนถูกแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมซึ่งจะทำให้ปรอทอินทรีย์เปลี่ยนไปเป็นปรอทอินทรีย์ (แอนด์ หนุงส์, 2544) นอกจากนี้ออกซิเจนละลายน้ำบางส่วนอาจถูกปลานำไปใช้ในการหายใจด้วย

สารละลายโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ในระดับที่ทำให้ปลานิลตาย ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำกลุ่มทดลองที่ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง อาจเป็นเพราะโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์มีค่าความเป็นกรดหรือด่างน้อยไม่พอที่จะทำให้สภาพความเป็นกรดและด่างของน้ำเปลี่ยนไปได้

5.1.5 การทดสอบพิษเฉียบพลันของไซเตียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงจุลพยาธิวิทยาของเหงือกและตับปลานิล

ผลของสารละลายไซเตียมอาร์ซีไนท์ในระดับที่ทำให้ปลาตาย ร้อยละ 50 ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ต่อเหงือกของปลากลุ่มทดลอง พบว่า เหงือกปลากลุ่มทดลองร้อยละ 62.5 ที่ 24 ชั่วโมง ร้อยละ 37.5 ที่ 48 ชั่วโมง มีลักษณะปกติเหมือนกลุ่มควบคุม ส่วนปลากลุ่มทดลองที่เหลือมีลักษณะผิดปกติ คือ เซลล์บุผิวของ gill filament มีจำนวนเพิ่มขึ้น ทำให้ gill lamellae เชื่อมติดกัน, gill lamellae เรียงตัวไม่เป็นระเบียบและมีทิศทางไม่แน่นอน และมีการคั่งของเซลล์เม็ดเลือดแดงที่ gill lamellae การที่เนื้อเยื่อเหงือกพยาธิสภาพเปลี่ยนแปลงนี้ ทำให้การแพร่ของออกซิเจนผ่านเหงือกลดลง และผลที่ตามมา คือ ทำให้กิจกรรมต่างๆ ของสัตว์ลดลงด้วย (Mitz & Giesy, 1985)

ส่วนผลของสารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ในระดับที่ทำให้ปลาตาย ร้อยละ 50 ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ต่อเหงือกของปลานิล พบว่า เหงือกปลากลุ่มทดลองร้อยละ 37.5 ที่ 24 ชั่วโมง ร้อยละ 25 ที่ 48 ชั่วโมง มีลักษณะปกติเหมือนกลุ่มควบคุม ส่วนปลากลุ่มทดลองที่เหลือมีลักษณะผิดปกติหลายลักษณะเหมือนกันกับผลของสารละลายไซเตียมอาร์ซีไนท์ ยกเว้นลักษณะการคั่งของเซลล์เม็ดเลือดแดงที่ gill lamellae ที่ไม่พบในการทดลองนี้

ผลของสารละลายไซเตียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ในระดับที่ทำให้ปลาตาย ร้อยละ 50 ต่อตับของปลากลุ่มทดลอง พบว่ามีลักษณะปกติเหมือนตับปลานิลกลุ่มควบคุม อาจเนื่องจากปลากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มนี้ ไม่ได้กินอาหารตลอดการทดลอง 48 ชั่วโมง จึงไม่ได้รับสารพิษและไม่เกิดการขจัดสารพิษที่ตับ หรืออาจเป็นเพราะช่วงระยะเวลาการทดลองเป็นการทดลองในระยะสั้นสารละลายโลหะหนักทั้งสองชนิดจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อเนื้อเยื่อตับ (ประสาพร บริสุทธิเพชร, 2544)

ผลการศึกษาความเป็นพิษของไซเตียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ในระดับที่ทำให้ปลาตายร้อยละ 50 ที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าไซเตียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เหงือกปลาเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากเหงือกเป็นอวัยวะแรกที่ได้รับสัมผัสกับสารที่ละลายในน้ำโดยตรง และในขณะที่ทำการทดสอบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ปลาไม่ได้รับโภชนาอาหาร ดังนั้นไซเตียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์จึงเข้าไปไม่ถึงตับของปลา จึงไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อดังกล่าว (นันทนา ปิตทอง, 2543)

5.2 การทดสอบพิษรองเฉียบพลัน

5.2.1 การทดสอบพิษรองเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อ รึ้นน้ำจืด (*Chironomus* sp.)

จากการศึกษาพิษรองเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของรึ้นน้ำจืด โดยวัดขนาดความยาวลำตัว นับระยะเวลาในการเจริญเติบโต และชั่งน้ำหนักแห้งของตัวหนอน นับจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียและเพศผู้

5.2.1.1 ขนาดความยาวลำตัวของรึ้นน้ำจืด

จากการศึกษาพิษรองเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อขนาดความยาวลำตัวของรึ้นน้ำจืด โดยวัดขนาดความยาวลำตัวของตัวหนอน พบว่าโซเดียมอาร์ซีไนท์ มีผลทำให้ขนาดความยาวลำตัวของตัวหนอนวัยที่ 3 และ 4 มีแนวโน้มลดลงที่ระดับความเข้มข้น 6 และ 9 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่เมอร์คิวริกคลอไรด์มีผลต่อระดับความยาวลำตัวของตัวหนอน ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

5.2.1.2 ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวหนอนรึ้นน้ำจืด

จากการศึกษาพิษรองเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวหนอนรึ้นน้ำจืด โดยนับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวหนอนพบว่า โซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์มีผลทำให้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวหนอนรึ้นน้ำจืดทุก ๆวัยเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เหิรพักตร สุจิรา (2546) ที่ได้ทำการศึกษาคผลของแคดเมียมและตะกั่วต่อระยะเวลาการเจริญเติบโตของรึ้นน้ำจืด *Chironomus* sp. พบว่ามีระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวหนอนรึ้นน้ำจืดเปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกัน และนอกจากนั้น การศึกษาของเหิรพักตร สุจิรา (2546) ยังได้ทำการศึกษการเจริญเติบโตของรึ้นน้ำจืด *Chironomus* sp. ตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยโดยการศึกษาในสภาพน้ำที่ปราศจากการปนเปื้อนของสารพิษ พบว่าระยะเวลาการเจริญเติบโตของตัวหนอนวัยที่ 1 เป็นวัยที่ 2 เท่ากับ 6.3 ± 0.6 วัน ระยะเวลาการเจริญเติบโตของตัวหนอนวัยที่ 2 เป็นวัยที่ 3 เท่ากับ 3.3 ± 0.6 วัน ระยะเวลาการเจริญเติบโตของตัวหนอนวัยที่ 3 เป็นวัยที่ 4 เท่ากับ 3.3 ± 0.5 วัน และระยะเวลาการเจริญเติบโตของตัวหนอนวัยที่ 4 เป็นดักแด้ เท่ากับ 9.1 ± 0.9 วัน ซึ่งผลการศึกษารวบรวมระยะเวลาในการเจริญเติบโตของกลุ่มควบคุมในครั้งนี้อยู่ในช่วงเดียวกันกับการศึกษาของเหิรพักตร สุจิรา (2546) และเมื่อนำผลของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวหนอนรึ้นน้ำจืดในแต่ละวัยที่ระดับความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ได้ทำการศึกษานี้ มาเปรียบเทียบกับพบว่า ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของตัวหนอนรึ้นน้ำจืดในแต่ละวัยนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นได้ว่า โซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเจริญเติบโตของรึ้นน้ำจืด

5.2.2.3 น้ำหนักแห้งของตัวหนอนรึ้นน้ำจืด

จากการศึกษาพิษรองเจียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์ต่อน้ำหนักแห้งของตัวหนอนรึ้นน้ำจืด โดยชั่งน้ำหนักแห้งของตัวหนอนพบว่า โซเดียมอาร์ซีไนท์ที่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของตัวหนอนรึ้นน้ำจืดในทุก ๆวัยในแต่ละระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ส่วนผลของเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อน้ำหนักแห้งของตัวหนอนรึ้นน้ำจืด พบว่าเมอร์คิวริกคลอไรด์มีผลต่อน้ำหนักแห้งของตัวหนอนรึ้นน้ำจืดวัย 2, 3 และ 4 แต่ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของตัวหนอนรึ้นน้ำจืดวัย 1 ในแต่ละความเข้มข้นแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากผลของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อน้ำหนักแห้งของตัวหนอนรึ้นน้ำจืดนั้นพบว่า มีแนวโน้มลดลง ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเทรพัทท สัจรา (2546) ที่พบว่าแคดเมียมคลอไรด์มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของตัวหนอนวัยที่ 4 มีแนวโน้มลดลง ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม อาจเนื่องจากโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ไปมีผลต่อพฤติกรรมกรรมการกินอาหารของตัวหนอนรึ้นน้ำจืด ซึ่งมีรายงานผลของแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของตัวหนอนรึ้นน้ำจืด *Glyptotendipes pallens* มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแคดเมียมเข้าไปมีผลต่อความต้องการอาหารของตัวหนอนรึ้นน้ำจืด โดยทำให้ตัวหนอนรึ้นน้ำจืดกินอาหารได้น้อยลง (Heinis et al, 1990)

5.2.2.4 จำนวนตัวเต็มวัย

จากการศึกษาพิษรองเจียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อจำนวนตัวเต็มวัยของรึ้นน้ำจืด โดยนับจำนวนตัวเต็มวัยเพศเมียและเพศผู้พบว่า โซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์มีผลทำให้จำนวนตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียลดลง ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

5.2.2 การทดสอบพิษรองเจียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อปลา

จากการศึกษาพิษรองเจียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของปลานิล ซึ่งให้อาหารปลานิลแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยสังเกตพฤติกรรมการว่ายน้ำ อัตราการเจริญเติบโต ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกและตับของปลานิล พบว่า

5.2.2.1 คุณภาพน้ำบางประการ

จากการศึกษาพิษรองเจียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ พบว่า กลุ่มการทดลองที่มีโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ผสมอยู่นั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าออกซิเจนละลายน้ำ และความเป็นกรด-ด่างของน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่มีเพียงอาหารปลาและรึ้นน้ำจืด ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 7.0-7.6

ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำของกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันเช่นเดียวกัน คือ อยู่ในช่วง 6.0-6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ข.) จะเห็นได้ว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วงพอเหมาะที่ปลาสามารถมีชีวิตอยู่ได้ ตามที่ Snieszko & Axelord (1976) ได้กล่าวว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงและการเจริญเติบโตของปลานิลนั้น คือ มีค่าออกซิเจนละลายน้ำอย่างน้อย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 6.0-9.0

5.2.2.2 พฤติกรรมการว่ายน้ำของปลานิล

จากการสังเกต พฤติกรรมของปลานิลในชุดการทดลองของ โซเดียมอาร์ซีไนท์ และเมอร์คิวริกคลอไรด์ พบว่า กลุ่มที่มีการให้อาหารปลาและรีนน้ำจืดมีการว่ายน้ำเป็นปกติในช่วง 3 อาทิตย์แรก แต่พอช่วงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองในกลุ่มการทดลองนี้พบว่าจะมีพฤติกรรมการว่ายน้ำเหมือนกลุ่มที่มีโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ผสมอยู่ ซึ่งปลาจะว่ายน้ำไปมาอย่างรวดเร็ว การเปิด-ปิดของแผ่นเหงือกกระดุกปิดเหงือกจะเร็วกว่าปกติ และปลาจะลอยน้ำขึ้นสู่ผิวน้ำบ่อยครั้งเพื่อสูบอากาศและปล่อยฟองอากาศจากปาก ต่อมาปลาจะเริ่มลอยตัวอยู่บนผิวน้ำและมีอาการอยู่นิ่ง ๆ มีการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยเชื้อราจะเข้ามาเกาะตามตัวปลาแล้วปลาจะมีอาการสูญเสียการทรงตัว บางตัวว่ายน้ำไม่มีทิศทาง กระพุงแก้มเปิด-ปิดช้าลง จนกระทั่งตายไปในที่สุด ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวนี้จะเริ่มปรากฏเห็นชัดในช่วงวันที่ 21 ของการทดลอง อาจเป็นเพราะตัวผู้ทดลองมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทำให้เกิดการสัมผัสตัวปลาและเกิดการบอบช้ำหรือแผลจากการสัมผัสได้ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เชื้อราที่มีอยู่ในน้ำเข้ามาเกาะจนทำให้ปลาเสียการทรงตัวและตายในที่สุดได้

5.2.2.3 อัตราการเจริญเติบโตของปลานิล

การศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาผลของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ในระดับที่ทำให้ปลาตายร้อยละ 50 เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทดสอบเป็นช่วงเวลาสั้นเพียง 48 ชั่วโมงเท่านั้น อาจทำให้เห็นผลต่อการเจริญเติบโตไม่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับปลานิลในกลุ่มควบคุม แต่ได้ศึกษาผลของพิษของเนียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์ และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตของปลานิล เป็นเวลา 30 วัน โดยเปรียบเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตของปลานิลในแต่ละกลุ่มการทดลองในช่วงเวลาเดียวกัน โดยพิจารณาจากค่าอัตราการเจริญเติบโต (SGR) ซึ่งดูน้ำหนักของปลาที่เพิ่มขึ้นต่อวัน พบว่าปลานิลในกลุ่มที่มีการให้อาหารปลาและรีนน้ำจืดที่มีโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ผสมอยู่นั้น มีค่าอัตราการเจริญเติบโต (SGR) น้อยกว่าปลากลุ่มที่มีการให้อาหารปลาและรีนน้ำจืดเพียงอย่างเดียวในช่วงเวลาเดียวกัน แสดงว่าปลากลุ่มที่มีการให้อาหารปลาและรีนน้ำจืดที่มีโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ผสมอยู่นั้นมีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าปลากลุ่มที่มีการให้อาหารปลาและรีนน้ำจืดเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีการศึกษาหลายการศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสารหนูที่สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตให้สูงขึ้น โดยส่วนใหญ่มักศึกษากับ

สัตว์ปีกและสุกร ได้แก่ Dipalma (1971) รายงานว่าสารอินทรีย์ของสารหนูพวก Arsenilic acid เมื่อนำมาผสมลงในอาหารเลี้ยงไก่และปศุสัตว์ในอัตราที่เหมาะสมทำให้สัตว์เหล่านั้นมีอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับที่ Taweetiyano (1978) ทดลองให้ไก่กระทงกิน อาหารที่ผสมสารหนู (3-nitro-4-hydroxyphenyl) โดยไม่ใส่ยาปฏิชีวนะเลยพบว่า ไก่เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้มีการผิดปกติของร่างกายโดยเฉพาะบริเวณข้อต่อของกระดูกต่างๆ และ มาลินี ลิ้มโกคา (2523) ได้รายงานใน Feed Additive compendium ซึ่งกล่าวว่าควรมีสารอินทรีย์ของสารหนู (Arsenilic acid และ Sodium arsenilate) เป็นส่วนประกอบในอาหารของสุกรและสัตว์ปีกในขนาด 50-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มน้ำหนักตัวสัตว์และทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีรายงานผลของสารอื่นที่มีการเจริญเติบโตของปลา ได้แก่ Tokar (1968); Andersson et al. (1987) พบว่า Chinook salmon และปลา Fourhon sulpin จากแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง Adams et al. (1989) รายงานว่า ปลา redbreast sunfish (*Leopmis auritus*) ได้รับสาร PCBs, hydrocarbons, โลหะหนัก และคลอรีน มีการเจริญเติบโตช้าลง และ Onwumere & Oladimeji (1990) ศึกษาผลของโลหะหนักที่ปล่อยออกจากโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ในระดับความเข้มข้น 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อปลานิล *Oreochromis niloticus* นาน 8 สัปดาห์ พบว่า ปลากินอาหารได้น้อยลง และมีน้ำหนักตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปลากลุ่มควบคุม

จากการทดสอบพิษของเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อปลานิลจะเห็นได้ว่าปลานิลนั้นสามารถเจริญเติบโตและอยู่รอดได้ในแต่ละตำรับการทดลองแต่เมื่อมองในแง่ของการสะสมและการตกค้างของโลหะหนักแล้ว จะพบว่า ถึงแม้จะมีปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ในปริมาณน้อยแต่ก็สามารถเกิดการสะสมและการตกค้างในเนื้อเยื่อหรืออวัยวะต่างๆ ของปลาได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและระดับการบริโภคของห่วงโซ่อาหารได้ (Connell, 1988) ดังจะเห็นได้จากการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งได้มีการทดสอบวัดปริมาณการตกค้างของสารหนูและปรอทที่มีอยู่ในเนื้อปลาและตับของปลานิลบางส่วน พบว่า ปริมาณการตกค้างของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์มีปริมาณการตกค้างในเนื้อเยื่อตับเพิ่มสูงขึ้นถึงแม้ว่าจะมีการให้อาหารที่มีการผสมสารหนูและปรอทในปริมาณน้อยก็ตาม

5.2.2.4 ลักษณะจุลพยาธิวิทยาของเหงือกและตับปลานิล

จากผลการทดลองของพิษของเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์ และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกของปลานิล พบว่า เหงือกปลาส่วนใหญ่ในแต่ละกลุ่มการทดลอง มีลักษณะปกติเหมือนเหงือกปลาในกลุ่มควบคุมที่ทดสอบในระดับที่ทำให้ปลาตายร้อยละ 50 ส่วนปลากลุ่มทดลองที่เหลือมีลักษณะผิดปกติของเหงือก เช่นเดียวกับปลานิลที่ได้รับสารในระดับเฉียบพลัน แต่ยังคงพบว่ามีลักษณะผิดปกติเพิ่มเติมอีกคือการแยกตัวออกของเซลล์บุผิวที่กิ่งเหงือก (gill lamellae) ซึ่งลักษณะผิดปกติต่างๆ ที่พบนี้ อาจ

เป็นผลมาจากการรบกวนปลาเนื่องจากเปลี่ยนถ่ายน้ำตู้ปลาทุกๆ 3 วัน เป็นเวลานาน 30 วัน จึงทำให้เกิดความเครียดต่อปลาได้ (Wedemeyer, 1996) และความผิดปกติที่เกิดขึ้นจัดว่าเป็นความผิดปกติขั้นพื้นฐานที่ใช้อธิบายการเกิดพยาธิสภาพ ซึ่งความผิดปกติของเซลล์เหงือกนี้ทำให้เซลล์ไม่สามารถรักษาสมดุลออสโมติกให้เป็นปกติได้ และการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ในลักษณะเช่นนี้สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ก่อนที่เซลล์เหงือกส่วนมากจะตายไป (Meyer & Hendricks, 1985) จากลักษณะผิดปกติที่พบในเหงือกของปลาที่ทดสอบผลของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ อาจเป็นลักษณะการตอบสนองต่อการอักเสบของเหงือกปลาต่อสารละลายโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Mayer & Hendricks (1985) กล่าวว่า เหงือกปลามีการตอบสนองต่อการอักเสบ (inflammation response) ที่เกิดจากสารพิษชนิดต่างๆ หรือการติดเชื้อ ซึ่งทำให้สูญเสียพื้นที่ผิวในการหายใจ และอาจทำให้ปลาตายเพราะขาดออกซิเจน เช่นเดียวกับปลานิลที่ได้รับน้ำทั้งจากโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งมีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ พบว่า ส่วนกึ่งเหงือก (gill lamellae) มีการเชื่อมติดกัน เซลล์บุผิวเพิ่มจำนวนมากขึ้น (Onwumere & Oladimeji, 1990) จากการที่พบเนื้อเยื่อเหงือกปลานิลมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในระดับพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังเฉียบพลัน ทั้งนี้เนื่องจากเหงือกเป็นอวัยวะที่บอบบางมาก ต้องสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกตลอดเวลา และเป็นส่วนช่วยปรับสมดุลของน้ำในตัวปลา ดังนั้นเมื่อน้ำมีสารพิษเจือปนอยู่ จึงทำให้เซลล์เหงือกมีโอกาสผิดปกติและเสียหายได้ง่ายกว่าอวัยวะอื่นๆ

ส่วนการศึกษาผลการทดลองของพิษเรื้อรังเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับของปลานิล พบว่า ปลานิลในแต่ละกลุ่มการทดลองร้อยละ 80 ตับมีลักษณะปกติเหมือนที่ทดสอบในระดับพิษเฉียบพลัน ส่วนปลานิลที่เหลือร้อยละ 20 ของกลุ่มการทดลองที่มีโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ผสมอยู่นั้น ตับมีลักษณะผิดปกติ คือ เซลล์ตับตายเป็นหย่อมๆ (Focal necrosis) โดยเฉพาะบริเวณรอบเส้นเลือด ซึ่งคล้ายกับรายงานของ Frimmer & Ziegler (1988) กล่าวว่า เมื่อสารแปลกปลอม (xenobiotic) เข้าสู่ร่างกายโดยการกิน สารแปลกปลอมจะถูกส่งไปทำลายที่ตับโดยตรง โดยผ่านทาง hepatic portal vein เพื่อป้องกันหรือกำจัดการกระจายของสารพิษสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกาย (Carbis et al, 1992 อ้างถึงใน Klaassen & Watkins, 1996) ดังนั้นเซลล์ตับที่อยู่ใกล้เส้นเลือดจึงถูกทำลายก่อนเซลล์ตับที่อยู่ห่างออกไป และนอกจากนี้ยังพบความผิดปกติอื่นๆ อีก เช่น เห็นขอบเขตเซลล์ตับไม่ชัดเจน นิวเคลียสมีรูปร่างไม่แน่นอน และบางนิวเคลียสอัดแน่น (pyknotic nuclei) ไซนัสซอนด์ที่แทรกระหว่างเซลล์ตับขยายออก (sinusoid dilation) เป็นต้น ซึ่งคล้ายกับรายงานความผิดปกติที่พบในปลาชนิดอื่นๆ ที่พบว่า ปลา *Heteropneustes fossilis* รับสาร แคดเมียม (Ghosh & Chakrabarti, 1993) ปลา bluegill รับสารโซเดียมอาร์ซีไนท์ และปลา lake trout รับสารเอนโดซัลเฟน (Walsh & Ribelin, 1975) และปลา *Channa striatus* จากแหล่งที่มีมลพิษ (Kumari & Kumar, 1995) มีลักษณะผิดปกติที่เซลล์ตับบาง

บริเวณตายเป็นหย่อม ๆ และสลายตัวเห็นเป็นช่องว่างในเนื้อเยื่อตับ ในการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นว่าผลของพิษรองเฉียบพลันของโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเหงือกและตับปลานิลทำให้ลักษณะเนื้อเยื่อผิดปกติและยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อต่างๆ เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปลาได้รับโซเดียมอาร์ซีไนท์และเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่ปนอยู่กับอาหารปลาที่ปลาได้บริโภค จึงทำให้เกิดความผิดปกติของตับปลานิลเพิ่มมากขึ้น