



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์ประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตรจารย์ประมง

ชีววิทยาประมง

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคลซาไมด์ต่อหอยขม (*Filopaludina marlensi*) หอยจิ้งก  
(*Cerithidea cingulata*) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*)  
และลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Acute Toxicity of Niclosamide on Pond Snail (*Filopaludina marlensi*), Creeper Shell  
(*Cerithidea cingulata*), Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Giant Seaperch  
(*Lates calcarifer*) and Pacific White Shrimp Postlarvae (*Litopenaeus vannamei*)

นามผู้วิจัย นางสาวธารทิพย์ นภาอำไพพร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์ชลอ ลี้มสุวรรณ, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.Sc. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

สิงสิงณี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# วิทยานิพนธ์

## เรื่อง

การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคลซามิดต่อหอยขม (*Filopaludina marlensi*)  
หอยจิ้งก ( *Cerithidea cingulata*) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปลากระพงขาว  
(*Lates calcarifer*) และ ลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Acute Toxicity of Niclosamide on Pond Snail (*Filopaludina marlensi*), Creeper Shell  
(*Cerithidea cingulata*), Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Giant Seaperch (*Lates calcarifer*)  
and Pacific White Shrimp Postlarvae (*Litopenaeus vannamei*)

โดย

นางสาวธารทิพย์ นภาอำไพพร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)

พ.ศ. 2554

ชารทิพย์ นภาอำไพพร 2554: การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคลชาไมด์ต่อหอยขม (*Filopaludina marlensi*) หอยขี้เณก (*Cerithidea cingulata*) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*) และลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชลอ ลิมสุวรรณ, Ph.D. 200 หน้า

การศึกษาประสิทธิภาพของสารนิโคลชาไมด์ในการควบคุมหอยขม (*Filopaludina marlensi*) หอยขี้เณก (*Cerithidea cingulata*) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*) โดยวิธีชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (static bioassay) พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารนิโคลชาไมด์ที่ทำให้หอยขมตายครึ่งหนึ่ง (median lethal concentration) ภายในเวลา 48 ชั่วโมง (48-hr LC<sub>50</sub>) ที่ระดับพีเอชของน้ำที่ 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 มีค่าเท่ากับ 0.25, 0.20, 0.21 และ 0.24 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ระดับความเข้มข้นที่ทำให้หอยขี้เณกตายครึ่งหนึ่งภายในเวลา 96 ชั่วโมง (96-hr LC<sub>50</sub>) ที่ระดับความเค็ม 25 และ 30 พีพีที มีค่าเท่ากับ 0.48 และ 0.29 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนพีเอชของน้ำที่ 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 มีค่าเท่ากับ 0.22, 0.33, 0.34 และ 0.48 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ที่ระดับความเป็นด่าง (alkalinity) 60-80, 120-140 และ 180-200 พีพีเอ็ม มีค่าเท่ากับ 0.37, 0.48 และ 0.48 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนระดับความเข้มข้นที่ทำให้ปลานิลตายครึ่งหนึ่งภายในเวลา 48 ชั่วโมง (48-hr LC<sub>50</sub>) ที่ระดับความเค็ม 0, 5 และ 15 พีพีที มีค่าเท่ากับ 0.5, 0.93 และ 1.07 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนพีเอชของน้ำที่ 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า 48-hr LC<sub>50</sub> มีค่าเท่ากับ 0.42, 0.52, 0.83 และ 0.98 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และระดับความเข้มข้นที่ทำให้ปลากระพงขาวตายครึ่งหนึ่งภายในเวลา 48 ชั่วโมง (48-hr LC<sub>50</sub>) ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 15 และ 25 พีพีที มีค่าเท่ากับ 0.32, 0.5, 0.57 และ 0.65 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนพีเอชของน้ำที่ 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า 48-hr LC<sub>50</sub> มีค่าเท่ากับ 0.24, 0.36 และ 0.49 พีพีเอ็ม ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเป็นพิษของสารนิโคลชาไมด์ต่อหอยขมที่พีเอชต่างกันมีค่าใกล้เคียงกันแต่ความเป็นพิษต่อหอยขี้เณกและปลากระพงขาวที่พีเอชสูงชันความเป็นพิษของสารนิโคลชาไมด์จะลดลง ส่วนความเป็นพิษของสารนิโคลชาไมด์ต่อปลานิลและปลากระพงขาวความเค็มสูงชันความเป็นพิษของสารนิโคลชาไมด์ลดลง และที่ระดับความเป็นด่างสูงความเป็นพิษของสารนิโคลชาไมด์ต่อหอยขี้เณกจะลดลงเช่นกัน สำหรับค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน (acute toxicity) ของสารนิโคลชาไมด์ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 ที่ระดับความเค็ม 5, 15 และ 25 พีพีที ได้ค่า 48-hr LC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.5, 1.01 และ 1.36 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนพีเอชของน้ำที่ 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า 48-hr LC<sub>50</sub> มีค่าเท่ากับ 0.47, 0.92 และ 1.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนระยะปลอดภัยของสารนิโคลชาไมด์ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 เมื่อใช้สารนิโคลชาไมด์ความเข้มข้น 2.0 พีพีเอ็ม ซึ่งเป็นระดับที่ฆ่าปลานิลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า เมื่อปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 ลงไปในน้ำที่ผสมสารนิโคลชาไมด์จนได้ความเข้มข้น 2.0 พีพีเอ็ม และทิ้งไว้เป็นเวลานาน 6-10 วันจะไม่เป็นอันตรายต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม ดังนั้น ในแหล่งการเลี้ยงกุ้งที่มีปลาและหอยขี้เณกมากควรใช้สารนิโคลชาไมด์ เข้มข้นประมาณ 2.0 พีพีเอ็ม ในการเตรียมน้ำนานไม่ต่ำกว่า 7 วัน จึงจะปล่อยลูกกุ้งลงไป ในบ่อจะสามารถลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นจากปลาและหอยขี้เณกได้

Tanthip Napaumpaiporn 2011: Acute Toxicity of Niclosamide on Pond Snail (*Filopaludina marlensi*), Creeper Shell (*Cerithidea cingulata*), Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Giant Seaperch (*Lates calcarifer*) and Pacific White Shrimp Postlarvae (*Litopenaeus vannamei*). Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 200 pages.

This study was undertaken to find the median lethal concentration of niclosamide needed to kill pond snail (*Filopaludina marlensi*), creeper shell (*Cerithidea cingulata*), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and giant seaperch (*Lates calcarifer*) by using static bioassays. The median lethal concentration of niclosamide needed to kill pond snail in 48 hours (48-hr LC<sub>50</sub>) at water with pH 7.0, 7.5, 8.0 and 8.5 was 0.25, 0.20, 0.21 and 0.24 ppm, respectively. The median lethal concentration of niclosamide needed to kill creeper shell in 96 hours (96-hr LC<sub>50</sub>) at different salinity, pH and alkalinity levels. In water with salinity of 25 and 30 ppt the 96-hr LC<sub>50</sub> was 0.48 and 0.29 ppm, respectively. In water with pH 7.0, 7.5, 8.0 and 8.5 the 96-hr LC<sub>50</sub> was 0.22, 0.33, 0.34 and 0.48 ppm, respectively. In water with alkalinity of 60-80, 120-140 and 180-200 ppm the 96-hr LC<sub>50</sub> was 0.37, 0.48 and 0.48 ppm, respectively. The median lethal concentration of niclosamide needed to kill Nile tilapia in 48 hours at different salinity and pH levels were studied. In water with salinity of 0, 5 and 15 ppt, the 48-hr LC<sub>50</sub> was 0.5, 0.93 and 1.07 ppm, respectively. In water with pH 7.0, 7.5, 8.0 and 8.5 the 48-hr LC<sub>50</sub> was 0.42, 0.52, 0.83 and 0.98 ppm, respectively. The 48-hr LC<sub>50</sub> of niclosamide on giant seaperch at salinity of 0, 5, 15 and 25 ppt was 0.32, 0.5, 0.57 and 0.65 ppm, respectively. In water pH 7.5, 8.0 and 8.5 the 48-hr LC<sub>50</sub> was 0.24, 0.36 and 0.49 ppm, respectively. Toxicity of niclosamide to pond snail at different pH levels was thus found to be similar. However, as the salinity pH and alkalinity increased the toxicity of niclosamide decreased. The acute toxicity of niclosamide to Pacific white shrimp postlarvae 12 (PL12) was also tested with static bioassays. In water with salinity of 5, 15 and 25 ppt the 48-hr LC<sub>50</sub> was 0.5, 1.01 and 1.36 ppm, respectively. In water with pH 7.5, 8.0 and 8.5 the 48-hr LC<sub>50</sub> was 0.47, 0.92 and 1.2 ppm, respectively. When 2.0 ppm niclosamide (the concentration that could kill 100 percent of the Nile tilapia within 48 hours) was used to test the safety period to PL12. After the water at 2.0 ppm niclosamide was left to rest for 6-10 days before stocking PL12, the shrimp remained unaffected. It was concluded that in shrimp raising area that are affected by fishes and creeper shell outbreaks, niclosamide should be used in a concentration of 2.0 ppm to kill the fishes and creeper shell and the water should be left to degrade for at least 7 days before stocking the shrimp.

---

Student's signature

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชลอ ลิมสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิตี ชูเชิด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษา  
แนะนำในด้านการทดลองและการตรวจแก้ไขข้อมูลต่างๆ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน  
จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณบริษัท ไบเออร์ ประเทศไทย จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาวิจัยครั้ง  
นี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นนทวิทย์ อารีรัชชาน ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.  
เต็มดวง สมศิริ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

ขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆ ทุกคน ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ในการศึกษาวิจัย  
ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการ  
ทำงานจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ธารทิพย์ นภาอำไพพร  
มีนาคม 2554



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสามารถในการละลายของนิโคซาไมด์	32
2	ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารนิโคซาไมด์ต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ	37
3	อัตราการตายสะสมของหอยขมเนื่องจากนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 7.0	46
4	อัตราการตายสะสมของหอยขมเนื่องจากนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 7.5	50
5	อัตราการตายสะสมของหอยขมเนื่องจากนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 8.0	54
6	อัตราการตายสะสมของหอยขมเนื่องจากนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 8.5	57
7	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมงของหอยขมเนื่องจากนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับ พีเอชต่างกัน	58
8	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ความเค็ม 25 พีพีที	61
9	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความเค็ม 30 พีพีที	65
10	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 และ 96 ชั่วโมงของหอยจิ้งก่ เนื่องจากนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ความเค็ม 25 และ 30 พีพีที	66
11	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ระดับพีเอช 7.0	69
12	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ระดับ พีเอช 7.5	73
13	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่ระดับพีเอช 8.0	77

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคลชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 8.5	81
15	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 และ 96 ชั่วโมงของหอยจิ้งก่ เนื่องจากนิโคลชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอชต่างกัน	82
16	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคลชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับความเป็นด่าง 60-80 พีพีเอ็ม	85
17	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคลชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับความเป็นด่าง 120-140 พีพีเอ็ม	89
18	อัตราการตายสะสมของหอยจิ้งก่เนื่องจากสารนิโคลชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับความเป็นด่าง 180-200 พีพีเอ็ม	93
19	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 และ 96 ชั่วโมงของหอยจิ้งก่ เนื่องจากนิโคลชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับความเป็นด่างต่างกัน 3 ระดับ	94
20	อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำความเค็ม 0 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง	97
21	อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำความเค็ม 5 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง	100
22	อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำความเค็ม 15 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง	103
23	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคลชาไมด์ต่อปลานิลที่ระดับความเค็มต่างกัน 3 ระดับ	104
24	อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำพีเอช 7.0 ในเวลา 48 ชั่วโมง	107
25	อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำพีเอช 7.5 ในเวลา 48 ชั่วโมง	110

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆในน้ำพีเอช 8.0 ในเวลา 48 ชั่วโมง	113
27	อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความ เข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำพีเอช 8.5 ในเวลา 48 ชั่วโมง	117
28	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคลชาไมด์ต่อปลานิลที่ระดับ พีเอชต่างกัน	118
29	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆในน้ำความเค็ม 0 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง	121
30	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆในน้ำความเค็ม 5 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง	124
31	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆในน้ำความเค็ม 15 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง	127
32	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆในน้ำความเค็ม 25 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง	130
33	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคลชาไมด์ต่อปลากะพงขาวที่ ระดับความเค็มต่างกัน	131
34	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆในน้ำพีเอช 7.5 ในเวลา 48 ชั่วโมง	134
35	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆในน้ำพีเอช 8.0 ในเวลา 48 ชั่วโมง	137
36	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆในน้ำพีเอช 8.5 ในเวลา 48 ชั่วโมง	140
37	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคลชาไมด์ต่อปลากะพงขาวที่ ระดับพีเอชต่างกัน	141

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
38	อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมค์ในระดับต่างๆกันในน้ำความเค็ม 5 พีพีที	143
39	อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมค์ในระดับต่างๆกันในน้ำความเค็ม 15 พีพีที	146
40	อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมค์ในระดับต่างๆกันในน้ำความเค็ม 25 พีพีที	149
41	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมงของกุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL 12 เนื่องจากประสิทธิภาพของนิโคตชาไมค์ที่ระดับความเค็มต่างกัน	150
42	อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมค์ในระดับต่างๆกันในน้ำพีเอช 7.5	152
43	อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมค์ในระดับต่างๆกันในน้ำพีเอช 8.0	155
44	อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมค์ในระดับต่างๆกันในน้ำพีเอช 8.5	158
45	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมงของกุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL 12 เนื่องจากประสิทธิภาพของนิโคตชาไมค์ที่ระดับพีเอชต่างกัน	159
46	เปอร์เซ็นต์การตายของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ 12, 24 และ 48 ชั่วโมงหลังจากได้รับสารนิโคตชาไมค์ที่ระดับความเข้มข้น 2.0 พีพีเอ็ม ที่ทิ้งไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน	161
47	ค่า $LC_{50}$ ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคตชาไมค์ต่อสัตว์ทดลองชนิดต่างๆ	165

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	วิธีการคำนวณความลาดชันและจุดตัดแกนตั้ง ตามวิธีวิเคราะห์แบบโพรบิต	180
ก2	การคำนวณครั้งที่ 1	181
ก3	การคำนวณครั้งที่ 2	182
ก4	การคำนวณครั้งที่ 3	183
ก5	การเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์การตายเป็นไพโรบิต	186
ก6	ค่าโพรบิตต่ำสุด (Minimum Probit) โพรบิตสูงสุด (Maximum Probit)	187
ก7	สัมประสิทธิ์ของการถ่วงน้ำหนัก (w)	189
ข1	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคเลซาไมด์ต่อ หอยขมพีเอช 7.0	191
ข2	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคเลซาไมด์ต่อ หอยขมพีเอช 7.5	191
ข3	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคเลซาไมด์ต่อ หอยขมพีเอช 8.0	191
ข4	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคเลซาไมด์ต่อ หอยขมพีเอช 8.5	191
ข5	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคเลซาไมด์ต่อ หอยจิ้งก ความเค็ม 25 พีพีที	192
ข6	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคเลซาไมด์ต่อ หอยจิ้งก ความเค็ม 30 พีพีที	192
ข7	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคเลซาไมด์ต่อ หอยจิ้งกพีเอช 7.0	192
ข8	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคเลซาไมด์ต่อ หอยจิ้งกพีเอช 7.5	192

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข9	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ หอยจิ้งก่ฟิเอช 8.0	193
ข10	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ หอยจิ้งก่ฟิเอช 8.5	193
ข11	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ หอยจิ้งก่ที่ค่าความเป็นด่าง 60-80 พีพีเอ็ม	193
ข12	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ หอยจิ้งก่ที่ค่าความเป็นด่าง 120-140 พีพีเอ็ม	193
ข13	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ หอยจิ้งก่ที่ค่าความเป็นด่าง 180-200 พีพีเอ็ม	194
ข14	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลานิล ความเค็ม 0 พีพีที	194
ข15	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลานิล ความเค็ม 5 พีพีที	194
ข16	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลานิล ความเค็ม 15 พีพีที	194
ข17	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลานิล ฟิเอช 7.0	195
ข18	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลานิล ฟิเอช 7.5	195
ข19	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลานิล ฟิเอช 8.0	195
ข20	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลานิล ฟิเอช 8.5	195
ข21	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลากะพงขาว ความเค็ม 0 พีพีที	196

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข22	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลากระพงขาว ความเค็ม 5 พีพีที	196
ข23	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลากระพงขาว ความเค็ม 15 พีพีที	196
ข24	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลากระพงขาว ความเค็ม 25 พีพีที	196
ข25	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลากระพงขาว พีเอช 7.5	197
ข26	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลากระพงขาว พีเอช 8.0	197
ข27	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ ปลากระพงขาว พีเอช 8.5	197
ข28	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ กึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 12 ที่ความเค็ม 5 พีพีที	197
ข29	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ กึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 12 ที่ความเค็ม 15 พีพีที	198
ข30	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ กึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 12 ที่ความเค็ม 25 พีพีที	198
ข31	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ กึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 12 พีเอช 7.5	198
ข32	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ กึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 12 พีเอช 8.0	198
ข33	ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมด์ต่อ กึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 12 พีเอช 8.5	199

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระยะคลีเวจของ <i>Trochus</i> sp.	11
2	ระยะต้นของ โทร โคฟอร์ของหอย <i>Epimania verrucosa</i> เมื่อมองทางด้านข้าง (ventral view)	13
3	แผนผังการพัฒนาเอมบริโอของหอย <i>Limnaea stagnalis</i>	14
4	ซีกขาวของเอมบริโอหอย <i>Pomatias elegans</i> ในระยะกลางของเวลิเจอร์ (mid veliger stage) ก่อนการบิดตัว	15
5	ระยะเวลิเจอร์ของหอย <i>Crepidula formicate</i>	21
6	การบิดตัวในหอย <i>Haliotis tuberculata</i>	22
7	ลักษณะเท้าของหอย <i>Ilyanassa obsoleta</i> เมื่ออายุ 9 วัน	23
8	การสมมาตรของเอมบริโอหอย <i>Fusus</i>	24
9	สูตรโครงสร้างของนิโคลซาไมด์	30
10	สูตรโครงสร้างของ niclosamide (2',5-dichloro-4'-niclosalicylanilide): (2), (3), (5) เป็นรูปที่ ละลายน้ำได้ (4) และ (6) เป็นรูปที่ตกตะกอน	34
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ก1	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายสะสมและความเข้มข้นของนิโคลซาไมด์ที่ใช้ในการประเมินค่า $LC_{50}$ ของหอยขม ที่ระดับพีเอช 7.0	185

การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคลซามิเดต่อหอยขม (*Filopaludina marlensi*)  
หอยขี้ก ( *Cerithidea cingulata* ) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปลากะพงขาว  
(*Lates calcarifer*) และลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Acute Toxicity of Niclosamide on Pond Snail (*Filopaludina marlensi*), Creeper  
Shell (*Cerithidea cingulata*), Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Giant Seaperch  
(*Lates calcarifer*) and Pacific White Shrimp Postlarvae (*Litopenaeus vannamei*)

คำนำ

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่นั้นปี พ.ศ. 2545 เมื่อกรมประมงอนุญาตให้มีการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อเข้ามาทดลองเลี้ยงซึ่งในช่วงเวลาเดียวกับเกษตรกรส่วนใหญ่ที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) กำลังประสบปัญหากุ้งโตช้าทำให้ผลผลิตลดลง ในขณะที่การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้ผลดี เกษตรกรส่วนใหญ่จึงเปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เนื่องจากกุ้งชนิดนี้ได้ผ่านการพัฒนาสายพันธุ์มาเป็นเวลานานทำให้เลี้ยงง่ายมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ขนาดใกล้เคียงกันและให้ผลผลิตต่อไร่สูง สามารถเลี้ยงได้ทั้งในน้ำความเค็มปกติและน้ำความเค็มต่ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีการปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นสูง ทำให้เกิดปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ในระหว่างการเลี้ยงมากมาย เช่น การเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพน้ำ การเกิดโรคระบาดต่างๆ ที่มักพบอยู่เสมอ นอกจากนี้ในบางพื้นที่ของการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติมีปัญหาที่สำคัญ คือ การพบสัตว์น้ำอื่นๆ หลายชนิดจำนวนมากในบ่อเลี้ยง เช่น กุ้งตะกาด กุ้งกะต้อม เคยตาดำ เคยตาแดง ปลาหมอเทศ ปลาตะกั่ว ปลาเกล็ดขาวเม่า ปลาเห็ด โคน ปลาบู๋ใส ปลาจุมพรวด ปลาเขือ ปูม้า ปูทะเล ปูเปี้ยว ซึ่งปริมาณและชนิดของสัตว์น้ำเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล ( บรรจง, 2521 ; ชลอ, 2534) ส่วนในพื้นที่ที่เลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำก็พบปัญหานี้เช่นกัน โดยจะพบสัตว์น้ำ เช่น ตัวอ่อนแมลงปอ กุ้งฝอย ปู ลูกอ๊อด หอยน้ำจืดชนิดต่าง ๆ ปลาหมอไทย และปลานิล (ชลอ, 2543)

นอกจากนี้ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่เป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในพื้นที่ความเค็มปกติคือการระบาดของหอยขี้ก (*Cerithidea cingulata*) ซึ่งเป็นหอยฝาเดียวเปลือกแข็งเปลือกเป็นเกลียวเหมือนรูปเจดีย์เป็นปล้องๆ ส่วนล่างของเปลือกมีฝาปิด (operculum) ปกติอาศัยอยู่

บนพื้นดินตามป่าชายเลน บริเวณหาดชายเลน (สุนันท์ และคณะ, 2537) หอยชนิดนี้พบมากตาม แหล่งเลี้ยงกุ้งบริเวณชายฝั่งทะเล การแพร่ขยายพันธุ์จะเป็นไปอย่างรวดเร็วและรุนแรงอยู่รวมกัน เป็นกลุ่มๆ ซึ่งพบว่าบริเวณพื้นที่ที่มีหอยชนิดนี้ระบาดรุนแรงในเนื้อที่ 1 ตารางเมตร มีมากกว่า 5,000 ตัว หอยชนิดนี้ไม่ได้กินลูกกุ้งแต่จะแย่งพื้นที่อาศัยในบ่อ (วสันต์ และ ธนงศักดิ์, 2518) โดยเฉพาะลูกหอยที่เกิดใหม่ซึ่งกำลังเจริญเติบโตจะดึงธาตุแคลเซียม ( $Ca^{2+}$ ) และคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) จากน้ำนำมาสร้างเปลือกซึ่งเป็นสารประกอบหินปูน (วันทนา, 2541) ทำให้ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำลดลง มีผลต่อการลอกคราบของลูกกุ้งที่เพิ่งปล่อยลงบ่อ บ่อเลี้ยงกุ้งที่พบหอย ขึ้นจำนวนมากจะมีปัญหาทางการจัดการคุณภาพน้ำ เช่น ค่าความเป็นด่างของน้ำ ค่าพีเอชและการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอน บ่อที่มีหอยขึ้นมากในปริมาณมากน้ำจะใส มีผลทำให้อัตราการรอดตายของลูกกุ้งต่ำและกุ้งมีการเจริญเติบโตช้าเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงพบว่าผลผลิตกุ้งที่ได้จากบ่อที่มีการระบาดของหอยขึ้นจะต่ำกว่าบ่อที่ไม่มีหอยขึ้น (กฤษณา, 2540)

จากปัญหาดังกล่าวหลังจากการจับกุ้งเกษตรกรได้ใช้วิธีการตากบ่อให้แห้งเพื่อลดปริมาณ หอยในบ่อเลี้ยง นอกจากนั้นมีการนำสารต่าง ๆ มาใช้กำจัดในช่วงเตรียมบ่อ เช่น เบรสเดน 60 เปอร์เซนต์ (วสันต์ และ ธนงศักดิ์, 2518) กากชา (ประพันธ์, 2524) คลอรีน และ คอปเปอร์ซัลเฟต (จุนสี) เป็นต้น แต่ยังไม่ได้ผลต่อการกำจัดหอยขึ้นกเท่าที่ควรอีกทั้งสารเหล่านี้ยังต้องใช้ในระดับ ความเข้มข้นค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อกุ้งได้ (กฤษณา, 2540; ประพันธ์, 2524) ในช่วงเวลา ที่ผ่านมามีเกษตรกรนำสารนิโคลชาไมด์ซึ่งเป็นสารกำจัดหอย (molluscicide) มาใช้ในการกำจัด หอยเซอร์รีในนาข้าวซึ่งเป็นหอยฝาเดียวเช่นเดียวกับหอยขึ้นก พบว่าสารดังกล่าวมีประสิทธิภาพใน การควบคุมหอยเซอร์รี มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำและพืชน้ำค่อนข้างต่ำจึงมีความปลอดภัยสูง และ สามารถสลายตัวเร็วในธรรมชาติ การศึกษาประสิทธิภาพของสารนิโคลชาไมด์ครั้งนี้เพื่อเป็น แนวทางในการกำจัดหอยขึ้นกและสัตว์น้ำอื่นๆที่มักจะพบและก่อให้เกิดปัญหาในการเลี้ยงกุ้ง หา ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำและปลอดภัยก่อนปล่อยลูกกุ้งลงเลี้ยงในบ่อ

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ในการควบคุมหอยขมในน้ำจืด ที่ระดับพีเอช ต่างๆ กัน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ในการควบคุมหอยขึ้นกในน้ำความเค็ม 25 และ 30 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) ที่ระดับพีเอช และค่าความเป็นด่างต่างๆ กัน
3. เพื่อศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลาไนที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0, 5 และ 15 พีพีที ที่ระดับพีเอชต่างๆ กัน
4. เพื่อศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลากะพงขาวที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0, 5, 15 และ 25 พีพีที ที่ระดับพีเอชต่างๆ กัน
5. เพื่อศึกษาพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 5, 15 และ 25 พีพีที เมื่อทดสอบที่ระดับพีเอชต่างๆ กัน
6. เพื่อศึกษาระยะปลอดภัยของสารนิโคตชาไมด์ต่อกุ้งระยะโพสลาาร์ว่า 12

## การตรวจเอกสาร

### การจำแนกชนิดของหอยจิ้งก

หอยจิ้งกสามารถจัดจำแนกตามหลักอนุกรมวิธานตาม Morton (1967) และ Wilson (1994) ดังนี้

Phylum	Mollusca
Subphylum	Conchifera
Class	Gastropoda
Subclass	Prosobranchia
Order	Mesogastropoda
Family	Cerithidae
Genus	<i>Cerithidea</i>
Species	<i>cingulata</i>

หอยจิ้งกหรือที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งเรียกว่าหอยเจดีย์ มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Horn Shell, Creeper, Sand Creeper เป็นหอยทะเลฝาเดียวที่มีลักษณะของเปลือกเรียวแหลมคล้ายเจดีย์ โดยเปลือกม้วนเป็นวง ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตอบอุ่นและเขตร้อน พบตามหาดหิน หาดโคลน บนพื้นทราย และตามพีชน้ำในทะเลมีส่วนน้อยที่อยู่ในน้ำจืดและน้ำกร่อย (โชติ, 2509; สุชาติ และคณะ, 2538; ติลา และ รังสีไชย, 2539)

### ชีววิทยาของหอยทะเลกาบเดี่ยว

วันทนา (2541) ได้อธิบายลักษณะชีววิทยาของหอยทะเลกาบเดี่ยวไว้ดังนี้

#### 1. โครงสร้างเปลือกหอย

เปลือกเป็นส่วนที่หอยสร้างขึ้นเพื่อปกป้องให้พ้นอันตรายจากศัตรูและการผันแปรของสภาพแวดล้อม ในสภาวะที่คาดว่าปลอดภัย หอยจึงยื่นหัวและเท้าออกมานอกเปลือกเพื่อ

เคลื่อนที่และหาอาหาร หอยจะสร้างเปลือกที่มีรูปร่าง สี และลวดลายเฉพาะตัวโดยจะรวบรวมธาตุแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และคาร์บอเนต ( $\text{CO}_3$ ) จากบริเวณที่อาศัยสร้างเป็นสารประกอบหินปูนที่ถูกดูดซับไว้ด้วยสารโปรตีนจำพวกคอนคิโอลิน (conchiolin) แล้วนำมาสร้างเปลือก หินปูนดังกล่าวอยู่ในรูปของแคลไซต์ (calcite) และอราโกไนท์ (aragonite) ที่มีรูปผลึกเป็นแบบต่างๆกันถึง 8 แบบ ในเปลือกหอยจะมีผลึกอยู่ 2-3 แบบ

ฝาปิดเปลือก (operculum) จะติดอยู่ที่ด้านบนของเท้า ฝาปิดเปลือกเป็นสารพวกไคติน (chitin) ซึ่งเป็นสารพวกโปรตีน ลักษณะของฝาปิดมีรูปร่างตามลักษณะของช่องเปิด ตำแหน่งที่เริ่มเกิดเปลือกเรียกว่า นิวเคลียส (nucleus) ซึ่งหอยขึ้นก็มีนิวเคลียสก่อนไปทางริม (subcentral) ของฝาปิด

## 2. ลักษณะตัวของหอย

ลำตัวของหอยที่ซ่อนอยู่ใต้เปลือกที่แข็งนั้นมีลักษณะอ่อนนุ่มมีโครงสร้างดังนี้

2.1 แมนเทิล (mantle) เป็นแผ่นเนื้อที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ชั้นนอกสุดอยู่ติดกับเปลือก ทำหน้าที่สร้างเปลือก ชั้นกลางรับสัมผัส และชั้นในสุดอยู่ติดกับตัวหอย ขอบของแมนเทิลเรียบ

2.2 การบิดตัว (torsion) ทำให้ลำตัวซีกซ้ายและขวาไม่เท่ากัน เกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงแรกของการเจริญเติบโต คือ ในระยะตัวอ่อนหอยจะมีลำตัวซีกซ้ายกับขวาเหมือนกันและเท่ากัน ทางเดินอาหารเป็นทางตรง ช่องแมนเทิลอยู่ทางตอนท้าย เมื่อเติบโตขึ้นกล้ามเนื้อซีกขวาเจริญเร็วกว่าทางซีกซ้าย ทำให้ตัวงอเป็นมุมจาก อวัยวะซีกขวาและซ้ายไม่เท่ากัน ต่อมาหอยงอตัวมากขึ้นจนบิดไป 180 องศา ทำให้ช่องแมนเทิลย้ายมาอยู่ทางด้านหน้า ทางเดินอาหารวกกลับ ช่องทวารมาอยู่ทางด้านหน้า เส้นประสาทด้านซ้ายและขวากลับที่กัน (Drummond, 1902) เหงือกซึ่งอยู่ในช่องแมนเทิล จึงอยู่หน้าหัวใจและเหงือกที่หันกลับมามีอยู่ทางด้านหน้า ทำให้ได้สัมผัสกับน้ำที่ยังไม่ถูกกวนให้ขุ่นจึงมีผลให้การทำงานของเหงือกและออสฟราเดียม (osphradia) สามารถตรวจสอบสภาพของน้ำก่อนจะเข้าสู่ตัวหอยและสามารถหลีกเลี่ยงได้ในทันทีทันใด นอกจากนี้การมีช่องอยู่ใต้เปลือกด้านหน้า ทำให้ส่วนหัวหดเข้าภายในเปลือกได้ทันทีเมื่อตกใจหรือต้องการหลบศัตรูหรือสารพิษ

2.3 เหงือก (gill) เป็นอวัยวะสำคัญใช้สำหรับหายใจ ประกอบด้วย แกนเหงือก (gill axis) และ ซี่เหงือก (gill filament) ซี่เหงือกประกอบด้วยแผ่นเหงือก (gill lamella) จำนวนมาก หอยจิ้งมีเหงือก 1 แผ่นเป็นแบบ monopectinate gill หรือ pectinibranch gill คือมีแผ่นเหงือกติดอยู่เพียงด้านเดียวของแกนเหงือก มีซี่เหงือกสั้นและฐานใหญ่ ลักษณะเช่นนี้เป็นการลดการอุดตันของซี่เหงือก ทำให้อยู่ในบริเวณที่น้ำขุ่น หรือฝังตัวอยู่ใต้พื้นโคลนและทรายได้ จัดเป็น โครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของหอยกาบเดี่ยวที่อยู่ในทะเล

### 3. ลักษณะการกินอาหาร

หอยจะกินพวกอินทรีย์สารขนาดเล็ก (detritus feeder) ที่อยู่ในรูปของตะกอนที่ปะปนกับทรายหรือโคลน และยังกินพวกสาหร่ายขนาดเล็กและแบคทีเรียที่อยู่ตามพื้นทรายหรือโคลน

### 4. อวัยวะที่ใช้ในการกินอาหาร

อวัยวะที่เกี่ยวข้องในการกินอาหารของหอยเริ่มตั้งแต่ ปาก (mouth) ช่องปาก (buccal cavity) เขี้ยว (jaw) และแผงฟัน (radula) ปากของหอยจิ้งมีงอยปาก (snout) สั้น

แผงฟันมีลักษณะเป็นแถบแบนบางประกอบไปด้วยซี่ฟัน (radula teeth) ที่เรียงอยู่บนแถบเนื้อเยื่อที่รองรับ (radula membrane) ปลายหน้าของแผงฟันวางอยู่บนแผ่นแข็ง ส่วนที่เหลือขดเป็นวงอยู่ในกระเปาะ (radula pouch) ซึ่งอยู่ด้านในของช่องปาก แผงฟันทำหน้าที่ขูด จิก บดอาหาร และส่งอาหารเข้าปาก เมื่อใช้งานมากๆ ซี่ฟันที่เกิดมาก่อนและอยู่ที่ปลายหน้าก็จะหลุดไป โดยมีฟันใหม่ทยอยเกิดขึ้นเรื่อยๆ ส่วนที่ทำหน้าที่สร้างฟันคือ โอดอนโตบลาส (odontoblast) ซึ่งอยู่ที่ฐานของกระเปาะ (radula pouch)

### 5. ระบบทางเดินอาหาร

หอยจิ้งเป็นหอยกาบเดี่ยวที่กินอาหารขนาดเล็ก ต่อม น้ำลายและผนังของทางเดินอาหารส่วนต้นจะผลิตเมือกเพื่อให้อาหารในช่องปากจับตัวกันเป็นก้อน ผนังทางเดินอาหารส่วนต้นบุด้วยเซลล์ขน (ciliated cell) ที่ทำให้ก้อนอาหารเคลื่อนตัวไปได้ด้วยการเคลื่อนไหวของขน และยังมิต่อมผลิตน้ำย่อยคือ ต่อมอีโซฟาเจียล (esophageal gland) ที่ผลิตน้ำย่อย อไมเลส (amylase) ส่วน

อวัยวะที่ทำหน้าที่ในการย่อยอาหาร (digestive diverticulum) ที่อยู่สองข้างของกระเพาะผลิตน้ำย่อยโปรทีเอส (protease)

กระเพาะอาหารของหอยแยกเป็น 3 บริเวณ คือ

1. sorting area เป็นบริเวณที่มีขน (cilia) หนาแน่น อาหารที่ผ่านลงไปถึงกระเพาะจะถูกคัดเลือกที่บริเวณนี้ ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่เกินไป หรือใช้เป็นอาหารไม่ได้จะตกค้างอยู่ตามช่องของผนังกระเพาะ และถูกส่งไปยังลำไส้เล็ก ส่วนที่ใช้เป็นอาหารถูกส่งไปยังกระเพาะย่อยอาหาร (digestive diverticulum) เพื่อย่อยและดูดซึมต่อไป

2. gastric shield เป็นส่วนของกระเพาะที่บุไว้ด้วยไคติน (chitin) มักเป็นบริเวณที่จะถูกกระแทก จึงเป็นส่วนที่ช่วยให้ผนังกระเพาะแข็งแรงขึ้น

3. style sac เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ภายในถุงมีเมือกและกากอาหารที่อัดแน่นเป็นก้อนแข็ง เรียก โปรโตสไตล์ (protostyle) การย่อยอาหารขั้นสุดท้ายและการดูดซึมเกิดในต่อมย่อยอาหาร (digestive gland, digestive diverticulum) กากอาหารถูกส่งไปยังลำไส้เล็ก ลำไส้ตรงและช่องทวารหนัก

6. หัวใจและเส้นเลือด

หัวใจมีลักษณะเป็นเส้นเลือดที่พองออกอยู่ภายในช่องว่างรอบหัวใจ ประกอบด้วยออริเคิล (auricle) 1 ห้อง และเวนทริเคิล (ventricle) 1 ห้อง เรียกว่า เป็นพวกโมโนคาเดีย (monocardia)

เลือดของหอยเรียก ฮีโมลิมพ์ (hemolymph) เป็นของเหลวใส ไม่มีสี หรือสีฟ้าอ่อน มีทองแดง (Cu) และฮีโมไซยานิน (hemocyanin) เป็นส่วนประกอบ เส้นเลือดที่สำคัญคือเส้นเลือดแดงทางด้านหน้า (anterior aorta) และเส้นเลือดแดงทางด้านหลัง (posterior aorta) เส้นเลือดดำเห็นได้ยากเนื่องจากมีผนังบางและมักจะโป่งพองแทรกอยู่ทั่วตัวที่เรียกว่า ลาคูนา (lacuna) หรือ ไชนัส (sinus)

## 7. ระบบประสาท

ระบบประสาทประกอบด้วยปมประสาทและเส้นประสาท ตอนหน้าของลำตัวมีปมประสาท 3 คู่ คือ ปมประสาทสมอง (cerebral ganglion) ปมประสาทข้างตัว (pleural ganglion) และปมประสาทเท้า (pedal ganglion) มีเส้นประสาทเชื่อมโยงกันระหว่างปมประสาททั้งสามเป็นวงแหวนอยู่รอบหลอดอาหาร จากปมประสาทข้างตัว มีเส้นประสาทไปเชื่อมกับปมประสาทพาไรทัล (parietal ganglion) และปมประสาทวิสเซอร์รัล (visceral ganglion) เกิดเป็นวงรีเรียกวิสเซอร์รัลลูป (visceral loop) การบิดตัวทำให้วิสเซอร์รัลลูปบิดเป็นรูปเลข 8 ปมประสาทข้างตัวที่อยู่ซีกขวากลับไปอยู่ทางซ้ายเหนือลำไส้ เรียกว่า supra intestinal ganglion และปมประสาทข้างตัวที่อยู่ทางซ้ายกลับไปอยู่ซีกขวา ทางด้านล่างของลำไส้ เรียกว่า subintestinal ganglion

## 8. การรับสัมผัส

การรับสัมผัสมีทั้งกลุ่มเซลล์และอวัยวะที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก พวกที่เป็นกลุ่มเซลล์รับสัมผัสพบกระจัดกระจายอยู่ตามผิว เช่น ผิวของแมนติลและเท้า อวัยวะรับความรู้สึกได้แก่

8.1 หนวด (tentacle) พบที่บริเวณหัว 1-2 คู่ นอกจากนี้ยังพบที่ขอบของแมนติล

8.2 ออสฟาเดียม (osphradium) มีลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์ประสาทที่รวมตัวกันอยู่ในช่องแมนติล รับความรู้สึกทางเคมี (chemoreceptor) เช่น กลิ่น

8.3 สตาโตซิส (statocyst) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการทรงตัวที่บริเวณเท้า มีลักษณะเป็นถุงลม ภายในมีของเหลวและก้อนแข็ง (statolith หรือ statoconia)

8.4 ตา (eye) 1 คู่ อยู่ที่ฐานของหนวด

## 9. การสืบพันธุ์

หอยใน Subclass Prosobranchia เกือบทั้งหมดมีเพศแยก เพศผู้มีต่อมอัณฑะ (testis) ท่อนำเซลล์เพศ (vas deferens) และพินิส (penis) ซึ่งอยู่ที่โคนหนวดข้างขวา แต่หอยในวงศ์ Cerithiidae

เพศผู้จะไม่มีท่อนำเซลล์เพศ (vas deference) และพีนีส (penis) สามารถผลิตเซลล์เพศในถุงเก็บเซลล์เพศ (spermatophore) (Wilson, 1994) ส่วนหอยเพศเมียมีรังไข่ (ovary) ท่อนำไข่ (oviduct) ต่อมอัลบูเมน (albumen gland) กะเปาะเก็บเชื้อเพศผู้ (seminal receptor) ต่อมสร้างเปลือกหุ้มไข่ (capsule gland) อวัยวะสำหรับยึดขณะจับคู่ (copulatory bursa) และช่องเปิด (genital aperture) การสืบพันธุ์มีการผสมแบบภายใน (internal fertilization) ก่อนการผสมพันธุ์มีการจับคู่ระหว่างหอยเพศผู้และเพศเมีย หอยเพศผู้ใช้พีนีสสอดลงไปในช่วงเปิดของเพศเมีย ไข่จะได้รับการผสมในท่อนำไข่ และถูกหุ้มด้วยวุ้น หรือปลอกก่อนถูกปล่อยออกสู่ภายนอก หอยบางชนิดมีฟีลด์แคลนด์ (pedal gland) ที่บริเวณเท้า ทำหน้าที่ผลิตเมือกสำหรับยึดไข่ติดกับวัตถุ วิธีการผสมพันธุ์แบบนี้ทำให้ไข่เกือบทั้งหมดได้รับการผสม เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการแพร่พันธุ์

Raven (1958) ได้กล่าวถึง เยื่อหุ้มรอบเซลล์ไข่ว่ามี 3 ชั้น คือ

1. primary egg membrane หรือ vitelline membrane เป็นเยื่อหุ้มไข่ที่มีลักษณะบางๆ และมองไม่ค่อยเห็นใน Class Gastropoda ชั้นนี้จะมีช่องเปิดเล็กๆ ซึ่งอยู่บริเวณ vegetative pole เรียกว่า ช่องไมโครไพล์ (micropyle) เป็นทางที่จะให้สเปิร์มเข้าไปผสมกับไข่
2. secondary egg membrane เป็นเยื่อหุ้มไข่ชั้นที่ 3 สร้างจากท่อนำไข่ (oviduct) มีหลายรูปร่าง เช่น เป็นกระจุกหรือเป็นสาย มีวุ้นหุ้ม และหลายๆ ชนิดมีปลอก (capsule) หุ้มปลายด้านหนึ่งของปลอกเป็นฝาเปิดได้ สำหรับเป็นทางออกของตัวอ่อน

## 10. การเจริญเติบโต

ในพวกหอย และหมีก กระแสน้ำ อาหาร และแหล่งที่อยู่อาศัยมีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่ (Ussow, 1881; Vialleton, 1888) การเจริญของไข่ (oocyte) จะเริ่มจากระยะ 1 เซลล์ ที่พัฒนาไปถึงระยะเมตาเฟส (metaphase) แล้วจะหยุดที่ระยะนี้ ถือเป็น การเจริญขั้นแรกของไข่ (first maturation) ซึ่งเป็นไข่ที่ยังไม่ได้รับการผสมพันธุ์ หลังจากที่ไข่ได้รับการผสมจากสเปิร์ม (sperm) จึงจะมีการพัฒนาของไข่ในขั้นต่อไป (Raven, 1958)

### 10.1 ระยะเวลาการแบ่ง (Cleavage)

ในหอยระยะเวลาการแบ่งจะเป็นในรูปแบบเวียน (spiral cleavage) แบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 1 ได้แก่

ระยะเวลาการแบ่งที่ 1 คือระยะที่ไข่แบ่งเป็น 2 เซลล์ ได้แก่ เซลล์ AB และ เซลล์ CD

ระยะเวลาการแบ่งที่ 2 คือระยะที่ไข่ 2 เซลล์แบ่งเป็น 4 เซลล์ ได้แก่ เซลล์ A, B, C และ D เรียกแต่ละเซลล์ในระยะนี้ว่า ควอดแดรนต์ (quadrant) ลักษณะการเกิดมีลำดับ และทิศทางตามเข็มนาฬิกา เมื่อมองจาก animal pole

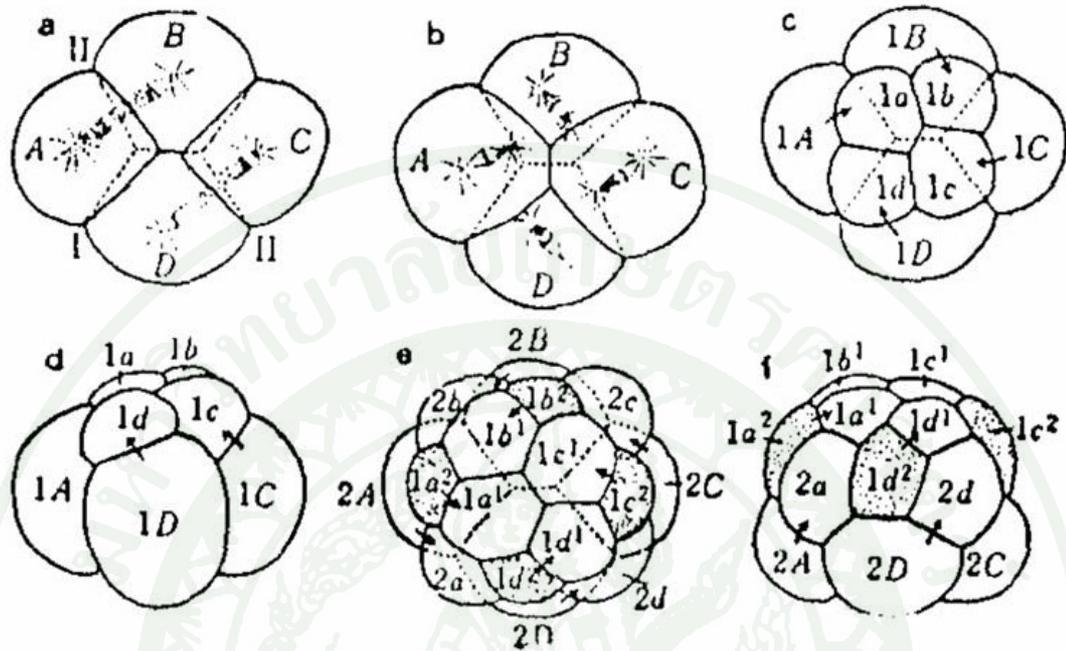
ระยะเวลาการแบ่งที่ 3 แต่ละ quadrant หรือแต่ละ vegetative macromere แบ่งให้ animal micromere ซึ่งจะได้ เซลล์ 1a-1d เรียกว่า first quartette of micromeres และเซลล์ 1A-1D ก็คือ macromere จะมีการจัดเรียงเซลล์ 2 แบบ คือ เวียนทางด้านขวา (dextrotropic) ดังนั้น แต่ละไมโครเมียร์ (micromere) จะเวียนตามเข็มนาฬิกา เมื่อมองจาก animal pole ในหอยบางชนิดเกิดการเวียนทางด้านซ้าย (laetotropic) ซึ่งแต่ละ micromere จะเวียนทวนเข็มนาฬิกา

ระยะเวลาการแบ่งที่ 4 จะเกิดการเวียนซ้าย (laetotropic) จะได้เซลล์ 2a-2d เรียกว่า second quartette of micromeres ซึ่งยังอยู่บน มาโครเมียร์ 2A-2D และเกิดการแบ่งของ micromeres ครั้งที่ 1 ได้เซลล์ 1a<sup>1</sup>-1d<sup>1</sup> และ 1a<sup>2</sup>-1d<sup>2</sup>

ระยะเวลาการแบ่งที่ 5 เกิด third quartette of micromeres ได้เซลล์ 3a-3d โดยการ จัดเรียงแบบเวียนขวา จาก มาโครเมียร์

ระยะเวลาการแบ่งที่ 6 จะเกิดการเวียนซ้าย อีกครั้ง นำมาซึ่ง fourth quartette of micromeres ได้เซลล์ 4a-4d ซึ่งยังอยู่บนเซลล์ของมาโครเมียร์ 4A-4D

การแบ่ง 6 ขั้นตอนนี้เป็นรูปแบบปกติของการเจริญเติบโตแบบเวียน และจะไม่เกิดขึ้นถ้ามีการแบ่งเซลล์แบบสมมาตร (bilateral symmetry) ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของการแบ่งเซลล์ในรูปแบบ D-quadrant (Raven, 1958)



ภาพที่ 1 ระยะคลิเวจของ *Trochus* sp. (Werner, 1955)

a, b คือระยะ 4 เซลล์ (มองจาก animal pole) c คือระยะ 8 เซลล์ (มองจาก animal pole) d คือระยะ 8 เซลล์ (มองจาก animal pole) e ระยะ 16 เซลล์ (มองจาก animal pole) และ f คือระยะ 16 เซลล์ (มองจากด้านข้าง) ที่เห็นเป็นจุดประ คือ โทรโคบลาส

## 10.2 ระยะเวลาแกสตรูลา (gastrula)

การเกิดแกสตรูลา (gastrulation) ในพวกที่มีซีโลบลาสตูลา (coeloblastula) จะเกิดการเว้าของ archenteron และเกิดการแบ่งเซลล์ของไมโครเมียร์ ให้เล็กลง จากนั้นเซลล์จะเปลี่ยนรูปร่างโดยเริ่มจากขั้ว vegetative pole ผิวด้านนอกของเซลล์จะลดรูปลง โดยที่ส่วนด้านในจะเพิ่มความกว้างมากขึ้นและยื่นส่วนปลายที่มีลักษณะเป็นกระบอง (club-shaped) ในช่องค्लीเวจ (cleavage cavity) ทำให้เกิดเป็นช่องบวม ทางขั้ว vegetative pole ซึ่งจะลึกและแคบลงเรื่อยๆ จากด้านนอกของเซลล์เข้ามาทางด้านใน และด้านในสุดของการเว้าจะเป็นเท้าเทียม (pseudopodia) บริเวณที่เริ่มต้นของบลาสโตพอร์ (blastopore) จะเกิดเป็นสโตโมบลาส (stomoblast)

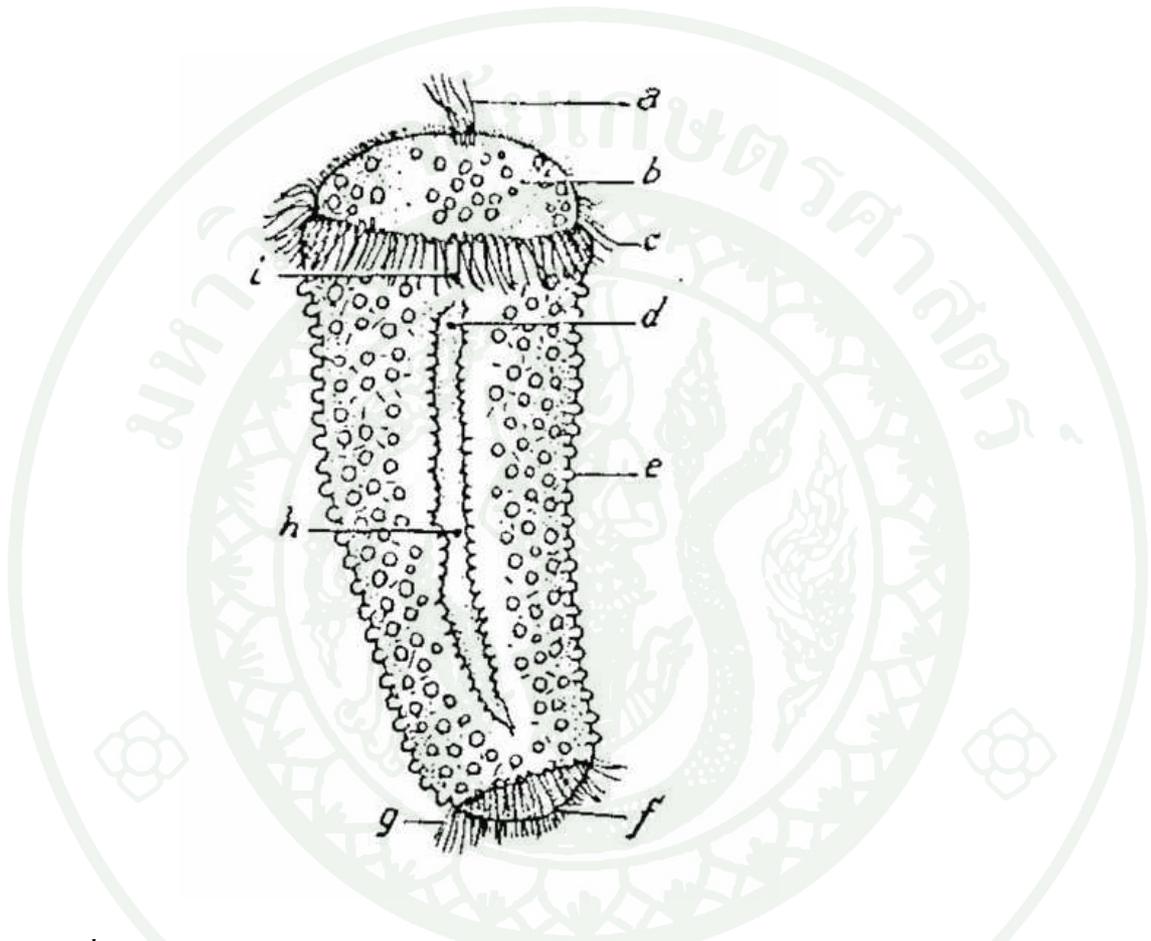
ในพวกที่สร้างสเตอโรบลาสตูลา (stereoblastula) การเกิดแกสตรูลาจะเป็นแบบอีพิโบลี (epiboly) พบใน *Haliotis*, *Teredo*, *Crepidula*, *Neritina*, *Trochus* และ *Nassa* เป็นต้น โดยเกิดการยืดออกของไมโครเมียร์ (micromere) แผ่คลุมลงมามากกว่าครึ่งหนึ่งทางขั้ว vegetative ของไข่ ทำให้เซลล์มีลักษณะแบนลง (Raven, 1958)

บลาสโตพอร์ (blastopore) เมื่อเริ่มเกิดจะกว้างและค่อยๆแคบลง สร้างเป็นด้านข้างของริมฝีปาก แต่ในพวก Subclass Prosobranchia เช่น *Patella*, *Littorina* และ *Nassa* จะมีบลาสโตพอร์ ที่ยื่นออกเป็นเซลล์คู่ขนาดใหญ่ เรียกว่า แอนัลเซลล์ (anal cells)

## 10.3 โทรโคฟอร์ (trochophore)

การพัฒนาของตัวอ่อนต่อจากระยะเวลาแกสตรูลา คือระยะโทรโคฟอร์ (trochophore) มีลักษณะเหมือนลูกข่างมีวงขน (cilia) เรียงรอบตัว (วันทนา, 2541) ที่ปลายสุดจะมีกระจุกขนที่เรียกว่า apical flagellae รอบๆตัวตามแนวศูนย์สูตร (equator) จะมีเซลล์ 1-3 แถวซึ่งเป็นที่เกิดของขนเรียกว่า prototroch แบ่งเป็น 2 เขต คือ ถ้าอยู่ด้านบน animal pole ในขั้วอยู่ด้านบนของตัวอ่อนจะเรียก pretrochachal region และถ้าเป็นทางด้านล่างจะเรียกว่า posttrochachal region ซึ่งจะเป็นบริเวณที่เกิดปาก ด้านหลังของบริเวณปากจะเป็นตำแหน่งที่เกิดเท้าในเวลาต่อมา บริเวณตรงข้ามกับปากจะเป็นต่อมเซลล์เกลนด์ (shell gland) ส่วนทางด้านท้าย (posterior end) ของลูกหอยจะมีกระจุกขนที่เรียกว่า telotroch (Raven, 1958)

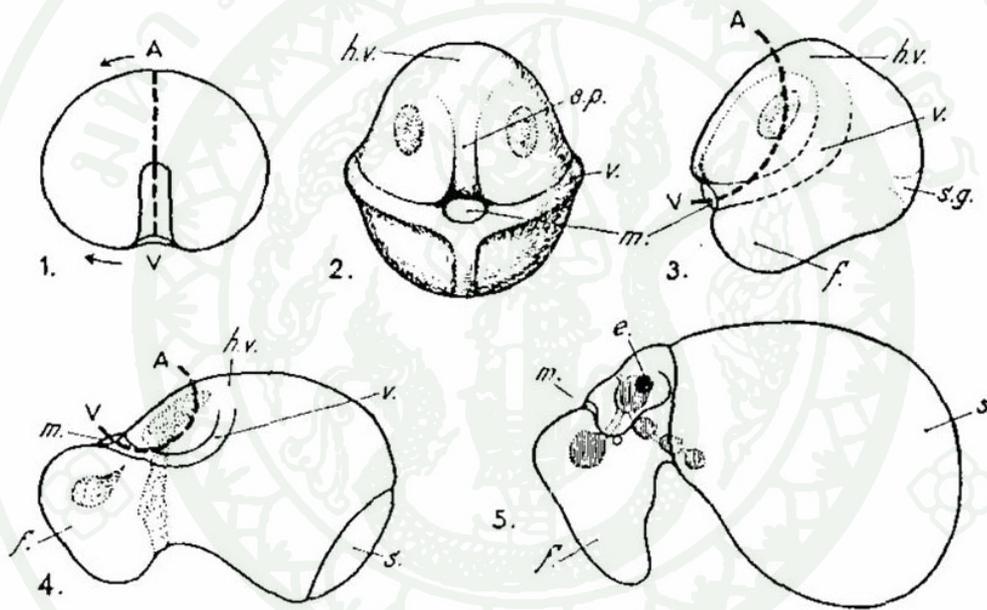
บริเวณ pretrochal region ของเอมบริโอ (embryo) จะปกคลุมด้วยขนสั้นๆ (cilia) ในระยะโทรโคฟอร์ (trochophore) บางส่วนจะเจริญเป็นกระจุกขน (apical tuft) เช่นใน *Epinema*, *Dentalium*, และใน *Nucula delphinodonta* (Drew, 1901) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระยะต้นของโทรโคฟอร์ของหอย *Epimenia verrucosa* เมื่อมองทางด้านข้าง (ventral view) (Baba, 1938)

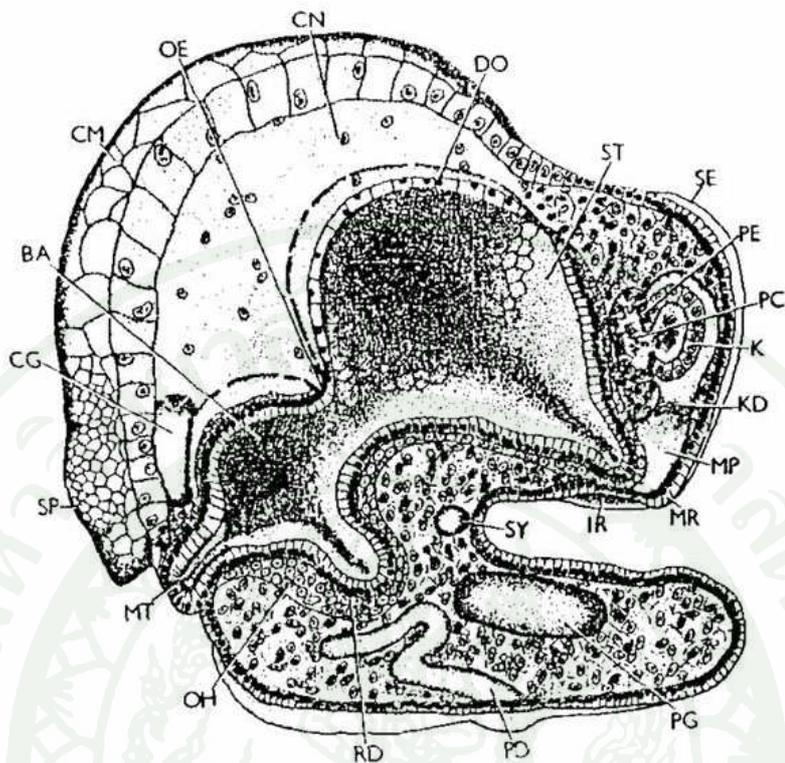
- a ) apical flagellae, b) pretrochal region, c) protroch, d) prepedal cavity, e) posttrochal region, f) anal region, g) teletroch, h) foot, i) stomodaeal pit

ปกติบริเวณของ pretrochal จะเจริญแบ่งเป็นส่วนหัวทางด้านบน แบ่งเป็น แผ่นอพิคอล (apical plate) ทางตอนกลาง และแผ่นเซฟาติก (cephalic plate) ทางด้านข้างและด้าน ท้องและจะเป็นที่มีการพัฒนาของปมประสาทซีรีบรัม (cerebral ganglia), หนวด และตา ใน *Crepidula* จะมีบางส่วนของเซลล์อพิคอล (apical cell) ยื่นเข้าไปในส่วนหัว (head vesicle) ซึ่งจะ เปลี่ยนเป็นอวัยวะรับความรู้สึก เรียกว่า apical sense organ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปมประสาทซี รีบรัม (cerebral ganglion) (Conklin, 1897) ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แผนผังการพัฒนาเอมบริโอของหอย *Limnaea stagnalis* (Conklin, 1897)

- 1) ระยะแกสตรูลา (gastrula) ลูกแสดงทิศทางของ animal pole และ blastopore
- 2) ระยะโทรโคฟอร์ (trochophore) เมื่อมองจากด้านท้อง (ventral view)
- 3) ระยะโทรโคฟอร์ ทางด้านซ้าย (left side) 4) ระยะต้นของเวลิเจอร์ (early veliger)
- 5) Hippo stage เส้นโค้งแสดงถึงแกนหลัก (main axis) บริเวณ animal pole และตอนกลางของ blastopore (middle of blastopore) บริเวณจุดแสดงถึงส่วนของเซลล์ประสาทที่งอกออกมา (ganglion cells) A คือ animal pole, V คือ vegetative end ของแกนหลัก, a.p. หมายถึง apical plate, e หมายถึง ตา, f หมายถึง เถ้า, h.v. หมายถึง head vesicle, m หมายถึง เปลือก, s.g. หมายถึง shell gland, v หมายถึง velum



ภาพที่ 4 ซีกขวาของเอมบริโอหอย *Pomatias elegans* ในระยะกลางของเวลิเจอร์ (mid veliger stage) ก่อนการบิดตัว (Creek, 1951)

BA-buccal cavity, CG-cerebral ganglion, CM-cephalic mass, CN-เนื้อเยื่อเกี่ยวพันของ cephalic mass (connective tissue), DO-ต้วบัยอ่อนทางด้านซ้ายจะลดรูปไป (rudiment of left larval liver), IR-ทางเดินอาหารส่วนท้ายลดรูปไป (hingut rudiment), K-ไต, KD-ท่อไต, MP-การลดรูปไปของ mantle fold, MT- ปาก, OE-หลอดทางเดินอาหาร (esophagus), OH-odontophore, PC-pericardial cavity, PD – pedal gland, PE – ผนังหัวใจ (pericardium), PG – pedal ganglion, RD – radular sac, SE – เปลือก, SP – cephalic plate, ST- กระเพาะ, SY - statocyst

การศึกษาด้านเคมีของเซลล์ (cytochemistry) ของแผ่นอพิคอล (apical plate) ซึ่งเหมือนกันกับบริเวณของ prototroch และเซลล์ของส่วนหัว (head vesicle cells) จะพบเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (alkaline phosphatase) ในช่วงแรกจะพบมากขึ้นในการสร้างอวัยวะนั้นๆ ซึ่งปกติจะพบในชั้นผิวหนังนอก (superficial layer) และเซลล์ขน (cilia) (Minganti, 1950)

บริเวณ postrochal region จะเจริญแบ่งเป็นอวัยวะต่างๆ ซึ่งได้แก่

1. ต่อมเซลล์เกลนค์ (shell gland) จะอยู่ทางด้านข้างก่อนมาทางด้านท้อง ทางส่วนท้ายของลำตัว ทำหน้าที่ในการสร้างเปลือกวัยอ่อน (larval shell) ซึ่งเป็นโครงสร้างของผิวหนัง (cuticular structure) และสามารถเก็บเกลือแคลเซียมได้ (calcium salt) (Fol, 1875) รูปร่างของเปลือกมีผลต่อแมนเดิล ในหอยกาบเดี่ยวเมื่อเริ่มสร้างเปลือกจะมีรูปร่างคล้ายถ้วย (cup-shaped) ต่อมาจึงเกิด spiral coiling ในระยะเวลิจีเจอร์ (veliger) โดยการเจริญของเปลือกด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้านหนึ่ง (Raven, 1958) ดังภาพที่ 5, 6 และ 7

เมื่อเปลือกวัยอ่อน (larval shell) เจริญเต็มที่จะมีการหยุดการเจริญในช่วงเวลาสั้นๆ จากนั้นจะมีการเจริญในรูปแบบที่ไม่เหมือนเดิม เพื่อพัฒนาไปเป็นเปลือกในตัวเต็มวัย (adult shell) โดยเกิดเขตแบ่งที่บริเวณเปลือกออกเป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน แต่เปลือกวัยอ่อน ยังคงเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกในตัวเต็มวัย (Smith, 1935)

ต่อมเซลล์เกลนค์ ในหอยกาบเดี่ยว เมื่อเริ่มแรกจะอยู่บริเวณตอนกลางทางด้านบน (dorsal midline) จากนั้นเกิดการเจริญแบบไม่สมมาตร (asymmetric) ทางด้านซ้ายเจริญเร็วกว่าด้านขวา ทำให้ต่อมเซลล์เกลนค์ เคลื่อนไปอยู่ทางด้านซ้าย (Conklin, 1897; Franc, 1940; Raven, 1952) แต่ในหอยบางชนิดเกิดตรงกันข้าม เช่น *Planorbis* จะมีต่อมเซลล์เกลนค์อยู่ทางด้านขวา (Rabl, 1879)

2. เท้า (foot) มีต้นกำเนิดจากเนื้อเยื่อเอกโตเดิร์ม (ectoderm) มีลักษณะเหนียวอยู่ทางด้านท้อง (ventral side) ข้างหลังปาก ในหอยกาบเดี่ยวเท้าจะลดรูปไป โดยปกติจะเป็นเท้าเดี่ยวหรือเป็น 2 พู (bilobed) (Raven, 1958)

ทางด้านหลัง (posterior side) ของเท้าจะเป็นฝาปิดเปลือก (operculum) ซึ่งสร้างมาจากสารที่หลั่งมาจากบริเวณต่อมของผิวหนัง (glandular epithelium) ซึ่งไม่ได้สร้างจากต่อมเซลล์เกลนค์ (Crofts, 1938) ดังภาพที่ 5, 6 และ 7

ปมประสาทที่เท้า (pedal ganglia) เกิดจากการยื่นเนื้อเยื่อส่วนเอกโตเดิร์ม เข้าไปทางด้านข้างของเท้า ส่วนอวัยวะที่ช่วยในการทรงตัว คือ statocyst เกิดจากการยื่น หรือการเว้าของเยื่อหุ้ม ระหว่างเท้ากับตัว (Meisenheimer, 1901; Delsman, 1912; Herbers, 1913; Raven, 1952)

3. หัวใจของลูกหอยตัวอ่อน (larval heart) ใน Subclass Prosobranchia จะมีถุงซึ่งเกิดจาก ectodermal vesicle ซึ่งอยู่ด้านหลังวิลัม (velum) มีการทำงานเกี่ยวข้องกับเซลล์ของกล้ามเนื้อจากเนื้อเยื่อชั้นมีโซเดิร์ม (mesodermal muscle cells) เดิม ectodermal vesicle จะอยู่ทางด้านขวาบริเวณหน้า mantle fold เมื่อเกิดการบิดตัว (torsion) ของตัวอ่อน จะย้ายไปอยู่ทางด้านบน (dorsal side) และ mantle fold เจริญมาปกคลุม ectodermal vesicle ดังนั้นเนื้อเยื่อชั้นเอกโตเดิร์ม จึงตั้งอยู่ในช่องแมนเทิล (mantle cavity) (Raven, 1958)

Werner (1955) ได้สังเกตหัวใจของหอย *Crepidula* พบว่า หัวใจในหอยวัยอ่อนจะมีลิ้นหัวใจด้านหน้า (anterior valve) และด้านหลัง (posterior valve) ด้านหน้าหัวใจจะต่อกับช่อง lacunar space ของวิลัม และเท้า ส่วนด้านหลังหัวใจจะเป็นอวัยวะภายใน (visceral mass) ซึ่งของเหลวในร่างกายจะไหลจากด้านหน้าไปทางด้านท้ายตัว (anteroposterior) จากหัวใจไปยังอวัยวะภายใน (visceral organ) จะได้รับเลือดที่มีออกซิเจนมาจากวิลัม (velum) หัวใจในหอยวัยอ่อน อาจมีบางส่วนที่ยื่นเข้าไปในวิลัมและเท้า เมื่อมีการพัฒนามากขึ้นหัวใจก็จะหดเข้าไปอยู่ในเปลือก ในระยะเวลิเจอร์อัตราการเต้นของหัวใจ ประมาณ 60 ครั้งต่อนาที

4. เซลล์บริเวณอวัยวะขับถ่าย (anal cells) เกิดในระยะโทรโคฟอร์ ทางด้านหลังตัว (posterior end) บางครั้งจะพบกระจุกขนแข็งๆ (stiff coarse cilia) หรือวงขน (crown cilia) ซึ่งเรียกว่า telotroch (ดังภาพที่ 1) ซึ่งต่อมาบริเวณนี้จะยื่นเป็นท่อเปิดออกที่ผิวทางด้านท้ายตัว ซึ่งเรียกว่า anal orifice (Smith, 1935)

#### 10.4 ระยะเวลิเจอร์ (veliger)

การพัฒนาตัวอ่อนระยะที่สองเรียกว่า ระยะเวลิเจอร์ จะมีโครงสร้างที่ซับซ้อนกว่า ระยะโทรโคฟอร์ ส่วนของ prototroch จะเปลี่ยนเป็นวิลัม 1-2 คู่ สำหรับช่วยพยุงตัว และช่วยพัดเอาอาหารเข้าสู่ปาก ส่วนกระจุกขนทางด้านบน (apical tuft) อาจจะยังอยู่ หรือหายไป จะพบ apical plate บริเวณตอนกลางของ pretochal region ทำหน้าที่เป็นอวัยวะรับสัมผัส (apical sense

organ) ทางด้านซ้าย และขวาของ apical plate จะเป็นที่ตั้งของ cephalic plates ซึ่งจะเป็นที่ที่มีการพัฒนาของปมประสาทซีรีบรัม (cerebral ganglia) หนวด และตาเกิดขึ้น ปมประสาทอื่นๆ จะเกิดขึ้นในระยะนี้เช่นกัน ซึ่งได้แก่ ปมประสาทที่เท้า, ปมประสาทที่ปาก และสตาโตซีส ตัวอ่อนระยะนี้ จะเห็นแมนเดิล กับเท้าชัด มีการสร้างฝาปิดเปลือก และระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ ช่องปาก, คอหอย (pharynx), ถุงแพงฟัน (radular sac), และหลอดอาหาร มีการพัฒนามาเปิดต่อกับกระเพาะส่วนกลาง (midgut) มีดับ 2 พู ซึ่งในหอยกาบเดี่ยว ลักษณะของดับจะไม่สมมาตรกัน ส่วนกระเพาะส่วนท้าย (hindgut) มีการเจริญต่อจากกระเพาะส่วนกลาง (midgut) ไปต่อกับทวารหนัก (anus) (วันทนา, 2541; Raven, 1958; Conklin, 1897)

สโตโมเดียม (stomodaeum) เกิดจากการเว้าทางด้านท้อง หลังบริเวณ prototroch บริเวณที่เป็นจุดปิดของ บลาสโตพอร์ (blastopore) (Fol, 1875) ชั้นแรกเกิดการเว้าลึกเป็นรูปกรวย และปลายปิดแต่ในหอยบางชนิดช่องนี้ยังคงเปิดติดต่อกับช่อง archenteron ต่อมาจะเกิดเป็นหลอดอาหาร ซึ่งจะพบเอนไซม์ อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส และเหล็กที่บริเวณนี้ (Raven, 1946b; Arendesen De Wolff-Exalto, 1947; Minganti, 1950) ส่วนด้านหลังของสโตโมเดียม (stomodaeum) จะเกิดเป็นถุงแพงฟัน และมีเนื้อเยื่อมีโซเดิร์ม มาหุ้มรอบถุงแพงฟัน (Reven, 1958)

จากไข่ที่มีลักษณะไข่แดงมาก (yolk rich form) เนื้อเยื่อเอนโดเดิร์ม (endoderm) จะถูกแบ่งให้มีขนาดเล็กลง และสร้างผิวของทางเดินอาหาร (gut epithelium) เช่นใน *Buccinum*, *Purpura*, *Nassa*, และ *Aplysia* ดังภาพที่ 8 ในบางชนิดผนังของ archenteron ในระยะแรกขนาดของเซลล์จะใกล้เคียงกัน ระยะต่อมาเกิดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ขนาดใหญ่ และเซลล์ขนาดเล็ก ทำให้เกิดการบวมของเซลล์ เกิดเป็นช่องว่างขนาดใหญ่ในผนังของท่อทางเดินอาหาร ความสัมพันธ์ของขนาดเซลล์ของเอนโดเดิร์ม (endoderm) เซลล์ที่มีขนาดใหญ่ เรียกว่า ไมโครเมียร์ และเซลล์ขนาดเล็กกว่า เรียกว่า ไมโครเมียร์ ซึ่งเซลล์ทั้งสองขนาดนี้มีผลต่อการบดตัวและการเกิดท่อทางเดินอาหาร (Raven, 1958)

ส่วนที่ต่อจากหลอดอาหารจะเป็นส่วนของท่อทางเดินอาหารส่วนกลาง ต่อมาจะพัฒนาเป็นกระเพาะอาหาร ต่อจากกระเพาะอาหารจะเป็นท่อทางเดินอาหารส่วนท้าย ซึ่งจะเกิดขึ้นทางด้านท้ายตัวยื่นเข้ามาต่อกัน ท่อทางเดินอาหารส่วนกลาง และอีกปลายจะเชื่อมกับเนื้อเยื่อเอกโตเดิร์ม ระหว่างต่อมเซลล์เกลนด์ กับเท้าซึ่งจะเป็นที่ตั้งของ proctodaeum (Raven, 1958) ดังภาพที่ 4

หัวใจในลูกหอยวัยอ่อน จะเกิดในระยะเวลิจอร์ ซึ่งจะประกอบด้วยถุงที่มาจากเนื้อเยื่อเอกโตเดิร์ม ซึ่งอยู่ในบริเวณ posttrochal region ด้านหลังวิลัม และกล้ามเนื้อมาจากเนื้อเยื่อชั้นมีโซเดิร์ม (Raven, 1958)

เริ่มสร้างเปลือกวงแรก และมีการพัฒนารูปร่างเปลือกกรอบๆ ตัวทั้งทางด้านบนและด้านท้ายของตัว (ภาพที่ 7 และ 8) ซึ่งในระยะโทรโคฟอร์นั้น รูปร่างยังอยู่ในลักษณะสมมาตร แต่ระยะเวลิจอร์จะมีการเจริญแบบไม่สมมาตร มีการบิดตัวเกิดขึ้นในหอยกาบเดี่ยว ก่อนที่จะมีการบิดตัว ท่อทางเดินอาหารส่วนท้ายจะอยู่ในแนวกลางตัว เมื่อเกิดการบิดตัว จะย้ายมาอยู่ทางด้านขวา และอวัยวะขับถ่าย จะย้ายมาอยู่ทางด้านหน้า มีผลให้ท่อทางเดินอาหารส่วนท้ายเกิดเป็นห่วงทางด้านขวา โดยถุงอวัยวะภายใน และเปลือกจะหมุนตามหัวและเท้า (ภาพที่ 7) ทำให้กระเพาะส่วนกลางและทวารหนักในตอนแรกจะอยู่ทางส่วนท้ายของส่วนท้อง (vantrosterior) จะบิดมาอยู่ทางส่วนบนด้านขวา

ทางด้าน cytochemistry เซลล์ของเอนโดเดิร์มที่มีขนาดเล็ก (small celled endoderm) จะพบสารประกอบซัลไฟด์มาก (sulphydryl compound) และท่อทางเดินอาหารส่วนท้ายมีผลต่อปฏิกิริยาของอัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (Raven, 1946; Minganti, 1950) การบิดตัวครั้งที่สอง จะทำให้เซลล์เอนโดเดิร์มขนาดใหญ่ ได้เป็นตับของหอยวัยอ่อน

ตัวอ่อนระยะเวลิจอร์ที่ออกจากไข่แล้ว (free living veliger) อาหารจะถูกส่งเข้ากระเพาะ โดยการหมุนของขน ซึ่งผนังของกระเพาะและตับจะขยาย และเชื่อมต่อกัน เกิดการดึงกระเพาะเข้าไปในตับของลูกหอยวัยอ่อน (larval liver) ซึ่งเป็นอวัยวะย่อยอาหารหลักของตัวอ่อนในการพัฒนาเอมบริโอ ในไข่ ตับ จะเป็นตัวย่อยไข่ขาว (albumen)

ไตหอยวัยอ่อน (larval kidney) ในหอยทะเล Subclass Prosobranchia จะมีไต 1 คู่ ซึ่งเกิดจากเนื้อเยื่อชั้นเอกโตเดิร์ม ที่อยู่ด้านหลังวิลัม ในระยะเวลิจอร์ไตจะอยู่ประกบด้านซ้าย และขวาของหลอดทางเดินอาหารส่วนมากเป็นเซลล์เดี่ยว แต่ในหอยบางชนิดจะประกอบด้วยหลายเซลล์ (several cells) (Franc, 1940)

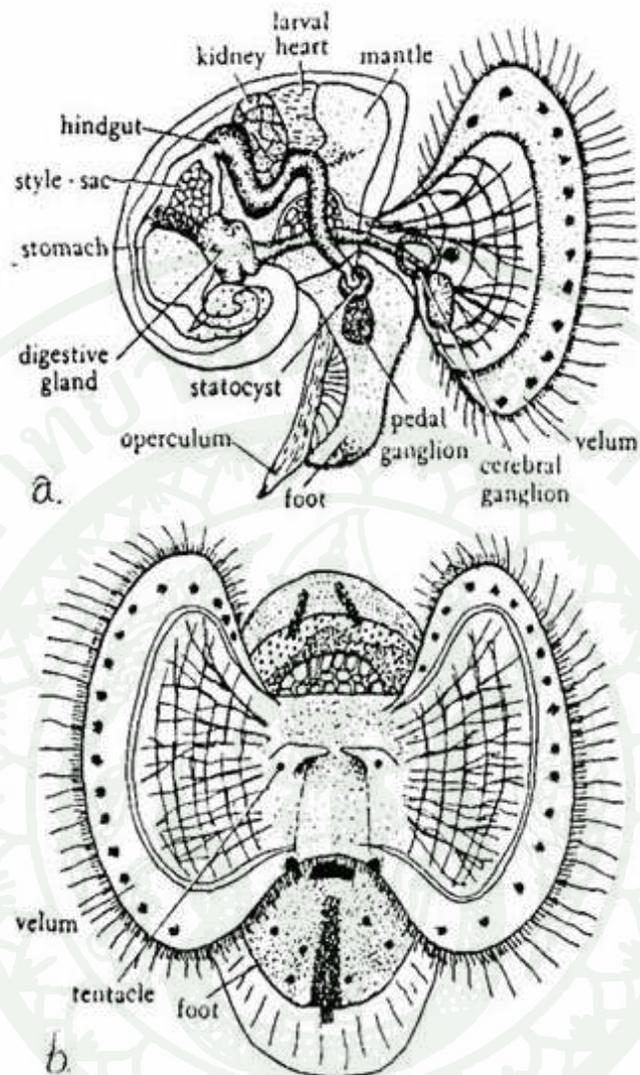
กล้ามเนื้อของหอยวัยอ่อน (larval musculature) ในพวกที่มีระยะ โทรโคฟอร์ อิศระ และระยะเวลิจอร์จะมีโครงสร้างที่ซับซ้อน ส่วนใหญ่ประกอบด้วย retractor of velum ใน

หอยกาบเดี่ยว กล้ามเนื้อ retractor จะอยู่ในแนว anteroposterior direction ของช่องตัว (body cavity) แต่จะมีลักษณะไม่สมมาตรใน *Haliotis*, *Patella*, *Patina*, และ *Calliostoma* (Crofts, 1955)

ดั่งภาพที่ 6

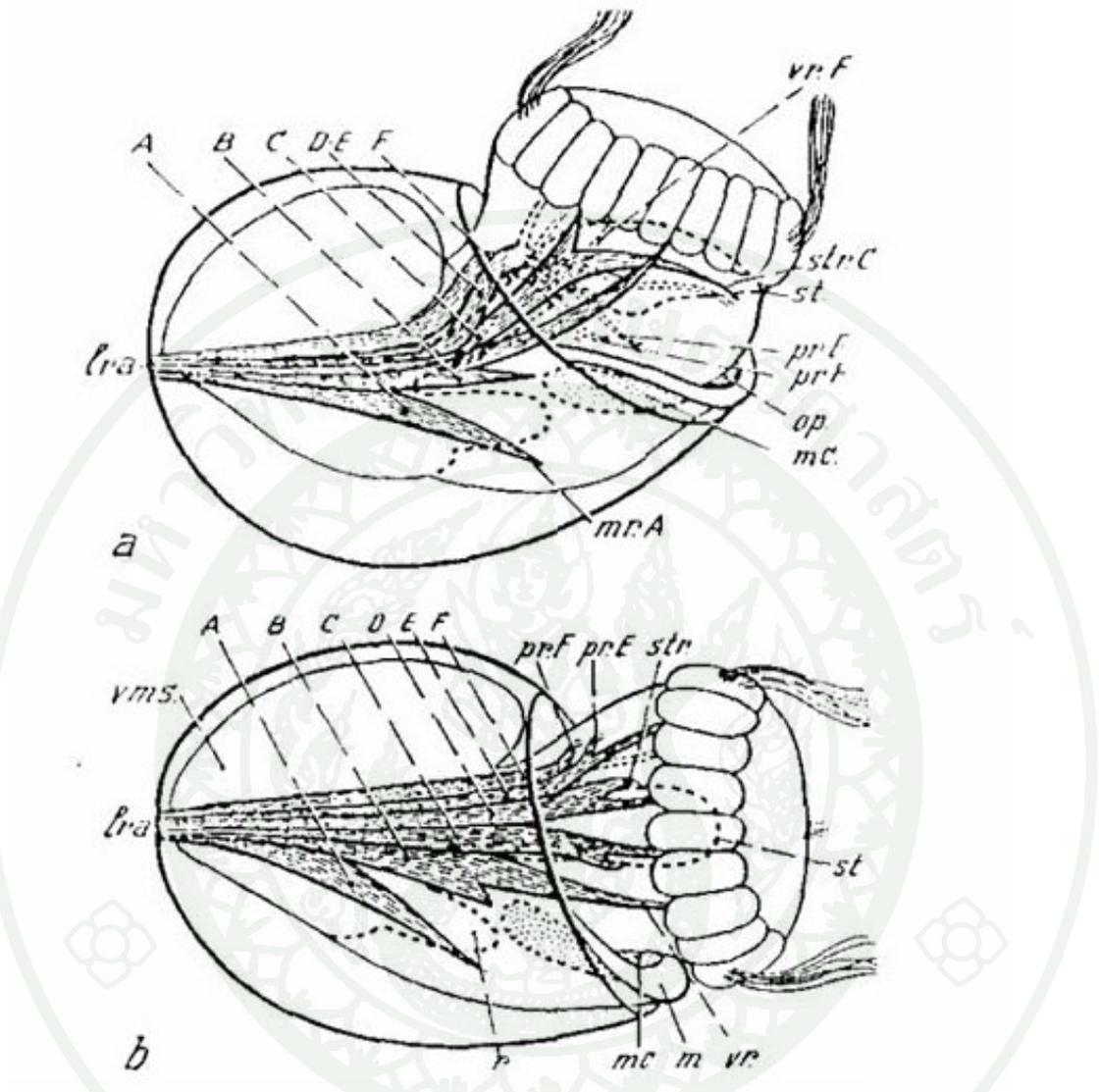
ใน Subclass Prosobranchia จำนวนมากจะพบตัวอ่อนระยะเวลิเจอร์ออกจากไข่เป็นตัวอ่อนอิสระในน้ำ และมีการพัฒนาสมบูรณ์เรียบร้อยแล้วในฝักไข่ เมื่อลูกหอยมีขนาดใหญ่ขึ้น วิลัมจะลดขนาดลง และเริ่มจมตัวสู่พื้นในสถานะที่เหมาะสม ลูกหอยจะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และจะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย

หอยบางชนิดตัวอ่อนระยะแรก (trochophore) ยังเจริญอยู่ในไข่ จะฟักออกจากไข่เมื่อเป็นตัวอ่อนระยะที่สองแล้ว และมีหอยหลายชนิดที่ไม่เป็นระยะตัวอ่อนทั้งสองระยะ ลูกหอยจะเจริญเติบโตจนมีเปลือกแข็งแรง แล้วจึงออกจากเปลือกที่หุ้มอยู่ (วันทนา, 2541; Raven, 1958)



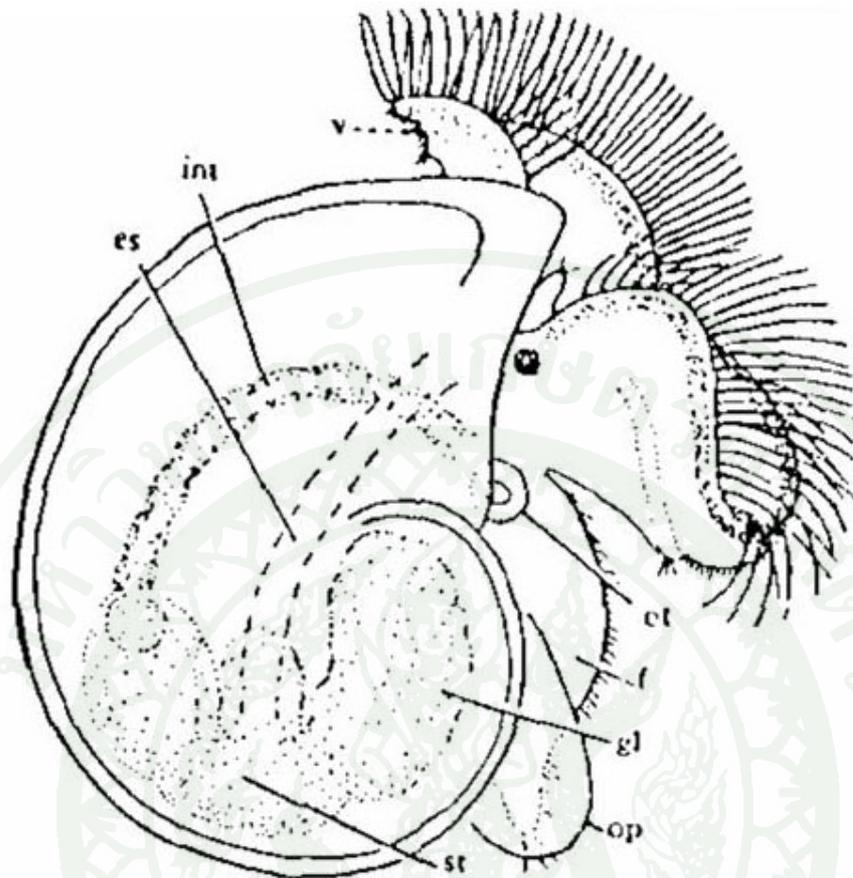
ภาพที่ 5 ระยะเวลิเจอร์ของหอย *Crepidula formicata* (Werner, 1955)

a) ด้านหน้า (front view), b) มองจากด้านขวา (right view) แสดงส่วนประกอบของระยะเวลิเจอร์ (veliger) จะพบลักษณะเท้าที่เป็น 2 พู (bilobed form) อย่างชัดเจนทางด้านหน้า

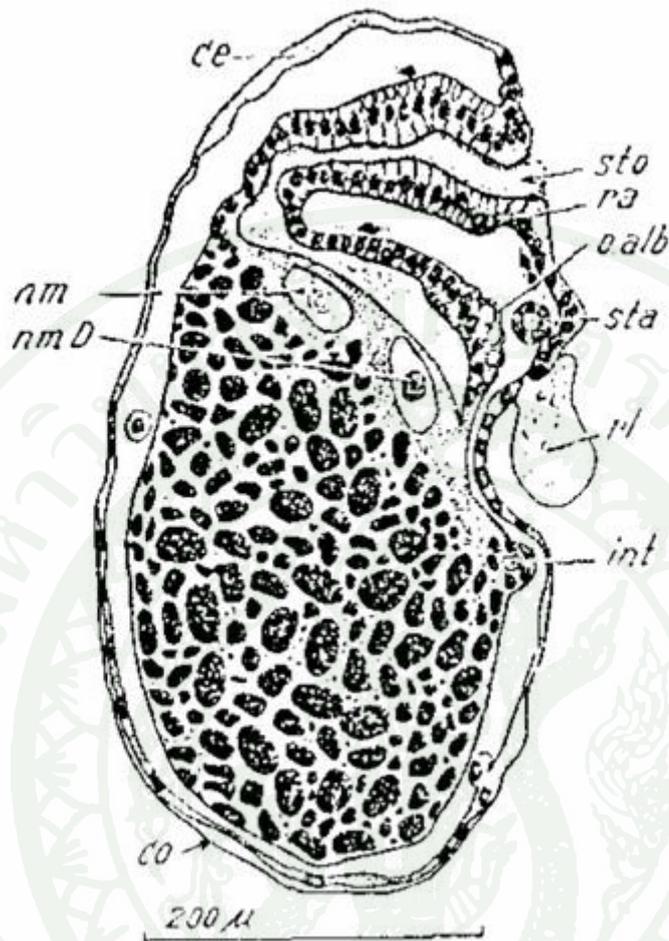


ภาพที่ 6 การปิดตัวในหอย *Haliotis tuberculata* (Crofts, 1955)

a) ระยะเวลาเจอร์ก่อนการปิดตัว มองจากทางด้านขวา, b) ตัวอ่อนหลังจากปิดตัวไป 90 องศาทางด้านบน (dorsal view) ซึ่งจะทำให้เท้า และ half endogastric shell กับช่องตัว (mantle cavity) และ rectum หมุนไปทางด้านขวา, A-F - laval retractor cells, lra -



ภาพที่ 7 ลักษณะเท้าของหอย *Ilyanassa obsolete* เมื่ออายุ 9 วัน (Clement, 1952)



ภาพที่ 8 การสมมาตรของเอมบริโอหอย *Fusus* (Portmann, 1955)

ce- head vesicle , co- larval shell, int- hingut primordium, nm-nucleus of macromere, o.alb- anlarge of larval liver, ra- radula sac อันแรก, ri- ไตวัยอ่อน, sta-statocyst, sto- stomodaeum

### 10.5 การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis)

การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง คือการเปลี่ยนสภาพจากอวัยวะของลูกหอยวัยอ่อน โดยมีการพัฒนาอวัยวะให้เป็นตัวเต็มวัยอย่างสมบูรณ์ ซึ่งส่วนมากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจะเริ่มในช่วงที่ดำรงชีวิตอยู่ในน้ำ (pelagic life larva) (Raven, 1958)

Werner (1939) ได้ให้ชื่อ เวลิกอนชา (veliconcha) ว่าเป็นระยะการเจริญเติบโตขั้นสุดท้ายของระยะเวลิจอร์ ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งลูกหอยระยะนี้สามารถว่ายน้ำโดยใช้วิลัมและสามารถคลานได้โดยใช้เท้า

วิลัมจะค่อยๆ หายไปโดยเซลล์ของวิลัมจะมีขนาดเล็กลง ในที่สุดจะหายไป หรืออาจเกิดเซลล์ของเนื้อเยื่อเอกโตเดิร์ม ขึ้นมาคลุมวิลัม (Smith, 1935; Crofts, 1938)

กล้ามเนื้อหัวใจและไตในระยะตัวอ่อนจะลดรูปไปในขั้นการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง จะมีการพัฒนาของกล้ามเนื้อในตัวเต็มวัย ระบบประสาท และระบบทางเดินอาหาร หัวใจและไต แต่อวัยวะสืบพันธุ์ จะยังไม่พัฒนาจนกว่าจะถึงระยะเวลาที่เหมาะสม คือช่วงหลังการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

เปลือกในระยะวัยอ่อน (larval shell) จะถูกแทนที่โดยเปลือกที่แท้จริง ซึ่งมีจุดเริ่มต้นมาจากขอบด้านนอกของเปลือกในระยะวัยอ่อน เท้าจะเจริญเปลี่ยนแปลงไปจนเหมือนกับระยะของตัวเต็มวัย ซึ่งใน Subclass Prosobranchia เท้าจะไม่ค่อยมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลง (Raven, 1958)

#### ผลกระทบของหอยขึ้นต่อการเลี้ยงกุ้ง

การระบาดของหอยขึ้นในปัจจุบันมีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะช่วงฤดูร้อนเมื่อความเค็มน้ำสูงขึ้นหรือบริเวณชายฝั่งทะเล หอยขึ้นจะสามารถแผ่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว (กฤษณา, 2540) แม่หอยแต่ละตัวมีไข่ปริมาณมากถึงตัวละ 40,000 ฟอง หลังจากแม่หอยวางไข่แล้วไข่จะเจริญเป็นตัวอ่อนโดยใช้เวลาเพียง 1 วัน จากนั้นประมาณ 30-60 วัน หอยก็เข้าสู่ระยะวัยเจริญพันธุ์ สามารถสืบพันธุ์และขยายพันธุ์ได้ ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง 4-5 เดือน หอยขึ้นก็จะ

ออกลูกในบ่อกุ้งได้ถึง 2 รุ่น (สุนันท์ และคณะ, 2537) ในช่วงระยะการเจริญเติบโตนี้หอยขึ้นก็จะนำแร่ธาตุไปใช้ในการสร้างเปลือกมากขึ้นทำให้ค่าความเป็นด่างของน้ำลดลง โดยเฉพาะในช่วงที่มีลูกหอยระยะเวลิจีวรเจริญเติบโตจะทำให้ค่าความเป็นด่างทั้งหมดลดลงมากกว่าปกติซึ่งค่าความเป็นด่างของน้ำสำคัญต่อการสร้างเปลือกหอยและจำเป็นต่อกระบวนการสร้างเปลือกกุ้งด้วย ดังนั้นถ้าพบหอยในบ่อเลี้ยงมากจะทำให้กุ้งเจริญเติบโตช้า ถ้าไม่สามารถควบคุมค่าความเป็นด่างได้จะทำให้กุ้งลอกคราบไม่ออกถึงตายในที่สุด และมีความจำเป็นมากที่จะต้องควบคุมค่าความเป็นด่างในช่วงระยะแรกการปล่อยกุ้งลงบ่อเลี้ยง (กฤษณา, 2540) นอกจากนี้จากรายงานของสุนันท์ และคณะ (2537) ยังพบว่าพื้นที่นาุ้งที่ติดอยู่บริเวณป่าชายเลนมีหอยขึ้นกออาศัยอยู่หนาแน่นถึง 2,000 ตัวต่อตารางเมตรซึ่ง ลีลา และ รังสิไชย (2539) รายงานว่าหอยเหล่านี้ทนต่อสภาพแห้งแล้งและสภาพน้ำท่วมขังได้ดี ความชุกชุมของหอยที่เกิดขึ้นในบ่อกุ้งรวมทั้งการแพร่ระบาดของหอยตามบริเวณหาดชายเลนเป็นอุปสรรคต่อการเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรอย่างยิ่ง พื้นที่ที่ถูกหอยใช้เป็นที่อยู่อาศัยและขยายพันธุ์ทำให้ลูกกุ้งระยะวัยอ่อน (postlarva) ที่ปล่อยลงบ่อไม่สามารถเกาะพื้นเพื่ออยู่อาศัยและกินอาหารได้ อีกทั้งแย่งกินอาหารที่หว่านให้กุ้งกินกุ้งจึงเจริญเติบโตช้า นอกจากนี้หอยขึ้นจะมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในบ่อเนื่องจากหอยขึ้นที่กระจายอยู่ตามพื้นบ่อเป็นจำนวนมากนั้นจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจ ทำให้พื้นบ่อขาดออกซิเจนโดยเฉพาะในตอนกลางคืน ทำให้กุ้งตายคราวละมาก ๆ แหล่งที่มีการระบาดของหอยขึ้นมากผลผลิตกุ้งจะลดลงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ (วสันต์ และ ธนงศักดิ์, 2518)

### สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดหอยขึ้น

เบรสเตน – 60 (Brestan – 60)

สารเคมีที่มีการนำมาใช้ในการกำจัดหอยขึ้นในบ่อเลี้ยงกุ้งมีหลายชนิด เช่น เบรสเตน-60 ที่เป็นสารเคมีที่มีส่วนประกอบของไตรเฟนิลทินอะซิเตท (triphenyltin acetate) 54 เปอร์เซ็นต์ สารมานีบ (maneb) 18 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นสารไม่มีปฏิกิริยา นำมาใช้กำจัดหอยขึ้นในนาุ้ง อัตราการใช้ในบ่อเก่า 40-80 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการสาธิตในบ่อเลี้ยงที่มีระดับน้ำลึก 10-20 เซนติเมตร ส่วนบ่อใหม่ที่เติมน้ำลึก 5-10 เซนติเมตร ใช้ในอัตรา 200-250 กรัมต่อไร่ ซึ่งการใช้เบรสเตน-60 ในการกำจัดหอยขึ้นให้ผลดีมาก (วสันต์ และ ธนงศักดิ์, 2518; ประพันธ์, 2524) แต่ผลกระทบของการใช้เบรสเตน-60 ทำให้ผลผลิตของกุ้งลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งได้มีการศึกษาพิษเฉียบพลันของเบรสเตน-60 ต่อลูกกุ้งแซบวัยและลูกกุ้งกุลาดำในระยะต่างๆ พบว่าเบรสเตน-60

เป็นพิษต่อลูกกุ้งแชบ๊วยและลูกกุ้งกุลาดำในระดับสูง และบางส่วนของสารเคมีตกค้างในบ่อ ซึ่งเป็นสาเหตุให้การเลี้ยงครั้งต่อไปไม่ได้ผล (วรรณ และ ศุภชัย, 2529; 2531) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่า เบริสเตนมีความเป็นพิษต่ำและสูง ระหว่าง 0.01-100 พีพีเอ็ม ต่อสัตว์น้ำชายฝั่งจำพวกหอยสองฝา เช่น หอยแครง (สุนันท์ และคณะ, 2537) ซึ่งจะได้รับผลกระทบอย่างมากเมื่อมีการปล่อยน้ำที่มีการปนเปื้อนของเบริสเตน-60 และเบริสเตน-60 ยังเป็นสารที่สลายตัวยาก สามารถสะสมอยู่ที่พื้นบ่อ ใช้ระยะเวลาในการสลายตัว และยังสะสมในร่างกายสัตว์น้ำ ซึ่งอาจส่งผลถึงผู้บริโภคได้

#### กากชา (Tea seed cake )

กากชาเป็นสารที่ใช้ในการกำจัดปลาไมสาร์ซาโปนิน (saponin) อยู่ 12-15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (ชลอ, 2543) สารซาโปนินพบในพืชประมาณ 400 ชนิดทั่วโลกแต่ที่มีจำหน่ายทั่วไปส่วนใหญ่ได้มาจากเมล็ดชาหรือเมล็ดพืชที่สกัดเอาน้ำมันออกแล้ว ซึ่งประเทศไทยมีการใช้ซาโปนินในการกำจัดปลาในบ่อเลี้ยงกุ้งอย่างได้ผล (ยนต์, 2530) โดยถ้าใช้ในอัตราความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม สามารถฆ่าปลาได้ภายใน 3 ชั่วโมง (ชัยเชษฐ และคณะ, 2518) การออกฤทธิ์ของสารซาโปนินจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อน้ำมีความเค็มและอุณหภูมิสูงแต่จะออกฤทธิ์น้อยลงเมื่อพีเอชสูง (พรเลิศ และคณะ, 2537) ซึ่งพิษของซาโปนินจะสลายตัวได้ง่ายและไม่สะสมในร่างกายของคนและสัตว์เลี้ยงแต่เป็นพิษรุนแรงเฉพาะกับสัตว์เลือดเย็นหรือสัตว์ชั้นต่ำเท่านั้น โดยจะทำอันตรายต่อระบบหายใจของสัตว์ชั้นต่ำ คือทำให้สัตว์ขาดออกซิเจนแต่จะไม่ทำอันตรายต่อสัตว์ชั้นสูงเพียงแต่จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองเท่านั้นแต่ถ้าสารนี้เข้าไปในระบบหมุนเวียนโลหิตของคนก็จะเป็นอันตรายต่อชีวิตได้เช่นกัน (ประพันธ์, 2524) มีการทดลองการใช้กากชาในการกำจัดหอยขึ้นกในบ่อเลี้ยงกุ้งในอัตราความเข้มข้นมากกว่า 100 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 4 วัน พบว่าสามารถฆ่าหอยขึ้นกได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (สุนนตรา และคณะ, 2538)

#### เบนซาลโคนียมคลอไรด์ (Benzalkonium chloride, BKC)

เป็นสารพวก quaternary ammonium compound ใช้ในการกำจัดแบคทีเรียและควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อที่มีสีน้ำเข้มจัดแต่ต้องระวังเมื่อแพลงก์ตอนตายจะตกลงที่ก้นบ่อ ทำให้เกิดของเสียที่ก้นบ่อ วิธีการใช้บีเคซี (ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณ 1 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ ที่ระดับความลึก 1 เมตร ผสมน้ำแล้วสาดให้ทั่วบ่อ (ชลอ, 2534; พรเลิศ และคณะ, 2537) การเลี้ยงกุ้ง

กลุ่ด้าในอดีดมีการใช้บ้เคช้อยู่ 2 ชนิด คือ บ้เคช้ 50 เปอร์เซนต์และบ้เคช้ 80 เปอร์เซนต์ โดยบ้เคช้ 80 เปอร์เซนต์ใช้ความเข้มข้น 0.6 ถึง 1.0 พีพีเอ็ม ใช้สำหรับฆ่าเชื้อแบคทีเรียและควบคุมโปรโตซัว นอกจากนี้ยังใช้ในการควบคุมแพลงก์ตอนกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตได้ (ชลด, 2543) ส่วนบ้เคช้ 50 เปอร์เซนต์สามารถใช้ในการกำจัดลูกหอยขึ้นกระยะเวลเจอร์ในอัตราความเข้มข้น 5 พีพีเอ็ม (สุนตรา และคณะ, 2538)

#### คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate)

คอปเปอร์ซัลเฟตหรือจูนลี ( $\text{CuSO}_4$ ) มีลักษณะเป็นผลึกสีฟ้าสามารถระเหยเป็นไอได้อย่างช้า คอปเปอร์เป็นตัวยับยั้งกระบวนการหายใจและการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย (เพิ่มศักดิ์ และสิริ, 2529) สารกลุ่มคอปเปอร์ที่ใช้ในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีอยู่ 2 ชนิด คือ คอปเปอร์ซัลเฟตและคอปเปอร์คีเลต โดยคอปเปอร์ซัลเฟต ความเข้มข้น 1 และ 2 พีพีเอ็ม สามารถลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ (พนาวรรณ, 2533) นอกจากนี้มีการทดลองใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการกำจัดหอยขึ้นที่อัตราความเข้มข้นมากกว่า 2 พีพีเอ็มในเวลา 5 ชั่วโมงสามารถกำจัดหอยได้ทั้งหมด (สุนตรา และคณะ, 2538)

#### คลอรีน (Chlorine)

คลอรีนที่นำมาใช้ในการฆ่าเชื้อในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะอยู่ในรูปของคลอรีนผงหรือแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ) มีสารออกฤทธิ์ 50 – 60 เปอร์เซนต์หรืออยู่ในรูปของสารละลายเกลือโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ( $\text{NaOCl}$ ) มีสารออกฤทธิ์ 14 – 15 เปอร์เซนต์ซึ่งอัตราการใช้คลอรีนอยู่ในช่วงระหว่าง 6 – 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรแล้วแต่สภาพน้ำว่ามีความต้องการคลอรีนอันเนื่องมาจากสารอินทรีย์และสารรีดิวซ์อื่นๆมากน้อยแค่ไหน (Boyd, 1979) ซึ่งถ้าไม่มีตะกอนสารอินทรีย์มากเกินไปคลอรีนจะออกฤทธิ์ได้ดีที่สภาพน้ำมีพีเอชเป็นกลางหรือเป็นกรด ถ้าพีเอชสูงเกินไปคลอรีนจะออกฤทธิ์ได้น้อยลง นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำที่สูงขึ้นและแสงแดดจัดก็มีผลทำให้การออกฤทธิ์ของคลอรีนน้อยลงเช่นเดียวกัน (ชิดชาติ, 2538) นอกจากคลอรีนจะใช้ฆ่าเชื้อโรคและสิ่งมีชีวิตต่างๆในน้ำแล้วยังมีการทดลองใช้คลอรีนในการกำจัดหอยขึ้นที่โดยที่ระดับความเข้มข้น 100 พีพีเอ็มในระยะเวลา 10 ชั่วโมง คลอรีนสามารถออกฤทธิ์กำจัดหอยขึ้นได้ 100 เปอร์เซนต์ (สุนตรา และคณะ, 2538) และที่ระดับความเข้มข้น 35 พีพีเอ็มสามารถกำจัดหอยขึ้นในระยะเวลาเจลเจอร์ได้ (กฤษณา, 2540)

### เมทัลดีไฮด์ (Metaldehyde)

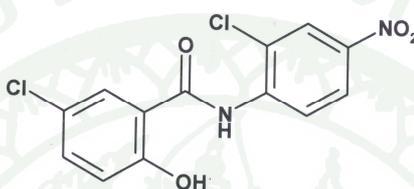
เมทัลดีไฮด์เป็นสารกำจัดหอยและทากศัตรูพืชอยู่ในรูปอัดเม็ดและชนิดผง เมทัลดีไฮด์จะเป็นพิษต่อหอยแบบสัมผัสกับกล้ามเนื้อในส่วนเคลื่อนไหวและโครงสร้างภายในตัว เมื่อหอยสัมผัสกับสารจะถูกกระตุ้นให้สร้างเมือกออกมาในปริมาณมากเป็นเหตุให้ตัวหอยสูญเสียพลังงานมาก ร่างกายอ่อนแอลงขณะเดียวกันจะมีผลกระทบต่อระบบประสาทของหอยทำให้สูญเสียระบบการควบคุมการเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อมีอาการหดเกร็ง เป็นอัมพาตและตายในที่สุด โดยการใช้เมทัลดีไฮด์ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระดับน้ำลึก 5-20 เซนติเมตร สามารถกำจัดหอยขึ้นกในระยะเวลาเต็มวัยได้ (อำนาจโชค, 2546)

### นิโคลซาไมด์ (Niclosamide)

จุดประสงค์เริ่มแรกของการใช้นิโคลซาไมด์ก็เพื่อการจัดหอยที่เป็นพาหะของโรคพยาธิใบไม้ในเลือด (Schistosomiasis) และควบคุมการระบาดของพยาธิใบไม้ในประชากรประมาณ 200 ล้านคน ใน 70 ประเทศ ปัจจุบันนิโคลซาไมด์เป็นสารกำจัดหอยที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถกำจัดหอยได้หลายชนิด และยังมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำอื่นๆ เช่น ปลา กบ และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกอื่นๆ ซึ่งนิโคลซาไมด์เกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วต่อตัวสัตว์น้ำและสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ใช้ได้อย่างปลอดภัยและไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้สามารถนำมากำจัดหอยในบ่อและนาข้าวซึ่งสารนี้ไม่เป็นพิษต่อพืช เช่น สาหร่าย พืชน้ำอื่นๆ แพลงก์ตอนพืชและสัตว์ (FAO, 2004) ซึ่งการทำงานของสารนี้มีผลต่อระบบหายใจโดยไปขัดขวางกระบวนการนำออกซิเจนเข้าไปภายในร่างกายและยังมีผลต่อ carbohydrate metabolism (Andrews *et al.*, 1983)

## สูตรโครงสร้าง

นิโคลซาไมด์ประกอบด้วย active ingredient niclosamide (2'-5 - dichloro - 4' - nitrosalicylanilide หรือ 5 - chloro - N - (2 - chloro - 4 - nitrophenyl) - 2- hydroxyl - benzamide) หรือ ethanolamine salt ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดีกว่า มีน้ำหนักโมเลกุล 327.1 มีสูตรโครงสร้างเป็น  $C_{13}H_8O_4N_2Cl_2$  ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 สูตรโครงสร้างของนิโคลซาไมด์

นิโคลซาไมด์ที่อยู่ในรูปของ active ingredient สามารถละลายน้ำได้ 25 เปอร์เซ็นต์ (Baluscide® EC 250) ส่วนนิโคลซาไมด์ที่อยู่ในรูป niclosamide ethanolamine salt สามารถละลายน้ำได้ 70 เปอร์เซ็นต์ (Baluscide® WP 70) (FAO, 1999) โดยมีชื่อทางการค้าว่า Yomesan®, Mansonil® และ Limtex® (แพร, 2546)

### คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์

นิโคลซาไมด์มีลักษณะเป็นสีเหลืองเทา ไม่มีกลิ่น ซึ่งมีความดันไอ  $8 \times 10^{-11}$  ปาสคาล (Pa) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และ  $3 \times 10^{-10}$  ปาสคาล (Pa) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 230 องศาเซลเซียส (FAO, 2004) และ Webbe (1991 a) กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและการออกฤทธิ์ของนิโคลซาไมด์ว่า chlorinate salicylnitroanilides จะออกฤทธิ์ได้ดีที่สุดเมื่อมีคลอรีนเป็นองค์ประกอบไม่เกิน 3 อะตอม, ไนโตร 1 อะตอม และ free hydroxyl group 1 กลุ่ม ตำแหน่งที่เหมาะสมของ nitro group คือ 4' เนื่องจากการที่มีอนุพันธ์กลุ่มไนโตรในตำแหน่งที่ 2 จะทำให้ระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการกำจัดหอยอยู่ในระดับต่ำกว่า 1 พีพีเอ็ม แต่ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ 4' ระดับความเข้มข้นของนิโคลซาไมด์จะอยู่ต่ำกว่า 0.3 พีพีเอ็ม นอกจากนั้นการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) จากกลุ่มไนโตรเป็นกลุ่มอะมิโนจะทำให้การออกฤทธิ์ของยาลดลงไปมากและความสามารถในการละลายมีปัจจัยต่างๆ เป็นตัวกำหนด ได้แก่ พีเอช

อุณหภูมิ ปริมาณของแข็ง ในธรรมชาติที่ละลายอยู่ในน้ำ (dissolved solids) นิโคลซาไมด์ส่วนที่ไม่ละลายน้ำจะตกตะกอนลงและถูกดูดซับโดยของแข็งหรือสิ่งมีชีวิต หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำ หรือถูกย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวภาพ การละลายได้ของนิโคลซาไมด์แสดงไว้ในตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ความสามารถในการละลายของนิโคลซามิด

สาร	ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (°C)	Dissolve salts (มิลลิกรัม/ลิตร)	พีเอช	การละลาย
Niclosamide	น้ำกลั่น	20	0	-	5-8.11
		40	0	-	19
	น้ำประปา	20	~ 500	6.5-6.8	2-6.8
		40	~ 500	6.5-6.8	11
		50	~ 500	-	24
	น้ำกลั่น + บัฟเฟอร์	25-35	~ 100	6.15	0.19
		25-35	~ 100	7.08	0.44
		25-35	~ 400	8.30	5.18
Niclosamide ethanolamine salt	น้ำกลั่น	20	0	-	230+52
		40	0	-	280
	น้ำประปา	20	~ 500	-	145+33
		40	~ 500	-	185
		50	~ 500	-	372+86
	n-hexane	20	-	-	100
	dichloromethane	20	-	-	100
	toluene	20	-	-	100
2-propanol	20	-	-	100-1000	
70% wettable powder formulation	น้ำกลั่น	อุณหภูมิห้อง	-	-	1010

ที่มา: Webbe (1991)

### ความคงตัวของแสง

ความคงตัวของนิโคลาไมด์ต่อแสง โดยศึกษาผลของแสงทั้งแสงแดดจากธรรมชาติและแสงจากหลอดไฟต่อประสิทธิภาพของนิโคลาไมด์ทำให้การออกฤทธิ์ลดลง Bruaux and Gillet (1961) เปรียบเทียบความทนต่อแสงของ 70 เปอร์เซนต์ WP Niclosamide ในรูป ethanolamine salt กับสารเคมีกำจัดหอยอีก 3 ชนิด โดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง การออกฤทธิ์ของนิโคลาไมด์ลดลง 80-90 เปอร์เซนต์และสารนี้ยังมีความไวต่อแสงและการดูดซับของแสงอัลตราไวโอเล็ตเกิดขึ้นตั้งแต่ 290 นาโนเมตรไปถึงความยาวแสงที่สามารถมองเห็นได้ (FAO, 2004)

### ประสิทธิภาพของนิโคลาไมด์ต่ออายุและขนาดของหอย

Webbe and Sturrock (1964) พบว่าหอยในระยะตัวอ่อนมีความไวต่อนิโคลาไมด์มากกว่าหอยในระยะตัวเต็มวัยซึ่งสอดคล้องกับ El-Gindy *et al.* (1980) ที่พบว่าหอย *Balinus truncates* อายุ 1-2 เดือน มีความไวต่อ niclosamide ethanolamine salt มากกว่าหอยที่มีอายุ 11-12 เดือน นอกจากนี้ Bali *et al.* (1984) ยังพบว่า ตัวอ่อนที่เพิ่งฟักจะมีความไวต่อนิโคลาไมด์มากกว่าหอยขนาดโตเต็มวัย 4-30 เท่า

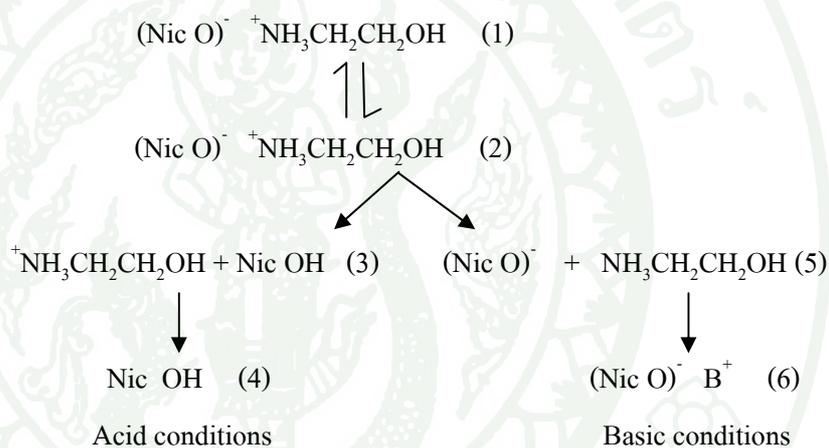
### การออกฤทธิ์ของนิโคลาไมด์

Chenge and Sullivan (1977) รายงานว่า หอยจะได้รับสารต่างๆผ่านทางผิวหนังหรือผ่านทางช่องน้ำเข้า ซึ่งหอยที่ได้รับนิโคลาไมด์จะมีการรับน้ำเข้าภายในร่างกายลดลง นอกจากนี้ นิโคลาไมด์ยังมีผลต่อกระบวนการ osmoregulation ด้วย (Duncan *et al.*, 1977)

## ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของนิโคซาลิไมด์

### 1. พีเอช

นิโคซาลิไมด์มีทั้งหมด 6 รูปแบบ แต่มีเพียง 3 รูปแบบเท่านั้นที่ละลายได้ ได้แก่ รูปแบบที่มีประจุบวกของ ethanolamine salt หรือในรูปของเกลืออื่นกับเบสอ่อน ดังแสดงในภาพที่ 10 และพบว่านิโคซาลิไมด์ที่ละลายน้ำแล้วจะมีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ อย่างไรก็ตามยังมีอีก 3 รูปแบบที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ เกลือที่เป็นกรดแก่หรือในรูป free acid ที่ตกตะกอน ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เป็นพิษต่อหอย (Meredith and Meredith, 1972)



ภาพที่ 10 สูตรโครงสร้างของ niclosamide (2,5-dichloro-4-niclosalicylanilide): (2), (3), (5) เป็นรูปที่ ละลายน้ำได้ (4) และ (6) เป็นรูปที่ตกตะกอน

Fox and Rivera (1966) ได้ศึกษาผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพของนิโคซาลิไมด์ต่อ *Biomphalaria glabrata* พบว่า นิโคซาลิไมด์ประมาณ 0.2 พีพีเอ็ม ก็เพียงพอที่จะใช้ในการกำจัดหอยภายในเวลา 24 ชั่วโมงซึ่งละลายในน้ำ พีเอช 7.0-9.2 ในขณะที่เมื่อทำการทดลองในน้ำที่พีเอช 4.0-5.0 ต้องใช้นิโคซาลิไมด์ 0.8 พีพีเอ็ม จึงจะใช้ในการกำจัดหอยได้ ความเป็นพิษของนิโคซาลิไมด์ต่อ *B. glabrata* จะมีประสิทธิภาพที่พีเอช 5.9-7.1

## 2. อุณหภูมิ

Webbe (1991 b) กล่าวถึงผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของนิโคลชาไมด์ (ethanolamine salt) ต่อ *Biomphalaria glabrata* พบว่า ปริมาณนิโคลชาไมด์ 0.30 พีพีเอ็มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้หอยตายทั้งหมดภายในเวลา 8 ชั่วโมง ในขณะที่ที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส จะทำให้หอยตาย 12 และ 76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ EI – Gindy (1975) พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ของนิโคลชาไมด์ (ethanolamine salt) ต่อ *Bulinus truncatus* และ *B. glabrata* แปรผกผันกับอุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ค่า  $LC_{50}$  มีค่าเท่ากับ 0.30 และ 0.40 พีพีเอ็ม ในขณะที่ทดลองที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ค่า  $LC_{50}$  มีค่าเท่ากับ 0.10 และ 0.30 พีพีเอ็มเท่านั้น ยังมีผลการทดลองที่สนับสนุนการทดลองของ EI – Gindy คือ Abdel Raheem *et al.* (1980) รายงานว่า ที่อุณหภูมิ 15 และ 25 องศาเซลเซียส *B. truncatus* สามารถทนต่อนิโคลชาไมด์ได้ในปริมาณ 2.00 และ 0.50 พีพีเอ็มตามลำดับ

## 3. ความกระด้าง

เกลือที่ละลายอยู่ในน้ำมีผลต่อการละลายของนิโคลชาไมด์ เนื่องจากเกลือที่ละลายอยู่ในธรรมชาติจะเป็นตัวกำหนดพีเอชของน้ำซึ่งจะมีผลต่อการละลายของนิโคลชาไมด์ด้วย Meyling and Pitchford (1966) พบว่า 70 เปอร์เซ็นต์ นิโคลชาไมด์ความเข้มข้น 408 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต่อ *B. glabrata* ลดลงในน้ำที่มีความกระด้าง เมื่อเทียบกับการออกฤทธิ์ในน้ำอ่อน (26 พีพีเอ็ม) หรือในน้ำประปา (71 พีพีเอ็ม) เมื่อทดสอบโดยใช้นิโคลชาไมด์ความเข้มข้น 0.50 และ 1.00 พีพีเอ็ม นอกจากนั้น Farringer (1972) รายงานว่า ความเป็นพิษของนิโคลชาไมด์ต่อปลาการ์ฟจะลดลงเมื่อทดสอบในน้ำกระด้าง Harrison and Rattray (1966) พบว่า ปลาที่ได้รับนิโคลชาไมด์ (ethanolamine salt) ในน้ำอ่อน (29 พีพีเอ็ม) จะตายอย่างรวดเร็วภายในเวลา 5 – 10 นาที ในขณะที่ปลาที่ทดสอบในน้ำกระด้าง (100 พีพีเอ็ม) จะตายภายในเวลา 2 – 6 ชั่วโมง

#### 4. การดูดซับ

การดูดซับเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ความเข้มข้นของนิโคลชาไมด์ในสารละลายลดลง Webbe (1991 c) กล่าวว่า ความเข้มข้นของนิโคลชาไมด์ที่ใช้ในการกำจัด planorbid และ lymnaeid snail ซึ่งเป็นหอยที่อยู่ในนาข้าว กลุ่มหอยที่อยู่ในนาข้าวที่มีโคลนอยู่ 1/3 และน้ำ 1/3 ระดับนิโคลชาไมด์ที่ใช้ในการกำจัดหอย คือ 0.01 – 0.03 พีพีเอ็ม ในขณะที่กลุ่มที่มีโคลนอยู่ 2/3 และน้ำ 1/3 จะใช้นิโคลชาไมด์ 0.015 – 0.045 พีพีเอ็ม Chi *et al.* (1966) พบว่า แหล่งน้ำที่มีโคลนเพิ่มมากขึ้นจะต้องใช้ปริมาณนิโคลชาไมด์ (ethanolamine salt) ในการกำจัดไขหอย *Oncomelania formosana* มากขึ้น พืชน้ำในธรรมชาติอาจเป็นตัวขัดขวางการแพร่กระจายของสารกำจัดหอย (Paulini *et al.*, 1961) Dawood *et al.* (1965) รายงานว่า การใช้ยาปราบศัตรูพืชร่วมกับนิโคลชาไมด์ (70 WP) จะทำให้การออกฤทธิ์ของนิโคลชาไมด์ลดลงและยังพบว่าพืชน้ำที่ได้รับนิโคลชาไมด์จะเหี่ยวเฉาลง พืชน้ำจะดูดซับนิโคลชาไมด์ผ่านทางผิวใบในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การดูดซับนิโคลชาไมด์ของพืชน้ำจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ใบ คือ พืชน้ำที่มีพื้นที่น้อย (*Cryptocoryne* sp. และ *Ludwigia* sp.) จะดูดซับนิโคลชาไมด์ได้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พืชที่มีพื้นที่ใบกว้าง (*Ceratopteris* sp. และ *Vallisneria* sp.) จะดูดซับนิโคลชาไมด์ได้ 30 เปอร์เซ็นต์ อัตรา  $^{14}\text{C}$  ที่สูญหายไปจากสารละลายที่ถูกดูดซับโดยพืชจะมีค่าเหมือนกันในพืชชนิดต่าง ๆ (Webbe, 1991 d)

#### 5. การย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวภาพ

นิโคลชาไมด์จะสลายตัวอย่างรวดเร็วทั้งในบ่อเลี้ยงและในแม่น้ำที่มีดินตะกอน ค่าครึ่งชีวิต (half life) อยู่ในช่วง 1 – 4 วัน (Muir and Yarechewski, 1982)

#### ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

สารนิโคลชาไมด์มีความเป็นพิษสูงต่อปลา แต่การสลายตัวของสารนี้สามารถสลายตัวได้รวดเร็วในแหล่งน้ำ นิโคลชาไมด์มีความเป็นพิษค่อนข้างสูงต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นห่วงโซ่อาหารและมีความเป็นพิษปานกลางต่อสาหร่าย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ

ชนิด	การทดสอบ	ระยะเวลาและ สภาวะการทดลอง	ผล
Rainbow trout	Acute	96h, 12 °C	LC <sub>50</sub> = 0.05 mg/L
Rainbow trout	Acute test with 70 WP	96h, 13 °C	LC <sub>50</sub> = 0.34 mg/L
goldfish	Acute	96h, 17 °C	LC <sub>50</sub> = 0.23 mg/L
carp	Acute	96h, 12 °C	LC <sub>50</sub> = 0.139 mg/L
<i>Daphnia magna</i>	Acute test with 70 WP	48h, 21 °C test in hard water	EC <sub>50</sub> = 0.19 mg/L
Water flea			
<i>Daphnia magna</i>	Acute test with 250 EC	48h, static	EC <sub>50</sub> = 0.224 mg product/L
Water flea		48h, semistatic	EC <sub>50</sub> = 0.208 mg product/L
<i>Gammarus seudolimnaeus</i> scud	Acute test with 70 WP	96h, 21 °C test in hard water	LC <sub>50</sub> = 2.4 mg/L

หมายเหตุ: LC<sub>50</sub> คือ median lethal concentration

EC<sub>50</sub> คือ effective concentration

ที่มา: FAO (2004)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

1.1 นำหอยขม (*Filopaludina marlensi*) จากตลาด จำนวน 1,000 ตัว มาปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตรที่เติมน้ำจืด ปริมาตร 100 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

1.2 นำหอยจิ้งก (*Cerithidea cingulata*) จากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 1,000 ตัว โดยปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตรที่เติมน้ำความเค็ม 30 พีพีที ปริมาตร 100 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นแยกหอยจิ้งกใส่ในถังไฟเบอร์กลาสที่มีน้ำความเค็ม 25 พีพีที เป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

1.3 นำปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่มีความยาว 1-2 เซนติเมตรจากโรงเพาะฟักเอกชน ประมาณ 1,000 ตัว มาปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตรที่เติมน้ำจืดคือน้ำประปาที่ผ่านการพักจนคลอรีนสลายตัวหมดแล้ว ปริมาตร 400 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นแยกปลานิลใส่ในถังไฟเบอร์กลาส 2 ถัง โดยถังแรกค่อยๆปรับความเค็มให้เพิ่มขึ้นเป็น 5 พีพีที ถังที่ 2 ปรับความเค็มให้ได้ 15 พีพีที เป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

1.4 ปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*) ที่มีความยาว 1-2 เซนติเมตรจากโรงเพาะฟักเอกชน ประมาณ 1,000 ตัว มาปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร ที่เติมน้ำที่มีความเค็มของน้ำ 25 พีพีที ปริมาตร 400 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นแยกปลากระพงขาวใส่ในถังไฟเบอร์กลาส 3 ถัง โดยถังแรกค่อยๆปรับความเค็มให้ลดลงเหลือ 15 พีพีที ถังที่ 2 ปรับความเค็มให้ลดลงเหลือ 5 พีพีที ส่วนถังที่ 3 ค่อยๆปรับจนความเค็มเหลือ 0 พีพีที เป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

1.5 นำกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาตัว 5 (*Litopenaeus vannamei*) จากโรงเพาะฟักเอกชน ประมาณ 1,000 ตัว โดยปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตรที่เติมน้ำปริมาตร 400 ลิตร ที่มีความเค็ม 25 พีพีที เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นแยกกุ้งใส่ในถังไฟเบอร์กลาส 2 ถัง โดย

ถึงแรกค่อย ๆ ปรับความเค็มให้ลดลงเหลือ 15 พีพีที ส่วนถังที่ 2 ค่อย ๆ ปรับความเค็มให้ลดลงเหลือ 5 พีพีที เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

## 2. การเตรียมสารนิโคลชาไมด์

สารนิโคลชาไมด์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผลิตโดยบริษัทไบเออร์ ประเทศไทย จำกัด ที่มีค่าการออกฤทธิ์ 70 เปอร์เซ็นต์ ละลายผงนิโคลชาไมด์ 1 กรัม ลงในน้ำกลั่น ปริมาตร 10 ลิตร เพื่อใช้เป็นสารละลายตั้งต้น (stock solution) ที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (พีพีเอ็ม)

## 3. การศึกษาพิษเฉียบพลันของนิโคลชาไมด์ที่ทำให้หอยขมที่เลี้ยงในน้ำจืด ตายครึ่งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (48-hour $LC_{50}$ ) ที่ระดับพีเอชต่างกัน

นำหอยขมจากการปรับสภาพในข้อที่ 1.1 มาทดลองเพื่อหาค่าความเข้มข้นของสารนิโคลชาไมด์ที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลาที่กำหนดที่ 48 ชั่วโมง โดยใช้วิธีชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (static bioassay) โดยเติมสารเคมีในระดับความเข้มข้นที่ต้องการเพื่อเริ่มต้นการทดลองเพียงครั้งเดียวเท่านั้นตามวิธีของ American Public Health Association [APHA] (1992)

การทดลองประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

การทดลองขั้นต้น (range finding test) เพื่อหาระดับความเข้มข้นช่วงกว้าง ๆ คือระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้หอยขมตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ทำให้หอยขมมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ภายใน 48 ชั่วโมง โดยใส่สารนิโคลชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ในโหลทดลองที่ใส่น้ำประปาที่ผ่านการฟอกจนคลอรีนสลายตัวหมดที่ปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 4 ระดับคือ 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 โดยการใช้ 1N.NaOH และ 0.5M.H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> โหลละ 5 ลิตร หลังจากนั้นใส่สัตว์ทดลองลงไปโหลละ 20 ตัว แต่ละความเข้มข้นทำการทดลอง 3 ซ้ำ สังเกตและบันทึกผลจำนวนสัตว์ทดลองที่ตายภายใน 48 ชั่วโมง และนำค่าความเข้มข้นที่ได้ไปจัดระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทดลองอย่างละเอียดต่อไป

การทดลองอย่างละเอียด (definitive test) เป็นการทดลองเพื่อจัดระดับความเข้มข้น ซึ่งอยู่ในช่วงที่หอยขมตายและมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์จากการทดลองขั้นต้นเพื่อหาระดับความเข้มข้นของนิโคลชาไมด์ที่ทำให้หอยขมตายครั้งหนึ่ง ภายในเวลา 48 ชั่วโมง โดยการนำผลจากการทดลองขั้นต้น มาจัดระดับความเข้มข้นออกเป็น 6 ระดับ โดยวิธีการทิม ส่วนกลุ่มควบคุมไม่เติมนิโคลชาไมด์ ทำการทดลองโดยการเติมสารละลายนิโคลชาไมด์ลงในโหลทดลองที่บรรจุน้ำ 5 ลิตร โดยใช้น้ำประปาที่ผ่านการฟอกจนคลอรีนสลายตัวหมดแล้ว และปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 4 ระดับคือ 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 โดยการใช้น้ำ NaOH และ 0.5M H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ให้ได้ความเข้มข้น 6 ระดับที่กำหนด แต่ละระดับทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้สัตว์ทดลอง 20 ตัว ตลอดการทดลองจะให้อากาศเพื่อป้องกันการขาดออกซิเจนแต่ไม่มีการให้อาหารเพื่อป้องกันน้ำเสีย สังเกตลักษณะอาการและบันทึกจำนวนสัตว์ทดลองที่ตายในเวลา 8, 12, 24, และ 48 ชั่วโมง โดยใช้เกณฑ์ตัดสินว่าสัตว์ทดลองตายจากการหยุดเคลื่อนไหว (Throp and Lake, 1974) เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองนำเปอร์เซ็นต์การตายของสัตว์ทดลองในแต่ละระดับความเข้มข้น ไปคำนวณหาความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC<sub>50</sub>) ในเวลา 48 ชั่วโมง โดยการวิเคราะห์แบบโปรบิตตามวิธีของ Finney (1971) และทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คือ ความกระด้าง (hardness) ความเป็นด่าง (alkalinity) แอมโมเนียรวม (total ammonia) และไนไตรท์ (nitrite) ทั้งก่อนและหลังเติมนิโคลชาไมด์

#### 4. การศึกษาพิษเฉียบพลันของนิโคลชาไมด์ที่ทำให้หอยขึ้นกที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 25 และ 30 พีพีที ตายครั้งหนึ่งใน 96 ชั่วโมง (96-hour LC<sub>50</sub>) ที่ระดับพีเอชและความเป็นด่างต่าง ๆ กัน

นำหอยขึ้นกจากการปรับสภาพในข้อที่ 1.2 มาทำการทดลองขั้นต้นและการทดลองอย่างละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 3 โดยใช้น้ำความเค็ม 25 และ 30 พีพีทีที่ปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 4 ระดับคือ 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 ความเป็นด่าง 60-80, 120-140 และ 180-200 พีพีเอ็ม โดยการสังเกตการตายของหอยขึ้นกนั้นจะใช้เข็มเขี่ยปลายแหลมเขี่ยบริเวณฝาปิดเปลือก หอยขึ้นกที่ตายจะไม่มีอาการตอบสนอง หลังจากสิ้นสุดการทดลอง (ครบ 96 ชั่วโมง) นำหอยขึ้นกที่มีชีวิตรอดจากการทดลองมาพักไว้ในน้ำเค็มที่ไม่เติมนิโคลชาไมด์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าหอยขึ้นกยังมีชีวิตอยู่โดยหอยจะยื่นตัวออกมาภายนอก

5. การศึกษาพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ที่ทำให้ปลาที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0, 5 และ 15 พีพีที ตายครั้งหนึ่งใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) ที่ระดับพีเอชต่างกัน

นำปลานิลจากการปรับสภาพในข้อที่ 1.3 มาทดลอง การทดลองขั้นต้นและการทดลองอย่างละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 3 โดยใช้ น้ำความเค็ม 0, 5 และ 15 พีพีทีที่ปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 4 ระดับคือ 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5

6. การศึกษาพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ที่ทำให้ปลากระพงขาวที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0, 5, 15 และ 25 พีพีที ตายครั้งหนึ่งใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) ที่ระดับพีเอชต่างกัน

นำปลากระพงขาวจากการปรับสภาพในข้อที่ 1.4 มาทดลอง การทดลองประกอบด้วยขั้นตอนเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 3 โดยใช้ น้ำความเค็ม 0, 5, 15 และ 25 พีพีทีที่ปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 3 ระดับคือ 7.5, 8.0 และ 8.5

7. การศึกษาพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ที่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์วา 12 ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 5, 15 และ 25 พีพีที ตายครั้งหนึ่งใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) ที่ระดับพีเอชต่างกัน

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมจากการปรับสภาพในข้อที่ 1.5 มาทำการทดลองขั้นต้นและการทดลองอย่างละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 3 โดยใช้ น้ำความเค็ม 5, 15 และ 25 พีพีทีที่ปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 3 ระดับคือ 7.5, 8.0 และ 8.5

8. การศึกษาระยะปลอดภัยของนิโคตชาไมด์ต่อกุ้งระยะโพสลาาร์วา 12

ทดลองโดยใช้โหลแก้วขนาดความจุ 6 ลิตร ทั้งหมด 27 ใบ โดยแบ่งออกเป็น 9 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 3 ซ้ำ หลังจากนั้นใส่สารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงที่สุดที่ทำให้สัตว์ทดลองตายหมดจากการทดลองในข้อ 5 โดยแบ่งการทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร โดยไม่เติมสารนิโคซาไมด์ (กลุ่มควบคุม) หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 1 วัน จึงปล่อยลูกกึ่งระยะ โพลาร์วา 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 2 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร แล้วเติมสารนิโคซาไมด์ ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายทั้งหมดจากการทดลอง ช้างต้น จึงปล่อยลูกกึ่งระยะ โพลาร์วา 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 3 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร แล้วเติมสารนิโคซาไมด์ ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายทั้งหมดจากการทดลอง ช้างต้น หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 1 วัน จึงปล่อยลูกกึ่งระยะ โพลาร์วา 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 4 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร แล้วเติมสารนิโคซาไมด์ ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายทั้งหมดจากการทดลอง ช้างต้น หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 2 วัน จึงปล่อยลูกกึ่งระยะ โพลาร์วา 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 5 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร แล้วเติมสารนิโคซาไมด์ ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายทั้งหมดจากการทดลอง ช้างต้น หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 3 วัน จึงปล่อยลูกกึ่งระยะ โพลาร์วา 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 6 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร แล้วเติมสารนิโคซาไมด์ ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายทั้งหมดจากการทดลอง ช้างต้น หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 4 วัน จึงปล่อยลูกกึ่งระยะ โพลาร์วา 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 7 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร แล้วเติมสารนิโคลชาไมด์ ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายทั้งหมดจากการทดลอง ช้างต้นหลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 5 วัน จึงปล่อยลูกกึ่งระยะโพสตราัว 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 8 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร แล้วเติมสารนิโคลชาไมด์ ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายทั้งหมดจากการทดลอง ช้างต้นหลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 6 วัน จึงปล่อยลูกกึ่งระยะโพสตราัว 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

กลุ่มที่ 9 นำโหลแก้วขนาด 6 ลิตรจำนวน 5 ใบ มาเติมน้ำความเต็ม 25 พีพีทีโหลละ 5 ลิตร แล้วเติมสารนิโคลชาไมด์ ความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายทั้งหมดจากการทดลอง ช้างต้นหลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 7 วัน จึงปล่อยลูกกึ่งระยะโพสตราัว 12 โหลละ 20 ตัว โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา และมีการสังเกตและบันทึกจำนวนลูกกึ่งที่ตายภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้หอยขมที่เลี้ยงในน้ำจืด ตายครึ่งหนึ่ง ภายใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) เมื่อทดสอบที่ระดับพีเอชต่าง ๆ กัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่ระดับพีเอชต่างกัน 4 ระดับ คือ พีเอช 7.0 , 7.5 , 8.0 และ 8.5 ต่อหอยขม ได้ผลการศึกษาดังนี้

#### 1.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับพีเอช 7.0

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้หอยขมตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยขมตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.8 และ 0.1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.1, 0.15, 0.23, 0.35, 0.53 และ 0.8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อหอยขม ได้ผลการศึกษาดังนี้ ปริมาณการตายของหอยขมแสดงไว้ในตารางที่ 3 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์พบว่า ภายใน 24 ชั่วโมงพบว่าหอยขมตายในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.15 พีพีเอ็ม และความเข้มข้น 0.8 พีพีเอ็ม หอยขมตายหมด ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม หอยขมไม่ตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.15 และ 0.23 พีพีเอ็ม หอยขมตายเพิ่มขึ้น

การสังเกตพฤติกรรมของหอยขมหลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น ต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยขมที่มีลักษณะปกติที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์จะมีการคืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง โดยขณะคืบคลานหอยจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิ รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ซึ่งหอยที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.15 พีพีเอ็มพบว่าหอยยังมีพฤติกรรมเหมือนกับหอยปกติ ส่วนหอยขมที่ได้รับนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.23, 0.35, 0.53 และ 0.8 พีพีเอ็ม พบว่าหอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิ ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการจับเมื่อออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคตชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน

8 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของ กล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบไม่มีการคลืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการจับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขมที่ได้รับนิโคตชาไมด์ที่ 48 ชั่วโมงที่พีเอช 7.0 ที่ ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.25 (0.2115-0.3577) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 7) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้ง ก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (พีเอช) ค่าความกระด้าง ความ เป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคตชาไมด์มี การเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 8)

ตารางที่ 3 อัตราการตายสะสมของหอยขมเนื่องจากนิโคชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 7.0

ความเข้มข้นของ สารนิโคชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.1	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.15	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	4	6	6	16	5.33	26.67
0.23	8	8	10	8	26	8.67	43.33
	12	8	10	10	28	9.33	46.67
	24	8	10	10	28	9.33	46.67
	48	10	10	10	30	10	50

ตารางที่ 3 (ต่อ)

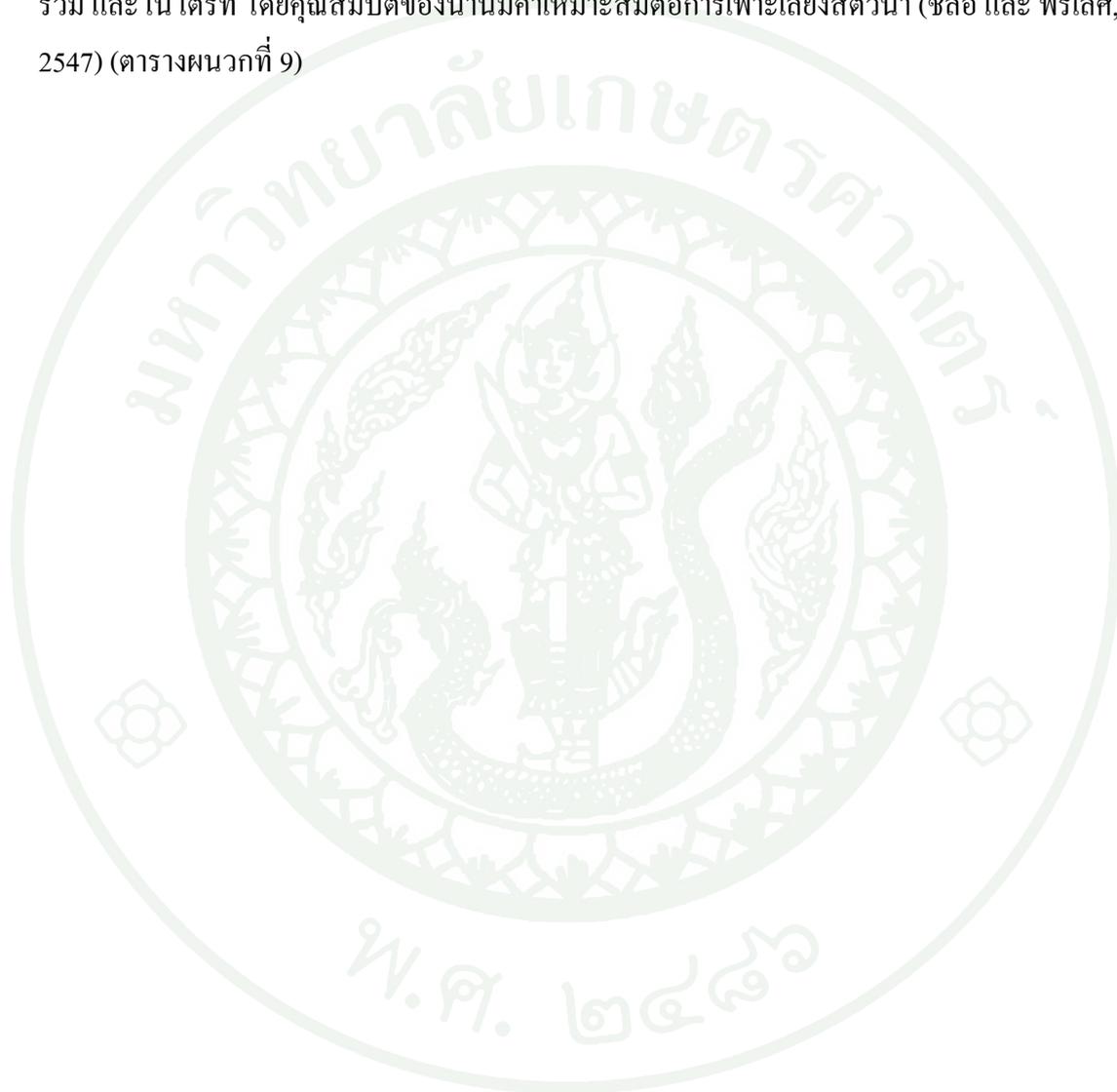
ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.35	8	10	10	12	32	10.67	53.33
	12	10	10	12	32	10.67	53.33
	24	10	10	12	32	10.67	53.33
	48	10	10	12	32	10.67	53.33
0.53	8	16	16	18	50	16.67	83.33
	12	16	16	18	50	16.67	83.33
	24	16	16	18	50	16.67	83.33
	48	16	16	18	50	16.67	83.33
0.8	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

## 1.2 พืชเนียบปล้นที่ระดับพีเอช 7.5

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลซาไมด์ ที่ทำให้หอยขมตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยขมตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.6 และ 0.1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.1, 0.14, 0.2, 0.29, 0.42 และ 0.6 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคลซาไมด์ต่อหอยขม ได้ผลการศึกษาดังนี้ ปริมาณการตายของหอยขมแสดงไว้ในตารางที่ 4 หลังจากเติมสารนิโคลซาไมด์พบว่า ภายใน 24 ชั่วโมงพบการตายของหอยขมในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.14 พีพีเอ็ม ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยขมตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.14, 0.2, 0.29, 0.42 พีพีเอ็ม หอยขมตายเพิ่มขึ้นจาก 24 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 0.6 พีพีเอ็มตายหมดภายใน 48 ชั่วโมง

การสังเกตพฤติกรรมของหอยขมหลังได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น ต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยขมที่มีลักษณะปกติที่ไม่ได้รับนิโคลซาไมด์จะมีการคืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง โดยจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ซึ่งหอยที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.14 พีพีเอ็ม ยังมีพฤติกรรมเหมือนกับหอยกลุ่มควบคุม ส่วนหอยขมที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.29, 0.42 และ 0.6 พีพีเอ็ม หอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางตัวเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ ออกมา พร้อมทั้งมีการขยับเมื่อออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคลซาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็ง ไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบไม่มีการคืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการขยับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขมที่ได้รับนิโคซามิเดที่ 48 ชั่วโมงที่พีเอช 7.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.20 (0.1821-0.2369) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 7) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคซามิเด ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 9)



ตารางที่ 4 อัตราการตายสะสมของหอยขมเนื่องจากนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 7.5

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.1	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.14	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	2	6	2	10	3.33	16.67
0.2	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	2	4	4	10	3.33	16.67
	48	8	12	10	30	10	50

ตารางที่ 4 (ต่อ)

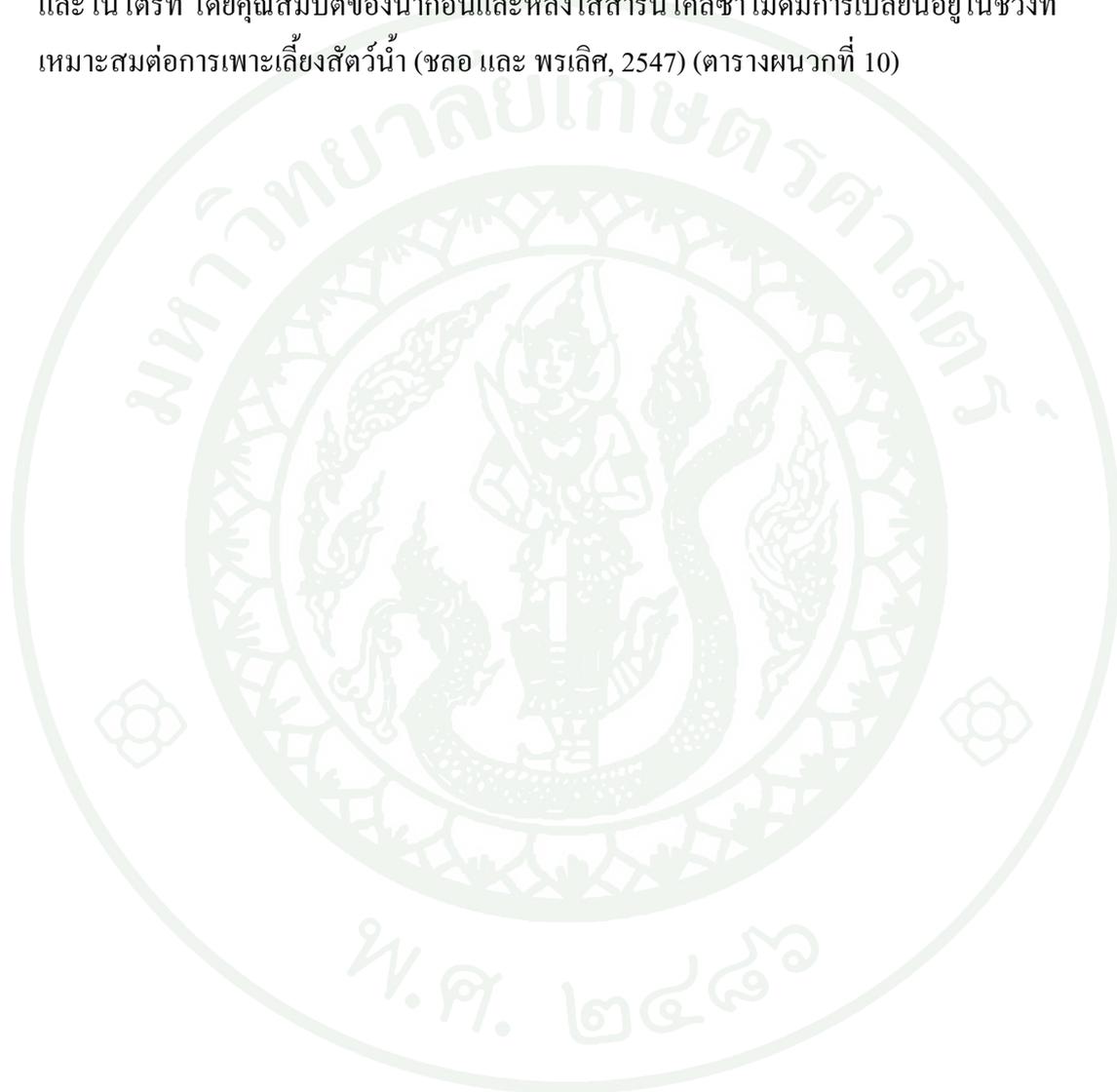
ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.29	8	6	14	10	30	10	50
	12	6	14	10	30	10	50
	24	6	14	10	30	10	50
	48	16	16	14	46	15.33	76.67
0.42	8	12	8	10	30	10	50
	12	12	8	10	30	10	50
	24	12	8	10	30	10	50
	48	16	14	18	48	16	80
0.6	8	14	16	18	48	16	80
	12	16	18	18	52	17.33	86.67
	24	18	18	20	56	18.67	93.33
	48	20	20	20	60	20	100

### 1.3 พิษเฉียบพลันที่ระดับพีเอช 8.0

ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้หอยขมตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยขมตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.5 และ 0.1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.1, 0.14, 0.19, 0.26, 0.36 และ 0.5 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ได้ผลการศึกษาดังนี้ ปริมาณการตายของหอยขมแสดงไว้ในตารางที่ 5 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ ภายใน 24 ชั่วโมง มีหอยขมตายในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.14 พีพีเอ็ม ส่วนที่ความเข้มข้น 0.5 พีพีเอ็ม หอยขมตายหมดภายใน 8 ชั่วโมง ที่เวลา 48 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม หอยขมทุกตัวไม่ตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.14 พีพีเอ็ม มีหอยขมตายเพิ่มขึ้นจากที่เวลา 24 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้นอื่น ๆ หอยขมไม่มีการตายเพิ่มจากชั่วโมงที่ 24

การสังเกตพฤติกรรมของหอยขมหลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น ต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยขมในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์จะมีการสืบคลาน บริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง โดยขณะสืบคลานหอยจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเกิล รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ซึ่งหอยที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำคือ 0.1 และ 0.14 พีพีเอ็ม ยังมีพฤติกรรมเหมือนกับหอยปกติ ส่วนหอยขมที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น 0.19, 0.26, 0.36 และ 0.5 พีพีเอ็ม หอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเกิล ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางตัวเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการจับเมื่อออกมามากอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคตชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็ง ไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบไม่มีการสืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการจับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขมที่ได้รับนิโคชาไมด์ที่ 48 ชั่วโมงที่พีเอช 8.0 ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.21 (0.1875-0.2528) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 7) จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคชาไมด์ ในทุกกลุ่มการทดลองค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคชาไมด์มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 10)



ตารางที่ 5 อัตราการตายสะสมของหอยขมเนื่องจากนิโคซามีความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 8.0

ความเข้มข้นของ สารนิโคซามีค (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.1	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.14	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	2	2	2	6	2	3.33
0.19	8	6	2	6	14	4.67	23.33
	12	6	2	6	14	4.67	23.33
	24	10	8	10	28	9.33	46.67
	48	10	8	10	28	9.33	46.67

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.26	8	12	14	16	42	14	70
	12	12	14	16	42	14	70
	24	12	14	16	42	14	70
	48	12	14	16	42	14	70
0.36	8	16	16	16	48	16	80
	12	16	16	16	48	16	80
	24	18	18	18	54	18	90
	48	18	18	18	54	18	90
0.5	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

#### 1.4 พืชเทียบปล้นที่ระดับพีเอช 8.5

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลชาไมด์ ที่ทำให้หอยขมตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยขมตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.5 และ 0.1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.1, 0.14, 0.19, 0.26, 0.36 และ 0.5 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ได้ผลการศึกษาดังนี้ ปริมาณการตายของหอยขมแสดงไว้ในตารางที่ 6 หลังจากเติมสารนิโคลชาไมด์ ภายใน 24 ชั่วโมง มีหอยขมตายในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม ส่วนที่ความเข้มข้น 0.5 พีพีเอ็ม หอยขมตายหมดภายใน 24 ชั่วโมง ที่เวลา 48 ชั่วโมงระดับความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม หอยขมทุกตัวไม่ตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นมา 0.14 , 0.19 , 0.26 และ 0.36 พีพีเอ็ม มีหอยขมตายเพิ่มขึ้นจาก 24 ชั่วโมง

พฤติกรรมของหอยขมที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ในระดับความเข้มข้นและช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยขมที่ไม่ได้รับนิโคลชาไมด์จะมีการสืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง โดยจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.14 พีพีเอ็ม มีพฤติกรรมเหมือนกับหอยปกติ ส่วนหอยขมที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.19, 0.26, 0.36 และ 0.5 พีพีเอ็ม ส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการจับเมื่อออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคลชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีกลิ่นคาวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบไม่มีการสืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการจับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขมที่ได้รับนิโคลชาไมด์ที่ 48 ชั่วโมงที่พีเอช 8.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.24 (0.2034-0.3269) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 7) ซึ่งการศึกษาประสิทธิภาพของสารนิโคลชาไมด์ในการฆ่าหอยขมที่ระดับพีเอชต่าง ๆ กัน พบว่า สารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.8 พีพีเอ็ม สามารถกำจัดหอยขมได้ทั้งหมดในช่วงพีเอช 7.0 – 8.5 Fox and Rivera (1966) รายงานว่า ที่ระดับ

พีเอช 4.0 – 5.0 และที่ระดับพีเอช สูงกว่า 9.6 ต้องใช้นิโคซาไมด์ 0.8 พีพีเอ็มในการกำจัดหอย *Biomphalaria glabrata* ในขณะที่ระดับพีเอช 7.0 – 9.2 ใช้นิโคซาไมด์เพียง 0.2 พีพีเอ็ม สามารถกำจัดหอยชนิดนี้ได้ภายใน 24 ชั่วโมง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ระดับพีเอชต่ำกว่า 7.2 นิโคซาไมด์จะเกิดการตกตะกอนอยู่ในรูปของสารที่ไม่ละลายน้ำ (Meredith and Meredith, 1972) โดยคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่นิโคซาไมด์มีการเปลี่ยนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 11)

ตารางที่ 6 อัตราการตายสะสมของหอยขมเนื่องจากนิโคซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอช 8.5

ความเข้มข้นของ สารนิโคซาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.1	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.14	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	2	2	4	1.33	6.67
	24	0	2	2	4	1.33	6.67
	48	2	2	2	6	2	10
0.19	8	0	0	0	0	0	0
	12	6	6	4	16	5.33	26.67
	24	6	6	4	16	5.33	26.67
	48	6	6	8	20	6.67	33.33

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.26	8	6	6	8	20	6.67	33.33
	12	6	6	8	20	6.67	33.33
	24	6	6	8	20	6.67	33.33
	48	10	8	12	30	10	50
0.36	8	16	14	13	43	14.33	71.67
	12	18	16	18	52	17.33	86.67
	24	18	16	18	52	17.33	86.67
	48	18	18	18	54	18	90
0.5	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 7 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 ชั่วโมงของหอยขมเนื่องจากนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับ พิเอชต่างกัน

สารเคมี	ระดับพีเอช	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	7.0	0.25 (0.2115-0.3577)
	7.5	0.20 (0.1821-0.2369)
	8.0	0.21 (0.1875-0.2528)
	8.5	0.24 (0.2034-0.3269)

## 2. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้หอยจิ้งก่ที่เลี้ยงในความเค็ม 25 และ 30 พีพีที ตายครั้งหนึ่งภายใน 96 ชั่วโมง (96-hour LC<sub>50</sub>)

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเค็ม 25 และ 30 พีพีที ต่อหอยจิ้งก่ ได้ผลการศึกษาดังนี้

### 2.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเค็ม 25 พีพีที

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้หอยจิ้งก่ตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจิ้งก่ตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.6 และ 0.4 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.4, 0.43, 0.47, 0.51, 0.55 และ 0.6 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อหอยจิ้งก่ ได้ผลการศึกษาดังนี้

อัตราการตายของหอยจิ้งก่ แสดงไว้ในตารางที่ 8 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ที่ 24 ชั่วโมงมีหอยจิ้งก่ตายในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.4 พีพีเอ็มและที่ความเข้มข้น 0.6 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ตายหมด ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงความเข้มข้น 0.4 หอยจิ้งก่ไม่ตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.47, 0.51 และ 0.55 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ตายเพิ่มขึ้น ที่เวลา 72 ชั่วโมงระดับความเข้มข้น 0.4 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ไม่ตาย และที่ระดับความเข้มข้น 0.47, 0.51 และ 0.55 พีพีเอ็ม มีหอยจิ้งก่ตายบ้างบางส่วนเช่นเดียวกับที่เวลา 48 ชั่วโมง และเมื่อครบ 96 ชั่วโมง พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของสารนิโคตชาไมด์ ไม่มีการตายของหอยจิ้งก่เพิ่มขึ้น จากช่วงเวลา 72 ชั่วโมง

พฤติกรรมของหอยจิ้งก่หลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยจิ้งก่ที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์จะคืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลองจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิ รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 0.4 และ 0.43 พีพีเอ็ม ยังมีพฤติกรรมเหมือนกับหอยปกติ ส่วนหอยจิ้งก่ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น 0.47, 0.51, 0.55 และ 0.6 พีพีเอ็ม ส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิ ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการจับ

เมื่อกออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคตินาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบ ไม่มีการคืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการจับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกที่ได้รับนิโคตินาไมด์ที่ 96 ชั่วโมงที่ความเค็ม 25 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.4842 (0.4619 – 0.5072) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 10) ส่วนคุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตินาไมด์ ได้แก่ค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 12)

ตารางที่ 8 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นเนื่องจากสารนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่  
ความเค็ม 25 พีพีที

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.4	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.43	24	4	2	4	10	3.33	16.67
	48	4	2	4	10	3.33	16.67
	72	4	2	4	10	3.33	16.67
	96	4	2	4	10	3.33	16.67
0.47	24	4	8	2	14	4.67	23.33
	48	4	8	6	18	6	30
	72	4	8	10	22	7.33	36.67
	96	4	8	10	22	7.33	36.67

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.51	24	6	6	4	16	5.33	26.67
	48	8	6	10	24	8	40
	72	12	12	10	34	11.33	56.67
	96	12	12	10	34	11.33	56.67
0.55	24	2	4	10	16	5.33	26.67
	48	10	14	18	42	14	70
	72	16	18	18	52	17.33	86.67
	96	16	18	18	52	17.33	86.67
0.6	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

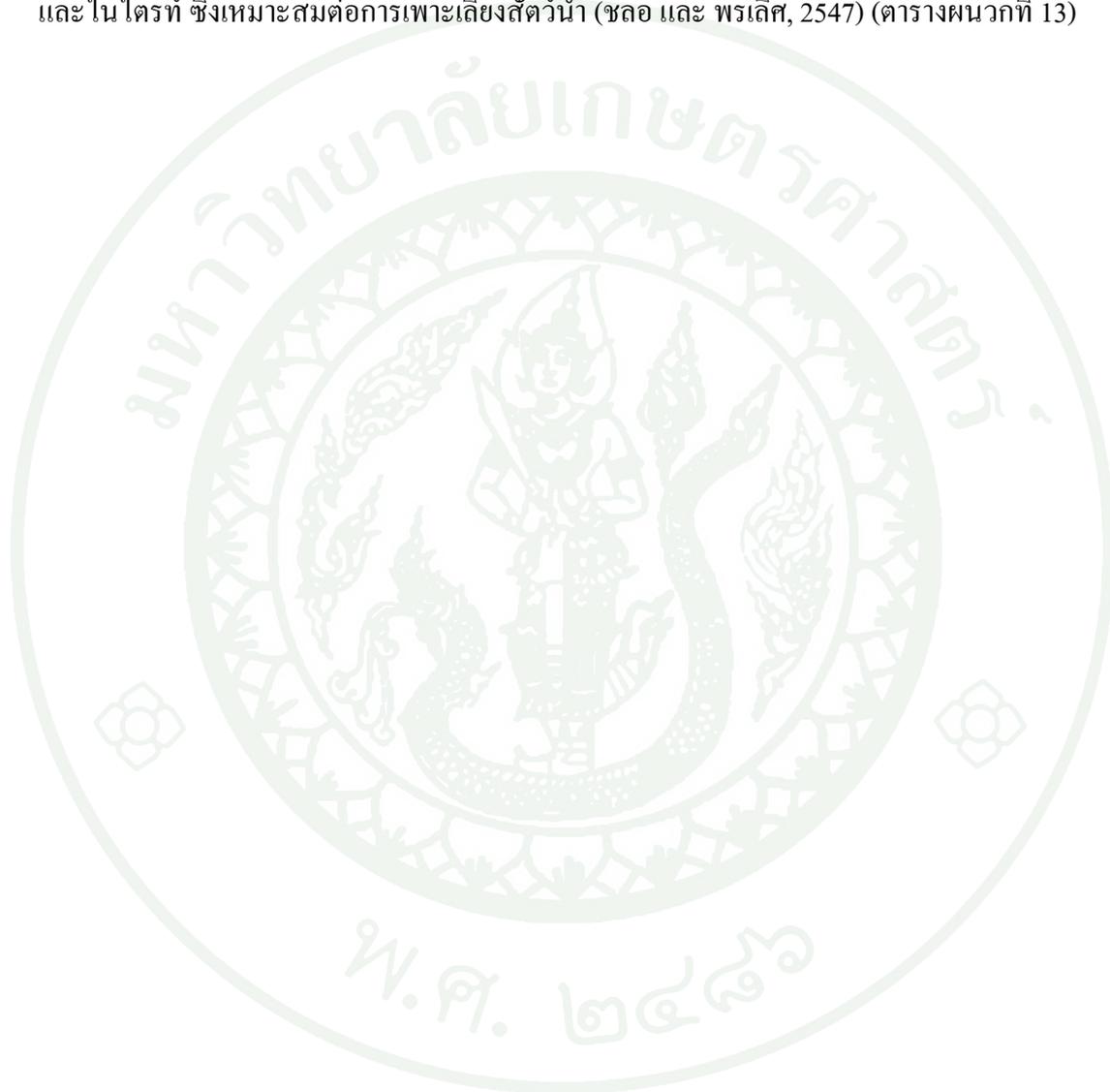
## 2.2 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลชาไมด์ ที่ทำให้หอยจืดตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจืดตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.5 และ 0.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.2, 0.24, 0.29, 0.35, 0.42 และ 0.5 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคลชาไมด์ต่อหอยจืดได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของหอยจืด แสดงไว้ในตารางที่ 9 หลังจากเติมสารนิโคลชาไมด์ พบว่าที่ 24 ชั่วโมงมีหอยจืดตายในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 พีพีเอ็ม และความเข้มข้นสูงสุด 0.5 พีพีเอ็ม หอยจืดตายหมด และที่ความเข้มข้นอื่นๆที่ลดต่ำลงมามีหอยจืดตายบางส่วน ที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 0.2 พีพีเอ็ม หอยจืดยังคงไม่ตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.24, 0.29, 0.35 และ 0.42 พีพีเอ็ม หอยจืดตายเพิ่มขึ้น ที่เวลา 72 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.29, 0.35 และ 0.42 พีพีเอ็ม พบหอยจืดตายเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 48 และเมื่อครบ 96 ชั่วโมง พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของสารนิโคลชาไมด์ ไม่พบการตายของหอยจืดเพิ่มขึ้นจากที่เวลา 72 ชั่วโมง

พฤติกรรมของหอยจืดหลังได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยจืดที่ไม่ได้รับนิโคลชาไมด์และกลุ่มที่ได้รับในระดับความเข้มข้น 0.20 และ 0.24 พีพีเอ็มจะมีการคืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง โดยขณะคืบคลานหอยจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยจืดที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น 0.29, 0.35, 0.42 และ 0.5 พีพีเอ็ม หอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการขยับเมือกออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคลชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็ง ไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มี การคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบ ไม่มีการคืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการขยับเมือกออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกที่ได้รับนิโคชาไมด์ที่ 96 ชั่วโมงที่ความเค็ม 30 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.2886 (0.2352 – 0.3541) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 10) ทุกกลุ่มการทดลองคุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคชาไมด์ มีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ซึ่งเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 13)



ตารางที่ 9 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกเนื่องจากสารนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่  
ความเค็ม 30 พีพีที

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.2	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.24	24	2	2	0	4	1.33	6.67
	48	2	2	2	6	2	10
	72	2	2	2	6	2	10
	96	2	2	2	6	2	10
0.29	24	0	6	6	12	4	20
	48	8	6	10	24	8	40
	72	8	10	10	28	9.33	46.67
	96	8	10	10	28	9.33	46.67

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ชั่วโมง			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.35	24	6	8	8	22	7.33	36.67
	48	12	8	12	32	10.67	53.33
	72	14	14	16	44	14.67	73.33
	96	14	14	16	44	14.67	73.33
0.42	24	8	8	10	26	8.67	43.33
	48	18	14	18	50	16.67	83.33
	72	18	18	18	54	18	90
	96	18	18	18	54	18	90
0.5	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 10 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 และ 96 ชั่วโมงของหอยจิ้งก่ เนื่องจากนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ความเค็ม 25 และ 30 พีพีที

สารเคมี	ความเค็ม (พีพีที)	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$	ค่า 96 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	25	0.50 (0.4871-0.5233)	0.4842 (0.4619-0.5072)
	30	0.32 (0.302-0.3474)	0.2886 (0.2352-0.3541)

### 3. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้หอยจิ้งก่ ตายครั้งหนึ่งภายใน 96 ชั่วโมง (96-hour LC<sub>50</sub>) เมื่อทดสอบที่ระดับพีเอชต่าง ๆ กัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่ระดับพีเอช ต่างกัน 4 ระดับ คือ พีเอช 7.0 , 7.5 , 8.0 และ 8.5 ต่อหอยจิ้งก่ ได้ผลการศึกษาดังนี้

#### 3.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับพีเอช 7.0

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้หอยจิ้งก่ตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจิ้งก่ตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.6 และ 0.1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.1, 0.14, 0.2, 0.29, 0.42 และ 0.6 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อหอยจิ้งก่ ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณหอยจิ้งก่ที่ตายตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 11 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ที่ 24 และ 48 ชั่วโมงพบการตายของหอยจิ้งก่ในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.1 แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.29 และ 0.42 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ตายเพิ่มขึ้น ส่วนที่ความเข้มข้น 0.14 พีพีเอ็มพบการตายของหอยที่ 24 ชั่วโมงเท่านั้น และที่ความเข้มข้น 0.6 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ตายหมด ที่เวลา 72 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีการตายของหอยจิ้งก่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเวลา 96 ชั่วโมง

พฤติกรรมของหอยจิ้งก่หลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยจิ้งก่ปกติที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์และที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.14 พีพีเอ็ม จะมีการสืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง โดยขณะสืบคลานหอยจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยจิ้งก่ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.29, 0.42 และ 0.6 พีพีเอ็ม พบว่าหอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้นที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการขับเมือกออกมามากอยู่บริเวณปากเปลือกหอย

ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคตชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบไม่มีการสืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการขับเมือกออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกที่ได้รับนิโคตชาไมด์ที่ 96 ชั่วโมงที่ระดับพีเอช 7.0 ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.2234 (0.1934-0.2911) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 15) คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ในทุกกลุ่มทดลองมีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 14)

ตารางที่ 11 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกเนื่องจากการปนเปื้อนสารนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่างๆ  
ที่ระดับพีเอช 7.0

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.1	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.14	24	6	4	4	14	4.67	23.33
	48	6	4	4	14	4.67	23.33
	72	6	4	4	14	4.67	23.33
	96	6	4	4	14	4.67	23.33
0.2	24	6	4	6	16	5.33	26.67
	48	8	8	6	22	7.33	36.67
	72	8	8	6	22	7.33	36.67
	96	8	8	6	22	7.33	36.67

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.29	24	8	8	6	22	7.33	36.67
	48	14	12	10	36	12	60
	72	14	12	10	36	12	60
	96	14	12	10	36	12	60
0.42	24	10	8	10	28	9.33	46.67
	48	14	12	16	42	14	70
	72	16	16	16	48	16	80
	96	16	16	16	48	16	80
0.6	24	12	12	10	34	11.33	56.67
	48	20	20	20	60	20	100
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

### 3.2 พืชเทียบปล้นที่ระดับพีเอช 7.5

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้หอยจิ้งก่ตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจิ้งก่ตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.9 และ 0.1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.1, 0.16, 0.24, 0.37, 0.58 และ 0.9 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อหอยจิ้งก่ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณหอยจิ้งก่ที่ตายตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 12 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ที่ 24 ชั่วโมงพบการตายของหอยจิ้งก่ในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.16 พีพีเอ็ม ไม่พบการตายของหอยจิ้งก่ ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจิ้งก่ตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.16, 0.24, 0.37, 0.58 และ 0.9 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ตายเพิ่มขึ้น ที่เวลา 72 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจิ้งก่ตาย และที่ระดับความเข้มข้น 0.24, 0.37 และ 0.58 พีพีเอ็ม มีหอยจิ้งก่ตายบ้างบางส่วนเช่นเดียวกับที่เวลา 48 ชั่วโมงขณะที่ความเข้มข้น 0.9 พีพีเอ็มตายหมดที่ช่วงเวลานี้ และเมื่อครบ 96 ชั่วโมง พบว่าทุกระดับความเข้มข้นของสารนิโคตชาไมด์ ไม่พบการตายของหอยจิ้งก่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งเวลา 96 ชั่วโมง

พฤติกรรมของหอยจิ้งก่หลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยจิ้งก่ปกติที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์และที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.16 พีพีเอ็ม จะมีการสืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง โดยขณะสืบคลานหอยจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยจิ้งก่ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.24, 0.37, 0.58 และ 0.9 พีพีเอ็ม พบว่าหอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้นที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการขับเมือกออกมามากอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคตชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้

ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบไม่มีการคืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการขับเมือกออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 96 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 7.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.3334 (0.2675-0.5688) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 15) คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ได้แก่ค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนโตรท์ ในทุกกลุ่มทดลองมีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 15)



ตารางที่ 12 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกเนื่องจกสารนิโคลซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ระดับพีเอช 7.5

ความเข้มข้นของ สารนิโคลซาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.1	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.16	24	0	0	0	0	0	0
	48	2	2	4	8	2.67	13.33
	72	2	2	4	8	2.67	13.33
	96	2	2	4	8	2.67	13.33
0.24	24	2	4	2	8	2.67	13.33
	48	6	4	4	14	4.67	23.33
	72	6	6	6	18	6	30
	96	6	6	6	18	6	30

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.37	24	4	6	8	18	6	30
	48	8	8	8	24	8	40
	72	10	8	8	26	8.67	43.33
	96	10	8	8	26	8.67	43.33
0.58	24	10	8	8	26	8.67	43.33
	48	12	12	10	34	11.33	56.67
	72	14	14	14	42	14	70
	96	14	14	14	42	14	70
0.9	24	10	10	16	36	12	60
	48	18	18	18	54	18	90
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

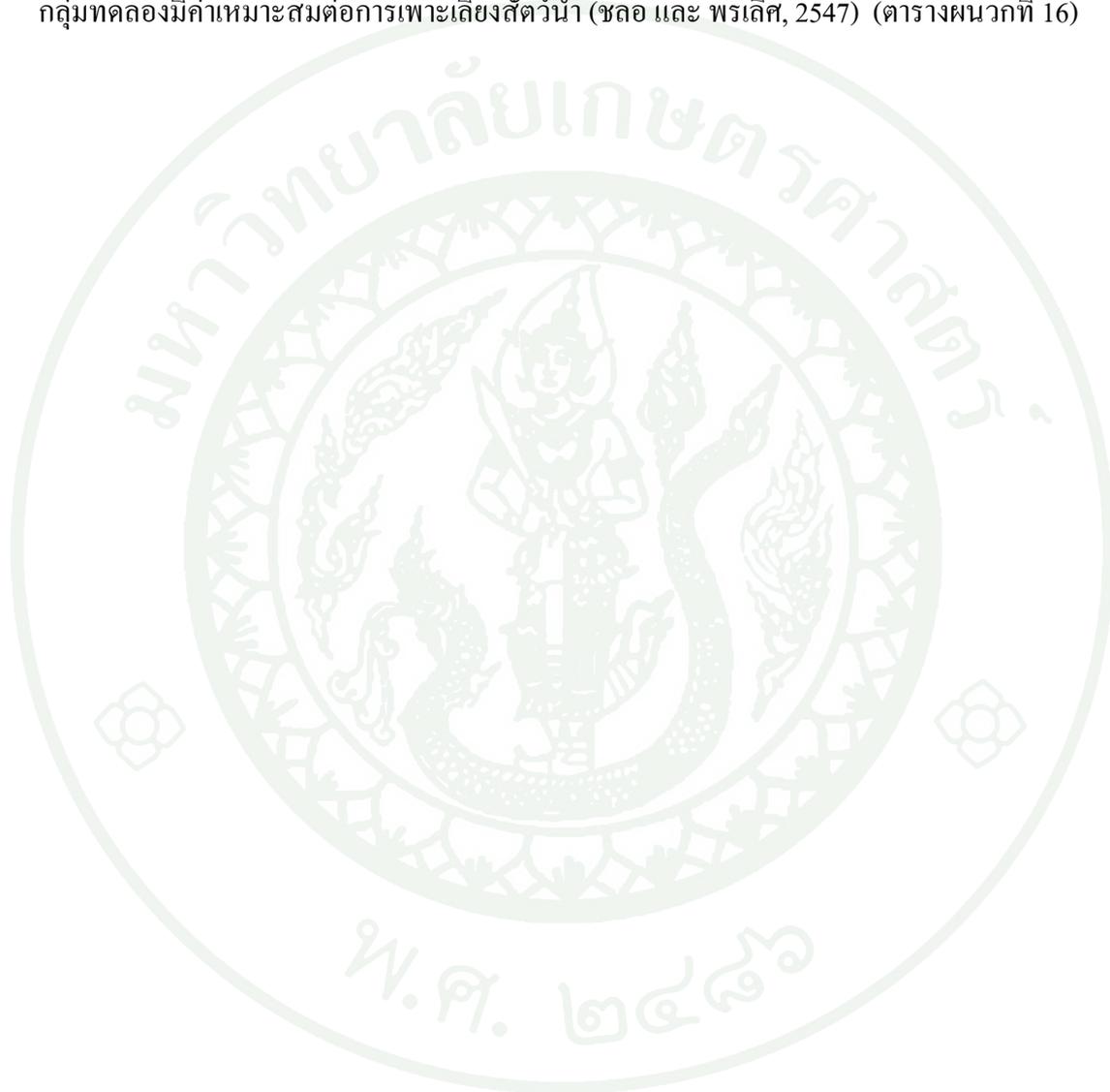
### 3.3 พืชเนียบพลันที่ระดับพีเอช 8.0

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลชาไมด์ ที่ทำให้หอยจืดตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจืดตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.9 และ 0.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.2, 0.27, 0.36, 0.49, 0.67 และ 0.9 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคลชาไมด์ต่อหอยจืดได้ผลการศึกษาดังนี้

อัตราการตายของหอยจืดที่ตายตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 13 หลังจากเติมสารนิโคลชาไมด์ พบว่า ที่ 24 ชั่วโมงพบการตายของหอยจืดในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจืดตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.27, 0.36, 0.49 และ 0.67 พีพีเอ็ม หอยจืดตายเพิ่มขึ้นแต่ความเข้มข้น 0.9 พีพีเอ็ม หอยจืดตายหมด ขณะที่เวลา 72 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจืดตาย และที่ระดับความเข้มข้น 0.27, 0.36, 0.49 และ 0.67 พีพีเอ็ม มีหอยจืดตายบ้างบางส่วนเช่นเดียวกับที่เวลา 48 ชั่วโมง และเมื่อครบ 96 ชั่วโมง พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของสารนิโคลชาไมด์ ไม่พบการตายของหอยจืดเพิ่มขึ้น จนกระทั่งครบ 96 ชั่วโมง

พฤติกรรมของหอยจืดหลังได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยจืดที่ไม่ได้รับนิโคลชาไมด์และที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.27 พีพีเอ็ม จะมีการคืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง จะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิสรวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยจืดที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.36, 0.49, 0.67 และ 0.9 พีพีเอ็ม พบว่าหอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิ ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการจับเมื่อออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคลชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบ ไม่มีการคืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการจับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 96 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 8.0 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.336 (0.3058-0.3815) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 15) คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ได้แก่ค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนโตรที่ทุกกลุ่มทดลองมีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 16)



ตารางที่ 13 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นก้นเนื่องจากสารนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่ระดับพีเอช 8.0

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.2	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.27	24	4	2	6	12	4	20
	48	6	6	6	18	6	30
	72	8	8	6	22	7.33	36.67
	96	8	8	6	22	7.33	36.67
0.36	24	6	6	8	20	6.67	33.33
	48	10	8	10	28	9.33	46.67
	72	12	10	12	34	11.33	56.67
	96	12	10	12	34	11.33	56.67

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.49	24	6	8	8	22	7.33	36.67
	48	10	12	14	36	12	60
	72	16	16	18	50	16.67	83.33
	96	16	16	18	50	16.67	83.33
0.67	24	12	12	12	36	12	60
	48	18	16	16	50	16.67	83.33
	72	18	18	16	52	17.33	86.67
	96	18	18	16	52	17.33	86.67
0.9	24	16	18	16	50	16.67	83.33
	48	20	20	20	60	20	100
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

### 3.4 พืชเทียบปล้นที่ระดับพีเอช 8.5

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้หอยจิ้งก่ตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจิ้งก่ตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1 และ 0.3 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.3, 0.38, 0.49, 0.62, 0.79 และ 1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อหอยจิ้งก่ ได้ผลการศึกษาดังนี้

อัตราการตายของหอยจิ้งก่ แสดงไว้ในตารางที่ 14 หลังจากเดิมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ที่ 24 ชั่วโมงพบการตายของหอยจิ้งก่ในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจิ้งก่ตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.38, 0.49, 0.62 และ 0.79 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ตายเพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 1 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ตายหมด ขณะที่เวลา 72 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจิ้งก่ตาย และที่ระดับความเข้มข้น 0.38, 0.49 และ 0.62 พีพีเอ็ม มีหอยจิ้งก่ตายบ้างบางส่วนเช่นเดียวกับที่เวลา 48 ชั่วโมงแต่ที่ความเข้มข้น 0.79 พีพีเอ็ม ไม่มีการตายของหอยจิ้งก่เพิ่มขึ้น และเมื่อครบ 96 ชั่วโมง ทุกระดับความเข้มข้นของสารนิโคตชาไมด์ ไม่พบการตายของหอยจิ้งก่เพิ่มขึ้น

พฤติกรรมของหอยจิ้งก่หลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยจิ้งก่ที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์และที่ความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม จะมีการก๊ีบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง โดยขณะก๊ีบคลานหอยจะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิร รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยจิ้งก่ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.38, 0.49, 0.62, 0.79 และ 1 พีพีเอ็ม พบว่าหอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิร ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการขยับเมื่อออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคตชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็ง ไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบไม่มีการก๊ีบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการขยับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกที่ได้รับสารนิโคชาไมด์ ที่ 96 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 8.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.477 (0.3298-0.6898) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 15) ซึ่งการศึกษาประสิทธิภาพของสารนิโคชาไมด์ในการฆ่าหอยขึ้นกที่ระดับพีเอชต่าง ๆ กัน พบว่า สารนิโคชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม สามารถกำจัดหอยขึ้นกได้ทั้งหมดในช่วงพีเอช 7.0 – 8.5 Fox and Rivera (1966) รายงานว่าที่ระดับพีเอช 4.0 – 5.0 และที่ระดับพีเอช สูงกว่า 9.6 ต้องใช้นิโคชาไมด์ 0.8 พีพีเอ็มในการกำจัดหอย *Biomphalaria glabrata* ในขณะที่ระดับพีเอช 7.0 – 9.2 ใช้นิโคชาไมด์เพียง 0.2 พีพีเอ็ม สามารถกำจัดหอยชนิดนี้ได้ภายใน 24 ชั่วโมง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ระดับพีเอชต่ำกว่า 7.2 นิโคชาไมด์จะเกิดการตกตะกอนอยู่ในรูปของสารที่ไม่ละลายน้ำ (Meredith and Meredith, 1972) คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคชาไมด์ ได้แก่ค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ซึ่งมีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 17)

ตารางที่ 14 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกเนื่องจากสารนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่  
ระดับพีเอช 8.5

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.3	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.38	24	6	4	6	16	5.33	26.67
	48	6	6	6	18	6	30
	72	6	8	8	22	7.33	36.67
	96	6	8	8	22	7.33	36.67
0.49	24	8	8	6	22	7.33	36.67
	48	8	10	8	26	8.67	43.33
	72	8	10	10	28	9.33	46.67
	96	8	10	10	28	9.33	46.67

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.62	24	10	10	12	32	10.67	53.33
	48	14	16	16	46	15.33	76.67
	72	16	16	16	48	16	80
	96	16	16	16	48	16	80
0.79	24	8	10	12	30	10	50
	48	18	18	18	54	18	90
	72	18	18	18	54	18	90
	96	18	18	18	54	18	90
1.0	24	16	16	18	50	16.67	83.33
	48	20	20	20	60	20	100
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 15 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 และ 96 ชั่วโมงของหอยจิ้งก่ เนื่องจากนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับพีเอชต่างกัน

สารเคมี	ระดับพีเอช	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$	ค่า 96 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	7.0	0.25 (0.2101-0.2907)	0.2234 (0.1934-0.2911)
	7.5	0.42 (0.3422-0.526)	0.3334 (0.2675-0.5688)
	8.0	0.39 (0.3434-0.4443)	0.336 (0.3058-0.3815)
	8.5	0.49 (0.4481-0.5414)	0.477 (0.3298-0.6898)

#### 4. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้หอยจิ้งก่ ตายครั้งหนึ่งภายใน 96 ชั่วโมง (96-hour LC<sub>50</sub>) เมื่อทดสอบที่ระดับความเป็นต่างต่าง ๆ กัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเป็นต่างต่างกัน 3 ระดับ คือ 60-80 , 120-140 และ 180-200 พีพีเอ็ม ได้ผลการศึกษาดังนี้

##### 4.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเป็นต่าง 60-80 พีพีเอ็ม

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้หอยจิ้งก่ตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจิ้งก่ตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.7 และ 0.1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.1, 0.15, 0.22, 0.32, 0.47 และ 0.7 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อหอยจิ้งก่ ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของหอยจิ้งก่ แสดงไว้ในตารางที่ 16 หลังจากเดิมสารนิโคตชาไมด์ ที่ 24 ชั่วโมงพบการตายของหอยจิ้งก่ในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.15 พีพีเอ็ม ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ไม่ตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.15, 0.22, 0.32 และ 0.47 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ตายเพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 0.7 หอยจิ้งก่ตายหมด ขณะที่เวลา 72 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.1 พีพีเอ็ม หอยจิ้งก่ไม่ตาย และที่ระดับความเข้มข้น 0.15, 0.22, 0.32 และ 0.47 พีพีเอ็ม มีหอยจิ้งก่ตายเพิ่มมากขึ้น และเมื่อครบ 96 ชั่วโมง พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของสารนิโคตชาไมด์ ไม่พบการตายของหอยจิ้งก่เพิ่มขึ้น

พฤติกรรมของหอยจิ้งก่หลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน หอยจิ้งก่ที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์และที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.15 พีพีเอ็ม จะมีการคืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง จะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิรวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยจิ้งก่ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.22, 0.32, 0.47 และ 0.7 พีพีเอ็ม พบว่าหอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคลิ ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการจับเมื่อออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการ

ระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคตชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้า จะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบ ไม่มีการสืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการจับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขึ้นที่ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเป็นด่าง 60-80 พีพีเอ็ม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.3731 (0.2781-1.1278) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 19) คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ซึ่งทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 18)

ตารางที่ 16 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นเนื่องจากสารนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับความเป็นด่าง 60-80 พีพีเอ็ม

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.1	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.15	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	2	2	4	1.33	6.67
	72	2	2	2	6	2	10
	96	2	2	2	6	2	10
0.22	24	2	2	2	6	2	10
	48	4	2	2	8	2.67	13.33
	72	4	2	4	10	3.33	16.67
	96	4	2	4	10	3.33	16.67

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.32	24	4	6	6	16	5.33	26.67
	48	6	6	8	20	6.67	33.33
	72	8	8	10	26	8.67	43.33
	96	8	8	10	26	8.67	43.33
0.47	24	8	10	8	26	8.67	43.33
	48	12	14	14	40	13.33	66.67
	72	14	14	14	42	14	70
	96	14	14	14	42	14	70
0.7	24	14	16	16	46	15.33	76.67
	48	20	20	20	60	20	100
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

#### 4.2 พืชเนียบปล้นที่ระดับความเป็นต่าง 120-140 พีพีเอ็ม

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตินาไมด์ ที่ทำให้หอยจืดตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจืดตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.8 และ 0.3 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.3, 0.37, 0.44, 0.54, 0.66 และ 0.8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตินาไมด์ต่อหอยจืดได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของหอยจืด แสดงไว้ในตารางที่ 17 หลังจากเติมสารนิโคตินาไมด์ พบว่า ที่ 24 ชั่วโมงพบการตายของหอยจืดในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม ไม่พบการตายของหอยจืด ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจืดตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.44, 0.54 และ 0.66 พีพีเอ็ม หอยจืดตายเพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 0.8 พีพีเอ็ม หอยจืดตายหมดในช่วงเวลานี้ ในขณะที่เวลา 72 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจืดตาย และที่ระดับความเข้มข้น 0.37 และ 0.66 พีพีเอ็ม มีหอยจืดตายเพิ่มขึ้นแต่ความเข้มข้นอื่น ไม่มีการตายเพิ่มขึ้นจนกระทั่งครบ 96 ชั่วโมง

พฤติกรรมของหอยจืดหลังได้รับสารนิโคตินาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยจืดและที่ความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็มที่ไม่ได้รับนิโคตินาไมด์จะมีการคืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง จะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิล รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยจืดที่ได้รับสารนิโคตินาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.37, 0.44, 0.54, 0.66 และ 0.8 พีพีเอ็ม พบว่าหอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเคิลตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการขับเมือกออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคตินาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบ ไม่มีการคืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการขับเมือกออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกที่ได้รับสารนิโคซาไมด์ ที่ 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเป็นด่าง 120-140 พีพีเอ็ม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.4812 (0.4428-0.5687) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 19) คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคซาไมด์ ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 19)



ตารางที่ 17 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกเนื่องจากการปนเปื้อนสารนิโคตินความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับความเป็นด่าง 120-140 พีพีเอ็ม

ความเข้มข้นของ สารนิโคติน (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.3	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.37	24	2	4	4	10	3.33	16.67
	48	2	4	4	10	3.33	16.67
	72	4	4	4	12	4	20
	96	4	4	4	12	4	20
0.44	24	4	6	6	16	5.33	26.67
	48	6	8	8	22	7.33	36.67
	72	6	8	8	22	7.33	36.67
	96	6	8	8	22	7.33	36.67

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.54	24	8	8	10	26	8.67	43.33
	48	12	10	10	32	10.67	53.33
	72	12	10	10	32	10.67	53.33
	96	12	10	10	32	10.67	53.33
0.66	24	12	14	14	40	13.33	66.67
	48	14	14	16	44	14.67	73.33
	72	16	14	16	46	15.33	76.67
	96	16	14	16	46	15.33	76.67
0.8	24	16	16	14	46	15.33	76.67
	48	20	20	20	60	20	100
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

#### 4.3 พืชเทียบปล้นที่ระดับความเป็นด่าง 180-200 พีพีเอ็ม

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลชาไมด์ ที่ทำให้หอยจิ้งกตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หอยจิ้งกตายที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.9 และ 0.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.2, 0.27, 0.36, 0.49, 0.67 และ 0.9 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคลชาไมด์ต่อหอยจิ้งก ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของหอยจิ้งก แสดงไว้ในตารางที่ 18 หลังจากเติมสารนิโคลชาไมด์ พบว่าที่ 24 ชั่วโมงพบการตายของหอยจิ้งกในทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม ส่วนที่เวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยจิ้งกตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.27, 0.36, 0.49, 0.67 และ 0.9 พีพีเอ็ม หอยจิ้งกตายเพิ่มขึ้น และที่เวลา 72 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.9 พีพีเอ็มหอยจิ้งกตายหมดขณะที่ความเข้มข้นอื่น ไม่มีการตายเพิ่มขึ้นจนกระทั่งครบ 96 ชั่วโมง

พฤติกรรมของหอยจิ้งกหลังได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยจิ้งกที่ไม่ได้รับนิโคลชาไมด์และที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.27 พีพีเอ็ม จะมีการสืบคลานบริเวณพื้นหรือด้านข้างของโหลทดลอง จะยื่นส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเกล็ด รวมทั้งตาและไซฟอนออกมานอกเปลือก ส่วนหอยจิ้งกที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.36, 0.49, 0.67 และ 0.9 พีพีเอ็ม พบว่าหอยส่วนใหญ่มีการหดกลับของส่วนหัว แผ่นเท้า เทนทาเกล็ด ตาและไซฟอน พร้อมทั้งปิดฝาสนิท มีหอยบางส่วนเท่านั้น ที่เปิดฝาและยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา พร้อมทั้งมีการจับเมื่อออกมาอยู่บริเวณปากเปลือกหอย ทั้งนี้เนื่องมาจากการระคายเคืองจากการได้รับสารนิโคลชาไมด์ และเมื่อหอยได้รับสารเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงขึ้นไป อวัยวะส่วนต่าง ๆ จะยื่นออกมาและไม่สามารถหดตัวเข้าไปในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบ ไม่มีการสืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และมีการจับเมื่อออกมา

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของหอยจิ้งกที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ ที่ 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเป็นด่าง 180-200 พีพีเอ็ม ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.4817 (0.3948-0.8794) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 19) Meyling and

Pitchford (1966) พบว่า 70 เปอร์เซ็นต์ นิโคซามาดีความเข้มข้น 408 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต่อ *B. glabrata* ลดลงในน้ำที่มีความกระด้าง เมื่อเทียบกับการออกฤทธิ์ในน้ำอ่อน (26 พีพีเอ็ม) หรือในน้ำประปา (71 พีพีเอ็ม) เมื่อทดสอบโดยใช้นิโคซามาดีความเข้มข้น 0.50 และ 1.00 พีพีเอ็ม นอกจากนั้น Farringer (1972) รายงานว่า ความเป็นพิษของนิโคซามาดีต่อปลาการ์ปจะลดลงเมื่อทดสอบในน้ำกระด้าง Harrison and Rattray (1966) พบว่า ปลาที่ได้รับนิโคซามาดี (ethanolamine salt) ในน้ำอ่อน (29 พีพีเอ็ม) จะตายอย่างรวดเร็วภายในเวลา 5 – 10 นาที ในขณะที่ปลาที่ทดสอบในน้ำกระด้าง (100 พีพีเอ็ม) จะตายภายในเวลา 2 – 6 ชั่วโมง คุณสมบัติของทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคซามาดี ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 20)

ตารางที่ 18 อัตราการตายสะสมของหอยขึ้นกเนื่องจกสารนิโคตซาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับความเป็นด่าง 180-200 พีพีเอ็ม

ความเข้มข้นของ สารนิโคตซาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.2	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
0.27	24	4	2	4	10	3.33	16.67
	48	4	4	4	12	4	20
	72	4	4	4	12	4	20
	96	4	4	4	12	4	20
0.36	24	6	4	6	16	5.33	26.67
	48	6	6	6	18	6	30
	72	6	6	6	18	6	30
	96	6	6	6	18	6	30

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.49	24	6	8	6	20	6.67	33.33
	48	8	10	10	28	9.33	46.67
	72	8	10	10	28	9.33	46.67
	96	8	10	10	28	9.33	46.67
0.67	24	10	8	10	28	9.33	46.67
	48	12	14	14	40	13.33	66.67
	72	12	14	14	40	13.33	66.67
	96	12	14	14	40	13.33	66.67
0.9	24	12	18	16	46	15.33	76.67
	48	18	20	20	58	19.33	96.67
	72	20	20	20	60	20	100
	96	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 19 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 และ 96 ชั่วโมงของหอยจิ้งก เนื่องจากนิโคตชาไมด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ระดับความเป็นต่างต่างกัน 3 ระดับ

สารเคมี	ระดับความเป็นต่าง (พีพีเอ็ม)	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$	ค่า 96 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	60-80	0.34 (0.2974-0.4008)	0.3731 (0.2781-1.1278)
	120-140	0.50 (0.4604-0.5437)	0.4812 (0.4428-0.5687)
	180-200	0.46 (0.4068-0.5284)	0.4817 (0.3948-0.8794)

## 5. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้ปลานิล ตายครั้งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) เมื่อทดสอบที่ระดับความเค็มต่างๆกัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ต่อปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 0.69 กรัมที่ระดับความเค็มต่างๆกัน คือ 0 , 5 และ 15 พีพีเอ็ม ได้ผลการศึกษาดังนี้

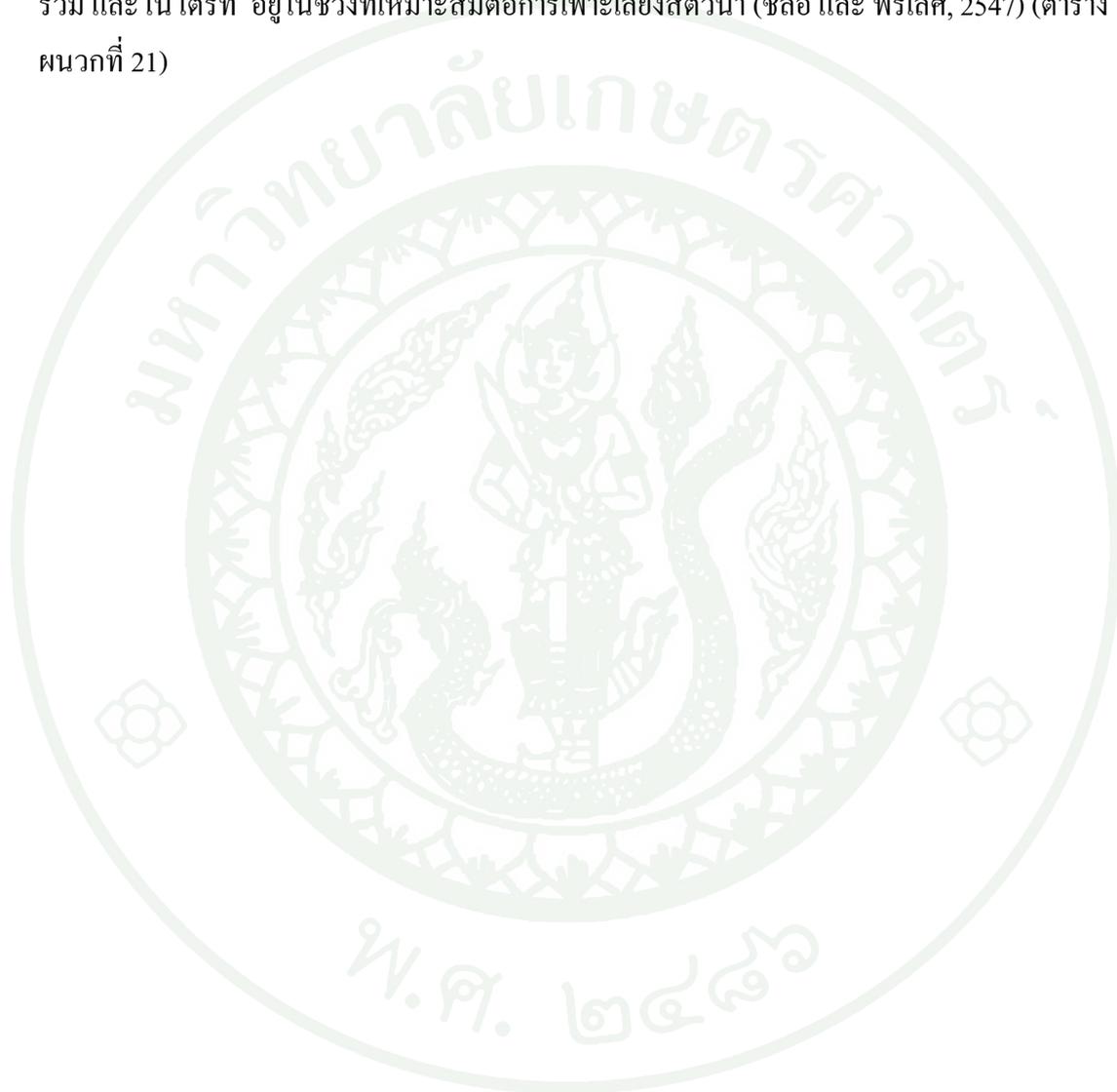
### 5.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเค็ม 0 พีพีเอ็ม

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้ปลานิลตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลานิลตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.65 และ 0.24 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.24, 0.3, 0.36, 0.44, 0.53 และ 0.65 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 0.69 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของปลานิล แสดงไว้ในตารางที่ 20 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ที่ 8 ชั่วโมงความเข้มข้น 0.44 , 0.53 และ 0.65 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายและที่ความเข้มข้นต่ำกว่าไม่พบการตายของปลานิล ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.24 และ 0.3 พีพีเอ็ม ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.36, 0.44, 0.53 และ 0.65 พีพีเอ็ม ปลานิลเริ่มมีการตายเกิดขึ้น และที่เวลา 24 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.24 และ 0.3 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตาย และที่ระดับความเข้มข้น 0.36, 0.44, 0.53 และ 0.65 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเพิ่มขึ้นจากที่เวลา 12 ชั่วโมง และเมื่อครบ 48 ชั่วโมง พบว่า ทุกความเข้มข้นมีการตายของปลานิลเพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 0.65 พีพีเอ็ม ปลานิลตายหมด ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.24 และ 0.3 พีพีเอ็ม ไม่มีการตายของปลานิลตลอดการทดลอง

พฤติกรรมของปลานิลหลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลานิลที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์และที่ระดับความเข้มข้น 0.24 และ 0.3 พีพีเอ็ม จะว่ายบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ส่วนปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.36, 0.44, 0.53 และ 0.65 พีพีเอ็ม ส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่ววน ไม่มีทิศทางและขึ้นมว่ายบริเวณผิวน้ำ

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลาชนิดที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที หรือน้ำจืด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.501 (0.4509-0.5695) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 23) สำหรับคุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ พีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 21)



ตารางที่ 20 อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำความเค็ม 0 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.24	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.3	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.36	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	2	2	0.67	3.33
	24	2	2	2	6	2	10
	48	2	4	4	10	3.33	16.67

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.44	8	0	0	2	2	0.67	3.33
	12	2	0	2	4	1.33	6.67
	24	4	0	4	8	2.67	13.33
	48	4	2	6	12	4	20
0.53	8	4	2	2	8	2.67	13.33
	12	4	2	4	10	3.33	16.67
	24	6	8	6	20	6.67	33.33
	48	6	12	8	26	8.67	43.33
0.65	8	14	10	14	38	12.67	63.33
	12	14	10	16	40	13.33	66.67
	24	20	12	20	52	17.33	86.67
	48	20	20	20	60	20	100

## 5.2 พืชเนียบพลันที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลชาไมด์ ที่ทำให้ปลานิลตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลานิลตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.62 และ 0.73 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.73, 0.86, 1.0, 1.17, 1.38 และ 1.62 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบความเป็นพืชเนียบพลันของสารนิโคลชาไมด์ในปลานิล ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของปลานิล แสดงไว้ในตารางที่ 21 หลังจากเติมสารนิโคลชาไมด์ พบว่า ที่ 8 ชั่วโมง ทุกความเข้มข้นยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.73 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 1.62 พีพีเอ็มพบปลานิลตายหมด ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.73 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตายและที่ ชั่วโมงนี้แต่ละความเข้มข้นยังไม่มีจำนวนปลาที่ตายเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 8 และที่เวลา 24 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.73 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตาย และที่ระดับความเข้มข้น 0.86 และ 1.17 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเพิ่มขึ้น และเมื่อครบ 48 ชั่วโมง พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0.73 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 0.86, 1.0 และ 1.17 พีพีเอ็ม ปลานิลตายเพิ่มขึ้น

พฤติกรรมของปลานิลหลังได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลานิลที่ไม่ได้รับนิโคลชาไมด์และที่ระดับความเข้มข้น 0.73 พีพีเอ็มจะว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี และที่ความเข้มข้น 0.86 พีพีเอ็มปลาบางส่วนมีอาการว่ายน้ำแบบไร้ทิศทาง ส่วนปลานิลที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.0, 1.17, 1.38 และ 1.62 พีพีเอ็ม พบว่าปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่วน ไม่มีทิศทางและขึ้นมาว่ายน้ำบริเวณผิวน้ำ

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลานิลที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.9248 (0.8215-1.017)พีพีเอ็ม (ตารางที่ 23) สำหรับคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลชาไมด์ ได้แก่ พีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และ ไนไตรท์ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 22)

ตารางที่ 21 อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในน้ำความเค็ม 5 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.73	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.86	8	6	12	8	26	8.67	43.33
	12	6	12	8	26	8.67	43.33
	24	6	12	10	28	9.33	46.67
	48	6	14	10	30	10	50
1.0	8	12	12	14	38	12.67	63.33
	12	12	12	14	38	12.67	63.33
	24	12	12	14	38	12.67	63.33
	48	14	16	16	46	15.33	76.67

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
1.17	8	16	10	12	38	12.67	63.33
	12	16	10	12	38	12.67	63.33
	24	16	10	14	40	13.33	66.67
	48	18	16	16	50	16.67	83.33
1.38	8	20	18	16	54	18	90
	12	20	18	16	54	18	90
	24	20	18	16	54	18	90
	48	20	18	16	54	18	90
1.62	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

### 5.3 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลซาไมด์ ที่ทำให้ปลานิลตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลานิลตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.21 และ 0.81 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.81, 0.87, 0.95, 1.03, 1.12 และ 1.21 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคลซาไมด์ในปลานิล ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของปลานิล แสดงไว้ในตารางที่ 22 หลังจากเติมสารนิโคลซาไมด์ พบว่าที่ 8 ชั่วโมง ในความเข้มข้น 1.12 และ 1.21 พีพีเอ็มมีปลานิลตายโดยที่ความเข้มข้นอื่นยังไม่พบการตายของปลานิล ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 1.12 และ 1.21 พีพีเอ็ม พบปลานิลตายเพิ่มขึ้น แต่ที่ระดับความเข้มข้นอื่นยังไม่พบการตายของปลานิล และที่เวลา 24 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.81, 0.95, 1.03, 1.12 และ 1.21 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเพิ่มขึ้นจากที่เวลา 12 ชั่วโมง และเมื่อครบ 48 ชั่วโมง พบว่า ทุกความเข้มข้นมีการตายของปลานิลเพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 1.21 พีพีเอ็ม ปลานิลตายหมด

พฤติกรรมของปลานิลหลังได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลานิลที่ไม่ได้รับนิโคลซาไมด์และที่ระดับความเข้มข้น 0.81 และ 0.87 พีพีเอ็มจะมีการว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ส่วนปลานิลที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.95, 1.03, 1.12 และ 1.21 พีพีเอ็ม ส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงสว่าง ไม่มีทิศทางและขึ้นมาว่ายน้ำบริเวณผิวน้ำ

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลานิลที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 1.0636 (0.9281-1.219) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 23) สำหรับคุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลซาไมด์ ได้แก่ พีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 23)

ตารางที่ 22 อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ  
ในน้ำความเค็ม 15 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.81	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	2	2	0.67	3.33
0.87	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	2	2	0.67	3.33
	48	4	6	6	16	5.33	26.67
0.95	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	4	4	4	12	4	20

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
1.03	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	2	2	0.67	3.33
	48	6	6	6	18	6	30
1.12	8	0	0	2	2	0.67	3.33
	12	0	2	4	6	2	10
	24	0	6	8	14	4.67	23.33
	48	8	10	8	26	8.67	43.33
1.21	8	14	12	12	38	12.67	63.33
	12	16	14	14	44	14.67	73.33
	24	20	18	16	54	18	90
	48	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 23 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลานิลที่ระดับความเค็มต่างกัน 3 ระดับ

สารเคมี	ระดับความเค็ม (พีพีที)	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	0	0.501 (0.4509-0.5695)
	5	0.9248 (0.8215-1.017)
	15	1.0636 (0.9281-1.219)

## 6. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้ปลานิล ตายครั้งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) เมื่อทดสอบที่ระดับพีเอชต่างๆกัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่ระดับพีเอชต่างกัน 4 ระดับ คือ พีเอช 7.0 , 7.5 , 8.0 และ 8.5 ต่อปลานิลที่เลี้ยงในน้ำจืด ได้ผลการศึกษาดังนี้

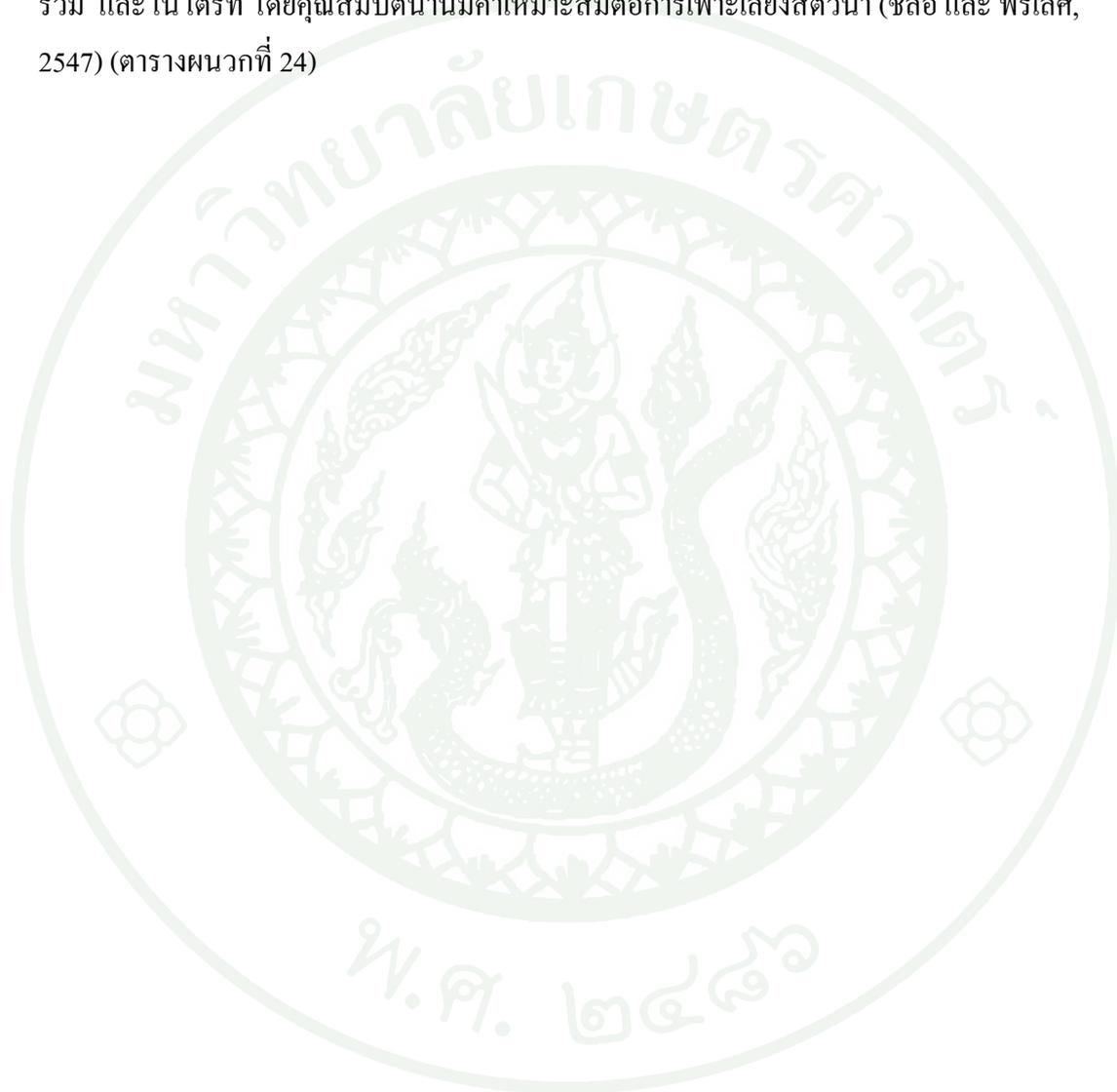
### 6.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับพีเอช 7.0

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้ปลานิลตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลานิลตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.0 และ 0.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.2, 0.28, 0.38, 0.53, 0.73 และ 1.0 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 0.69 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของปลานิล ตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 24 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ที่ 8 ชั่วโมง ปลานิลเริ่มตายในทุกความเข้มข้นยกเว้นความเข้มข้นที่ 0.2 พีพีเอ็ม ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมง ทุกระดับความเข้มข้นไม่พบปลานิลตายเพิ่มขึ้นจนครบ 48 ชั่วโมง แต่ความเข้มข้นที่ 0.73 พีพีเอ็ม มีการตายของปลานิลเพิ่มขึ้นที่ 48 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม ไม่พบการตายของปลานิลตลอดการทดลอง

การสังเกตพฤติกรรมของปลานิลหลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลานิลที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์จะมีการว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี เช่นเดียวกับปลานิลในกลุ่มที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.28 พีพีเอ็ม จะมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาในกลุ่มควบคุม ส่วนปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นในระดับ 0.38, 0.53, 0.73 และ 1.0 พีพีเอ็ม ส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่ววน ไม่มีทิศทางและขึ้นมาว่ายบริเวณผิวน้ำ

จากตารางที่ 28 แสดงผลค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง โดยการนำอัตราการตายสะสมของปลานิลที่ได้รับสารนิโคซามิเด ที่ระดับพีเอช 7.0 ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหา  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.4201 (0.3449-0.5084) พีพีเอ็ม สำหรับคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคซามิเด ได้แก่ พีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 24)



ตารางที่ 24 อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ  
ในน้ำพีเอช 7.0 ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.2	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.28	8	6	6	4	16	5.33	26.67
	12	6	6	4	16	5.33	26.67
	24	6	6	4	16	5.33	26.67
	48	6	6	4	16	5.33	26.67
0.38	8	6	8	8	22	7.33	36.67
	12	6	8	8	22	7.33	36.67
	24	6	8	8	22	7.33	36.67
	48	6	8	8	22	7.33	36.67

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.53	8	12	12	12	36	12	60
	12	12	12	12	36	12	60
	24	12	12	12	36	12	60
	48	12	12	12	36	12	60
0.73	8	18	16	18	52	17.33	86.67
	12	18	16	18	52	17.33	86.67
	24	18	16	18	52	17.33	86.67
	48	20	16	18	54	18	90
1.0	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

## 6.2 พืชเนียบพลันที่ระดับพีเอช 7.5

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้ปลานิลตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลานิลตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.8 และ 0.3 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.3, 0.37, 0.44, 0.54, 0.66 และ 0.8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 0.69 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของปลานิล แสดงไว้ในตารางที่ 25 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่าภายใน 8 ชั่วโมงพบการตายของปลานิลที่ความเข้มข้น 0.37, 0.44, 0.54 และ 0.66 พีพีเอ็ม ที่ความเข้มข้น 0.8 พีพีเอ็มพบปลานิลตายหมด ยกเว้นความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม ที่ไม่พบการตายของปลานิล ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.44, 0.54 และ 0.66 พีพีเอ็มพบปลานิลตายเพิ่มขึ้นและที่ 24 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.37, 0.54 และ 0.66 พีพีเอ็มพบว่าปลานิลมีการตายเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 12 เมื่อถึง 48 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.37 และ 0.66 พีพีเอ็ม ปลานิลตายเพิ่มขึ้น

พฤติกรรมของปลานิลหลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลานิลที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์จะมีการว่ายบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ซึ่งปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 และ 0.37 พีพีเอ็มพบว่าปลานิลยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.44, 0.54, 0.66 และ 0.8 พีพีเอ็ม พบว่าปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงสว่าง ไม่มีทิศทางและขึ้นมว่ายบริเวณผิวน้ำ

จากตารางที่ 28 พบว่าเมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 7.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.5207 (0.4569-0.6003) พีพีเอ็ม สำหรับคุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนโตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 25)

ตารางที่ 25 อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ  
ในน้ำพีเอช 7.5 ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.3	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.37	8	2	2	4	8	2.67	13.33
	12	2	2	4	8	2.67	13.33
	24	4	4	4	12	4	20
	48	4	6	6	16	5.33	26.67
0.44	8	4	4	4	12	4	20
	12	4	4	6	14	4.67	23.33
	24	4	4	6	14	4.67	23.33
	48	4	4	6	14	4.67	23.33

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.54	8	4	6	6	16	5.33	26.67
	12	10	10	8	28	9.33	46.67
	24	12	12	10	34	11.33	56.67
	48	12	12	10	34	11.33	56.67
0.66	8	8	10	4	22	7.33	36.67
	12	8	10	6	24	8	40
	24	8	10	8	26	8.67	43.33
	48	12	14	12	38	12.67	63.33
0.8	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

### 6.3 พืชเนียบพลันที่ระดับพีเอช 8.0

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้ปลานิลตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลานิลตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 2.0 และ 0.5 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.5, 0.66, 0.87, 1.15, 1.52 และ 2.0 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 0.69 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของปลานิล แสดงไว้ในตารางที่ 26 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่าภายใน 8 ชั่วโมงพบการตายของปลานิลที่ความเข้มข้น 1.15, 1.52 พีพีเอ็ม ที่ความเข้มข้น 2.0 พีพีเอ็มพบปลานิลตายหมด ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงที่ทุกระดับความเข้มข้นไม่พบปลานิลตายเพิ่มขึ้น และที่ 24 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.5, 0.66 และ 0.87 พีพีเอ็มพบว่าปลานิลมีการตายเพิ่มขึ้น เมื่อถึง 48 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.66 และ 0.87 พีพีเอ็ม ปลานิลตายเพิ่มขึ้น

พฤติกรรมของปลานิลหลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลานิลที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์จะมีการว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ซึ่งปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 0.66 พีพีเอ็มพบว่าปลานิลยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.87, 1.15, 1.52 และ 2.0 พีพีเอ็ม พบว่าปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่วน ไม่มีทิศทางและขึ้นมว่ายบริเวณผิวน้ำ

จากตารางที่ 28 พบว่าเมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 8.0 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.8296 (0.7045-0.9655) พีพีเอ็ม สำหรับคุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ได้แก่ พีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และ ไนไตรท์ พบว่าคุณสมบัติของน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก และอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 26)

ตารางที่ 26 อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ  
ในน้ำพีเอช 8.0 ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.5	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	2	0	2	0.67	3.33
	48	0	2	0	2	0.67	3.33
0.66	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	6	4	4	14	4.67	23.33
	48	6	4	8	18	6	30
0.87	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	2	10	4	16	5.33	26.67
	48	10	12	12	34	11.33	56.67

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
1.15	8	12	10	12	34	11.33	56.67
	12	12	10	12	34	11.33	56.67
	24	18	18	18	54	18	90
	48	18	18	18	54	18	90
1.52	8	16	14	16	46	15.33	76.67
	12	16	14	16	46	15.33	76.67
	24	19	19	19	57	19	95
	48	19	19	19	57	19	95
2.0	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

#### 6.4 พืชเนียบปลันที่ระดับพีเอช 8.5

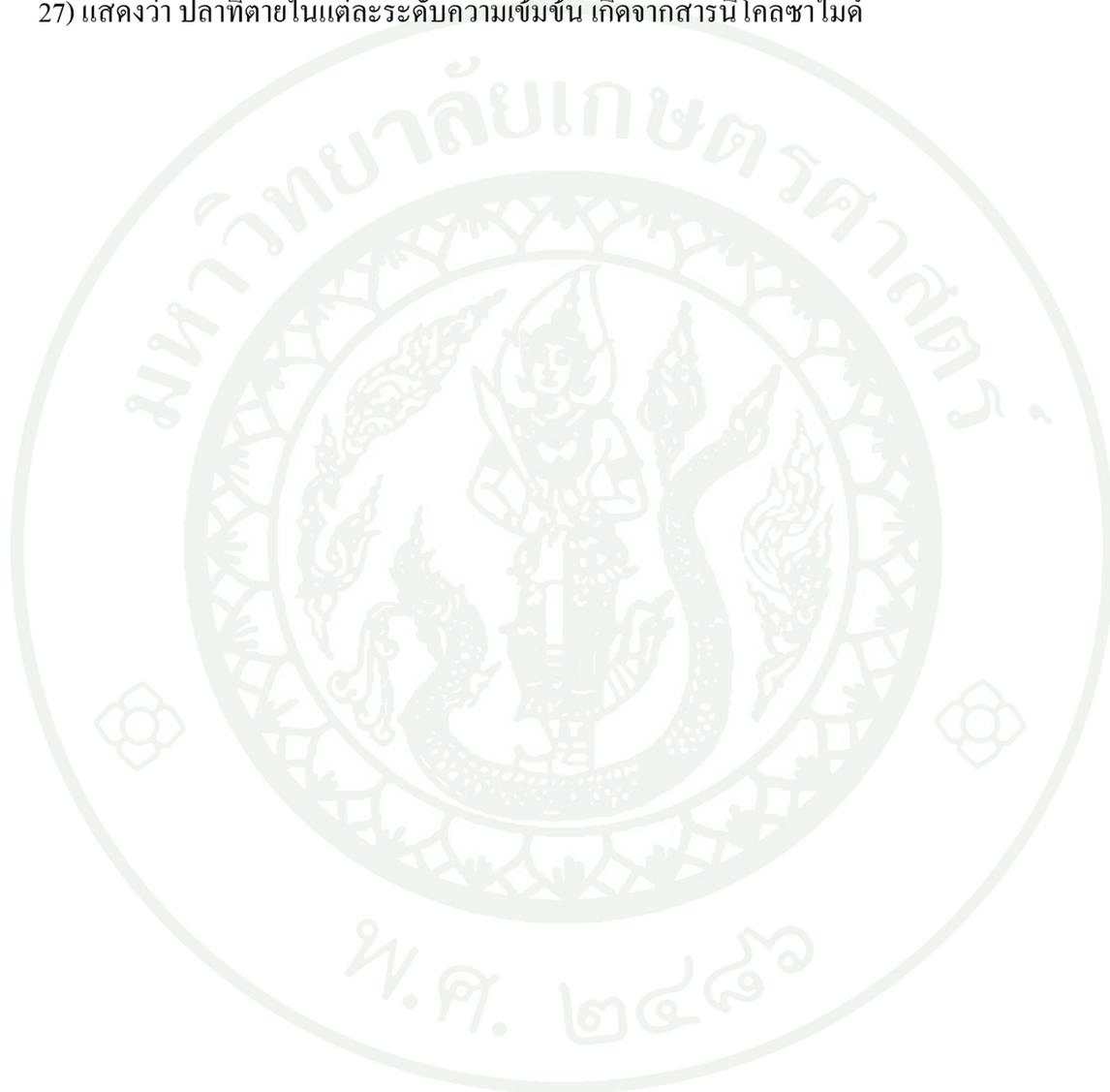
การทดลองขึ้นต้น เมื่อหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้ปลานิลตายทั้งหมดภายในเวลา 48 ชั่วโมงซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.0 พีพีเอ็ม และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลานิลตาย มีค่าเท่ากับ 0.5 พีพีเอ็ม เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขึ้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.5, 0.66, 0.87, 1.15, 1.52 และ 2.0 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลานิลน้ำหนักเฉลี่ย 0.69 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

จำนวนของปลานิลที่ตายสะสมภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 27 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ ภายใน 8 ชั่วโมงปลานิลที่ความเข้มข้น 0.87, 1.15 และ 1.52 พีพีเอ็ม บางส่วนเริ่มตายและที่ความเข้มข้น 2.0 พีพีเอ็มปลานิลตายหมด ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.66, 0.87, 1.15 และ 1.52 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเพิ่มขึ้นบ้างบางส่วนและที่ 24 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.66 และ 1.15 พีพีเอ็มพบว่าปลานิลมีการตายเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 12 เมื่อถึง 48 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.66 และ 0.87 พีพีเอ็ม ปลานิลตายเพิ่มขึ้น

การสังเกตพฤติกรรมของปลานิลหลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลานิลที่มีลักษณะปกติที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์จะมีการว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ซึ่งปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ เช่นเดียวกับที่ระดับความเข้มข้น 0.5 พีพีเอ็มพบว่าปลานิลยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.66, 0.87, 1.15, 1.52 และ 2.0 พีพีเอ็ม พบว่าปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงสว่าง ไม่มีทิศทางและขึ้นมายุบบริเวณผิวหนังน้ำ

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลานิลที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 8.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.9757 (0.8417-1.1301) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 28) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อค่าพีเอชของน้ำสูงขึ้นความเป็นพิษของสารนิโคตชาไมด์จะลดลง ซึ่ง FAO (2004) พบว่าค่า  $LC_{50}$  ของสารนิโคตชาไมด์ของปลา carp มีค่าเท่ากับ 0.139 พีพีเอ็ม และ Harrison and Rattray (1966) รายงานว่า ปลาที่ได้รับนิโคตชาไมด์ในน้ำอ่อน (29 พีพีเอ็ม) จะตายอย่างรวดเร็วภายในเวลา 5 – 10 นาที ในขณะที่ปลาที่ทดสอบในน้ำกระด้าง (100 พีพีเอ็ม) จะตายภายในเวลา 2 – 6 ชั่วโมง จากการศึกษาของ

Meredith and Meredith (1972) พบว่าสารนิโคตชาไมด์ที่ละลายน้ำแล้วจะมีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 27) แสดงว่า ปลาที่ตายในแต่ละระดับความเข้มข้น เกิดจากสารนิโคตชาไมด์



ตารางที่ 27 อัตราการตายสะสมของปลานิลเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ  
ในน้ำพีเอช 8.5 ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.5	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.66	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	2	2	0.67	3.33
	24	0	2	2	4	1.33	6.67
	48	2	2	2	6	2	10
0.87	8	6	4	8	18	6	30
	12	6	6	8	20	6.67	33.33
	24	6	6	8	20	6.67	33.33
	48	6	8	10	24	8	40

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
1.15	8	10	10	10	30	10	50
	12	12	12	14	38	12.67	63.33
	24	12	14	14	40	13.33	66.67
	48	12	14	14	40	13.33	66.67
1.52	8	18	16	16	50	16.67	83.33
	12	18	18	16	52	17.33	86.67
	24	18	18	16	52	17.33	86.67
	48	18	18	16	52	17.33	86.67
2	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 28 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลานิลที่ระดับพีเอชต่างกัน

สารเคมี	ระดับพีเอช	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	7.0	0.4201 (0.3449-0.5084)
	7.5	0.5027 (0.4569-0.6003)
	8.0	0.8296 (0.7045-0.9655)
	8.5	0.9757 (0.8417-1.1301)

## 7. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้ปลากระพงขาว ตายครั้งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) เมื่อทดสอบที่ระดับความเค็มต่าง ๆ กัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ต่อปลากระพงขาวที่ระดับความเค็มต่างกัน คือ 0, 5, 15 และ 25 พีพีที ได้ผลการศึกษาดังนี้

### 7.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้ปลากระพงขาวตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลากระพงขาวตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.65 และ 0.16 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.16, 0.21, 0.28, 0.37, 0.49 และ 0.65 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลากระพงขาวน้ำหนักเฉลี่ย 0.53 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายสะสมของปลากระพงขาว แสดงไว้ในตารางที่ 29 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ ภายใน 8 ชั่วโมง มีปลากระพงขาวตายที่ความเข้มข้น 0.28, 0.37 และ 0.49 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 0.65 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายหมด แต่ที่ความเข้มข้น 0.16 และ 0.21 พีพีเอ็ม ปลากระพงขาวไม่ตาย และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้นไม่พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นและที่ 24 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.21, 0.37 และ 0.49 พีพีเอ็ม พบว่าปลากระพงขาวมีการตายเพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 12 เมื่อถึง 48 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.21, 0.28, 0.37 และ 0.49 พีพีเอ็ม ปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นอีกเพียงบางส่วนเท่านั้น

ปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับสารนิโคตชาไมด์จะมีการว่ายบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 0.16 และ 0.21 พีพีเอ็ม ยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติที่ไม่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ความเข้มข้นสูงขึ้นในระดับ 0.28, 0.37, 0.49 และ 0.65 พีพีเอ็ม ส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำคางส่วน ไม่มีทิศทางและขึ้นมายาวบริเวณผิวน้ำ

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเต็ม 0 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.3256 (0.2788-0.3885) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 33) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 28)



ตารางที่ 29 อัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น  
ต่างๆในน้ำความเค็ม 0 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.16	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.21	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	2	0	2	0.67	3.33
	48	4	2	2	8	2.67	13.33
0.28	8	0	0	2	2	0.67	3.33
	12	0	0	2	2	0.67	3.33
	24	0	2	4	6	2	10
	48	2	8	8	18	6	30

ตารางที่ 29 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.37	8	4	2	6	12	4	20
	12	4	2	6	12	4	20
	24	8	8	10	26	8.67	43.33
	48	12	12	10	34	11.33	56.67
0.49	8	14	12	16	42	14	70
	12	14	12	16	42	14	70
	24	14	16	16	46	15.33	76.67
	48	18	18	20	56	18.67	93.33
0.65	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

## 7.2 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลซาไมด์ ที่ทำให้ปลากระพงขาวตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลากระพงขาวตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.65 และ 0.32 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.32, 0.37, 0.43, 0.49, 0.57 และ 0.65 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคลซาไมด์ต่อปลากระพงขาวน้ำหนักเฉลี่ย 0.53 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายสะสมของปลากระพงขาว แสดงไว้ในตารางที่ 30 หลังจากเติมสารนิโคลซาไมด์ พบว่า ภายใน 8 ชั่วโมง มีปลากระพงขาวตายที่ความเข้มข้น 0.37, 0.43, 0.49 และ 0.57 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 0.65 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายหมด ยกเว้นความเข้มข้น 0.32 พีพีเอ็มไม่พบการตายของปลากระพงขาว ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นทุกความเข้มข้น ยกเว้น 0.32 พีพีเอ็มที่ 12, 24 และ 48 ชั่วโมงไม่พบการตายของปลากระพงขาวเลย

พฤติกรรมของปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับสารนิโคลซาไมด์จะมีการว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.32 และ 0.37 พีพีเอ็ม ยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.43, 0.49, 0.57 และ 0.65 พีพีเอ็ม ส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่ววน ไม่มีทิศทางและขึ้นมว่ายบริเวณผิวน้ำ

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.5043 (0.4704-0.5409) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 33) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลซาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 29)

ตารางที่ 30 อัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น  
ต่างๆในน้ำความเค็ม 5 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.32	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.37	8	0	0	2	2	0.67	3.33
	12	0	0	2	2	0.67	3.33
	24	0	0	2	2	0.67	3.33
	48	0	0	2	2	0.67	3.33
0.43	8	4	4	2	10	3.33	16.67
	12	4	4	2	10	3.33	16.67
	24	4	4	2	10	3.33	16.67
	48	4	4	2	10	3.33	16.67

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.49	8	6	8	6	20	6.67	33.33
	12	6	8	6	20	6.67	33.33
	24	6	8	6	20	6.67	33.33
	48	6	8	6	20	6.67	33.33
0.57	8	16	14	16	46	15.33	76.67
	12	16	14	16	46	15.33	76.67
	24	16	14	16	46	15.33	76.67
	48	16	14	16	46	15.33	76.67
0.65	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

### 7.3 พืชเนียบพลันที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตซาไมด์ ที่ทำให้ปลากระพงขาวตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลากระพงขาวตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.73 และ 0.32 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.32, 0.38, 0.44, 0.52, 0.61 และ 0.73 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตซาไมด์ต่อปลากระพงขาวน้ำหนักเฉลี่ย 0.53 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายสะสมของปลากระพงขาว แสดงไว้ในตารางที่ 31 หลังจากเติมสารนิโคตซาไมด์ พบว่า ภายใน 8 ชั่วโมงพบการตายของปลากระพงขาวที่ความเข้มข้น 0.44, 0.52 และ 0.61 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 0.73 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายหมด ยกเว้นความเข้มข้น 0.32 และ 0.38 พีพีเอ็มไม่พบการตายของปลากระพงขาว ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้นไม่พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.61 พีพีเอ็ม และที่ 24 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้นไม่พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.61 พีพีเอ็ม เมื่อถึง 48 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้นไม่พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.61 พีพีเอ็ม เช่นเดียวกับชั่วโมงที่ 12 และ 24

ปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับสารนิโคตซาไมด์จะมีการว่ายบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ซึ่งปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคตซาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.32 และ 0.38 พีพีเอ็มยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคตซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.44, 0.52, 0.61 และ 0.73 พีพีเอ็ม ส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่วน ไม่มีทิศทางและขึ้นมายาวบริเวณผิวน้ำ

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคตซาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.5650 (0.5229-0.6124) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 33) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตซาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของทุกพารามิเตอร์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 30)

ตารางที่ 31 อัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น  
ต่างๆในน้ำความเค็ม 15 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.32	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.38	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.44	8	2	2	2	6	2	10
	12	2	2	2	6	2	10
	24	2	2	2	6	2	10
	48	2	2	2	6	2	10

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.52	8	6	2	4	12	4	20
	12	6	2	4	12	4	20
	24	6	2	4	12	4	20
	48	6	2	4	12	4	20
0.61	8	10	12	10	32	10.67	53.33
	12	10	12	12	34	11.33	56.67
	24	16	12	12	40	13.33	66.67
	48	18	12	12	42	14	70
0.73	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

#### 7.4 พืชเนียบพลันที่ระดับความเค็ม 25 พีพีที

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลชาไมด์ ที่ทำให้ปลากระพงขาวตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลากระพงขาวตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.62 และ 0.4 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.4, 0.53, 0.7, 0.93, 1.23 และ 1.62 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคลชาไมด์ต่อปลากระพงขาวน้ำหนักเฉลี่ย 0.53 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายสะสมของปลากระพงขาว แสดงไว้ในตารางที่ 32 หลังจากเติมสารนิโคลชาไมด์ ภายใน 8 ชั่วโมง มีปลากระพงขาวตายที่ความเข้มข้น 0.53, 0.7, 0.93 และ 1.23 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 1.62 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายหมด แต่ที่ความเข้มข้น 0.4 พีพีเอ็ม ปลากระพงขาวไม่ตาย และที่เวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.93 และ 1.23 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้น และที่ 24 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้นไม่พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.93 พีพีเอ็ม เมื่อถึง 48 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้นไม่พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นยกเว้นที่ความเข้มข้น 1.23 พีพีเอ็ม

ปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับสารนิโคลชาไมด์จะมีการว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.4 และ 0.53 พีพีเอ็ม ยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.7, 0.93, 1.23 และ 1.62 พีพีเอ็ม พบว่าปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่วน ไม่มีทิศทางและขึ้นมว่ายบริเวณผิวน้ำ

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 25 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.6562 (0.5609-0.7600) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 33) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลชาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนโตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 31)

ตารางที่ 32 อัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น  
ต่างๆในน้ำความเค็ม 25 พีพีที ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.4	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.53	8	2	4	6	12	4	20
	12	2	4	6	12	4	20
	24	2	4	6	12	4	20
	48	2	4	6	12	4	20
0.7	8	18	16	16	50	16.67	83.33
	12	18	16	16	50	16.67	83.33
	24	18	16	16	50	16.67	83.33
	48	18	16	16	50	16.67	83.33

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.93	8	16	14	15	45	15	75
	12	18	16	16	50	16.67	83.33
	24	18	16	17	51	17	85
	48	18	16	17	51	17	85
1.23	8	17	18	19	54	18	90
	12	18	19	19	56	18.67	93.33
	24	18	19	19	56	18.67	93.33
	48	19	19	19	57	19	95
1.62	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 33 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลากระพงขาวที่ระดับความเค็มต่างกัน

สารเคมี	ระดับความเค็ม (พีพีที)	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	0	0.3256 (0.2788-0.3885)
	5	0.5043 (0.4704-0.5409)
	15	0.5650 (0.5229-0.6124)
	25	0.6562 (0.5609-0.7600)

## 8. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้ปลากระพงขาว ตายครึ่งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) เมื่อทดสอบที่ระดับพีเอชต่างกัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่นำความเข้มข้น 25 พีพีเอ็ม ระดับพีเอช ต่างกัน 3 ระดับ คือพีเอช 7.5 , 8.0 และ 8.5 ต่อปลากระพงขาว ได้ผลการศึกษาดังนี้

### 8.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับพีเอช 7.5

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ ที่ทำให้ปลากระพงขาวตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลากระพงขาวตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.4 และ 0.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.2, 0.23, 0.26, 0.3, 0.35 และ 0.4 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลากระพงขาวน้ำหนักเฉลี่ย 0.53 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

จำนวนของปลากระพงขาวที่ตายสะสม แสดงไว้ในตารางที่ 34 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ภายใน 8 ชั่วโมงพบการตายของปลากระพงขาวทุกความเข้มข้นยกเว้นความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 0.4 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายหมด ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.23, 0.3 และ 0.35 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้น และที่ 24 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.23, 0.26, 0.3 และ 0.35 พีพีเอ็ม พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้น เมื่อถึง 48 ชั่วโมงทุกระดับความเข้มข้นพบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากระพงขาวตาย

การสังเกตพฤติกรรมของปลากระพงขาวหลังได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับนิโคตชาไมด์จะมีการว่ายบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ซึ่งปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.23 พีพีเอ็มพบว่าปลากระพงขาวยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.26, 0.3, 0.35 และ 0.4 พีพีเอ็ม พบว่าปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่ว้น ไม่มีทิศทางและขึ้นมว่ายบริเวณผิวน้ำ

จากตารางที่ 37 พบว่าเมื่อนำอัตราตายสะสมของปลากะพงขาวที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 7.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมงตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.2442 (0.2188-0.266) พีพีเอ็ม ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 32)



ตารางที่ 34 อัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น  
ต่างๆในน้ำพีเอช 7.5 ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.2	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.23	8	6	12	8	26	8.67	43.33
	12	8	12	10	30	10	50
	24	8	12	12	32	10.67	53.33
	48	8	12	14	34	11.33	56.67
0.26	8	8	8	8	24	8	40
	12	8	8	8	24	8	40
	24	12	12	8	32	10.67	53.33
	48	14	14	12	40	13.33	66.67

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.3	8	8	10	8	26	8.67	43.33
	12	10	12	10	32	10.67	53.33
	24	14	16	14	44	14.67	73.33
	48	16	18	16	50	16.67	83.33
0.35	8	10	14	12	36	12	60
	12	14	14	16	44	14.67	73.33
	24	14	18	16	48	16	80
	48	18	18	16	52	17.33	86.67
0.4	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

## 8.2 พิษเทียบปล้นที่ระดับพีเอช 8.0

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลชาไมด์ ที่ทำให้ปลากระพงขาวตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลากระพงขาวตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.7 และ 0.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.2, 0.26, 0.33, 0.42, 0.55 และ 0.7 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคลชาไมด์ต่อปลากระพงขาวน้ำหนักเฉลี่ย 0.53 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของปลากระพงขาว แสดงไว้ในตารางที่ 35 หลังจากเติมสารนิโคลชาไมด์ พบว่า ภายใน 8 ชั่วโมงพบการตายของปลากระพงขาวทุกความเข้มข้นยกเว้นความเข้มข้น 0.2 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 0.7 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายหมด ส่วนที่ 12 ชั่วโมงพบว่าการตายของปลากระพงขาวในทุกความเข้มข้นไม่เพิ่มขึ้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.55 พีพีเอ็ม ส่วนที่ 24 ชั่วโมงพบการตายของปลากระพงขาวเพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้น 0.42 พีพีเอ็ม และที่ 48 ชั่วโมง พบการตายของปลากระพงขาวเพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้น 0.33 และ 0.42 พีพีเอ็ม

ปลากระพงขาวหลังได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับนิโคลชาไมด์จะมีการว่ายบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ซึ่งปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.26 พีพีเอ็มพบว่าปลากระพงขาวยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.33, 0.42, 0.55 และ 0.7 พีพีเอ็ม พบว่าปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงสว่าง ไม่มีทิศทางและขึ้นมาว่ายบริเวณผิวน้ำ

จากตารางที่ 37 พบว่าเมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 8.0 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมงตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.3577 (0.3143-0.4073) พีพีเอ็ม ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลชาไมด์ ซึ่งมีค่า พีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์ทุกช่วงอยู่ในระดับเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 33)

ตารางที่ 35 อัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น  
ต่างๆในน้ำพีเอช 8.0 ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.2	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.26	8	2	2	2	6	2	10
	12	2	2	2	6	2	10
	24	2	2	2	6	2	10
	48	2	2	2	6	2	10
0.33	8	8	4	6	18	6	30
	12	8	4	6	18	6	30
	24	8	4	6	18	6	30
	48	8	6	8	22	7.33	36.67

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.42	8	14	16	16	46	15.33	76.67
	12	14	16	16	46	15.33	76.67
	24	16	16	16	48	16	80
	48	18	16	16	50	16.67	83.33
0.55	8	18	18	17	53	17.67	88.33
	12	19	19	18	56	18.67	93.33
	24	19	19	18	56	18.67	93.33
	48	19	19	18	56	18.67	93.33
0.7	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

### 8.3 พืชเนียบปลั้ที่ระดับพีเอช 8.5

การทดลองขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลซาไมด์ ที่ทำให้ปลากระพงขาวตายทั้งหมด และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลากระพงขาวตายที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.8 และ 0.3 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับความเข้มข้นใหม่ตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้เท่ากับ 0.3, 0.37, 0.44, 0.54, 0.66 และ 0.8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของสารนิโคลซาไมด์ต่อปลากระพงขาวน้ำหนักเฉลี่ย 0.53 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณการตายของปลากระพงขาว แสดงไว้ในตารางที่ 36 หลังจากเติมสารนิโคลซาไมด์ พบว่า ภายใน 8 ชั่วโมงพบการตายของปลากระพงขาวทุกความเข้มข้นยกเว้นความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม และที่ความเข้มข้น 0.8 พีพีเอ็มพบปลากระพงขาวตายหมด ส่วนที่เวลา 12 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.44, 0.54 และ 0.62 พีพีเอ็ม พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้น ส่วนที่ 24 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.44, 0.54 และ 0.62 พีพีเอ็ม พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้น เมื่อถึง 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้น 0.44, 0.54 และ 0.62 พีพีเอ็ม พบปลากระพงขาวตายเพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 0.3 พีพีเอ็ม ไม่พบการตายของปลากระพงขาวตลอดการทดลอง

ปลากระพงขาวหลังได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลากระพงขาวที่ไม่ได้รับนิโคลซาไมด์จะมีการว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ซึ่งปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 และ 0.37 พีพีเอ็มพบว่าปลากระพงขาวยังมีพฤติกรรมเหมือนกับปลาปกติ ส่วนปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.44, 0.54, 0.66 และ 0.8 พีพีเอ็ม พบว่าปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่ว้น ไม่มีทิศทางและขึ้นมามีบริเวณผิวน้ำ

จากตารางที่ 37 พบว่าเมื่อนำอัตราการตายสะสมของปลากระพงขาวที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับพีเอช 8.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมงตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.4887 (0.4364-0.5478) พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ FAO (2004) พบว่าค่า  $LC_{50}$  ของสารนิโคลซาไมด์ในปลา rainbow trout มีค่าเท่ากับ 0.34 พีพีเอ็ม ประสิทธิภาพของนิโคลซาไมด์ต่อปลากระพงขาวจะออกฤทธิ์ได้ดีที่ความเค็มและพีเอชต่ำ ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลซาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช

ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์ มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 34)

ตารางที่ 36 อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาวเมื่อได้รับสารนิโคตซาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น ต่างๆในน้ำพีเอช 8.5 ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ สารนิโคตซาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.3	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.37	8	2	4	4	10	3.33	16.67
	12	2	4	4	10	3.33	16.67
	24	2	4	4	10	3.33	16.67
	48	2	4	4	10	3.33	16.67
0.44	8	4	6	6	16	5.33	26.67
	12	4	8	6	18	6	30
	24	6	8	8	22	7.33	36.67
	48	6	8	10	24	8	40

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.54	8	4	10	6	20	6.67	33.33
	12	6	10	10	26	8.67	43.33
	24	8	10	10	28	9.33	46.67
	48	8	10	12	30	10	50
0.66	8	14	14	12	40	13.33	66.67
	12	14	14	16	44	14.67	73.33
	24	18	14	16	48	16	80
	48	18	16	18	52	17.33	86.67
0.8	8	20	20	20	60	20	100
	12	20	20	20	60	20	100
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 37 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคตชาไมด์ต่อปลากะพงขาวที่ระดับพีเอชต่างกัน

สารเคมี	ระดับพีเอช	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	7.5	0.2442 (0.2188-0.266)
	8.0	0.3577 (0.3143-0.4073)
	8.5	0.4887 (0.4364-0.5478)

## 9. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้กึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 ตาย ครั้งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) เมื่อทดสอบที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบของนิโคตชาไมด์ต่อกึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 (พีพีที) ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน คือ 5, 15 และ 25 พีพีที ได้ผลการศึกษาดังนี้

### 9.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเข้มข้น 5 พีพีที

การทดลองในขั้นต้น พบว่าระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้กึ่งขาวแวนนาไม ระยะ พี 12 ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.9 พีพีเอ็ม และระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารนิโคตชาไมด์ที่ไม่ทำให้กึ่งขาวตาย คือ 0.3 พีพีเอ็ม เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับช่วงความเข้มข้นตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับได้เป็น 0.3, 0.37, 0.47, 0.58, 0.72 และ 0.9 พีพีเอ็ม

จำนวนของลูกกึ่งขาวแวนนาไมที่ตายสะสม แสดงไว้ในตารางที่ 38 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 0.3 พีพีเอ็ม ไม่พบการตายของลูกกึ่งตลอดการทดลอง แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.37, 0.47, 0.58, 0.72 และ 0.9 พีพีเอ็ม ลูกกึ่งขาว ระยะพี 12 เริ่มตายที่ชั่วโมงที่ 24 เมื่อถึงชั่วโมงที่ 48 ที่ความเข้มข้น 0.37, 0.47, 0.58 และ 0.72 พีพีเอ็ม ลูกกึ่ง พี 12 จะตายเพิ่มขึ้นแต่ที่ความเข้มข้นสูงสุด 0.9 พีพีเอ็ม ที่ชั่วโมงที่ 48 ลูกกึ่งขาว ระยะพี 12 ตายหมด

พฤติกรรมของลูกกึ่งขาวแวนนาไมที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ทุกระดับความเข้มข้น ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก ส่วนใหญ่ยังคงมีพฤติกรรมปกติ แต่มีลูกกึ่งบางส่วนตายที่บริเวณพื้นภาชนะทดลอง บางตัวสีของลำตัวจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวขุ่นในช่วง 48 ชั่วโมง

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของกึ่งขาวแวนนาไม ระยะพี 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 5 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า LC<sub>50</sub> ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.495 (0.4499-0.5913) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 41) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 35)

ตารางที่ 38 อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับ  
สารนิโคซาไมด์ในระดับต่างๆกันในน้ำความเค็ม 5 พีพีที

ความเข้มข้นของ สารนิโคซาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.3	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.37	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	2	2	0	4	1.33	6.67
	48	6	6	4	16	5.33	26.67
0.47	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	4	4	6	14	4.67	23.33
	48	8	8	10	26	8.67	43.33

ตารางที่ 38 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.58	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	6	6	8	20	6.67	33.33
	48	12	14	16	42	14	70
0.72	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	8	10	10	28	9.33	46.67
	48	16	18	18	52	17.33	86.67
0.9	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	18	18	18	54	18	90
	48	20	20	20	60	20	100

## 9.2 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที

การทดลองในขั้นต้น พบว่าระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลซาไมด์ที่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไม ระยะพี 12 ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 4.0 พีพีเอ็ม และระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารนิโคลซาไมด์ที่ไม่ทำให้ลูกกุ้งขาวตาย คือ 0.5 พีพีเอ็ม เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับช่วงความเข้มข้นตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับได้เป็น 0.5, 0.76, 0.87, 1.74, 2.64 และ 4.0 พีพีเอ็ม

จำนวนของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ตายสะสม แสดงไว้ในตารางที่ 39 หลังจากเติมสารนิโคลซาไมด์ พบว่า ที่ชั่วโมงที่ 8 ยังไม่พบการตายของลูกกุ้งขาวทุกระดับความเข้มข้น ส่วนที่ชั่วโมงที่ 12 เริ่มมีการตายที่ความเข้มข้น 0.87, 1.74, 2.64 และ 4.0 พีพีเอ็ม ที่ชั่วโมงที่ 24 มีความเข้มข้น 0.87, 1.74, และ 2.64 พีพีเอ็ม พบลูกกุ้งขาวตายเพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 4.0 พีพีเอ็ม ลูกกุ้งขาวตายหมดที่ 48 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 0.76, 0.87, 1.74 และ 2.64 พีพีเอ็ม พบการตายของลูกกุ้ง พี 12 เพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 24 และที่ความเข้มข้น 0.5 พีพีเอ็ม ไม่มีการตายตลอดการทดลอง

พฤติกรรมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ทุกระดับความเข้มข้นในช่วง 24 ชั่วโมงแรก ส่วนใหญ่ยังคงมีพฤติกรรมปกติ แต่มีลูกกุ้งบางส่วนตายที่บริเวณพื้นภาชนะทดลอง บางตัวสีของลำตัวจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวขุ่นในช่วง 48 ชั่วโมง

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ความเค็ม 15 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 1.01 (0.3764 – 2.6824) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 41) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลซาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณสมบัติของน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 36)

ตารางที่ 39 อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับ  
สารนิโคตชาไมด์ในระดับต่างๆกันในน้ำความเค็ม 15 พีพีที

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.5	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.76	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	7	7	7	21	7	35
0.87	8	0	0	0	0	0	0
	12	6	6	4	16	5.33	26.67
	24	8	10	6	24	8	40
	48	10	14	10	34	11.33	56.67

ตารางที่ 39 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
1.74	8	0	0	0	0	0	0
	12	4	4	6	14	4.67	23.33
	24	4	8	10	22	7.33	36.67
	48	8	12	16	36	12	60
2.64	8	0	0	0	0	0	0
	12	8	6	8	22	7.33	36.67
	24	12	8	12	32	10.67	53.33
	48	14	10	14	38	12.67	63.33
4.0	8	0	0	0	0	0	0
	12	14	10	12	36	12	60
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

### 9.3 พิษเฉียบพลันที่ระดับความเค็ม 25 พีพีที

การทดลองในขั้นต้น พบว่าระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลซาไมด์ที่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไม ระยะพี 12 ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 4.0 พีพีเอ็ม และระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารนิโคลซาไมด์ที่ไม่ทำให้ลูกกุ้งขาวตาย คือ 0.8 พีพีเอ็ม เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับช่วงความเข้มข้นตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับได้เป็น 0.8, 1.1, 1.52, 2.1, 2.9 และ 4.0 พีพีเอ็ม

จำนวนของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ตายสะสม แสดงไว้ในตารางที่ 40 หลังจากเติมสารนิโคลซาไมด์ พบว่า ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 0.8 พีพีเอ็ม ไม่พบลูกกุ้งขาวตายตลอดการทดลอง แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.1, 1.52, 2.1, 2.9 และ 4.0 พีพีเอ็ม ลูกกุ้งขาวเริ่มมีการตายที่ชั่วโมงที่ 24 เมื่อถึงชั่วโมงที่ 48 ทุกความเข้มข้นพบการตายของลูกกุ้ง พี 12 เพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 24 ยกเว้นความเข้มข้น 4.0 พีพีเอ็มลูกกุ้ง พี 12 ตายหมด

พฤติกรรมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ที่ทุกระดับความเข้มข้น ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก ส่วนใหญ่ยังคงมีพฤติกรรมปกติ แต่มีลูกกุ้งบางส่วนตายที่บริเวณพื้นภาชนะทดลอง บางตัวสีของลำตัวจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวขุ่นในช่วง 48 ชั่วโมง

เมื่อนำอัตราการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไม ระยะพี 12 ที่ได้รับสารนิโคลซาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่ความเค็ม 25 พีพีที ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 1.3586 (0.8244 – 2.239) พีพีเอ็ม (ตารางที่ 41) ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลซาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชโล และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 37)

ตารางที่ 40 อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับ  
สารนิโคตชาไมด์ในระดับต่างๆกันในน้ำความเค็ม 25 พีพีที

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.8	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
1.1	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	2	4	4	10	3.33	16.67
	48	8	10	10	28	9.33	46.67
1.52	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	4	4	6	14	4.67	23.33
	48	10	12	12	34	11.33	56.67

ตารางที่ 40 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
2.1	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	8	6	6	20	6.67	33.33
	48	16	16	14	46	15.33	76.67
2.9	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	10	8	10	28	9.33	46.67
	48	18	16	18	52	17.33	86.67
4.0	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	16	16	18	50	16.67	83.33
	48	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 41 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 ชั่วโมงของกึ่งขาวแวนนาไม ระยะ PL 12 เนื่องจากประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเค็มต่างกัน

สารเคมี	ระดับความเค็ม (พีพีที)	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	5	0.495 (0.4499-0.5913)
	15	1.01 (0.3764 – 2.6824)
	25	1.3586 (0.8244-2.239)

## 10. การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้กึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 ตาย ครั้งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (48-hour LC<sub>50</sub>) ในน้ำความเค็ม 25 พีพีที ที่ระดับพีเอชต่างๆกัน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่ระดับพีเอช ต่างกัน 3 ระดับ คือ พีเอช 7.5 , 8.0 และ 8.5 ต่อกึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 ได้ผลการศึกษาดังนี้

### 10.1 พิษเฉียบพลันที่ระดับพีเอช 7.5

การทดลองในขั้นต้น พบว่าระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตชาไมด์ที่ทำให้กึ่งขาวแวนนาไม ระยะพี 12 ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.9 พีพีเอ็ม และระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารนิโคตชาไมด์ที่ไม่ทำให้กึ่งขาวตาย คือ 0.2 พีพีเอ็ม เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับช่วงความเข้มข้นตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับ ได้เป็น 0.2, 0.27, 0.37, 0.49, 0.67 และ 0.9 พีพีเอ็ม

จำนวนของลูกกึ่งขาวแวนนาไม แสดงไว้ในตารางที่ 42 หลังจากเติมสารนิโคตชาไมด์ พบว่า ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 0.2 พีพีเอ็ม ไม่พบลูกกึ่งขาวตายตลอดการทดลอง แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.27, 0.37, 0.49 และ 0.67 พีพีเอ็ม ลูกกึ่งขาวเริ่มมีการตายที่ชั่วโมงที่ 24 ยกเว้นความเข้มข้น 0.9 พีพีเอ็ม ลูกกึ่ง พี 12 ตายหมด เมื่อถึงชั่วโมงที่ 48 ที่ความเข้มข้น 0.49 และ 0.67 พีพีเอ็ม พบการตายของลูกกึ่ง พี 12 เพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 24

พฤติกรรมของลูกกึ่งขาวแวนนาไมที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ทุกระดับความเข้มข้น ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก ส่วนใหญ่ยังคงมีพฤติกรรมการว่ายน้ำปกติ แต่มีลูกกึ่งบางส่วนตายที่บริเวณพื้นภาชนะทดลอง บางตัวสีของลำตัวจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวขุ่นในช่วง 48 ชั่วโมง

จากตารางที่ 45 พบว่าเมื่อนำอัตราการตายสะสมของกึ่งขาวแวนนาไม ระยะพี 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่พีเอช 7.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า LC<sub>50</sub> ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.4749 (0.4021-0.7281) พีพีเอ็ม ทุกกลุ่มการทดลอง มีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตชาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลล และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 38)

ตารางที่ 42 อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับ  
สารนิโคตชาไมด์ในระดับต่างๆกันในน้ำพีเอช 7.5

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.2	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.27	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	2	2	4	8	2.67	13.33
	48	2	2	4	8	2.67	13.33
0.37	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	4	6	6	16	5.33	26.67
	48	4	6	6	16	5.33	26.67

ตารางที่ 42 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0.49	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	8	6	6	20	6.67	33.33
	48	10	12	10	32	10.67	53.33
0.67	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	10	8	10	28	9.33	46.67
	48	14	14	16	44	14.67	73.33
0.9	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

## 10.2 พิษเฉียบพลันที่ระดับพีเอช 8.0

การทดลองในขั้นต้น พบว่าระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคตซาไมด์ที่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไม ระยะพี 12 ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 3.0 พีพีเอ็ม และระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารนิโคตซาไมด์ที่ไม่ทำให้ลูกกุ้งขาวตาย คือ 0.4 พีพีเอ็ม เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับช่วงความเข้มข้นตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับได้เป็น 0.4, 0.6, 0.9, 1.34, 2.0 และ 3.0 พีพีเอ็ม

จำนวนของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ตายสะสม แสดงไว้ในตารางที่ 43 หลังจากเติมสารนิโคตซาไมด์ พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.4 พีพีเอ็ม ไม่พบลูกกุ้งขาวตายตลอดการทดลอง และลูกกุ้งขาวเริ่มมีการตายที่ชั่วโมงที่ 24 ที่มีความเข้มข้น 0.6, 0.9, 1.34 และ 2.0 พีพีเอ็มพบลูกกุ้งขาวตายเพิ่มขึ้น ยกเว้นความเข้มข้น 3.0 พีพีเอ็ม ลูกกุ้ง พี 12 ตายหมด เมื่อถึงชั่วโมงที่ 48 ทุกความเข้มข้นพบการตายของลูกกุ้ง พี 12 เพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 24

พฤติกรรมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับสารนิโคตซาไมด์ที่ทุกระดับความเข้มข้นในช่วง 24 ชั่วโมงแรก ส่วนใหญ่ยังคงมีพฤติกรรมปกติ แต่มีลูกกุ้งบางส่วนตายที่บริเวณพื้นภาชนะทดลอง บางตัวสีของลำตัวจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวขุ่นในช่วง 48 ชั่วโมง

จากตารางที่ 45 พบว่าเมื่อนำอัตราการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคตซาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่พีเอช 8.0 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 0.9224 (0.7935-1.1787) พีพีเอ็ม ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคตซาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 39)

ตารางที่ 43 อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับ  
สารนิโคตชาไมด์ในระดับต่างๆกันในน้ำพีเอช 8.0

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.4	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.6	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	2	2	4	8	2.67	13.33
	48	4	4	8	16	5.33	26.67
0.9	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	6	6	6	18	6	30
	48	10	10	12	32	10.67	53.33

ตารางที่ 43 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
1.34	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	6	8	10	24	8	40
	48	12	14	14	40	13.33	66.67
2.0	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	12	14	14	40	13.33	66.67
	48	16	16	18	50	16.67	83.33
3.0	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

### 10.3 พืชเนียบปล้นที่ระดับพีเอช 8.5

การทดลองในขั้นต้น พบว่าระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารนิโคลชาไมด์ที่ทำให้กึ่งขาวแวนนาไม ระยะพี 12 ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 3.0 พีพีเอ็ม และระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารนิโคลชาไมด์ที่ไม่ทำให้ลูกกึ่งขาวตาย คือ 0.5 พีพีเอ็ม เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดระดับช่วงความเข้มข้นตามสัดส่วนลอการิทึมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียด 6 ระดับได้เป็น 0.5, 0.72, 1.02, 1.46, 2.1 และ 3.0 พีพีเอ็ม

จำนวนของลูกกึ่งขาวแวนนาไม แสดงไว้ในตารางที่ 44 หลังจากเติมสารนิโคลชาไมด์พบว่า ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 0.5 พีพีเอ็ม ไม่พบลูกกึ่งขาวตายตลอดการทดลอง แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.72, 1.02, 1.46 และ 2.1 พีพีเอ็ม ลูกกึ่งขาวเริ่มมีการตายที่ชั่วโมงที่ 24 พบลูกกึ่งขาวตายเพิ่มขึ้น ยกเว้นความเข้มข้น 3.0 พีพีเอ็ม ลูกกึ่ง พี 12 ตายหมด เมื่อถึงชั่วโมงที่ 48 ทุกความเข้มข้น พบการตายของลูกกึ่ง พี 12 เพิ่มขึ้นจากชั่วโมงที่ 24 พฤติกรรมของลูกกึ่งขาวแวนนาไมที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ที่ทุกระดับความเข้มข้น ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก ส่วนใหญ่ยังคงมีพฤติกรรมปกติ แต่มีลูกกึ่งบางส่วนตายที่บริเวณพื้นภาชนะทดลอง บางตัวสีของลำตัวจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวขุ่นในช่วง 48 ชั่วโมง

จากตารางที่ 45 พบว่าเมื่อนำอัตราการตายสะสมของกึ่งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับสารนิโคลชาไมด์ ที่ 48 ชั่วโมง ที่พีเอช 8.5 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 1.2023 (1.0072-1.7769) พีพีเอ็ม เมื่อเปรียบเทียบกับของแพร (2546) ที่ทดสอบประสิทธิภาพของนิโคลชาไมด์ต่อกึ่งกุลาดำ ระยะโพสลาร์วา 15 พบว่า  $LC_{50}$  มีค่าเท่ากับ 0.52 พีพีเอ็ม และจากการศึกษาของ Meredith and Meredith (1972) พบว่าสารนิโคลชาไมด์ที่ละลายน้ำแล้วจะมีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมสารนิโคลชาไมด์ ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชโล และ พรเลิศ, 2547) (ตารางผนวกที่ 40)

ตารางที่ 44 อัตราการตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ได้รับ  
สารนิโคตชาไมด์ในระดับต่างๆกันในน้ำพีเอช 8.5

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
0 (กลุ่มควบคุม)	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.5	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
0.72	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	4	4	2	10	3.33	16.67
	48	6	4	6	16	5.33	26.67
1.02	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	6	4	4	14	4.67	23.33
	48	8	8	8	24	8	40

ตารางที่ 44 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ สารนิโคตชาไมด์ (ppm)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	ซ้ำที่			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
1.46	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	8	8	6	22	7.33	36.67
	48	10	14	12	36	12	60
2.1	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	10	8	10	28	9.33	46.67
	48	16	14	16	46	15.33	76.67
3.0	8	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	24	20	20	20	60	20	100
	48	20	20	20	60	20	100

ตารางที่ 45 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 ชั่วโมงของกึ่งขาวแวนนาไม ระยะ PL 12 เนื่องจากประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ที่ระดับพีเอชต่างกัน

สารเคมี	ระดับพีเอช	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$
นิโคตชาไมด์	7.5	0.4749 (0.4021-0.7281)
	8.0	0.9224 (0.7935-1.1787)
	8.5	1.2023 (1.0072-1.7769)

## 11. การศึกษาระยะเวลาปลอดภัยของสารนิโคลชาไมด์ ต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 (พี 12)

กำหนดระดับความเข้มข้นของสารนิโคลชาไมด์เพื่อนำมาทดลองหาระยะปลอดภัย โดยใช้ระดับความเข้มข้นที่สามารถฆ่าปลาและสัตว์น้ำอื่นๆที่ไม่ต้องการได้ ซึ่งพบว่า ที่ 2.0 พีพีเอ็ม เป็นความเข้มข้นที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ภายในเวลา 48 ชั่วโมง โดยจะเติมสารนิโคลชาไมด์ที่ความเข้มข้นดังกล่าวทิ้งไว้เป็นเวลา 0-7 วัน ในน้ำความเค็ม 25 พีพีทีก่อนนำลูกกุ้งมาใส่ จากนั้นสังเกตและนับจำนวนการตายของลูกกุ้งที่ 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะพี 12 ไม่ตายและไม่มีอาการผิดปกติเมื่อได้รับสารนิโคลชาไมด์หลังการเตรียมในวันที่ 6 (ตารางที่ 46) ซึ่งผลการทดลองมีระยะเวลาการสลายตัวใกล้เคียงกับการทดลองของ แพร (2546) ที่ใช้สารนิโคลชาไมด์มาทดสอบกับกุ้งกุลาดำระยะพี 15 ที่ความเข้มข้น 14.98 พีพีเอ็ม มีผลตกค้างในระดับที่มีความเป็นพิษต่อลูกกุ้งกุลาดำ นาน 6 วัน อย่างไรก็ตาม การทดลองในครั้งนี้แสดงถึงระยะเวลา ปลอดภัยของการใช้นิโคลชาไมด์ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม เท่านั้น แต่ไม่ได้ทำการตรวจวัดปริมาณนิโคลชาไมด์ที่ตกค้างอยู่ในน้ำ แต่จากการศึกษาของ Muir and Yarechewski (1982) พบว่า ค่าครึ่งชีวิตของนิโคลชาไมด์อยู่ในช่วง 1 – 4 วัน

ตารางที่ 46 เปอร์เซ็นต์การตายของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ที่ 12,24 และ 48 ชั่วโมง หลังจากได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 2.0 พีพีเอ็ม ที่ทิ้งไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

เวลาหลังการละลาย สารนิโคตชาไมด์(วัน)	ความเข้มข้น (ppm)	อัตราการตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ชั่วโมงต่างๆ (ตัว)			เปอร์เซ็นต์
		12	24	48	
0	กลุ่มควบคุม (1)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (2)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (3)	0	0	0	0
	2.0 (1)	16	0	2	90
	2.0 (2)	14	2	2	90
	2.0 (3)	15	1	1	85
1	กลุ่มควบคุม (1)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (2)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (3)	0	0	0	0
	2.0 (1)	14	0	2	80
	2.0 (2)	12	2	2	80
	2.0 (3)	13	1	1	75
2	กลุ่มควบคุม (1)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (2)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (3)	0	0	0	0
	2.0 (1)	12	0	2	70
	2.0 (2)	12	2	0	70
	2.0 (3)	12	0	2	70
3	กลุ่มควบคุม (1)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (2)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (3)	0	0	0	0
	2.0 (1)	8	2	0	50
	2.0 (2)	8	4	0	50
	2.0 (3)	10	0	0	50

ตารางที่ 46 (ต่อ)

เวลาหลังการละลาย สารนิโคตชาไมค์(วัน)	ความเข้มข้น (ppm)	อัตราการตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ชั่วโมงต่างๆ (ตัว)			เปอร์เซ็นต์
		12	24	48	
		4	กลุ่มควบคุม (1)	0	
	กลุ่มควบคุม (2)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (3)	0	0	0	0
	2.0 (1)	4	2	2	40
	2.0 (2)	6	2	0	40
	2.0 (3)	6	2	0	40
5	กลุ่มควบคุม (1)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (2)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (3)	0	0	0	0
	2.0 (1)	4	0	0	20
	2.0 (2)	2	2	0	20
	2.0 (3)	2	1	0	15
6	กลุ่มควบคุม (1)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (2)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (3)	0	0	0	0
	2.0 (1)	0	0	0	0
	2.0 (2)	0	0	0	0
	2.0 (3)	0	0	0	0
7	กลุ่มควบคุม (1)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (2)	0	0	0	0
	กลุ่มควบคุม (3)	0	0	0	0
	2.0 (1)	0	0	0	0
	2.0 (2)	0	0	0	0
	2.0 (3)	0	0	0	0

## สรุปผลการทดลอง

1. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อหอยขม ที่ระดับพีเอช 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.25 (0.2115-0.3577), 0.20 (0.1821-0.2369), 0.21 (0.1875-0.2528) และ 0.24 (0.2034-0.3269) พีพีเอ็ม ตามลำดับ ช่วงพีเอชที่ทำการทดลอง (พีเอช 7.0 – 8.5) ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของ นิโคตชาไมด์

2. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อหอยขึ้นกที่ระดับความเค็ม 25 และ 30 พีพีเอ็ม พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.48 (0.4619-0.5072) และ 0.29 (0.2352-0.3541) พีพีเอ็ม การศึกษาผลของความเค็มต่อประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ พบว่าที่ความเค็มที่ทำการทดลอง (25-30 พีพีเอ็ม) ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์

3. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อหอยขึ้นก ที่ระดับพีเอช 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่าค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.22 (0.1934-0.2911), 0.33 (0.2675-0.5688), 0.34 (0.3058-0.3815) และ 0.48 (0.3298-0.6898) พีพีเอ็ม ตามลำดับ การศึกษาผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ พบว่า นิโคตชาไมด์ออกฤทธิ์ได้ดีที่ระดับพีเอชต่ำ

4. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อหอยขึ้นก ที่ระดับความเป็นด่าง 60 – 80, 120 – 140 และ 180 – 200 พีพีเอ็ม พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.37 (0.2781-1.1278), 0.48 (0.4428-0.5687) และ 0.48 (0.3948-0.8794) พีพีเอ็ม ตามลำดับ นิโคตชาไมด์จะออกฤทธิ์ลดลงเมื่อค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้น

5. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อปลานิล ที่ระดับความเค็ม 0, 5 และ 15 พีพีเอ็ม พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.50 (0.4509-0.5695), 0.93 (0.8215-1.017) และ 1.06 (0.9281-1.219) พีพีเอ็ม ตามลำดับ การศึกษาผลของความเค็มต่อประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ พบว่า นิโคตชาไมด์จะออกฤทธิ์ได้ดีที่ความเค็มต่ำ

6. ความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อปลานิล ที่ระดับพีเอช 7.0, 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.42 (0.3449-0.5084), 0.52 (0.4569-0.6003), 0.83(0.7045-0.9655) และ 0.98 (0.8417-1.1301) พีพีเอ็ม ตามลำดับ การศึกษาผลของ พีเอชต่อประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ พบว่า นิโคตชาไมด์จะออกฤทธิ์ได้ดีที่พีเอชต่ำ

7. ความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 15 และ 25 พีพีที พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.33 (0.2788-0.3885), 0.50 (0.4704-0.5409), 0.57 (0.5229-0.6124) และ 0.66 (0.5609-0.7600) พีพีเอ็ม ตามลำดับ การศึกษาผลของความเค็มต่อประสิทธิภาพของนิโคตชาไมด์ พบว่า นิโคตชาไมด์จะออกฤทธิ์ได้ดีที่ความเค็มต่ำ

8. ความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อปลากะพงขาว ที่ระดับพีเอช 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.24 (0.2188-0.266), 0.36 (0.3143-0.4073) และ 0.49 (0.4364-0.5478) พีพีเอ็ม ตามลำดับ นิโคตชาไมด์จะออกฤทธิ์ได้ดีที่พีเอชต่ำ

9. ความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์วา 12 ที่ระดับความเค็ม 5, 15 และ 25 พีพีที พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.49 (0.4499-0.5913), 1.56 (0.0278-87.4001) และ 1.36 (0.8244-2.239) พีพีเอ็ม ตามลำดับ นิโคตชาไมด์จะออกฤทธิ์ได้ดีที่ความเค็มต่ำ

10. ความเป็นพิษเฉียบพลันของนิโคตชาไมด์ต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาาร์วา 12 ที่ระดับพีเอช 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.48 (0.4021-0.7281), 0.92 (0.7935-1.1787) และ 1.20 (1.0072-1.7769) พีพีเอ็ม ตามลำดับ นิโคตชาไมด์จะออกฤทธิ์ได้ดีที่พีเอชต่ำ

11. พฤติกรรมของหอยขมและหอยขี้กในขณะที่สภาพแวดล้อมปกติ หอยจะมีการสืบคลานและปีนขึ้นมาเกาะบริเวณพื้นภาชนะทดลองหรือบริเวณผนังภาชนะทดลอง แต่หลังจากที่ได้รับนิโคตชาไมด์ หอยจะมีปฏิกิริยาตอบสนองทันที โดยจะหดกล้ามเนื้อทุกส่วนที่ยื่นออกมา กลับเข้าไปในเปลือก จนกว่าจะแน่ใจว่าระดับความเข้มข้นของนิโคตชาไมด์นั้นไม่เป็นอันตราย จึงจะยื่นส่วนต่าง ๆ ออกมาอีกครั้ง

12. พฤติกรรมของปลานิลและปลากะพงขาวในขณะที่สภาพแวดล้อมปกติจะมีการว่ายน้ำบริเวณกลางน้ำและมีการทรงตัวที่ดี ซึ่งหลังจากปลาที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์ที่ความเข้มข้นค่อนข้างสูงปลาส่วนใหญ่มีอาการว่ายน้ำควงส่วน ไม่มีทิศทางและขึ้นมาว่ายน้ำบริเวณผิวน้ำ และจะตายในที่สุด

13. พฤติกรรมของกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสตร์ว่า 12 ที่ได้รับสารนิโคตชาไมด์จะมีการว่ายน้ำค่อนข้างไร้ทิศทางบางส่วนที่ตายที่บริเวณพื้นภาชนะทดลอง ไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อเขี่ยด้วยวัตถุ และบางตัวจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวนูนในช่วง 48 ชั่วโมง

14. การศึกษาระยะปลอดภัยของนิโคตชาไมด์ต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสตร์ว่า 12 หลังจากทีละลายนิโคตชาไมด์ที่ระดับความเข้มข้น 2.0 พีพีเอ็ม ควรปล่อยให้มีการสลายตัวประมาณ 7 วัน ก่อนทำการปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม (พี 12) ลงในบ่อเลี้ยง

ตารางที่ 47 ค่า  $LC_{50}$  ในเวลา 48 ชั่วโมงของสารนิโคตชาไมด์ต่อสัตว์ทดลองชนิดต่าง ๆ

สัตว์ทดลอง	ปัจจัยควบคุม	ค่า 48 ชั่วโมง $LC_{50}$
หอยขม	พีเอช 7.0	0.25 (0.2115-0.3577)
	พีเอช 7.5	0.20 (0.1821-0.2369)
	พีเอช 8.0	0.21 (0.1875-0.2369)
	พีเอช 8.5	0.24 (0.2034-0.3269)
หอยเจดีย์	ความเค็ม 25 พีพีที	0.50 (0.4871-0.5233)
	ความเค็ม 30 พีพีที	0.32 (0.302-0.3474)
	พีเอช 7.0	0.25 (0.2101-0.2907)
	พีเอช 7.5	0.42 (0.3422-0.526)
	พีเอช 8.0	0.39 (0.3434-0.4443)
	พีเอช 8.5	0.49 (0.4481-0.5414)
	ความเป็นด่าง 60-80 พีพีเอ็ม	0.34 (0.2974-0.4008)
	ความเป็นด่าง 120-140 พีพีเอ็ม	0.5 (0.4604-0.5437)
ความเป็นด่าง 140-200 พีพีเอ็ม	0.46 (0.4068-0.5284)	

ตารางที่ 47 (ต่อ)

สัตว์ทดลอง	ปัจจัยควบคุม	ค่า 48 ชั่วโมง LC <sub>50</sub>
ปลานิล	ความเค็ม 0 พีพีที	0.50 (0.4509-0.5695)
	ความเค็ม 5 พีพีที	0.93 (0.8215-1.017)
	ความเค็ม 15 พีพีที	1.06 (0.9281-1.219)
	พีเอช 7.0	0.42 (0.3449-0.5084)
	พีเอช 7.5	0.52 (0.4569-0.6003)
	พีเอช 8.0	0.83 (0.7045-0.965)
	พีเอช 8.5	0.98 (0.8417-1.1301)
	ปลากระพงขาว	ความเค็ม 0 พีพีที
ความเค็ม 5 พีพีที		0.50 (0.4704-0.5409)
ความเค็ม 15 พีพีที		0.57 (0.5229-0.6124)
ความเค็ม 25 พีพีที		0.66 (0.5609-0.7600)
พีเอช 7.5		0.24 (0.2188-0.266)
พีเอช 8.0		0.36 (0.3143-0.4073)
พีเอช 8.5		0.49 (0.4364-0.5478)
กุ้งขาวแวนนาไม	ความเค็ม 5 พีพีที	0.49 (0.4499-0.5913)
	ความเค็ม 15 พีพีที	1.01 (0.3764 – 2.6824)
	ความเค็ม 25 พีพีที	1.36 (0.8244-2.239)
	พีเอช 7.5	0.48 (0.4021-0.7281)
	พีเอช 8.0	0.92 (0.7935-1.1787)
	พีเอช 8.5	1.20 (1.0072-1.7769)

### ข้อเสนอแนะ

การนำสารนิโคตชาไมค์ไปใช้ในการเตรียมน้ำ เพื่อป้องกันสัตว์ชนิดต่างๆที่พบในบ่อเลี้ยง กุ้งขาวแวนนาไม่ควรมีการใช้ระดับความเข้มข้นของสารดังนี้

1. ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกำจัดหอยขม คือ 1.0 พีพีเอ็ม ในน้ำจืดที่มีค่าพีเอช ระหว่าง 7.0 – 8.5
2. ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกำจัดหอยจิ้งก คือ 1.0 พีพีเอ็ม ในน้ำความเค็มปกติที่มีค่าพีเอชระหว่าง 7.0 – 8.5 และมีค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 60 -200 พีพีเอ็ม
3. ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกำจัดปลานิล คือ 2.0 พีพีเอ็ม ในน้ำจืดที่มีค่าพีเอชระหว่าง 7.0 -8.5
4. ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกำจัดปลากระพงขาว คือ 2.0 พีพีเอ็ม ในน้ำความเค็มปกติที่มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.5 -8.5

โดยทุกความเข้มข้นที่ใช้ในการกำจัดสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ควรมีการทิ้งไว้เพื่อให้สารสลายตัวอย่างน้อย 7 วันก่อนการปล่อยกุ้งลงเลี้ยง

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤษณา รัตนาภา. 2540. ผลกระทบของหอยจันทน์ต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แบบพัฒนาระบบปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชลอ ลีมีสุวรรณ. 2534. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. บริษัทฐานเศรษฐกิจ จำกัด จตุจักร, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2543. กุ้งไทย. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_ และ พรเลิศ จันทร์รัชกุล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ.2547. บริษัทเมจิก พับบลิชชั่น จำกัด.
- ชัยเชษฐ วจิตรปริญญา, ยິงยง เจียมเจริญสิน และ วิเศษฐ อิมสุขใจ. 2518. พืชของกาคาต่อปลา กุ้ง และปูน้ำกร่อยบางชนิด. วารสารการประมง 28 (5): 397–399.
- ชิตชาติ ชิตมน. 2538. ผลของคลอรีนต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในระบบน้ำหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โชติ สุวตติ. 2509. หอยเมืองไทย. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บรรจง เทียนสงรัสมิ. 2521. หลักการเลี้ยงกุ้งทะเล. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประพันธ์ ชารนุปลา. 2524. การศึกษาและทดลองค้นคว้าการใช้เมล็ดชากำจัดศัตรูกุ้ง. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 6. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- พนาวรรณ จิระวงษ์. 2533. ความเป็นพิษของคอปเปอร์ซัลเฟตต่อปลา แผลงก่ตอนพีช และแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- พรเลิศ จันทร์รัฐชกุล, เจ เอฟ เทอร์นบอด และ ชลอ ลิมสุวรรณ. 2537. **คู่มือการเลี้ยงและป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ**. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ. กรมประมง. เกษตรกลางบางเขน. จตุจักร, กรุงเทพฯ.
- เพิ่มศักดิ์ เฟิงมาก และ สิริ ทุกข์วินาศ. 2529. พืชเนียบปล้นของทองแดงต่อกุ้งแชบ๊วยและปลากระพงขาว. **เอกสารวิชาการ** ฉบับที่ 5. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- แพรว ลวณะมาลย์. 2546. **การศึกษาประสิทธิภาพของนิโคตชาไมต์ในการควบคุมหอยจิ้งก (Cerithidea cingulata) และพืชเนียบปล้นต่อกุ้งกุลาดำ (Penaeus monodon Fabricius) วัยอ่อน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยนต์ มุสิก. 2530. เคมิภัณฑ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำ เติรียมบ่อ และกำจัดศัตรูในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. น. 73-76. ใน **โรคกุ้งและการใช้เคมีภัณฑ์**. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ครั้งที่ 1. ชมรมวิทยาศาสตร์การประมงและคณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ลิลา เรืองแป้น และ รังสิไชย ทับแก้ว. 2539. การทดลองใช้สารเบลูสไซค์กำจัดหอยเจดีย์. **วารสารการประมง** 49 (2):163-170.
- วสันต์ สรรประดิษฐ์ และ ธนงศักดิ์ ภิรมชาติ. 2518. การกำจัดหอยในนาุ้ง. **วารสารการประมง** 28 (1): 27-35.
- วันทนา อยู่สุข. 2541. **หอยทะเล**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรรณ รัตน์โกสัยกิจ และ สุภชัย สัมมาวุฒธิ. 2529. พืชเนียบปล้นของเบรสเดน-60 ต่อลูกกุ้งแชบ๊วย, น. 10-17. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 24 (สาขาประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณารัตนโกสีย์กิจ และ ศุภชัย สัมมาวุฒชิ. 2531. พืชเหยียบปล้นของเบรสแตน-60 ต่อลูกกุ้ง  
กุลาดำ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5. กรมประมง, กรุงเทพฯ

สุชาติ อุปัทม์ภัก, มาลียา เครือตาชู, เขียวลักษณ์ จิตรามวงษ์ และ ศิริวรรณ จันทเดมิย์. 2538. สังข  
วิทยา. ศักดิโสภากการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สุนันท์ ทวยเจริญ, ฟานิต วรอินทร์, และ วรรณารัตนโกสีย์กิจ. 2537. ผลกระทบของการใช้เบรส  
แตน-60 ต่อเนื้อเยื่อหอยแครง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2527. กองประมงน้ำจืด, กรม  
ประมง.

สุมนตรา พงษ์พานิชย์, สุรีย์พร นุ่นชนะนา, ภัทราภรณ์ กองศรี, เพ็ญผกา สิริวัฒนสกุล, ฐิตินันท์ อึ้ง  
วนารักษ์, จารุนันต์ โตสะอาด และ หนึ่งนุช สิริวเสรี. 2538. ผลการฝึกงานศูนย์ส่งเสริม  
การเลี้ยงกุ้งฟาร์มปากพนัง 2. บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหารสัตว์น้ำ จำกัด (มหาชน),  
นครศรีธรรมราช.

อำนาจโชค เวชกุล. 2546. การศึกษาประสิทธิภาพของเมทลดีไฮต์ในการควบคุมหอยจิ้ง  
(*Cerithidea cingulata* Gmelin) และพืชเหยียบปล้นต่อกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*  
Fabricius) วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abdel, Raheem.K., H. El – Gindy and J. Al – Hassan. 1980. Interrelationship of molluscidal  
concentration and temperature on the respiration of *Bulimus truncatus*. **Hydrobiologia**  
74: 11–16.

American Public Health Association (APHA). 1992. **Standard Method for the Examination of**  
**Water and Wastwater**. 18th edition. American Public Health Association. Washington,  
D.C.

Andrews, P., J. Thyssen and D. Lorke 1983. The biology and toxicology of molluscicides,  
Bayluscide. **Pharmac. Ther.** 19, 245-295.

Arendesen De Wolff-Exalto, E. 1947. **Some investigations on the embryonic development of *Limnaea stagnalis* L.** Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Amsterdam.

Bali, H. S., S. Singh and D. P. Singh. 1984. Trial of some molluscicides on snails *Melanoides tuberculatus* and *Vivipara bengalensis* in laboratory. **Indian. J. Snim. Sci.** 54: 401–403.

Boyd, C.E. 1979. **Water Quality in Warmwater Fish Ponds**, Agriculture Experiment Station, Auburn University, Auburn, AL.

Bruaux, P. and J. Gillet. 1961. Comparision de l' activite de diver molluscicides en laboratoire. **Bull. Wld. Hlth. Org.** 25: 519-523.

Chenge, T. C. and J. T. Sullivan. 1977. Alteration in the osmoreguration of pulmonate gastropod *Biomphalaria glabrata* due to copper. **J. Inver. Pathol.** 29: 101-104.

Chi. L. W., C. Johnson, and L.R. Winkler. 1966. The effects of Bayer 73 on the eggs and adults of *Oncomelania formosana*. **Am. J. Trop Med. Hyg.** 15: 439-443.

Conklin, E.G. 1897. The embryology of *Crepidula*. **F. Morph.** 13 : 1-226.

Crofts, D.R. 1938. The development of *Haliotis tuberculata*, with special reference to organogenesis during torsion. **Phil. Trans. Roy. Soc.**, London. 228 : 219.

\_\_\_\_\_. 1955. Muscle morphogenesis in primitive gastropods and its relation to torsion. **Proc. Zool. Soc.**, London. 125 : 711.

Dawood, I. K., M. Forooq, G.O. Unrau, L. C. Miguel and B.C. Dazo, 1965. Field trials in Egypt with ICI 24223, Bayluscicide and sodium pentachlorophrnate mollucicides. **Bull. Wld. Hlth. Org** 32: 261-268.

- Delsman, H.C. 1912. Ontwikkelingsgeschiedenis van *Littorina obtusata*. **Tijdschr. Ned. Dierk.** 13 (2) : 170.
- Drew, G.A. 1901. The life-history of *Nucula delphinodonta* (Mighels). **Quart. F. Micr. Sci.** 44 : 313.
- Drummond, I.M. 1902. Notes of the development of *Paludina vivipara*. with special reference to the urino-genital organs and theories of gastropod torsion. **Quart. F. Micr. Sci.** 46 : 97.
- Duncan, J., N. Brown and R.W. Dunlop. 1977. The uptake of molluscicide 4' – chloroniclotinanilide into *Biomphalaria glabata* (Say) in a flowing water system. **Pestic. Sci.** 8: 345 – 353.
- El – Gindy, H. I. 1975. A comparative study on the effect of repeated application of Bayer 73 and mollutox on *Biomphalaria alexandrina*. **J. Egypt. Med. Ass.** 58: 313–323.
- \_\_\_\_\_, M. S. El – Gindy and M.J. Al – Hassan. 1980. Age as a main factor in susceptibility of *Bulinus truncatus* to bayluscide or mollutox. **J. Egypt. Soc. Parasit.** 10: 427–434.
- Farringer, J. E. 1972. The **determination of acute toxicity of rotenone and Bayer 73 to selected aquatic organism**. M.S. Thesis. University of Wisconsin – La Crosse.
- Finney, D.J. 1971. **Probit Analysis**. Third edition Cambridge University.
- Fol, H. 1875. Etudes sur le developpement des Mollusques. I. Sur le developpement des Pteropodes. **Arch Zool. exp. gen.** 4: 1.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1999. **Manual on Development and Use of FAO Specifications for Plant Protection Products**, 5<sup>th</sup> Edition, FAO Plant production and protection paper 149, FAO, Rome.

\_\_\_\_\_. 2004. **Niclosamide 2'.5- dichloro-4'- nitrosalicylanilide**. FAO specifications and evaluations for agricultural pesticides, FAO, Rome.

Fox, J. and G.A. Rivera. 1966. Effect of aging on molluscicidal activity of Bayluscide against *Australorbis glabratus*. **Bull. Wld. Hlth. Org.** 34: 307-308.

Franc, A. 1940. Recherches sur le developpement d' *Ocinebra aciculate*, Lamarck (Mollusque gasteropode). **Bull. Biol. France Belg.** 74 : 327.

Harrison, A. D. and E. A. Rattray. 1966. Biological effects of mollusciciding natural water. **S. Afr. J. Sci.** 62: 238-241.

Herbers, K. 1913. Entwicklungsgeschichte von *Anodonta cellensis* Schrot. **Z. Wiss. Zool.** 108 : 1.

Meisenheimer, J. 1901. Die Entwicklung von Herz, Perikard, Niere und Genitalzellen bei *Cyclas* im Verhältnis zu den ubrigen Mollusken. **Z. Wiss. Zool.** 69 : 417.

Meredith, R. and G. C. Meredith. 1972. The assay of the molluscicide niclosamide using the ciliate protozoa *Spirostomon ambigum*. **Bull. Wld. Hlth. Org.** 46: 404-407.

Meyling, A. H. and R. J. Pitchford. 1966. Physiochemical properties of substance used as molluscicides. **Bull. Wld. Hlth. Org.** 34: 141-146.

Minganti, A. 1950. Acidi nucleic e fosfatasi nello sviluppo della *Limnaea*. **Riv. di Biol.** 42 : 295.

- Morton, J.E. 1967. **Molluscs**. Hutchinson & Co. (Publishers) Ltd., London.
- Muir D. C. G. and A. L. Yarechewski. 1982. Degradation of niclosamide (2',5-dichloro-4'-niclosalicylanilide) in sediment and water system. **J. Agric. Food Chem.** 30: 1028-1032.
- Paulini, E., G. Chala and J.R. De Freitas. 1961. Trials with the molluscicides rhodiacid and Bayer 73. **Bull. Wld. Hlth. Org.** 25: 706 – 709.
- Rabl, C. 1879. Ueber die Entwicklung der Tellerschnecke. **Morph. Fahr.** 5 : 562.
- Raven, Chr. P. 1946. The development of the egg of *Limnaea stagnalis* L. from the first cleavage till the trochophore stage, with special reference to its 'chemical embryology'. **Arch. Neerl. Zool.** 7 : 353.
- \_\_\_\_\_. 1952. Morphogenesis in *Limnaea stagnalis* and its disturbance by lithium. **F. exp. Zool.** 121 : 1.
- \_\_\_\_\_. 1958. **Morphogenesis: the analysis of molluscan development**, Pergamon, London and New York.
- Smith, F.G.W. 1935. The development of *Patella vulgate*. **Phil. Trans. Roy. Soc.** London. 225 : 95.
- Throp, F.J. and P.S. Lake. 1974. Toxicity bioassays of cadmium and zinc on thr freshwater shrimp, *Paratya tasmanensis* Rich Ausk. **J.Mar. Freshwat. Res.** 25 : 97-104.
- Ussow, M. 1881. Untersuchungen uber die Entwicklung der Cephalopoden. **Arch. Biol.** 2 : 553.

Vialleton, M. L. 1888. Recherches sur les premières phases du développement de la seiche (*Sepia officinalis*). **Ann. Sci. Nat. Zool.** 6 (7) : 165.

Webbe, G. 1991. **The Toxicology of Molluscicides**. Section 125. Pergamon Press, Oxford.

\_\_\_\_\_. 1991 a. **The Toxicology of Molluscicides**. Section 125. Pergamon Press, Oxford.

Cited Schraufstatter, E. 1962. Chemical Development of bayluscide. **Pflanzenschutz Nachrichten Bayer**. 15: 25–33.

\_\_\_\_\_. 1991 b. **The Toxicology of Molluscicides**. Section 125. Pergamon Press, Oxford.

Cited Gonnert, R. and E. Schraufstatter. 1961. Experimentelle Untersuchungen mit N – (2' – Chloro – 4' nitrophenyl) – 5 chlorsalicylamid, einem neuen Bandwurmmittel. **Arzneimittel – Forsch** 10: 881–884.

Webbe, G. 1991 c. **The Toxicology of Molluscicides**. Section 125. Pergamon Press, Oxford.

Cited Holz, J. 1962. Über die Wirkung von Kupfersulfat, Pentachlorphenolnatrium und “Bayer 73” auf parasitenubertragende Schnecken Indonesien. **Anz. Schadlingsk.** 35: 36–38.

\_\_\_\_\_. 1991 d. **The Toxicology of Molluscicides**. Section 125. Pergamon Press, Oxford.

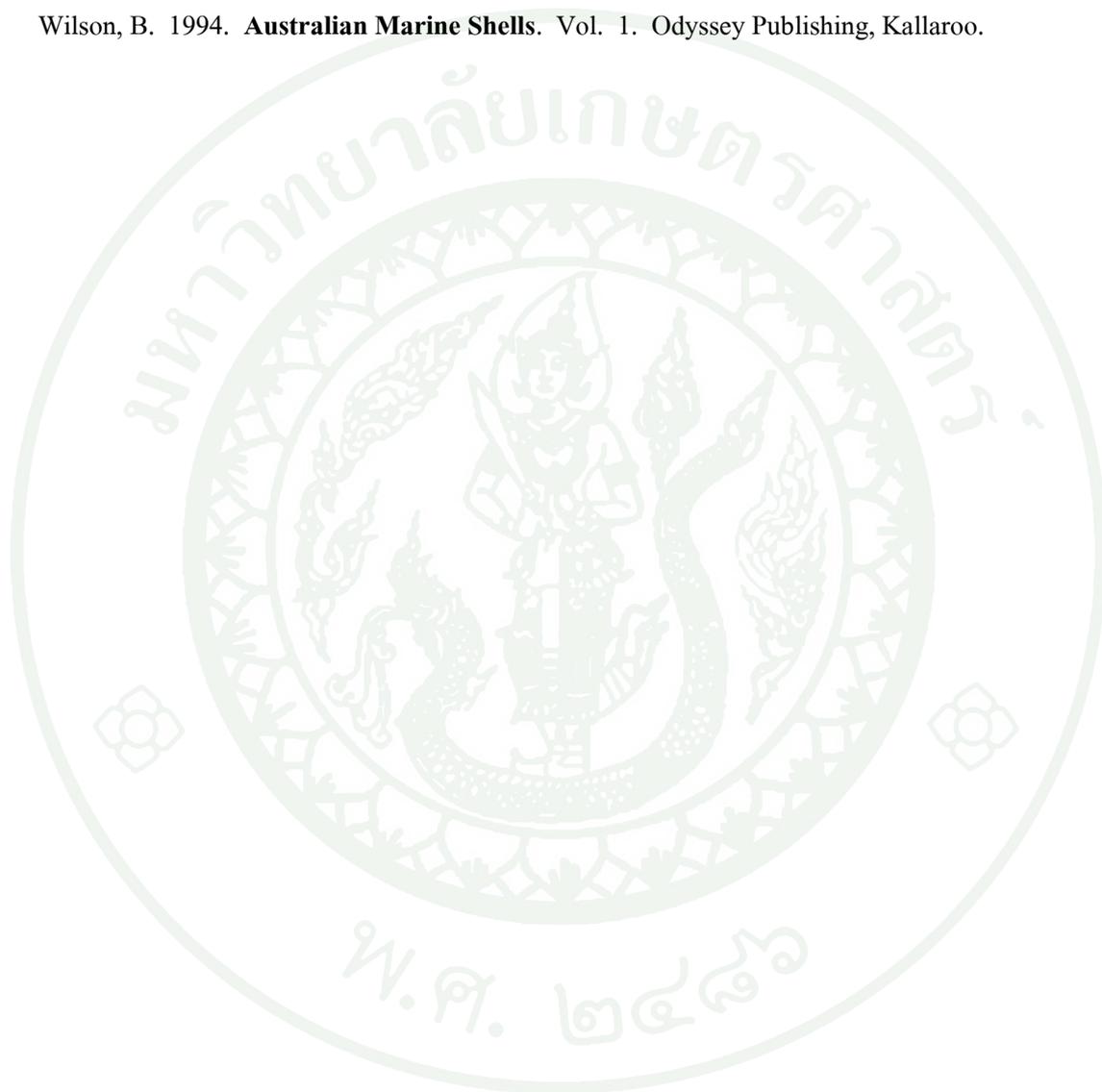
Cited Duhm, B., W. Maul, H. Medenwald., K. Patzschke and L. A. Wegner. 1961. Radioaktive Untersuchungen mit einem neuen Molluscicid. **Z. Naturf.** 16b.: 509 – 515.

\_\_\_\_\_. and R.F. Sturrock . 1964. Laboratory tests of some new molluscicides in Tanganyika. **Ann. Trop. Med. Parasit.** 58: 234-239.

Werner, B. 1939. Ueber die Entwicklung und Artunterscheidung von Muschellarven des Nordseeplanktons, unter besonderer Berücksichtigung der Schalenentwicklung. **Zool. Jahrb. Anat.** 66 : 1.

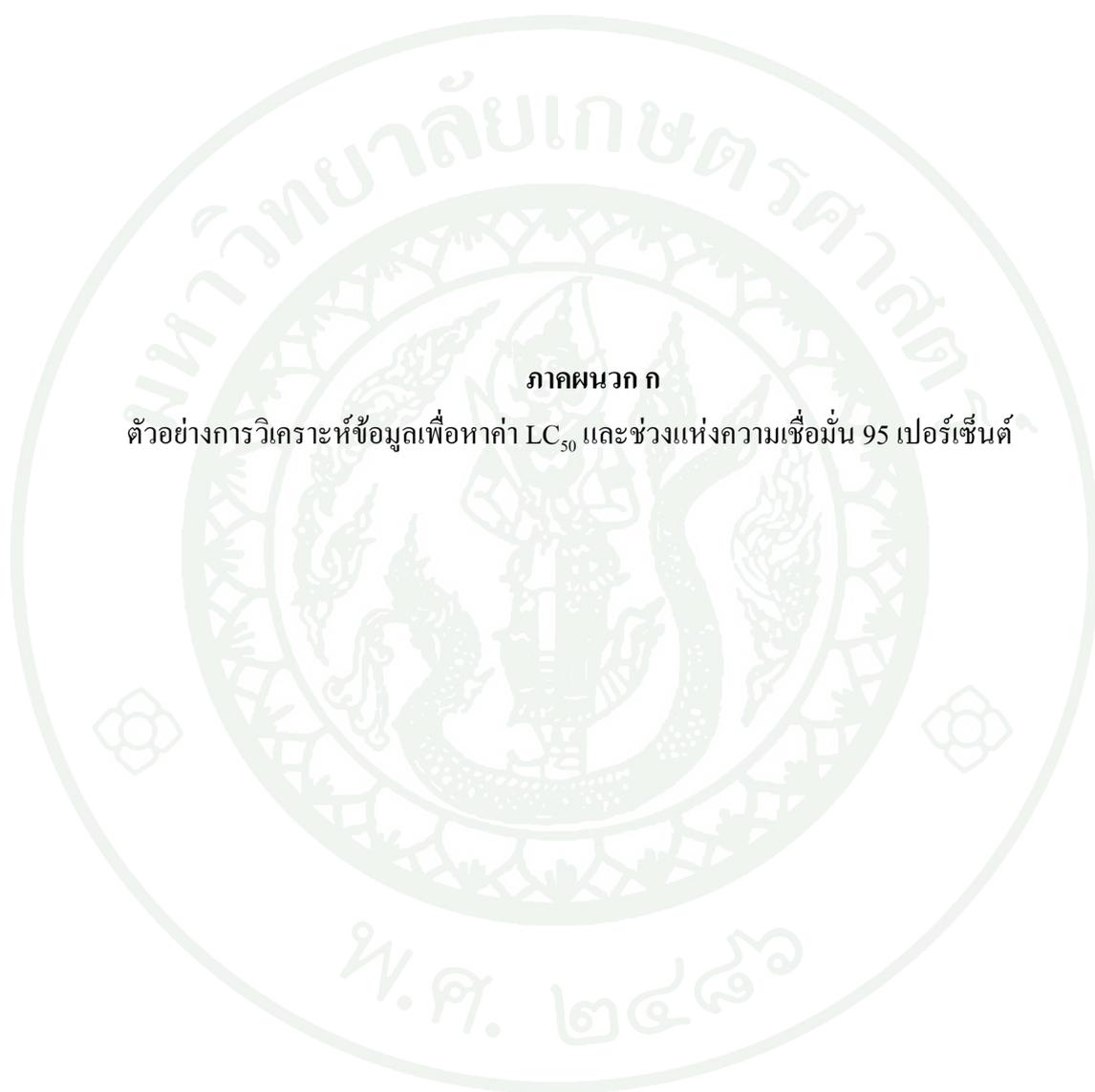
Werner, B. 1955. Ueber die Anatomic, die Entwicklung und Biologic des Veligers und der Veliconcha von *Crepidula fornicata* L. (Gastropoda prosobranchia). **Helgol. Wissensch. Meeresunters.** 5 : 169.

Wilson, B. 1994. **Australian Marine Shells.** Vol. 1. Odyssey Publishing, Kallaroo.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก  
ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่า  $LC_{50}$  และช่วงแห่งความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

### การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่า $LC_{50}$ และช่วงแห่งความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลความเข้มข้นของสารละลายนิโคชาไมด์และอัตราการตายในแต่ละระดับ นำมาประเมินค่าความเข้มข้นของสารละลายนิโคชาไมด์ที่ทำให้หอยขมที่ฟิเอช 7.0 ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ( $LC_{50}$ ) และช่วงแห่งความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีวิเคราะห์แบบโพรบิต (Probit analysis) ตามวิธีของ Finney (1971) ตามตัวอย่างต่อไปนี้

กำหนดให้

C	=	ความเข้มข้นของสารละลาย
x	=	ค่า log ของระดับความเข้มข้นของสารนิโคชาไมด์
r	=	จำนวนสัตว์ทดลองที่ตายเนื่องจากนิโคชาไมด์
n	=	จำนวนสัตว์ทดลองที่ใช้ในการทดลอง
p	=	เอ็มไพริคัลของอัตราการตาย (r/n)
$y^*$	=	เอ็มไพริคัลโพรบิต ได้จากการเปลี่ยนค่าเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ตารางผนวกที่ ก5
Y	=	ค่าโพรบิตคาดคะเน (Expected probit)
$y_0$	=	ค่าโพรบิตต่ำสุด (Minimum probit) ได้จากตารางผนวกที่ ก6
$y_1$	=	ค่าโพรบิตสูงสุด (Maximum probit) ได้จากตารางผนวกที่ ก6
A	=	ช่วง (Ranges) ได้จากตารางผนวกที่ ก6
Y	=	ค่าโพรบิตสำหรับการคำนวณ (Working probit) ได้จากการคำนวณจากค่าโพรบิตที่คาดคะเนได้จากสูตร $Y = y_0 + pA$ หรือ $Y = y_1 - (1-p)A$
w	=	สัมประสิทธิ์ของการถ่วงน้ำหนัก (Working- coefficient) ได้จากตารางผนวกที่ ก7

## วิธีการ

ความเข้มข้นของสารนิโคติน (C) ซึ่งมีอยู่ 6 ระดับ จำนวนหอยขมที่ตาย (r) และ จำนวนหอยขมที่ใช้ในการทดลอง (n)

คำนวณค่า  $x$  จาก  $x = 1 + \log C$  และ  $p = r/n$  หาค่าเอ็มไพริกัลโพรบิต ( $y^*$ ) จากการนำค่า  $p$  มาเปิดตารางผนวกที่ 6

ประมาณค่าคาดคะเนโพรบิตจากข้อมูล  $y^*$  และ  $x$  ด้วยวิธีการ plot กราฟ และปรับเส้นตรงด้วยสายตาโดยให้น้ำหนักแต่ละจุดเท่ากัน หรือคำนวณจากสมการถดถอยอย่างง่าย

## ตัวอย่างการคำนวณ

ตารางผนวกที่ 6 วิธีการคำนวณความลาดชันและจุดตัดแกนตั้ง ตามวิธีวิเคราะห์แบบโพรบิต

C	x	r	n	p	$y^*$	Y
0.1	0	0	20	0	-	3.92
0.15	0.18	6	20	0.3	4.48	4.42
0.23	0.36	10	20	0.5	5.0	4.91
0.35	0.54	11	20	0.55	5.13	5.41
0.53	0.72	17	20	0.85	6.04	5.9
0.8	0.9	20	20	1.0	-	6.4

ตารางผนวกที่ ก2 การคำนวณครั้งที่ 1

x	y	W	Wx	Wx <sup>2</sup>	Wxy	Wy	Wy <sup>2</sup>	Y
0	3.28	8.1	0	0	0	26.57	87.14	4.32
0.18	4.48	11.16	2.01	0.36	0.81	50.0	223.99	4.63
0.36	5.0	12.68	4.57	1.64	22.82	63.4	317	4.93
0.54	5.11	12.02	6.49	3.51	33.17	61.42	313.87	5.24
0.72	6.03	9.42	6.78	4.88	40.9	56.8	342.52	5.54
0.9	6.94	6.04	5.44	4.89	37.73	41.92	290.91	5.85
$\Sigma$		59.42	25.29	15.28	135.43	300.11	1,575.43	

$$S_{xx} = 15.28 - (25.29)^2 / 59.42 = 4.52$$

$$S_{xy} = 135.43 - (25.29)(300.11) / 59.42 = 7.7$$

$$S_{yy} = 1,575.43 - (300.11)^2 / 59.42 = 59.68$$

$$\bar{x} = 25.29 / 59.42 = 0.43$$

$$\bar{y} = 300.11 / 59.42 = 5.05$$

$$\hat{b} = 7.7 / 4.52 = 1.7$$

$$\hat{a} = 5.05 - 1.7(0.43) = 4.32$$

ดังนั้นสมการเส้นตรงของการคำนวณครั้งนี้คือ  $Y = 4.32 + 1.7x$

ตารางผนวกที่ ก3 การคำนวณครั้งที่ 2

x	y	W	Wx	Wx <sup>2</sup>	Wxy	Wy	Wy <sup>2</sup>	Y
0	3.53	10.64	0	0	0	37.56	132.58	3.73
0.18	4.48	12.02	2.16	0.39	9.69	53.85	241.25	4.28
0.36	5.0	12.68	4.56	1.64	22.82	63.4	317.0	4.84
0.54	5.13	12.54	6.77	3.66	34.74	64.33	330.01	5.39
0.72	5.95	11.62	8.37	6.02	49.78	69.14	411.38	5.95
0.9	6.53	10.06	9.05	8.15	59.12	65.69	428.97	6.5
$\Sigma$		69.56	30.91	19.86	176.15	353.97	1,861.19	

$$S_{xx} = 19.86 - (30.91)^2 / 69.56 = 6.12$$

$$S_{xy} = 176.15 - (30.91)(353.97) / 69.56 = 18.86$$

$$S_{yy} = 1,861.19 - (353.97)^2 / 69.56 = 59.44$$

$$\bar{x} = 30.91 / 69.56 = 0.44$$

$$\bar{y} = 353.97 / 69.56 = 5.09$$

$$\hat{b} = 18.86 / 6.12 = 3.08$$

$$\hat{a} = 5.09 - 3.08 (0.44) = 3.73$$

ดังนั้นสมการเส้นตรงของการคำนวณครั้งนี้คือ  $Y = 3.73 + 3.08x$

ตารางผนวกที่ ก4 การคำนวณครั้งที่ 3

x	y	W	Wx	Wx <sup>2</sup>	Wxy	Wy	Wy <sup>2</sup>	Y
0	3.14	6.8	0	0	0	21.35	67.05	3.51
0.18	4.49	10.6	1.91	0.34	8.57	47.59	213.7	4.16
0.36	5.0	12.6	4.54	1.63	22.68	63.0	315.0	4.82
0.54	5.12	12.02	6.49	3.51	33.23	61.54	315.1	5.47
0.72	6.04	9.42	6.78	4.88	40.97	56.9	343.66	6.12
0.9	7.01	5.4	4.86	4.37	34.07	37.85	265.36	6.78
$\Sigma$		56.84	24.58	14.73	139.52	288.23	1,519.87	

$$\begin{aligned}
 S_{xx} &= 14.73 - (24.58)^2 / 56.84 = 4.1 \\
 S_{xy} &= 139.52 - (24.58)(288.23) / 56.84 = 14.88 \\
 S_{yy} &= 1,519.87 - (288.23)^2 / 56.84 = 58.28 \\
 \bar{x} &= 24.58 / 56.84 = 0.43 \\
 \bar{y} &= 288.23 / 56.84 = 5.07 \\
 \hat{b} &= 14.88 / 4.1 = 3.63 \\
 \hat{a} &= 5.07 - 3.63 (0.43) = 3.51
 \end{aligned}$$

ดังนั้นสมการเส้นตรงของการคำนวณครั้งนี้คือ  $Y = 3.51 + 3.63x$

เมื่อเปรียบเทียบค่าคาดคะเนโพรบิท ที่ใช้ในการคำนวณครั้งที่ 3 (ช่องสุดท้ายของการคำนวณครั้งที่ 2) กับค่าที่ได้จากการคำนวณครั้งที่ 3 (ช่องสุดท้ายของการคำนวณครั้งที่ 3) จะพบว่าผลต่างต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับ 0.2 ดังนั้น จึงนับว่าค่า a และ b ที่ได้รับ เป็นค่าประมาณที่ดีของ a และ b แล้ว จึงดำเนินการทดสอบความเป็นเส้นตรงต่อไป จากสมการ

$$x^2 = S_{yy} - S^2_{xy} / S_{xx}$$

จะได้

$$x^2 = 58.28 - (14.88^2 / 4.1) = 4.28$$

ซึ่งมีชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ  $(6-2) = 4$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ค่า  $\chi^2 = 9.49$  ซึ่งสูงกว่าค่าที่คำนวณได้ จึงหมายความว่า ผลการทดลองในรูปของ โพรบิทไม่เบี่ยงเบนไปจากเส้นตรง

ค่าล็อกการิทึมของมัธยฐานของความทนต่อสารนิโคตินาไมด์ของหอยขม จึงเท่ากับ

$$\hat{m} = ((5 - \hat{a}) / \hat{b}) - 1$$

(ลบด้วย 1 เพราะว่า  $x = 1 + \log C$ )

$$\hat{m} = ((5 - 3.51) / 3.63) - 1 = -0.59$$

และค่ามัธยฐานของความทนต่อนิโคตินาไมด์จะเท่ากับ

$$TL_m = \text{antilog}(-0.59) = 0.257 \text{ พีพีเอ็ม}$$

การคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่นของ  $m$  ตามสมการ

$$m_L, m_U = \frac{(\hat{m} - g(V_{12}/V_{22}) \pm 1.96/b) \sqrt{V_{11} - 2\hat{m}V_{12} + \hat{m}^2 V_{22} - g((V_{11} - (V_{12}^2/V_{22})))}}{1 - g}$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } V_{11} &= \sum Wx^2 / (S_{xx} \sum W) = 0.0632 \\ V_{12} &= \bar{x} / S_{xx} = 0.1049 \\ V_{22} &= 1 / S_{xx} = 0.2439 \\ g &= (1.96)^2 V_{22} / b^2 = 0.0711 \end{aligned}$$

จากการแทนค่าในสมการข้างต้น จะได้ช่วงแห่งความเชื่อมั่น  $1 + m$

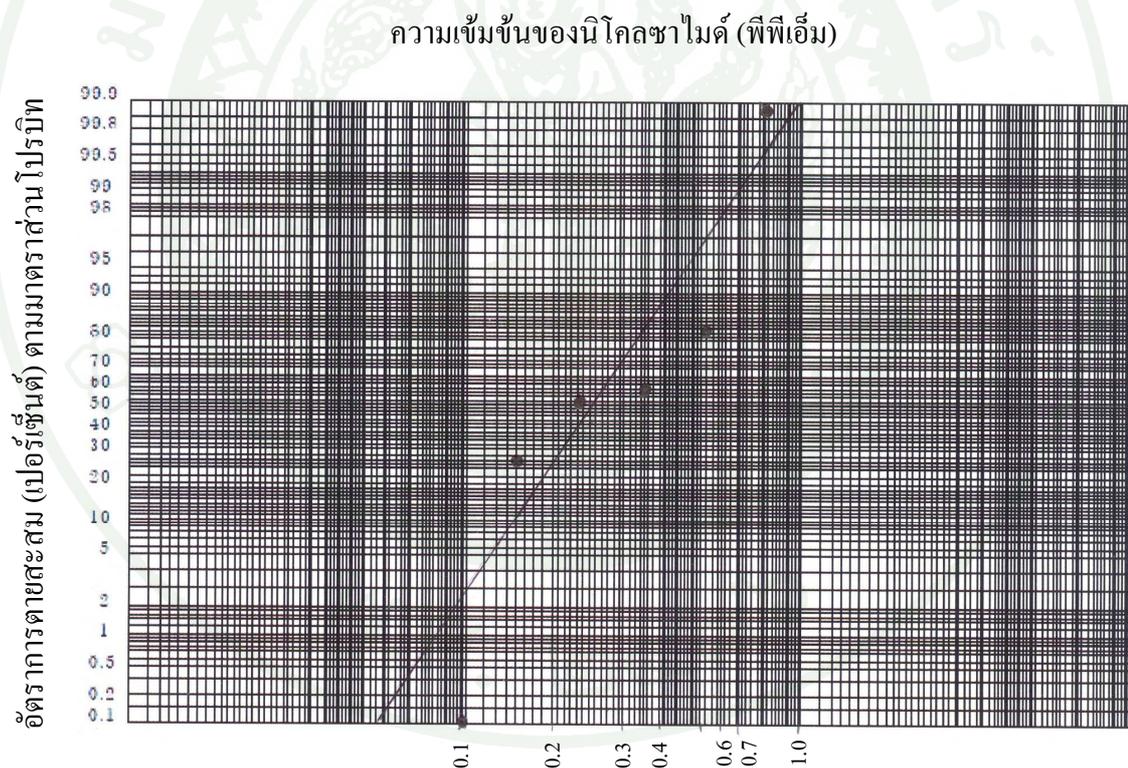
$$= \frac{(0.41 - 0.0306) \pm 0.5399 \sqrt{0.0632 - 0.086 + 0.041 - 0.0013}}{0.92}$$

$$= \frac{0.3794 \pm 0.0702}{0.92}$$

$$= 0.3361, 0.4887$$

เนื่องจาก  $x = 1 + \log C$  เพราะฉะนั้น ช่วงแห่งความเชื่อมั่นของ  $m$  จึงเท่ากับค่าที่ได้ลบด้วย 1 คือ  $m_L, m_U = -0.6639, -0.5113$

เพราะฉะนั้น ช่วงแห่งความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ของมัธยฐานของความทนต่อสารนิโคตชาไมด์ในหอยขมจึงเท่ากับ  $\text{antilog}(-0.6639)$  ถึง  $\text{antilog}(-0.5113)$  ซึ่งเท่ากับ 0.2168 ถึง 0.3081 พีพีเอ็ม



ภาพผนวกที่ ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายสะสมและความเข้มข้นของนิโคตชาไมด์ที่ใช้ในการประเมินค่า  $LC_{50}$  ของหอยขม ที่ระดับพีเอช 7.0

ตารางผนวกที่ ก5 การเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์การตายเป็นไพริกัลโปรบิท

อัตรา	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
0.1	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
0.2	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
0.3	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
0.4	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
0.5	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
0.6	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
0.7	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
0.8	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
0.9	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33

ตารางผนวกที่ ก6 ค่าโพรบิตต่ำสุด (Minimum Probit) โพรบิตสูงสุด (Maximum Probit)

Expected Probit	Minimum Working ( $y_0$ )	Range (A)	Maximum Working ( $y_1$ )	Expected Probit (Y)
1.1	0.8579	5033.8402	9.1421	8.9
1.2	0.9522	3425.2797	9.0478	8.8
1.3	1.0462	2354.158	8.9538	8.7
1.4	1.1400	1634.2486	8.8600	8.6
1.5	1.2334	1145.8917	8.7666	8.5
1.6	1.3266	811.54	8.6734	8.4
1.7	1.4194	580.5282	8.5806	8.3
1.8	1.5118	419.4475	8.4882	8.2
1.9	1.6038	306.1081	8.3962	8.1
2.0	1.6954	225.6395	8.3046	8.0
2.1	1.7866	167.9957	8.2134	7.9
2.2	1.8772	126.3352	8.1228	7.8
2.3	1.9673	95.9607	8.0327	7.7
2.4	2.0568	73.6216	7.9432	7.6
2.5	2.1457	57.0506	7.8543	7.5
2.6	2.339	44.6538	7.7661	7.4
2.7	2.3214	35.3020	7.6787	7.3
2.8	2.4081	28.1832	7.5919	7.2
2.9	2.4938	22.7357	7.5062	7.1
3.0	2.5786	18.5216	7.4214	7.0
3.1	2.6624	15.2402	7.3376	6.9
3.2	2.7449	12.6662	7.2551	6.8
3.3	2.8261	10.6327	7.1739	6.7
3.4	2.9060	9.0154	7.0940	6.6
3.5	2.9842	7.7210	7.0158	6.5
3.6	3.0606	6.6788	6.9394	6.4

## ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

Expected Probit	Minimum Working ( $y_0$ )	Range (A)	Maximum Working ( $y_1$ )	Expected Probit (Y)
3.7	3.1351	5.8354	6.8649	6.3
3.8	3.2074	5.1497	6.7926	6.2
3.9	3.2773	4.5903	6.7227	6.1
4.0	3.3443	4.1327	6.6557	6.0
4.1	3.4083	3.7582	6.5917	5.9
4.2	3.4687	3.4519	6.5313	5.8
4.3	3.5251	3.2025	6.4749	5.7
4.4	3.5770	3.0010	6.4230	5.6
4.5	3.6236	2.8404	6.3764	5.5
4.6	3.6643	2.7154	6.3357	5.4
4.7	3.6982	2.6220	6.3018	5.3
4.8	3.7241	2.5573	6.2759	5.2
4.9	3.7407	2.5192	6.2593	5.1
5.0	3.7467	2.5066	6.2533	5.0
5.1	3.7401	2.5192	6.2599	4.9
5.2	3.7187	2.5573	6.2813	4.8
5.3	3.6798	2.6220	6.3202	4.7
5.4	3.6203	2.7154	6.3797	4.6
5.5	3.5360	2.8404	6.4640	4.5
5.6	3.4220	3.0010	6.5780	4.4
5.7	3.2724	3.2025	6.7276	4.3
5.8	3.0794	3.4519	6.9206	4.2
5.9	2.8335	3.7582	7.1665	4.1
6.0	2.5229	4.1327	7.4771	4.0
6.1	2.1325	4.5903	7.8675	3.9
6.2	1.6429	5.1497	8.3571	3.8

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

Expected Probit	Minimum Working ( $y_0$ )	Range (A)	Maximum Working ( $y_1$ )	Expected Probit (Y)
6.3	1.0295	5.8354	8.9705	3.7
6.4	0.2606	6.6786	9.7394	3.6
6.5	-0.7050	7.7210	10.7051	3.5

ตารางผนวกที่ ก7 สัมประสิทธิ์ของการถ่วงน้ำหนัก (w)

Y	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.011
2	0.015	0.019	0.025	0.031	0.040	0.050	0.062	0.076	0.092	0.110
3	0.131	0.154	0.180	0.208	0.238	0.269	0.302	0.336	0.370	0.405
4	0.439	0.471	0.503	0.532	0.558	0.581	0.601	0.616	0.627	0.634
5	0.637	0.634	0.627	0.616	0.601	0.581	0.558	0.532	0.503	0.047
6	0.436	0.405	0.370	0.336	0.302	0.269	0.238	0.208	0.180	0.015
7	0.131	0.110	0.092	0.076	0.062	0.050	0.040	0.031	0.025	0.019
8	0.015	0.011	0.008	0.006	0.005	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001



ภาคผนวก ข

ตารางแสดงคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคซาไมด์  
ในการทดลองเพื่อหาค่า  $LC_{50}$  ในสัตว์ทดลองชนิดต่างๆ

**ตารางผนวกที่ ข1** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยขม  
พีเอช 7.0

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.0	308	100	0.97	0.08
หลังใส่สาร	7.2-7.3	156-388	96-144	0.7-2.3	0.78-1.98

**ตารางผนวกที่ ข2** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยขม  
พีเอช 7.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.53	216	164	1.6	0.23
หลังใส่สาร	7.84-7.86	216-352	148-206	1.43-2.3	0.11-0.95

**ตารางผนวกที่ ข3** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยขม  
พีเอช 8.0

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.07	168	169	0.03	0.04
หลังใส่สาร	8.11-8.38	160-244	153-211	0.03-2.63	0.08-0.45

**ตารางผนวกที่ ข4** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยขม  
พีเอช 8.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.56	152	174	0.3	0.07
หลังใส่สาร	8.31-8.45	180-320	158-216	0.1-2.07	0.03-0.78

**ตารางผนวกที่ ข5** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
ความเค็ม 25 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.44	5,404	176	1.07	0.48
หลังใส่สาร	8.48-8.51	5,600-5,964	212-238	1.17-2.07	1.11-1.97

**ตารางผนวกที่ ข6** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
ความเค็ม 30 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.42	6,260	134	2.1	0.57
หลังใส่สาร	8.25-8.47	5,572-6,408	124-144	1.23-3.07	0.87-3.07

**ตารางผนวกที่ ข7** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
พีเอช 7.0

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.07	5,398	168	0.07	0.38
หลังใส่สาร	7.57-7.63	5,404-5,964	202-230	1.07-1.97	1.03-2.76

**ตารางผนวกที่ ข8** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
พีเอช 7.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.42	7,800	172	0.09	0.08
หลังใส่สาร	7.62-7.76	7,200-8,360	158-198	0.48-1.45	0.27-1.05

**ตารางผนวกที่ ข9** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
พีเอช 8.0

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.0	7,500	204	0.08	0.08
หลังใส่สาร	8.36-8.45	7,200-8,800	122-200	0.1-1.83	1.23-2.32

**ตารางผนวกที่ ข10** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
พีเอช 8.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.57	7,250	215	0.09	0.1
หลังใส่สาร	8.43-8.75	7,200-8,600	160-210	0.45-3.6	1.45-2.84

**ตารางผนวกที่ ข11** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
ที่ค่าความเป็นด่าง 60-80 พีพีเอ็ม

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.42	5,780	64	1.02	1.02
หลังใส่สาร	7.62-7.84	5,789-6,760	75-98	0.67-2.26	0.29-1.7

**ตารางผนวกที่ ข12** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
ที่ค่าความเป็นด่าง 120-140 พีพีเอ็ม

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.58	6,560	130	1.03	1.02
หลังใส่สาร	7.62-7.89	5,960-7,150	132-172	0.76-1.82	0.05-1.86

**ตารางผนวกที่ ข13** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อหอยจิ้งก  
ที่ค่าความเป็นด่าง 180-200 พีพีเอ็ม

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.42	6,712	204	1.41	1.24
หลังใส่สาร	7.62-7.98	5,732-6,954	212-275	0.85-3.15	0.79-1.86

**ตารางผนวกที่ ข14** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลานิล  
ความเค็ม 0 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.26	128	94	0.47	0.13
หลังใส่สาร	8.18-8.37	120-152	96-110	1-2.5	0.29-1.07

**ตารางผนวกที่ ข15** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลานิล  
ความเค็ม 5 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.89	1,346	108	2.75	0.27
หลังใส่สาร	7.6-8.06	1,224-1,696	80-104	0.53-3.53	0.34-1.93

**ตารางผนวกที่ ข16** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลานิล  
ความเค็ม 15 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.56	2,847	107	2.76	0.34
หลังใส่สาร	7.45-8.06	3,068-3,568	102-122	3.33-4.43	0.28-1.42

**ตารางผนวกที่ ข17** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปทานิล  
พีเอช 7.0

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรท์
ก่อนใส่สาร	7.06	152	92	1.27	0.11
หลังใส่สาร	7.64 -7.71	148-228	94-120	2.9-3.63	0.12-0.88

**ตารางผนวกที่ ข18** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปทานิล  
พีเอช 7.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรท์
ก่อนใส่สาร	7.56	204	96	0.1	0.06
หลังใส่สาร	8.26-8.31	164-260	90-110	0.63-1.03	0.13-1.01

**ตารางผนวกที่ ข19** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปทานิล  
พีเอช 8.0

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรท์
ก่อนใส่สาร	8.08	128	96	0.1	0.2
หลังใส่สาร	8.16-8.36	128-252	96-118	0.13-0.7	0.18-0.32

**ตารางผนวกที่ ข20** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปทานิล  
พีเอช 8.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนโตรท์
ก่อนใส่สาร	8.53	132	104	0.1	0.1
หลังใส่สาร	7.88-8.42	120-240	104-130	0.03-1.1	0.2-0.34

**ตารางผนวกที่ ข21** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลากระพง  
ขาว ความเค็ม 0 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.73	132	84	0.13	0.13
หลังใส่สาร	8.23-8.41	108-184	74-86	0.07-0.53	0.03-0.30

**ตารางผนวกที่ ข22** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลากระพง  
ขาว ความเค็ม 5 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.72	1,216	76	0.4	0.13
หลังใส่สาร	8.21-8.35	960-1,268	76-90	0.17-2.6	0.04-1.15

**ตารางผนวกที่ ข23** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลากระพง  
ขาว ความเค็ม 15 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.13	2,648	78	0.87	0.11
หลังใส่สาร	8.07-8.25	2,380-3,004	68-86	0.9-2.47	0.18-1.23

**ตารางผนวกที่ ข24** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลากระพง  
ขาว ความเค็ม 25 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.98	4,348	68	0.98	0.15
หลังใส่สาร	7.88-8.21	4,240-4,820	64-84	0.78-1.6	0.18-0.95

**ตารางผนวกที่ ข25** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลากระพง  
ขาว พีเอช 7.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.49	5,616	130	1.77	0.96
หลังใส่สาร	7.78-7.82	6,000 -6,272	152-174	1.77-2.43	0.96-1.51

**ตารางผนวกที่ ข26** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลากระพง  
ขาว พีเอช 8.0

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.94	6,000	110	0.89	0.08
หลังใส่สาร	8.1-8.21	6,460-6,788	110-136	1.57-2.04	0.82-1.55

**ตารางผนวกที่ ข27** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อปลากระพง  
ขาว พีเอช 8.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.48	6,444	104	0.75	0.78
หลังใส่สาร	8.2-8.29	6,800-7,096	102-144	0.89-1.33	0.99-1.02

**ตารางผนวกที่ ข28** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อกุ้งขาว  
แวนนาไม ระยะโพสลาอ์ว่า 12 ที่ความเค็ม 5 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.12	1,656	70	0.2	0.13
หลังใส่สาร	8.04-8.06	1,489-1,745	62-86	0.4-2.13	0.47-1.13

**ตารางผนวกที่ ข29** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อกุ้งขาว  
แวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 ที่ความเค็ม 15 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.23	2,656	100	0.45	0.41
หลังใส่สาร	7.88-8.01	2,400-2,950	75-98	0.68-1.14	0.69-1.35

**ตารางผนวกที่ ข30** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อกุ้งขาว  
แวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 ที่ความเค็ม 25 พีพีที

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.34	6,304	134	1.3	0.36
หลังใส่สาร	8.36-8.38	6,000-6,180	104-118	0.9-2.4	0.53-1.22

**ตารางผนวกที่ ข31** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อกุ้งขาว  
แวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 พีเอช 7.5

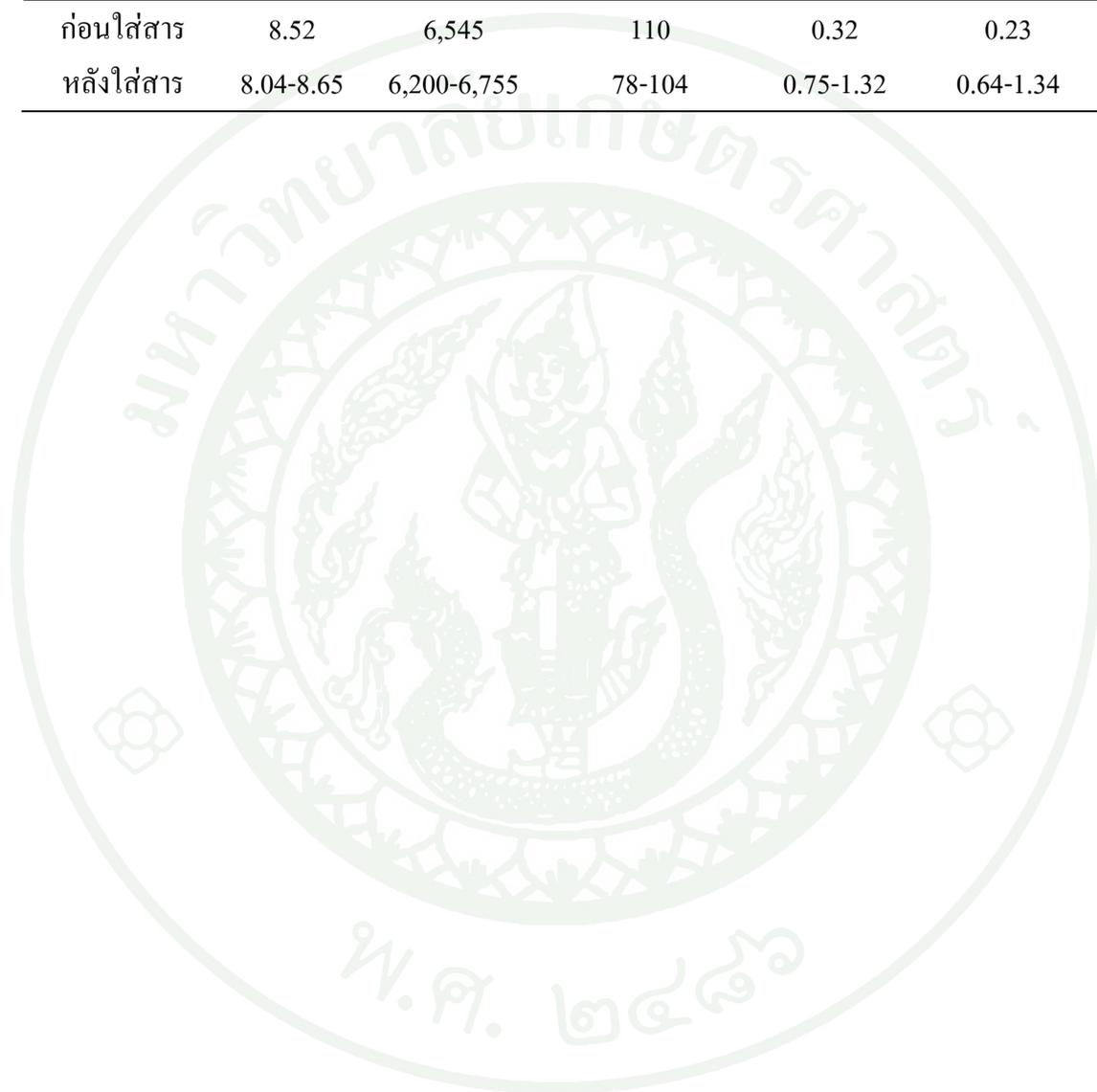
	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	7.5	7,000	86	0.21	0.42
หลังใส่สาร	7.78-7.95	5,320-7,450	56-98	0.36-2.16	0.46-1.03

**ตารางผนวกที่ ข32** ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อกุ้งขาว  
แวนนาไม ระยะโพสลาาร์ว่า 12 พีเอช 8.0

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.06	6,700	120	0.48	0.25
หลังใส่สาร	7.97-8.25	6,156-6,660	85-115	0.68-1.31	0.54-1.25

ตารางผนวกที่ ข33 ค่าพิสัยของคุณสมบัติของน้ำก่อนและหลังใส่สารนิโคลชาไมค์ต่อกุ้งขาว  
แวนนาไม ระยะโพสลาาร์วา 12 พีเอช 8.5

	พีเอช	ความกระด้าง	ความเป็นด่าง	แอมโมเนีย	ไนไตรท์
ก่อนใส่สาร	8.52	6,545	110	0.32	0.23
หลังใส่สาร	8.04-8.65	6,200-6,755	78-104	0.75-1.32	0.64-1.34



## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นางสาวธารทิพย์ นภาอำไพพร
เกิดวันที่	20 ตุลาคม 2529
สถานที่เกิด	เขตป้อมปราบฯ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงาน	คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-