ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง | ชีววิทยาประมง

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นก (*Cerithidea cingulata*), ปลานิล (*Oreochromis niloticus*), ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) และกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Acute Toxicity of Tea Seed Cake on Creeper Shell (*Cerithidea cingulata*), Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Giant Seaperch (*Lates calcarifer*) and Pacific White Shrimp Postlarvae (*Litopenaeus vannamei*)

นามผู้วิจัย นางสาวลิลลา หงษ์คณารัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.Sc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นก (*Cerithidea cingulata*), ปลานิล (*Oreochromis niloticus*), ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) และ กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Acute Toxicity of Tea Seed Cake on Creeper Shell (*Cerithidea cingulata*), Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Giant Seaperch (*Lates calcarifer*) and Pacific White Shrimp Postlarvae (*Litopenaeus vannamei*)

โดย

นางสาวลิลลา หงษ์คณารัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิลลา หงษ์คณารัตน์ 2554: การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นก (*Cerithidea cingulata*), ปลานิล (*Oreochromis niloticus*), ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) และกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D. 150 หน้า

การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นก (creeper shell), ปลานิล (Nile tilapia), ปลากะพงขาว (giant seaperch) และกุ้งขาวแวนนาไม (Pacific white shrimp) โดยวิธีชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (static bioassay) ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้หอยขี้นกตายครึ่งหนึ่ง (median lethal concentration) ภายในเวลา 96 ชั่วโมง (96-hr LC_{50}) ที่ระดับความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที มีค่าเท่ากับ 65.96, 54.73 และ 44.18 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วน96-hr LC_{50}พีเอชของน้ำ 7.5, 8.0 และ 8.5 มีค่าเท่ากับ 42.39, 44.66 และ 46.93 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนระดับความเข้มข้นที่ทำให้ปลานิลตายครึ่งหนึ่งภายในเวลา 72 ชั่วโมง (72-hr LC_{50}) ที่ระดับความเค็ม 0, 5 และ 10 พีพีที มีค่าเท่ากับ 26.69, 17.99 และ 9.4 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนพีเอชของน้ำที่ 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า 72-hr LC_{50} มีค่าเท่ากับ 14.26, 14.62 และ 16.88 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และระดับความเข้มข้นที่ทำให้ปลากะพงขาวตายครึ่งหนึ่งภายในเวลา 72 ชั่วโมง (72-hr LC_{50}) ที่ระดับความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 พีพีที มีค่าเท่ากับ 9.32, 8.28, 5.3 และ 3.02 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนพีเอชของน้ำที่ 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า 72-hr LC_{50} มีค่าเท่ากับ 4.12, 4.65 และ 4.92 พีพีเอ็ม ตามลำดับ สำหรับค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 5, 15 และ 30 พีพีที ได้ค่า 48-hr LC_{50} เท่ากับ 270.14, 423.99 และ 416.14 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ส่วนพีเอชของน้ำที่ 7.5, 8.0 และ 8.5 พบว่า ค่า 48-hr LC_{50} มีค่าเท่ากับ 343.82, 347.53 และ 366.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ที่ความเค็มสูงขึ้นความเป็นพิษของกากชาต่อหอยขี้นก ปลานิล ปลากะพงขาว และกุ้งขาวแวนนาไม จะสูงขึ้น ยกเว้นที่ความเค็ม 5 พีพีที ความเป็นพิษของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมจะมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากที่ความเค็มต่ำกุ้งจะอ่อนแอกว่าที่ความเค็มปกติ ส่วนความเป็นพิษของกากชาต่อหอยขี้นก ปลานิล ปลากะพงขาว และกุ้งขาวแวนนาไม ที่พีเอชลดลงความเป็นพิษของกากชาจะสูงขึ้น

ความเข้มข้นของกากชาที่เหมาะสมในการกำจัดหอยขี้นก และปลาชนิดต่างๆ ที่ระดับความเค็ม 20-30 พีพีที เท่ากับ 80-100 พีพีเอ็ม (128-160 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนในน้ำจืด ควรใช้ในปริมาณ 100-120 พีพีเอ็ม (160-192 กิโลกรัม/ไร่) โดยกากชาที่ระดับความเข้มข้นนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม ดังนั้น กากชา ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการใช้กำจัดหอยขี้นก และปลาชนิดต่างๆ ในการเตรียมบ่อก่อนปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมลงในบ่อเลี้ยง เพราะมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lilla Hongkanarat 2011: Acute Toxicity of Tea Seed Cake on 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. 150 pages.

Acute toxicity of tea seed cake on creeper shell (*Cerithidea cingulata*), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), and giant seaperch (*Lates calcarifer*) were studied by using static bioassays. The median lethal concentration of tea seed cake needed to kill creeper shell in 96 hours (96-hr LC_{50}) at salinity of 10, 20 and 30 ppt the 96-hr LC_{50} was 65.96, 54.73 and 44.18 ppm, respectively. In water with pH 7.5, 8.0 and 8.5 the 96-hr LC_{50} was 42.39, 44.66 and 46.93 ppm, respectively. The 72-hr LC_{50} of tea seed cake for Nile at salinity of 0, 5 and 10 ppt was 26.69, 17.99 and 9.4 ppm, respectively. In water with pH 7.5, 8.0 and 8.5 the 72-hr LC_{50} was 14.26, 14.62 and 16.88 ppm, respectively. The 72-hr LC_{50} of tea seed cake on giant seaperch at salinity of 0, 10, 20 and 30 ppt was 9.32, 8.28, 5.3 and 3.02 ppm, respectively. In water pH 7.5, 8.0 and 8.5 the 72-hr LC_{50} was 4.12, 4.65 and 4.92 ppm, respectively. The acute toxicity of tea seed cake to Pacific white shrimp postlarvae 10 (PL10) was also tested with static bioassays. In water with salinity of 5, 15 and 30 ppt the 48-hr LC_{50} was 270.14, 423.99 and 416.14 ppm, respectively. In water with pH 7.5, 8.0 and 8.5 the 48-hr LC_{50} was 343.82, 347.53 and 366.2 ppm, respectively.

Results from this study indicated that at higher salinity the toxicity of tea seed cake to creeper shell, Nile tilapia, giant seaperch and Pacific white shrimp (PL10) increased except at salinity of 5 ppt toxicity of tea seed cake PL10 is lowest because at low salinity shrimp is weaker than in normal salinity. Toxicity of tea seed cake to creeper shell, Nile tilapia, giant seaperch and PL10 at lower pH increased.

Appropriate concentration of tea seed cake for eradicating creeper shell and fish species at the salinity 20-30 ppt were ranged from 80-100 ppm (ie.128-160 kg/1600m^2 (rai)), while at lower salinity from 0 to 5 ppt tea seed cake of 100-120 ppm (ie.160-192 kg/rai) should be used. These dosages of tea seed cake have been proved safe for *L. vannamei* postlarvae. Therefore, Tea seed cake is one of the suitable choice to eradicate the creeper shell and fish species for pond preparation before stocking PLs into the ponds because as it is effective and safe to shrimp.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชลอ ลิ้มสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ ชูเชิด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษาแนะนำในด้านการทดลอง และการตรวจแก้ไขข้อมูลต่างๆ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ. ดร. เมธี แก้วเนิน ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ. ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษา สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆ ทุกคน สำหรับความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และคำแนะนำต่างๆ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้อง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ การสนับสนุน และเป็นกำลังใจในการทำงานจนสำเร็จการศึกษาตลอดเวลาเสมอมา

ลิลลา หงษ์คณารัตน์

พฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	22
ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา	28
สรุปผลการศึกษา	132
ข้อเสนอแนะ	133
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	134
ภาคผนวก	139
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	150

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราการตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที	29
2	อัตราการตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที	33
3	อัตราการตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที	37
4	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อหอยขี้นก ที่ระดับความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที ที่เวลา 96 ชั่วโมง	40
5	ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่ความเค็มต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อหอยขี้นก	41
6	อัตราการตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที	43
7	อัตราการตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที	47
8	อัตราการตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที	50
9	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลานิล ที่ระดับความเค็ม 0, 5 และ 10 พีพีที ที่เวลา 72 ชั่วโมง	52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่ความเค็มต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อปลานิล	53
11	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที	55
12	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที	59
13	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที	62
14	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที	65
15	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 พีพีที ที่เวลา 72 ชั่วโมง	67
16	ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่ความเค็มต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อปลากะพงขาว	68
17	อัตราการการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที	70
18	อัตราการการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที	73
19	อัตราการการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที	76
20	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 5, 15 และ 30 พีพีที ที่เวลา 48 ชั่วโมง	78

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่ความเค็มต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10	79
22	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อสัตว์ทดลองแต่ละชนิด ที่ระดับความเค็มต่างกัน	80
23	อัตราการตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่พีเอช 7.5	82
24	อัตราการตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่พีเอช 8	86
25	อัตราการตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่พีเอช 8.5	90
26	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อหอยขี้นก ที่พีเอช ต่างๆกัน ระดับความเค็ม 25 พีพีที ที่เวลา 96 ชั่วโมง	93
27	ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่พีเอชต่างๆ กัน ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อหอยขี้นก	94
28	อัตราการตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่พีเอช 7.5	96
29	อัตราการตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่พีเอช 8	99
30	อัตราการตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่พีเอช 8.5	102
31	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลานิล ที่พีเอช ต่างๆกัน ระดับความเค็ม 0 พีพีที ที่เวลา 72 ชั่วโมง	104
32	ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่พีเอชต่างๆ กัน ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อปลานิล	105
33	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่พีเอช 7.5	107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
34	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8	111
35	อัตราการตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8.5	114
36	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลากะพงขาว ที่พีเอช ต่างๆกัน ระดับความเค็ม 25 พีพีที ที่เวลา 72 ชั่วโมง	116
37	ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่พีเอชต่างๆ กัน ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อปลากะพงขาว	117
38	อัตราการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 7.5	119
39	อัตราการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8	122
40	อัตราการตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8.5	125
41	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช ต่างๆกัน ระดับความเค็ม 25 พีพีที ที่เวลา 48 ชั่วโมง	127
42	ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่พีเอชต่างๆ กัน ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10	128
43	ค่า LC_{50} ของกากชาต่อสัตว์ทดลองแต่ละชนิด ที่พีเอชต่างกัน	129

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ตารางวิธีการคำนวณความลาดชันและจุดตัดแกนดิ่ง ตามวิธีวิเคราะห์แบบโปรบิท	141
2	ตารางการคำนวณครั้งที่ 1	142
3	ตารางการคำนวณครั้งที่ 2	143
4	ตารางการเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์การตายเป็นไพริกัลป์โปรบิท	146
5	ตารางค่าโปรบิทต่ำสุด (Minimum Probit) โปรบิทสูงสุด (Maximum Probit)	147
6	ตารางสัมประสิทธิ์ของการถ่วงน้ำหนัก (w)	149

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ถังไฟเบอร์กลาสที่ใช้ในการเตรียมสัตว์ทดลอง	23
2	สารละลายกากชา	23
3	หอยขี้นกระยะตัวเต็มวัยที่ใช้ในการทดลอง	25
4	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที	31
5	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที	35
6	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที	39
7	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที	45
8	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที	48
9	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที	51
10	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที	57
11	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที	60
12	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที	63
13	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที	66
14	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที	71

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที	74
16	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที	77
17	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่พีเอช 7.5	84
18	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่พีเอช 8	88
19	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่พีเอช 8.5	92
20	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่พีเอช 7.5	97
21	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่พีเอช 8	100
22	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่พีเอช 8.5	103
23	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่พีเอช 7.5	109
24	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่พีเอช 8	112
25	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่พีเอช 8.5	115
26	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 7.5	120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 8	123
28	กราฟผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 8.5	126

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นก (*Cerithidea cingulata*), ปลานิล (*Oreochromis niloticus*), ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) และ กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

Acute Toxicity of Tea Seed Cake on Creeper Shell (*Cerithidea cingulata*), Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Giant Seaperch (*Lates calcarifer*) and Pacific White Shrimp Postlarvae (*Litopenaeus vannamei*)

คำนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งของประเทศไทยทำเงินรายได้เข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei)* หลังจากที่กรมประมงได้อนุญาตให้มีการนำเข้ามาเลี้ยงในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) กำลังประสบปัญหากุ้งโตช้า ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาขาดทุน หลังจากนั้นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จึงเพิ่มขึ้นแทนที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในปัจจุบันเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive) โดยปล่อยกุ้งในอัตราความหนาแน่นสูง มีการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการจัดการในด้านการควบคุมคุณภาพน้ำ อาหาร และการป้องกันโรคในระหว่างการเลี้ยงอย่างมีประสิทธิภาพ และการป้องกันสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ที่ไม่ต้องการด้วย

อย่างไรก็ตามนอกจากปัญหาเรื่องการเกิดโรคในระหว่างการเลี้ยงแล้ว ยังมีปัญหาอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับโรค แต่มีผลกระทบต่อผลผลิตได้แก่ การที่มีปลาชนิดต่างๆ เข้าไปเจริญเติบโตในบ่อกุ้ง ซึ่งอาจจะทำให้ผลผลิตกุ้งตกต่ำได้ถ้ามีในปริมาณมาก เนื่องจากปลาเหล่านี้จะไปแย่งอาหารกุ้ง นอกจากนั้น ในบางพื้นที่มีการระบาดของหอยขี้นก (*Cerithidea cingulata* Gmelin) ซึ่งเป็นหอยฝาเดียว เปลือกแข็ง เปลือกเป็นเกลียวเหมือนรูปเจดีย์ (สุนันท์ และคณะ, 2527) หอยชนิดนี้จะพบมากตามแหล่งเลี้ยงกุ้ง โดยเฉพาะตามชายฝั่งทะเล การแพร่ขยายพันธุ์ของหอยชนิดนี้เป็นไปอย่างรวดเร็ว จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งหอยชนิดนี้ไม่ได้กินลูกกุ้งแต่จะแย่งพื้นที่อาศัยในบ่อ (วสันต์ และ ธนงศักดิ์, 2518) โดยเฉพาะลูกหอยที่เกิดใหม่จะดึงธาตุแคลเซียม (Ca^{2+}) และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) จากน้ำสร้างเป็นสารประกอบหินปูนแล้วนำ มาสร้างเปลือก (วันทนา, 2528) ทำให้ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำลดลง และไปมีผลต่อการสร้างเปลือกของลูกกุ้งที่เพิ่งปล่อยลงในบ่อเลี้ยงโดยเฉพาะในระยะเดือนแรกทำให้อัตราการรอดตายของกุ้งลดลง

ในปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งพบการระบาดของหอยขี้นกในบ่อเลี้ยงกุ้งมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลในช่วงฤดูร้อน เมื่อน้ำมีความเค็มสูง ซึ่งถ้าพบหอยชนิดนี้ในการเลี้ยงกุ้งแล้ว การเลี้ยงกุ้งครั้งต่อไปก็จะพบอีก และมักจะมีปริมาณเพิ่มมากกว่าเดิม ผลกระทบที่เห็นได้ชัดคือ บ่อเลี้ยงกุ้งที่มีหอยขี้นกมากจะมีปัญหาทางด้านการจัดการคุณภาพของน้ำ เช่น ความเป็นด่างของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (พีเอช) และการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอน มีผลทำให้อัตราการรอดของกุ้งต่ำ เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงจะพบว่าผลผลิตกุ้งที่ได้จากบ่อที่มีการระบาดของหอยขี้นกจะต่ำกว่าบ่อที่ไม่มีการระบาด (กฤษณา, 2540)

จากปัญหาดังกล่าวเกษตรกรได้นำสารเคมีต่างๆ มาใช้กำจัดช่วงเตรียมบ่อเพื่อกำจัดหอยขี้นก เช่น เบรส-เทน 60 เปอร์เซ็นต์ (วสันต์ และ ธนงศักดิ์, 2518) กากชา (ประพันธ์, 2524) ผงยาสูบ และอควอติน (บรรจง, 2521) แต่พบว่าสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ทดลองยังไม่ได้ผลเท่าที่ควรในการกำจัดหอยขี้นกซึ่งยังมีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในแหล่งเลี้ยงกุ้งตามชายฝั่งทะเล

ในการเลี้ยงกุ้งโดยทั่วไปนั้น เกษตรกรนิยมใช้กากชาในการกำจัดปลาก่อนปล่อยลูกกุ้ง และในระหว่างการเลี้ยงกุ้ง ถ้าพบว่ามีปลาหลุดลอดเข้าไปในบ่อเลี้ยงกุ้งในปริมาณมาก เนื่องจากความเป็นพิษของสารซาโปนินในกากชาที่มีต่อปลาซึ่งมีเลือดสีแดง เนื่องจากฮีโมโกลบิน แต่มีความเป็นพิษต่อกุ้งซึ่งมีเลือดสีฟ้าจากฮีโมไซยานินน้อยมาก แต่การใช้กากชาในการกำจัดหอยขี้นกในการเตรียมน้ำยังไม่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากไม่มีการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมเพื่อกำจัดหอยขี้นกตัวเต็มวัย ซึ่งอาจจะหลงเหลือในบ่อในขณะที่เตรียมน้ำ และเนื่องจากในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความเค็มของน้ำ และพีเอช แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงสมควรที่จะศึกษาประสิทธิภาพของกากชาต่อหอยขี้นกปลานิล ซึ่งใช้เป็นตัวแทนปลาน้ำจืด และปลากะพงขาว ที่ใช้เป็นตัวแทนของปลาน้ำกร่อย ที่อาจจะพบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในสภาพน้ำที่มีความเค็ม และพีเอชแตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางแนะนำแก่เกษตรกรสำหรับนำไปใช้ในการเตรียมน้ำก่อนปล่อยลูกกุ้งต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นก ระยะตัวเต็มวัย ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที ที่ระดับพีเอช ต่างๆกัน ที่ 96 ชั่วโมง

2. เพื่อหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิล ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0, 5 และ 10 พีพีที ที่ระดับพีเอช ต่างๆกัน ที่ 72 ชั่วโมง

3. เพื่อหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาว ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 พีพีที ที่ระดับพีเอช ต่างๆกัน ที่ 72 ชั่วโมง

4. เพื่อหาค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา10 ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 5, 15 และ 30 พีพีที ที่ระดับพีเอช ต่างๆกัน ที่ 48 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. หอยเจดีย์(หอยขี้นก)

1. การจำแนกชนิดของหอยขี้นก

หอยขี้นกเป็นหอยฝาเดียวขนาดเล็ก มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 2 เซนติเมตร พบแพร่กระจายในประเทศแถบเขตร้อน และประเทศออสเตรเลีย อาศัยอยู่ในน้ำเค็มบนพื้นทราย (สุชาติและคณะ, 2538) บริเวณหาดชายเลน (ลิลา และ รังสิไชย, 2539) มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่นหอยขี้นก หอยเจดีย์ ซึ่งสามารถจำแนกชนิดตามหลักอนุกรมวิธาน (Classification) ตาม Morton (1967) และ Wilson (1994) ไว้ดังนี้

Phylum Mollusca
Subphylum Conchifera
Class Gastropoda
Subclass Prosobranchia
Order Metrogasopoda
Family Cerithidae
Genus *Cerithidea*

ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) *Cerithidea cingulata* (Gmelin, 1971)
ชื่อสามัญ (Common name) Horn Shell, Creeper, Sand Creeper
ชื่อไทย (Thai name) หอยขี้นก หอยเจดีย์ (ตามคำ เรียกของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง)

โชติ (2509) รายงานว่า หอยในวงศ์นี้ มีเปลือกม้วนเป็นวงยาว บิดหลายชั้น ผิวเป็นตุ่ม ช่องปากเป็นรูข้างหน้า ฝาปิดปากเป็นเขา (สัตว์) และเป็นวง หอยมีจมูกสั้น หนวดเรียวและนัยน์ตาอยู่บนก้าน เป็นวงศ์ใหญ่ อยู่ในเขตร้อน และอบอุ่น อาศัยตามหิน หรือระหว่างพืชน้ำเค็ม บางชนิดอยู่ในน้ำกร่อย และน้ำจืด บางชนิดอยู่ตามลำต้นของพันธุ์ไม้น้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วันทนา (2528) รายงานว่าหอยในวงศ์ Cerithidae เปลือกค่อนข้างขรุขระ ช่องเปิดของเปลือกเป็นวงรีเฉียง ไซโฟนัล แคนอล (siphonal canal) สั้น พบตามปากแม่น้ำ และแหล่งที่เป็นน้ำกร่อย

สุชาติ และคณะ (2538) รายงานว่า หอยในวงศ์ Cerithidae มีเปลือกรูปกรวยยาว และมีหลายวง (whorl) ผิวเปลือกไม่เรียบ ปากเปลือกเล็กมีรูปร่างรี และเอียง ร่องไซฟอน (siphon) มีขนาดสั้น ฝาปิดเปลือก (operculum) เป็นมันเงา พบในประเทศแถบเขตร้อน และออสเตรเลีย อาศัยอยู่ในน้ำเค็มสะอาด บนพื้นทราย หรือบนพืชทะเล หรืออยู่ระหว่างปะการัง

2. ชีววิทยาบางประการของหอยฝาเดียว

สุชาติ และคณะ (2538) อธิบายลักษณะเปลือก และโครงสร้างภายนอกของหอยฝาเดียว (gastropod) ไว้ดังนี้

2.1 โครงสร้างของเปลือก ประกอบด้วยผลึกหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) พวกอะราโกไนต์ (aragonite) หรือ แคลไซต์ (calcite) หรือทั้งสองอย่าง ผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตนี้จะแทรกอยู่ในสารประกอบพวกควิโนแทนด์โปรตีน (quinone-tannedprotein) เรียก คอนคิโอลินหรือคอนคิน (conchiolin, conchin) ซึ่งสารประกอบอินทรีย์นี้จะมีอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของน้ำหนักเปลือก นอกจากนี้อาจพบสารพวกซิลิกา (silica) อะลูมินา (alumina) และออกไซด์ (oxide) ของเหล็กปนอยู่ในเปลือกหอยเล็กน้อย

2.1.1 ชั้นของเปลือกหอย แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ

1. ชั้นนอก (periostracum) เป็นชั้นบาง ๆ อยู่นอกสุดของเปลือก ประกอบด้วยสารคอนคิโอลิน ทำหน้าที่ป้องกันสารเคมีจากสภาพแวดล้อม

2. ชั้นพริสมาติก (prismatic) เป็นชั้นของผลึกใสของหินปูนเป็นส่วนใหญ่ และยังมีแร่ธาตุชนิดอื่น ๆ อีก เช่น ฟลูออไรด์ ซิลิกอน โบรไมด์ แมงกานีส และไอไอไดด์ ซึ่งพบอยู่ตามแนวของแมนเทิล (mentle)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ชั้นใน (nacreous) ประกอบด้วยแผ่นผลึกหินปูนบางและ ใส มีลักษณะเป็นเงาคล้ายมุก เนื่องจากเป็นชั้นหินปูนที่บางมาก จึงทำให้เปราะและแตกง่าย

2.1.2 ฝาปิดปากเปลือก ตำแหน่งของฝาปิดปากเปลือกอยู่บริเวณด้านบนส่วนท้ายของแผ่นเท้าฝาหอย หน้าที่หลักคือ ปิดปากเปลือกเมื่อหอยหดตัวเข้าเปลือก สามารถป้องกันอันตรายให้กับตัวหอยที่อยู่ภายใน ฝาปิดปากเปลือกนี้มีองค์ประกอบเป็น 2 ชนิด คือ เป็นสารไคติน (chitin) ซึ่งเป็นสารโปรตีน กับชนิดที่เป็นสารประกอบหินปูน

2.2 ส่วนลำตัว ขณะที่หอยคืบคลานจะเห็นส่วนหัว แผ่นเท้า หนวด (tentacle) ตา และไซฟอน ยื่นออกจากเปลือก ส่วนของหัวและแผ่นเท้าซึ่งติดกันจะหดเข้าเปลือกได้โดยกล้ามเนื้อคอลูเมลลา และเมื่อแกะเปลือกออกก็จะพบแผ่นแมนเทิลคลุมบริเวณส่วนหัวและคอไว้

2.2.1 โครงสร้างภายนอก ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนหัว อยู่บริเวณด้านหน้าของตัวหอย ส่วนใหญ่ด้านหน้าสุดของส่วนหัวจะมีปาก บางชนิดหัวยื่นยาวเรียวออกไปมาก เรียกว่า โพรบอสซิส (probossis) หรือยื่นออกเล็กน้อยเรียกว่า สเนาท์ (snout) หลังปากพบหนวด ซึ่งเป็นอวัยวะรับสัมผัสมีลักษณะยาวเรียว บริเวณหนวดนี้จะพบตา

2. ส่วนคอ จะอยู่ถัดจากส่วนหัวและอยู่บริเวณหลังหนวด ในหอยพวกโพรโซแบรงเชีย (Prosobranchia) ที่มีเพศแยกออกจากกัน หอยเพศผู้จะมีเวิร์จ (verge) หรือเพนนิส (penis)

3. แผ่นเท้า เป็นส่วนที่อยู่ติดส่วนหัวไปทางด้านหลัง ด้านบนของแผ่นเท้าติดกับด้านข้างของลำ ตัว หอยที่มีฝาปิดปากเปลือก แผ่นปิดปากเปลือกจะอยู่ที่ด้านบนและท้ายของแผ่นเท้า และเป็นส่วนที่หดกลับเข้าเปลือกหลังสุด ส่วนด้านล่างแผ่นเท้าจะสัมผัสกับพื้นผิวที่หอยใช้ในการคืบคลาน บริเวณแผ่นเท้าเป็นกล้ามเนื้อที่หนาและมีต่อมเมือก (mucous gland) หลั่งสารเมือกเพื่อช่วยให้หอยเคลื่อนที่ได้สะดวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. แมนเทิล เป็นแผ่นเนื้อซึ่งอยู่ในขดสุดท้ายของเปลือกหอยหรืออยู่ในส่วนของบอดีเวิร์ลของเปลือก แมนเทิลปกคลุมส่วนหัวและ คอของตัวหอย ส่วนท้ายสุดของแมนเทิลติดกับส่วนอวัยวะภายใน ใต้แมนเทิลมีช่องระหว่างตัวหอยเรียกว่า ช่องแมนเทิลภายในแมนเทิลของหอยโพรโซแบรงเชียพบส่วนปลายของระบบสืบพันธุ์ ส่วนปลายของระบบทางเดินอาหาร เช่น เรกตัม (rectum) และช่องขับถ่าย (anus) ไต และหัวใจที่ขอบแมนเทิลที่อยู่ปลายหน้าสุดจะมีช่องเปิดของระบบสืบพันธุ์ และช่องขับถ่ายอยู่ใกล้ๆ กัน นอกจากนี้ยังมีไซฟอน เพื่อเป็นทางนำน้ำเข้าที่มีก๊าซออกซิเจนและอาหาร

2.2.2 โครงสร้างภายใน วันทนา (2528) ได้อธิบายไว้ดังนี้

1. ระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินอาหารของหอยฝาเดียวมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป หอยขี้นกเป็นหอยที่กินอาหารขนาดเล็ก ต่อมน้ำลาย และผนังของทางเดินอาหารส่วนต้นจะผลิตเมือกเพื่อให้อาหารในช่องปากจับตัวเป็นก้อน ผนังทางเดินอาหารส่วนต้นจะบุด้วยเซลล์ขน (ciliated cell) ทำให้ก้อนอาหารเคลื่อนที่โดยการเคลื่อนไหวของขน และยังมีต่อมผลิตน้ำย่อยคือ ต่อมอีโซฟาเจียล (esophagial gland) ที่ผลิตน้ำย่อยอไมเลส (amylase) ส่วนกระเปาะย่อยอาหาร (digestive diverticulum) ที่อยู่สองข้างของกระเพาะผลิตน้ำย่อยโปรทีเอส (protease) การย่อยอาหารขั้นสุดท้าย และการดูดซึมเกิดในต่อมย่อยอาหาร (digestive gland, digestive diverticulum) และกากอาหารถูกส่งไปยังลำไส้เล็ก ลำไส้ตรงและ ช่องขับถ่าย

2. หัวใจและเส้นเลือด หัวใจเป็นเส้นเลือดที่พองออกอยู่ภายในช่องว่างรอบหัวใจ จำนวนของห้องหัวใจเปลี่ยนไปตามวิวัฒนาการ หอยที่มีเหงือกเป็นคู่จะมี ออริเคิล(auricle) 2 ห้อง และเวนตริเคิล (ventricle) 1 ห้อง หอยที่มีเหงือกอันเดียวจะมี ออริเคิล 1 ห้อง และเวนตริเคิล 1 ห้อง เลือดของหอยเรียกว่า ฮีโมลิมพ์ (haemolymp) เป็นของเหลวไม่มีสี หรือสีฟ้าอ่อน มีทองแดง และฮีโมไซยานิน (haemocyanin) เป็นส่วนประกอบ เส้นเลือดที่สำคัญคือ เส้นเลือดแดงทางด้านหน้า (anterior aorta) และเส้นเลือดแดงทางด้านหลัง (posterior aorta)

3. ระบบประสาท ประกอบด้วยปมประสาท และเส้นประสาท ตอนหน้าของลำ ตัวมีปมประสาท 3 คู่ คือ ปมประสาทสมอง (cerebral ganglion) ปมประสาทข้างตัว (pleural ganglion) ปมประสาทเท้า (pedal ganglion) มีเส้นประสาทเชื่อมโยงด้วยกัน จากปมประสาทข้างตัวมีเส้นประสาทไปเชื่อมกับปมประสาทพาไรตัน (parital ganglion) และปมประสาทวิสเซอรัล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(visceral ganglion) เกิดเป็นวงรี เรียกว่า วิสเซอรัลลูพ (visceral loop) การบิดตัวทำให้ วิสเซอรัลลูพ บิดเป็นรูปเลข 8 ปมประสาทข้างตัวที่อยู่ซีกขวากลับไปทางซ้ายเหนือลำ ไส้ เรียกว่า supra intestinal ganglion และปมประสาทข้างตัวที่อยู่ทางซ้ายกลับไปอยู่ซีกขวา ทางด้านล่างของลำไส้ เรียกว่า subintesinal ganglion

4. การสัมผัส การสัมผัสมีทั้งกลุ่มเซลล์ และอวัยวะที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกอย่างมีประสิทธิภาพ กลุ่มเซลล์ และอวัยวะที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก กระจัดกระจายอยู่ตามผิว เช่น ผิวของแมนเทิล และเท้า อวัยวะที่รับความรู้สึกได้แก่

ก. หนวด พบอยู่ที่บริเวณหัว 1-2 คู่

ข. ออสฟราเดียม (osphradium) เป็นกลุ่มเซลล์ที่อยู่รวมกันในช่องแมน – เทิล รับความรู้สึกทางเคมี (chemoreceptor) เช่น กลิ่น

ค. สตาโตซีส (statocyst) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการทรงตัวอยู่ที่เท้า มีลักษณะเป็นถุงกลมภายในมีของเหลวและก้อนแข็ง (statolith)

ง. ตา มีตา 1 คู่ อยู่ที่ปลายหนวดหรือฐานของหนวด ถ้าตาอยู่ที่ฐานของหนวดมักมีก้านตา

5. การสืบพันธุ์ ในหอยพวกโพรโซแบรงเชีย เกือบทั้งหมดแยกเพศชัดเจน เพศผู้มีต่อมอัณฑะ (testis) ท่อนำเซลล์เพศ (vas deferens) และเพนนิส ซึ่งอยู่ที่โคนหนวดข้างขวา แต่หอยในวงศ์ Cerithidae เพศผู้ไม่มีท่อนำเซลล์เพศ และเพนนิส สามารถผลิตเซลล์เพศในถุงเก็บเซลล์เพศ (spermatophore) ส่วนหอยเพศเมียมีรังไข่ (ovary) ท่อนำ ไข่ (oviduct) ต่อมอัลบูเมน (albumen gland) กะเปาะเก็บเชื้อเพศผู้ (seminal receptor) ต่อมสร้างเปลือกหุ้มไข่ (capsule gland) อวัยวะสำหรับการจับคู่ (copulatory bursa) และช่องเปิด (genital aperture) การสืบพันธุ์มีทั้งที่ผสมพันธุ์กันนอกตัว (external fertilization) แต่ส่วนใหญ่ผสมแบบภายใน (internal fertilization) หอยบางชนิดมี พีดัลแกลนด์ (pedal gland) ที่บริเวณเท้า ทำ หน้าที่สำ หรับยึดไข่ติดกับวัตถุ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการแพร่พันธุ์

6. การเจริญเติบโต ลูกหอยที่ฟักออกจากไข่ และลอยอยู่ในน้ำนั้นมี 2 แบบ คือ แบบโทรโคฟอร์ (trochophore larva) เป็นลูกหอยที่มีลักษณะเหมือนลูกข่าง มีขน (cilia) เรียงเป็นวงรอบตัวเป็นตัวอ่อนระยะแรก และแบบเวลิเจอร์ (veliger larva) เป็นตัวอ่อนระยะที่สองมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วีลัม (velum) 1-2 คู่ สำ หรับพยุงอาหาร และน้ำเข้าปาก ตัวอ่อนระยะนี้มีแมนเทิลกับเท้าเห็นชัด และเริ่มสร้างเปลือกวงแรก ต่อมาเมื่อลูกหอยมีเปลือกขนาดใหญ่ขึ้น วีลัมลดขนาดลงและเริ่มจมตัวลงสู่พื้นในสภาวะที่เหมาะสมลูกหอยจะเริ่มเปลี่ยนแปลงรูปร่างและเจริญเป็นตัวเต็มวัย

3. ผลกระทบของหอยขี้นกต่อการเลี้ยงกุ้ง

การระบาดของหอยขี้นกในปัจจุบันมีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน เมื่อความเค็มน้ำสูงขึ้น หรือบริเวณชายฝั่งทะเล หอยขี้นกจะสามารถแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว (กฤษณา, 2540) แม่หอยแต่ละตัวมีไข่ปริมาณมากถึงตัวละ 40,000 ฟอง หลังจากแม่หอยวางไข่แล้ว ไข่จะฟักเจริญเป็นตัวอ่อนโดยใช้ระยะเวลาเพียง 1 วัน จากนั้นประมาณ 30-60 วันหอยก็เข้าสู่ระยะวัยเจริญพันธุ์ สามารถสืบพันธุ์และขยายพันธุ์ได้ ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง 4-5 เดือน หอยขี้นกจะออกลูกในบ่อกุ้งได้ถึง 2 รุ่น (สุนันท์ และคณะ, 2527) ในช่วงระยะการเจริญเติบโตนี้ หอยขี้นกจะนำ ปริมาณแร่ธาตุไปใช้ในการสร้างเปลือกมากขึ้น ทำให้ค่าความเป็นด่างของน้ำลดลง โดยเฉพาะในช่วงที่มีลูกหอยในระยะเวลิเจอร์จะทำ ให้ค่าความเป็นด่างลดลงมาก ซึ่งความเป็นด่างของน้ำสำคัญต่อการสร้างเปลือกหอย และจำเป็นต่อกระบวนการสร้างเปลือกกุ้งด้วย ดังนั้นถ้าพบหอยในบ่อเลี้ยงมากจะทำให้กุ้งเจริญเติบโตช้า ถ้าไม่สามารถควบคุมค่าความเป็นด่างได้จะทำให้กุ้งลอกคราบไม่ออก และตายในที่สุด และมีความจำเป็นมากในช่วงระยะแรกการปล่อยกุ้งลงบ่อเลี้ยง (กฤษณา, 2540) นอกจากนั้นจากรายงานของ สุนันท์ และคณะ (2527) ยังพบว่าพื้นที่นากุ้งที่อยู่ติดบริเวณป่าชายเลนมีหอยขี้นกอาศัยอย่างหนาแน่นถึง 2,000 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่ง ลิลา และ รังสิไชย (2539) รายงานว่าหอยเหล่านี้ทนต่อสภาพความแห้งแล้ง และสภาพน้ำท่วมขังได้ดี ความชุกชุมของหอยที่เกิดขึ้นในบ่อกุ้ง รวมทั้งการแพร่ระบาดของหอยตามบริเวณหาดชายเลน ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรอย่างยิ่ง พื้นที่ถูกหอยใช้เป็นที่อยู่อาศัยและขยายพันธุ์ทำให้ลูกกุ้งในระยะวัยอ่อน (postlarva) ที่ปล่อยลงบ่อไม่สามารถเกาะพื้นที่เพื่ออยู่อาศัย และกินอาหารได้ อีกทั้งแย่งกินอาหารที่หว่านให้กุ้งกิน กุ้งจึงเจริญเติบโตช้า นอกจากนั้นความแข็ง และแหลมของเปลือกหอยยังเป็นอันตรายต่อเกษตรกรที่ลงไปในบ่อ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการทำงานในบ่อกุ้งอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การกำจัดหอยขี้นกในบ่อเลี้ยงกุ้ง

วสันต์ และ ทนงศักดิ์ (2518) รายงานการใช้เบรสเตน - 60 (Brestan - 60) กำจัดหอยขี้นกในนากุ้ง ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีส่วนประกอบของสารไตรเฟนนิลทินอซีเตท (triphenyltin acetatate) 54เปอร์เซ็นต์ สารมาเน็บ (maneb) 18 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นสารไม่มีปฏิกิริยา กำจัดหอยขี้นกในนากุ้ง อัตราการใช้ 200-250 กรัมต่อไร่ และ ประพันธ์ (2524) ได้แนะนำ ให้ใช้เบรสเตน-60 กำจัดหอยขี้นกในนากุ้ง อัตราการใช้บ่อเก่าใช้ในอัตรา 40-80 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการสาดสารในที่มีน้ำขัง10-20 เซนติเมตร ส่วนบ่อใหม่ปรับระดับให้น้ำท่วมนา 5-10 เซนติเมตร ใช้ในอัตรา 200-250 กรัมต่อไร่ ซึ่งการใช้ เบรสเตน-60 ให้ผลดีมากในการกำจัดขี้นก แต่ผลที่ตามมาหลังจากการใช้เบรสเตน-60 ทำ ให้ผลผลิตกุ้งลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งต่อมา วรรณา และ ศุภชัย (2529) ได้ทำการทดลองพิษเฉียบพลันของเบรสเตน-60 ต่อลูกกุ้งแชบ๊วยในระยะต่าง ๆ พบว่าเบรสเตน-60 เป็นพิษต่อลูกกุ้งแชบ๊วยในระดับสูง และอาจตกค้างอยู่ในบ่อ ซึ่งเป็นอันตรายต่อการเลี้ยงกุ้งในครั้งต่อไป เช่นเดียวกับรายงานของ วรรณา และ ศุภชัย (2531) พบว่า การใช้เบรสเตน-60 เป็นพิษต่อลูกกุ้งกุลาดำ ระยะต่าง ๆ ในระดับสูง และบางส่วนของสารเคมีตกค้างในบ่อ ซึ่งเป็นสาเหตุให้การเลี้ยงกุ้งไม่ได้ผลในครั้งต่อไป และที่น่าสนใจ คือ ผลกระทบต่อสัตว์น้ำชายฝั่งโดยเฉพาะต่อพันธุ์กุ้งธรรมชาติรวมทั้งสัตว์น้ำชายฝั่งจำ พวกหอยสองฝา ได้แก่ หอยแครง หอยแมลงภู่ หอยนางรมเมื่อรับน้ำที่มีการปนเปื้อนของเบรสเตน - 60 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุนันท์ และ คณะ (2527) พบว่า เบรสเตน-60 มีพิษต่อหอยแครงทั้งในระดับต่ำ และระดับสูง และ บรรจง (2521) ยังกล่าวถึงข้อเสียของเบรสเตน-60 ว่าเป็นสารที่สลายตัวยาก สะสมอยู่ตามพื้นบ่อ ใช้เวลานานในการสลายตัว และสารเคมีนี้ยังสะสมในร่างกายสัตว์น้ำ ซึ่งอาจส่งผลถึงผู้บริโภคได้ กฤษณา (2540) ได้ทดลองใช้เบนซาลโคเนียมคลอไรด์ (บีเคซี) กากชา คลอรีน และคอปเปอร์ซัลเฟต ในการกำ จัดตัวอ่อนหอยขี้นกในระยะเวลิเจอร์ ซึ่งเป็นระยะก่อนที่เปลือกแข็งสามารถทำได้ โดยการใช้ เบนซาลโคเนียมคลอไรด์ (บีเคซี) 2-3 พีพีเอ็ม กากชา 50-60 พีพีเอ็ม คลอรีน 35 พีพีเอ็ม ส่วนคอปเปอร์ซัลเฟต จะต้องใช้ระดับความเข้มข้นที่มากกว่า 5 พีพีเอ็ม ซึ่งมีผลต่อการฆ่าสาหร่าย ดังนั้นจึงไม่แนะนำ ให้ใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการกำ จัดระยะเวลิเจอร์ของหอยขี้นก ลิลา และ รังสิไชย (2539) ได้ทำ การทดลองใช้สารเบลูไซด์ (5,2 dicloro-4 nitro-salicylicanilide-ethanolamine) ผลการศึกษาปรากฏว่า สารเบลูไซด์เข้มข้น 8 พีพีเอ็ม ทำให้หอยขี้นกตายร้อยละ 65 ในเวลา 24 ชั่วโมง และตายหมดในเวลา 48 ชั่วโมง เนื่องจากสารเบลูไซด์จะไปยับยั้งการใช้ออกซิเจนอย่างสมบูรณ์ สารเบลูไซด์ในปริมาณเข้มข้นเดียวกันนี้ไม่เป็นอันตรายต่อปูทะเล และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการทดสอบพิษตกค้างพบว่า หลังจากใส่สารเบลูไซด์ไปในน้ำ 5 วันแล้ว น้ำที่ปล่อยออกไปไม่เป็นอันตรายต่อการอยู่รอดของหอยแครงและปูทะเล

2. กากชา (Tea seed cake)

กากชาหรือกากเมล็ดชา (tea seed cake) เป็นส่วนเหลือจากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดชา มีลักษณะเป็นก้อนแข็ง มาจากพืชตระกูล คาเมเลีย ไซเนนซิส (*Camellia sinensis*) ถิ่นกำเนิดอยู่ในจีนและอินเดีย มีลักษณะเป็นพุ่ม ใบเขียว หากปล่อยให้เติบโตเองในป่าจะให้ดอกสีขาวส่งกลิ่นหอมในฤดูใบไม้ผลิ เมื่อดอกชาโตเต็มที่ จะให้ผลชาที่ภายในมีเมล็ดเล็กๆ หนึ่งถึงสามเมล็ด ทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการใช้กากชาเพื่อกำจัดปลา หรือสัตว์บางชนิดที่ไม่ต้องการในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากในเมล็ดกากชามีสารชนิดหนึ่งเรียกว่า ซาโปนิน ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ นอกจากนั้น กากชายังมีข้อดีที่เหมาะสมในการใช้กำจัดปลา และสัตว์ต่างๆที่ไม่ต้องการ คือ สลายตัวง่าย และไม่สะสมในร่างกายของคนและสัตว์เลี้ยง (ประพันธ์, 2524)

แหล่งกำเนิดของสารซาโปนิน

ซาโปนิน เป็นสารเคมีที่พบในพืช โดยแพร่กระจายอยู่แทบทุกส่วนของพืช พืชที่พบว่ามีสารซาโปนิน มีประมาณ 400 ชนิด กระจายอยู่ทั่วโลก ในส่วนต่างๆของพืช ปริมาณของสารซาโปนินจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และสภาพแวดล้อม (Chopra *et al*., 1965)

ซาโปนิน (saponin) เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มไกลโคไซด์ที่ไม่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (non-nitrogeneous glycoside) สูตรทั่วไปจัดตาม homologous series คือ $C_nH_{2n-8}O_{18}$ (ธนาภรณ์, 2524)

ชนิดของซาโปนิน แบ่งตามลักษณะโครงสร้างของ aglycone ได้ดังนี้

1. Steroid saponins

มีโครงสร้างหลักคล้าย steroid nucleus พบได้น้อยในธรรมชาติ มักพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ในธรรมชาติจะอยู่ในรูป glycoside และรูปอิสระ โครงสร้างของ steroidal saponin มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสัมพันธ์กับสารจำพวก sex hormones, cortisone และ cardiac glycoside จึงมีการใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ steroid hormones

2. Triterpenoid saponins

ในธรรมชาติพบได้ทั้งที่เป็น glycoside และ sapogenin อิสระ ส่วนมากพบในพืชใบเลี้ยงคู่ ใช้ในการผลิตยาประเภทต่างๆ ใช้เป็นสารซักล้าง เป็นส่วนที่ทำให้เกิดฟองในน้ำยาดับเพลิง ใช้เป็นสารพิษฆ่าปลา

ธนาภรณ์ (2524) ได้อ้างถึงรายงานของ นิตยา (2523) ในเรื่องคุณสมบัติของสารซาโปนินไว้ ดังนี้

1. คุณสมบัติทางเคมี

1.1 ละลายได้ในน้ำและแอลกอฮอล์ที่ร้อน แต่จะไม่ละลายในแอลกอฮอล์ที่เย็นอีเทอร์ เบนซีนและคลอโรฟอร์ม

1.2 สารซาโปนินที่ได้จากพืชบางชนิดแสดงคุณสมบัติเป็นกรด และบางชนิดจะแสดงคุณสมบัติ เป็นกลาง

1.3 ไม่ตกตะกอนในน้ำกระด้าง แต่ตกตะกอนในเกลือที่อิ่มตัว

1.4 เมื่อสลายตัวด้วยกรดจะได้สารประกอบพวก sapoginin และน้ำตาลหลายชนิด เช่น กลูโคส กาแลคโตส อาราบิโนส และแรมโนส เป็นต้น

2. คุณสมบัติทางกายภาพ

2.1 สารซาโปนินสกัดได้จากพืชแล้วจะมีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือสีครีม

2.2 ซาโปนินเป็นสารแขวนลอย (colloidal)

2.3 มีรสเผ็ดขม

2.4 สารซาโปนินมีคุณสมบัติลดแรงตึงผิวของน้ำ เมื่อเขย่ารวมกับน้ำจะเกิดฟอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. คุณสมบัติที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

3.1 เป็นพิษต่อสัตว์เลือดเย็น มากกว่า สัตว์เลือดอุ่น ดังนั้น เมื่อกบ และปลาได้รับสารซาโปนินจะแสดงอาการเป็นพิษมากกว่าคน และกระต่ายได้รับ

3.2 สารซาโปนินมีสมบัติก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อ mucus membrane ของสัตว์ทำให้เกิดการเคืองจมูก และจาม ต่อมน้ำลายขับน้ำลายออกมามากกว่าปกติ สำหรับปลา พบว่า ซาโปนินจะไปกระตุ้นเหงือกปลาให้สร้างเมือก และเมื่อตะกอนไปเกาะที่เหงือกทำให้ขัดขวางการหายใจของปลา

3.3 อาการเกี่ยวกับระบบประสาทเมื่อได้รับสารนี้ คือ ทำให้เกิดอาการสั่น กระตุกอย่างรุนแรง ต่อมากล้ามเนื้ออ่อนเพลียและเป็นอัมพาต (paralysis) นอกจากนี้ ยังมีผลต่อศูนย์ประสาทที่ควบคุมการหายใจ

3.4 ผลที่เกิดต่อระบบหมุนเวียนโลหิต คือ ทำให้เกิดการสลายตัวของเม็ดเลือดแดง (haemolysis)

ประโยชน์ของซาโปนิน

ปัจจุบันได้มีการนำสารซาโปนินกลุ่ม steroid saponins ไปใช้ในการเตรียม steroid hormones และใช้เพื่อกำจัดศัตรูในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปู หอย ปลา กบ ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้แถบเอเชียตะวันออกและประเทศจีน

ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นพิษของซาโปนิน

ความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น จะทำให้พิษของซาโปนินรุนแรงขึ้น เนื่องจากซาโปนินมีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงกับสารกลุ่ม cardioglycoside ซึ่งมีผลต่อการลำเลียงโซเดียมของสัตว์น้ำ และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น สัตว์น้ำสูญเสียการปรับสมดุลย์ในร่างกายเร็วกว่าเมื่ออยู่ในน้ำมีความเค็มต่ำ และในการใช้กากชาร่วมกับปูนขาวในการกำจัดสัตว์น้ำที่ไม่ต้องการในบ่อกุ้ง จะทำให้สัตว์ตายเร็วขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาพิษของสารซาโปนินที่มีต่อสัตว์น้ำ

เนื่องจากคุณสมบัติเป็นพิษต่อสัตว์เลือดเย็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งฆ่าปลาได้ สารซาโปนินจึงถูกนำมาใช้กำจัดปลาที่ไม่ต้องการ เพื่อเตรียมบ่อสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และใช้กำจัดปลาที่เป็นศัตรูในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล การศึกษาพิษของสารซาโปนินที่มีต่อสัตว์น้ำจัดว่ายังมีการศึกษากันน้อย และส่วนใหญ่ศึกษาในรูปของกากชา ซึ่งผลจากการศึกษา พอสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาความเป็นพิษที่ทำให้ปลาตาย

การใช้สารซาโปนินสำหรับฆ่าปลามีมานานในประเทศจีน หากแต่ใช้กันในรูปกากชา ความมุ่งหมายเริ่มแรกมิได้ใช้เพื่อการทำลายปลาที่เป็นศัตรูสัตว์น้ำ แต่เพื่อใช้ฆ่าปลาในแหล่งน้ำแล้วนำปลามารับประทานเป็นอาหาร หลังจากนั้นได้เริ่มมีการทดลองความเป็นพิษของสารซาโปนินต่อ ปลาตาเหลือก และปลาหมอเทศ สรุปได้ว่าสารซาโปนินที่สกัดจากชาจีนที่ความเข้มข้น 1.0 พีพีเอ็ม สามารถฆ่าปลาทั้งสองชนิดตาย 100% ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พิษของสารซาโปนินที่สกัดจากกากชาความเข้มข้น 4.0, 4.6 และ 7.9 พีพีเอ็ม จะฆ่าปลานิล ปลาช่อน และปลาดุกได้ 100% ในเวลา 24 ชั่วโมง โดยที่ปลานิลทนพิษได้น้อยกว่าปลาช่อนและปลาช่อนทนพิษได้น้อยกว่าปลาดุก (จารุพรรณ, 2520)

2. การเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารซาโปนินที่มีต่อกุ้ง และปลา

จากการเปรียบเทียบพิษของสารซาโปนินที่มีต่อกุ้งทะเล และปลาน้ำกร่อย สรุปได้ว่า กุ้ง *Penaeus denticulate* และ *P. carinadus* ทนพิษสารซาโปนินได้มากกว่าปลาตาเหลือกและปลาหมอเทศถึง 50 เท่า (Tang, 1961) และได้มีการทดลองของประพันธ์ (2518) ปรากฏว่าสารซาโปนินที่ความเข้มข้นต่ำ 1.1 พีพีเอ็ม สามารถฆ่าปลาที่พบบริเวณน้ำกร่อย คือปลากุเรา ปลากะพง ปลาจวด ปลาหมอเทศ ให้ตายได้ในเวลา 0.30 – 11ชั่วโมง แต่กุ้งแชบ๊วยจะตายที่ 5.3 พีพีเอ็ม ในระยะเวลา 58-59 ชั่วโมง ดังนั้นจึงได้ข้อสรุปว่า สารซาโปนินทั้งสภาพที่สะสมในกากชา และสภาพที่สกัดแล้วจะมีพิษต่อปลาที่อาศัยในบริเวณน้ำกร่อยมากกว่าพิษที่มีต่อกุ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. พิษของสารซาโปนินที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอื่นในแหล่งน้ำ

การนำสารซาโปนินมาใช้ในกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากจะฆ่าปลาแล้ว สารซาโปนินยังเป็นพิษต่อ กบ หอย ปู ปลิง และแมลงน้ำบางชนิด (ชัยเชษฐ์ และคณะ, 2518)

การใช้กากชากำจัดศัตรูในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การใช้เมล็ดชาดิบ โดยใช้เมล็ดชาที่แก่จัดตากจนแห้ง แกะเปลือกของเมล็ดออก นำมาบดให้ละเอียด แล้วนำชาที่บดเหล่านี้ 30 กรัม ต่อน้ำ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กรองเอากากชาออก นำเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำไปสาดในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และการใช้กากชาสำเร็จรูป โดยนำแผ่นกากชามาทุบให้ละเอียด แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน หรือ 12 ชั่วโมง แล้วนำไปสาดทั่วบ่อ โดยใช้แผ่นกากชา 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ต่อเนื้อที่ 100 ตารางเมตร (ธนาภรณ์, 2524) กากชาที่มีการแนะนำเพื่อใช้กำจัดปลาในบ่อกุ้ง จะใช้ในปริมาณความเข้มข้น 10-25 พีพีเอ็ม หรือ 1.1 พีพีเอ็ม ของซาโปนิน ในการใช้กากชาในบ่อกุ้งนั้น ควรมีการลดระดับน้ำก่อนใช้กากชาเพื่อประหยัดปริมาณกากชาที่จะใช้ และเพื่อเจือจางความเข้มข้นของกากชาในบ่อ เพราะถึงแม้ว่ากากชาจะมีการสลายตัวได้ในเวลา 12 ชั่วโมง แต่การสลายตัวก็ดำเนินไปอย่างช้าๆ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อกุ้งได้ (Minsalan and Chiu, 1985)

ระยะเวลาการลดความเป็นพิษของสารซาโปนิน

สารซาโปนินเป็นสารที่สลายตัวง่ายความเป็นพิษจึงหมดไปโดยเร็ว บุญลือ (2500) รายงานว่า กากชาจะเสื่อมพิษในเวลา 7-15 วัน สารซาโปนินที่สกัดจากหัว sugar beet จะสลายตัวหมดในระยะเวลา 7 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับการเสื่อมพิษของซาโปนินที่สกัดจากกากชาคือ เริ่มเสื่อมพิษในเวลา 7 วัน และความเป็นพิษจะหมดไปประมาณ 14 วัน (ประพันธ์, 2518) แต่มีบางรายงานเสนอว่า ซาโปนินจะสลายตัวในระยะเวลา 2-3 วัน (Anon., 1978)

Tang (1961) แนะนำให้ใช้สารซาโปนิน ความเข้มข้นระดับ 2.5 -100 พีพีเอ็ม ซึ่งสามารถฆ่าปลาได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งที่จะเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยนต์ (2530) ได้กล่าวว่า ในประเทศไทยมีการใช้สารซาโปนินจากกากเมล็ดชา สำหรับกำจัดปลาในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลอย่างได้ผล และใช้ได้อย่างแพร่หลายเนื่องจาก ซาโปนินมีความเป็นพิษต่อปลามากกว่ากุ้งทะเลหลายเท่า จึงสามารถใช้ซาโปนินกำจัดปลาในบ่อที่มีกุ้งอยู่โดยไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งที่เลี้ยง

ถ้าใช้สารซาโปนินในอัตราประมาณ 30 กรัมต่อน้ำ 1,000 ลิตร จะฆ่าปลาตายภายใน 3 ชั่วโมง แต่จะไม่เป็นอันตรายต่อกุ้ง โดยปกติกุ้งจะสามารถทนต่อพิษของสารซาโปนินได้สูงกว่าปลาถึง 50 เท่า (ชัยเชษฐ และคณะ, 2518)

ได้มีการทดลองใช้กากชา ในการกำจัดหอยขี้นก โดยใช้ความเข้มข้นมากกว่า 100 พีพีเอ็ม ระยะเวลา 4 วัน สามารถฆ่าหอยได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (สุมนตรา และคณะ, 2538)

วิธีการใช้กากชา ใช้ในการกำจัดปลาก่อนการปล่อยกุ้งลงเลี้ยง ไม่ควรใช้เมื่อปล่อยกุ้งลงเลี้ยงแล้ว หรือในขณะที่กุ้งยังมีขนาดเล็กอยู่ แต่สามารถใช้ได้อีกครั้งเมื่อกุ้งมีน้ำหนักอย่างน้อย 2 กรัม และกากชาจะออกฤทธิ์มากขึ้นในน้ำที่มีความเค็ม และอุณหภูมิสูง แต่จะมีฤทธิ์น้อยลงถ้าน้ำมีพีเอชสูง (พรเลิศ และคณะ, 2537)

3. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ชลอ และ พรเลิศ (2547) แบ่งการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ตามความเค็มของน้ำได้ 2 รูปแบบ คือ

1. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

ในพื้นที่ภาคกลาง สามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีแรก นำน้ำเค็มจากนาเกลือมีความเค็มระหว่าง 100-200 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มประมาณ 3-4 พีพีที แล้วเลี้ยงระบบปิด มีการถ่ายน้ำน้อย ส่วนใหญ่จะมีการกั้นคอกก่อน เพื่ออนุบาลลูกกุ้ง โดยที่น้ำในคอกจะมีความเค็มประมาณ 8-10 พีพีที หลังจากนั้น 3-4 วันก็เปิดคอกออกมา วิธีที่สอง จะมีการปรับความเค็มมาแล้วจากโรงเพาะฟักให้ใกล้เคียงกับน้ำในบ่อเลี้ยง เกษตรกรจะเตรียมน้ำให้มีความเค็มประมาณ 3-5 พีพีทีทั้งบ่อแล้วนำลูกกุ้งมาปล่อยโดยตรงโดยที่ไม่มีการกั้นคอก การปล่อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลูกกุ้งโดยตรงในบ่อ ในลักษณะนี้คือ น้ำมีความเค็มเหมาะสมทั้งบ่อทำให้อัตรารอดสูงกว่า การปล่อยในคอกที่น้ำภายในบ่อเป็นน้ำจืด เมื่อกุ้งมีขนาดโตพอที่จะจับขายได้จะใช้อวนตาห่างจับกุ้งที่มีขนาดใหญ่ออกขายก่อน ส่วนกุ้งขนาดเล็กจะลอดตาอวน หลังจากจับกุ้งออกบางส่วนจะมีการเติมน้ำเค็มซึ่งจะทำให้กุ้งที่เหลือมีการเจริญเติบโตดีขึ้น และจะมีขนาดใหญ่เมื่อถึงเวลาที่จับขายครั้งต่อไป นอกจากนั้นกุ้งขาวแวนนาไมอาจจะเลี้ยงได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำมาก เกือบเป็นน้ำจืด (ภิญโญ, 2545)

2. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ โดยใช้น้ำที่มีความเค็ม 10 พีพีทีขึ้นไป ส่วนมากพบบริเวณริมฝั่งทะเลทางภาคตะวันออกและทางภาคใต้ ส่วนมากจะมีการปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นมากกว่าการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ กุ้งมีอัตรารอดสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตดีกว่าน้ำความเค็มต่ำเนื่องจากต้องมีการถ่ายน้ำในปริมาณมาก ในช่วงท้ายของการเลี้ยง

4. คุณภาพน้ำกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ปัจจัยสำคัญในการเพาะเลี้ยงกุ้งคือคุณภาพน้ำ เนื่องจากคุณภาพน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพของกุ้ง เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม มีการปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นสูง ทำให้มีการสะสมของเสียที่พื้นบ่อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ คุณภาพน้ำจะเปลี่ยนไปในทางที่ไม่เหมาะสม กุ้งจะกินอาหารลดลง ในที่สุดกุ้งบางส่วนจะอ่อนแอและติดเชื้อป่วยเป็นโรคทำให้อัตราการรอดตายลดลง (Boyd and Fast, 1992) คุณสมบัติของน้ำที่มีความสำคัญในการเลี้ยงกุ้งได้แก่

4.1 ความเค็ม (salinity)

ความเค็มหมายถึง ปริมาณความเข้มข้นของอิออนที่ละลายในน้ำ หรือ ปริมาณเป็นกรัมของเกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรหรือส่วนในพันส่วน (part per thousand:ppt) หรือย่อเป็น พีพีที อิออนที่อยู่ในน้ำที่เป็นองค์ประกอบในการก่อให้เกิดความเค็มของน้ำมีอยู่ 7 ชนิด ประกอบด้วยโซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม คลอไรด์ ซัลเฟต และไบคาร์บอเนต ความเค็มมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมากโดยจะมีผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำในร่างกาย และควบคุมปริมาณน้ำเข้าออกจากตัวของสัตว์น้ำ กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีความเค็มระหว่าง 0-35 พีพีที แต่ถ้าต้องการผลผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ดี ความเค็มของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 3 พีพีที ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ส่วนความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งอยู่ระหว่าง 15-20 พีพีที (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

4.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ พีเอช (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ พีเอช หมายถึง ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ในน้ำ โดยน้ำที่มีความเป็นกลางจะมีพีเอช 7 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่า น้ำอยู่ในสภาพเป็นกรด และถ้าน้ำมีพีเอชมากกว่า 7 แสดงว่าอยู่ในสภาพเป็นด่าง ดังนั้น พีเอชจึงอยู่ระหว่าง 0-14 การวัดพีเอชของน้ำ เป็นการวัดปริมาณของไฮโดรเจนอิออน ที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งปกติการแตกตัวของน้ำ จะแตกตัวได้ ไฮโดรเจนอิออน (H^+) และ ไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) เป็นดังสมการ (นิคม, 2546)

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$$

พีเอชของน้ำมีความความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำตัวอื่นๆ เช่น เมื่อพีเอชเพิ่มสูงขึ้น ความเป็นพิษของแอมโมเนียจะมากขึ้น หากพีเอชมีค่าที่ต่ำลงจะส่งผลให้ความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในบ่อเลี้ยงกุ้งมักจะขึ้นอยู่กับประมาณของแพลงก์ตอนในน้ำเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากแพลงก์ตอนจะมีการใช้และการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก่แหล่งน้ำ ถ้ามีปริมาณแพลงก์ตอนมากจะทำให้เกิดความแตกต่างของค่าพีเอชต่ำสุด และสูงสุดในรอบวันมาก พีเอชของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรอยู่ระหว่าง 7.5–8.5 กล่าวคือ ค่าพีเอช ที่ต่ำสุดในรอบวันไม่ควรต่ำกว่า 7.5 และค่าพีเอชสูงสุดในรอบวันไม่ควรเกิน 8.5 ซึ่งความแตกต่างของพีเอชในรอบวันไม่ควรมากกว่า 0.5 (ชลอ และ พรเลิศ , 2547) การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในรอบวันสูงมาก จะเป็นสาเหตุทำให้กุ้งเครียด และอ่อนแอ ถ้าพีเอชของน้ำน้อยกว่า 4 หรือมากกว่า 11 กุ้งจะตาย ส่วนพีเอชระหว่าง 6 – 9 กุ้งจะมีการเจริญเติบโตดี (Boyd, 1982)

4.3 ความเป็นด่าง (alkalinity)

ความเป็นด่าง หมายถึง ความสามารถของน้ำที่จะรับไฮโดรเจนอิออน (H^+) เพื่อที่จะทำให้กรดเป็นกลาง หากพีเอชสูงขึ้นจะทำให้น้ำมีความเป็นด่างมากขึ้น ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญกับอัตรารอด และการเจริญเติบโตของกุ้งภายในบ่อ โดยค่าที่เหมาะสมของความเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด่างอยู่ระหว่าง 80 – 150 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับ (Boyd, 1989) รายงานว่าความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรอยู่ในช่วง 100-120 มิลลิกรัมต่อลิตร สารประกอบที่ทำให้เกิดความเป็นด่างมี 3 ชนิด คือ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) โดยพีเอชของน้ำเป็นตัวกำหนดชนิดของสารละลายด่างที่อยู่ในน้ำ คือ

น้ำที่มีพีเอชเป็นกลางจนถึง 8.3 จะมี HCO_3^- มาก
น้ำที่มีพีเอชตั้งแต่ 8.3 ขึ้นไปจะเริ่มมี CO_3^{2-}
น้ำที่มีพีเอชระหว่าง 9.5 - 10.5 จะมี CO_3^{2-} มาก
และน้ำที่มีพีเอช 11 หรือมากกว่าจะมี OH^- มาก

น้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำประมาณ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร และพีเอชต่ำกว่า 7.5 ลูกกุ้งจะลอกคราบไม่ออก และตายเนื่องจากปริมาณแคลเซียมในน้ำไม่เพียงพอ หากน้ำมีค่าความเป็นด่างที่สูงมาก และพีเอชของน้ำตอนเช้าเกิน 8.3 จะพบว่าพีเอชในตอนบ่ายจะสูงขึ้นอีก กุ้งในบ่อจะเป็นตะกรันตามเปลือก และเจริญเติบโตช้ากว่าปกติมากการควบคุมความเป็นด่างให้คงที่นั้นจะใช้วัสดุปูนในกลุ่มคาร์บอเนต ส่วนการเพิ่มความเป็นด่างใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือโซเดียมคาร์บอเนตขึ้นอยู่กับระดับพีเอชของน้ำประกอบกันด้วย (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

4.4 ความกระด้าง (hardness)

ความกระด้างของน้ำเกิดจากแมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) และตะกอนของแคลเซียม อิออน (Ca^{2+}) ในน้ำ ซึ่งสามารถวัดออกมาเป็นปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) อิออนของโลหะวาเลนซีสองเป็นสาเหตุหลักของความกระด้างของน้ำ ความกระด้างที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง Sawyer and McCarty (1967) สามารถแบ่งความกระด้างของน้ำ โดยถือเอาปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นเกณฑ์คือ

1. น้ำอ่อน 0 – 75 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ $CaCO_3$
2. น้ำค่อนข้างกระด้าง 75 – 150 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ $CaCO_3$
3. น้ำกระด้าง 150 – 300 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ $CaCO_3$
4. น้ำกระด้างมาก > 300 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ $CaCO_3$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.5 แอมโมเนีย (ammonia)

แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีความเป็นพิษต่อกุ้ง และสัตว์น้ำอื่น ๆ หากแต่มีประโยชน์กับพวกแพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรียที่ใช้แอมโมเนียเป็นอาหาร แอมโมเนียเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์น้ำ กระบวนการเน่าสลายของเศษอาหารที่เหลือ แพลงก์ตอนที่ตาย เศษซากพืชซากสัตว์ และสารอินทรีย์อื่น ๆ โดยจุลินทรีย์ (Boyd, 1982) แอมโมเนียที่พบในน้ำมี 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่ำ ระดับของแอมโมเนียที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียจะอยู่ในรูปใดขึ้นอยู่กับพีเอชของน้ำ

$$NH_3 + H_2O \underset{\text{พีเอชต่ำ}}{\overset{\text{พีเอชสูง}}{\rightleftharpoons}} NH^+_4 + OH^-$$

โดยเฉพาะเมื่อค่าของพีเอชสูง ปริมาณแอมโมเนียจะสูงขึ้นด้วยจะส่งผลต่อกุ้งคือ กุ้งขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยลงทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือด และเนื้อเยื่อทำให้การใช้ออกซิเจนในเนื้อเยื่อกุ้งสูงขึ้น ส่งผลให้พีเอชของเลือดเพิ่มขึ้น และมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ แอมโมเนียจะไปทำลายเหงือก และความสามารถในการขนส่งออกซิเจน ทำให้กุ้งอ่อนแอ และเป็นโรคในที่สุด (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ในทางตรงข้าม ถ้าพีเอชของน้ำลดลง แอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมอิออนทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง

4.6 ไนไตรท์ (nitrite)

ไนไตรท์เป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปของไนโตรเจนจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ของแอมโมเนีย ในสภาพที่มีออกซิเจนแบคทีเรียพวกไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) จะมีการใช้แอมโมเนียในน้ำเป็นอาหารโดยจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ และไนเตรท ในสภาพที่ขาดออกซิเจนแบคทีเรียจะไม่สามารถทำการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ และไนเตรทได้สมบูรณ์ ทำให้แอมโมเนียเหลือในแหล่งน้ำเป็นอันตรายต่อกุ้งในบ่อ โดยทั่วไปไนไตรท์จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็ว จึงไม่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำ แต่ในบางสภาวะหากอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียเร็วกว่าการออกซิไดซ์ ไนไตรท์ก็จะเกิดการสะสมของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนไตรท์ขึ้นได้ Boyd and Tucker (1998) รายงานว่า ไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากแอมโมเนียซึ่งเป็นสารตั้งต้นถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ ส่วนไนไตรท์เป็นพิษต่อสัตว์น้ำเช่นเดียวกับแอมโมเนีย โดยไนไตรท์ไปลดประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนของเลือด และทำลายเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำ ความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และพีเอชลดลง นอกจากนี้ค่าความเป็นพิษของไนไตรท์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นในน้ำทะเลซึ่งมีคลอไรด์สูงความเป็นพิษของสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำหอยขี้นก จำนวน 1,000 ตัว ขนาดความยาวเฉลี่ย 1.9 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.76 กรัม มาปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตรที่เติมน้ำความเค็ม 30 พีพีที ปริมาตร 100 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นแยกหอยขี้นกใส่ในถังไฟเบอร์กลาส 3 ถัง โดยถังแรกค่อยๆ ปรับความเค็มให้ลดลงเหลือ 20 พีพีที ส่วนถังที่ 2 ค่อยๆปรับความเค็มให้ลดลงเหลือ 10 พีพีที และส่วนถังที่ 3 ยังคงความเค็มที่ 30 พีพีทีเป็นเวลา 7 วัน โดยมีการให้อากาศอย่างพอเพียง แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

นำปลานิล จำนวน 3,000 ตัว ขนาดความยาวประมาณ 2 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ย 1.29 กรัม มาปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ที่เติมน้ำจืด ความเค็ม 0 พีพีที ปริมาตร 400 ลิตร 3 ถัง ถังละ 1,00 ตัว เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นค่อยๆปรับความเค็มในแต่ละถัง โดยถังแรกคงความเค็มไว้ที่ 0 พีพีที ส่วนถังที่ 2 ค่อยๆปรับความเค็มเพิ่มขึ้นให้เป็น 5 พีพีที และส่วนถังที่ 3 ปรับความเค็มให้เป็น 10 พีพีทีเป็นเวลา 7 วัน โดยมีการให้อากาศอย่างพอเพียง แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

นำปลากะพงขาว จำนวน 4,000 ตัว ขนาดความยาวประมาณ 2 นิ้ว น้ำหนักเฉลี่ย 1.26 กรัม โดยปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ที่เติมน้ำความเค็ม 20 พีพีที ปริมาตร 400 ลิตร 4 ถัง ถังละ 1,000 ตัว เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นค่อยๆปรับความเค็มในแต่ละถัง โดยถังแรกคงความเค็มไว้ที่ 20 พีพีที ส่วนถังที่ 2 ค่อยๆปรับความเค็มเพิ่มขึ้นให้เป็น 30 พีพีที ส่วนถังที่ 3 ค่อยๆปรับความเค็มลดลงให้เหลือ 10 พีพีที และส่วนถังที่4 ค่อยๆปรับความเค็มลดลงให้เหลือ 0 พีพีทีเป็นเวลา 7 วัน โดยมีการให้อากาศอย่างพอเพียง แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

นำกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 5 (พี 5) จากโรงเพาะฟักเอกชน ประมาณ 1,000 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 0.33 กรัม โดยปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร ที่เติมน้ำปริมาตร 400 ลิตร ที่มีความเค็ม 25 พีพีทีเป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นแยกลูกกุ้งใส่ในถังไฟเบอร์กลาส 3 ถัง โดยถังแรกค่อยๆปรับความเค็มให้เพิ่มขึ้นเป็น 30 พีพีที ส่วนถังที่ 2 ค่อยๆปรับความเค็มให้ลดลงเหลือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

15 พีพีที และส่วนถังที่ 3 ค่อยๆปรับความเค็มให้เป็น 5 พีพีที เป็นเวลา 3 วัน แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

ภาพที่ 1 ถังไฟเบอร์กลาสที่ใช้ในการเตรียมสัตว์ทดลอง

2. การเตรียมสารละลายกากชา

ละลายกากชาที่มีซาโปนิน 13 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1จ ลิตร โดยจะได้สารที่มีความเข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม เพื่อใช้เป็นสารละลายตั้งต้น (stock solution) ก่อนนำสารละลายกากชามาใช้จะมีการกรองก่อน

ภาพที่ 2 สารละลายกากชา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้หอยขี้นก ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที ตายครึ่งหนึ่งภายใน 96 ชั่วโมง (LC_{50}) ที่ระดับพีเอชต่างกัน

นำหอยขี้นกจากการปรับสภาพในข้อที่ 1 มาทดลองเพื่อหาค่าความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลาที่กำหนดที่ 96 ชั่วโมง โดยใช้วิธีชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (static bioassay) โดยเติมสารเคมีในระดับความเข้มข้นที่ต้องการเพื่อเริ่มต้นการทดลองเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

การทดลองประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

การทดลองขั้นต้น (range finding test) เพื่อหาระดับความเข้มข้นช่วงกว้างๆ คือระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้หอยขี้นกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ทำให้หอยขี้นกมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ภายใน 96 ชั่วโมง โดยใส่สัตว์ทดลองลงไปโหลละ 10 ตัว หลังจากนั้น ใส่กากชาที่มีความเข้มข้นต่างๆในโหลทดลอง ที่ใส่น้ำความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที โหลละ 1 ลิตร แต่ละความเข้มข้นทำการทดลอง 3 ซ้ำ สังเกต และบันทึกผลจำนวนสัตว์ทดลองที่ตายภายใน 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง และนำค่าความเข้มข้นที่ได้ไปจัดระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทดลองอย่างละเอียดต่อไป

การทดลองอย่างละเอียด (definitive test) เป็นการทดลองเพื่อจัดระดับความเข้มข้น ซึ่งอยู่ในช่วงที่หอยขี้นกตายทั้งหมดและมีชีวิตรอดทั้งหมดจากการทดลองขั้นต้น เพื่อหาระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้หอยขี้นกตายครึ่งหนึ่ง ภายในเวลา 96 ชั่วโมง โดยการนำผลจากการทดลองขั้นต้น มาจัดระดับความเข้มข้นออกเป็น 6 ระดับ โดยมีวิธีปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 3 ระดับ คือ 7.5, 8.0 และ 8.5 โดยการใช้ 1N.NaOH และ 0.5M.H_3BO_3 โดยมีการสังเกตการตายของหอยขี้นกนั้น จะใช้เข็มเขี่ยปลายแหลมเขี่ยบริเวณฝาปิดเปลือก หอยขี้นกที่ตายจะไม่มีการตอบสนอง แต่ละระดับทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้สัตว์ทดลอง 10 ตัว ตลอดการทดลองจะให้อากาศเพื่อป้องกันการขาดออกซิเจน สังเกตลักษณะอาการ และบันทึกจำนวนสัตว์ทดลองที่ตายในเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยใช้เกณฑ์ตัดสินว่าสัตว์ทดลองตายจากการหยุดเคลื่อนไหว (Throp and Lake,1974) เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของสัตว์ทดลองในแต่ละระดับความเข้มข้น ไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) ในเวลา 96 ชั่วโมงตามวิธีของ Finney (1971) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Analysis และทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คือ ความกระด้าง (hardness) ความเป็นด่าง (alkalinity) แอมโมเนียรวม (total ammonia) ไนไตรท์ (nitrite) ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)

ภาพที่ 3 หอยขี้นกระยะตัวเต็มวัยที่ใช้ในการทดลอง

4. การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้ปลานิล ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0, 5 และ 10 พีพีที ตายครึ่งหนึ่งภายใน 72 ชั่วโมง (LC_{50}) ที่ระดับพีเอชต่างกัน

นำปลานิลจากการปรับสภาพในข้อที่ 1 มาทำการทดลองขั้นต้นและการทดลองอย่างละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 3 โดยใช้น้ำความเค็ม 0, 5 และ 10 พีพีที ที่ปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 3 ระดับ คือ 7.5, 8.0 และ 8.5

5. การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้ปลากะพงขาว ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 พีพีที ตายครึ่งหนึ่งภายใน 72 ชั่วโมง (LC_{50}) ที่ระดับพีเอชต่างกัน

นำปลากะพงขาวจากการปรับสภาพในข้อที่ 1 มาทำการทดลองขั้นต้นและการทดลองอย่างละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 3 โดยใช้น้ำความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 พีพีที ที่ปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 3 ระดับ คือ 7.5, 8.0 และ 8.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 5, 15 และ 30 พีพีที ตายครึ่งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (LC_{50})

นำลูกกุ้งขาแวนนาไมจากการปรับสภาพในข้อที่ 1 มาทำการทดลองขั้นต้นและการทดลองอย่างละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 3 โดยใช้น้ำความเค็ม 5, 15 และ 30 พีพีที ที่ปรับให้ค่าพีเอชต่างกัน 3 ระดับ คือ 7.5, 8.0 และ 8.5

จากการศึกษาความเป็นพิษของกากชาต่อสัตว์ทดลองชนิดต่างๆกัน โดยใช้ช่วงเวลาที่ต่างกัน เพราะว่า สัตว์ทดลองแต่ละชนิดมีความทนทานไม่เท่ากัน โดยในกลุ่มควบคุมนั้น สัตว์ทดลองจะต้องมีอัตราการตายไม่มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ โดยการทดลองกับลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่ต้องทำการทดลอง ที่ 48 ชั่วโมง เพราะว่าหลังจาก 48 ชั่วโมงนั้น ลูกกุ้งขาวในกลุ่มควบคุมมีการตายมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ อาจจะเนื่องมาจาก ในระหว่างการทดลองไม่มีการให้อาหารแก่สัตว์ทดลอง เพื่อป้องกันการตายจากคุณภาพน้ำที่เสื่อมลงจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์ทดลอง ส่วนปลาทั้ง 2 ชนิด ก็เช่นเดียวกันเมื่อเวลา ผ่านไปมากกว่า 72 ชั่วโมง สัตว์ทดลองในกลุ่มควบคุมมีการตายมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ อาจจะเนื่องมากจากการอดอาหารและการกัดกินกันเอง และสำหรับหอยขี้นก ที่ทำการทดลองที่ 96 ชั่วโมงเนื่องจากว่า หอยขี้นก มีฝาปิดซึ่งสามารถปิดฝาเพื่อป้องความเป็นพิษของกากชาได้ ทำให้การออกฤทธิ์ของกากชาช้ากว่าการทดลองกับปลา ซึ่งสัมผัสกากชาโดยตรง การตายของหอยขี้นกส่วนใหญ่จึงอยู่ในช่วงเวลาที่ประมาณ 72 ชั่วโมงขึ้นไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ และระยะเวลาทำการศึกษา

1. สถานที่ทำการศึกษา

ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาคารจินดาเทียมเมธ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

2. ระยะเวลาทำการศึกษา

เริ่มศึกษาตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้หอยขึ้นก ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน ตายครึ่งหนึ่งภายใน 96 ชั่วโมง (LC_{50})

1.1 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขึ้นกที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้หอยขึ้นกตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้หอยขึ้นกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 30 และ 120 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 30, 39.59, 52.23, 68.92, 90.94 และ 120 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 10 พีพีที ต่อหอยขึ้นก น้ำหนักเฉลี่ย 0.76 กรัม ความยาวเฉลี่ย 1.9 เซนติเมตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขึ้นกที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยในช่วงเวลาที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้น ไม่พบหอยตาย ในช่วงเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0, 30 และ 39.59 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 52.23, 68.92, 90.94 และ 120 พีพีเอ็ม มีหอยตายเฉลี่ย 6.67, 13.33, 20 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 30 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยตาย ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 39.59, 52.23, 68.92, 90.94 และ 120 พีพีเอ็ม มีหอยตายเฉลี่ย 13.33, 26.67, 60, 86.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 1 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขึ้นกที่ 96 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 65.96 พีพีเอ็ม (60.54-71.37) แสดงไว้ในตารางที่ 4 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 4 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนียและค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด ซึ่งแสดงว่าหอยขี้นกตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

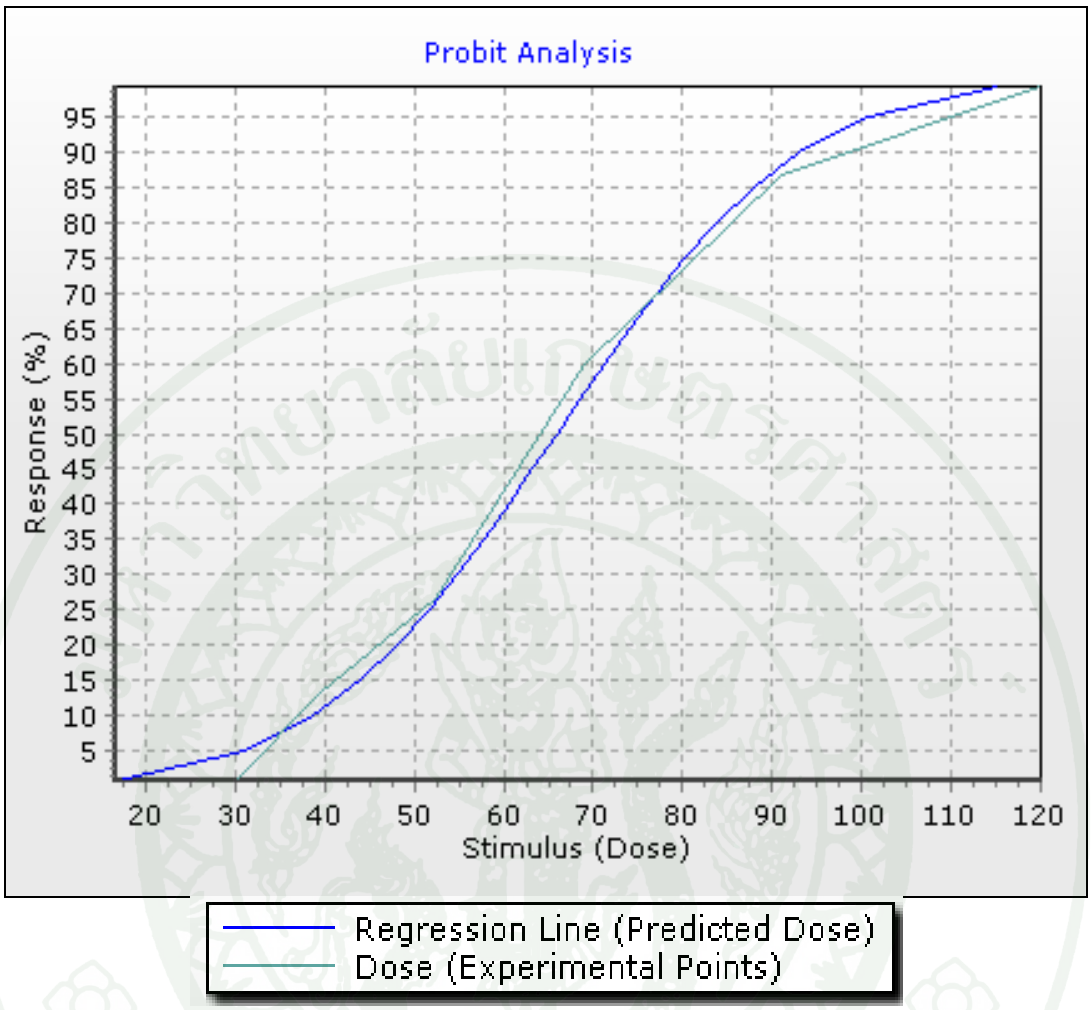
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
30	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
39.59	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	1	1	2	4	1.33	13.33
52.23	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	1	1	2	0.67	6.67
	96	2	3	3	8	2.67	26.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
68.92	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	1	2	4	1.33	13.33
	96	5	6	7	18	6	60
90.94	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	3	2	6	2	20
	96	8	9	9	26	8.67	86.67
120	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	6	4	5	15	5	50
	96	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นกที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้หอยขี้นกตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้หอยขี้นกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 25 และ 100 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 25, 32.99, 43.53, 57.43, 75.79 และ 100 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 20 พีพีที ต่อหอยขี้นก น้ำหนักเฉลี่ย 0.76 กรัม ความยาวเฉลี่ย 1.9 เซนติเมตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยในช่วงเวลาที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีหอยตาย ในช่วงเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 25 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 32.99, 43.53, 57.43, 75.79 และ 100 พีพีเอ็ม มีหอยตายเฉลี่ย 3.33, 6.67, 16.67, 46.67 และ 66.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 25 พีพีเอ็ม ไม่มีหอยขี้นกตาย ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 32.99, 43.53, 57.43, 75.79 และ 100 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 16.67, 33.33, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ 96 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 54.73 พีพีเอ็ม (49.64-59.82) แสดงไว้ในตารางที่ 4 กราฟและกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 5 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนียและค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าหอยขี้นกตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที

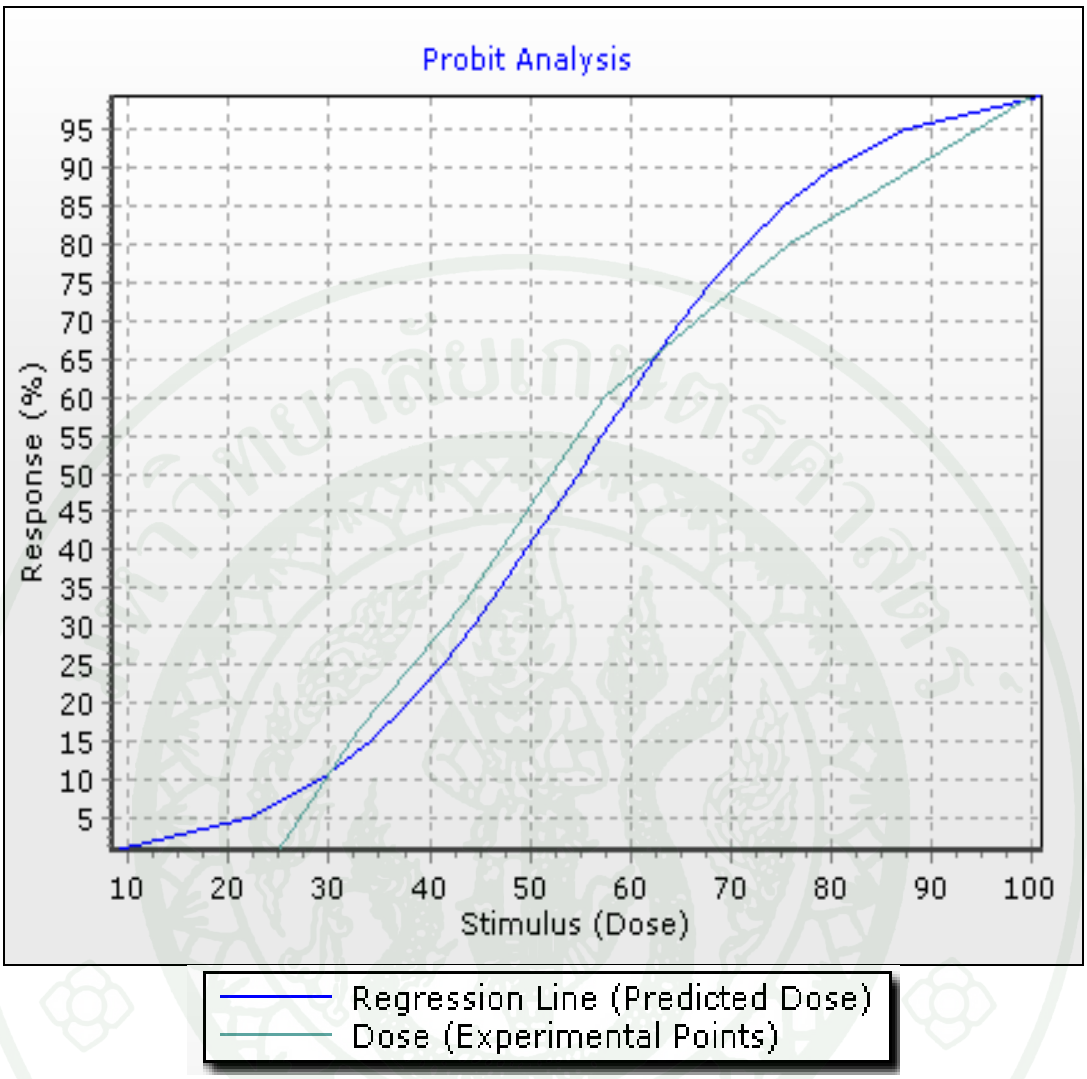
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
25	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
32.99	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	1	0	1	0.33	3.33
	96	1	2	2	5	1.67	16.67
43.53	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	0	1	2	0.67	6.67
	96	3	3	4	10	3.33	33.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
57.43	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	2	2	5	1.67	16.67
	96	5	6	7	18	6	60
75.79	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	4	5	5	14	4.67	46.67
	96	7	8	9	24	8	80
100	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	6	7	7	20	6.67	66.67
	96	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นกที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้หอยขี้นกตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้หอยขี้นกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 20และ 80 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 20, 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 30 พีพีที ต่อหอยขี้นก น้ำหนักเฉลี่ย 0.76 กรัม ความยาวเฉลี่ย 1.9 เซนติเมตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีหอยตาย ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0, 20 และ 26.39 พีพีเอ็ม ไม่มีหอยตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยตายเฉลี่ย 3.33, 6.67, 6.67 และ 23.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในช่วงเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 20 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 3.33, 6.67, 16.67, 10 และ 56.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 25 พีพีเอ็ม ไม่มีหอยขี้นกตาย ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 13.33, 40, 56.67, 80 และ 100เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 3 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ 96 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC50 ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 44.18 พีพีเอ็ม (40.16-48.20) แสดงไว้ในตารางที่ 4 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 6 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนียและค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าหอยขี้นกตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

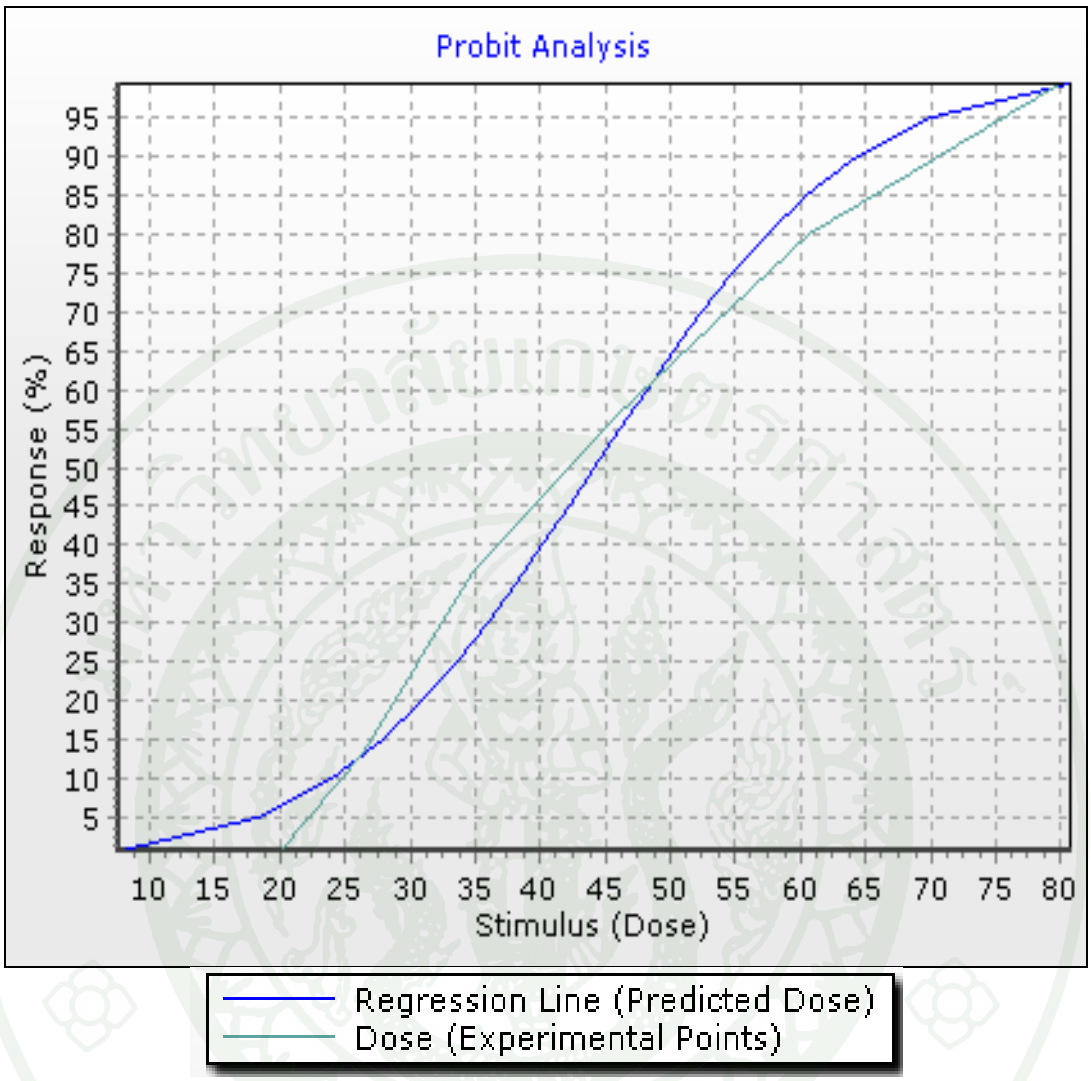
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
20	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
26.39	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	1	1	0.33	3.33
	96	1	1	2	4	1.33	13.33
34.82	24	0	0	0	0	0	0
	48	1	0	0	1	0.33	3.33
	72	2	1	0	3	0.67	6.67
	96	4	4	4	12	4	40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
45.95	24	0	0	0	0	0	0
	48	1	1	0	2	0.67	6.67
	72	1	2	2	5	1.67	16.67
	96	5	6	6	17	5.67	56.67
60.63	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	1	1	2	0.67	6.67
	72	1	1	1	3	1	10
	96	7	8	9	24	8	80
80	24	0	0	0	0	0	0
	48	1	3	3	7	2.33	23.33
	72	8	9	7	17	5.67	56.67
	96	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อหอยขี้นก ที่ระดับความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที ที่เวลา 96 ชั่วโมง

ระดับความเค็ม (พีพีที)	LC_{50} (พีพีเอ็ม)	ช่วงล่าง (พีพีเอ็ม)	ช่วงบน (พีพีเอ็ม)
10	65.96	60.54	71.37
20	54.73	49.64	59.82
30	44.18	40.16	48.20

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมที่ 96 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้หอยขี้นกตายครึ่งหนึ่ง ที่ 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างกัน 10, 20 และ 30 พีพีที ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 พบว่าค่า LC_{50} ของกากชา ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที มีค่ามากที่สุด และที่ระดับความเค็ม 20 และ 30 พีพีที มีค่าน้อยลง ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ว่า ความเค็มมีผลต่อความเป็นพิษของกากชา ที่ระดับความเค็มสูง ความเป็นพิษของกากชาก็จะสูงตามไปด้วย ความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น จะทำให้พิษของซาโปนินรุนแรงขึ้น เนื่องจากซาโปนินมีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงกับสารกลุ่ม cardioglycoside ซึ่งมีผลต่อการลำเลียงโซเดียมของสัตว์น้ำ และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น สัตว์น้ำสูญเสียการปรับสมดุลย์ในร่างกายเร็วกว่าเมื่ออยู่ในน้ำมีความเค็มต่ำ (ประพันธ์, 2524, Deetae, 1979 อ้างโดย ธนาภรณ์, 2524)

กฤษณา (2540) ทดลองใช้กากชาในการฆ่าหอยขี้นกระยะเวลิเจอร์ ที่ความเค็ม 20 พีพีที พบว่าต้องใช้ความเข้มข้นของกากชาประมาณ 50-60 พีพีเอ็ม จึงจะทำให้หอยขี้นกระยะเวลิเจอร์ตายหมด ภายในเวลา 48 ชั่วโมง แต่ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ ความเข้มข้นของกากชาที่สามารถฆ่าหอยขี้นกระยะเต็มวัยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเค็ม 20 พีพีที คือ 100 พีพีเอ็ม ภายใน 96 ชั่วโมง ที่ต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า และเวลาที่มากกว่า อาจจะเนื่องมาจากการทดลองในครั้งนี้เป็นการทดลองกับหอยขี้นกระยะตัวเต็มวัย ซึ่งมีเปลือกล้อมรอบหอยขี้นกสามารถหดตัวเข้าไปอยู่ในเปลือกทำให้สัมผัสกับเนื้อหอยได้น้อยกว่าการทดลองกับหอยขี้นกระยะเวลิเจอร์ที่ได้รับกากชาได้โดยตรง และตามปกติสัตว์น้ำวัยอ่อนจะมีความทนทานต่อสารเคมีต่างๆ น้อยกว่าตัวเต็มวัยจึงทำให้ต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่าและใช้เวลาที่มากกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่ความเค็มต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อหอยขี้นก

ก่อนใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ความเค็ม 10 พีพีที	7.79	77	2,256	0.21	0.07
ความเค็ม 20 พีพีที	7.81	113	3,218	0.28	0.06
ความเค็ม 30 พีพีที	7.82	128	3,218	0.29	0.04
หลังใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ความเค็ม 10 พีพีที	7.81-7.83	81-121	2,259-2,318	0.55-0.98	0.08-0.10
ความเค็ม 20 พีพีที	7.79-7.95	117-139	3,266-3,316	0.85-0.99	0.07-0.10
ความเค็ม 30 พีพีที	7.86-8.15	126-142	3,265-3,316	0.76-0.93	0.05-0.07

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้ปลานิล ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน ตายครึ่งหนึ่งภายใน 72 ชั่วโมง (LC_{50})

2.1 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิลที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลานิลตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 20 และ 30 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 20, 21.69, 23.52, 25.51, 27.66 และ 30 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 0 พีพีที ต่อปลานิล น้ำหนักเฉลี่ย 1.23กรัม ความยาวเฉลี่ย 2 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 20 ไม่พบปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 21.69, 23.52, 25.51, 27.66 และ30 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 6.67, 13.33, 16.67, 33.33 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 20 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 21.69, 23.52, 25.51, 27.66 และ 30 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 6.67, 13.33, 23.33, 33.33 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 20 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น21.69, 23.52, 25.51, 27.66 และ 30 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 6.67, 13.33, 23.33, 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 6 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 26.69 พีพีเอ็ม (25.88- 27.49) แสดงไว้ในตารางที่ 9 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 7 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนียและค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลานิลตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที

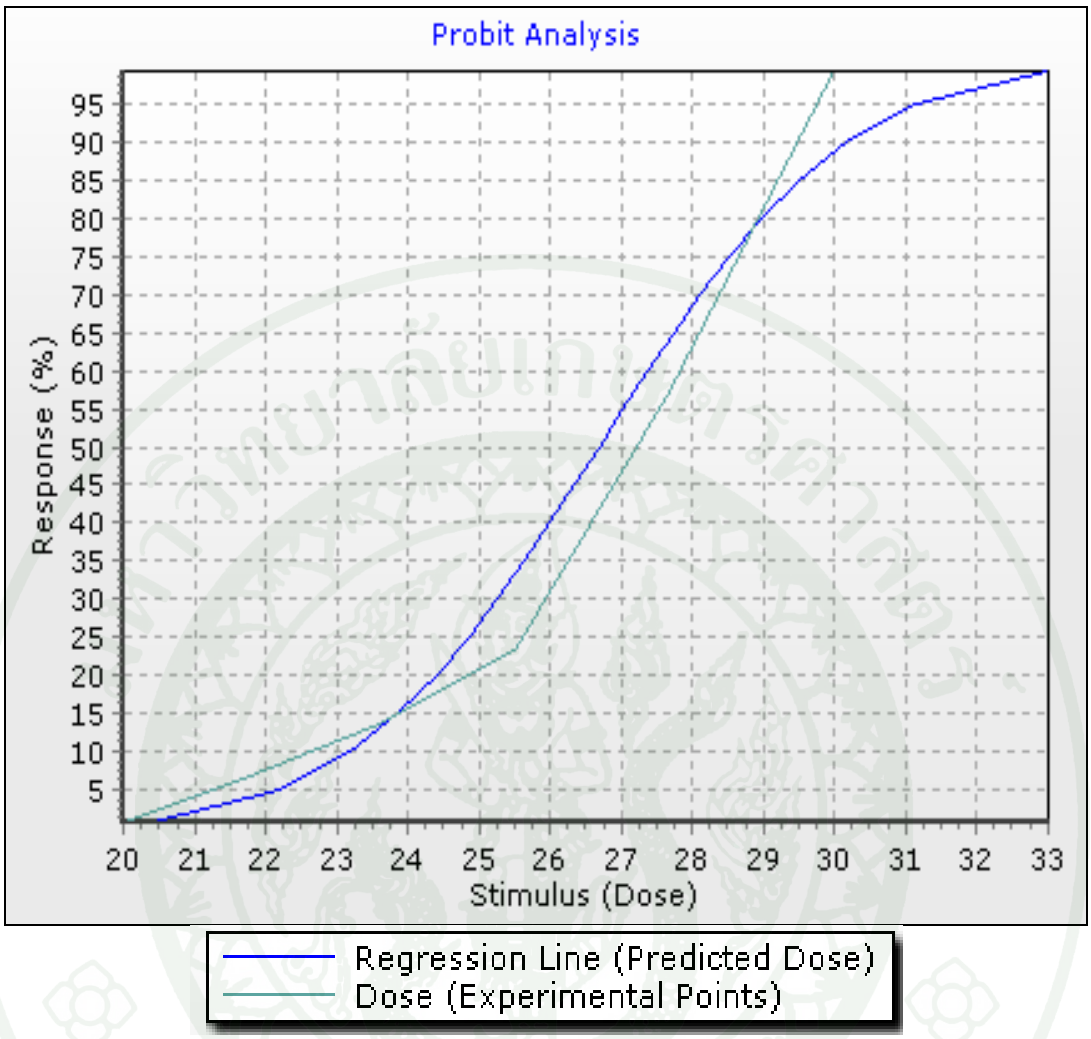
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
20	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
21.69	24	1	1	0	2	0.67	6.67
	48	1	1	0	2	0.67	6.67
	72	1	1	0	2	0.67	6.67
23.52	24	2	1	1	4	1.33	13.33
	48	2	1	1	4	1.33	13.33
	72	2	1	1	4	1.33	13.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
25.51	24	1	2	2	5	1.67	16.67
	48	2	2	3	7	2.33	23.33
	72	2	2	3	7	2.33	23.33
27.66	24	3	3	4	10	3.33	33.33
	48	4	4	6	10	3.33	33.33
	72	5	5	11	21	7	70
30	24	7	6	8	21	7	70
	48	9	9	9	27	9	90
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิลที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลานิลตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 15 และ 23 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 15, 16.34, 17.8, 19.38, 21.11 และ 23 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 5 พีพีที ต่อปลานิล น้ำหนักเฉลี่ย 1.37กรัม ความยาวเฉลี่ย 2 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 7 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 15 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 16.34, 17.8, 19.38, 21.11 และ 23 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 20, 36.67, 63.33, 73.33 และ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 15 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 16.34, 17.8, 19.38, 21.11 และ 23 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 30, 46.67, 76.67, 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 15 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 16.34, 17.8, 19.38, 21.11 และ 23 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 30, 46.67, 76.67, 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

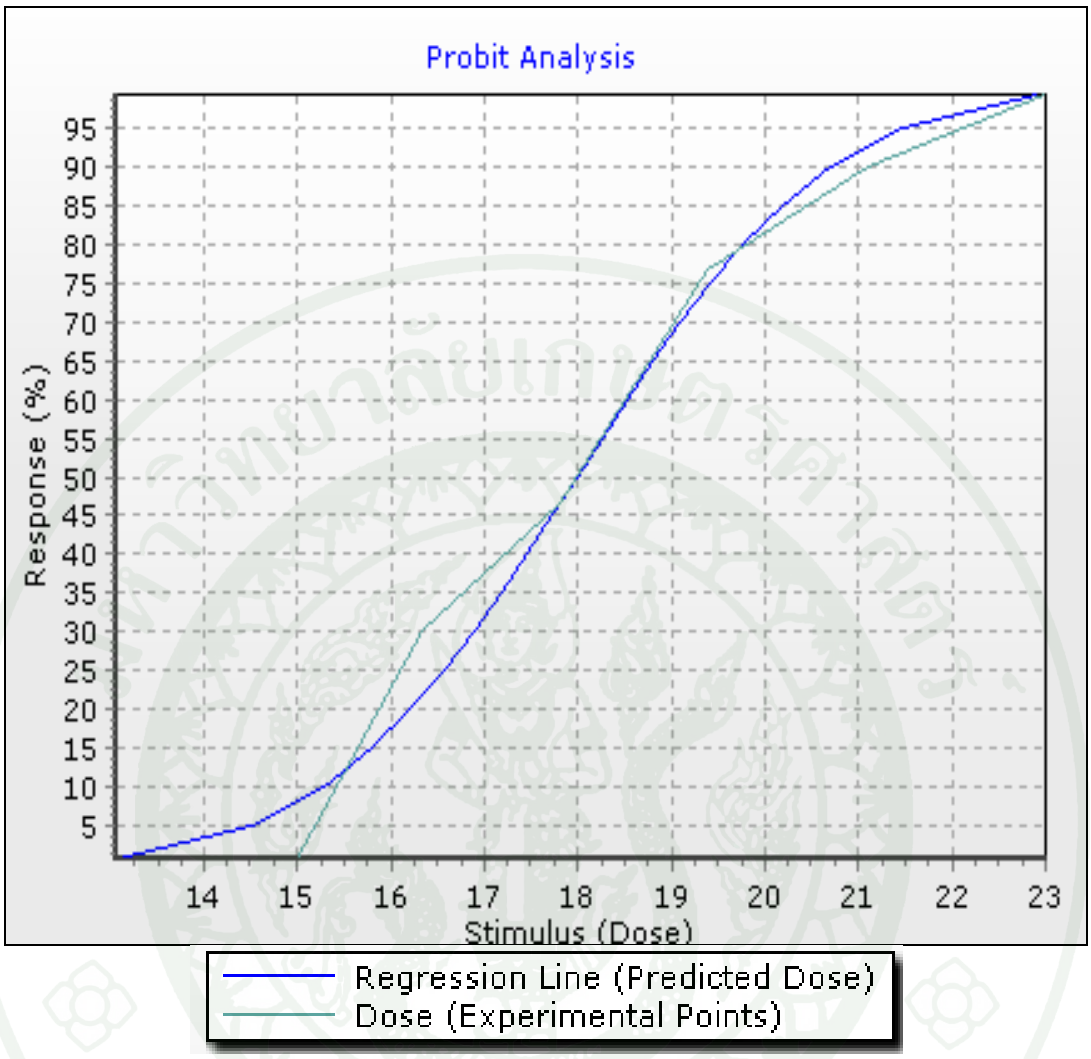
จากตารางที่ 7 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 17.99 พีพีเอ็ม (17.45- 18.53) แสดงไว้ในตารางที่ 9 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 8 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนียและค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลานิลตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
15	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
16.34	24	2	1	3	6	2	20
	48	3	2	4	9	3	30
	72	3	2	4	9	3	30
17.8	24	3	4	4	11	3.67	36.67
	48	4	5	5	14	4.67	46.67
	72	4	5	5	14	4.67	46.67
19.38	24	6	7	6	19	6.33	63.33
	48	8	8	7	23	7.67	76.67
	72	8	8	7	23	7.67	76.67
21.11	24	8	7	7	22	7.33	73.33
	48	9	9	9	27	9	90
	72	9	9	9	27	9	90
23	24	9	8	9	26	8.67	86.67
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ระดับความเค็ม 5 พีพีท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิลที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลานิลตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5 และ 15 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 5, 6.23, 7.76, 9.67, 12.04 และ 15 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 10 พีพีที ต่อปลานิล น้ำหนักเฉลี่ย 1.29กรัม ความยาวเฉลี่ย 2 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 8 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 5 ไม่พบปลานิลตายเลย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 6.23, 7.76, 9.67, 12.04 และ 15 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 6.67, 10, 26.67, 73.33 และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 5 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 6.23, 7.76, 9.67, 12.04 และ 15 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 13.33, 20, 60, 86.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 5 พีพีเอ็ม ไม่พบปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 6.23, 7.76, 9.67, 12.04 และ 15 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 13.33, 33.33, 66.67, 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 8 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 9.4 พีพีเอ็ม (8.77- 10.03) แสดงไว้ในตารางที่ 9 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 9 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุม

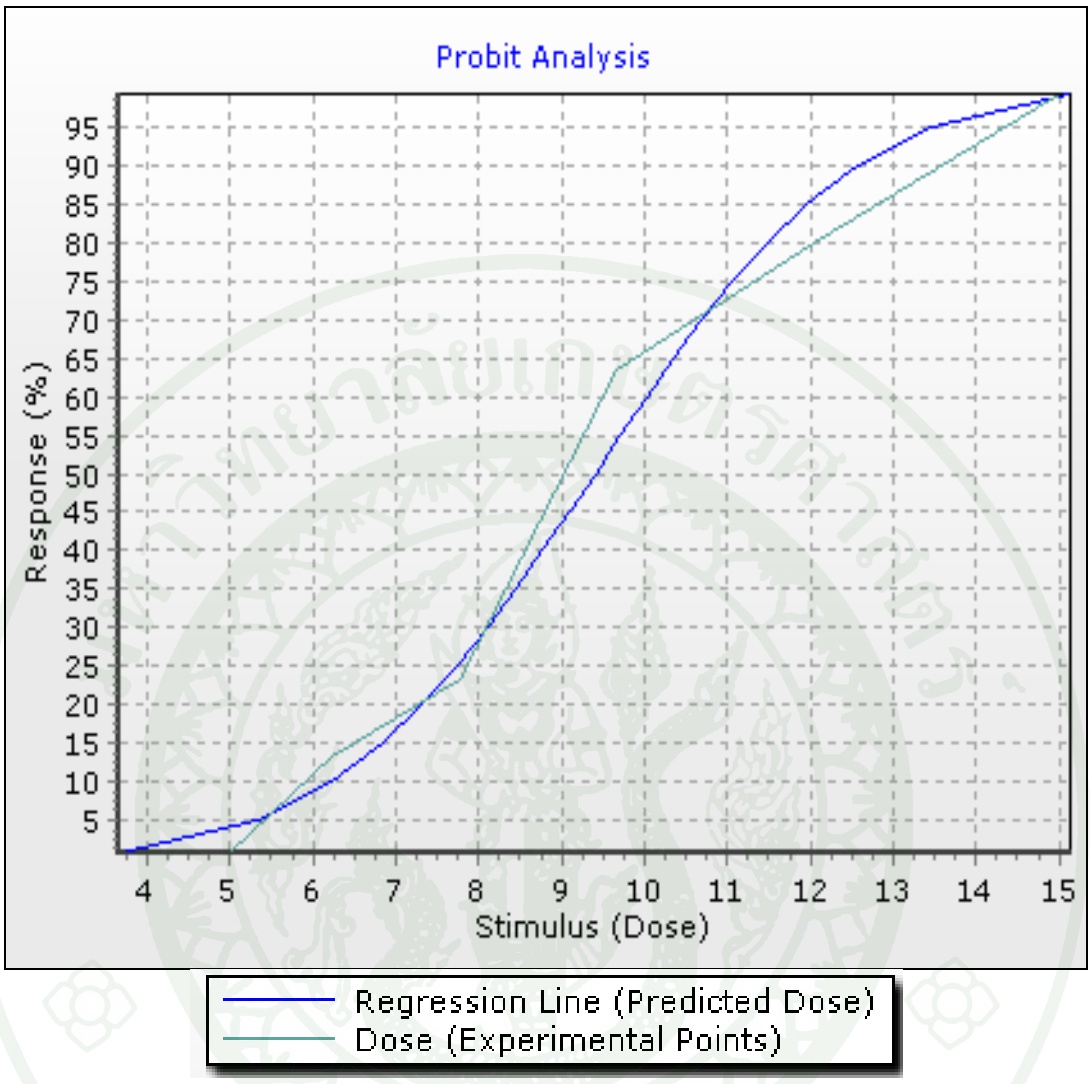
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลานิลตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
5	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
6.23	24	0	1	1	2	0.67	6.67
	48	1	1	2	4	1.33	13.33
	72	1	1	2	4	1.33	13.33
7.76	24	1	2	0	3	1	10
	48	1	2	3	6	2	20
	72	3	4	3	10	3.33	33.33
9.67	24	2	3	3	8	2.67	26.67
	48	5	6	7	18	6	60
	72	6	7	7	20	6.67	66.67
12.04	24	7	8	7	22	7.33	73.33
	48	9	9	8	26	8.67	86.67
	72	9	9	9	27	9	90
15	24	9	10	10	29	9.67	96.67
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลานิล ที่ระดับความเค็ม 0, 5 และ 10 พีพีที ที่เวลา 72 ชั่วโมง

ระดับความเค็ม (พีพีที)	LC_{50} (พีพีเอ็ม)	ช่วงล่าง (พีพีเอ็ม)	ช่วงบน (พีพีเอ็ม)
0	26.69	25.88	27.49
5	17.99	17.45	18.53
10	9. 4	8.77	10.03

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมที่72 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้ปลานิลตายครึ่งหนึ่ง ที่ 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างกัน 0, 5 และ 10 พีพีที ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 พบว่าค่า LC_{50} ของกากชา ที่ระดับความเค็ม0 พีพีที มีค่ามากที่สุด และที่ระดับความเค็ม 5 และ 10 พีพีที มีค่าน้อยลง ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ว่า ความเค็มมีผลต่อความเป็นพิษของกากชา เมื่อระดับความเค็มสูง ความเป็นพิษของกากชาก็จะสูงตามไปด้วย ความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น จะทำให้พิษของซาโปนินรุนแรงขึ้น เนื่องจากซาโปนินมีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงกับสารกลุ่ม cardioglycoside ซึ่งมีผลต่อการลำเลียงโซเดียมของสัตว์น้ำ และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น สัตว์น้ำสูญเสียการปรับสมดุลย์ในร่างกายเร็วกว่าเมื่ออยู่ในน้ำมีความเค็มต่ำ (ประพันธ์, 2524, Deetae, 1979 อ้างโดย ธนาภรณ์, 2524)

ความเป็นพิษของกากชาต่อปลานิลจากการทดลองในครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับ จารุพรรณ (2520) ได้รายงานว่า พิษของสารซาโปนินที่สกัดจากกากชา ความเข้มข้น 4 พีพีเอ็ม จะฆ่าปลานิลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา24 ชั่วโมง โดยที่เมื่อนำค่าความเข้มข้นของสารซาโปนินที่สกัดจากกากชา 4 พีพีเอ็ม มาเทียบจาก13 เปอร์เซ็นต์ ของสารซาโปนินที่มีอยู่ในกากชาที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ ก็จะได้ความเข้มข้นประมาณ 30.76 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองครั้งนี้ คือ 30 พีพีเอ็ม แต่ความเป็นพิษของกากชา ที่30 พีพีเอ็ม สามารถฆ่าปลานิลได้70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยกว่าการทดลองของจารุพรรณ อาจจะเนื่องมาจากปลานิลที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้และกากชาที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกันจากการทดลองของจารุพรรณ จึงทำให้ความเป็นพิษของกากชาต่อปลานิลจากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่ความเค็มต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อปลานิล

ก่อนใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ความเค็ม 0 พีพีที	7.33	22	200	0.10	0.09
ความเค็ม 5 พีพีที	7.59	102	1,168	0.37	0.12
ความเค็ม 10 พีพีที	7.36	106	3,156	0.47	0.08
หลังใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ความเค็ม 0 พีพีที	8.27-8.39	24-28	120-244	0.66-0.83	0.15-0.66
ความเค็ม 5 พีพีที	7.71-8.37	86-218	1,084-1,296	0.38-0.73	0.36-0.62
ความเค็ม 10 พีพีที	8.22-8.28	104-218	2,508-3,188	0.49-0.90	0.09-0.21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้ปลากะพงขาว ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน ตายครึ่งหนึ่งภายใน 72 ชั่วโมง (LC_{50})

3.1 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลากะพงขาวตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 7 และ 11 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 7, 7.66, 8.39, 9.18, 10.05 และ 11 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 0 พีพีที ต่อปลากะพงขาว น้ำหนักเฉลี่ย 1.34 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.1 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกันภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 11 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 7 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 7.66, 8.39, 9.18, 10.05 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 6.67, 23.33, 33.33, 33.33 และ 93.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 7 พีพีเอ็ม ไม่พบปลากะพงขาวตายเลย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 7.66, 8.39, 9.18, 10.05 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 33.33, 40, 60 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 7 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 7.66, 8.39, 9.18, 10.05 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 33.33, 40, 60 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 11 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 9.32 พีพีเอ็ม (9.01- 9.64) แสดงไว้ในตารางที่ 15 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 10 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลากะพงขาวตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที

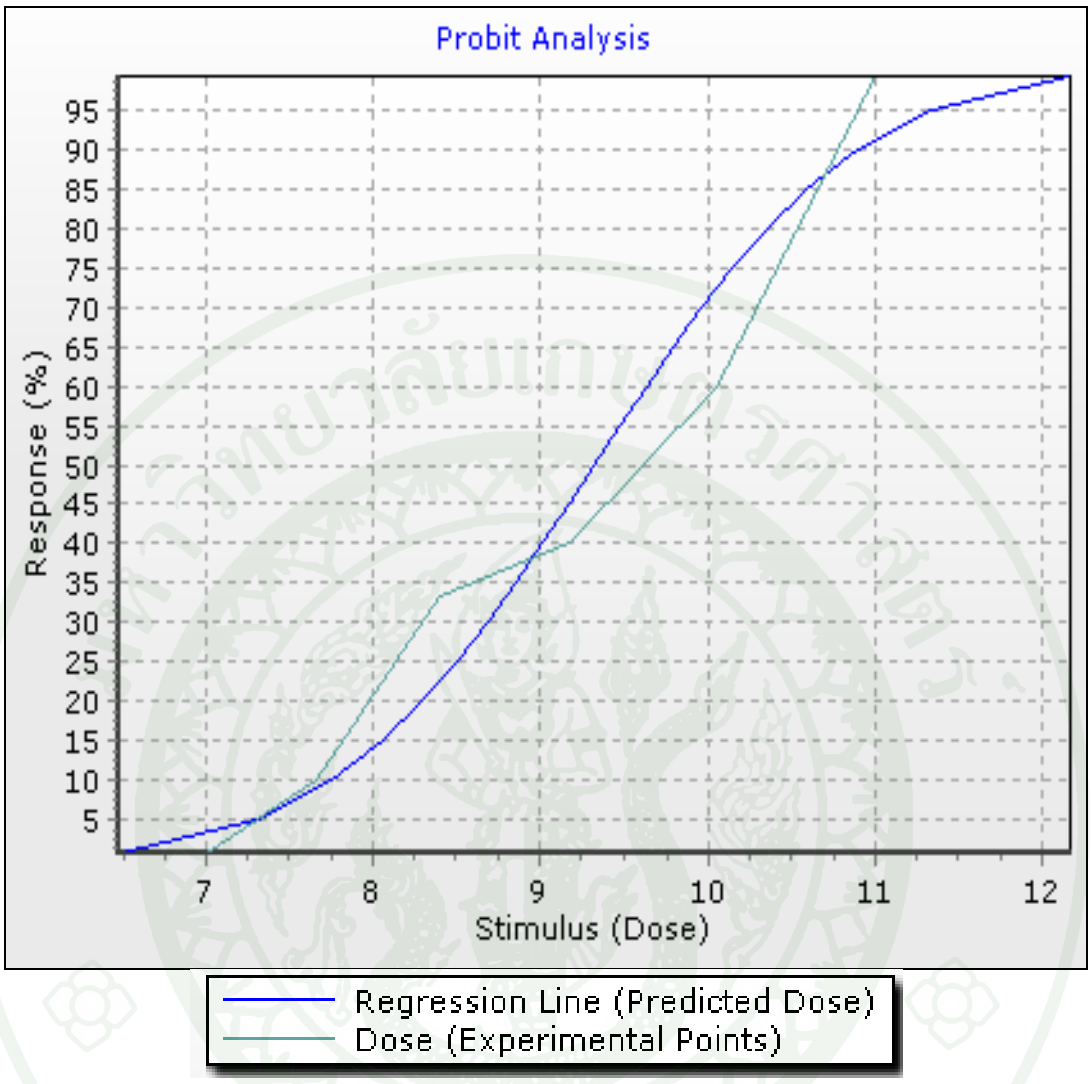
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
7	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
7.66	24	1	0	1	2	0.67	6.67
	48	1	1	1	3	1	10
	72	1	1	1	3	1	10
8.39	24	2	3	2	7	2.33	23.33
	48	3	3	4	10	3.33	33.33
	72	3	3	4	10	3.33	33.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
9.18	24	4	2	4	10	3.33	33.33
	48	4	3	5	12	4	40
	72	4	3	5	12	4	40
10.05	24	3	5	4	10	3.33	33.33
	48	6	6	6	18	6	60
	72	6	6	6	18	6	60
11	24	10	8	10	28	9.33	93.33
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 0 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลากะพงขาวตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5 และ 11 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 5, 5.85, 6.85, 8.02, 9.4 และ 11 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 10 พีพีที ต่อปลากะพงขาว น้ำหนักเฉลี่ย 1.27 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.2 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกันภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 12 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 5 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 5.85, 6.85, 8.02, 9.4 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 16.67, 23.33, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 5 พีพีเอ็ม ไม่พบปลากะพงขาวตายเลย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 5.85, 6.85, 8.02, 9.4 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 13.33, 26.67, 40, 63.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 5 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 5.85, 6.85, 8.02, 9.4 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 13.33, 26.67, 40, 63.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

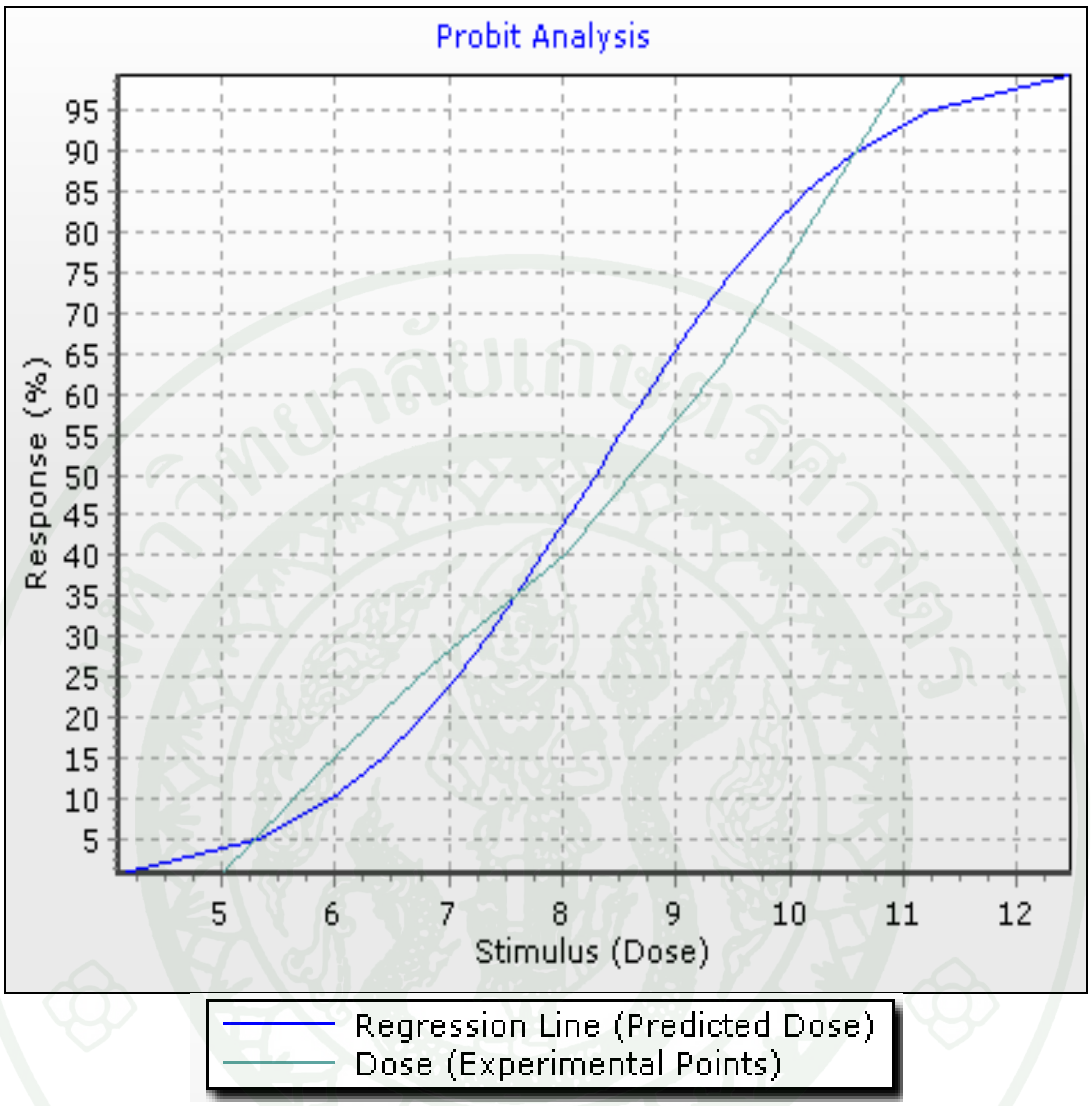
จากตารางที่ 12 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 8.28 พีพีเอ็ม (7.82- 8.74) แสดงไว้ในตารางที่ 15 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 11 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลากะพงขาวตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
5	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
5.85	24	1	1	1	3	1	10
	48	1	2	1	4	1.33	13.33
	72	1	2	1	4	1.33	13.33
6.85	24	1	1	3	5	1.67	16.67
	48	3	2	3	8	2.67	26.67
	72	3	2	3	8	2.67	26.67
8.02	24	3	4	3	7	2.33	23.33
	48	4	4	4	12	4	40
	72	4	4	4	12	4	40
9.4	24	4	6	5	15	5	50
	48	6	7	6	19	6.33	63.33
	72	6	7	6	19	6.33	63.33
11	24	10	10	10	30	10	100
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลากะพงขาวตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 3 และ 9 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 3, 3.74, 4.66, 5.8, 7.23 และ 9 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 20 พีพีที ต่อปลากะพงขาว น้ำหนักเฉลี่ย 1.24 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.1 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกันภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 13 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 3 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 3.74, 4.66, 5.8, 7.23 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 16.67, 26.67, 26.67, 63.33 และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 3 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 3.74, 4.66, 5.8, 7.23 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 23.33, 43.33, 50, 70 และ 100เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 3 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 3.74, 4.66, 5.8, 7.23 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย23.33, 50, 63.33, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

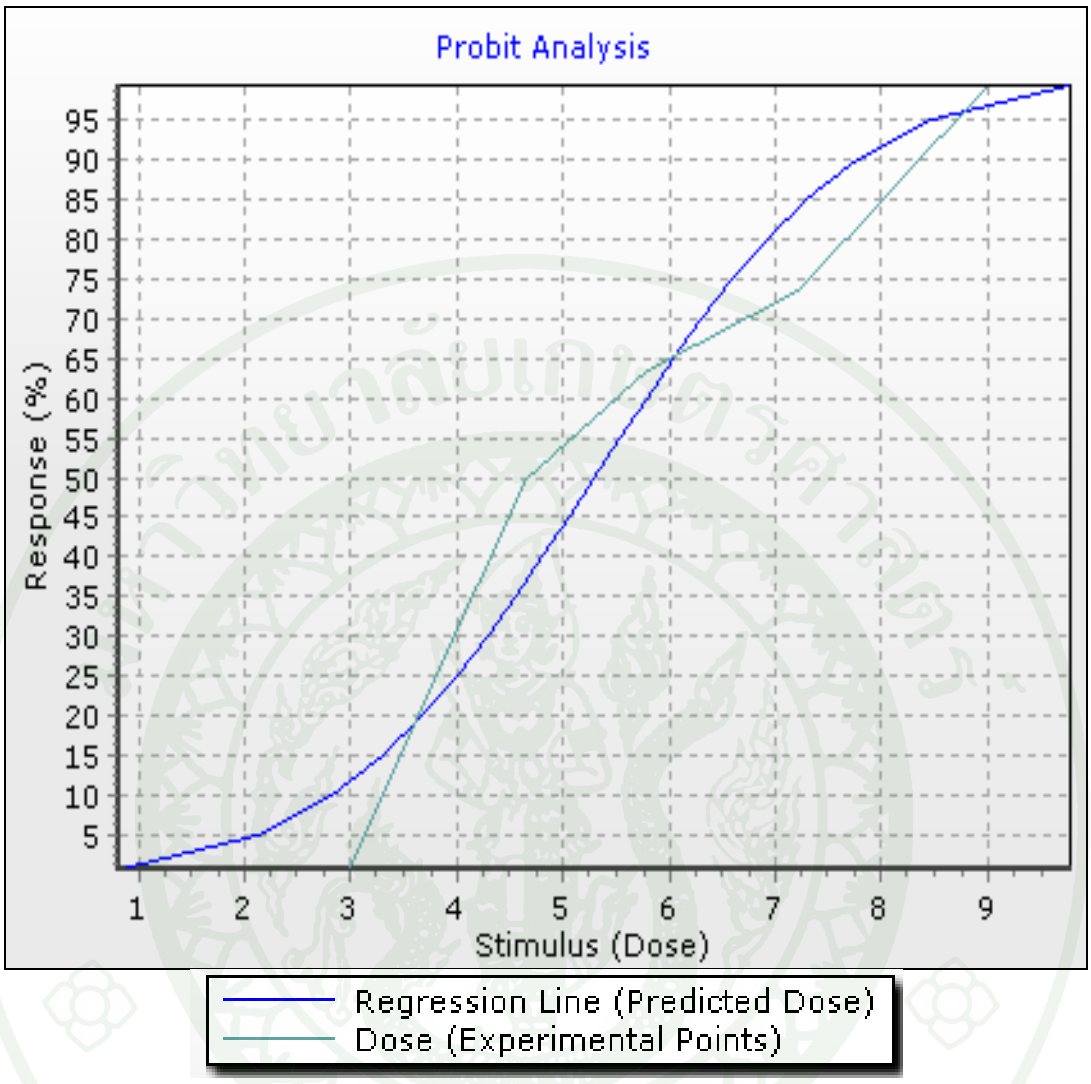
จากตารางที่ 13 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 5.3 พีพีเอ็ม (4.8- 5.79) แสดงไว้ในตารางที่ 15 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 12 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลากะพงขาวตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	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
3.74	24	2	2	1	5	1.67	16.67
	48	2	3	2	7	2.33	23.33
	72	2	3	2	7	2.33	23.33
4.66	24	3	2	3	8	2.67	26.67
	48	4	4	5	13	4.33	43.33
	72	4	5	6	15	5	50
5.8	24	2	3	3	8	2.67	26.67
	48	4	6	5	15	5	50
	72	5	7	7	19	6.33	63.33
7.23	24	6	7	6	19	6.33	63.33
	48	7	7	7	21	7	70
	72	7	7	8	22	7.33	73.33
9	24	9	10	10	29	9.67	96.67
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 20 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลากะพงขาวตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1 และ 7 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 1, 1.48, 2.18, 3.21, 4.74 และ 7 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 30 พีพีที ต่อปลากะพงขาว น้ำหนักเฉลี่ย 1.21 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.2 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกันภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 14 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.48, 2.18, 3.21, 4.74 และ 7 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 30, 26.67, 83.33, 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.48, 2.18, 3.21, 4.74 และ 7 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 16.67, 33.33, 56.67, 86.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.48, 2.18, 3.21, 4.74 และ 7 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย23.33, 50, 60, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

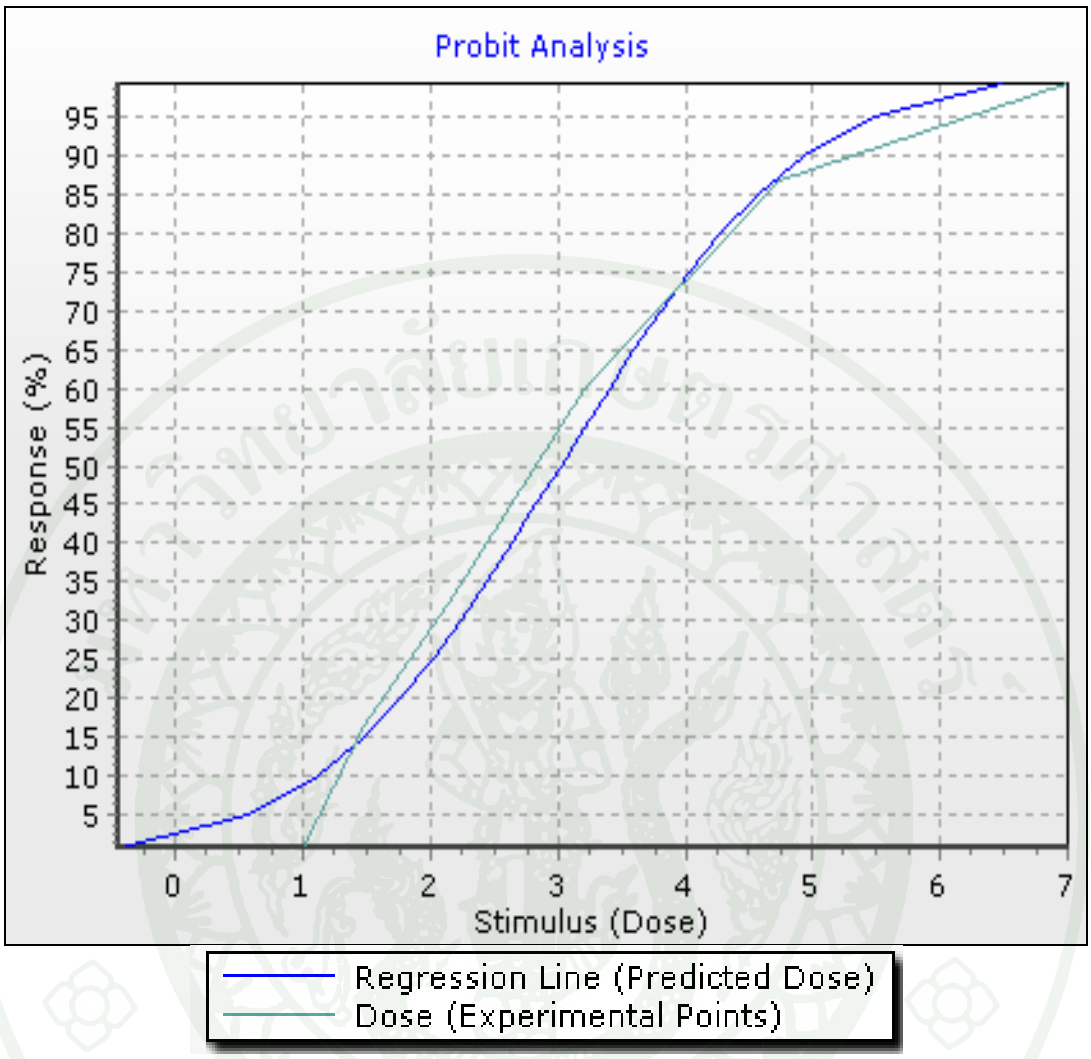
จากตารางที่ 14 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 3.02 พีพีเอ็ม (2.64- 3.4) แสดงไว้ในตารางที่ 15 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 13 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลากะพงขาวตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	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
1.48	24	1	0	2	3	1	10
	48	2	1	2	5	1.67	16.67
	72	2	1	2	5	1.67	16.67
2.18	24	4	2	3	9	3	30
	48	4	3	3	10	3.33	33.33
	72	4	3	3	10	3.33	33.33
3.21	24	2	3	3	8	2.67	26.67
	48	5	6	6	17	5.67	56.67
	72	5	7	6	18	6	60
4.74	24	9	8	8	25	8.33	83.33
	48	9	8	9	26	8.67	86.67
	72	9	8	9	26	8.67	86.67
7	24	10	10	10	30	10	100
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลากะพงขาว ที่ระดับความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 พีพีที ที่เวลา 72 ชั่วโมง

ระดับความเค็ม (พีพีที)	LC_{50} (พีพีเอ็ม)	ช่วงล่าง (พีพีเอ็ม)	ช่วงบน (พีพีเอ็ม)
0	9.32	9.01	9.64
10	8.28	7.82	8.74
20	5.3	4.8	5.79
30	3.02	2.64	3.4

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมที่72 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้ปลากะพงขาวตายครึ่งหนึ่ง ที่ 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างกัน 0, 10, 20 และ 30 พีพีที ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่13 พบว่าค่า LC_{50} ของกากชา ที่ระดับความเค็ม0 พีพีที มีค่ามากที่สุด และที่ระดับความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที มีค่าน้อยลง ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ว่า ความเค็มมีผลต่อความเป็นพิษของกากชา ยิ่งที่ระดับความเค็มสูง ความเป็นพิษของกากชาก็จะสูงตามไปด้วย

ความเป็นพิษของกากชาต่อปลากะพงขาวจากการทดลองในครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับประพันธ์ (2518) ได้รายงานว่า พิษของสารซาโปนินที่สกัดจากกากชา ความเข้มข้น 1.1 พีพีเอ็ม จะฆ่าปลากะพงขาวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเค็ม 0 พีพีที โดยที่เมื่อนำค่าความเข้มข้นของสารซาโปนินที่สกัดจากกากชา 4 พีพีเอ็ม มาเทียบจาก 13 เปอร์เซ็นต์ ของสารซาโปนินที่มีอยู่ในกากชาที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ ก็จะได้ความเข้มข้นประมาณ 8.46 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองครั้งนี้ คือ 11 พีพีเอ็ม ซึ่งมีความเป็นพิษน้อยกว่าการทดลองของประพันธ์ อาจจะเนื่องมาจากการทดลองในครั้งนี้ไม่ได้ใช้สารซาโปนินที่สกัดจากกากชา เหมือนการทดลองของประพันธ์ (2518) จึงทำให้ความเป็นพิษของกากชาต่อปลากะพงจากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่ความเค็มต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อปลากะพงขาว

ก่อนใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ความเค็ม 0 พีพีที	8.2	110	232	0.23	0.21
ความเค็ม 10 พีพีที	7.6	112	2,336	0.27	0.24
ความเค็ม 20 พีพีที	7.75	110	3,744	0.33	0.36
ความเค็ม 30 พีพีที	7.92	118	5,324	0.31	0.30
หลังใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ความเค็ม 0 พีพีที	8.33-8.45	98-124	212-452	0.23-0.56	0.27-0.40
ความเค็ม 10 พีพีที	8.21-8.71	108-136	2,000-2,452	0.30-0.67	0.24-0.77
ความเค็ม 20 พีพีที	7.88-8.22	92-170	4,000-5,996	0.60-0.87	0.39-0.97
ความเค็ม 30 พีพีที	8.04-8.15	98-152	5,336-5,461	0.68-0.97	0.53-0.94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่างกัน ตายครึ่งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (LC_{50})

4.1 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 80 และ 500 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 80, 115.42, 166.51, 240.22, 346.57 และ 500 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 5 พีพีที ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเฉลี่ย 0.11 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไม ที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 17 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 80 ไม่พบลูกกุ้งขาวตายเลย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 115.42, 166.51, 240.22, 346.57 และ 500 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งตายเฉลี่ย 10, 13.33, 26.67, 63.33 และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 80 ไม่พบลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 115.42, 166.51, 240.22, 346.57 และ 500 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งขาวตายเฉลี่ย 10, 23.33, 43.33, 66.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 17 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ 48 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 270.14 พีพีเอ็ม (241.30- 298.99) แสดงไว้ในตารางที่ 20 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 14 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ

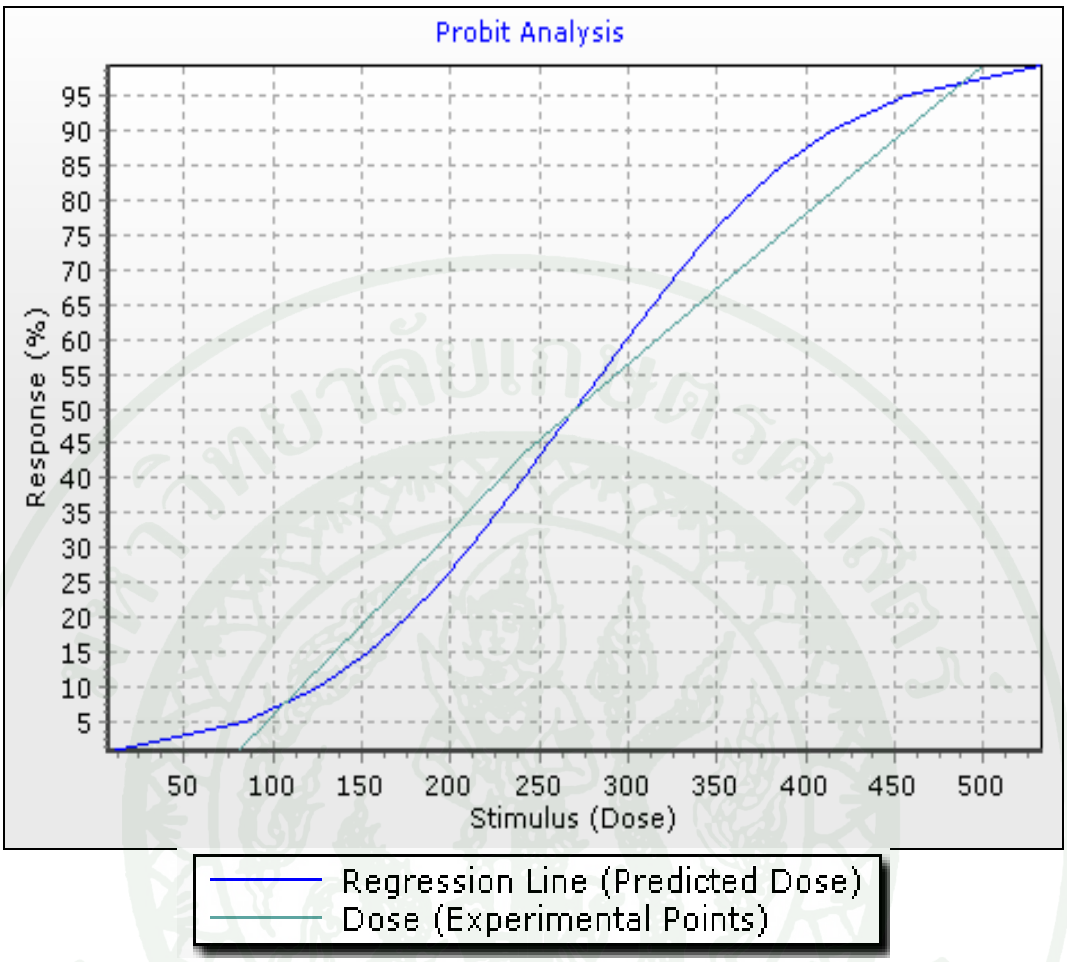
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าลูกกุ้งขาวแวนนาไมตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 17 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
80	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
115.42	24	1	1	1	3	1	10
	48	1	1	1	3	1	10
166.51	24	1	2	2	4	1.33	13.33
	48	2	2	3	7	2.33	23.33
240.22	24	2	3	3	8	2.67	26.67
	48	4	4	5	13	4.33	43.33
346.57	24	6	7	6	19	6.33	63.33
	48	6	7	7	20	6.67	66.67
500	24	9	10	10	29	9.67	96.67
	48	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 120 และ 700 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 120, 170.75, 242.97, 345.73, 491.94 และ 700 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 15 พีพีที ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไมน้ำหนักเฉลี่ย 0.10 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไม ที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 18 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 120 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 170.75, 242.97, 345.73, 491.94 และ 700 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งตายเฉลี่ย 10, 13.33, 36.67, 53.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 120 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 170.75, 242.97, 345.73, 491.94 และ 700 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งขาวตายเฉลี่ย 10, 16.67, 40, 56.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

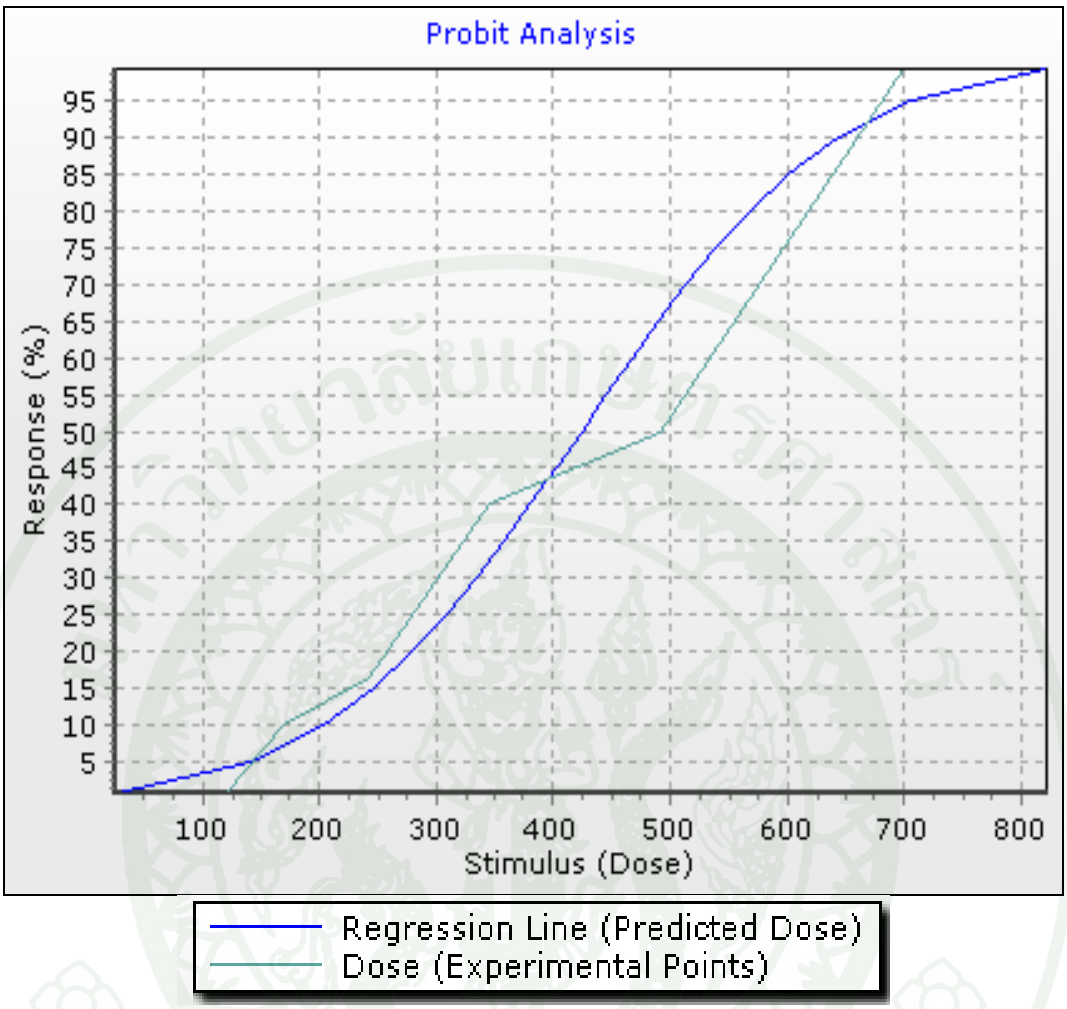
จากตารางที่ 18 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ 48 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 423.99 พีพีเอ็ม (380.26- 467.72) แสดงไว้ในตารางที่ 20 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 15 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าลูกกุ้งขาวแวนนาไมตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 21)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
120	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
170.75	24	1	1	1	3	1	10
	48	1	1	1	3	1	10
242.97	24	1	2	1	4	1.33	13.33
	48	2	2	1	5	1.67	16.67
345.73	24	3	4	4	11	3.67	36.67
	48	4	4	4	12	4	40
491.94	24	5	5	6	16	5.33	53.33
	48	5	6	6	17	5.67	56.67
700	24	10	10	10	30	10	100
	48	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 100 และ 650 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 100, 145.41, 211.43, 307.43, 447.02 และ 650 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเค็ม 30 พีพีที ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเฉลี่ย 0.12 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไม ที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 19 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 145.41, 211.43, 307.43, 447.02 และ 650 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งตายเฉลี่ย 13.33, 13.33, 23.33, 36.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 145.41, 211.43, 307.43, 447.02 และ 650 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งขาวตายเฉลี่ย 13.33, 16.67, 26.67, 43.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

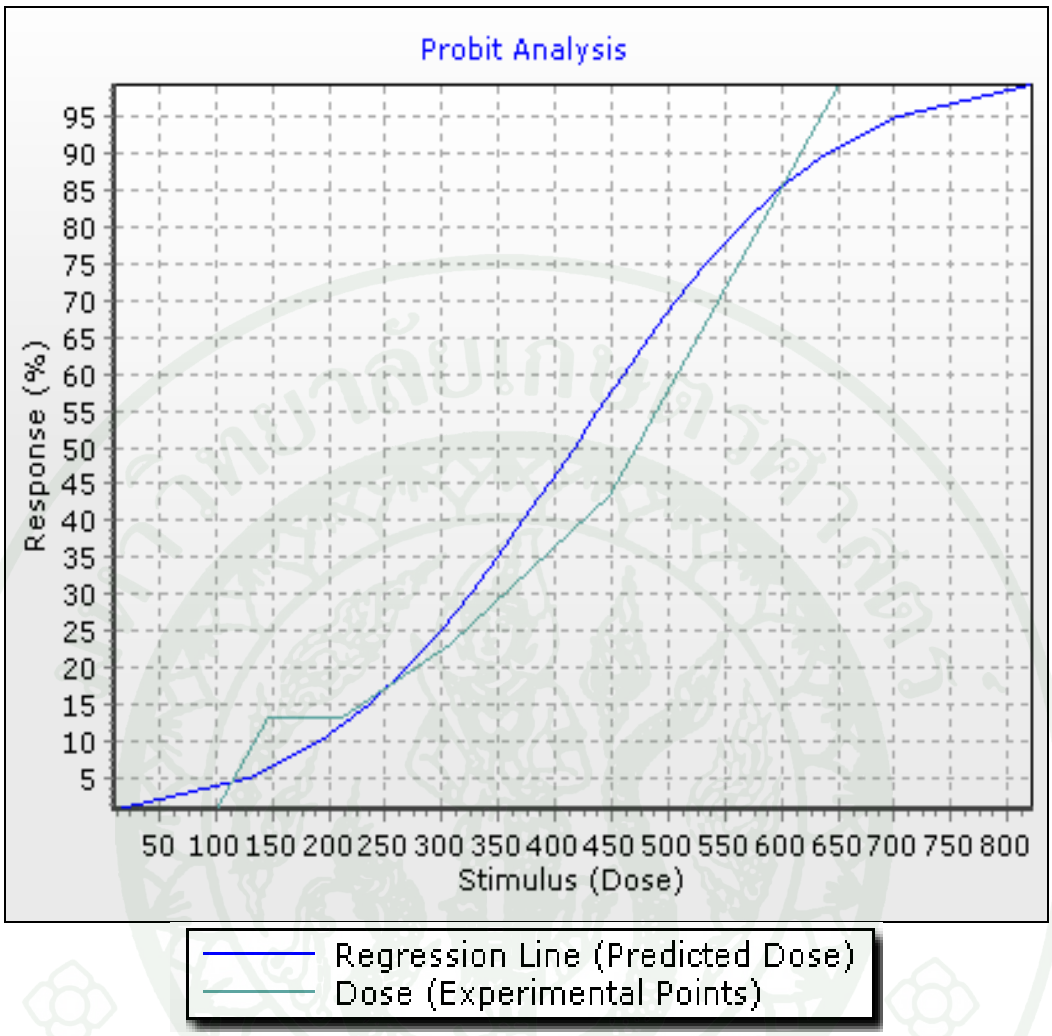
จากตารางที่ 19 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ 48 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 416.14 พีพีเอ็ม (371.63- 460.66) แสดงไว้ในตารางที่ 20 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 16 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าลูกกุ้งขาวแวนนาไมตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 21)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
100	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
145.41	24	1	1	2	4	1.33	13.33
	48	1	1	2	4	1.33	13.33
211.43	24	2	1	1	4	1.33	13.33
	48	2	2	1	5	1.67	16.67
307.43	24	2	2	3	7	2.33	23.33
	48	3	2	3	8	2.67	26.67
447.02	24	4	3	4	11	3.67	36.67
	48	5	4	4	13	4.33	43.33
650	24	10	10	10	30	10	100
	48	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 5, 15 และ 30 พีพีที ที่เวลา 48 ชั่วโมง

ระดับความเค็ม (พีพีที)	LC_{50} (พีพีเอ็ม)	ช่วงล่าง (พีพีเอ็ม)	ช่วงบน (พีพีเอ็ม)
5	270.14	241.30	298.99
15	423.99	380.26	467.72
30	416.14	371.63	460.66

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมที่ 48 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ตายครึ่งหนึ่ง ที่ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างกัน 5, 15 และ 30 พีพีที ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 17 พบว่า ค่า LC_{50} ของกากชา ที่ระดับความเค็ม 15 พีพีที มีค่ามากที่สุด และที่ระดับความเค็ม 30 พีพีที มีค่าน้อยลง ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ว่า ความเค็มมีผลต่อความเป็นพิษของกากชา ยิ่งที่ระดับความเค็มสูง ความเป็นพิษของกากชาก็จะสูงตามไปด้วย ความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น จะทำให้พิษของซาโปนินรุนแรงขึ้น เนื่องจากซาโปนินมีสูตรโครงสร้างใกล้เคียงกับสารกลุ่ม Cardioglycoside ซึ่งมีผลต่อการลำเลียงโซเดียมของสัตว์น้ำ และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น สัตว์น้ำสูญเสียการปรับสมดุลในร่างกายเร็วกว่าเมื่ออยู่ในน้ำมีความเค็มต่ำ (ประพันธ์, 2524, Deetae, 1979 อ้างโดย ธนาภรณ์, 2524) แต่ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที ค่า LC_{50} ของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 มีค่าน้อยที่สุด เนื่องมาจากที่ความเค็มต่ำ มีผลทำให้การปรับสมดุลของกุ้งมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อเทียบกับกุ้งที่เลี้ยงในความเค็มปกติ ทำให้กุ้งอ่อนแอกว่าที่ความเค็มปกติ เพราะความเค็มที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงกุ้งขาว อยู่ระหว่าง 25-30 พีพีที (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) แต่ที่ทำการศึกษาค่า LC_{50} ของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่ระดับความเค็ม 5 พีพีที เนื่องจากว่าปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ความเค็มต่างๆ ตั้งแต่ความเค็มปกติถึงความเค็มต่ำ (5-30 พีพีที)

ความเป็นพิษของกากชาต่อลูกกุ้งขาวจากการทดลองในครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับ นิตยา (2523) ซึ่งได้รายงานว่า ค่า LC_{50} ของกากชาต่อลูกกุ้งก้ามกราม มีค่าเท่ากับ 312.87 พีพีเอ็ม ระดับความเค็ม 0 พีพีที ที่ 24 ชั่วโมง แต่ที่มีค่าLC_{50} มากกว่า อาจจะเนื่องมาจากการทดลองที่ 24 ชั่วโมง จึงต้องใช้ความเข้มข้นที่มากกว่าการทดลองที่ใช้ระยะเวลาที่นานกว่า (48 ชั่วโมง) ดังเช่นการทดลองในครั้งนี้ และความเค็มที่สูงกว่า (5 พีพีที) ค่า LC_{50} ของการทดลองในครั้งนี้ จึงต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่ความเค็มต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10

ก่อนใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ความเค็ม 5 พีพีที	7.85	118	1,348	0.36	0.07
ความเค็ม 15 พีพีที	7.71	106	4,196	0.37	0.07
ความเค็ม 30 พีพีที	7.51	90	7,524	0.33	0.09
หลังใส่กากชา	**พีเอช**	**ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)**	**ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)**	**แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)**	**ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)**
ความเค็ม 5 พีพีที	8.0-8.12	70-134	840-1,376	0.30-0.89	0.17-0.75
ความเค็ม 15 พีพีที	7.93-8.24	50-108	1,600-3,884	0.40-0.92	0.19-0.86
ความเค็ม 30 พีพีที	7.92-8.01	52-96	2,824-7,916	0.37-0.89	0.16-0.94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อสัตว์ทดลองแต่ละชนิด ที่ระดับความเค็มต่างกัน

สัตว์ทดลอง	ค่าLC_{50} (พีพีเอ็ม)
หอยขี้นก ความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที	65.98, 54.73 และ 44.18
ปลานิล ความเค็ม 0, 5 และ 10 พีพีที	26.69, 17.99 และ 9.4
ปลากะพงขาว ความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 พีพีที	9.32, 8.28, 5.3 และ 3.02
กุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ความเค็ม 5, 15 และ 30 พีพีที	270.14, 423.99 และ 416.14

ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลากะพงขาวน้อยที่สุด และค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลานิลกับปลากะพงขาว มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงไว้ในตารางที่ 22 เมื่อเปรียบเทียบพิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิล และปลากะพงขาว พบว่า การที่ปลากะพงขาวซึ่งใช้เป็นตัวแทนของปลาน้ำกร่อยมีความทนทานต่อกากชาได้น้อยกว่าปลานิล ซึ่งเป็นปลาน้ำจืด อาจเนื่องมาจากความเค็มของน้ำทะเลเข้ามาเกี่ยวข้อง (Deetae, 1979) และอาจจะเนื่องจากความแตกต่างของการปรับสมดุลของน้ำและเกลือแร่ของปลาน้ำจืดและปลาน้ำกร่อย(Richard, 1976) จากพฤติกรรมของปลาทั้ง2 ชนิด ประมาณและประไพสิริ(2520) ให้เหตุผลว่าเพื่อดึงเอาออกซิเจนจากน้ำไปใช้ให้มากที่สุด ดังนั้นอาการเปิดปิดกระพุ้งแก้มเร็วขึ้นที่ปรากฏกับปลาทั้ง2 ชนิด จึงน่าจะแสดงถึงภาวะที่ต้องการออกซิเจน ทั้งนี้การขาดออกซิเจน อาจเนื่องมากจากสารซาโปนิน มีคุณสมบัติทำให้เม็ดเลือดแดงแตก (haemolysis) (Alstead, 1938; Sollmann, 1964; Chopra *et al*., 1965) ปริมาณเม็ดเลือดแดงจึงลดน้อยลงไม่เพียงพอที่จะขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์ต่างๆของร่างกายได้ส่วนค่า LC_{50} ของกากชาต่อหอยขี้นก และกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 มีค่ามาก เนื่องจากหอยขี้นก และลูกกุ้งขาวแวนนาไม มีน้ำเลือดที่ เรียกว่า ฮีโมลิมพ์ (haemolymp) เป็นของเหลวไม่มีสี หรือสีฟ้าอ่อน มีทองแดง และฮีโมไซยานิน (haemocyanin) เป็นส่วนประกอบ แต่ที่ค่า LC_{50} ของกากชาต่อหอยขี้นก มีค่าน้อยกว่า ค่า LC_{50} ของลูกกุ้งขาวแวนนาไม อาจจะเนื่องมากจากสารซาโปนินก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อผิว mucus membrane (Sollman, 1964; Anon, 1968) mucus cell หรือเซลล์ต่อมเมือก จึงสร้างและขับเมือกออกมามาก ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซไม่ปกติ นอกจากนั้น สารซาโปนินทำให้เกิดอาการสั่น กระตุกอย่างรุนแรง ต่อมากล้ามเนื้ออ่อนเพลียและเป็นอัมพาต (paralysis) นอกจากนี้ ยังมีผลต่อศูนย์ประสาทที่ควบคุมการหายใจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้หอยขี้นก ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 25 พีพีที ที่พีเอชต่างๆกัน ตายครึ่งหนึ่งภายใน 96 ชั่วโมง (LC_{50})

5.1 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นกที่พีเอช 7.5

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้หอยขี้นกตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้หอยขี้นกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 20 และ 80 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 20, 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 7.5 ต่อหอยขี้นก น้ำหนักเฉลี่ย 0.81 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.1 เซนติเมตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 23 โดยในช่วงเวลาที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีหอยตาย ในช่วงเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 20 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 10, 13.33, 13.33, 16.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ20 พีพีเอ็ม ไม่มีหอยขี้นกตาย ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 13.33, 36.67, 70, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 23 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ 96 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 42.39 พีพีเอ็ม (38.57-46.21) แสดงไว้ในตารางที่ 26 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 17 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าหอยขี้นกตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 23 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง ที่พีเอช 7.5

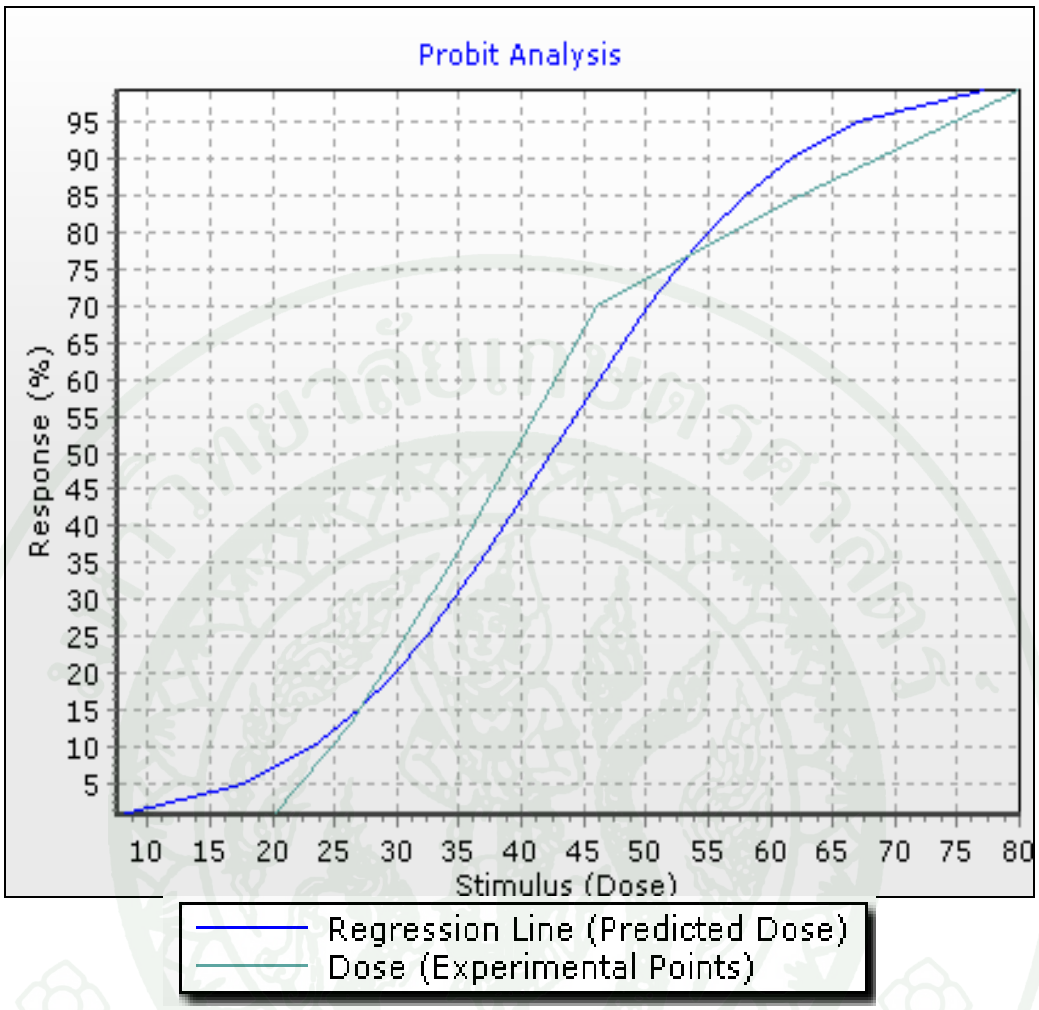
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
20	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
26.39	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	1	1	3	1	10
	96	1	1	2	4	1.33	13.33
34.82	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	1	2	4	1.33	13.33
	96	3	4	4	11	3.67	36.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
45.95	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	2	1	4	1.33	13.33
	96	7	7	7	21	7	70
60.63	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	2	2	5	1.67	16.67
	96	8	8	8	24	8	80
80	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	10	10	10	30	10	100
	96	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่พีเอช 7.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นกที่พีเอช 8

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้หอยขี้นกตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้หอยขี้นกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 20 และ 80 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 20, 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8 ต่อหอยขี้นก น้ำหนักเฉลี่ย 0.83 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.3 เซนติเมตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 24 โดยในช่วงเวลาที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีหอยขี้นกตาย ในช่วงเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 20 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 10, 13.33, 13.33, 16.67 และ 23.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ20 พีพีเอ็ม ไม่มีหอยขี้นกตาย ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 13.33, 33.33, 60, 76.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 24 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ 96 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 44.66 พีพีเอ็ม (40.58-48.73) แสดงไว้ในตารางที่ 26 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 18 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าหอยขี้นกตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 27)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง ที่พีเอช 8

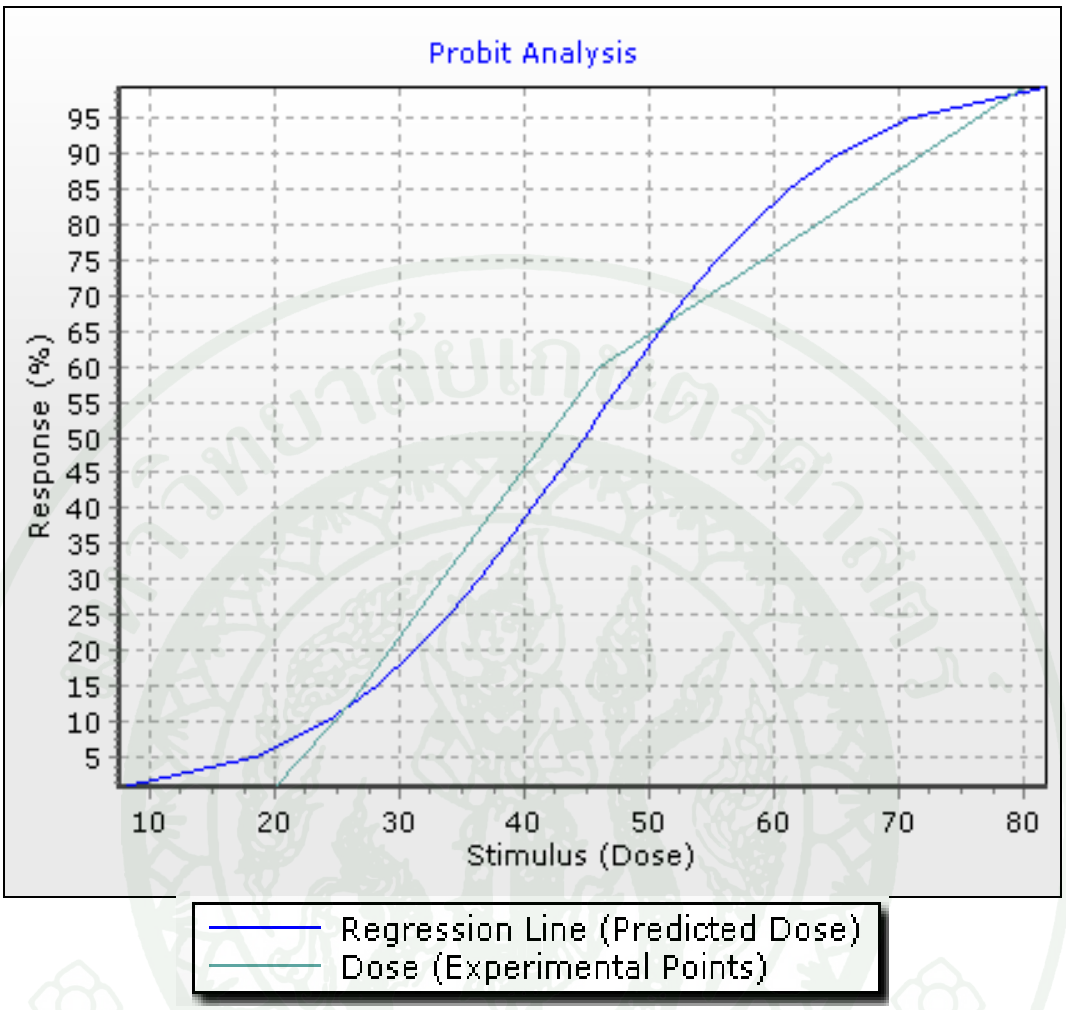
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
20	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
26.39	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	1	1	3	1	10
	96	1	1	2	4	1.33	13.33
34.82	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	1	2	4	1.33	13.33
	96	3	3	4	10	3.33	33.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
45.95	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	1	2	4	1.33	13.33
	96	6	6	6	18	6	60
60.63	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	2	2	5	1.67	16.67
	96	7	8	8	23	7.67	76.67
80	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	3	2	2	7	2.33	23.33
	96	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่พีเอช 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นกที่พีเอช 8.5

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้หอยขี้นกตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้หอยขี้นกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 20 และ 80 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 20, 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8.5 ต่อหอยขี้นก น้ำหนักเฉลี่ย 0.81 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.4 เซนติเมตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 25 โดยในช่วงเวลาที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีหอยขี้นกตาย ในช่วงเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0, 20 และ 26.39 พีพีเอ็ม ไม่พบหอยตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 10, 13.33, 16.67 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ20 พีพีเอ็ม ไม่มีหอยขี้นกตาย ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 26.39, 34.82, 45.95, 60.63 และ 80 พีพีเอ็ม มีหอยขี้นกตายเฉลี่ย 10, 26.67, 53.33, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 25 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นกที่ 96 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 46.93 พีพีเอ็ม (42.96-50.89) แสดงไว้ในตารางที่ 26 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 19 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าหอยขี้นกตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 27)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 96 ชั่วโมง ที่พีเอช 8.5

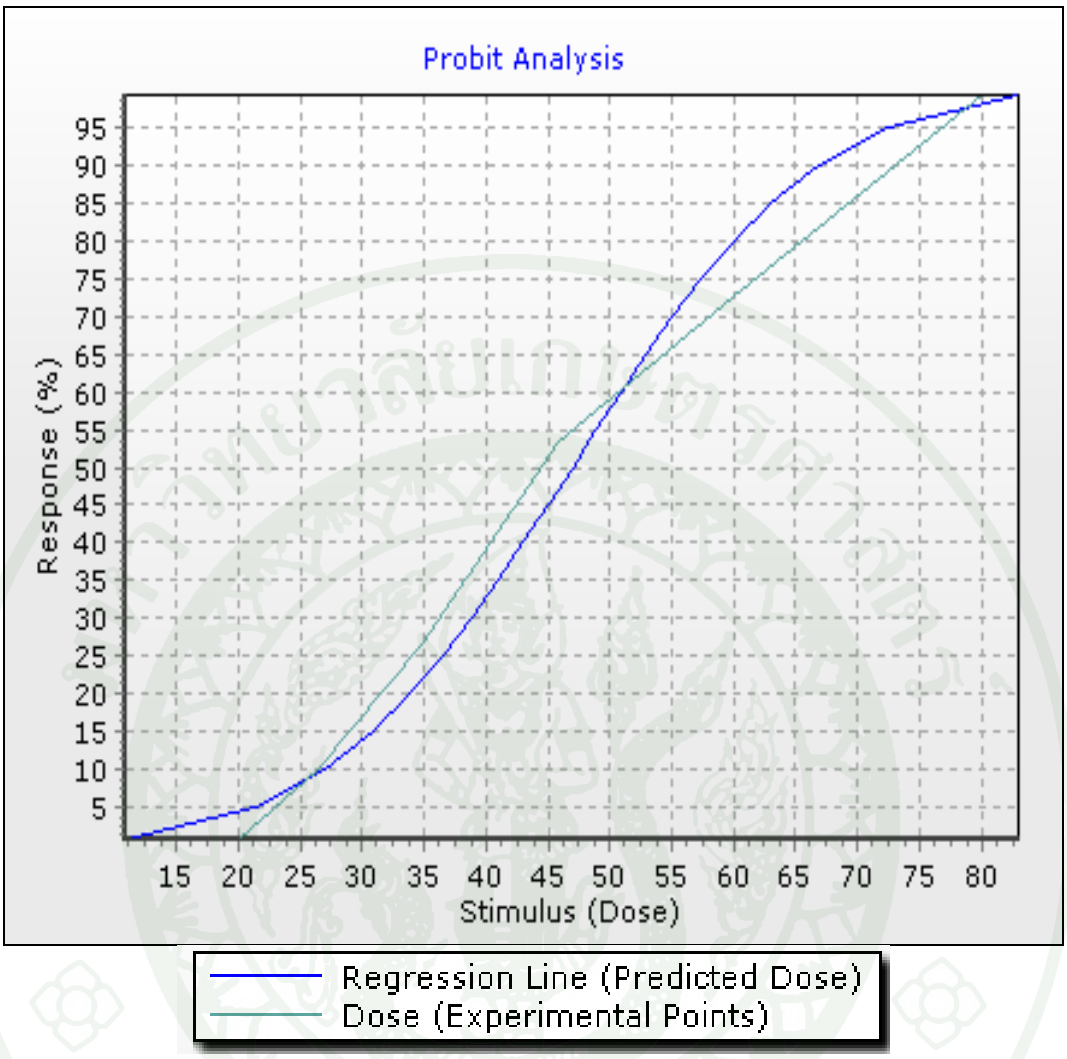
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
20	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0
26.39	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
	96	1	1	1	3	1	10
34.82	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	1	1	1	3	1	10
	96	3	2	3	8	2.67	26.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
45.95	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	2	1	1	4	1.33	13.33
	96	5	5	6	16	5.33	53.33
60.63	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	2	1	2	5	1.67	16.67
	96	7	7	8	22	7.33	73.33
80	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	2	2	2	6	2	20
	96	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหอยขี้นก ที่พีเอช 8.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อหอยขี้นก ที่พีเอช ต่างๆกัน ระดับความเค็ม 25 พีพีที ที่เวลา 96 ชั่วโมง

พีเอช	LC_{50} (พีพีเอ็ม)	ช่วงล่าง (พีพีเอ็ม)	ช่วงบน (พีพีเอ็ม)
7.5	42.39	38.57	46.21
8	44.66	40.58	48.73
8.5	46.93	42.96	50.89

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมที่ 96 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้หอยขี้นกตายครึ่งหนึ่ง ที่ 96 ชั่วโมง ที่พีเอชต่างกัน 7.5, 8 และ 8.5 ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 26 พบว่าค่า LC_{50} ของกากชา ที่พีเอช 7.5 มีค่าน้อยที่สุด และที่พีเอช 8 และ 8.5 มีค่ามากขึ้น ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ว่า เมื่อพีเอชต่ำ ความเป็นพิษของกากชาจะมากขึ้น แต่ค่า LC_{50} ของกากชา ที่พีเอช 3 ระดับ ที่ทำการศึกษาครั้งนี้ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งพีเอชมีผลต่อความเป็นพิษของกากชาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่พีเอชต่างๆ กัน ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อหอยขี้นก

ก่อนใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
พีเอช 7.5	7.51	154	6,584	0.30	0.23
พีเอช 8	8.01	118	7,600	0.29	0.28
พีเอช 8.5	8.50	100	6,716	0.21	0.19
หลังใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
พีเอช 7.5	7.97-8.03	172-204	5,996-7,760	0.33-0.86	0.28-0.49
พีเอช 8	8.07-8.18	102-152	6,280-7,796	0.32-0.87	0.34-0.83
พีเอช 8.5	8.19-8.27	132-214	7,556-10,412	0.29-0.91	0.38-0.96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้ปลานิล ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 0 พีพีที ที่พีเอชต่างๆกัน ตายครึ่งหนึ่งภายใน 72 ชั่วโมง (LC_{50})

6.1 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิลที่พีเอช 7.5

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลานิลตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 10 และ 20 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 10, 11.49, 13.19, 15.16, 17.41 และ 20 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 7.5 ต่อปลานิล น้ำหนักเฉลี่ย 1.22 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.1 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 28 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 11.49, 13.19, 15.16, 17.41 และ 20 พีพีเอ็มมีปลานิลตายเฉลี่ย 16.67, 40, 53.33, 73.33 และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 11.49, 13.19, 15.16, 17.41 และ 20 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 20, 46.67, 63.33, 76.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 11.49, 13.19, 15.16, 17.41 และ 20 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 20, 46.67, 63.33, 76.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 28 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดย โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 14.26 พีพีเอ็ม (13.50- 15.01) แสดงไว้ในตารางที่ 31 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 20 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ได้แก่ พีเอชความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำทั้งก่อนและหลังการเติมกากชามีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่า

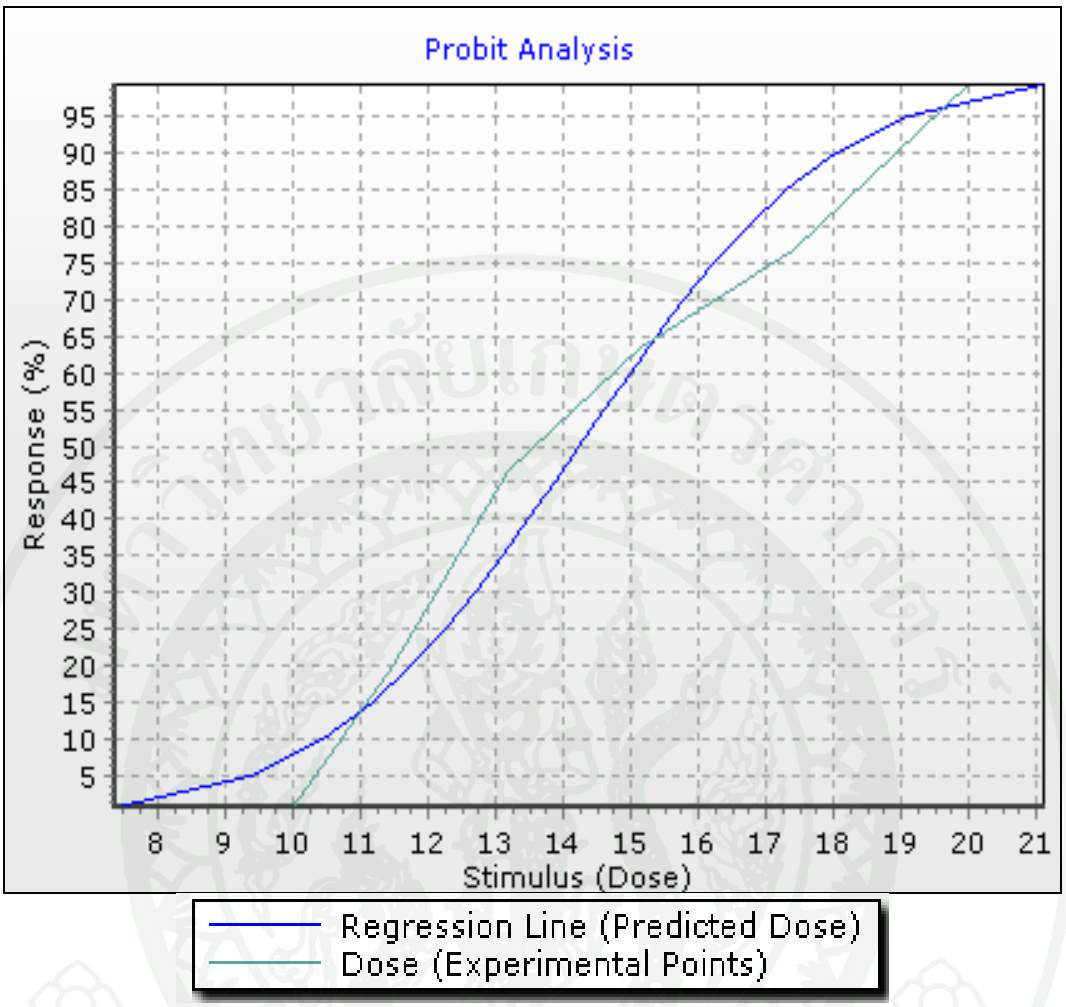
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลานิลตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 28 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่พีเอช 7.5

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
10	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
11.49	24	1	2	2	5	1.67	16.67
	48	1	2	3	6	2	20
	72	1	2	3	6	2	20
13.19	24	3	5	4	12	4	40
	48	4	5	5	14	4.67	46.67
	72	4	5	5	0	4.67	46.67
15.16	24	5	6	5	16	5.33	53.33
	48	6	6	7	19	6.33	63.33
	72	6	6	7	19	6.33	63.33
17.41	24	7	8	7	22	7.33	73.33
	48	7	8	8	23	7.67	76.67
	72	7	8	8	23	7.67	76.67
20	24	9	10	10	29	9.67	96.67
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่พีเอช 7.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิลที่พีเอช 8

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลานิลตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 10 และ 20 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 10, 11.49, 13.19, 15.16, 17.41 และ 20 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8 ต่อปลานิล น้ำหนักเฉลี่ย 1.2 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.1 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 29 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 11.49, 13.19, 15.16, 17.41 และ 20 พีพีเอ็มมีปลานิลตายเฉลี่ย 13.33, 30, 46.67, 66.67 และ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 11.49, 13.19, 15.16, 17.41 และ 20 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 16.67, 36.67, 53.33, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 11.49, 13.19, 15.16, 17.41 และ 20 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 16.67, 36.67, 53.33, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

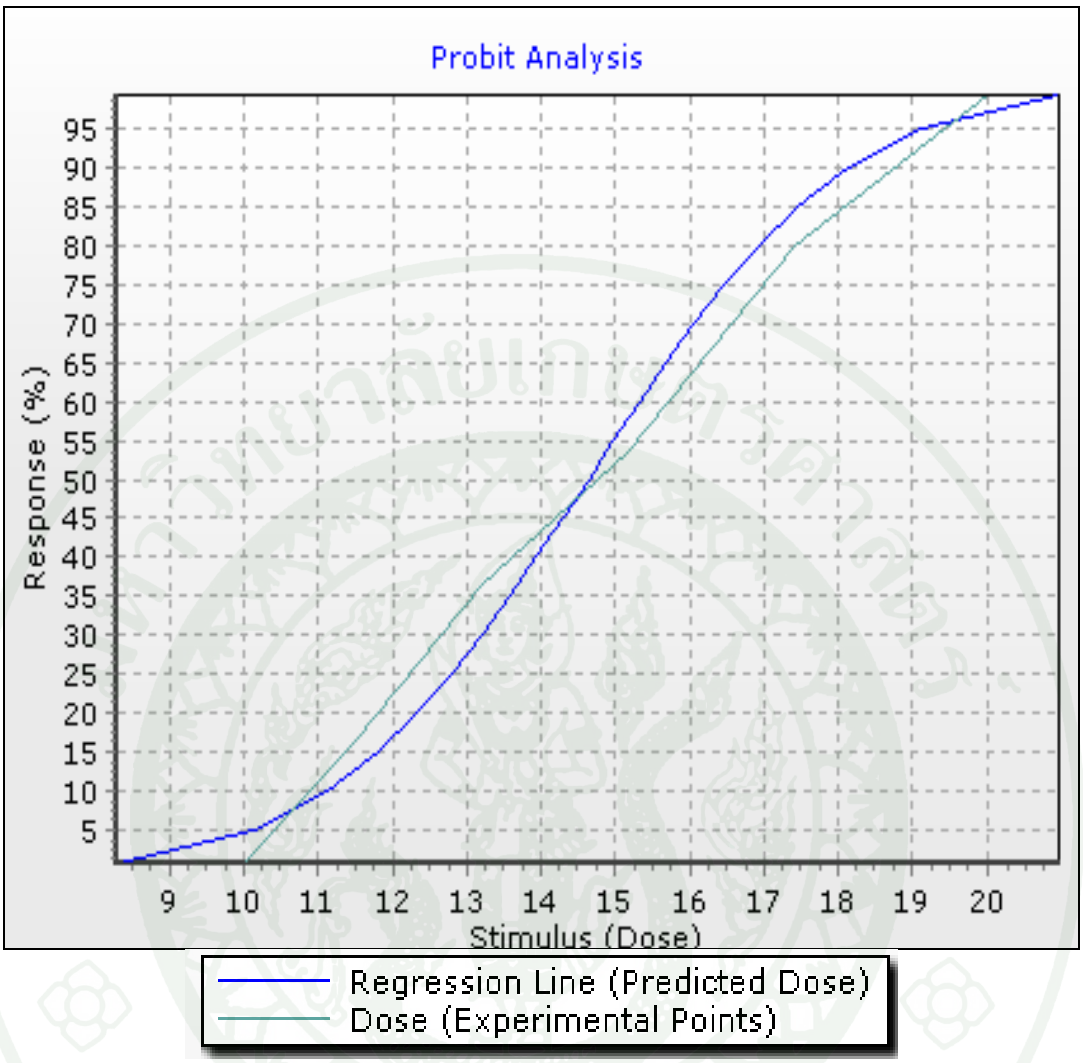
จากตารางที่ 29 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 14.62 พีพีเอ็ม (13.93- 15.32) แสดงไว้ในตารางที่ 31 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 21 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลานิลตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 32)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่พีเอช 8

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
10	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
11.49	24	1	2	1	4	1.33	13.33
	48	1	2	2	5	1.67	16.67
	72	1	2	2	5	1.67	16.67
13.19	24	2	4	3	9	3	30
	48	3	4	4	11	3.67	36.67
	72	3	4	4	11	3.67	36.67
15.16	24	4	5	5	14	4.67	46.67
	48	5	5	6	16	5.33	53.33
	72	5	5	6	16	5.33	53.33
17.41	24	6	7	7	20	6.67	66.67
	48	7	8	7	22	7.33	73.33
	72	7	8	7	22	7.33	73.33
20	24	8	9	9	26	8.67	86.67
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่พีเอช 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิลที่พีเอช 8.5

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลานิลตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลานิลตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 10 และ 25 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 10, 12.01, 14.43, 17.33, 20.81 และ 25 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8.5 ต่อปลานิล น้ำหนักเฉลี่ย 1.3 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 30 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 12.01, 14.43, 17.33, 20.81 และ 25 พีพีเอ็มมีปลานิลตายเฉลี่ย 6.67, 10, 13.33, 23.33 และ 63.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 12.01, 14.43, 17.33, 20.81 และ 25 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 16.67, 36.67, 53.33, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 10 ไม่มีปลานิลตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 12.01, 14.43, 17.33, 20.81 และ 25 พีพีเอ็ม มีปลานิลตายเฉลี่ย 16.67, 36.67, 53.33, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

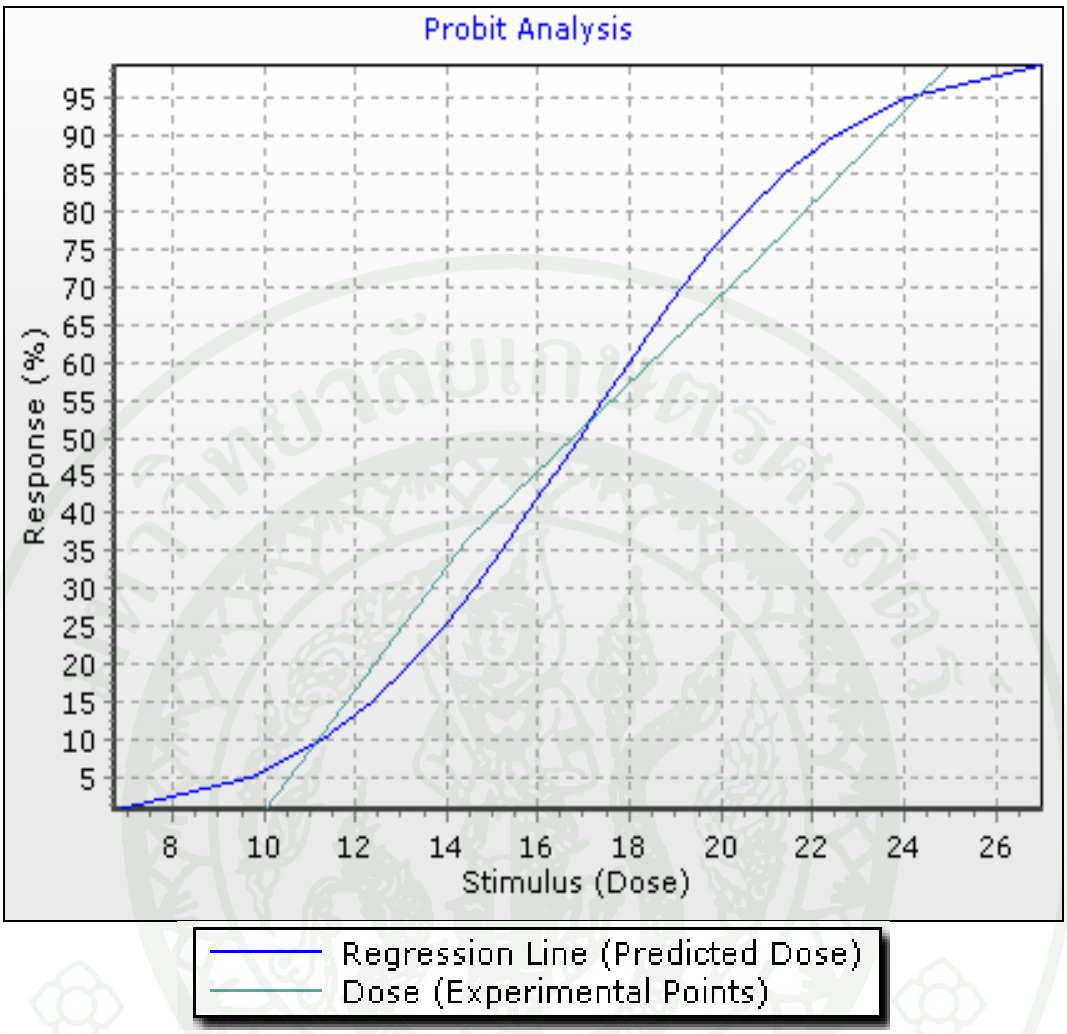
จากตารางที่ 30 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิลที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 16.88 พีพีเอ็ม (15.77- 17.99) แสดงไว้ในตารางที่ 31 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 22 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลานิลตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 32)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่พีเอช 8.5

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
10	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
12.01	24	0	1	1	2	0.67	6.67
	48	1	2	2	5	1.67	16.67
	72	1	2	2	5	1.67	16.67
14.43	24	1	1	1	3	1	10
	48	3	4	4	11	3.67	36.67
	72	3	4	4	11	3.67	36.67
17.33	24	1	2	1	4	1.33	13.33
	48	5	5	6	16	5.33	53.33
	72	5	5	6	16	5.33	53.33
20.81	24	2	2	3	7	2.33	23.33
	48	7	7	8	22	7.33	73.33
	72	7	7	8	22	7.33	73.33
25	24	7	6	6	19	6.33	63.33
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลานิล ที่พีเอช 8.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 31 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลานิล ที่พีเอช ต่างๆกัน ระดับความเค็ม 0 พีพีที ที่เวลา 72 ชั่วโมง

พีเอช	LC_{50} (พีพีเอ็ม)	ช่วงล่าง (พีพีเอ็ม)	ช่วงบน (พีพีเอ็ม)
7.5	14.26	13.50	15.01
8	14.62	13.93	15.32
8.5	16.88	15.77	17.99

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมที่ 72 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้ปลานิลตายครึ่งหนึ่ง ที่ 72 ชั่วโมง ที่พีเอชต่างกัน 7.5, 8 และ 8.5 ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 31 พบว่าค่า LC_{50} ของกากชา ที่พีเอช 7.5 มีค่าน้อยที่สุด และที่พีเอช 8 และ 8.5 มีค่ามากขึ้น ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ว่า เมื่อน้ำมีพีเอชต่ำ ความเป็นพิษของกากชาจะเพิ่มขึ้น แต่ค่า LC_{50} ของกากชา ที่พีเอชต่างกัน 3 ระดับ ในครั้งนี้ไม่แตกต่างกันมากนัก อาจจะเนื่องจากระดับพีเอชในแต่ละกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันเพียง 0.5 เท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 32 ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่พีเอชต่างๆ กัน ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อปลานิล

ก่อนใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
พีเอช 7.5	7.52	90	240	0.26	0.11
พีเอช 8	8.01	112	188	0.32	0.13
พีเอช 8.5	8.51	124	116	0.36	0.16
หลังใส่กากชา	**พีเอช**	**ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)**	**ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)**	**แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)**	**ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)**
พีเอช 7.5	7.89-8.04	110-138	248-396	0.36-0.87	0.30-0.51
พีเอช 8	7.93-8.17	120-138	176-244	0.41-0.83	0.25-0.71
พีเอช 8.5	8.13-8.27	160-184	192-300	0.39-0.85	0.19-0.62

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้ปลากะพงขาว ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 25 พีพีที ที่พีเอชต่างๆกัน ตายครึ่งหนึ่งภายใน 72 ชั่วโมง (LC_{50})

7.1 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาวที่พีเอช 7.5

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลากะพงขาวตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1 และ 9 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 1, 1.55, 2.41, 3.74, 5.8 และ 9 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 7.5 ต่อปลากะพงขาว น้ำหนักเฉลี่ย 1.32 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2.1 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกันภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 33 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.55, 2.41, 3.74, 5.8 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 16.67, 36.67, 56.67 และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.55, 2.41, 3.74, 5.8 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 13.33, 26.67, 46.67, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.55, 2.41, 3.74, 5.8 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 13.33, 26.67, 46.67, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 33 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 4.12 พีพีเอ็ม (3.57- 4.67) แสดงไว้ในตารางที่ 36 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 23 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลากะพงขาวตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 33 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชาที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่พีเอช 7.5

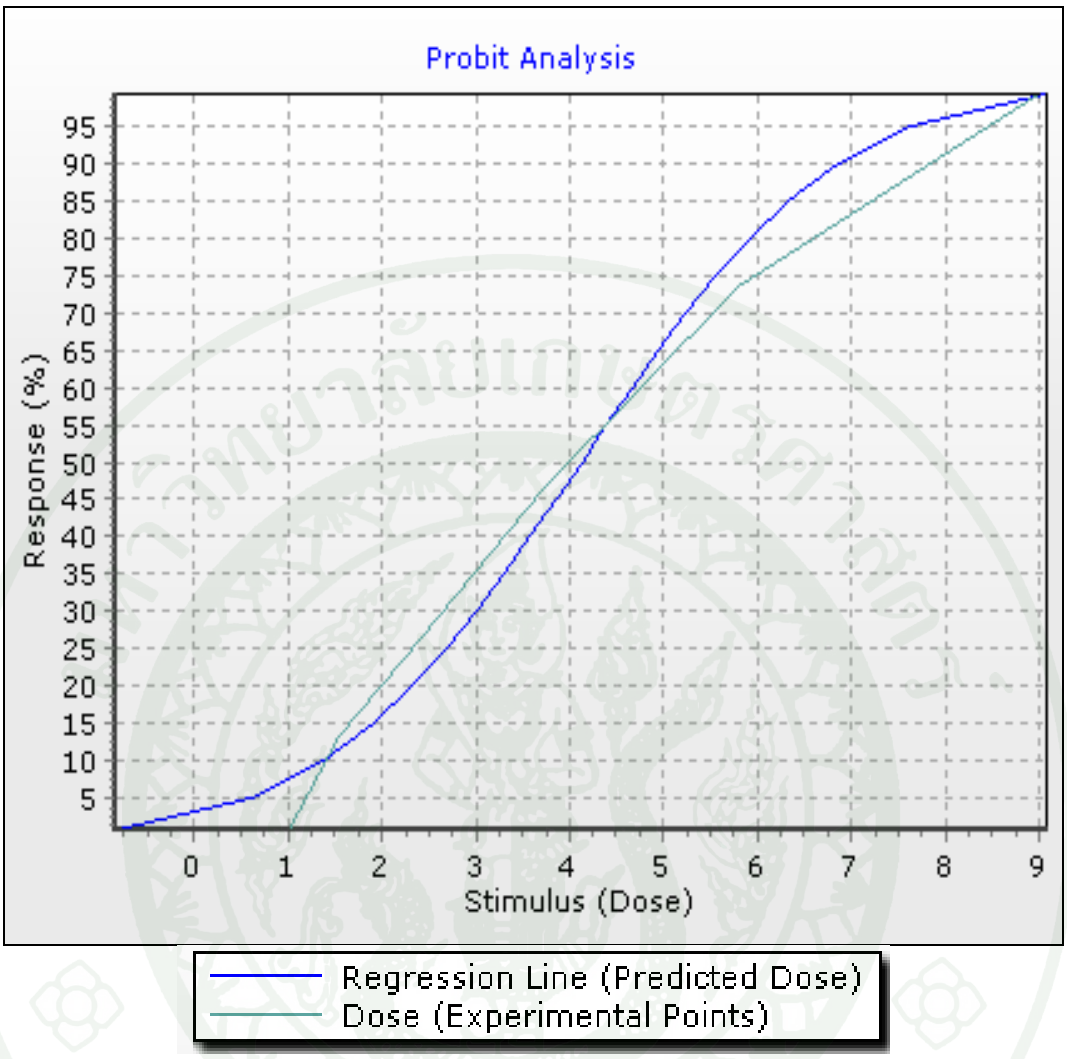
ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
1	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0	0
1.55	24	1	1	1	3	1	10
	48	1	2	1	4	1.33	13.33
	72	1	2	1	4	1.33	13.33
2.41	24	1	2	2	5	1.67	16.67
	48	2	3	3	8	2.67	26.67
	72	2	3	3	8	2.67	26.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
3.74	24	3	4	4	11	3.67	36.67
	48	4	5	5	14	4.67	46.67
	72	4	5	5	14	4.67	46.67
5.8	24	5	6	6	17	5.67	56.67
	48	7	7	8	22	7.33	73.33
	72	7	7	8	22	7.33	73.33
9	24	9	10	10	29	9.67	96.67
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่พีเอช 7.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาวที่พีเอช 8

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลากะพงขาวตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1 และ 9 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 1, 1.55, 2.41, 3.74, 5.8 และ 9 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8 ต่อปลากะพงขาว น้ำหนักเฉลี่ย 1.3 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกันภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 34 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.55, 2.41, 3.74, 5.8 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 6.67, 10, 23.33, 50 และ 93.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.55, 2.41, 3.74, 5.8 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 16.67, 36.67, 63.33และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.55, 2.41, 3.74, 5.8 และ 9 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 16.67, 36.67, 63.33และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

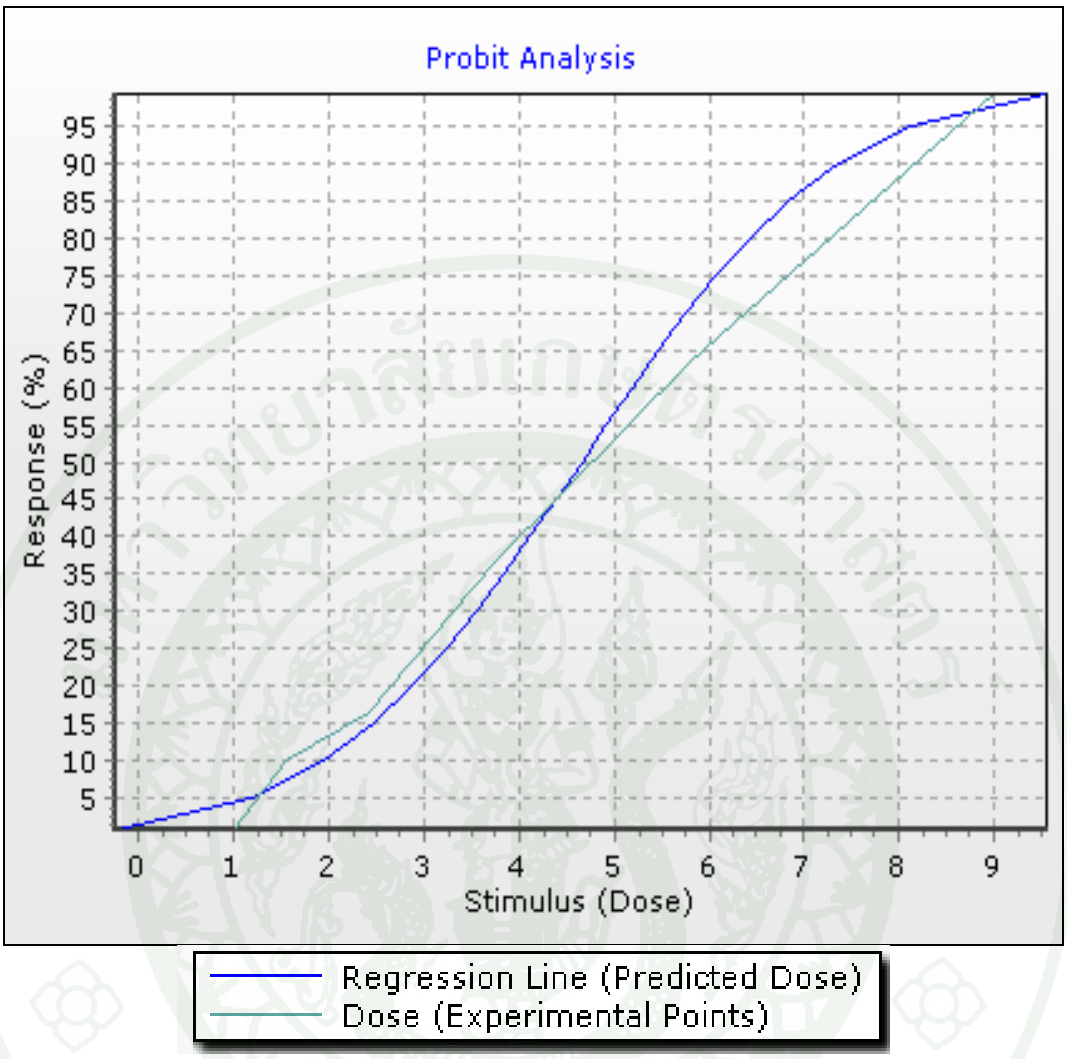
จากตารางที่ 34 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 4.65 พีพีเอ็ม (4.11- 5.19) แสดงไว้ในตารางที่ 36 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 24 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลากะพงขาวตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 37)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 34 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่พีเอช 8

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	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
1.55	24	1	0	1	2	0.67	6.67
	48	1	1	1	3	1	10
	72	1	1	1	3	1	10
2.41	24	2	0	1	3	1	10
	48	2	1	2	5	1.67	16.67
	72	2	1	2	5	1.67	16.67
3.74	24	3	2	2	7	2.33	23.33
	48	3	4	4	11	3.67	36.67
	72	3	4	4	11	3.67	36.67
5.8	24	4	5	6	15	5	50
	48	6	6	7	19	6.33	63.33
	72	6	6	7	19	6.33	63.33
9	24	9	9	10	28	9.33	93.33
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่พีเอช 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.3 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาวที่พีเอช 8.5

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้ปลากะพงขาวตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1 และ 11 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 1, 1.62, 2.61, 4.21, 6.81 และ 11 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8.5 ต่อปลากะพงขาว น้ำหนักเฉลี่ย 1.3 กรัม ความยาวเฉลี่ย 2 .1 นิ้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกันภายในเวลา 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 35 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.62, 2.61, 4.21, 6.81 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 6.67, 16.67, 26.67, 53.33 และ 76.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.62, 2.61, 4.21, 6.81 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 23.33, 43.33, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 1 พีพีเอ็ม ไม่มีปลากะพงขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.62, 2.61, 4.21, 6.81 และ 11 พีพีเอ็ม มีปลากะพงขาวตายเฉลี่ย 10, 23.33, 43.33, 73.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

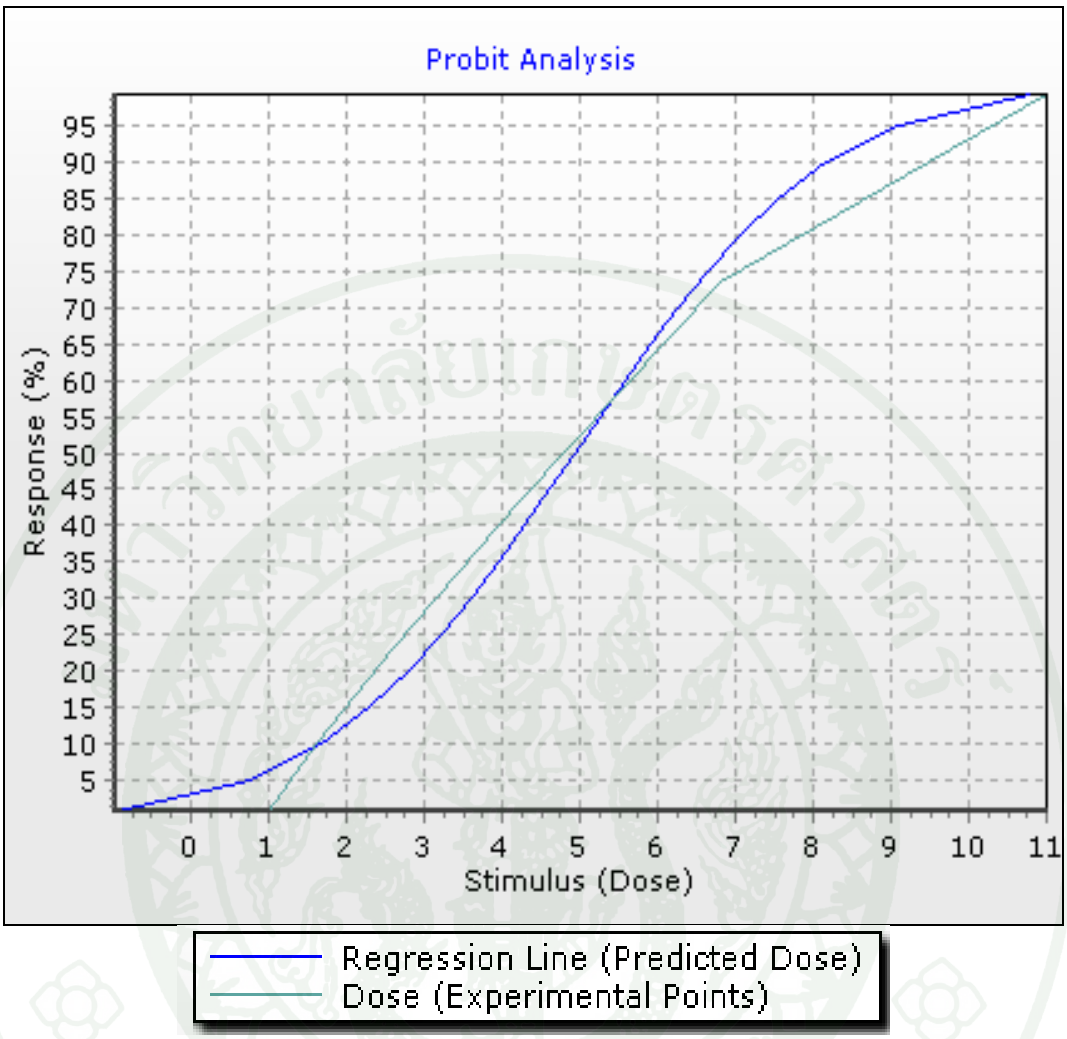
จากตารางที่ 35 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาวที่ 72 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 4.92 พีพีเอ็ม (4.28- 5.57) แสดงไว้ในตารางที่ 36 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 25 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าปลากะพงขาวตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 37)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 35 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 72 ชั่วโมง ที่พีเอช 8.5

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
	72	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
1.62	24	1	0	1	2	0.67	6.67
	48	1	1	1	3	1	10
	72	1	1	1	3	1	10
2.61	24	1	2	2	5	1.67	16.67
	48	2	3	2	7	2.33	23.33
	72	2	3	2	7	2.33	23.33
4.21	24	2	3	3	8	2.67	26.67
	48	4	4	5	13	4.33	43.33
	72	4	4	5	13	4.33	43.33
6.81	24	4	6	6	16	5.33	53.33
	48	7	7	8	22	7.33	73.33
	72	7	7	8	22	7.33	73.33
11	24	7	8	8	23	7.67	76.67
	48	10	10	10	30	10	100
	72	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของปลากะพงขาว ที่พีเอช 8.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 36 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อปลากะพงขาว ที่พีเอช ต่างๆกัน ระดับความเค็ม 25 พีพีที ที่เวลา 72 ชั่วโมง

พีเอช	LC_{50} (พีพีเอ็ม)	ช่วงล่าง (พีพีเอ็ม)	ช่วงบน (พีพีเอ็ม)
7.5	4.12	3.57	4.67
8	4.65	4.11	5.19
8.5	4.92	4.28	5.57

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมที่ 72 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้ปลากะพงขาวตายครึ่งหนึ่ง ที่ 72 ชั่วโมง ที่พีเอชต่างกัน 7.5, 8 และ 8.5 ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 36 พบว่าค่า LC_{50} ของกากชา ที่พีเอช 7.5 มีค่าน้อยที่สุด และที่พีเอช 8 และ 8.5 มีค่ามากขึ้น ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ว่า เมื่อพีเอชต่ำ ความเป็นพิษของกากชาจะมากขึ้น แต่ค่า LC_{50} ของกากชา ที่พีเอชทั้ง 3 ระดับ ในครั้งนี้ไม่แตกต่างกันมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 37 ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่พีเอชต่างๆ กัน ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อปลากะพงขาว

ก่อนใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
พีเอช 7.5	7.51	42	8,000	0.34	0.35
พีเอช 8	8.01	90	6,988	0.31	0.05
พีเอช 8.5	8.52	222	6,744	0.37	0.12
หลังใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
พีเอช 7.5	7.72-7.97	70-156	6,872-7,724	0.36-0.92	0.38-0.47
พีเอช 8	8.12-8.14	82-104	6,600-7,212	0.34-0.91	0.08-0.29
พีเอช 8.5	8.47-8.50	238-256	7,188-7,628	0.37-0.93	0.24-0.49

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. ผลการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาที่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 25 พีพีที ที่พีเอชต่างๆกัน ตายครึ่งหนึ่งภายใน 48 ชั่วโมง (LC_{50})

8.1 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 7.5

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 100 และ 650 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 100, 145.41, 211.43, 307.43, 447.02 และ 650 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 7.5 ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเฉลี่ย 0.12 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไม ที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 38 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 145.41, 211.43, 307.43, 447.02 และ 650 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งขาวตายเฉลี่ย 10, 16.67, 26.67, 60 และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 145.41, 211.43, 307.43, 447.02 และ 650 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งขาวตายเฉลี่ย 10, 23.33, 46.67, 66.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 38 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ 48 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 343.82 พีพีเอ็ม (306.08- 381.56) แสดงไว้ในตารางที่ 41 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 26 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ

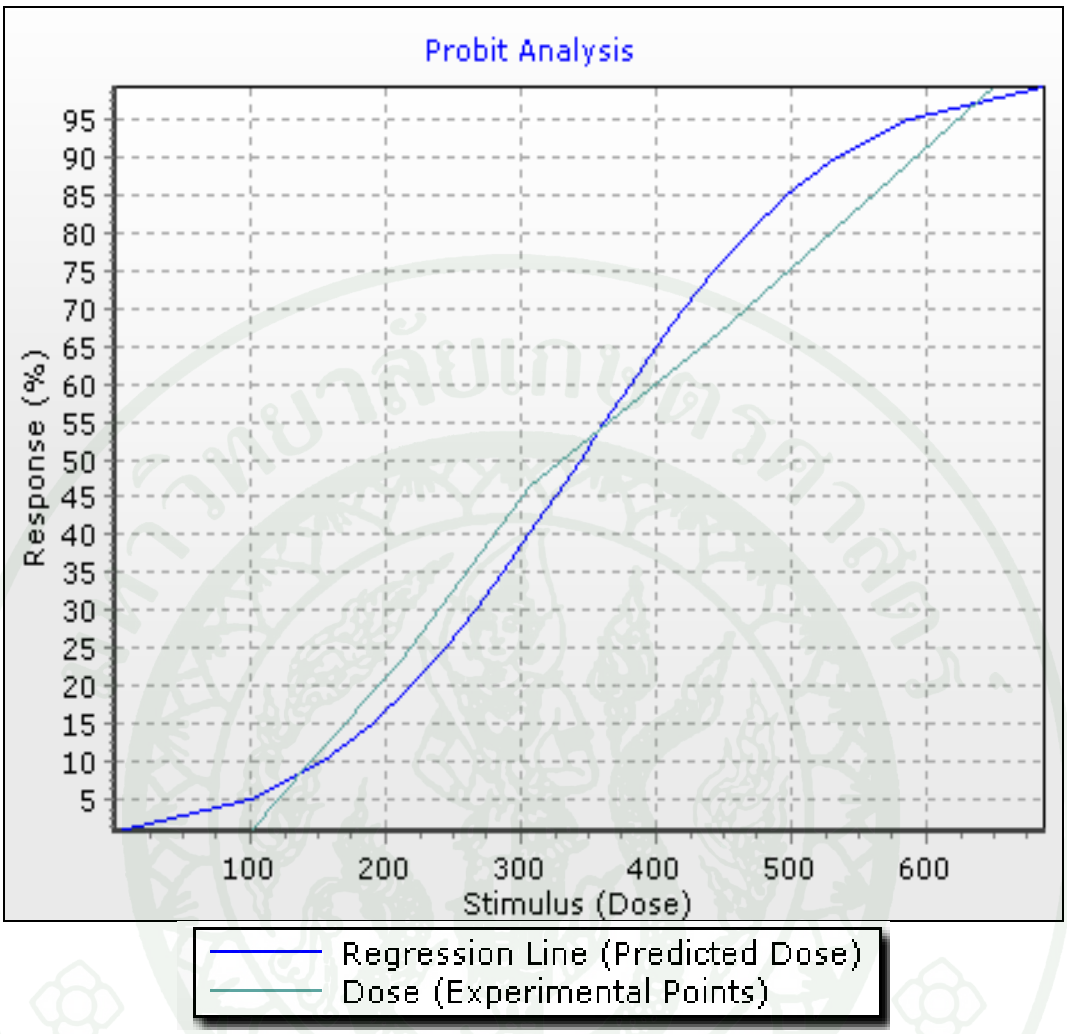
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าลูกกุ้งขาวแวนนาไมตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 42)

ตารางที่ 38 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ที่พีเอช 7.5

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
100	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
145.41	24	1	1	1	3	1	10
	48	1	1	1	3	1	10
211.43	24	1	2	2	5	1.67	16.67
	48	2	2	3	7	2.33	23.33
307.43	24	2	3	3	8	2.67	26.67
	48	4	5	5	14	4.67	46.67
447.02	24	5	7	6	18	6	60
	48	6	7	7	20	6.67	66.67
650	24	9	10	10	29	9.67	96.67
	48	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 7.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.2 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 8

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 100 และ 700 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 100, 147.58, 217.79, 321.41, 474.33 และ 700 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8 ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเฉลี่ย 0.12 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไม ที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 39 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 147.58, 217.79, 321.41, 474.33 และ 700 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งขาวตายเฉลี่ย 6.67, 13.33, 26.67, 63.33 และ 83.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 147.58, 217.79, 321.41, 474.33 และ 700 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งขาวตายเฉลี่ย 10, 23.33, 46.67, 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

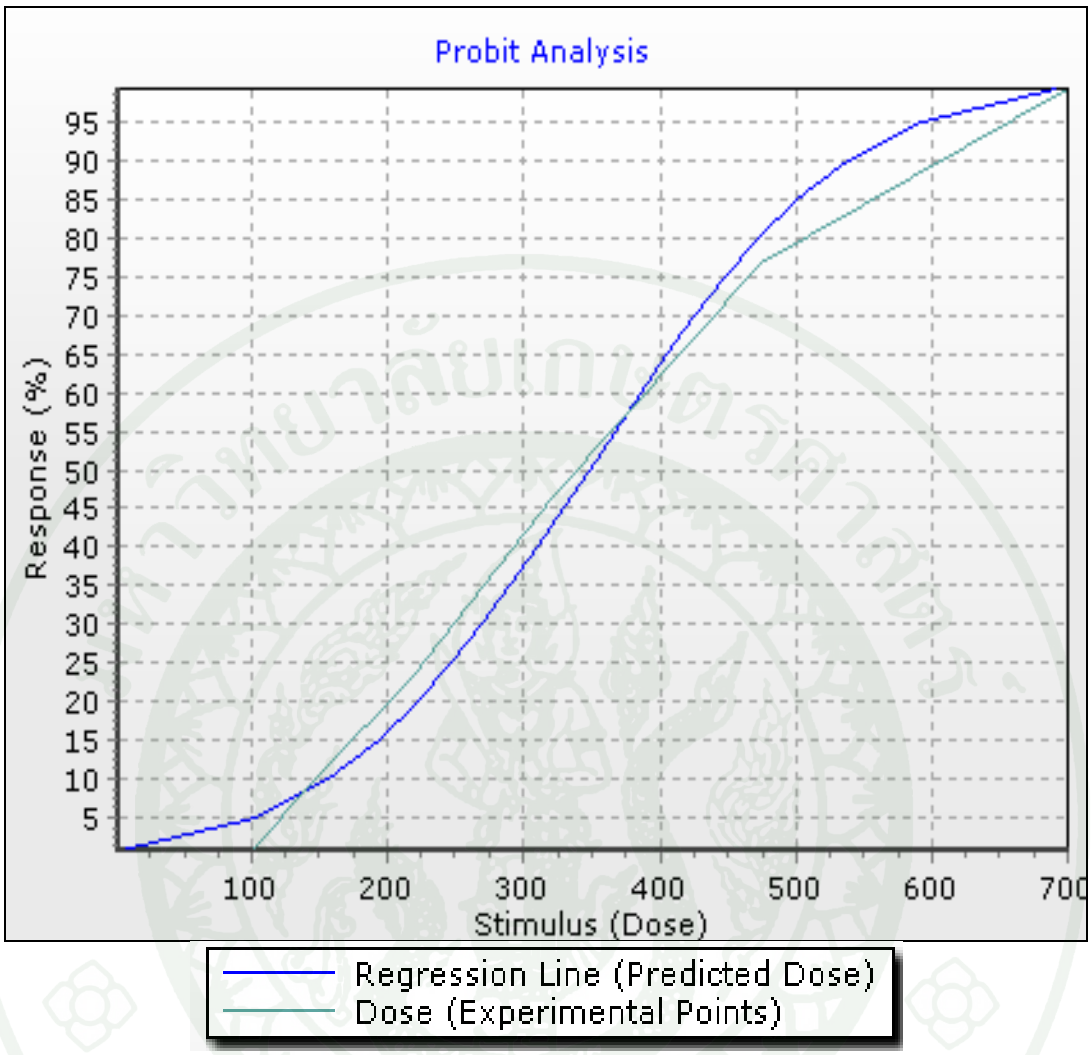
จากตารางที่ 39 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ 48 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 347.53 พีพีเอ็ม (309.57- 385.50) แสดงไว้ในตารางที่ 41 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 27 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าลูกกุ้งขาวแวนนาไมตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 42)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 39 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ที่พีเอช 8

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม	24	0	0	0	0	0	0
(0)	48	0	0	0	0	0	0
100	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
147.58	24	0	1	1	2	0.67	6.67
	48	1	1	1	3	1	10
217.79	24	1	1	2	4	1.33	13.33
	48	2	2	3	7	2.33	23.33
321.41	24	2	3	3	8	2.67	26.67
	48	4	5	5	14	4.67	46.67
474.33	24	6	7	6	19	6.33	63.33
	48	6	8	7	21	7	70
700	24	9	8	8	25	8.33	83.33
	48	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.3 พิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 8.5

จากการทดลองในขั้นต้น พบว่า ระดับความเข้มข้นสูงสุดของกากชา ที่ไม่ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุด ที่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 100 และ 700 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และเมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับความเข้มข้นตามมาตราส่วนลอกการิทึม เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นละเอียด 6 ระดับความเข้มข้น ได้ดังนี้ 100, 147.58, 217.79, 321.41, 474.33 และ 700 พีพีเอ็ม

จากการศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชา ที่พีเอช 8.5 ต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเฉลี่ย 0.11 กรัม ได้ผลการศึกษาดังนี้

เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไม ที่ระดับความเข้มข้นของกากชาต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 40 โดยในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ไม่มีลูกกุ้งขาวตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 147.58, 217.79, 321.41, 474.33 และ 700 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้งขาวตายเฉลี่ย 6.67, 13.33, 23.33, 50 และ 76.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อครบเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 100 ไม่มีลูกขาวกุ้งตาย แต่ที่ระดับความเข้มข้น 147.58, 217.79, 321.41, 474.33 และ 700 พีพีเอ็ม มีลูกกุ้ขาวงตายเฉลี่ย 10, 23.33, 43.33, 66.67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

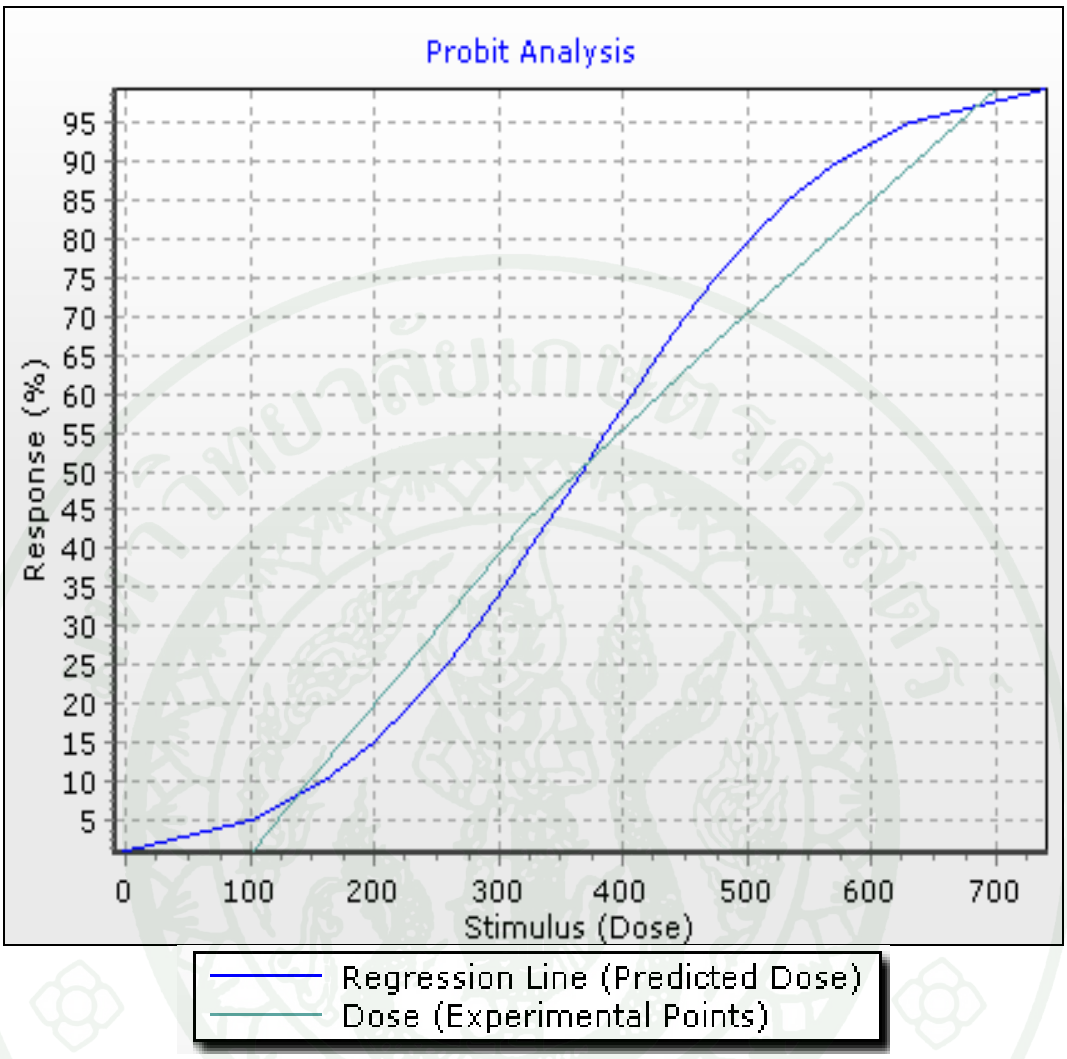
จากตารางที่ 40 เมื่อนำเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ 48 ชั่วโมง มาคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ StatPlus 2009 โดยวิธี Probit Analysis เพื่อหาค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง ตามวิธีของ Finney (1971) มีค่าเท่ากับ 366.2 พีพีเอ็ม (325.05- 407.34) แสดงไว้ในตารางที่ 41 และกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิท แสดงไว้ในภาพที่ 28 ทุกกลุ่มการทดลองมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งก่อน และหลังการเติมกากชา ซึ่งมีค่าพีเอช ค่าความกระด้าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ โดยคุณภาพน้ำนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติเหมาะสมต่อสัตว์น้ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย และค่าไนไตรท์ที่มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ แต่ในกลุ่มควบคุมสัตว์ทดลองยังคงมีชีวิตรอดทั้งหมด แสดงว่าลูกกุ้งขาวแวนนาไมตายเนื่องจากความเป็นพิษของกากชา (ตารางที่ 42)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 40 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 เนื่องจากพิษเฉียบพลันของกากชา ที่ความเข้มข้นต่างกัน ภายในเวลา 48 ชั่วโมง ที่พีเอช 8.5

ความเข้มข้นของกากชา (พีพีเอ็ม)	เวลาที่สังเกต (ชั่วโมง)	จำนวนซ้ำ			รวม	เฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์
		1	2	3			
กลุ่มควบคุม (0)	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
100	24	0	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0	0
147.58	24	0	1	1	2	0.67	6.67
	48	1	1	1	3	1	10
217.79	24	2	1	1	4	1.33	13.33
	48	2	3	2	7	2.33	23.33
321.41	24	2	2	3	7	2.33	23.33
	48	4	4	5	13	4.33	43.33
474.33	24	4	5	6	15	5	50
	48	5	7	8	20	6.67	66.67
700	24	7	8	8	23	7.67	76.67
	48	10	10	10	30	10	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์โพรบิทของความเข้มข้นกากชา ต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 8.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 41 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช ต่างๆกัน ระดับความเค็ม 25 พีพีที ที่เวลา 48 ชั่วโมง

พีเอช	LC_{50} (พีพีเอ็ม)	ช่วงล่าง (พีพีเอ็ม)	ช่วงบน (พีพีเอ็ม)
7.5	343.82	306.08	381.56
8	347.53	309.57	385.50
8.5	366.2	325.05	407.34

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมที่ 48 ชั่วโมง ไปวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้ลูกกุ้งขาวตายครึ่งหนึ่ง ที่ 48 ชั่วโมง ที่พีเอชต่างกัน 7.5, 8 และ 8.5 ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 36 พบว่าค่า LC_{50} ของกากชา ที่พีเอช 7.5 มีค่าน้อยที่สุด และที่พีเอช 8 และ 8.5 มีค่ามากขึ้น ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ว่า เมื่อพีเอชต่ำ ความเป็นพิษของกากชายิ่งมากขึ้น แต่ค่า LC_{50} ของกากชา ที่พีเอชแตกต่างกันในครั้งนี้ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งพีเอชมีผลต่อความเป็นพิษของกากชาสำหรับลูกกุ้งขาวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 42 ค่าพิสัยของคุณภาพน้ำก่อน และหลังใส่กากชาที่พีเอชต่างๆ กัน ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10

ก่อนใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
พีเอช 7.5	7.52	198	6,288	0.36	0.09
พีเอช 8	8.01	184	6,892	0.35	0.20
พีเอช 8.5	8.52	124	6,808	0.38	0.24
หลังใส่กากชา	พีเอช	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
พีเอช 7.5	7.71-7.86	88-212	5,448-6,848	0.39-0.92	0.10-0.49
พีเอช 8	7.93-8.09	78-138	3,240-7,208	0.35-0.87	0.28-0.52
พีเอช 8.5	8.09-8.31	64-132	2,960-6,824	0.39-0.89	0.32-0.99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 43 ค่า LC_{50} ของกากชาต่อสัตว์ทดลองแต่ละชนิด ที่พีเอชต่างกัน

สัตว์ทดลอง	ค่าLC_{50} (พีพีเอ็ม)
หอยขี้นก พีเอช 7.5, 8 และ 8.5	42.39, 44.66 และ 46.93
ปลานิล พีเอช 7.5, 8 และ 8.5	14.26, 14.62 และ 16.88
ปลากะพงขาว พีเอช 7.5, 8 และ 8.5	4.12, 4.65 และ 4.92
กุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 พีเอช 7.5, 8 และ 8.5	343.82, 347.53 และ 366.2

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงว่า พีเอชอาจจะมีผลเล็กน้อยต่อความเป็นพิษของกากต่อสัตว์ทดลองต่างๆ เมื่อพีเอชต่ำ กากชายิ่งมีความเป็นพิษมากขึ้น อาจจะเนื่องมากจากคุณสมบัติ สารซาโปนิน ที่รายงานโดย นิตยา (2523) ที่กล่าวว่าสารซาโปนินมีคุณสมบัติเป็นกรด ฉะนั้นเมื่อพีเอชต่ำ ความเป็นพิษจึงสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9. พฤติกรรมการตายของสัตว์ทดลองแต่ละชนิดเมื่อได้รับกากชา

หอยขี้นก

จากการสังเกตพฤติกรรมการตอบสนองของหอยขี้นกที่ไม่ได้รับ และได้รับกากชาในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า หอยที่มีพฤติกรรมปกติจะมีพฤติกรรม คือ หอยจะมีการคืบคลานไปใต้น้ำตามพื้นภาชนะทดลอง บางส่วนปีนขึ้นข้างผนังภาชนะทดลองมีการเปิดของฝาปิดเปลือก โดยยื่นส่วนหัว ส่วนคอ แผ่นเท้า เทนทาเคิล ตา และไซฟอนออกมานอกเปลือก โดยหอยในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับกากชาจะมีพฤติกรรมเช่นนี้ ส่วนหอยที่มีลักษณะผิดปกติเมื่อได้รับกากชา คือ ส่วนหัว ส่วนคอ แผ่นเท้า เทนทาเคิล ตา และไซฟอนจะหดเข้าในเปลือก และปิดฝาแน่น บางส่วนมีการยื่นอวัยวะเหล่านี้ออกมา มีการขับเมือกออกมามากอยู่บริเวณปากเปลือก หอยบางส่วนเมื่อได้รับสารในช่วงเวลา 72 ชั่วโมงขึ้นไป จะยื่นอวัยวะส่วนต่าง ๆ ออกมา ไม่สามารถหดตัวเข้าในเปลือกได้ตามปกติ กล้ามเนื้อส่วนเท้าจะเกร็งไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อใช้วัตถุสัมผัส และไม่มีการคืนตัวของกล้ามเนื้อบริเวณที่ทดสอบไม่มีการคืบคลานตามพื้นภาชนะทดลอง และบริเวณปากจะขับเมือกออกมามาก บริเวณก้นภาชนะทดลองสังเกตเห็นตะกอนของกากชา

ปลานิล

การสังเกตพฤติกรรมของปลานิลหลังได้รับกากชา ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า ปลานิลในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับกากชา จะมีการว่ายน้ำปกติในโหลทดลอง ส่วนปลานิลที่ได้รับกากชาในระดับที่เพิ่มมากขึ้น จะมีการว่ายน้ำที่ช้าลง ปลาจะหายใจถี่ขึ้น สังเกตจากมีการเปิดปิดของoperculum มากขึ้น และในที่สุดจะตายลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ เนื่องจากการใช้เครื่องให้อากาศ และปลาที่ตายบางส่วนจะอยู่บริเวณพื้นโหลทดลอง ปากจะอ้าและ operculum จะเปิด ลำตัวมีสีขาวขุ่น

ปลากะพงขาว

การสังเกตพฤติกรรมของปลากะพงขาวหลังได้รับกากชา ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในช่วงเวลาต่างๆ กัน พบว่า ปลากะพงขาวที่ไม่ได้รับกากชา จะมีการว่ายน้ำปกติในโหลทดลอง ส่วนปลากะพงขาวที่ได้รับความเข้มข้นของกากชาที่สูงขึ้น จะมีการว่ายน้ำที่ช้าลง มีการเปิดปิดของoperculum มากขึ้น และเมื่อตายบางตัวจะลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ และบริเวณพื้นโหลทดลอง ปากจะอ้า และ operculum จะเปิดค้าง ลำตัวมีสีขาวขุ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10

พฤติกรรมการตายของลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับกากชา ที่ทุกระดับความเข้มข้น ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก บางส่วนยังคงมีพฤติกรรมปกติ แต่มีบางส่วนที่ตายที่บริเวณพื้นภาชนะทดลอง ไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเมื่อเขี่ยด้วยวัตถุและบางตัวจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาวขุ่นต่อมาระดับความเข้มข้นของกากชาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด ทำให้ลูกกุ้งขาวมีเปอร์เซ็นต์ตายสะสมไม่เปลี่ยนแปลงมากเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง การที่ปรากฏการตายอีกเล็กน้อยต่อไปอีก อาจเนื่องมาจากสารซาโปนินเป็นสารที่สลายตัวได้เร็ว และลดความเป็นพิษลงเรื่อยๆ (Lennon *et al*., 1970; Anon, 1978) จนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่ง บุญลือ (2500) รายงานว่า สารซาโปนินเป็นสารที่สลายตัวง่าย ความเป็นพิษจึงหมดไปเร็ว ซึ่งการเสื่อมพิษของซาโปนินที่สกัดจากกากชา จะเริ่มเสื่อมพิษในเวลา 7 วัน และความเป็นพิษจะหมดไปประมาณ 14 วัน (ประพันธ์, 2518) แต่มีบางรายงานเสนอว่า ซาโปนินจะสลายตัวในระยะเวลา 2-3 วัน (Anon, 1978)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปผลการศึกษา

1. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นก ที่ความเค็ม 10, 20 และ 30 พีพีที พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 65.98, 54.73 และ 44.18 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

2. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อหอยขี้นก ที่พีเอช 7.5, 8 และ 8.5 พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 42.39, 44.66 และ 46.93 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

3. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิล ที่ความเค็ม 0, 5 และ 10 พีพีที พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 26.69, 17.99 และ 9.4 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

4. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิล ที่พีเอช 7.5, 8 และ 8.5 พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 14.26, 14.62 และ 16.88 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

5. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาว ที่ความเค็ม 0, 10, 20 และ 30 พีพีที พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 9.32, 8.28, 5.3 และ 3.02 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

6. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลากะพงขาว ที่พีเอช 7.5, 8 และ 8.5 พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 4.12, 4.65 และ 4.92 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

7. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่ความเค็ม 5, 15 และ 30 พีพีที พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 270.14, 423.99 และ 416.14 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

8. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของกากชาต่อกุ้งขาวแวนนาไม ระยะโพสลาร์วา 10 ที่พีเอช 7.5, 8 และ 8.5 พบว่า ค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 343.82, 347.53 และ 366.2 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

9. ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า กากชามีความเป็นพิษต่อปลาและหอยขี้นกมากกว่ากุ้ง

10. ความเป็นพิษของกากชาเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นและความเป็นพิษของกากชาเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ความเข้มข้นของกากชาที่เหมาะสมในการกำจัดหอยขี้นก และปลาที่ระดับความเค็ม20-30 พีพีที เท่ากับ 80-100 พีพีเอ็ม (128-160 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนในน้ำจืด ควรใช้ในปริมาณ100-120 พีพีเอ็ม (160-192 กิโลกรัม/ไร่) โดยกากชาที่ระดับความเข้มข้นนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม

2. การใช้กากชาในบ่อกุ้งนั้น ควรมีการลดระดับน้ำก่อนใช้กากชา เพื่อประหยัดปริมาณกากชาที่จะใช้ และเพื่อเจือจางความเข้มข้นของกากชาในบ่อ เพราะถึงแม้ว่ากากชาจะมีการสลายตัวได้ในเวลา 12 ชั่วโมง แต่การสลายตัวดำเนินไปอย่างช้าๆ

3. กากชา ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการใช้กำจัดหอยขี้นก และปลาชนิดต่างๆ ในการเตรียมบ่อก่อนทำการปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไม เพราะมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยต่อลูกกุ้งขาวแวนนาไม นอกจากนั้นยังมีประสิทธิภาพสูงในน้ำที่มีความเค็มสูงด้วย

4. การใช้กากชาในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีหอยขี้นกปริมาณมาก ขณะที่เตรียมบ่อหรือเตรียมน้ำเพื่อปล่อยลูกกุ้งจะมีหอยขี้นกระยะตัวเต็มวัย ดังนั้นควรศึกษาความเข้มข้นของกากชาที่สามารถกำจัดหอยขี้นกระยะตัวเต็มวัยในตามสภาพความเป็นจริงในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษณา รัตนอาภา. 2540. **ผลกระทบของหอยขี้นก (*Cerithium* sp. Bruguiere) ต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) แบบพัฒนาระบบปิด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุพรรณ สุขกฤต. 2520. **ระดับความเข้มข้นของสารซาโปนิน โรติโนนและโซเดียมไซยาไนด์ที่เป็นพิษต่อปลาช่อน ปลาดุก และปลานิล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราภรณ์ ไตรศักดิ์. 2533. **ระยะเวลาการลอกคราบของกุ้งกุลาดำขนาดต่างๆ และการทดลองกระตุ้นการลอกคราบ โดยการเปลี่ยนน้ำ การปรับความเค็ม การตัดก้านตา และการใช้กากชา.** วิทยานิพนธปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2543. **กุ้งไทย 2000 สู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม.** โรงพิมพ์เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย**. สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ. 2547. บริษัท เมจิค พับบลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

ชัยเชษฐ รจิตรปริญญา, ยิ่งยง เจียมเจริญสิน และ วิเชษฐ อิ่มสุขใจ. 2518. พิษของกากชาต่อปลากุ้ง และปูน้ำกร่อยบางชนิด. **วารสารการประมง** 28 (5): 397 –399.

โชติ สุวัตถิ. 2509. **หอยเมืองไทย.** คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ.

ธนาภรณ์ จิตตบาลพงศ์. 2524. **พิษของซาโปนินที่มีต่อสัตว์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิตยา สุระพัฒน์. 2523. **พิษของสารซาโปนินที่มีต่อกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) ขนาดต่างๆ และปลาน้ำจืดบางชนิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2521. **หลักการเลี้ยงกุ้งทะเล.** คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญลือ สมบูรณ์วงศ์. 2520. การใช้"แต้จี่โคว" กำจัดศัตรูในบ่อปลา **วารสารประมง**10: 153-154.

ประพันธ์ ธารบุปผา. 2524. การศึกษาและทดลองค้นคว้าการใช้เมล็ดชากำจัดศัตรูกุ้ง. **เอกสารวิชาการ** ฉบับที่ 6. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ปาริชาต อุปทุม. 2552. **อิทธิพลของสารซาโปนินจากกากเมล็ดชาต่อความเป็นพิษ และเอนไซม์เอสเทอเรสกลูทาไทโอน-เอส-ทรานสเฟอเรสต่อสัตว์และศัตรูพืชบางชนิด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรเลิศ จันทร์รัชชกูล, เจ เอฟ เทอร์นบอล และ ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2537. **คู่มือการเลี้ยงและป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ**. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ. กรมประมง. เกษตรกลางบางเขน. จตุจักร, กรุงเทพฯ.

ภิญโญ เกียรติภิญโญ. 2545. **วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. แวนนาไม.** กรุงเทพฯ.

ยนต์ มุสิก. 2530. เคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำ เตรียมบ่อ และกำจัดศัตรูในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. น. 73–76. *ใน* โรคกุ้งและการใช้เคมีภัณฑ์. **เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ครั้งที่1**. ชมรมวิทยาศาสตร์การประมงและคณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิลา เรืองแป้น และ รังสิไชย ทับแก้ว. 2539. การทดลองใช้สารเบลูสไซด์กำจัดหอยเจดีย์. **วารสารการประมง** 49 (2): 163-170.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วสันต์ สรรประดิษฐ์ และ ธนงศักดิ์ ภิรมชาติ. 2518. การกำจัดหอยในนากุ้ง. **วารสารการประมง** 28 (1): 27–35.

วันทนา อยู่สุข. 2541. **หอยทะเล**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณา รัตนโกสีย์กิจ และ ศุภชัย สัมมาวุฒิ. 2529. พิษเฉียบพลันของเบรสเตน-60 ต่อลูกกุ้งแชบ๊วย, น. 10-17. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 24 (สาขาประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณา รัตนโกสีย์กิจ และ ศุภชัย สัมมาวุฒิ. 2531. พิษเฉียบพลันของเบรสแตน-60 ต่อลูกกุ้งกุลาดำ. **เอกสารวิชาการ** ฉบับที่ 5. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สุชาติ อุปภัมภ์, มาลียา เครือตาชู, เยาวลักษณ์ จิตรามวงศ์ และ ศิริวรรณ จันทเตมีย์. 2538. **สังขวิทยา**. ศักดิโสภาการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สุนันท์ ทวยเจริญ, ผานิต วรอินทร์ และ วรรณา รัตนโกสีย์กิจ. 2537. ผลกระทบของการใช้เบรสเตน-60 ต่อเนื้อเยื่อหอยแครง. **เอกสารวิชาการฉบับที่** 3/2527. กองประมงน้ำกร่อย, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุมนตรา พงษ์พานิชย์, สุรีย์พร นุ่นชะนา, ภัทราภรณ์ กองศรี, เพ็ญผกา สิริวัฒนสกุล, ฐิตินันท์ อึ้งวนารัชต์, จารุนันต์ โตสะอาด และ หนึ่งนุช สิริวเสรี. 2538. **ผลการฝึกงานศูนย์ส่งเสริมการเลี้ยงกุ้งฟาร์มปากพนัง 2.** บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหารสัตว์น้ำ จำกัด (มหาชน), นครศรีธรรมราช.

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการทดลอง.** ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อำนวยโชค เวชกุล. 2546. **การศึกษาประสิทธิภาพของเมทัลดีไฮด์ในการควบคุมหอยขี้นก (*Cerithidea cingulata* Gmelin) และพิษเฉียบพลันต่อกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) วัยอ่อน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

Anon. 1978. **International encyclopedia of chemical science**. D. Van nostrand Company, New York.

APHA, AWWA and AWCA. 1995. **Standard Methods for Examination Water and Wastewater.** 20th ed., United Book Press, Maryland.

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

Boyd, C.E. and A.W. Fast. 1992. **Pond Monitoring and Management.** *In* A.W. Fast and L.J. Lester. Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Amsterdam: Elsevier Science B.V.

Chen, J.C., and K.W. Chen. 1996. Hemolymph oxyhemocyanin, protein levels, acid-base balance, and ammonia and urea excretions of *Penaeus japonicus* exposed to saponin at different salinity levels. **Aquat. Toxicol.** 36: 115-128.

Chen, J.C., K.W. Chen. and J.M. Chen. 1996. Effects on survival, growth, molting and feeding of *Penaeus japonicus* juveniles. **Aquaculture** 144: 165-175.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chopra, R.N., R.L. Badhwar and S.Ghosh. 1965. **Poisonous of India.** Vol. l. Indian Council of Agriculture Press, Delhi.

Finney, D.J. 1971. **Probit Analysis**. 13th ed., Cambridge University.

Minsalan, C.L.O. and Y.N. Chiu. 1986. Effect of tea seed cake on selective elimination of finfish in shrimp ponds, (pp. 79-82) *In*: J.L. Maclean., L.B. Dizon and L.V. Hosillos. (ed). **The First Asian Fisheries Forum:** Manila: Philippins.

Morton, J.E. 1967. **Molluscs**. Hutchinson & Co. (Publishers) Ltd., London.

Su, B.K., and J.C. Chen. 2007. Effect of saponin immersion on enhancement of the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against *Vibrio alginolyticus*. **Fish Shellfish Immunol.** 21: 74-81.

Tang, Y.A., 1961. The use of saponin to control predaceous fish in shrimp ponds. **Fish Culture**. 23: 43-45.

Terazaki, M., P. Tharnbuppa and Y. Nakayama. 1980. Eradication of predatory fishes in shrimp farms in utilization of Thai tea seed. **Aquaculture** 19: 235-242.

Throp, F.J. and P.S. Lake. 1974. Toxicity bioassays of cadmium and zinc on the freshwatershrimp, *Paratya tasmanensis* Rich Ausk**. J. Mar. Freshwat. Res**. 25 : 97-104.

Yeh, S.P., C.H. Liu, T.G. Sung, P.P. Lee and W. Cheng. 2006. Effect of saponin on hematological and immunological parameters of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture** 261: 1432-1439.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่า LC_{50} และช่วงแห่งความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลความเข้มข้นของกากชาและอัตราการตายในแต่ละระดับ นำมาประเมินค่าความเข้มข้นของกากชาที่ทำให้หอยขี้นกที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) และช่วงแห่งความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีวิเคราะห์แบบโปรบิท (Probit analysis) ตามวิธีของ Finney (1971) ตามตัวอย่างต่อไปนี้

กำหนดให้

C	=	ความเข้มข้นของสารละลาย
x	=	ค่า log ของระดับความเข้มข้นกากชา
r	=	จำนวนสัตว์ทดลองที่ตายเนื่องจากกากชา
n	=	จำนวนสัตว์ทดลองที่ใช้ในการทดลอง
p	=	เอ็มไพริกัลของอัตราการตาย (r/n)
y^*	=	เอ็มไพริกัลโปรบิท ได้จากการเปลี่ยนค่าเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ตารางผนวกที่ ก5
Y	=	ค่าโปรบิทคาดคะเน (Expected probit)
y_0	=	ค่าโปรบิทต่ำสุด (Minimum probit) ได้จากตารางผนวกที่ ก6
y_1	=	ค่าโปรบิทสูงสุด (Maximum probit) ได้จากตารางผนวกที่ ก6
A	=	ช่วง (Ranges) ได้จากตารางผนวกที่ ก6
Y	=	ค่าโปรบิทสำหรับการคำนวณ (Working probit) ได้จากการคำนวณจากค่าโปรบิทที่คาดคะเนได้จากสูตร $Y = y_0 + pA$ หรือ $Y = y_1 - (1-p)A$
w	=	สัมประสิทธิ์ของการถ่วงน้ำหนัก (Working- coefficient) ได้จากตารางผนวกที่ ก7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

ความเข้มข้นของกากชา (C) ซึ่งมีอยู่ 6 ระดับ จำนวนหอยขี้นกที่ตาย (r) และจำนวนหอยขี้นกที่ใช้ในการทดลอง (n)

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

ประมาณค่าคาดคะเนโปรบิทจากข้อมูล y^* และ x ด้วยวิธีการ plot กราฟ และปรับเส้นตรงด้วยสายตาโดยให้น้ำหนักแต่ละจุดเท่ากัน หรือคำนวณจากสมการถดถอยอย่างง่าย

ตัวอย่างการคำนวณ

ตารางผนวกที่ 1 วิธีการคำนวณความลาดชัน และจุดตัดแกนดิ่ง ตามวิธีวิเคราะห์แบบโปรบิท

C	x	r	n	p	y^*	Y
30	2.47	0	10	0	-	3.20
39.59	2.59	2	10	0.2	4.16	3.93
52.23	2.71	3	10	0.3	4.48	4.67
68.92	2.83	6	10	0.6	5.25	5.41
90.94	2.95	9	10	0.9	6.28	6.14
120	3.08	10	10	1.0	-	6.94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 การคำนวณครั้งที่ 1

x	y	W	Wx	Wx^2	Wxy	Wy	Wy^2	Y
2.47	2.75	1.80	4.45	10.98	12.23	4.95	13.61	2.69
2.59	4.20	4.1	10.62	27.51	44.60	17.22	72.32	3.62
2.71	4.49	6.2	16.80	45.51	75.44	27.84	124.99	4.54
2.83	5.25	6.0	16.98	48.06	89.15	31.5	165.38	5.47
2.95	6.26	4.1	12.10	35.67	75.71	25.67	160.67	6.39
3.08	7.34	0.2	0.62	1.90	4.52	1.47	10.78	7.40
	$\sum$	22.4	61.57	169.63	301.65	108.65	547.75	

$Sxx = 169.63 - (61.57)^2 / 22.4 = 0.39$

$Sxy = 301.65 - (61.57)(108.65) / 22.4 = 3.01$

$Syy = 547.75 - (108.65)^2 / 22.4 = 20.75$

$\bar{x} = 61.57 / 22.4 = 2.75$

$\bar{y} = 108.65 / 22.4 = 4.85$

$\hat{b} = 3.01 / 0.39 = 7.72$

$\hat{a} = 4.85 - 7.72\ (2.75) = -16.38$

ดังนั้นสมการเส้นตรงของการคำนวณครั้งนี้คือ $Y = -16.38 + 7.72\ x$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 การคำนวณครั้งที่ 2

x	y	W	Wx	Wx^2	Wxy	Wy	Wy^2	Y
2.47	2.32	0.76	1.88	4.64	4.36	1.76	4.09	2.87
2.59	4.39	3.02	7.82	20.26	34.34	13.26	58.20	3.72
2.71	4.47	5.81	15.75	42.67	70.38	25.97	116.09	4.58
2.83	5.24	5.81	16.44	46.53	86.16	30.44	159.53	5.43
2.95	6.27	3.02	8.91	26.28	55.86	18.94	118.72	6.28
3.08	7.77	0.62	1.91	5.88	14.84	4.82	37.43	7.21
	$\sum$	19.04	52.71	146.26	265.94	95.19	493.97	

Sxx = $146.26 - (52.71)^2 / 19.04$ = 0.34

Sxy = $265.94 - (52.71)(95.19) / 19.04$ = 2.42

Syy = $493.97 - (95.19)^2 / 19.04$ = 18.07

$\bar{x}$ = 52.71 / 19.04 = 2.77

$\bar{y}$ = 95.19 / 19.04 = 5.00

$\hat{b}$ = 2.42 / 0.34 = 7.12

$\hat{a}$ = 5.00– 7.12 (2.77) = -14.72

ดังนั้นสมการเส้นตรงของการคำนวณครั้งนี้คือ $Y = -14.72 + 7.12 x$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบค่าคาดคะเนโปรบิท ที่ใช้ในการคำนวณครั้งที่ 1 (ช่องสุดท้ายของการคำนวณครั้งที่ 1) กับค่าที่ได้จากการคำนวณครั้งที่ 2 (ช่องสุดท้ายของการคำนวณครั้งที่ 2) จะพบว่าผลต่างต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับ 0.2 ดังนั้น จึงนับว่าค่า a และ b ที่ได้รับ เป็นค่าประมาณที่ดีของ a และ b แล้ว จึงดำเนินการทดสอบความเป็นเส้นตรงต่อไป จากสมการ

$$x^2 = Syy - Sxy^2 / Sxx$$

จะได้

$$x^2 = 18.07 - (2.42^2 / 0.34) = 0.85$$

ซึ่งมีขั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ (6 – 2) = 4 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ค่า $\chi^2 = 9.49$ ซึ่งสูงกว่าค่าที่คำนวณได้ จึงหมายความว่า ผลการทดลองในรูปของโปรบิทไม่เบี่ยงเบนไปจากเส้นตรง

ค่าล็อกการิทึมของมัธยฐานของความทนต่อกากชาของหอยขี้นก จึงเท่ากับ

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

(ลบด้วย 1 เพราะว่า $x = 1 + \log C$)

$$\hat{m} = ((5 - (-14.72)) / 7.12) - 1 = 1.78$$

และค่ามัธยฐานของความทนต่อกากชาจะเท่ากับ

$$TL_m = \text{antilog}(1.78) = 60.26 \text{ พีพีเอ็ม}$$

การคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่นของ m ตามสมการ

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่ $V_{11} = \sum Wx^2 / (S_{xx} \sum W) = 22.61$

$V_{12} = \bar{x} / S_{xx} = 8.15$

$V_{22} = 1 / S_{xx} = 2.94$

$g = (1.96)^2 V_{22} / b^2 = 0.22$

จากการแทนค่าในสมการข้างต้น จะได้ช่วงแห่งความเชื่อมั่น 1 + m

$$= \frac{(2.78 - 0.61) \pm 0.28 \sqrt{22.61 - 29.01 + 9.32 - 0.0044}}{0.78}$$

$$= \frac{2.17 \pm 0.16}{0.78}$$

$= 2.58, 2.99$

เนื่องจาก x = 1 + log C เพราะฉะนั้น ช่วงแห่งความเชื่อมั่นของ m จึงเท่ากับค่าที่ได้ลบด้วย 1 คือ $m_L , m_U = 1.58, 1.99$

เพราะฉะนั้น ช่วงแห่งความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ของมัธยฐานของความทนต่อกากชาในหอยขี้นกจึงเท่ากับ antilog (1.58) ถึง antilog (1.99) ซึ่งเท่ากับ 38.02 ถึง 97.72 พีพีเอ็ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์การตายเป็นโพริกัลป์โปรบิท

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ค่าโปรบิทต่ำสุด (Minimum Probit) โปรบิทสูงสุด (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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (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 6 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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาวลิลลา หงษ์คณารัตน์

เกิดวันที่ 1 กรกฎาคม 2530

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา วท.บ. (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตำแหน่งปัจจุบัน -

สถานที่ทำงานปัจจุบัน -

ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ -

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์