



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

เรื่อง

พิษเฉียบพลันของฟอรัมาลินต่อลูกกุ้งก้ามกราม

Acute toxicity of formalin on early larvae prawn

Macrobrachium rosenbergii (De Man)

โดย

นาย จักรกฤษ วิสุทธิพันธ์

โคตีพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

[Handwritten signatures and names in dotted lines]

๑๘ ส.ค. ๒๕๕๕

ภาควิชารับรองแล้ว

[Handwritten signature]
(นายทรงศักดิ์ ทัศนพันธ์)

ACC. NO.....
Date Received..... 6 S.F. 2555
Call No.....

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

วันที่ ๑๖ เดือน ก.พ. พ.ศ. ๒๕๕๕

ฟพ
๑ ๒๑๗๗
๒๕๕๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

พิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกราม

Acute toxicity of formalin on early larvae prawn

Macrobrachium rosenbergii (De Man)



T100636

โดย

นาย จักรกฤษ วิสุทธิพันธ์

รฟ.

๑๒/๗๗

๒๕๓๒

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 100636

วัน,เดือน,ปี..... ๑๒/๗๗/๒๕๓๒

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ท.ศ. 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิทยานิพนธ์พิเศษ

เรื่อง

พิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกราม

Acute toxicity of formalin on early larvae prawn

Macrobrachium rosenbergii (De Man)

ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินก็ทำให้ลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงคือ 147, 173 และ 178 ส่วนในล้านส่วน และในระยะเวลา 48 ชั่วโมงคือ 26, 30 และ 31 ส่วนในล้านส่วน ความเป็นพิษของฟอร์มาลินจะมีสูงมากในช่วง 24 ชั่วโมงแรกและลดลงในช่วงเวลาต่อมา

ค่าความปลอดภัย ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดของสารพิษก็จะมีผลต่อสัตว์น้ำในระยะยาว ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง คือ 14.7, 17.3 และ 17.8 ส่วนในล้านส่วน และในระยะเวลา 48 ชั่วโมงคือ 2.6, 3.0 และ 3.1 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ขอขอบพระคุณอาจารย์ปวีณา กิจสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและแนะนำความรู้ ความเข้าใจ ทั้งในด้านการทดลอง และการเขียน ตลอดจนสิ่งต่าง ๆ ที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้งานทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ธานี พูนดี ที่กรุณาให้คำแนะนำในการอนุบาลลูกกึ่งกัมภีร์เพื่อใช้ในการทดลอง ตลอดจนเพื่อน ๆ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณลุง ตลอดจนญาติพี่น้องทุกท่าน

จักรกฤษณ์ วิสุทธิพันธ์
มีนาคม 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง	16
2	เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง	16
3	เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 7 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง	17
4	เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 7 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง	17
5	เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 11 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง	18
6	เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 11 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง	18
7	ถ้า LC_{50} และฟังก์ชันของความลาดเอียงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 24 และ 48 ชั่วโมงของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะต่าง ๆ	19
8	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำก่อนและหลังการทดลองที่ 24 ชั่วโมงของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ในระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกัน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็น ด่าง (pH) ของน้ำก่อนและหลังการทดลองที่ 48 ชั่วโมง ของลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 4 ในระดับความเข้มข้นของ ฟอร์มาลินแตกต่างกัน	20
10	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำก่อนและหลังการทดลองที่ 24 ชั่วโมงของลูก กึ่งก้ามกรามระยะที่ 7 ในระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลิน แตกต่างกัน	21
11	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำก่อนและหลังการทดลองที่ 48 ชั่วโมงของลูก กึ่งก้ามกรามระยะที่ 7 ในระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลิน แตกต่างกัน	21
12	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำก่อนและหลังการทดลองที่ 24 ชั่วโมงของลูก กึ่งก้ามกรามระยะที่ 11 ในระดับความเข้มข้นของฟอร์- มาลินแตกต่างกัน	22
13	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำก่อนและหลังการทดลองที่ 48 ชั่วโมงของลูก กึ่งก้ามกรามระยะที่ 11 ในระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลิน แตกต่างกัน	22
14	ค่าที่ลดลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็น ด่างของน้ำที่ 24 ชั่วโมง	23
15	ค่าที่ลดลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็น กรดเป็นด่างของน้ำที่ 48 ชั่วโมง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับ เปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ที่ 24 ชั่วโมง	24
2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับ เปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ที่ 48 ชั่วโมง	25
3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับ เปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 7 ที่ 24 ชั่วโมง	26
4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับ เปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 7 ที่ 48 ชั่วโมง	27
5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับ เปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 11 ที่ 24 ชั่วโมง	28
6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับ เปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 11 ที่ 48 ชั่วโมง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกราม

Acute toxicity of formalin on early larvae prawn

Macrobrachium rosenbergii (De Man)

คำนำ

ฟอร์มาลินเป็นสารเคมีที่ใช้กันมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้ในการป้องกันกำจัดโรคและปรสิตของปลา การทำความสะอาดบ่อเลี้ยงน้ำ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะพักและอนุบาล และในบางครั้งก็ใช้ร่วมกับมาลาไคท์กรีนในการกำจัดโรคและปรสิต ฟอร์มาลินเป็นสารละลายของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำ โดยมีฟอร์มาลดีไฮด์อยู่ประมาณ 37 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ปกติมักจะมีขนาดอนุภาคอยู่ด้วย 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันไม่ให้ฟอร์มาลินเปลี่ยนรูปเป็นพาราฟอร์มาลดีไฮด์ ฟอร์มาลินเป็นสารรีติวอย่างแรงเมื่อถูกอากาศจะออกซิไคซ์ช้า ๆ เป็นกรดฟอร์มิก

การศึกษาผลกระทบของฟอร์มาลินต่อสัตว์น้ำส่วนมาเป็นการศึกษากันในเรื่องความเป็นพิษเฉียบพลันต่อสัตว์น้ำ และผลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของน้ำ (เต็มดวงและคณะ, 2530, อุดลย์และคณะ, 2530) ส่วนการสลายตัวของฟอร์มาลิน มะลิวรรณ (2531) ทำการศึกษาถึงอัตราการสลายตัวของฟอร์มาลินในถังไฟเบอร์กลาสและในตู้ทดลองที่มีปลาและไม่มีปลา ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาถึงระดับความเข้มข้นที่ทดลองพิษเฉียบพลันกับลูกกุ้งก้ามกรามในระยะที่ 4, 7 และ 11 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพิจารณาการใช้ฟอร์มาลินในการรักษา และป้องกันโรคที่เกิดกับลูกกุ้งก้ามกราม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามในระยะที่ 4, 7 และ 11
2. เพื่อหาช่วงความปลอดภัยในการใช้ฟอร์มาลินรักษาโรคกุ้งก้ามกรามในระยะที่ 4, 7 และ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

1. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของฟอร์มาลิน

ฟอร์มาลินเป็นสารละลายที่ประกอบด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ 37 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ถือการออกฤทธิ์ของสารเป็นฟอร์มาลินเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีสูตรทางเคมีคือ CH_2O ซึ่งจะมีเมทานอล (Methyl alcohol) สมออยู่ประมาณ 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันไม่ให้ฟอร์มาลินเปลี่ยนรูปไปเป็นพาราฟอร์มาลดีไฮด์ (paraformaldehyde) ซึ่งเป็นพิษมากกว่าฟอร์มาลิน ลักษณะโดยทั่วไปของฟอร์มาลินเป็นสารละลายสีมึนกลิ่นฉุน มีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์อย่างแรง (strong reducing agent) เมื่อสัมผัสกับอากาศจะถูกออกซิไดซ์ช้า ๆ ไปเป็นกรดฟอร์มิก



ฟอร์มาลินที่เก็บไว้นานหรือไว้ในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาฟาเรนไฮต์ (4.4 องศาเซลเซียส) ฟอร์มาลินจะเปลี่ยนรูปไปเป็นพาราฟอร์มาลดีไฮด์ (paraformaldehyde) หรือไตรออกซิเมทิลีน (trioxymethylene) ซึ่งมีลักษณะเป็นตะกอนสีขาว (Kabata, 1985)

2. ผลของฟอร์มาลินต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ

2.1 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) ฟอร์มาลินมีผลไปลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้โดยตรง โดยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือออกซิเจนออกจากน้ำ แล้วเปลี่ยนเป็นกรดฟอร์มิก (Wellborn, 1979) ซึ่งระดับความเข้มข้นสูงๆ สามารถลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลงได้มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นต่ำ จากการทดลองของเต็มคองและคณะ (2530) พบว่าที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลิน 75 ส่วนในล้านส่วน สามารถลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลงเกือบถึง 0 ส่วนในล้านส่วนในเวลา 48 ชั่วโมง นอกจากนี้ฟอร์มาลินยังมีผลไปลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้ทางอ้อม โดยการฆ่าแพลงก์ตอนพืชทำให้การผลิตออกซิเจนโดยการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชลดลงในขณะที่เกิดการใช้ออกซิเจนเพื่อเขาสลายแพลงก์ตอนโดยจุลินทรีย์ จึงมีผล

ไม่वारณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงได้มากกว่าปกติ (มะลิวรรณ, 2531)

2.2 แอมโมเนียในน้ำ ฟอรัมาลินสามารถรวมตัวกับแอมโมเนียในน้ำ กลายเป็นสารประกอบที่เรียกว่า *methylene tetramine* (ชงชัย, 2525) จากการทดลองของวินิจและคณะ (2530) เกี่ยวกับการลดลงของแอมโมเนียในน้ำโดยสารละลายฟอรัมาลินในช่วง 24 ชั่วโมงพบว่าปริมาณแอมโมเนียจะลดลงอย่างมากหลังจากเติมสารละลายฟอรัมาลินระดับความเข้มข้น 80, 100, 120, 160 และ 180 ส่วนในล้านส่วน

2.3 ความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity) จากการศึกษาของเต็มดวงและคณะ (2530) พบว่าฟอรัมาลินที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 75 ส่วนในล้านส่วนไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นด่างของน้ำเปลี่ยนแปลง แต่วินิจและคณะ (2530) รายงานว่า หลังจากเติมฟอรัมาลินระดับความเข้มข้น 80, 100, 120, 160 และ 180 ส่วนในล้านส่วนลงในน้ำที่มีความเค็มประมาณ 10 ส่วนในพันส่วนในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

2.4 ความกระด้างของน้ำ (hardness) จากการศึกษาของเต็มดวงและคณะ (2530) พบว่าฟอรัมาลินไม่มีผลทำให้ค่าความกระด้างของน้ำเปลี่ยนแปลงหลังจากเติมฟอรัมาลินระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 75 ส่วนในล้านส่วน

2.5 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) จากการศึกษาของวินิจและคณะ (2530) พบว่าฟอรัมาลินมีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำลดลงเล็กน้อยเนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน ๆ

2.6 ความเค็ม (salinity) จากการศึกษาของเต็มดวงและคณะ (2530) พบว่าฟอรัมาลินไม่มีผลต่อความเค็ม

2.7 อุณหภูมิของน้ำ (temperature) ฟอรัมาลินไม่มีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลง แต่อุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อความเป็นพิษและการสลายตัวของฟอรัมาลินคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลทำให้ความเป็นพิษของฟอรัมาลินสูงขึ้น และจะพบว่าฟอรัมาลินสลายตัวได้เร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (มะลิวรรณ, 2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสลายตัวของฟอร์มาลิน

Phelps (1975) รายงานว่าที่อุณหภูมิ 27 และ 32 องศาเซลเซียสฟอร์มาลินจะมีความเป็นพิษน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องมาจากปัจจัย 2 ประการ คือ (1) มีการระเหยของฟอร์มาลินเมื่อมีการเติมอากาศในน้ำ (aerated water) และ (2) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นฟอร์มาลินจะสลายตัวไ้เร็วขึ้นเช่นที่อุณหภูมิ 15-18 องศาเซลเซียส ฟอร์มาลินจะสลายตัวหมดภายใน 2 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส ฟอร์มาลินจะสลายตัวหมดหลังจาก 4 วันไปแล้ว และจากการศึกษาของวินิจและคณะ (2530) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลิน 80, 100, 120, 160 และ 180 ส่วนในล้านส่วน มีสารละลายฟอร์มาลินเหลืออยู่ 38, 59, 68, 97 และ 108 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งลดลงในอัตรา 51, 41, 43, 31 และ 32 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 24 ชั่วโมง การที่สารละลายฟอร์มาลินความเข้มข้นน้อยกว่าลดลงเร็วกว่าความเข้มข้นที่สูงกว่าเนื่องจากฟอร์มาลินที่ระดับความเข้มข้นต่ำ จะมีพื้นที่สัมผัสอากาศต่อปริมาตรเนื้อสารของฟอร์มาลินมากกว่าที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า เพราะฟอร์มาลินสลายตัวไ้ไ้เมื่อสัมผัสกับอากาศ (Royal Society of Chemistry, 1983)

4. การใช้ฟอร์มาลินในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะมีการใช้ฟอร์มาลินในการป้องกันและกำจัดโรคพยาธิของสัตว์น้ำทั้งปลาและกุ้งกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการแช่ขานตลอด ใ้ฟอร์มาลินสลายตัวไปเองโดยระดับความเข้มข้นที่ใช้จะอยู่ในช่วง 25-50 ส่วนในล้านส่วน (สิทธิ, 2524) และกมลพร และปราณี (2526) แนะนำให้ใช้ฟอร์มาลินในการป้องกันและกำจัดโปรโตซัวพวกอิกที (Ichthyophthirius multifiliis) เห็บระฆัง (Trichodina sp.) นอกจากนี้ยังใช้ในการป้องกันและกำจัดปลิงใส (monogenetic trematode) ในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามมีการป้องกันรักษาโรคกุ้งโดยใช้ฟอร์มาลินเข้มข้น 30-50 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งควรมีการให้อากาศอย่างพอเพียง และควรเปลี่ยนสารละลายฟอร์มาลินใหม่ทุก 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะฟอร์มาลินจะสลายตัวไ้ไ้เมื่อสัมผัสกับอากาศ (วินิจและคณะ, 2530) ในการควบคุมปรสิตมักจะใช้ฟอร์มาลินเข้มข้น 125-250 ส่วนในล้านส่วนแช่ขาน 60 นาที หรือใช้ความเข้มข้น 25 ส่วนในล้านส่วนแช่ขานตลอดไป (Wright, 1976)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการใช้ฟอร์มาลินในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกรวยนั้นจะมีการใช้ฟอร์-
มาลินฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับกุ้ง ก่อนที่จะนำมาเพาะโดยแช่ในฟอร์มาลินเข้มข้น 100 ส่วน
ในล้านส่วนนาน 1 ชั่วโมง และในขณะที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งควรจะใช้ฟอร์มาลินเข้มข้น 100
ส่วนในล้านส่วนนาน 1 ชั่วโมง สัปดาห์ละครั้ง (ชลด, 2530) ส่วนในการกำจัดปรสิต
และรักษาโรคกุ้งทะเลนั้น สีลา (2528) รายงานการใช้ฟอร์มาลินในการกำจัด

Zoothanium sp. โดยใช้ความเข้มข้น 100-150 ส่วนในล้านส่วนแช่นาน 30 นาที
หรือ 20-30 ส่วนในล้านส่วนแช่ตลอดในกุ้งระยะ post larvae 10 ขึ้นไป และใช้ความ
เข้มข้น 25 ส่วนในล้านส่วนแช่นาน 12 ชั่วโมง ในกุ้งระยะ post larvae 1-5 แด่กุ้ง
ระยะ post larvae 6 ขึ้นไป จะใช้ความเข้มข้น 40-50 ส่วนในล้านส่วนแช่นาน 12
ชั่วโมง

ยนต์และประดิษฐ์ (2530) รายงานว่าฟอร์มาลินเป็นพิษต่อลูกกุ้งแรมวัย
และกุ้งกุลาดำวัยอ่อนในทุกระยะค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของฟอร์มาลิน
ที่จะมีผลในการกำจัดโรคและปรสิตลูกกุ้งตั้งแต่ระยะ nauplive จนถึง post larvae
ต้น ๆ ยังมีความทนทานต่อพิษของฟอร์มาลินไม่เพียงพอที่จะใช้ฟอร์มาลินในการกำจัดโรค
และปรสิตได้ สำหรับกุ้งขนาดใหญ่และ post larvae ของกุ้งกุลาดำตั้งแต่ post larvae
6 ขึ้นไปสามารถที่จะใช้ฟอร์มาลินได้เพราะมีความทนทานเพียงพอ แต่อคุศลย์และคณะ
(2530) รายงานว่าการใช้ฟอร์มาลินกำจัดโรคและปรสิตในลูกกุ้งนั้นอาจมีผลทำให้ลูกกุ้ง
ลอกคราบช้ากว่าปกติ

5. ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย

ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย (safe concentrate) เป็นค่าความเข้มข้น
สูงสุดของสารพิษที่จะไม่มีผลต่อสัตว์น้ำในระยะยาว สมประสงค์และคณะ (2530) พบว่า
ค่าความเข้มข้นปลอดภัยของฟอร์มาลินระยะเวลา 24 ชั่วโมงสำหรับลูกกุ้งระยะ mysis
1-2, mysis 2-3, mysis 3- post larvae 1, post larvae 2-3, post larvae
4-5 และ post larvae 5-6 มีค่าเท่ากับ 2.97, 3.21, 3.22, 3.70, 3.90 และ
4.99 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกราม

- 1.1 ลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ขนาดความยาว 2.50 มิลลิเมตร อายุ 4-7 วัน ระยะที่ 7 ขนาดความยาว 4.06 มิลลิเมตร อายุ 7-14 วัน ระยะที่ 11 ขนาดความยาว 7.73 มิลลิเมตร อายุ 11-27 วัน
- 1.2 โหลแก้วทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22.5 เซนติเมตร ความสูง 35 เซนติเมตร
- 1.3 สารละลายฟอร์มาลินเกรควิเคราะห์ ซึ่งมีปริมาณของฟอร์มาดีไฮด์เท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- 1.4 เครื่องวัดความเค็ม
- 1.5 เครื่องวัดออกซิเจน
- 1.6 เครื่องวัด pH
- 1.7 เครื่องแก้ว เช่น บีกเกอร์, ปิเปต

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

หาความเป็นพิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 ในระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามวิธีชีววิเคราะห์ในน้ำนิ่ง (static bioassay) ของ Sprague (1969)

หาค่าความเข้มข้นที่ปลอดภัยต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 ในระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง คำนวณโดยนำเอาปัจจัยปรับค่า (application factor) ซึ่ง Sprague (1969) แนะนำไว้คือ 0.1 ไปคูณกับค่า 24 ชั่วโมง LC₅₀ และ 48 ชั่วโมง LC₅₀

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การดำเนินการทดลอง

2.1 การเตรียมการทดลอง

2.1.1 การเตรียมลูกกุ้งทดลอง ลูกกุ้งที่นำมาทดลองคือลูกกุ้งก้ามกรามที่ทำการเพาะฟักเอง ก่อนการทดลองจะทำการงคให้อาหาร 1 วันและในช่วงทำการทดลองจะงคให้อาหารตลอดระยะเวลาทดลอง

2.1.2 การเตรียมภาชนะทดลอง ภาชนะทดลองเป็นโหลแก้วทรงกระบอกความสูง 35 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 22.5 เซนติเมตร บรรจุน้ำที่ใสทดลอง 10 ลิตร เท่ากันทุกภาชนะครบทุกหน่วยการทดลอง

2.1.3 การเตรียมน้ำทดลอง น้ำที่ใช้ในการทดลองมีความเค็ม 12 ส่วนในพันส่วนเตรียมโดยนำน้ำทะเลผสมกับน้ำประปา พักน้ำทิ้งไว้ 1 วันก่อนนำมาทดลอง

2.1.4 การเตรียมสารละลายฟอร์มาลิน ใช้สารละลายฟอร์มาลินไฮโดรเจน 40 เปอร์เซ็นต์ ประเภท analytical reagent เตรียมเป็นสารละลายเบื้องต้น คิคเป็นฟอร์มาลินเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์

2.2 การทดลอง

การทดลองนี้ใช้วิธีชีววิเคราะห์ในน้ำนิ่ง (static bioassay) โดยการเติมสารทดลองในระดับความเข้มข้นที่ต้องการ เมื่อเริ่มต้นการทดลองเพียงครั้งเดียวเท่านั้นการทดลองประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

2.2.1 การทดลองขั้นต้น (preliminary test) เป็นการทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นช่วงกว้าง คือ ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของฟอร์มาลินที่ทำให้ลูกกุ้งก้ามกรามตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นสูงสุดที่ทำให้ลูกกุ้งก้ามกรามมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองโดยใช้ลูกกุ้งก้ามกรามในโหลจำนวน 10 ตัวต่อโหล ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 24 และ 48 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองขั้นต้นนี้ไปใช้ในการจักระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทดลองอย่างละเอียดต่อไป

2.2.2 การทดลองอย่างละเอียด (full scale test) เป็นการทดลองจริงโดยนำผลจากการทดลองเบื้องต้นมาใช้พิจารณาจักระดับความเข้มข้นของฟอร์-
 ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาลินที่จะใช้เพื่อหาอัตราการตายของลูกกึ่งกำมารวมในแต่ละระดับความเข้มข้น โดยใช้
ฟอร์มาลิน 5 ระดับความเข้มข้น พร้อมกับมีกลุ่มควบคุมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจำนวน
ลูกกึ่งกำมารวมที่ใช้ในแต่ละระดับความเข้มข้น และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 ตัวในแต่ละ
โหลทดลอง

2.2.2.1 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินต่อลูกกึ่งกำ
มารวมระยะที่ 4, 7 และ 11 ในระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

ลูกกึ่งกำมารวมระยะที่ 4 ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นของ
ฟอร์มาลินเท่ากับ 100, 119, 142.42, 168.18 และ 200 ส่วนในล้านส่วน

ลูกกึ่งกำมารวมระยะที่ 4 ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ความเข้มข้นของ
ฟอร์มาลินเท่ากับ 15, 21.21, 30, 42.42 และ 60 ส่วนในล้านส่วน

ลูกกึ่งกำมารวมระยะที่ 7 ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงความเข้มข้นของฟอร์-
มาลินเท่ากับ 120, 142.70, 169.70, 201.80 และ 240 ส่วนในล้านส่วน

ลูกกึ่งกำมารวมระยะที่ 7 ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ความเข้มข้นของ
ฟอร์มาลินเท่ากับ 15, 21.21, 30, 42.42 และ 60 ส่วนในล้านส่วน

ลูกกึ่งกำมารวมระยะที่ 11 ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ความเข้มข้นของ
ฟอร์มาลินเท่ากับ 100, 124.47, 154.92, 192.83 และ 240 ส่วนในล้านส่วน

ลูกกึ่งกำมารวมระยะที่ 11 ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ความเข้มข้นของ
ฟอร์มาลินเท่ากับ 15, 21.21, 30, 42.42 และ 60 ส่วนในล้านส่วน

เติมสารละลายฟอร์มาลินลงในโหลแก้วให้ไค้ตามระดับความเข้มข้นต้องการ
นำลูกกึ่งกำมารวมที่ฟักไว้และงคให้อาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาใส่โหลแก้วโดยใช้ลูก
กึ่งกำมารวม 30 ตัวต่อปริมาตรน้ำ 10 ลิตร ในระหว่างการทดลองไม่มีการให้อาหารลูก
กึ่งกำมารวม

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกจำนวนลูกกึ่งกัมกรวมที่ตายสะสมในเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ค่า LC_{50} ที่ 24 และ 48 ชั่วโมงที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการวิเคราะห์ของ Litchfield และ Wilcoxon (1949)

5. สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่ 31 กรกฎาคม 2532 ถึง 31 ตุลาคม 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกราม

จากการศึกษาพบว่า ความเป็นพิษของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินเท่ากับ 100, 119, 141.42 168.18 และ 200 ส่วนในล้านส่วน ลูกกุ้งก้ามกรามตายในอัตรา 0, 20, 40, 76.7 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามเมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 24 ชั่วโมง LC_{50} คือ 147 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่า LC_{50} เท่ากับ 134.49-160.71 ส่วนในล้านส่วน มีค่าฟังก์ชันความลาดเอียง 1.229 (ตารางที่ 7, ภาพที่ 1) และในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินเท่ากับ 15, 21.21, 30, 42.42 และ 60 ส่วนในล้านส่วนลูกกุ้งก้ามกรามตายในอัตรา 0, 36.7, 63.3, 93.3 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จากเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามเมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 48 ชั่วโมง LC_{50} คือ 26 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่า LC_{50} เท่ากับ 21.59-31.30 ส่วนในล้านส่วน มีค่าฟังก์ชันความลาดเอียง 1.44 (ตารางที่ 7 ภาพที่ 2)

ความเป็นพิษของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 7 ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินเท่ากับ 120, 142.70, 169.70, 201.80 และ 240 ส่วนในล้านส่วนลูกกุ้งก้ามกรามตายในอัตรา 0, 30, 43.3, 66.7 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จากเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามเมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 24 ชั่วโมง LC_{50} คือ 173 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่า LC_{50} เท่ากับ 153.64-194.87 ส่วนในล้านส่วน มีค่าฟังก์ชันความลาดเอียง 1.44 (ตารางที่ 7, ภาพที่ 3) และในระยะเวลา 48 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินเท่ากับ 15, 21.21, 30, 42.42 และ 60 ส่วนในล้านส่วนลูกกุ้งก้ามกรามตายในอัตรา 0, 23.3, 46.7, 86.7 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4) จากเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามเมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 48 ชั่วโมง LC_{50} คือ 30 ส่วนในล้านส่วน ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า LC_{50} เท่ากับ 25.99-34.64 ส่วนในล้านส่วนมีค่าหึ่งค์ชั้นความลาดเอียง 1.43 (ตารางที่ 7 ภาพที่ 4)

ความเป็นพิษของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 11 ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินเท่ากับ 100, 124.47, 154.92, 192.83 และ 240 ส่วนในล้านส่วนลูกกุ้งก้ามกรามตายในอัตรา 0, 23.3, 46.7, 86.7 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 5) จากเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามเมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 24 ชั่วโมง LC_{50} คือ 178 ส่วนในล้านส่วนช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่า LC_{50} เท่ากับ 154.51-205.12 ส่วนในล้านส่วนมีค่าหึ่งค์ชั้นความลาดเอียง 1.56 (ตารางที่ 7, ภาพที่ 5) และในระยะเวลา 48 ชั่วโมงระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินเท่ากับ 15, 21.21, 30, 42.42 และ 60 ส่วนในล้านส่วน ลูกกุ้งก้ามกรามตายในอัตรา 0, 20, 40, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุ้งก้ามกรามเมื่อนำมาวิเคราะห์จะได้ค่า 48 ชั่วโมง LC_{50} คือ 31 ส่วนในล้านส่วนช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของค่า LC_{50} เท่ากับ 25.81-37.25 ส่วนในล้านส่วนมีค่าหึ่งค์ชั้นความลาดเอียง 1.53 (ตารางที่ 7, ภาพที่ 6)

จากผลการทดลองพบว่าค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมงของลูกกุ้งก้ามกรามครั้งนี้มีค่าสูงกว่าค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงของลูกกุ้งก้ามกราม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิจิและคณะ (2530) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มาลินที่ทำให้ลูกกุ้งก้ามกรามตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) ภายในระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 178 และ 118 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับแต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่าค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงมีค่าต่ำกว่าค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมงมากกว่าของวิจิและคณะ (2530) ซึ่งเป็นการทดลองแบบชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงสารละลาย (semi-static bioassay technique) ทุก 24 ชั่วโมง แต่การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองแบบน้ำนิ่งที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสารละลาย (static bioassay technique) ตลอดระยะเวลาการทดลองอีกประการหนึ่งการทดลองของวิจิและคณะ (2530) ใช้ฟอร์มาลินซึ่งมีปริมาณของ formaldehyde เท่ากับ 37 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแต่การทดลองครั้งนี้ใช้สารละลายฟอร์มาลินซึ่งมีปริมาณของ formaldehyde เท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่ส่งมอบให้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะและอาการของลูกกุ้งก้ามกรามที่ตอบสนองต่อฟอร์มาลินพบว่าจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้ง 3 ระยะคือเมื่อใส่ลูกกุ้งก้ามกรามทดลองในน้ำที่มีฟอร์มาลิน ลูกกุ้งก้ามกรามว่ายขึ้นสู่น้ำและลอยตัวอยู่บริเวณผิวน้ำ ในโหลทดลองที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลินในปริมาณมากลูกกุ้งก้ามกรามจะขึ้นสู่น้ำในเวลารวดเร็วและพบลักษณะอาการนี้ในซุคที่ 24 ชั่วโมง มากกว่าที่ 48 ชั่วโมง เนื่องจากลูกกุ้งก้ามกรามต้องการออกซิเจนในการหายใจเพิ่มขึ้นเพราะว่าฟอร์มาลินทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง และความเข้มข้นของฟอร์มาลินในช่วงแรกจะเข้มข้นกว่าในช่วงหลัง เพราะทำให้เกิดการสลายตัว (Wellborn, 1979) และมีผลทำให้ปริมาณพลาสมาคลอไรด์ แคลเซียม อีออน คาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด และปริมาณไวตามินในร่างกายต่ำกว่าปกติ แต่จะมีปริมาณฮีมาโตคริตและเอนไซม์กลูตาเมต ออกซะโลอะซีเตททรานสมิเนต (glutamate oxaloacetate transaminase) เพิ่มขึ้น (Wedemeyer และ Yasutake, 1974) ต่อมาลูกกุ้งก้ามกรามจะมีการพักตัวอยู่นิ่ง ๆ ตามพื้นโหลทดลองแล้วค่อย ๆ ปลอยตัวให้ลอยขึ้นสู่น้ำ โดยมีการเอาส่วนหางขึ้นและลูกกุ้งก้ามกรามจะมีการว่ายน้ำหมุนวนไปมาอย่างรวดเร็ว ไม่มีทิศทางที่แน่นอน มีการลอยตัวขึ้นสู่น้ำสลับกับการทรงตัวโดยปลอยตัวให้จมลงสู่พื้นกับโหล และพยายามดิ้นตัวขึ้นสู่น้ำและจะตาย อาการต่าง ๆ ของลูกกุ้งก้ามกรามที่ได้รับฟอร์มาลินดังกล่าวเชื่อได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการขาดออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจ เพราะในสภาวะที่มีฟอร์มาลินในน้ำมากลูกกุ้งก้ามกรามมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น และจากรายงานของ William และ Wootten, (1981) พบว่าฟอร์มาลินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อที่บริเวณเหงือกไคซีคเจนที่สุด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้การทำงานของเหงือกผิดปกติ สูญเสียระบบ osmoregulator เซลล์เยื่อเมือเหงือกมีขนาดใหญ่ขึ้น (hypertrophy) และต่อมาเกิดการลอกหลุดออกเกิดการตายของเซลล์เหงือก (necrosis)

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

จากการศึกษาพบว่าในโหลทดลองลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ที่ 24 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนการทดลองมีค่า 5.9-6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการทดลองปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 2.8-4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรกเป็นค่า (pH) ก่อนการทดลองมีค่า 7.81-7.83 หลังการทดลองมีค่า 7.78-7.83 (ตารางด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 8) และในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 6.4-7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการทดลองปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 0.3-4.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ก่อนการทดลองมีค่า 7.82-7.85 หลังการทดลองมีค่า 7.82-7.85 (ตารางที่ 9)

ในโหลทดลองลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 7 ที่ 24 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนการทดลองมีค่า 5.8-6.3 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการทดลองปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 3.0-3.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ก่อนการทดลองมีค่า 7.78-7.87 หลังการทดลองมีค่า 7.78-7.85 (ตารางที่ 10) และในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 6.4-7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการทดลองปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 0.2-4.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ก่อนการทดลองมีค่า 7.82-7.85 หลังการทดลองมีค่า 7.82-7.85 (ตารางที่ 11)

ในโหลทดลองลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 11 ที่ 24 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนการทดลองมีค่า 5.4-6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการทดลองปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 2.8-3.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ก่อนการทดลองมีค่า 7.80-7.83 หลังการทดลองมีค่า 7.78-7.82 (ตารางที่ 12) และในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก่อนการทดลองมีค่า 6.5-7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการทดลองปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่า 0.2-4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ก่อนการทดลองมีค่า 7.83-7.85 หลังการทดลองมีค่า 7.80-7.83 (ตารางที่ 13)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในโหลทดลองของลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 หลังจากใส่ฟอ์มาลินลงไปจะมีค่าลดลงแปรผันกลับต่อระดับความเข้มข้นของฟอ์มาลินและเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงมีค่าลดลงเท่ากับ 3.1, 2.8 และ 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 14) ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของวินิจและคณะ (2530) พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในโหลทดลองของลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 10 ที่ระดับความเข้มข้น 180 ส่วนในล้านส่วน เมื่อเวลาผ่านไปเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24 ชั่วโมงมีค่าลดลงเท่ากับ 3.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ 48 ชั่วโมงพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในโหลทดลองมีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 0.3, 0.2 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 15) ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของเต็มดวง (2529) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลิน 75 ส่วนในล้านส่วนในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร สาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงเนื่องจากฟอร์มาลินทำปฏิกิริยาออกซิเคชันกับออกซิเจนกลายเป็นกรดฟอร์มิก

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของสารละลายในโหลทดลองของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง มีค่าลดลง 0, 0 และ 0.01 (ตารางที่ 14) ซึ่งกล่าวได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงและสอดคล้องกับการทดลองของเต็มดวง (2529) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลิน 75 ส่วนในล้านส่วนในระยะเวลา 24 ชั่วโมงไม่ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำเปลี่ยนแปลงไป และที่ 48 ชั่วโมง พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของสารละลายในโหลทดลองมีค่าลดลง 0.01, 0.03 และ 0 (ตารางที่ 15) ซึ่งกล่าวได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงและสอดคล้องกับการทดลองของเต็มดวง (2529) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลิน 75 ส่วนในล้านส่วน ในระยะเวลา 48 ชั่วโมงไปทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำเปลี่ยนแปลงไป

3. ระดับความเข้มข้นปลอดภัย

จากผลการทดลองพบว่าค่าความเข้มข้นปลอดภัยของฟอร์มาลินสำหรับลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 ที่ 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 14.7, 17.3 และ 17.8 ส่วนในล้านส่วน และที่ 48 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 2.6, 3.0 และ 3.1 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นปลอดภัยของฟอร์มาลินที่สมประสงค์และคณะ (2530) รายงานว่าค่าความเข้มข้นปลอดภัยของฟอร์มาลินในระยะเวลา 24 ชั่วโมงสำหรับลูกกุ้งแฉวยระยะ *mysis 1-2, mysis 2-3, mysis 3-post larvae 1, post larvae 2-3, post larvae 4-5* และ *post larvae 5-6* มีค่าเท่ากับ 2.97, 3.21, 3.22, 3.70, 3.94 และ 4.99 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องมาจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมประสงค์และคณะ (2530) ทดลองความเป็นพิษของฟอร์มาลินที่ระดับความเค็ม 24 - 30 ส่วนในพันส่วน และใช้สัตว์ทดลองคนละชนิดซึ่งจะพบว่ามีความทนทานแตกต่างกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกัน ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มล./ล.)	จำนวนลูกกุ้งก้ามกรามที่โชทคลอง (ตัว)	เปอร์เซ็นต์การตายสะสม
0	30	0
100	30	0
119	30	20
141.42	30	40
168.18	30	76.7
200	30	100

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มล./ล.)	จำนวนลูกกุ้งก้ามกรามที่โชทคลอง (ตัว)	เปอร์เซ็นต์การตายสะสม
0	30	0
15	30	0
21.21	30	36.7
30	30	63.3
42.42	30	93.3
60	30	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 เปอร์เซนต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 7 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มล./ล.)	จำนวนลูกกุ้งก้ามกรามที่ใช้ทดลอง (ตัว)	เปอร์เซนต์การตายสะสม
0	30	0
120	30	0
142.70	30	30
169.70	30	43.3
201.80	30	66.7
240	30	100

ตารางที่ 4 เปอร์เซนต์การตายสะสมของลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 7 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มล./ล.)	จำนวนลูกกุ้งก้ามกรามที่ใช้ทดลอง (ตัว)	เปอร์เซนต์การตายสะสม
0	30	0
15	30	0
21.21	30	23.3
30	30	46.7
42.42	30	86.7
60	30	100

100636

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 เปรอ์เซนตการตายสะสมของลูกกึ่งกำมกรามระยะที่ 11 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มล./ล.)	จำนวนลูกกึ่งกำมกรามที่ใช้ทดลอง (ตัว)	เปอร์เซนตการตายสะสม
0	30	0
100	30	0
124.47	30	23.3
154.92	30	43.3
192.83	30	63.3
240	30	100

ตารางที่ 6 เปรอ์เซนตการตายสะสมของลูกกึ่งกำมกรามระยะที่ 11 ที่ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกันภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มล./ล.)	จำนวนลูกกึ่งกำมกรามที่ใช้ทดลอง (ตัว)	เปอร์เซนตการตายสะสม
0	30	0
15	30	0
21.21	30	20
30	30	40
42.42	30	80
60	30	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า LC₅₀ และฟังก์ชันของความลาดเอียงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 24 และ 48 ชั่วโมงของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะต่าง ๆ

ระยะที่	ค่า LC ₅₀ (ส่วนในล้านส่วน)		ค่าฟังก์ชันของความลาดเอียง	
	24 (ช.ม.)	48 (ช.ม.)	24 (ช.ม.)	48 (ช.ม.)
4	147(134.49-160.71)	26(21.59-31.30)	1.229(1.131-1.336)	1.44(1.37-1.51)
7	173(153.64-194.87)	30(25.99-34.64)	1.44 (1.38-1.50)	1.43(1.39-1.48)
11	178(154.51-205.12)	31(25.81-37.25)	1.56(1.20-1.98)	1.53(1.46-1.62)

ตารางที่ 8 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ก่อนและหลังการทดลองที่ 24 ชั่วโมงของลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 4 ใน ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (มล./ล.)	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	DO	pH	DO	pH
0	6.7	7.82	6.1	7.82
100	6.4	7.83	4.0	7.83
119	6.4	7.84	3.4	7.82
141.42	6.3	7.81	3.2	7.78
168.18	6.2	7.82	3.2	7.81
200	5.9	7.82	2.8	7.82

ตารางที่ 9 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ก่อนและหลังการทดลองที่ 48 ชั่วโมงของลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 4 ใน ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (มล./ล.)	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	DO	pH	DO	pH
0	6.7	7.82	6.1	7.82
15	7.0	7.85	4.3	7.85
21.21	6.9	7.84	3.1	7.83
30	6.4	7.85	1.9	7.85
42.42	6.7	7.82	0.7	7.82
60	6.5	7.85	0.3	7.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ก่อนและหลังการทดลองที่ 24 ชั่วโมงของลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 7 ใน ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (มล./ล.)	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	DO	pH	DO	pH
0	6.9	7.88	6.5	7.88
120	6.3	7.87	3.4	7.85
142.70	6.2	7.82	3.2	7.82
169.70	6.3	7.81	3.3	7.80
201.80	6.0	7.80	3.2	7.80
240	5.8	7.78	3.0	7.78

ตารางที่ 11 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ก่อนและหลังการทดลองที่ 48 ชั่วโมงของลูกกึ่งก้ามกรามระยะที่ 7 ใน ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (มล./ล.)	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	DO	pH	DO	pH
0	6.9	7.88	6.5	7.88
15	7.0	7.85	4.6	7.85
21.21	6.8	7.82	3.3	7.82
30	6.9	7.84	2.0	7.83
42.42	6.5	7.84	1.1	7.83
60	6.4	7.85	0.2	7.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับบริการใ้หน่วยงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง **ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร** เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 12 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ก่อนและหลังการทดลองที่ 24 ชั่วโมงของตุ๊กกึ่งก้ามกรามระยะที่ 11 ในระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (มล./ล.)	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	DO	pH	DO	pH
0	6.8	7.84	6.4	7.84
100	6.4	7.83	3.4	7.82
124.47	6.3	7.80	3.4	7.78
154.92	6.2	7.82	3.2	7.80
192.83	5.9	7.81	3.0	7.81
240	5.4	7.82	2.8	7.81

ตารางที่ 13 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ก่อนและหลังการทดลองที่ 48 ชั่วโมงของตุ๊กกึ่งก้ามกรามระยะที่ 11 ในระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลินแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (มล./ล.)	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	DO	pH	DO	pH
0	6.8	7.84	6.4	7.84
15	7.0	7.85	4.5	7.80
21.21	6.9	7.85	4.2	7.83
30	6.7	7.85	2.2	7.81
42.42	6.5	7.85	0.9	7.81
60	6.6	7.83	0.2	7.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ว่าระบบการใช้นางหมูกัดน้ำนั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

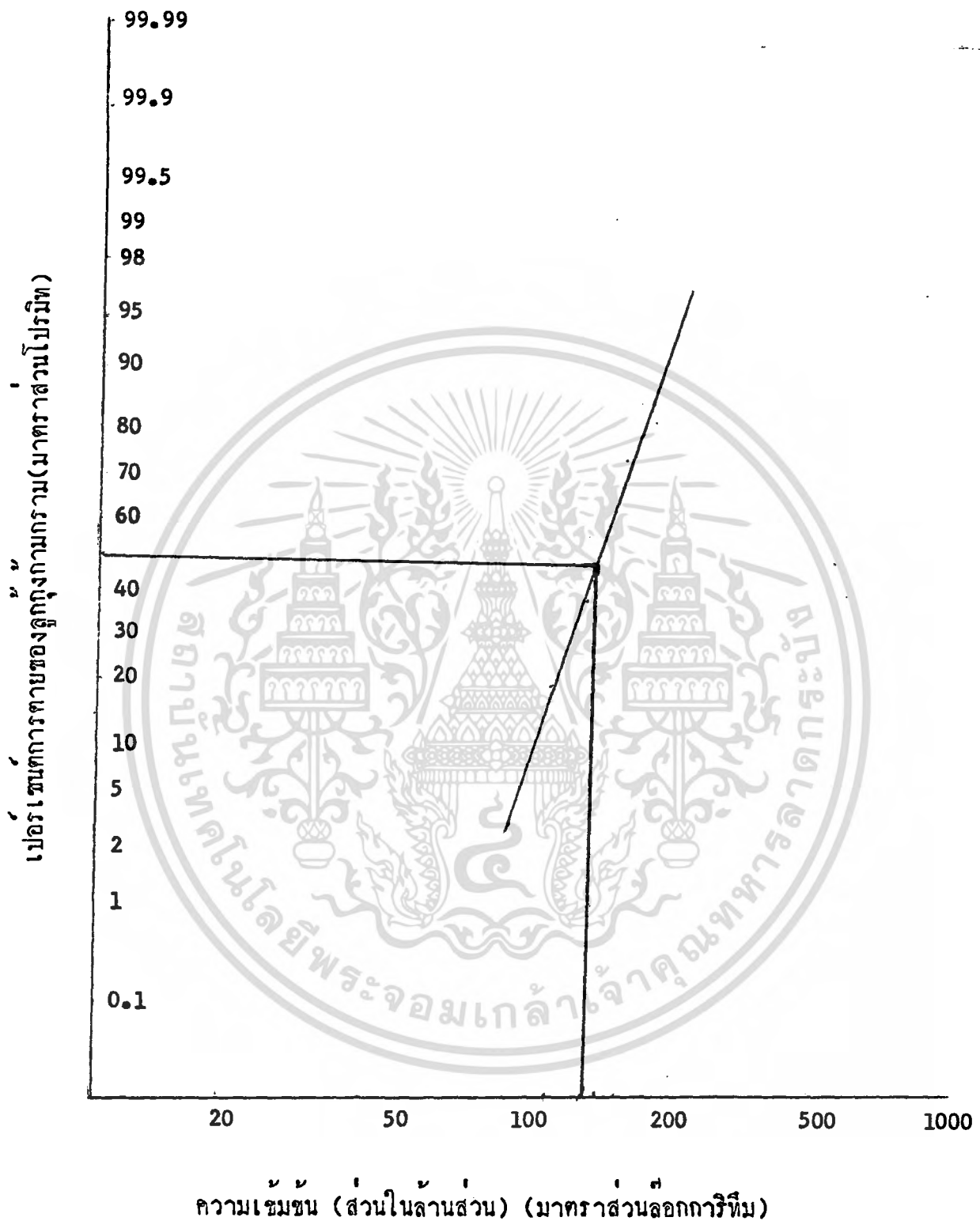
ตารางที่ 14 ค่าที่ลดลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (pH) และความเป็นกรดเป็นด่าง
ของน้ำที่ 24 ชั่วโมง

กุงกามกรามระยะ	ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	ค่าที่ลดลง	
		DO	pH
4	200	3.1	0
7	240	2.8	0
11	240	2.6	0.01

ตารางที่ 15 ค่าที่ลดลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรดเป็นด่าง
ของน้ำที่ 48 ชั่วโมง

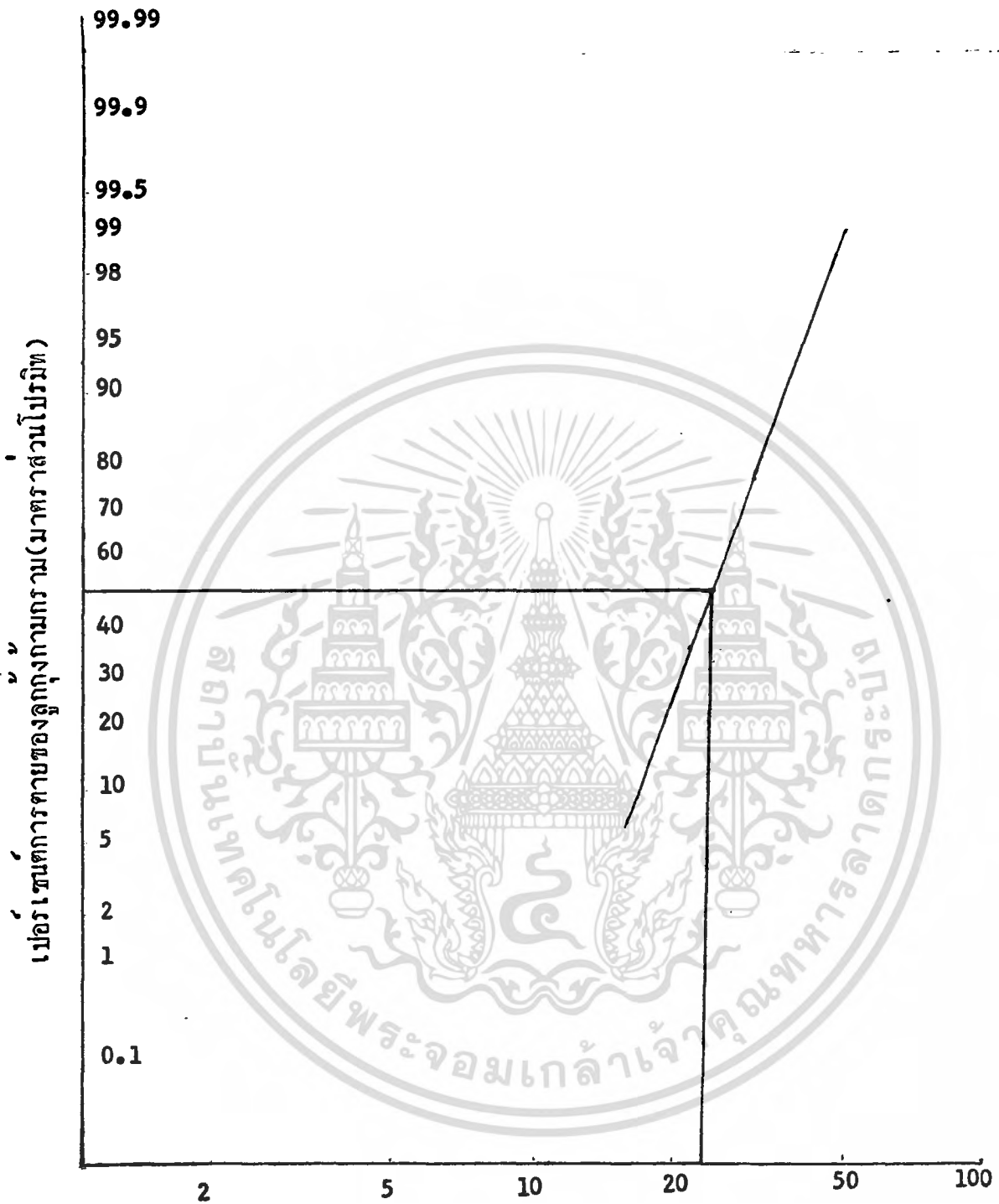
กุงกามกรามระยะ	ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)	ค่าที่ลดลง	
		DO	pH
4	60	6.2	0.01
7	60	6.2	0.03
11	60	6.4	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับเปอร์เซ็นต์การตายของลูกก้ามกรามระยะที่ 4 ที่ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

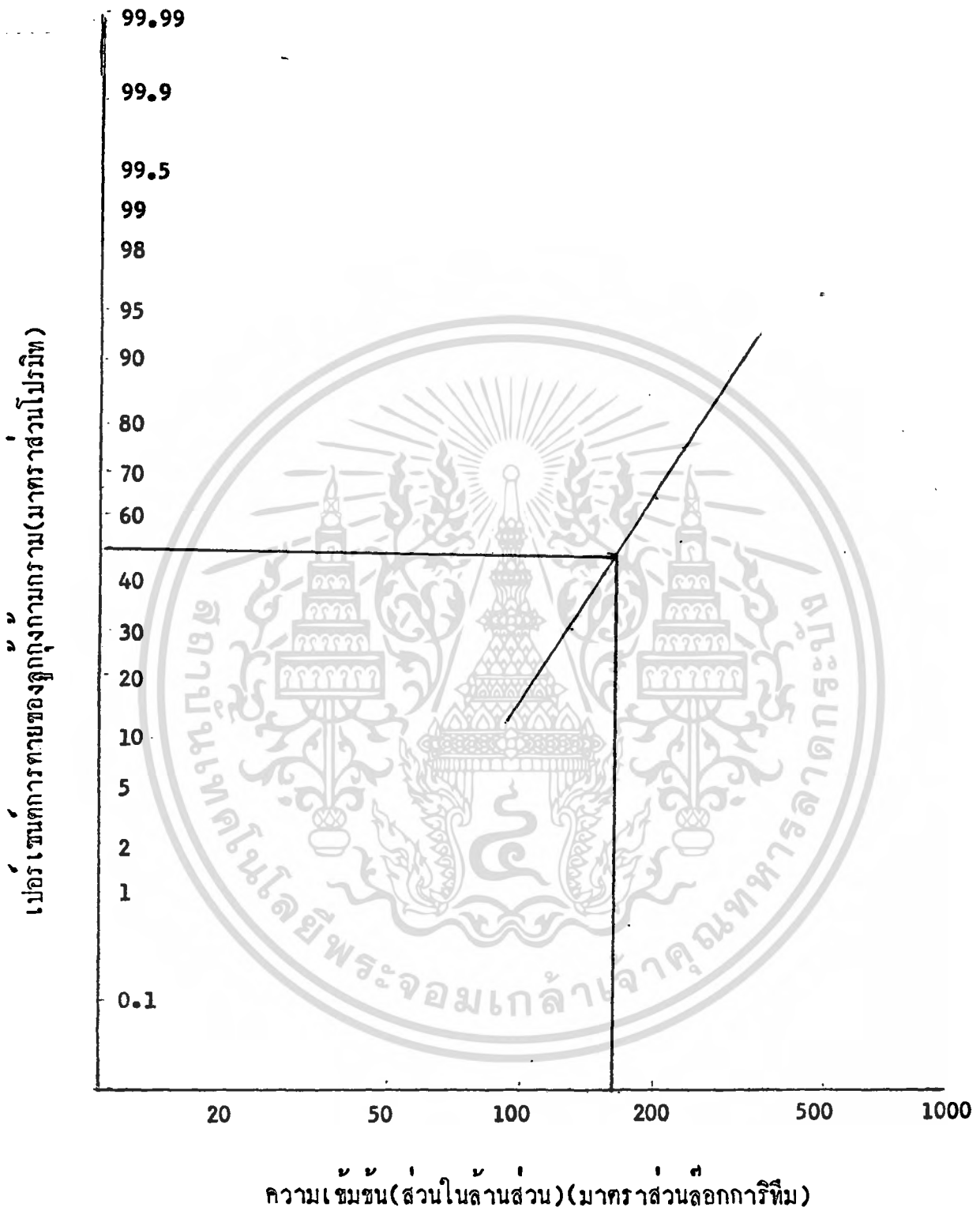


ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน) (มาตรฐานลอกการิทึม)

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับเปอร์เซ็นต์การตายของลูก

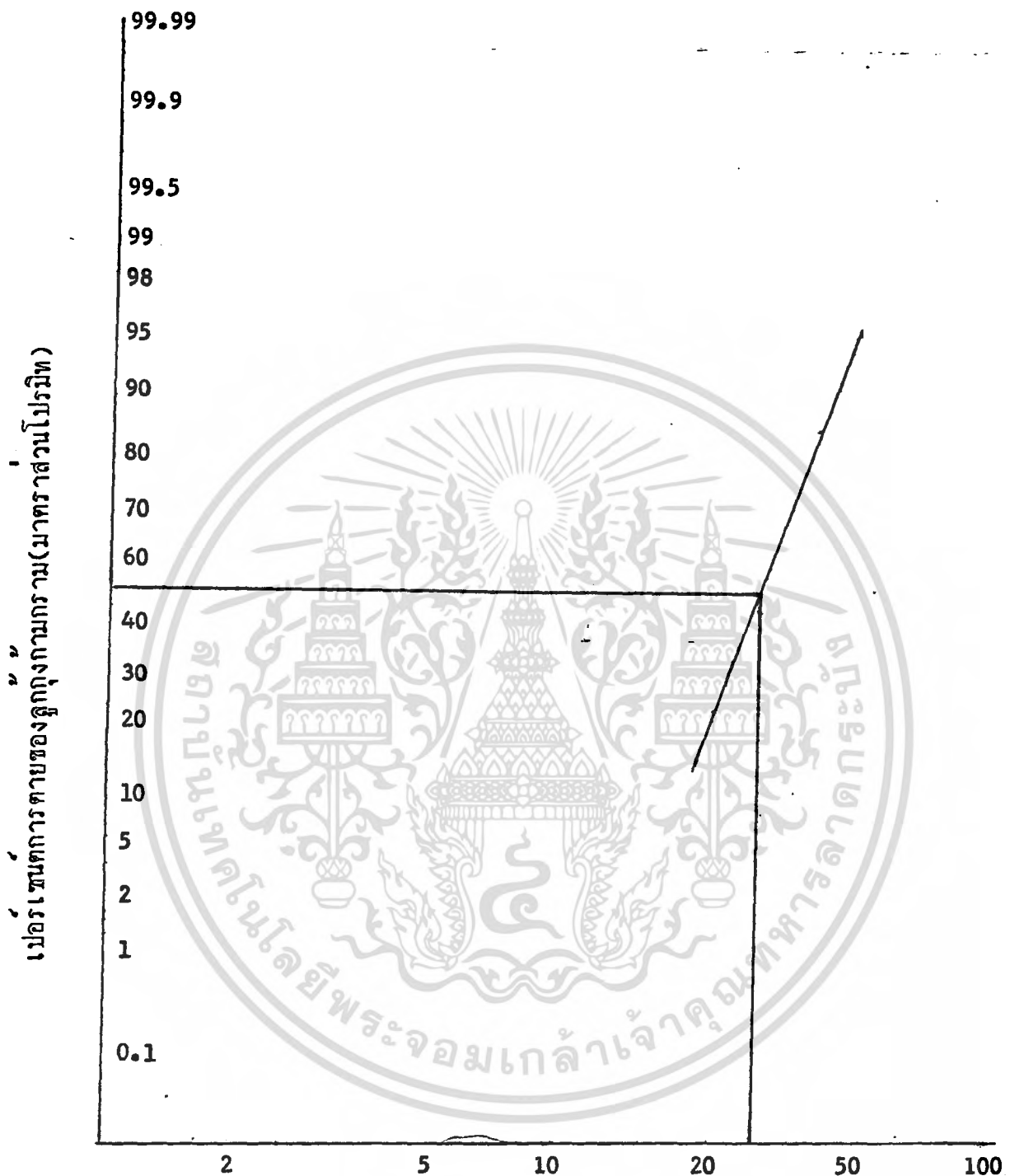
กึ่งกัมภีร์ระยะที่ 4 ที่ 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับเปอร์เซ็นต์การตายของลูกก้ามกรามระยะที่ 7 ที่ 24 ชั่วโมง

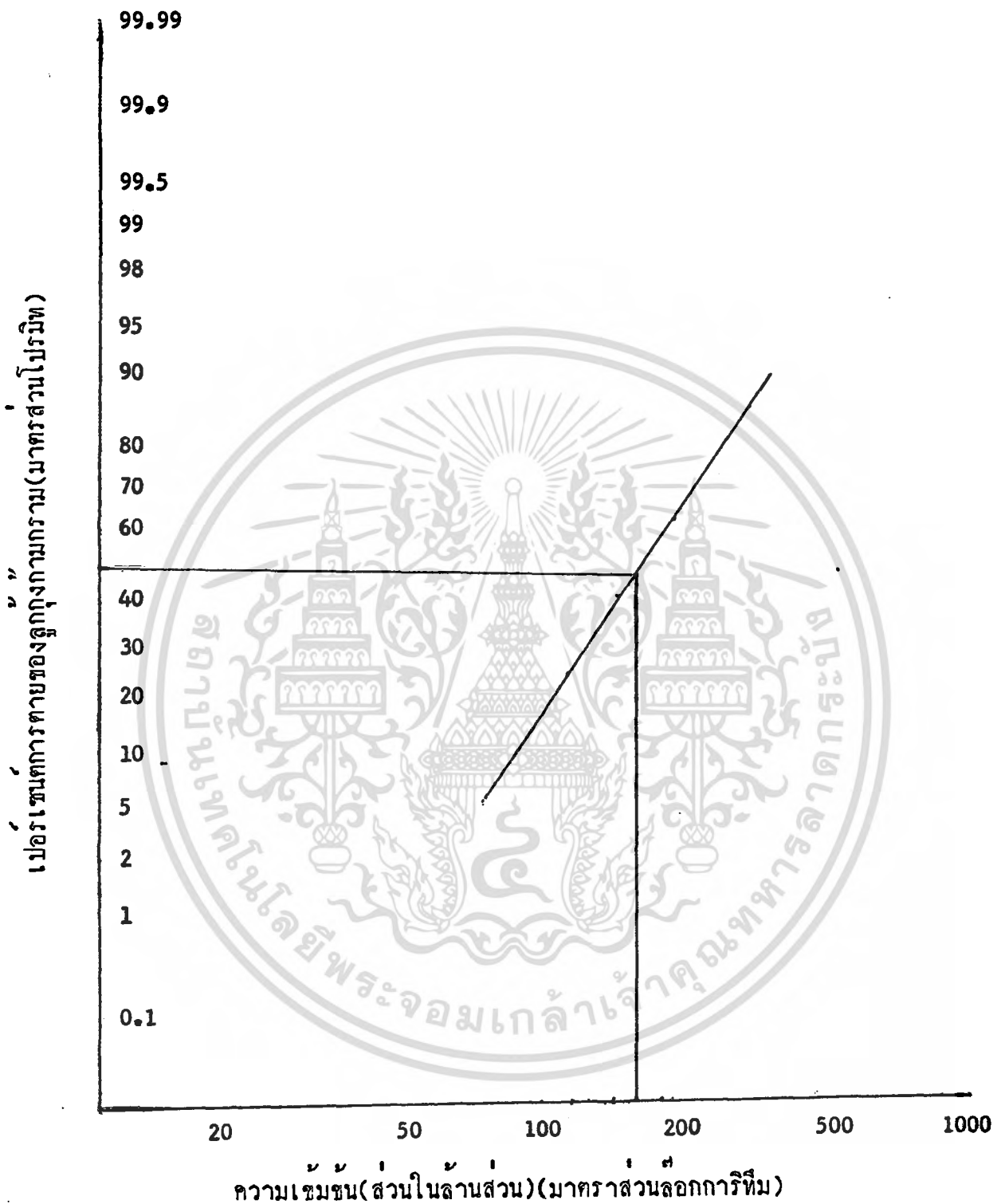
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ความเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน) (มาตราส่วนล็อกการิทึม)

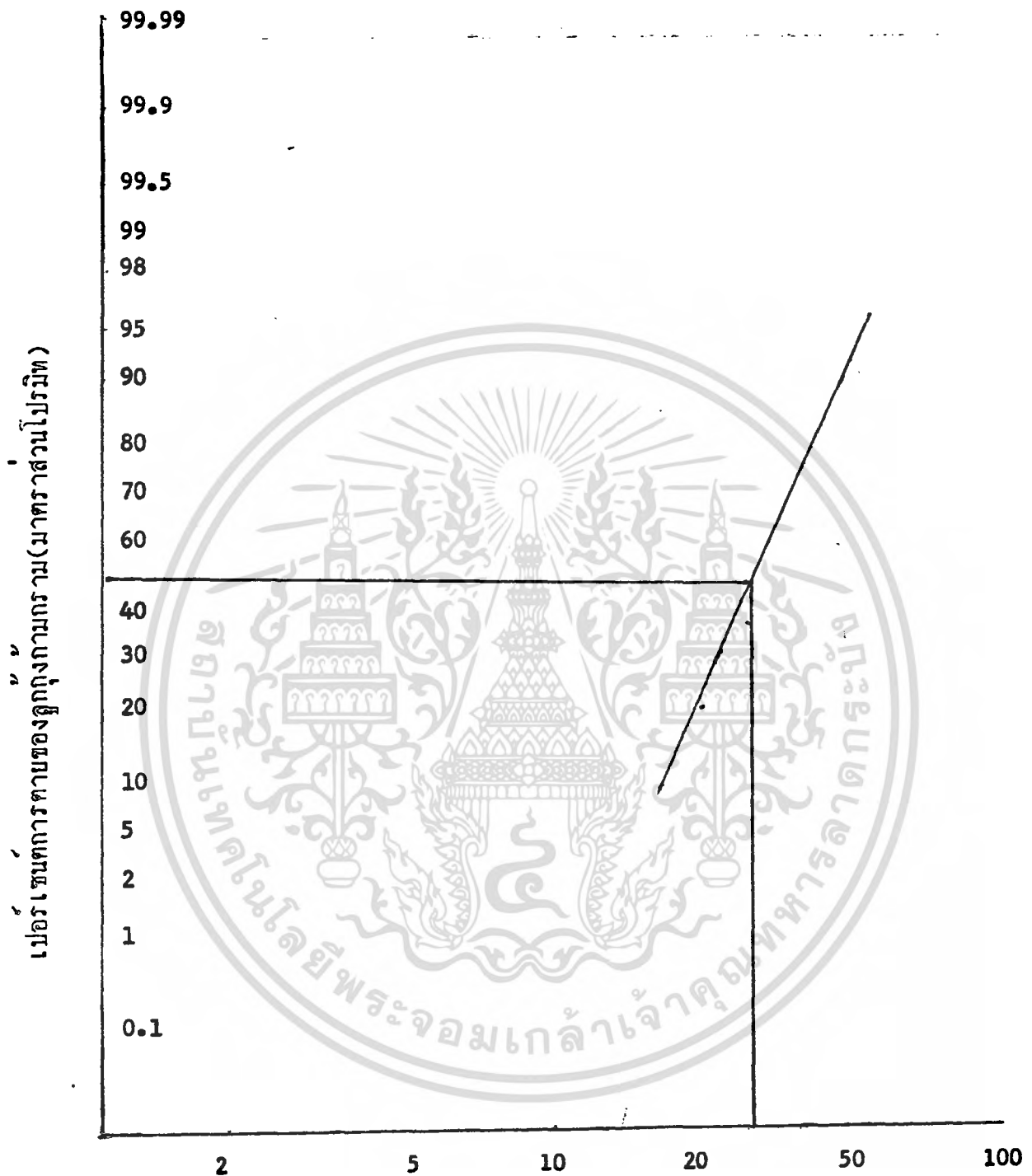
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุงกวมกรามระยะที่ 7 ที่ 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลินกับเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกุงกามกรมระยะที่ 11 ที่ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ความเข้มข้น(ส่วนในล้านส่วน)(มาตราส่วนลอการิทึม)

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอร์มาลีนกับเปอร์เซ็นต์การตายของลูกกึ่งการถามระยะที่ 11 ที่ 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและขอเสนอแนะ

1. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินที่ทำให้ลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 ทาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงคือ 147, 173 และ 178 ส่วนในล้านส่วน
2. ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของฟอร์มาลินที่ทำให้ลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 ทาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 48 ชั่วโมงคือ 26, 30 และ 31 ส่วนในล้านส่วน
3. ค่าความปลอดภัยของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงคือ 14.7, 17.3 และ 17.8 ส่วนในล้านส่วน
4. ค่าความปลอดภัยของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามระยะที่ 4, 7 และ 11 ในระยะเวลา 48 ชั่วโมงคือ 2.6, 3.0 และ 3.1 ส่วนในล้านส่วน
5. ในการใช้ฟอร์มาลินรักษา Zoothanium sp โดยไม่เป็นอันตรายต่อลูกกุ้งก้ามกรามควรใช้ในระดัับ 100 ส่วนในล้านส่วนในระยะเวลา 24 ชั่วโมงและไม่ควรเกิน 25 ส่วนในล้านส่วนในการแช่ตลอดไป และควรให้อากาศอย่างเพียงพอ

เอกสารอ้างอิง

- กมลพร ภวภูตานนท์ และ สุปราณี ชินบุตร. 2526. ปรสิคปลาน้ำจืดของไทย. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 63 น.
- ชลอ ลิมสุวรรณ. 2530. ปัญหาในการอนุบาลและการเลี้ยงกุ้งทะเล : โรคกุ้งและการป้องกัน, น 63-65. ใน ชลอ ลิมสุวรรณ, ยนต์ มุสิก, ชีระ เล็กชลยุทธ, กังวาล จันทรโชติ และ นงนุช รักสกุลไทย. โรคกุ้งทะเลและการใช้เคมีภัณฑ์. เอกสารประกอบการสัมมนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ครั้งที่ 1. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เต็มดวง พึ่งขจรบุญ. 2529. ความเป็นพิษและผลของฟอร์มาลินในระดับไม่ทำให้ปลาตายต่อปลาน้ำจืดบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เต็มดวง พึ่งขจรบุญ, ชลอ ลิมสุวรรณ และ สุปราณี ชินบุตร. 2530. ความเป็นพิษของฟอร์มาลินต่อปลาไน, น 13-22. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 25 สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ขงชัย พรวณสวัสดิ์. 2525. คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง. สถาบันวิจัยสภาพแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 193 น.
- มะลิวรรณ แสงจันทร์. 2531. การสลายตัวของฟอร์มาลินและความเป็นพิษต่อ Aeromonas hydrophila และแพลงก์ตอน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยนต์ มุสิก และ ประศิษฐ พันธุ์ชชอบ. 2530. ความเป็นพิษของฟอร์มาลินต่อกุ้งทะเลและความเป็นไปได้ในการใช้ฟอร์มาลินกำจัดโรคและปรสิตของกุ้งทะเล, น 90-95. ใน ชลอ ลิมสุวรรณ, ยนต์ มุสิก, ชีระ เล็กชลยุทธ, กังวาล จันทรโชติ และนงนุช รักสกุลไทย. โรคกุ้งทะเลและการใช้เคมีภัณฑ์. เอกสารประกอบการสัมมนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลครั้งที่ 1. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีลา เรื่องแผ่น. 2528. โปริโทซัวที่ทำให้เกิดปัญหาในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล (*Penaeus monodon* & *P. merguensis*) เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2528. ฝ่ายทดลองและวิจัยเพื่อการเพาะเลี้ยง. กองประมงน้ำกร่อย, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 13 น.

วินิจ คັນสุกุล, ทองสุข แซ่ลี และ เอกลักษณ์ แซ่โล้ว. 2530. พืชเนียบพลันและผล กระทบการใช้ฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน, น 23-33. ใน รายงาน การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 25. สาขาประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมประสงค์ ชันฒ, เจริญ เรืองหทัยธรรม และ ทวีชัย สุไพโรจน์. 2530. ผลของ ฟอร์มาลินต่ออัตราการตายของลูกกุ้งแรมวัย เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/30. สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดสมุทรสาคร, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 12 น.

สิทธิ บุญยรัตนยสิน. 2524. สารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดโรคสัตว์น้ำ. สถาบันประมง น้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 19 น.

อตุลย์ แม่ไร่าะ, ประกิจฐ์ ชนชื่นชอบ, บุญเกิด โสมบักทุม และ อุดม บุญชม. 2530. ระบุความเป็นพิษของฟอร์มาลินต่อลูกกุ้งกุลาดำ. สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัด สุพรรณบุรี, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 13 น.

Kabata, Z. 1985. Parasite and disease of fish culture in the tropics. Toyler & Fransis, London. 318 p.

Litchfield, J.T. and F.W. Wilcoxon. 1949. A simplified method of evaluating dose-effect experiments. J.Pharmacol. Exp. Ther. 96:99-113.

Phelps, R.P. 1975. Toxicity and efficacy of five chemotherapeutics used in aquaculture when applied to waters of different quality. Ph.D. thesis, Auburn Univ, Auburn, Alabama.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Royal Society of Chemistry. 1983. The agrochemicals handbook. The University Nottingham, England. 1230 p.
- Sprague, J.B. 1969. Measurement of pollutant toxicity to fish. I. Bioassay method for acute toxicity. Water Res. 3:793-821.
- Wedemeyer, G. and W.T. Yasutake. 1974. Stress of formalin treatment in juveniles spring chinook salmon (Oncorhynchus Zshawytsha) and steelhead trout (Salmo gairdneri) J.Fish. Res. Board Can. 28 : 1899-1904.
- Wellborn, T.L. 1979. Control and Therapy, pp. 61-62. In J.A Plumb (ed.) Principle Disease of Farm-Raised Catfish. Southern Cooperatire Series No. 225. Alabama.
- Williams, H.A. and R. Wootten. 1981. Some effect of therapeutic levels of formalin and copper sulphate on blood parameters in rainbow trout. Aquaculture 24 : 341-353.
- Wright, L.D. 1976. Effect of malachite green and formalin on the survival of largemouth bass eggs and fry. Prog. Fish-Cult. 38 : 155-157.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหา LC_{50} ตามวิธีของ Litchfield และ
Wilcoxon (1949)

สัญลักษณ์ที่ใช้

k = the number of concentrations plotted

n = $k-2$ = degrees of freedom for $(\chi^2)^2$

LC_{50} = median lethal concentration

S = slope function

fLC_{50}, fs = factors for LC_{50} and S respectively

N = total number of animal used between 16 and 84 percent
expected effects

R = the ratio of largest to smallest concentration plotted

A = a value derived from S and R

$(\chi^2)^2$ = from calculated is less than $(\chi^2)^2$ from table,
therefore, the data are not significantly hetero-
geneous, the line is a good fit

Concentration (ppm)	Dead/ tested	Observed dead %	Expected dead %	Observed minus Expected	$\frac{(O-E)^2}{E(100-E)}$
100	0/30	0(1.2)	3.7	-2.5	0.0175
119	6/30	20	15	5	0.019
141.42	12/30	40	42	-2	0.0016
168.18	23/30	76.7	72	4.7	0.011
200	30/30	100(97.7)	93	4.7	0.0339

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(\text{Chi})^2 \text{ calculated} = \frac{0.083 \times 150}{5} = 2.49$$

$$\text{Degrees of Freedom, } n = k-2 = 5 - 2 = 3$$

$$(\text{Chi})^2 \text{ from table for } n \text{ of } 3 = 7.815$$

2.49 is less than 7.815, therefore, the data are not significantly heterogeneous

$$\text{LC}_{16} = 119$$

$$\text{LC}_{50} = 147$$

$$\text{LC}_{84} = 180$$

LC_{16} , LC_{50} , LC_{84} read from the line on the logarithmic probability paper the concentration for 16, 50, 84 percent mortality

$$S = \frac{\text{LC}_{84}/\text{LC}_{50} + \text{LC}_{50}/\text{LC}_{16}}{2}$$

$$= \frac{180/147 + 147/119}{2} = 1.229$$

$$f\text{LC}_{50} = S^{2.77/\sqrt{N}} = 1.229^{2.77/\sqrt{41}} = 1.093$$

the limits of LC_{50} as :

$$\text{LC}_{50} \times f\text{LC}_{50} = \text{upper } \left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \text{limit for } 19/20 \text{ probability}$$

$$\text{LC}_{50} / f\text{LC}_{50} = \text{lower } \text{---}$$

$$\text{upper limit } \text{LC}_{50} = 147 \times 1.093 = 160.71$$

$$\text{lower limit } \text{LC}_{50} = 147/1.093 = 134.49$$

LC_{50} and 19/20 confidence limits : 147 (134.49 - 160.71) ppm

$$R = \text{largest/ smallest concentration}$$

$$= 200/100 = 2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = \text{antilog} \frac{1.1(\log s)^2}{\log R}$$

$$= \text{antilog} \frac{1.1(\log 1.229)^2}{\log 2} = 1.069$$

$$f_s = A^{10(k-1)/k\sqrt{N}}$$

$$= 1.069^{10(5-1)/5\sqrt{41}} = 1.087$$

the limits of S as:

$$S \times f_s = \text{upper}$$

$$S/f_s = \text{lower}$$

limit for 19/20 probability

$$\text{upper limit } s = 1.229 \times 1.087 = 1.336$$

$$\text{lower limit } s = 1.229/1.087 = 1.131$$

s and 19/30 confidence limits : 1.229 (1.131-1.336)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้