ผลของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อความเป็นพิษเฉียบพลันและคุณภาพน้ำต่อปลากะพงขาว (Lates calcarifer)

Effect of Sodium Bentonite on Acute Toxicity and Water Quality on Asian Sea Bass (Lates calcarifer)

ธนากร ทราเจริญ[1] และ พงศ์เชฎฐ์ พิชิตกุล[1*]

Thanakon Tharajaroen1 and Phongchate Pichitkul[1*]

บทคัดย่อ: โซเดียมเบนทอไนต์เป็นแร่ดินเหนียวที่มีคุณสมบัติขยายตัวได้เมื่อสัมผัสกับน้ำ จึงมีแนวคิดที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุรองพื้นบ่อในการป้องการรั่วซึมในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของโซเดียมเบนทอไนต์ที่มีต่อปลากะพงขาว (Lates calcarifer) และศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่สำคัญในช่วงความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่ส่งผลทำให้ปลากะพงขาวเกิดการตาย โดยทำการศึกษากับลูกปลากะพงขาวขนาด 10.59±2.04 กรัม ภายใต้วิธีชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (static bioassay) ผลการศึกษาพบว่าการตายของปลากะพงขาวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์มีค่าเพิ่มขึ้น ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่ทำให้ปลากะพงขาวตายร้อยละ 50 ที่ระดับความเค็มของน้ำ 5 ส่วนในพันส่วน ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (24-hr LC_{50}) มีค่าเท่ากับ 78.94 (77.91-79.96) กรัมต่อลิตร การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามระดับความความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์และระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ในขณะที่โซเดียมเบนทอไนต์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายและอุณหภูมิของน้ำ

คำสำคัญ: โซเดียมเบนทอไนต์, ความเป็นพิษเฉียบพลัน, คุณภาพน้ำ, ปลากะพงขาว

Abstract: Sodium bentonite is a type of natural clay and has been become more familiar in field of aquaculture as ponds base material to prevent leaking of water in earthen ponds due to its swelling after soaking with water. The aims of this study were conducted to determine the median lethal concentration (LC_{50}) of Sodium bentonite to Asian sea bass juvenile (*Lates calcarifer*) and study on water properties changed at the different concentrations; it was caused by mortality of fish. Asian sea bass average weight 10.59±2.04 g. was studied under static bioassay. The results showed that the fish mortality was increased when the concentrations level of Sodium bentonite increased. The LC_{50} of Sodium bentonite at 5 ppt salinity within 24 hr (24-hr LC_{50}) was 78.94 (77.91-79.96) g/L. and water parameters included pH, conductivity were changed by Sodium bentonite at different concentrations and time significantly ($P<0.01$). While Sodium bentonite has no effect on dissolved oxygen and water temperature.

Keyword: Sodium bentonite, Acute Toxicity, Water Quality, Asian Sea Bass

[1] ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University

* Corresponding author: ffispcp@yahoo.com

บทนำ

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วและมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นทั้งในด้านของการเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารและเป็นการผลิตเพื่อทดแทนผลผลิตสัตว์น้ำจากธรรมชาติซึ่งเสื่อมโทรมลงตามการเพิ่มของประชากรและการพัฒนาเทคโนโลยีการจับสัตว์น้ำ (กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, 2560) การเติบโตของอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจากเดิมที่เป็นระบบการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติมาสู่ระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนา (เรืองไร และคณะ, 2558) แต่เนื่องด้วยพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีอยู่อย่างค่อยข้างจำกัดจึงเป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการขยายพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศ ศูนย์สารสนเทศกรมประมง (2559) รายงานถึงผลการศึกษาความเหมาะสมของพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยโดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่างๆ เช่น สภาพพื้นที่และภูมิประเทศ คุณสมบัติของดินโดยประเมินจากความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ลักษณะของเนื้อดิน การอุ้มน้ำของดิน และคุณภาพของแหล่งน้ำ พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพียงร้อยละ 30 ของพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งหมดในประเทศ จะพบว่าพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องด้วยความไม่เหมาะสมของลักษณะภูมิประเทศในบางพื้นที่ดังกล่าวจึงทำให้การสร้างบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังกล่าวไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรอันเนื่องจากพื้นดินที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำได้อยู่ในปัจจุบันได้มีการนำโซเดียมเบนทอไนต์มาใช้เพื่อเป็นวัสดุรองพื้นบ่อในการป้องกันปัญหาการรั่วซึมของบ่อน้ำ (ชวาล และคณะ, 2559) ด้วยคุณสมบัติที่สามารถขยายตัวได้ของโซเดียมเบนทอไนต์เมื่อสัมผัสกับน้ำจึงทำให้สามารถป้องกันการรั่วซึมของบ่อน้ำได้ การศึกษาของ Chapuis, (2002) รายงานว่า ดินที่ผสมโซเดียมเบนทอไนต์ในปริมาณที่เหมาะสมจะมีคุณสมบัติในการใช้เป็นชั้นกันซึมได้ โดยมีคุณสมบัติในการพองตัวได้ดีเมื่อดูดซับโมเลกุลของน้ำเข้าไปและจะเข้าไปอุดช่องว่างต่างๆ ที่มีอยู่ในมวลดินทำให้การซึมผ่านของน้ำต่ำลง โซเดียมเบนทอไนต์เป็นแร่ดินในกลุ่มสแมกไทต์ (Smectite) ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) ลักษณะเป็นแผ่นขนาดเล็กซ้อนกัน 3 ชั้น โดยที่ชั้นกลางเป็นกลุ่มของโมเลกุลของอลูมินัมไฮดรอกซิลรูปทรงแปดระนาบ (Octahedral Aluminum Hydroxyl) อยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นของกลุ่มโมเลกุลซิลิคอนออกไซด์โมเลกุลรูปทรงปิรามิดฐานสี่เหลี่ยม (SiliconOxide Tetrahedral) โดยที่โมเลกุลที่อยู่ชั้นกลางนี้จะมีประจุบวกของโซเดียมไอออนแทรกอยู่ (Zhou and Keeling, 2013) และนอกจากนี้ได้มีการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้โซเดียมเบนโทไทต์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในด้านต่างๆ เช่น การใช้โซเดียมเบนทอไนต์ในระบบกรองเพื่อกำจัดแอมโมเนีย (Ismadji et al., 2016) การใช้ในการดูดซับฟอสเฟต (Zamparas et al., 2012) และการใช้ในการกำจัดไนเตรท (Xi et al., 2010) เป็นต้น การศึกษาดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของโซเดียมเบนทอไนต์ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่เนื่องด้วยยังไม่มีการศึกษาถึงผลของโซเดียมเบนทอไนต์ก่อนการนำมาใช้ประยุกต์ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในแง่ของการศึกษาถึงผลของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อความเป็นพิษและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่สำคัญต่อสัตว์น้ำ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นศึกษาถึงระดับความปลอดภัยและผลกระทบของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อปลากะพงขาวที่ระดับความเค็มของน้ำ 5 ส่วนในพันส่วน และทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่สำคัญบางประการอันเนื่องมาจากโซเดียมเบนทอไนต์ในช่วงความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อการตายของปลากะพงขาวเพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้โซเดียมเบนทอไนต์ในระบบการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้ลูกปลากะพงขาว (Lates calcarifer) แบบคละเพศจากชุดเพาะฟักเดียวกัน อายุ 8 สัปดาห์ ความยาวเฉลี่ย 9.42±0.60 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 10.59±2.043 กรัม จากโรงเพาะฟักของสถานีวิจัยประมงสมุทรสงคราม คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวน 1,000 ตัว มานำการปรับสภาพในถังไฟเบอร์กลาส ขนาด 500 ลิตรที่มีการเติมน้ำความเค็ม 5 ส่วนในพันส่วน ปริมาตร 400 ลิตร และมีระบบการให้อากาศอย่างเพียงพอ ทำการพักเพื่อปรับสภาพให้ปลากะพงขาวคุ้นเคยกับสภาพการทดลองเป็นเวลา 7 วัน ในระหว่างการพักปลาทำการให้อาหารเม็ดชนิดลอยน้ำโปรตีน 35% ในอัตรา 2.5 % ของน้ำหนักตัว จำนวน 2 มื้อต่อวันในช่วงเช้าเวลา 7.00 น. และในช่วงเย็นเวลา 16.00 น. ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ 2 วัน เพื่อทำให้ปลากะพงขาวอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์แข็งแรง ก่อนทำการทดลองจะงดการให้อาหารเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อเป็นการลดสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำในระบบการทดลอง

2.การเตรียมสารโซเดียมเบนทอไนต์

โซเดียมเบนทอไนต์ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้เป็นแบบเกรด API ที่มีการใช้แพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การขุดเจาะ การใช้เป็นวัสดุป้องกันการรั่วซึมเป็นต้น ผลิตโดยบริษัทในประเทศอินโดนีเซีย โดยทำการละลายโซเดียมเบนทอไนต์ที่ระดับความเข้มข้นในหน่วยกรัมของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อปริมาตรของน้ำในหน่วยลิตร ตามระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

3. สภาพการทดลอง

ทำการทดลองในสภาวะน้ำนิ่ง (Static bioassay) ในตู้กระจกขนาด 30 x 40 x 50 เซนติเมตร ที่บรรจุน้ำปริมาตร 40 ลิตร มีการให้อากาศด้วยหัวทรายอย่างเพียงพอเพื่อช่วยในการกระจายตะกอนได้อย่างทั่วถึงในทุกๆ ส่วนของตู้ ทำการใส่ปลากะพงขาวตู้ละ 20 ตัวต่อตู้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design; CRD) เพื่อให้มีการกระจายตัวของปลากะพงขาวในแต่ละชุดการทดลอง โดยที่ในแต่ละชุดการทดลองจะทำการทดลองในระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่แตกต่างกันชุดละ 3 ซ้ำ ในแต่ละชุดการทดลองจะใส่กระชังพีวีซี (PVC) ขนาด 27 x 40 x 40 เซนติเมตร ลงในตู้กระจกเพื่อช่วยในการสังเกตจำนวนสัตว์น้ำที่ตายในแต่ละช่วงการทดลอง เนื่องจากการที่โซเดียมเบนทอไนต์เมื่อละลายน้ำแล้วจะทำให้เกิดความขุ่นในระดับที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน

4. การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อปลากะพงขาว (Lates calcarifer)

นำปลากะพงขาวที่ทำการปรับสภาพแล้วมาทำการทดลองเพื่อหาค่าความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่สามารถทำให้สัตว์ทดลองตายเป็นจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบน้ำนิ่ง (Static bioassay) โดยทำการเติมสารเคมีในระดับความเข้มข้นที่ต้องการเพื่อเริ่มการทดลองเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

การทดลอง ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การทดลองขั้นต้น (Rang finding test) และ การทดลองขั้นละเอียด (Definitive test)

การทดลองขั้นต้น (Rang finding test) เพื่อเป็นการหาระดับความเข้มข้นในช่วงกว้างๆ ที่เป็นระดับของความเข้มข้นที่มีค่าต่ำที่สุดที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้นที่มีค่าสูงที่สุดที่ทำให้ปลากะพงขาวมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการใส่โซเดียมเบนทอไนต์ที่ระดับความเข้มข้น 10 ระดับ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยที่ในแต่ละความเข้มข้นจะใช้ลูกปลากะพงขาวจำนวน 20 ตัวต่อระดับความเข้มข้น ทำการสังเกตพฤติกรรมของปลากะพงขาวและบันทึกจำนวนปลากะพงขาวที่ตายภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำค่าความเข้มข้นที่ได้ไปจัดระดับความที่เหมาะสมในการทดลองอย่างละเอียดต่อไป

การทดลองขั้นละเอียด (Definitive test) เป็นการทดลองที่นำช่วงความเข้มข้นที่มีค่าต่ำที่สุดที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้นที่มีค่าสูงที่สุดที่ทำให้ปลากะพงขาวมีชีวิตรอด 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยนำผลการทดลองจากการทดลองในขั้นต้น มาจัดระดับความเข้มข้นของชุดการทดลองออกเป็น 8 ระดับ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 และ 95 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สังเกตพฤติกรรมของปลากะพงขาวและบันทึกจำนวนปลากะพงขาวที่ตายภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยแบ่งช่วงเวลาในการสังเกตออกเป็นช่วง ระยะเวลาที่ 1, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินว่าสัตว์ทดลองที่ตายจะหยุดการเคลื่อนไหว และเมื่อใช้แท่งแก้วเขี่ยแล้วไม่มีการตอบสนอง

5. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ที่ระดับความเข้มข้นที่ส่งผลให้ปลากะพงขาวเกิดการตาย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่สำคัญบางประการ ในช่วงระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่ส่งผลให้ปลากะพงขาวเกิดการตาย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 65, 70, 75, 80, 85 และ 95 กรัมต่อลิตร ก่อนใส่สารโซเดียมเบนทอไนต์และหลังการใส่สารโซเดียมเบนทอไนต์ทันที (0), 1, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลาย และ อุณหภูมิ ด้วยเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติแบบมัลติพารามิเตอร์ YSI model Pro 2030 สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวมจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวดพลาสติก (Polyethylene) เก็บตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4 °C และนำไปตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสียของ APHA, (2012)

6.การบันทึกผลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

บันทึกผลการตายของปลากะพงขาวในแต่ละระดับความเข้มข้น พร้อมสังเกตอาการผิดปกติของปลากะพงขาว โดยถือเกณฑ์การตายของสัตว์ทดลองจะหยุดการเคลื่อนไหวและไม่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า และนำสัตว์ทดลองที่ตายออกทุกครั้งที่ตรวจพบ บันทึกผลจำนวนการตายในแต่ละความเข้มข้น และนำข้อมูลดังกล่าวไปหาค่า LC_{50} ด้วยการวิเคราะห์ Probit Analysis ตามวิธีการของ Finney, (1971) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measures ANOVA) ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยที่มีระดับความเข้มข้นเป็นปัจจัยระหว่างชุดการทดลอง (between subject treatment) และช่วงเวลาเป็นปัจจัยภายในชุดการทดลอง (Within subject) เมื่อพบว่ามีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองและปัจจัยภายในชุดการทดลองจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ (homogeneity of variance) ด้วยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffe) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (Gomez and Gomez, 1984) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อปลากะพงขาว (Lates calcarifer)

จากการทดลอง พบว่าระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารโซเดียมเบนทอไนต์ ที่ไม่ทำให้ปลากะพงขาวตาย และระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารโซเดียมเบนทอไนต์ ที่ทำให้ปลากะพงขาวตาย 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 60 และ95 กรัมต่อลิตร เมื่อนำช่วงความเข้มข้นดังกล่าวมาจัดลำดับ เพื่อใช้ในการทดลองขั้นละเอียดสามารถจัดลำดับช่วงของความเข้มข้นได้ 8 ระดับความเข้มข้น ดังนี้ 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 และ 95 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำช่วงความเข้มข้นดังกล่าวไปทำการทดลองในขั้นละเอียด พบว่าภายหลังจากปลากะพงขาวสัมผัสกับสารโซเดียมเบนทอไนต์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ปลากะพงขาวจะเกิดการตายในระดับความเข้มข้น 65-95 กรัมต่อลิตร และไม่พบการตายของปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้น 60 กรัมต่อลิตร หลังสิ้นสุดการทดลองพบการตายสะสมของปลากะพงขาวในระดับความเข้มข้น 65, 70, 75, 80, 85, 90, และ 95 กรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 1.7, 5, 15, 65, 85, 95 และ 100เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (**Figure 1**)

จากการศึกษาพบว่าปลากะพงขาวมีอัตราการตายสะสมเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์มีระดับที่สูงขึ้น ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (LC_{50}) มีค่าเท่ากับ 78.94 (77.91-79.96) กรัมต่อลิตร (**Figure 2**) พฤติกรรมของปลากะพงขาวหลังจากสัมผัสกับสารละลายโซเดียมเบนทอไนต์ พบว่ามีอาการผิดปกติโดยแสดงอาการซึม ว่ายน้ำได้ช้าลง มีอัตราการเปิดปิดแผ่นปิดเหงือก (Operculum) มากขึ้นและว่ายน้ำขึ้นมาบริเวณผิวน้ำบ่อยครั้งอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับปลากะพงขาวในชุดควบคุม หลังสิ้นสุดการทดลองในเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปลากะพงขาวที่มีชีวิตรอดจะแสดงอาการซึม ว่ายน้ำได้ช้าลง และ/หรือ สูญเสียการทรงตัว ปลากะพงขาวที่มีชีวิตรอดบางตัวจะแสดงลักษณะของอาการกร่อนในบริเวณครีบหาง ครีบอก เกิดการตกเลือดในบริเวณฐานครีบต่างๆ และในบริเวณซี่เหงือก เป็นต้น

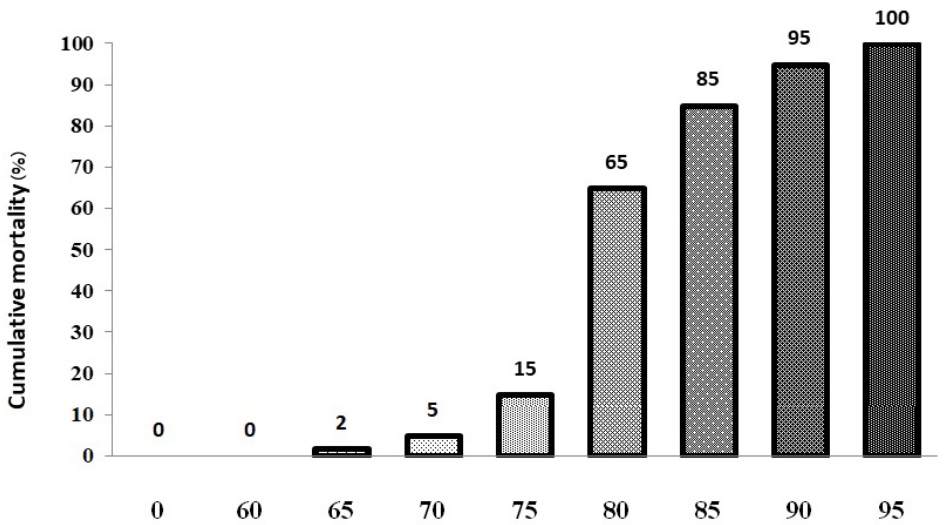

Figure 1 Percentage of cumulative mortality of Sodium bentonite acute 24 hours toxicity test for Asian sea bass (Lates calcarifer)

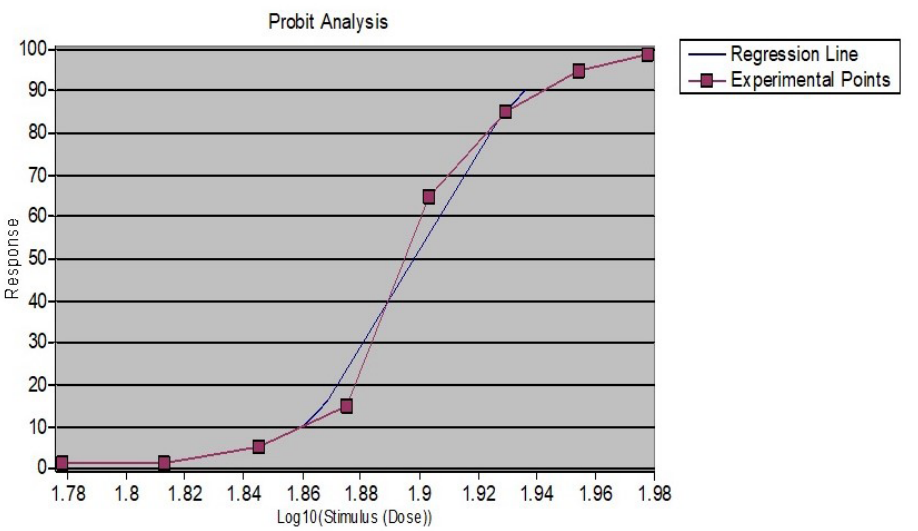

Figure 2 Probit analysis plot of Sodium bentonite acute 24 hours toxicity test for Asian sea bass (*Lates calcarifer*)

เมื่อเปรียบเทียบผลของความเป็นพิษเฉียบพลันเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ที่ทำให้ปลากะพงขาวตายครึ่งหนึ่งในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (LC_{50}) กับค่า LC_{50} ของสารเคมีอื่นๆ พบว่าค่าความเป็นพิษเฉียบพลันเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ มีค่าอยู่ในระดับที่สูง จากการศึกษาของ ธารทิพย์ (2554) รายงานว่า ระดับความเป็นพิษของสารนิโคซาไมด์ที่ทำให้ ลูกปลากะพงขาวตายครึ่งหนึ่งในระยะเวลา 48 ชั่วโมง (48 hr LC_{50}) ที่ระดับความเค็มของน้ำ 5 ส่วนในพันส่วนมีค่าเท่ากับ 0.5 ส่วนในล้านส่วน ลิลา, ชลอ และนิติ, (2552) รายงานว่า ระดับความเป็นพิษของกากชาที่ทำให้ลูกปลากะพงขาวตายครึ่งหนึ่งในระยะเวลา 72 ชั่วโมง (72 hr LC_{50}) ที่ระดับความเค็มของน้ำ 0 และ 10 ส่วนในพันส่วนมีค่าเท่ากับ 9.24 และ 8.1 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ผลจากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า โซเดียมเบนทอไนต์มีค่าความเป็นพิษต่อปลากะพงขาวอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าสารเคมีอื่นๆ ที่เคยมีการศึกษามา

2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ในระดับความเข้มข้นที่ส่งผลให้ปลากะพงขาวเกิดการตาย

2.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในชุดการทดลอง โดยที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์และช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำพบว่า ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างภายในชุดทดลองในแต่ละช่วงเวลา (Within subject) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 ช่วงเวลา ($F= 809.27$, $P<0.01$) ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างชุดทดลอง (Between subject treatment) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 ช่วงความเข้มข้น ($F= 526.918$, $P<0.01$) และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างในแง่ของช่วงเวลาและความเข้มข้น (Time concentration interaction) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 คู่ ($F= 25.988$, $P<0.01$)

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเป็นกรดเป็นด่างที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ 0 (ชุดควบคุม), 65, 70, 75, 80, 85, 90 และ 95 กรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.39±0.05, 8.69±0.11, 8.70±0.12, 8.72±0.13, 8.77±0.14, 8.77±0.14, 8.77±0.14 และ 8.79±0.15 ตามลำดับ (Table 1) โดยพบว่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ในแต่ละความเข้มข้น (homogeneity of variance) โดยใช้วิธีการทดสอบของเชฟเฟ่ (Scheffe) สามารถจัดกลุ่มของระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างได้ 3 กลุ่มตามความสามารถในการเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง คือ ความเข้มข้น 0 กรัมต่อลิตร (ชุดควบคุม) ช่วงระดับความเข้มข้น 65, 70 และ 75 และช่วงระดับความเข้มข้น 80, 85, 90 และ 95 ตามลำดับ (Figure 3a) การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ในช่วงเวลาก่อนใส่สาร และหลังใส่สารทันที (0), 1, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่างอย่างรวดเร็วในช่วงหลังการใส่สารโซเดียมเบนทอไนต์ในทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่ามีค่าไม่แตกต่างทางสถิติในช่วงเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ ($P>0.05$) (Figure 3b) การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณโซเดียมเบนทอไนต์ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอนุภาคของโซเดียมเบนทอไนต์ที่หลังจากการละลายน้ำแล้ว (Hydrolysis) ทำให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งมีอำนาจการเข้าแทนที่มากกว่าสามารถเข้าไปแทนที่โซเดียมไอออน จึงส่งผลให้ในสารละลายโซเดียมเบนทอไนต์มีโซเดียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) แพร่กระจายอยู่เป็นจำนวนมากตามปริมาณโซเดียมเบนทอไนต์ที่มากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2554) ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ภัทรสวันต์ (2552) ที่รายงานว่าค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใส่โซเดียมเบนทอไนต์ในอัตราที่แตกต่างกันกับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือปริมาณโซเดียมเบนทอไนต์ที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

Table 2 Water quality changes caused by different concentrations of Sodium bentonite at 5 ppt salinity.

Sodium bentonite (g/l)	Water parameters			
	pH	EC (mS/cm.)	DO (mg/l)	Temperature (°C)
0	8.39±0.05[a]	9.45±0.02[a]	8.01±0.07[a]	25.2±0.62[a]
65	8.69±0.11[b]	9.66±0.17[b]	8.02±0.08[a]	25.1±0.69[a]
70	8.70±0.12[b]	9.71±0.16[c]	8.02±0.10[a]	25.2±0.62[a]
75	8.72±0.13[b]	9.70±0.15[c]	7.98±0.11[a]	25.2±0.61[a]
80	8.77±0.14[c]	9.70±0.14[c]	8.02±0.09[a]	25.1±0.64[a]
85	8.77±0.14[c]	9.73±0.13[c]	8.02±0.08[a]	25.2±0.57[a]
90	8.77±0.14[c]	9.73±0.13[c]	7.97±0.12[a]	25.1±0.62[a]
95	8.79±0.15[c]	9.76±0.36[d]	7.97±0.14[a]	25.1±0.62[a]

The different alphabets in the same row mean significant difference (P<0.05) Mean± SD.

2.2 **การนำไฟฟ้า** (EC) การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในชุดการทดลอง โดยที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์และช่วงเวลาที่แตกต่างกันด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ พบว่าค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าภายในชุดทดลองในแต่ละช่วงเวลา (Within subject) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 ช่วงเวลา (F= 1265.98, P<0.01) ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าระหว่างชุดทดลอง (Between subject treatment) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 ช่วงความเข้มข้น (F= 234.21, P<0.01) และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในแง่ของช่วงเวลาและความเข้มข้น (Time concentration interaction) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 คู่ (F= 38.81, P<0.01) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ 0 (ชุดควบคุม), 65, 70, 75, 80, 85, 90 และ 95 กรัมต่อลิตร พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.45±0.02, 9.66±0.17, 9.71±0.16, 9.70±0.15, 9.70±0.14, 9.73±0.13, 9.73±0.13 และ 9.76±0.36 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (**Table 1**)

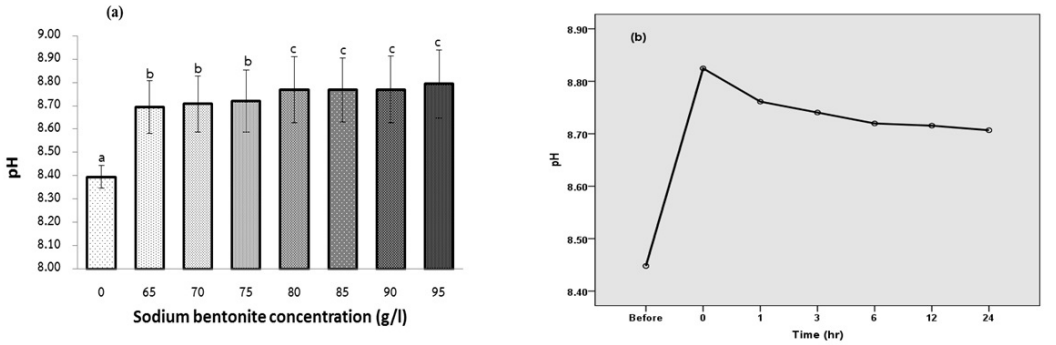

Figure 3 **a)** Average value of pH affected by Sodium bentonite.

b) pH changes due to Sodium bentonite at different time.

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ในแต่ละความเข้มข้น (homogeneity of variance) โดยใช้วิธีการทดสอบของเชฟเฟ่ (Scheffe) สามารถจัดกลุ่มของระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าได้ 4 กลุ่มตามความสามารถในการเพิ่มค่าการนำไฟฟ้า คือ ความเข้มข้น 0 กรัมต่อลิตร (ชุดควบคุม) ช่วงระดับความเข้มข้น 65 กรัมต่อลิตร ช่วงระดับความเข้มข้น 70, 75, 80, 85 และ 90 กรัมต่อลิตร และ ช่วงระดับความเข้มข้น 95 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (**Figure 4a**) การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ในช่วงเวลาก่อนใส่สาร และหลังใส่สารทันที (0), 1, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงหลังการใส่สารโซเดียมเบนทอไนต์ในทันทีและมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 1, 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (**Figure 4b**) ค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายโซเดียมเป็นทอไนต์เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณไอออนที่ละลายอยู่ในสารละลายโซเดียมเบนทอไนต์ โดยเมื่อมีการใส่โซเดียมเบนทอไนต์ในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณไอออนที่ละลายได้มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณไอออนที่ละลายได้เนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ ได้แก่ Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} (ชาลี และคณะ, 2548) ค่าการนำไฟฟ้าในการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการที่อนุภาคของโซเดียมเบนทอไนต์สัมผัสกับน้ำจะทำให้โซเดียมไอออน (Na^{+}) ในอนุภาคโซเดียมเบนทอไนต์ รวมตัวกับโมเลกุลน้ำแล้วขยายขนาดใหญ่ขึ้น เรียกว่าไฮเดรตเตดโซเดียมไอออน ผลจากการเกิดไฮเดรตเตดโซเดียมไอออนจะเข้าไปจับตัวกับอนุภาคเบนโทไนต์จะส่งผลให้โซเดียมไอออนจับตัวกับอนุภาคเบนทอไนต์ได้น้อยลงทำให้อนุภาคของเบนทอไนต์แสดงค่าประจุลบและหลงเหลือโซเดียมไอออนเป็นจำนวนมาก (สุรวดี, 2558) ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ภัทรสวันต์ (2552) ที่รายงานว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใส่โซเดียมเบนทอไนต์ในอัตราที่แตกต่างกันกับการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือปริมาณโซเดียมเบนทอไนต์ที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

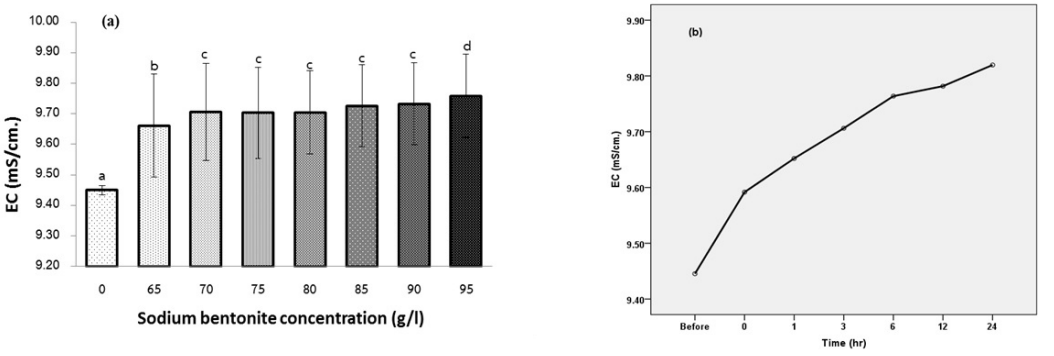

Figure 4 a) Average value of EC (mS/cm.) affected by Sodium bentonite.
b) EC changes due to Sodium bentonite at different time.

2.3 ออกซิเจนละลาย (DO) การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายในชุดการทดลอง โดยมีระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำพบว่า ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายภายในชุดทดลองในแต่ละช่วงเวลา (Within subject) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 ช่วงเวลา ($F=60.686$, $P<0.01$) ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายระหว่างชุดทดลอง (Between subject treatment) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

(F= 1.975, P>0.01) และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายในแง่ของช่วงเวลาและความเข้มข้น (Time concentration interaction) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 คู่ (F= 2.184, P<0.01) เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าออกซิเจนละลายที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ 0 (ชุดควบคุม), 65, 70, 75, 80, 85, 90 และ 95 กรัมต่อลิตร พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.01±0.07, 8.02±0.08, 8.02±0.10, 7.98±0.11, 8.02±0.09, 8.02±0.08, 7.97±0.12 และ 7.97±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (**Table 1**) ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลาย (**Figure 5a**) และการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายจากโซเดียมเบนทอไนต์ในช่วงเวลาก่อนและหลังการใส่สารมีค่าค่อนข้างคงที่แต่จะพบแนวโน้มการลงต่ำลงในชั่วโมงที่ 12 ของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อันเนื่องมาจากการใช้ออกซิเจนของสัตว์น้ำในระบบการทดลองที่มีมากขึ้น (**Figure 5b**)

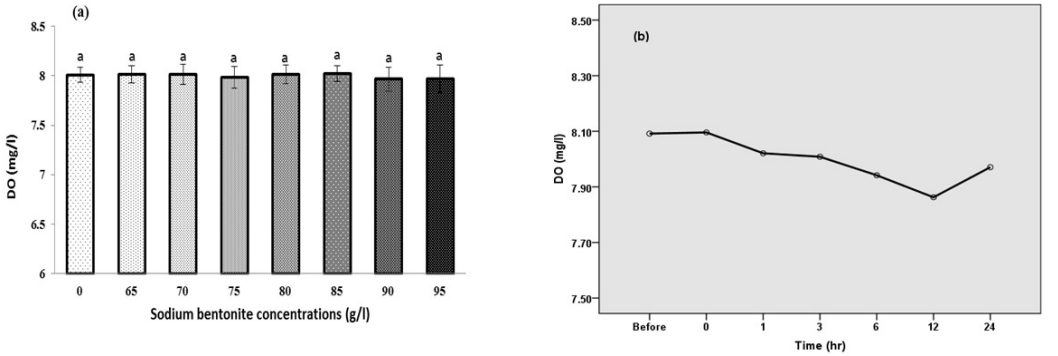

Figure 5 a) Average value of DO (mg/l) as affected by Sodium bentonite.

b) DO changes due to Sodium bentonite at different time.

2.4 **อุณหภูมิ (Temperature)** การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในชุดการทดลอง โดยมีระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ พบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในชุดทดลองในแต่ละช่วงเวลา (Within subject) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 ช่วงเวลา (F=60.686, P<0.01) ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายระหว่างชุดทดลอง (Between subject treatment) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่าง (F= 1.975, P>0.01) และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในแง่ของช่วงเวลาและความเข้มข้น (Time concentration interaction) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (F= 2.184, P<0.01) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ 0 (ชุดควบคุม), 65, 70, 75, 80, 85, 90 และ 95 กรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.2±0.62, 25.1±0.69, 25.2±0.62, 25.2±0.61, 25.1±0.64, 25.2±0.57, 25.1±0.62 และ 25.1±0.62 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (**Table 1**) โดยพบว่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ในทุกๆ ความเข้มข้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (**Figure 6a**) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงเวลาก่อนและหลังการใส่สารมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะพบแนวโน้มที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศจึงส่งผลต่ออุณหภูมิของน้ำในชั่วโมงที่ 3, 6 และ 12 ของการทดลองอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (**Figure 6b**)

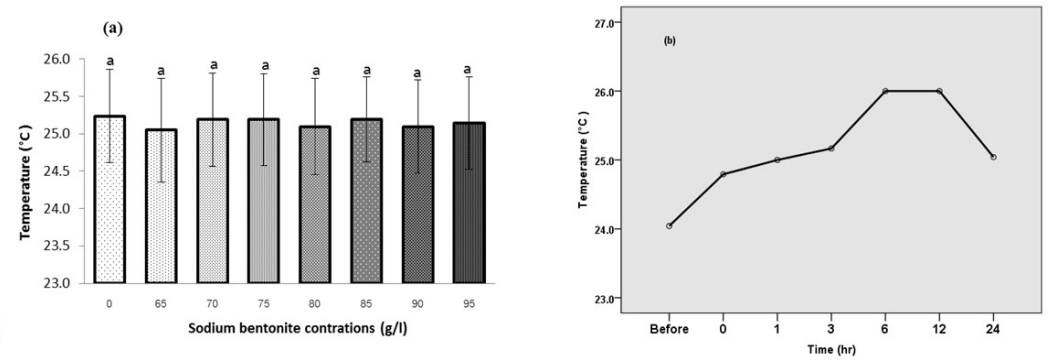

Figure 6 a) Average value of Temperature (mg/l) as affected by Sodium bentonite.
b) Temperature changes due to Sodium bentonite at different time.

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ในช่วงความเข้มข้นที่ส่งผลให้ปลากะพงขาวเกิดการตาย พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าการนำไฟฟ้า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความความเข้มข้นของโซเดียม เบนทอไนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่โซเดียมเบนทอไนต์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายและอุณหภูมิ โดยที่การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้ปลากะพงขาวเกิดการตาย เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระยะเวลาสั้นๆ ปลากะพงขาวจึงไม่สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ทัน (Boyd and Tucker, 1998) เนื่องจากความเป็นพิษเฉียบพลันของค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเข้าไปทำลายเหงือกและผิวหนังของปลาทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนลดลง (ภาสกร และ ยงยุทธ, 2539) และนอกจากนี้ Poléo et al. (1997) รายงานว่าอะลูมิเนียมไอออน (Al^{+}) ที่เป็นองค์ประกอบของโซเดียมเบนทอไนต์จะแสดงความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูง

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง การนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลาย และอุณหภูมิ เนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ในช่วงความเข้มข้นที่ส่งผลให้ปลากะพงขาวเกิดการตายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (Table 1) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่าอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำ เนื่องจากมีค่าเกินกว่าระดับมาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม และค่าการนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลาย และอุณหภูมิพบว่า อยู่ในระดับปกติของมาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 7429(G)-2559 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559)

สรุป

การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อของปลากะพงขาวโดยวิธีชีววิเคราะห์แบบน้ำนิ่งที่ระดับความเค็มของน้ำ 5 ส่วนในพันส่วน เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่ไม่ส่งผลทำให้ปลากะพงขาวเกิดการตายมีค่าเท่ากับ 60 กรัมต่อลิตร และระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์ที่สูงกว่าระดับ 60 กรัมต่อลิตรเป็นระดับที่ทำให้ปลากะพงขาวเกิดการตายโดยพบว่าความเข้มข้นที่ทำให้ปลากะพงขาวตายครึ่งหนึ่ง (LC_{50}) ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 78.94 (77.91-79.96) กรัมต่อลิตร การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่สำคัญบางประการเนื่องจากโซเดียมเบนทอไนต์ พบว่าสามารถทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น จึงอาจเป็นสาเหตุให้ปลากะพงขาวเกิดการตายเนื่องจากไม่สามารปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง ดังกล่าวได้ทัน การนำไฟฟ้ามีค่าค่าสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของโซเดียมเบนทอไนต์และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหลังละลายตลอดช่วงการทดลอง การนำไฟฟ้ามีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการละลายของโซเดียม เบนทอไนต์ทำให้ปริมาณไอออนที่ละลาย เช่น Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

ตามระดับความเข้มข้น ในขณะที่โซเดียมเบนทอไนต์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายและอุณหภูมิ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการนำโซเดียมเบนทอไนต์ที่ระดับต่ำกว่า 60 กรัมต่อลิตรไปประยุกต์ใช้งานจะไม่ส่งผลกระทบต่อการตายของลูกปลากะพงขาวที่ระดับความเค็มของน้ำ 5 ส่วนในพันส่วน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาในปัจจุบันยังไม่ทราบถึงกลไกของผลกระทบจากของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อสัตว์น้ำในด้านของการศึกษาทางด้านสรีรวิทยาและระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งการเข้าใจกลไกดังกล่าวจะช่วยให้สามารถเข้าใจถึงผลของโซเดียมเบนทอไนต์มากขึ้น จึงควรที่จะต้องมีการศึกษาในประเด็นดังกล่าวเพิ่มเติม

คำขอบคุณ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และขอขอบคุณสถานีวิจัยประมงสมุทรสงคราม คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ลูกปลากะพงขาว ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. 2560. แผนแม่บทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทย (ฉบับร่าง) ปีพ.ศ. 2555-2559. http://www.inlandfisheries.go.th/images/passive/lmbd.pdf. ค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2560.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชวาล พรรคเจริญ, ภีมะ วันแรก และนิพนธ์ สายแก้ว ราช. 2559. การศึกษาการลดปริมาณการรั่วซึมของน้ำในดิน ลูกรังโดยใช้เบนทอไนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชาลี นาวานุเคราะห์, นวลจันทร์ เอี่ยมประพันธ์ และธาริณี ลี้พูลทรัพย์. 2548. การศึกษาอัตราส่วนฟอสโฟยิปซัมที่ เหมาะสมเพื่อลดปริมาณความเค็มของดินนากุ้งร้าง. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ. 21(1): 50-60.

ธารทิพย์ นภาอำไฟพร, นิติ ชูเชิด และชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2554. การศึกษาพิษเฉียบพลันของนิโคลซาไมด์ต่อปลากะพงขาว (Lates calcarifer) และกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei) ระยะโพสลาร์วา 12. เทคโนโลยีการ ประมง 5:97-104.

ภาสกร ถมพลกรัง และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2539. พิษเฉียบพลันของความเป็นกรด-ด่างจากน้ำพรุต่อลูกปลา กะพงขาวขนาด 3-5 นิ้ว. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ภัทรสวันต์ แสงคำ. 2552. ผลของโซเดียมเบนทอไนต์ต่อสมบัติดิน และการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เรืองไร โตกฤษณะ, กุลภา กุลดิลก, กุลภา ษุญชูวงค์, เบญจวรรณ คงขน และ ธันย์ธาดา มะวงค์ไว. 2558. สถานภาพการ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยในบริบทของประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน.สถาบันคลังสมองแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ลิลลา หงส์คณารัตน์, ชลอ ลิ้มสุวรรณ และนิติ ชูเชิด. 2552. การศึกษาพิษเฉียบพลันของกากชาต่อปลานิล (Oreochromis niloticus), ปลากะพงขาว (Lates calcarifer) และกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง. (2559). สถิติการประมง ปี 2552. กรมประมง. http://www.fisheries.go.th/it- stat/yearbook. ค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2560.

สุรวดี สุขเลิศ. 2558. โซเดียมเบนทอไนต์ (Sodium Bentonite) ส่งผลกระทบต่อพืชได้อย่างไร. สำนักวิเคราะห์ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. http://www.onep.go.th/eia/images/10km/km_13.pdf. ค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2560.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . 2559. แนวปฏิบัติใน การใช้มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.7429(G)-2559: การปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับฟาร์มเลี้ยงปลาทะเล. กรุงเทพฯ.

APHA. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed. American Public Health Association, Washington, D.C. 1496 p.

Boyd, C.E. and C.S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Massachusettes.

Chapuis, R. M., 2002. Full-Scale Hydraulic Performance of Soil-Bentonite and Compacted Clay Liners. Canadian Geotechnical Journal, 39: 417-439.

Finney, D J. 1971. Probit Analysis. 3rd Edition, Cambridge University Press, London.

Gomez, K.A., Gomez, A.A., 1984. Statistical procedures for agricultural research, 2nd ed. John Willey & Sons, New York.

Ismadji, S., D.S. Tong, F.E. Soetaredjo, A. Ayucitra, W.H. Yu and C.H. Zhou. 2016. Bentonite Hydrochar Composite for Removal of Ammonium from Koi Fish Tank. Appl. Clay Sci. 119: 146-154.

Poléo, A.B.S., K. Østbye, S.A. Øxnevad, R.A. Andersen, E. Heibo and L.A. Vøllestad. 1997. Toxicity of Acid Aluminium-Rich Water to Seven Freshwater Fish Species: A Comparative Laboratory Study. Environmental Pollution. 96: 129-139.

Xi, Y., M. Mallavarapu and R. Naidu. 2010. Preparation, Characterization of Surfactants Modified Clay Minerals and Nitrate Adsorption. Appl. Clay Sci. 48: 92-96.

Zamparas, M., A. Gianni, P. Stathi, Y. Deligiannakis and I. Zacharias. 2012. Removal of Phosphate from Natural Waters Using Innovative Modified Bentonites. Appl. Clay Sci. 62-63: 101-106.

Zhou, C.H. and J. Keeling. 2013. Fundamental and Applied Research on Clay Minerals: From Climate and Environment to Nanotechnology. Appl. Clay Sci. 74: 3-9.