

การประยุกต์ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ในการบำบัดน้ำทิ้ง จากตู้เลี้ยงปลาน้ำจืด

The application of titanium dioxide (TiO₂) for treating the effluent from
freshwater aquarium

วินากร ธีรภัก

Winakron Theerak

สำนักส่งเสริมการเรียนรู้และบริการวิชาการ, งานวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย 13180

Office of Learning Promotion and Academic Services, General education, Valaya Alongkorn Rajabhat University
, Khlong Luang District, Pathum Thani Province, Thailand 13180

Corresponding author: catfish406@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ในการบำบัดน้ำทิ้งจากตู้ปลาน้ำจืด โดยศึกษาจำนวนชั้นที่เคลือบและระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด การทดลองวางแผนแบบ 4x4 factorial in Completely randomized design ประกอบด้วย 16 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ โดย TiO₂ ถูกเคลือบบนลูกแก้วทรงกลมต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ไม่เคลือบ เคลือบ 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น และระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมงโดยเมื่อครบเวลาทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ สีและกลิ่นของน้ำ ค่า TDS อุณหภูมิ น้ำ ค่า pH ค่า DO ค่าอัลคาไลน์ตี และ ค่า BOD ผลการทดลอง พบว่า ตัวชี้วัดส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) ยกเว้นค่าอัลคาไลน์ตี จำนวนชั้น TiO₂ ที่เคลือบบนลูกแก้วและระยะเวลาในการบำบัดมีผลต่อคุณภาพน้ำ โดยพบว่าจำนวนชั้นที่มากขึ้นทำให้ใช้เวลาในการบำบัดลดลง กล่าวคือ การเคลือบจำนวน 1 ชั้น ใช้เวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง การเคลือบ 2 ชั้น ใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 9 ชั่วโมงและการเคลือบจำนวน 3 ชั้นใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมงจึงเห็นความแตกต่างจากทรีตเมนต์ที่ไม่ใช้ ทั้งนี้พบว่าการเคลือบ 3 ชั้น และใช้เวลา 12 ชั่วโมงให้ผลดีที่สุดจึงสรุปได้ว่า TiO₂ สามารถบำบัดน้ำทิ้งจากตู้ปลาน้ำจืดได้

คำสำคัญ: ไทเทเนียมไดออกไซด์ การบำบัดน้ำทิ้ง ตู้ปลาน้ำจืด

Abstract

The objective of this research was to apply the titanium dioxide (TiO₂) for treating the effluent from freshwater aquarium. The various layers coating and different periods of treatment were studied. The experiment was consisted of 16 treatments with 3 replications. The titanium dioxide was coated on glass balls with 4 different coated layers; uncoated, single-, double-, and triple- coated layers. There were 4 periods of treatment; 3, 6, 9, and 12 hours. Water quality such as color, odor, total dissolved solids (TDS), temperature, pH, DO, alkalinity, and BOD were recorded. The results

showed that most parameters were significantly different ($p < 0.01$) except the alkalinity. The results showed that number of coated layer and period of treatment affected on water quality. It was found that more layers spent less time for the effective treatment; single coated layer took 12 hours, double coated layer took 9 hours, and triple coated layer took 3 hours. However, triple coated layer with 12-hour treatment was the best. In conclusion, TiO_2 can be utilized for treating the effluent from freshwater aquarium.

Keywords: titanium dioxide, effluent treatment, freshwater aquarium

บทนำ

การเลี้ยงปลาสวยงามนิยมเลี้ยงในตู้หรือภาชนะที่มีพื้นที่จำกัด ปลาที่เลี้ยงได้รับอาหารจากการให้โดยตรงเพื่อการเจริญเติบโต เนื่องจากมี Primary producer จำกัด หากต้องการให้ปลาเจริญเติบโตเร็ว ผู้เลี้ยงต้องให้อาหารเต็มที่ การให้อาหารเต็มที่อาจทำให้อาหารเหลือตกค้างและสิ่งขับถ่ายของปลาย่อมมากตามปริมาณอาหารที่ให้ สารอินทรีย์ในอาหารทำให้ความต้องการออกซิเจนมากขึ้น อาจทำให้น้ำขาดออกซิเจนได้ของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมา ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แอมโมเนีย (NH_3) ฟอสฟอรัส และสารอาหารต่าง ๆ การที่มีสารเหล่านี้ปริมาณมากในน้ำทำให้เกิดน้ำเสียส่งผลให้เป็นพิษต่อปลา โดยเฉพาะการเลี้ยงในตู้ น้ำไม่มีการแลกเปลี่ยนของเสียกับดิน น้ำเสียเหล่านี้มีทั้งฟอสฟอรัสและไนโตรเจนที่สามารถเกิดกระบวนการยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ส่งผลให้ปลาตาย (Tantunwet and Pornprapa, 1996) ผู้เลี้ยงจึงต้องเปลี่ยนน้ำในตู้หรือภาชนะเป็นประจำอาจทำทุก 7 – 15 วัน หรือเมื่อคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมหรือไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ดังนั้นจึงมีการจัดการคุณภาพน้ำให้เหมาะสมและชะลอการเปลี่ยนน้ำ เช่น การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำ และการใช้สารเคมี ซึ่งการจัดการคุณภาพน้ำที่ดีในปัจจุบัน คือการจัดการด้วยระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งระบบน้ำหมุนเวียนเป็นระบบที่ทำให้น้ำสะอาดตามหลักการจัดการคุณภาพน้ำโดยเน้นการจัดการเชิงชีวภาพที่ประกอบด้วยระบบการกรอง ระบบจุลินทรีย์ เพื่อให้ได้น้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ระบบน้ำหมุนเวียนยังช่วยป้องกันเชื้อโรคจากกระบวนการเลี้ยงได้ (Mengampan, 2005 and Tapparangsi, 2005) ถือเป็นระบบที่ดีและนอกจากนี้ยังมีการใช้วัสดุนาโนในการจัดการคุณภาพน้ำโดยเฉพาะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

วัสดุนาโน (Nanomaterials) เป็นวัสดุที่กำลังดึงดูดความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกในช่วงทศวรรษนี้อย่างมาก วัสดุนาโนสามารถทำการปฏิวัติงานด้านวัสดุศาสตร์ให้เกิดขึ้นและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมหัศจรรย์โดยผ่านโครงสร้างในระดับอะตอมซึ่งเป็นตัวควบคุมสมบัติทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี เช่น สภาพแม่เหล็กตัวกระตุ้นปฏิกิริยา หรือพฤติกรรมทางแสงเป็นต้นวัสดุนาโนที่สนใจกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันก็คือ ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide; TiO_2) เนื่องจากมีสมบัติโฟโตแคตะไลติก (Photocatalytic) ที่ดีภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตหรือแสงยูวี (Ultraviolet; UV) ไม่มีรายงานความเป็นพิษและราคาถูก (Fujishima *et al.*, 2000) มีนักวิจัยนำเทคนิคโฟโตแคตะไลติก (Photocatalytic) มาประยุกต์ใช้สำหรับบำบัดน้ำดื่ม ซึ่งมีการศึกษาวิจัยมากกว่า 10 ปีแล้ว โดยสารสังเคราะห์จากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีสมบัติทางด้านโฟโตแคตะไลติกที่ดี เริ่มจากเมื่อมีแสงมากกระทบไทเทเนียมไดออกไซด์ อิเล็กตรอนจะ

ถูกกระตุ้นจาก valence band ไป conduction band และส่งต่ออิเล็กตรอนนี้ไปยังโมเลกุลออกซิเจนที่ซึมซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ ส่งผลให้โมเลกุลของออกซิเจนมีพลังงานเพิ่มขึ้น และเรียกออกซิเจนตัวนี้ว่าซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัลแอนไอออน (O_2^-) กระบวนการที่ถูกกระตุ้นนี้เกิดขึ้นหลังจากเกิดช่องว่าง (Vacancy) เมื่อประจุบวกหลุดออกไปหรือที่เรียกว่า hole (h^+) และ h^+ นี้ทำให้เกิดการ oxidizing อย่างรุนแรงหรือทำให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคัล ($OH\cdot$) จากนั้นซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัลแอนไอออนกับไฮดรอกซิลเรดิคัลนี้จะไปสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ แยกตัวออกกลายเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ จึงสามารถนำไทเทเนียมไดออกไซด์ใช้ฆ่าเชื้อโรค เช่น เชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา รวมทั้งบำบัดน้ำเสียได้ (Agustina *et al.*, 2006) สำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เคลือบบนลูกแก้ว เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากตู้เลี้ยงปลาน้ำจืด ซึ่งเป็นการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยการเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์บนลูกแก้วความหนาในระดับต่างกัน ทำการทดสอบที่ระยะเวลาต่างกันว่าส่งผลต่อคุณภาพน้ำอย่างไร ซึ่งงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงปลา และการจัดการน้ำเสียต่อไป

วิธีการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ 4x4 factorial in Completely randomized design มี 16 ทริตเมนต์ ๆ ละ 3 ชั่วโมง โดยทดสอบกับน้ำทิ้งจากตู้ปลาที่ระยะเวลาต่างกัน คือ ทุก 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง แต่ละชุดการทดลองเป็นดังนี้

- ทริตเมนต์ที่ 1 ลูกแก้วไม่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เวลา 3 ชั่วโมง (Control)
- ทริตเมนต์ที่ 2 ลูกแก้วไม่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เวลา 6 ชั่วโมง (Control)
- ทริตเมนต์ที่ 3 ลูกแก้วไม่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เวลา 9 ชั่วโมง (Control)
- ทริตเมนต์ที่ 4 ลูกแก้วไม่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เวลา 12 ชั่วโมง (Control)
- ทริตเมนต์ที่ 5 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 ชั้นที่เวลา 3 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 6 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 ชั้นที่เวลา 6 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 7 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 ชั้นที่เวลา 9 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 8 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 1 ชั้นที่เวลา 12 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 9 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 ชั้นที่เวลา 3 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 10 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 ชั้นที่เวลา 6 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 11 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 ชั้นที่เวลา 9 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 12 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 ชั้นที่เวลา 12 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 13 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 3 ชั้นที่เวลา 3 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 14 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 3 ชั้นที่เวลา 6 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 15 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 3 ชั้นที่เวลา 9 ชั่วโมง
- ทริตเมนต์ที่ 16 ลูกแก้วเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ 3 ชั้นที่เวลา 12 ชั่วโมง

1. การสังเคราะห์และเตรียมไทเทเนียมไดออกไซด์

ดำเนินการเตรียมไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีการไฮล-เจล แล้วนำไปเคลือบบนลูกแก้วทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.40 เซนติเมตร ด้วยวิธีการแบบจุ่มเคลือบจำนวนชั้นในการจุ่ม 1, 2 และ 3 ชั้น หลังจากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงเก็บในภาชนะไม่ให้โดนแสง (ดัดแปลง จาก Sangchay, 2013)

2. การเตรียมน้ำทิ้งจากปลาทอง

เลือกปลาที่แข็งแรงไม่เป็นโรค นำปลาทองขนาด 4-5 นิ้ว จำนวน 20 ตัว เลี้ยงในตู้ที่มีคุณภาพน้ำ วิเคราะห์ก่อนการทดลอง ได้แก่ ไม่มีกลิ่นคาวปลา สีสีความใส ไม่มีตะกอนแขวนลอยในน้ำ อุณหภูมิน้ำ 27.32 °C , ค่า pH 7.86, ค่า DO 6.32 mg/L, ค่าอัลคาไลไนตี้ 89.63 mg/L และไม่มีคลอรีนในน้ำ ซึ่งน้ำเหมาะสมในการเลี้ยงปลาทอง เลี้ยงในตู้ขนาด 36X16X18 นิ้ว เติมน้ำระดับความสูง 15 นิ้ว ปริมาณน้ำ เท่ากับ 175.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ระยะเวลาเลี้ยงปลา 15 วัน นำน้ำจากตู้ที่ 15 วัน ทดสอบกับไทเทเนียมไดออกไซด์ (ตู้ไม่มีระบบบำบัดน้ำ) ใช้ระบบปั๊มหัวทรายในการเติมอากาศในตู้ปลา

3. การทดสอบไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบบนลูกแก้วทรงกลมต่อน้ำทิ้งจากตู้ปลา

นำน้ำทิ้งจากตู้ปลาที่ 15 วัน ใส่ในบีกเกอร์ 250 ml เติมลูกแก้วที่ผ่านการเคลือบตามชุดการทดลอง จำนวน 1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรน้ำและนำบีกเกอร์วางในตู้เพื่อรับแสง (UV-Vis) ขนาด 100 วัตต์ ที่มีความเข้มแสง 3.89 mW/cm² (หลอดไฟสีม่วงที่ใช้จับแมลง) โดยความยาวคลื่นยูวี (310-400 นาโนเมตร) เป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ในระหว่างทดลองน้ำไม่มีการเคลื่อนที่และไม่มีการเติมอากาศ (สภาพน้ำนิ่ง) นำตัวอย่างน้ำ วิเคราะห์คุณภาพน้ำบางประการ และบันทึกผลการทดลอง (ดัดแปลงจาก Sangchay, 2013) ทำซ้ำจนกว่าจะ ได้ผลที่ชัดเจน

4. การบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำ

4.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่

4.1.1 สีของน้ำ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบกับน้ำก่อนการทดลองที่ไม่ได้ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ ด้วยวิธีการสังเกตสีน้ำปรากฏที่มีการเปลี่ยนแปลง

4.1.2 กลิ่นของน้ำ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบกับน้ำก่อนการทดลองที่ไม่ได้ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ ด้วยการดมกลิ่นน้ำ

4.1.3 ของแข็งที่ละลายในน้ำ (TDS) โดยใช้เครื่อง TDS meter

4.1.4 อุณหภูมิน้ำ (Temp) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

4.2 คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่

4.2.1 ค่าความเป็นกรด เป็นด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter

4.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) โดยใช้เครื่อง DO meter

4.2.3 ปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ (TAN) โดยใช้ Test Kit

4.2.4 ค่าอัลคาไลไนตี้ (AKL) โดยใช้ Test Kit

4.2.5 ค่า BOD วิเคราะห์ด้วยวิธี APHA *et al.* (1998)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างทรีตเมนต์ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในการบำบัดน้ำทิ้งจากตู้เลี้ยงปลาน้ำจืดอธิบายได้ดังนี้

1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพก่อนการทดลอง สีนํามีลักษณะสีเหลืองมีตะกอน กลิ่นคาวปลา ค่า TDS เท่ากับ 1,235.69 ppm และ อุณหภูมิน้ำ 28.02 °C เมื่อนำน้ำทิ้งจากตู้เลี้ยงปลาน้ำจืดทดลองบำบัดน้ำด้วย TiO_2 ที่เคลือบบนลูกแก้วจำนวนชั้นต่างกัน 3 ระดับ เวลาในการทดสอบต่างกัน 4 ช่วงในตู้ UV-Vis พบว่า สีนํ่า Treatment 1-4 ที่ไม่เคลือบ TiO_2 และ Treatment 5 และ 9 ที่เคลือบ TiO_2 1 ชั้น และ 2 ชั้น ที่เวลา 3 ชั่วโมง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากน้ำทิ้งก่อนทำการทดลอง ส่วน Treatment อื่น ๆ สีนํ่ามีการเปลี่ยนแปลง คือ สีนํ่าใสมีตะกอน เมื่อดมกลิ่นน้ำ พบว่า Treatment 1-4 ที่ไม่เคลือบ TiO_2 และ Treatment 5, 9 และ 13 ที่เคลือบ TiO_2 1, 2 และ 3 ชั้น ตามลำดับ ที่เวลา 3 ชั่วโมง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากน้ำทิ้งก่อนทำการทดลอง ส่วน Treatment อื่น ๆ กลิ่นน้ำมีการเปลี่ยนแปลง คือ กลิ่นคาวปลาหายไป (Table 1)

ส่วนค่า TDS (Total Dissolved Solids) จากการทดลองเคลือบ TiO_2 ทุกระดับ และทุกระยะเวลาการทดลองมีความแตกต่างจากที่ไม่ใช้ TiO_2 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กล่าวคือ การเคลือบ TiO_2 จำนวนชั้นเท่ากันระยะเวลามากขึ้นทำให้ค่า TDS ลดลง และการเคลือบ TiO_2 จำนวนชั้นมากขึ้นระยะเวลาที่มากขึ้นทำให้ค่า TDS ลดลง อุณหภูมิน้ำจากการทดลองเคลือบ TiO_2 ทุกระดับและไม่เคลือบทุกระยะเวลาการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการทดลองมากขึ้นทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย (Table 1)

Table 1 Analysis of physical water quality of effluent from freshwater aquarium treating with TiO₂

Treatment	Color	Odor	TDS (ppm)	Temp (°C)
1	Yellow with sediment	+	1,205.67±6.43 ^f	28.24±0.89 ^a
2	Yellow with sediment	+	1,175.19±3.38 ^{ef}	30.15±0.17 ^{abcd}
3	Yellow with sediment	+	1,134.00±33.05 ^{def}	31.23±0.71 ^d
4	Yellow with sediment	+	1,083.33±59.77 ^{cde}	31.50±0.50 ^d
5	Yellow with sediment	+	1,057.00±84.34 ^{bcd}	28.37±0.64 ^{ab}
6	clear with sediment	+	1,041.67±75.69 ^{bcd}	30.38±0.53 ^{bcd}
7	clear with sediment	-	1,005.33±16.26 ^{abc}	31.57±0.41 ^d
8	clear with sediment	-	986.00±17.01 ^{abc}	31.13±2.02 ^d
9	Yellow with sediment	+	1,029.67±86.49 ^{bcd}	28.52±0.81 ^{ab}
10	clear with sediment	-	987.52±31.68 ^{abc}	30.19±0.32 ^{abcd}
11	clear with sediment	-	969.68±22.74 ^{ab}	30.88±0.78 ^d
12	clear with sediment	-	955.61±26.38 ^{ab}	31.90±0.10 ^d
13	clear with sediment	+	983.89±22.51 ^{abc}	28.78±0.70 ^{abc}
14	clear with sediment	-	949.44±31.00 ^{ab}	30.72±0.25 ^{cd}
15	clear with sediment	-	915.33±25.70 ^a	31.70±0.61 ^d
16	clear with sediment	-	896.68±27.93 ^a	31.73±1.55 ^d
F-test	-	-	**	**
SEM	-	-	0.29	0.21
% C.V.	-	-	8.70	4.23

Note: Mean±SD with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.01$) Analysis with DMRT, SEM is Standard Error of measurement, CV is Coefficient of variation

2. คุณภาพน้ำทางเคมี

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพก่อนการทดลอง pH เท่ากับ 7.83 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เท่ากับ 1.15 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียที่ละลายน้ำ (TAN) เท่ากับ 0.41 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าอัลคาไลน์ตี (ALK) เท่ากับ 68.00 มิลลิกรัม/ลิตร และ ค่าBOD (biochemical oxygen demand) เท่ากับ 462.38 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำน้ำทิ้งจากตู้เลี้ยงปลาน้ำจืดทดลองบำบัดน้ำด้วย TiO₂ ที่เคลือบบนลูกแก้วจำนวนชั้นต่างกัน 3 ระดับ เวลาในการทดสอบต่างกัน 4 ช่วงในตู้ UV-Vis พบว่าค่า pH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กล่าวคือ การเคลือบ TiO₂ ทุกระดับ ทำให้ค่า pH ของน้ำต่ำลง ยิ่งระยะเวลา นานขึ้น pH ของน้ำยิ่งต่ำลง ต่างจากการไม่เคลือบ TiO₂ ระยะเวลาในการทดลองนานขึ้น pH ยิ่งสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) จากการทดลองเคลือบ TiO₂ ทุกระดับ และทุกระยะเวลาการทดลองมีความแตกต่างจากที่ไม่ใช้ TiO₂ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กล่าวคือ การ

เคลือบ TiO_2 จำนวนชั้นเท่ากันระยะเวลามากขึ้นทำให้ค่า DO สูงขึ้น และการเคลือบ TiO_2 จำนวนชั้นมากขึ้น ระยะเวลาที่มากขึ้นทำให้ค่า DO สูงขึ้น ส่วนการไม่เคลือบ TiO_2 ไม่ส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลง และ ปริมาณแอมโมเนียที่ละลายน้ำ (TAN) และค่า BOD มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับค่า DO ส่วนค่าอัลคาไลน์ตี (ALK) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มี ความสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 2)

Table 2 Analysis of chemical water quality of effluent from freshwater aquarium treating with TiO_2

Treatment	pH	DO (mg/L)	TAN (mg/L)	AKL (mg/L)	BOD (mg/L)
1	7.93±0.10 ^{hi}	1.21±0.19 ^g	0.39±0.03 ^{gh}	68.38±1.52	454.04±3.68 ^g
2	7.98±0.05 ^{hi}	1.04±0.06 ^g	0.42±0.07 ^{gh}	68.67±0.58	444.32±3.06 ^g
3	8.17±0.14 ^{hi}	1.03±0.05 ^g	0.36±0.06 ^{gh}	68.37±0.47	443.67±3.47 ^g
4	8.39±0.22 ⁱ	1.16±0.30 ^g	0.47±0.06 ^h	68.34±0.57	436.34±5.03 ^g
5	7.76±0.15 ^{gh}	2.12±0.12 ^f	0.33±0.05 ^{fg}	68.64±0.54	393.67±8.15 ^f
6	7.04±0.12 ^{def}	3.02±0.10 ^e	0.14±0.05 ^{cde}	68.36±0.60	373.67±14.58 ^{def}
7	6.93±0.13 ^{cde}	3.91±0.13 ^d	0.10±0.01 ^{abcd}	68.31±0.62	368.00±12.77 ^{def}
8	6.68±0.17a ^{bcde}	4.47±0.11 ^c	0.03±0.03 ^{abc}	68.35±0.56	346.61±17.79 ^{cd}
9	7.42±0.11 ^{fg}	2.35±0.15 ^f	0.25±0.05 ^{ef}	68.63±0.55	383.63±13.65 ^{ef}
10	6.59±0.34 ^{abcd}	4.30±0.35 ^{cd}	0.13±0.09 ^{bcd}	68.30±0.52	361.30±5.46 ^{de}
11	6.53±0.19a ^{bc}	4.47±0.15 ^c	0.07±0.03 ^{abc}	68.33±0.58	329.76±18.25 ^{bc}
12	6.35±0.05 ^{ab}	4.97±0.06 ^b	0.02±0.04 ^{ab}	68.67±0.57	312.33±13.32 ^{ab}
13	7.14±0.34 ^{ef}	3.07±0.11 ^e	0.20±0.01 ^{de}	68.34±0.53	366.97±9.63 ^{def}
14	6.75±0.31 ^{bcde}	4.60±0.17 ^{bc}	0.07±0.03 ^{abc}	68.20±0.26	333.99±13.76 ^{bc}
15	6.28±0.07 ^{ab}	4.98±0.08 ^b	0.05±0.05 ^{abc}	68.36±0.39	312.00±12.49 ^{ab}
16	6.25±0.26 ^a	6.04±0.51 ^a	0.01±0.01 ^a	68.37±0.55	300.37±10.07 ^a
F-test	**	**	**	ns	**
SEM	0.32	0.71	0.91	0.05	0.37
% C.V.	10.02	49.93	83.21	0.22	13.54

Note Mean±SD with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.01$) Analysis with DMRT, SEM is Standard Error of measurement, CV is Coefficient of variation

อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองประยุกต์ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในการบำบัดน้ำทิ้งจากตู้เลี้ยงปลาน้ำจืด โดย การใช้ TiO_2 เคลือบบนลูกแก้วระดับต่างกันบำบัดน้ำทิ้งจากตู้ปลาน้ำจืดระยะเวลาต่างกัน พบว่า TiO_2 ทำให้ คุณภาพน้ำดีขึ้น สามารถนำมาใช้ในการเลี้ยงปลาตู้ปลาน้ำจืดและสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ได้ โดยการเคลือบจำนวนชั้น เท่ากัน ช่วงระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงมากขึ้น และการเคลือบจำนวนชั้นมากขึ้นทำให้

คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงมากขึ้น ดังนั้น TiO_2 สามารถใช้ในการบำบัดน้ำที่จากตู้ปลาที่น้ำจืดได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Foo and Hameed (2010); Chen *et al.* (2004); Hathaisamit, *et al.* (2017) และ Sarapunth, *et al.* (2016) กล่าวว่า TiO_2 ทำปฏิกิริยาโดยมีแสงยูวีร่วมในกระบวนการปรับสภาพน้ำ สามารถเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs) ที่มาเกาะอยู่บนผิวหน้าของสารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ช่วยกำจัดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา เชื้อโรคบางชนิดได้และปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น TiO_2 เกิดกระบวนการ Photocatalytic Oxidation ทำให้คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ สีของน้ำใสมากขึ้น กลิ่นคาว ค่า TDS และค่า BOD ลดลง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้น และส่งผลต่อตัวชี้วัดคุณภาพน้ำตัวอื่น ๆ จากข้อมูลเห็นได้ว่ากลิ่นคาวของน้ำลดลงในระหว่างการศึกษา ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดกลิ่นคาว ได้แก่ เมือกปลา โปรตีนที่เหลือจากอาหารที่กินและการขับถ่าย ซึ่งเป็นสารประกอบของไนโตรเจน กลิ่นคาวปลาลดลงเพราะจากการศึกษาพบว่าปริมาณแอมโมเนียที่ละลายน้ำลดลงและอุณหภูมิที่สูงขึ้น สาเหตุที่อุณหภูมิสูงขึ้นเพราะความร้อนที่เป็นปัจจัยร่วมจากหลอดไฟในตู้ UV-Vis ยิ่งชั่วโมงการทดลองมากขึ้นส่งผลทำให้อุณหภูมิสูงตามไปด้วย ส่งผลให้กลิ่นคาวของน้ำ และปริมาณแอมโมเนียที่ละลายน้ำลดลง เนื่องจากไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) แยกตัว และทำปฏิกิริยาในการจัดการของเสียได้มากขึ้น จากทริตเมนต์ที่ 1-4 สาเหตุที่น้ำมีกลิ่นคาว เนื่องจากไม่มีไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นตัวทำปฏิกิริยาในการบำบัด สอดคล้องกับ Sangchay (2013) และ Tantunwet and Pornprapa (1996) กล่าวว่า กลิ่นคาวปลาในน้ำ เมื่อผ่านกระบวนการบำบัด ถ้าปริมาณแอมโมเนียที่ละลายน้ำลดลงส่งผลให้กลิ่นคาวปลาลดลงตามกัน และการแตกตัวของสารประกอบออกไซด์ และไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สามารถทำปฏิกิริยาในการบำบัดของเสียได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ยังมีคุณสมบัติในการย่อยสลายตะกอนหรือของแข็งที่ละลายน้ำ (TDS) ได้ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นการย่อยสลายพันธะทางเคมีของตะกอนยิ่งมากตามกัน จากการศึกษาเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำดีขึ้นและอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาเลี้ยงปลาในระบบตู้ปลาจืดและระบบอื่น ๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Mengampan (2005), Lueangphranee (2005) และ Boyd (1990) กล่าวว่าคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.5-9.0 และแอมโมเนียรวม (TAN) น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองประยุกต์ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในการบำบัดน้ำที่จากตู้เลี้ยงปลาน้ำจืดพบว่า คุณภาพน้ำยกเว้นค่าอัลคาไลน์ดีของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) กล่าวคือ จำนวนชั้น TiO_2 ที่เคลือบบนลูกแก้วและระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ โดยการเคลือบจำนวน 1 ชั้น ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมงจึงแสดงความแตกต่าง การเคลือบ 2 ชั้น ใช้ระยะเวลา 9 ชั่วโมงจึงแสดงความแตกต่าง แต่ที่ดีที่สุดคือ 12 ชั่วโมง ส่วนการเคลือบจำนวน 3 ชั้น ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมงจึงแสดงความแตกต่าง แต่ที่ดีที่สุดคือ 12 ชั่วโมง ดังนั้น TiO_2 สามารถบำบัดน้ำที่จากตู้ปลาน้ำจืดได้

เอกสารอ้างอิง

- Agustina, T. E., Ang, H.M. and Vareek, V.K. 2006. A review of synergistic effect of photocatalysis and ozonation on waste water treatment. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 6; 264–273.
- APHA, AWWA and WPCF. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Ed, American Public Health Association, Washington, D.C.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- Chen, J., Liu, M., Zhang, J., Ying, X., and Jin, L. 2004. Photocatalytic degradation of organic wastes by electro chemically assisted TiO₂ photocatalytic system. *Journal of Environmental Management*, 70(1); 43-47.
- Foo, K. Y., and Hameed, B. H. 2010. Decontamination of textile waste water via TiO₂/activated carbon composite materials. *Advances in Colloid and Interface Science*, 159(2), 130–143.
- Fujishima, A., Rao T.N. and Tryk, D. A. 2000. Titanium dioxide photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 1, 1-21.
- Hathaisamit, Kh., Teekasap, S. and Kaewkhao, J. 2017. Application of Titanium Dioxide (TiO₂) Coated on Activated Carbon in Trough for Textile Industry Wastewater Treatment. *EAU HERITAGE JOURNAL Science and Technology*. 11 (1); 87-100 [in Thai]
- Lueangphranee. 2005. *Principles of aquaculture 2nd Edition* Bangkok, Four face Publishing [in Thai]
- Mengampan. 2005. *Principles of aquaculture*. Faculty of Fishery Technology and Aquatic Resources, Maejo University. Chiangmai Province [in Thai]
- Sarapunth, S., Chaimoon, N. and Pengchai, P. 2016. Leachate Treatment with Titanium Dioxide (TiO₂). *KKU Res J (GS)* 16 (2); 36-48 [in Thai]
- Sangchay, W. 2013. *Synthesis of titanium oxide cleans and changes colors manually*, Engineering Thesis Materials Engineering Faculty of Engineering. Prince of Songkla University [in Thai]
- Tantunwet, M. and Pornprapa, P. 1996. *Water quality management and waste water treatment in ponds*, Thammasat Publishing. Bangkok [in Thai]
- Tapparangsi, S. 2005. *Nursery for young lobsters in the circulation water system*. Faculty of Fisheries. Kasetsart University. [in Thai]