



การบำบัดน้ำทิ้งจากหม้อต้มน้ำอุตสาหกรรมด้วยวัสดุเหลือทิ้ง เพื่อการนำกลับไปใช้และปล่อยทิ้ง

Treatment of Industrial Boiler Effluent by Residual Materials for Reuse and Discharge

วัสสิกา เจียมจรรยา (Wassika Jeamjanya)^{1*} คณิตา ตั้งคณาบุรีรัมย์ (Kanita Tungkananuruk)**

ดร.วัชรพงษ์ วาระรัมย์ (Dr. Watcharapong Wararam)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุเหลือทิ้ง คือ เถ้าลอยลิกไนต์ ดินตะกอน น้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ ถ่านกะลามะพร้าว เบนโทไนท์ และเปลือกหอยเชอรี่ มากำจัดแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟต จากผลทดลองแบบทีละเท พบว่า 59.0% แอมโมเนีย 51.9% ไนเตรท และ 100% ออร์โธฟอสเฟตถูกกำจัด ด้วยดินตะกอน เถ้าลอยลิกไนต์ และน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ ตามลำดับ จากนั้นทำการทดลองโดยใช้เครื่องจาร์เทสต์และเดิมวัสดุ 3 ชนิด ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพที่ดีในการบำบัดเมื่อทดลองกับน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร คือ ชั้นที่ 1 เดิมเถ้าลอยลิกไนต์ ชั้นที่ 2 เดิมน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ และชั้นที่ 3 เดิมดินตะกอน ประสิทธิภาพการกำจัดในน้ำทิ้งทั้ง 2 ฤดูกาล คือ แอมโมเนีย 73.2% (ฤดูร้อน) และ 89.8% (ฤดูฝน) ไนเตรท 72.5% (ฤดูร้อน) และ 82.0% (ฤดูฝน) ออร์โธฟอสเฟต 100% ทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน นอกจากนั้นพีเอชลดลงจาก 9.4 เป็น 7.1 และจาก 10.1 เป็น 7.2 ตามลำดับ และคลอโรฟิลล์ (II) เอ ลดลงจาก 28.05 เป็น 0.23 ไมโครกรัมต่อลิตร และ 79.7 เป็น 0.37 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ น้ำหลังการบำบัดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ แต่ถ้าโรงงานอุตสาหกรรมต้องการปล่อยทิ้งต้องมีการบำบัดซ้ำโดยใช้ดินตะกอน

ABSTRACT

This research was to study possibilities of using waste materials such as lignite fly ash (LFA), waterwork sediment (WWS), golden apple shell extract (GASE), coconut shell charcoal (CSC), Bentonite (B), and golden apple shell (GAS) for ammonia, nitrate and phosphate removal. From a batch experiment results 59.0% ammonia, 51.9% nitrate and 100% phosphate removal were obtained from WWS, GASE and LFA respectively. After experiment was done by add residual materials 3 types by using jar test. The results revealed that the good removal efficiency for 1 L of water samples was 1st add LFA, 2nd add GASE and 3rd add WWS. The removal efficiency in effluent of 2 seasons were 73.2% (S) and 89.83% (R) of ammonia, 72.51% (S) and 82.80% (R) of nitrate, 100% (S) and 100% (R) of phosphate. Moreover, pH was decreased from 9.4 to 7.0 and from 10.1 to 7.2 respectively and chlorophyll-A was decreased from 28.05 to 0.23 and from 79.7 to 0.37 $\mu\text{g}/\text{L}$. respectively. This treated water could be used for agriculture but if industries want to discharge, they must have replicated treat with WWS.

คำสำคัญ: วัสดุเหลือทิ้ง น้ำทิ้ง หม้อต้มน้ำอุตสาหกรรม

Keywords: Residual, Materials, Effluent industrial boiler

¹Correspondent author : wassika.jjy@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

การบำบัดน้ำทิ้งจากหม้อต้มในโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงงานผลิตไฟฟ้า อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เป็นต้น เพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ถือว่าการนำทรัพยากรมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า แต่ปัญหา คือ การเกิดยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ในบ่อกักเก็บเพื่อรอการนำไปใช้หรือปล่อยทิ้งในแหล่งน้ำ สาธารณะก็ทำให้เกิดมลภาวะจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้เช่นกัน เนื่องจากน้ำทิ้งมีสภาพเป็นด่าง มีปริมาณฟอสเฟตและแอมโมเนียสูง เนื่องจากการเติมสารเคมีเพื่อป้องกันการเกิดตะกรันในหม้อต้มน้ำ และเมื่อปล่อยมาเก็บกักไว้ในบ่อนี้มักจะเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรท ซึ่งทั้งแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟต ล้วนแล้วแต่เป็นธาตุอาหารที่สำคัญในการเร่งการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) ถ้าปล่อยทิ้งไว้จะส่งผลให้เกิดยูโทรฟิเคชัน และเน่าเสียในที่สุด ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ วิธีที่นิยมทำทั่วไปคือ เติมสารเคมี ซึ่งจะเปลี่ยนการสิ้นเปลือง และทำให้น้ำมีสภาพเป็นด่างสูงขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการแก้ปัญหาโดยหาวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรม และวัสดุธรรมชาติ เช่น แฉ่ำลอย ลิกไนต์ เปลือกหอยเชอร์รี่ และดินตะกอน เป็นต้น มาช่วยลดธาตุอาหารให้อยู่ในปริมาณที่ไม่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โดยทำการศึกษาศักยภาพของวัสดุแต่ละชนิด สภาพที่เหมาะสม และการใช้งานจริงซึ่งทดลองกับน้ำตัวอย่างจริง ผู้วิจัยคาดว่าจะได้วิธีการลดธาตุอาหารในน้ำที่มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย สะดวก และต้นทุนต่ำ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาสภาพที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของวัสดุเหลือทิ้งในการลดปริมาณธาตุอาหารที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน และอยู่ในสภาพที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อได้

วัสดุและวิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัสดุ

1.1 แฉ่ำลอยลิกไนต์ที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ เอสซีจี เปเปอร์ จำกัด จังหวัดราชบุรี แฉ่ำลอยลิกไนต์มีสภาพเป็นเบส โดยการนำแฉ่ำลอยมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.2 น้ำสกัดเปลือกหอยเชอร์รี่ นำเปลือกหอยเชอร์รี่ล้างให้สะอาดและตากให้แห้ง จากนั้นนำไปทุบให้ละเอียด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งผงเปลือกหอยเชอร์รี่ปริมาณ 40 กรัม และเติมน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำไปเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองตะกอนออก และนำน้ำที่กรองได้มาใช้ในการทดลอง

1.3 ดินตะกอนได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ จังหวัดนครปฐม นำดินตะกอนมาบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

วิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นจากบ่อเก็บรวบรวมน้ำเสียจากโรงไฟฟ้าพระนครเหนือ ชุดที่ 2 โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ คือ พีเอช (pH), ดีโอ (Dissolved Oxygen, DO), บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD), ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD), ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN), แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$), ไนเตรท-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$), ออร์โธฟอสเฟต (o-PO_4)



และคลอโรฟิลล์ (II) เอ (Chlorophyll A) โดยการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ทำตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of water and Wastewater [1]

3. การศึกษาความสามารถในการกำจัดแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โทฟอสเฟตด้วยวัสดุเหลือทิ้ง ด้วยวิธีแบบแบคทีเรีย

นำวัสดุเหลือทิ้งที่นำมาทดลองใช้ในการศึกษาทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ถ้ำลอยลิกไนต์ ดินตะกอน ถ่านกะลามะพร้าว เบนโทไนท์ เปลือกหอยเชอรี่ และน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ โดยทดลองกับน้ำจากหม้อต้มน้ำโรงไฟฟ้าที่เก็บไว้ในบ่อที่ผ่านการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟต ทั้ง 2 ฤดูกาล เริ่มต้นนำน้ำทิ้งมา 50 มิลลิลิตร ต่อวัสดุเหลือทิ้ง 5 ชนิด ปริมาณ 1-3 กรัม และน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ปริมาณ 50 มิลลิลิตร การทดลองแต่ละครั้งทำในขวดรูปชมพู่เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองไปวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟต

4. การศึกษาปริมาณและประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้ในการกำจัดแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โทฟอสเฟต ของวัสดุแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องจาร์เทสต์

ทุกชุดการทดลองใช้น้ำทิ้ง 2 ฤดู คือ ฤดูร้อนและฤดูฝน ปริมาณ 500 มิลลิลิตร และปริมาณวัสดุแต่ละชนิดที่ต้องการศึกษาดังตารางที่ 1 สำหรับวัสดุที่เป็นผงหรือเกล็ด 5 ชนิด ปริมาณที่ใช้ศึกษา คือ 2 - 12 กรัม กวนที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที และกวนช้าที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที ส่วนน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ ปริมาณที่ใช้ศึกษา คือ 30 50 100 และ 250 มิลลิลิตร กวนที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 40 นาที จากนั้นทิ้งให้ตกตะกอน 30 นาที และเปิดส่วนใสมาวิเคราะห์พีเอช แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟต

5. การศึกษาลำดับการเติมวัสดุแต่ละชนิด

ทำการทดลองกับน้ำทิ้ง 1 ลิตร เติมวัสดุแต่ละชนิด โดยพิจารณาจากผลการทดลองในข้อ 3.4 พบว่า ถ้ำลอยลิกไนต์ สามารถบำบัดออร์โทฟอสเฟตได้ดีที่พีเอชเป็นเบส จึงเติมถ้ำลอยลิกไนต์ในลำดับที่ 1 ดังตารางที่ 1 ในแต่ละขั้น เปิดน้ำส่วนใสมาวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โทฟอสเฟต และคลอโรฟิลล์ (II) เอ

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของบ่อกักน้ำจากหม้อต้มน้ำโรงไฟฟ้า

บ่อกักน้ำจากหม้อต้มน้ำของโรงไฟฟ้า ลักษณะของบ่อกักเปิดโล่งแจ้ง น้ำเสียลักษณะทางกายภาพไม่มีกลิ่น มีสีเขียวซึ่งในฤดูฝนน้ำจะมีลักษณะขุ่นกว่าในช่วงฤดูร้อน ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้ง 2 ฤดู ดังตารางที่ 2

พบว่าคุณภาพของน้ำทั้ง 2 ช่วงฤดูกาล มีสภาพเป็นเบสเกินค่าที่มาตรฐานกำหนดและมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟตสูง เนื่องจากการเติมสารเคมี คือ แอมโมเนียมฟอสเฟตลงในหม้อต้มน้ำเพื่อป้องกันการเกิดตะกอน และมีการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันในบ่อกักน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์ (II) เอ ในฤดูฝนมากกว่าฤดูร้อนเนื่องจากความชื้นของอากาศส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ (II) เอ เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณธาตุอาหารที่สูงและคลอโรฟิลล์ (II) เอ ที่สูง อาจส่งผลให้เกิดการบูมของแพลงก์ตอนพืชและเกิดยูโทรฟิเคชันในบ่อกักได้

2. ผลการศึกษาความสามารถในการกำจัดแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต ด้วยวัสดุเหลือทิ้ง ด้วยวิธีแบบทีละเท

การศึกษาศักยภาพในการใช้วัสดุ 6 ชนิด ในการกำจัดปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต วัสดุที่ใช้ศึกษา ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์ ดินตะกอน ถ่านกะลามะพร้าว เบนโทไนท์ เปลือกหอยเชอรี่ และน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ ได้ผลดังภาพที่ 1

พบว่า ดินตะกอนปริมาณ 3 กรัม สามารถกำจัดแอมโมเนียได้ดีที่สุดร้อยละ 60.90 น้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร สามารถกำจัดไนเตรทได้ดีที่สุดร้อยละ 51.91 เนื่องจากมีองค์ประกอบของ CaO, MgO ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภานุพงศ์ [2] การเติมเกลือแมกนีเซียมและแคลเซียมออกไซด์ไปในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรมีผลต่อการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่น้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่จะมีประสิทธิภาพได้ดี เมื่อน้ำอยู่ในสภาพที่เป็นด่าง จึงปรับสภาพน้ำด้วยวัสดุอื่นก่อนใช้น้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ และการกำจัดออร์โธฟอสเฟต พบว่า ดินตะกอน เบนโทไนท์ น้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ และถ่านลิกไนต์ สามารถกำจัดออร์โธฟอสเฟตร้อยละ 100 ในทุกปริมาณที่ใช้ในการทดลอง

3. ผลการศึกษาปริมาณและประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้ในการกำจัดแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต ของวัสดุแต่ละชนิด

3.1 การศึกษาเพื่อหาปริมาณและประสิทธิภาพของวัสดุในการกำจัดปริมาณแอมโมเนีย วัสดุที่ใช้ศึกษา ได้แก่ ดินตะกอน ถ่านกะลามะพร้าว และเบนโทไนท์ ด้วยเครื่องจาร์เทสต์ ได้ผลดังภาพที่ 2

พบว่า ดินตะกอนปริมาณ 2 กรัม สามารถกำจัดแอมโมเนียได้ดีที่สุดร้อยละ 59.01 เนื่องจากดินตะกอนมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ลักษณะทางกายภาพเป็นรูพรุน อนุภาคคล้ายดินเหนียวที่มีขนาดเล็ก ขนาดรูพรุนเฉลี่ย 68 นาโนเมตร มีธาตุอะลูมิเนียม ซิลิกอน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบทางเคมีของดินเหนียวเป็นสารประกอบจำพวกแอนไฮดรัสอะลูมิเนียมซิลิเกต ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นแผ่นแร่ดินเหนียว ซึ่งโครงสร้างผลึกเกิดจากการเรียงซ้อนกันของชั้นอะลูมิเนียมออกไซด์รอลที่ถูกประกบอยู่ตรงกลางระหว่างชั้นของซิลิเกตเตตระฮีดรอลที่ถูกประกบอยู่ตรงกลางระหว่างชั้นของซิลิเกตเตตระฮีดรอล จากโครงสร้างดังกล่าวให้ประจุของผลึกเป็นลบ ระหว่างชั้นผลึกจะมีไอออนบวกของธาตุโลหะ เมื่ออะตอมของธาตุอื่นเข้าไปแทนที่อะตอมที่มีอยู่เดิมในโครงสร้างของแร่ [3] อะตอมที่เข้าไปแทนที่จะมีขนาดใกล้เคียงกับอะตอมในโครงสร้าง แต่ความแรงต่ำกว่าทำให้เกิดประจุลบส่วนเกิน เช่น SiO^{4+} เมื่อถูกแทนที่ด้วย Al^{3+} ในโครงสร้าง Tetrahedral site ทำให้เกิดประจุลบ ขณะเดียวกันโครงสร้าง Octahedral Sites ด้านล่างถัดมาถูกแทนที่ด้วย Fe^{2+} ทำให้มีประจุลบอีกเช่นเดียวกัน

3.2 การศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดปริมาณไนเตรท วัสดุที่ใช้ศึกษา ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์ ดินตะกอน ถ่านกะลามะพร้าว และน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ ด้วยเครื่องจาร์เทสต์ ได้ผลดังภาพที่ 3, 4

พบว่า ปริมาณน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่สามารถกำจัดไนเตรทได้ ซึ่งปริมาณของน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่ 250 (1:1) มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรทได้ดีที่สุดร้อยละ 30.54 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฐิติชญา [4] นำน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่มากำจัดไนเตรท ระยะเวลาการกวนด้วยเครื่องจาร์เทสต์ที่เหมาะสม คือ 40 นาที และพีเอชที่เหมาะสมเท่ากับ 11.5

3.3 การศึกษาเพื่อหาปริมาณและประสิทธิภาพในการลดปริมาณออร์โธฟอสเฟต วัสดุที่ใช้ศึกษา ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์ ดินตะกอน และเบนโทไนท์ ด้วยเครื่องจาร์เทสต์ ได้ผลดังภาพที่ 5

พบว่า วัสดุทั้ง 3 ชนิด เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของวัสดุทำให้อัตราการกำจัดเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณวัสดุเท่ากับการเพิ่มพื้นที่ผิวจึงทำให้อัตราการกำจัดเพิ่มสูงขึ้น สามารถกำจัดออร์โธฟอสเฟตร้อยละ 100 และการ



ทำการตรวจวัดพีเอชของน้ำหลังจากทิ้งให้ตกตะกอนได้ผลดังตารางที่ 3 และ 4 พบว่า เถ้าลอยลิกไนต์ทำให้น้ำมีสภาพเป็นเบสมากที่สุด

3.4 ผลการศึกษาลำดับของการใช้วัสดุแต่ละชนิดในการลดปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โทฟอสเฟต

จากผลการทดลองในข้อ 3.2 สามารถเรียงลำดับการเติมวัสดุในการบำบัดได้ดังนี้ คือ ลำดับที่ 1 เติม เถ้าลอยลิกไนต์ และลำดับถัดไปเติมน้ำสกัดเปลือกหอยเชอริ, ดินตะกอน และดินตะกอน ตามลำดับโดยทำการทดลองกับน้ำตัวอย่างทั้ง 2 ฤดูกาล ปริมาณ 1 ลิตร และตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟต ในน้ำหลังจากการบำบัดด้วยวัสดุแต่ละชนิด ได้ผลดังภาพที่ 6

จากตารางที่ 5 พีเอชของน้ำทั้งทั้ง 2 ฤดู เริ่มต้นพีเอชมีปริมาณที่สูงโดยน้ำทิ้งในฤดูร้อนมีความเข้มข้นสูงกว่าฤดูฝน พีเอชก่อนการบำบัดเท่ากับ 10.0 (ฤดูร้อน) และ 9.8 (ฤดูฝน) ตามลำดับ ขั้นที่ 1 ใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในการปรับพีเอชของน้ำให้สูงขึ้นเท่ากับ 11.2 และ 11.4 และกำจัดออร์โทฟอสเฟตได้ 100% เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์มีสารประกอบออกไซด์ของโลหะ คือ SiO_2 , Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ซึ่งไอออนของโลหะจะแตกตัวไปทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ในน้ำเสีย และลักษณะทางกายภาพมีปริมาณรูพรุนค่อนข้างสูง และผิวขรุขระ [5] อนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 33 ไมครอน คิดเป็นพื้นที่ผิวเฉลี่ย 3.42×10^{-3} ตร.มม./อนุภาค [6] จึงสามารถดูดซับหรือเป็นแกนกลางในสารอินทรีย์มายึดเกาะรวมตัวกัน และตกตะกอนลงมา ขั้นที่ 2 ใช้ น้ำสกัดเปลือกหอยเชอริ เมื่อปรับสภาพน้ำเสียให้มีสภาพเป็นด่าง ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนเตรทได้มากขึ้น ขั้นที่ 3 และ 4 ใช้ดินตะกอนสามารถกำจัดแอมโมเนียได้ดี ดังนั้นนอกจากดินเหนียวจะดูดซับไอออนบวกได้แล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในการกำจัดออร์โทฟอสเฟตที่เป็นประจุลบได้เช่นกัน และดินตะกอนยังสามารถปรับพีเอชของน้ำให้ลดลงได้เท่ากับ 7.1 (ฤดูร้อน) และ 7.2 (ฤดูฝน)

จากตารางที่ 6 การเปรียบเทียบทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแอมโมเนีย แอมโมเนียหลังบำบัดลดลงเท่ากับ 86.24 ± 0.09 (ฤดูร้อน) และ 40.09 ± 0.04 (ฤดูฝน) มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทหลังบำบัดลดลงเท่ากับ 165.40 ± 0.08 (ฤดูร้อน) และ 30.71 ± 0.08 (ฤดูฝน) มิลลิกรัมต่อลิตร ออร์โทฟอสเฟตหลังบำบัดลดลงเท่ากับ 0.00 ± 0.001 ทั้งสองฤดู ปริมาณค่าคลอโรฟิลล์ (II) เอ ก่อนบำบัด มีปริมาณที่สูงซึ่งหากค่าคลอโรฟิลล์ (II) เอ ค่อนข้างสูงแสดงว่าคุณภาพน้ำไม่ดี กำหนดค่าคลอโรฟิลล์ (II) เอ ช่วง 10 - 100 ไมโครกรัมต่อลิตร จัดอยู่ในระดับคุณภาพน้ำค่อนข้างเสีย ซึ่งหลังจากผ่านการบำบัดแล้วปริมาณของคลอโรฟิลล์ (II) เอ ลดลงเท่ากับ 0.23 (ฤดูร้อน) และ 0.37 (ฤดูฝน) ไมโครกรัมต่อลิตร และพีเอชหลังบำบัดลดลงเท่ากับ 7.1 (ฤดูร้อน) และ 7.2 (ฤดูฝน)

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองโดยแบบทีละเท พบว่า ดินตะกอน กำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนร้อยละ 60.90 น้ำสกัดเปลือกหอยเชอริ กำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนร้อยละ 51.91 และเถ้าลอยลิกไนต์ กำจัดออร์โทฟอสเฟตร้อยละ 100.0 นำมาลำดับขั้นของการใช้วัสดุแต่ละชนิดมาบำบัดน้ำทิ้งทั้ง 2 ฤดูกาล โดยขั้นที่หนึ่งเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ขั้นที่สองเติมน้ำสกัดเปลือกหอยเชอริ ขั้นที่สามและขั้นที่สี่เติมดินตะกอน พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โทฟอสเฟตลดลงทั้งในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ซึ่งสามารถนำน้ำหลังจากการบำบัดไปใช้ในการเกษตรได้ เช่น นำไปรดน้ำต้นไม้ได้เพราะยังมีปริมาณของธาตุอาหารเหลืออยู่ ดังนั้นการใช้วัสดุเหลือทิ้งสามารถลดปริมาณธาตุอาหารที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในบ่อรวบรวมน้ำเสียได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทำงานวิจัยจนส่งผลให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. APHA, AWWA and WEF. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 21st. Washington, D.C; USA. 2005.
2. Panupong C. Phosphorus removal from anaerobically treated piggery wastewater by struvite precipitation with magnesium salt in a fluidizer bed reactor [M.S. thesis]. Chiang Mai: Chiang Mai University; 2005. Thai.
3. Rodney H, John W, Bruce J. Selective adsorption of dyes and other organic molecules to kaolinite and oxide surfaces. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2001; 180: 131-140.
4. Thitichaya B. The Removal of Nitrogen and Phosphorus in Septage by Using Golden Apple Shell Ash [M.S. thesis]. Mahasarakham: Mahasarakham University; 2010. Thai.
5. Sukothai T. Heavy Metal Removal from Effluents by Synthetic Zeolite from coal Fly Ash [M.S. thesis]. Nakhon Pathom: Mahidol University; 2001. Thai.
6. Sheikhsosini, A, Shirvani M, Shariatmadari H. Competitive sorption of nickel, cadmium, zinc and copper on palygorskite and sepiolite silicate clay minerals. Geoderma. 2013; 192: 249-253.
7. Pollution Control Department [Internet]. 2017. Retrieved July, 2017, from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html
8. Pollution Control Department [Internet]. 2017. Retrieved July, 2017, from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html
9. Lampert, W, Sommer U. Limnoökologie. Georg Thieme Verlag, New York; 1993.

ตารางที่ 1 ลำดับและปริมาณการใช้วัสดุ 3 ชนิด

วัสดุและปริมาณ	ลำดับขั้นการใช้วัสดุ	อัตราการกวน/ระยะเวลากวน	ระยะเวลาตกตะกอน
ลำดับที่ 1 เถ้าลอยลิกไนต์ 4 กรัม	100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที	30 นาที	
	40 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที		
ลำดับที่ 2 น้ำสกัดเปลือกหอยเชอร์รี่ 500 มิลลิลิตร	100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 40 นาที	30 นาที	
	ลำดับที่ 3 ดินตะกอน 50 กรัม	100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที	30 นาที
ลำดับที่ 4 ดินตะกอน 50 กรัม	40 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที		
	100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที	30 นาที	
	40 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที		



ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำของบ่อกักน้ำจากหม้อต้มน้ำโรงไฟฟ้า

พารามิเตอร์	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ค่ามาตรฐาน
พีเอช	9.4	10.1	*5-9
ดีไอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.50	14.00	-
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.30	17.00	*ไม่เกิน 20
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	32.00	32.00	*ไม่เกิน 120
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	20.00	15.00	*ไม่เกิน 100
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	313.75	223.77	**0.5
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	787.35	302.14	**5.0
ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.50	0.50	*<2
ปริมาณคลอโรไฟด์ (II) เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)	28.05	79.77	ไม่เกิน 10

หมายเหตุ * เปรียบเทียบค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่จากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม [7]

** เปรียบเทียบค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 [8]

*** เปรียบเทียบค่าคลอโรไฟด์ (II) เอ จากงานวิจัยของ Lampert and Sommer [9]

ตารางที่ 3 พีเอชของน้ำภายหลังจากเติมวัสดุ 4 ชนิด

ปริมาณ (กรัม)	วัสดุ					
	2	4	6	8	10	12
ถ้ำลอยติกไนต์	11.3	11.5	11.6	11.7	11.7	11.7
ดินตะกอน	9.4	9.2	9.0	8.8	8.6	8.5
ถ่านกะลามะพร้าว	10.2	10.2	10.3	10.4	10.5	10.5
เบนโทไนท์	10.1	10.0	10.0	10.1	10.1	10.1

ตารางที่ 4 พีเอชของน้ำภายหลังจากเติมน้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่

ปริมาณ (มิลลิลิตร)	วัสดุ			
	30	50	100	250
น้ำสกัดเปลือกหอยเชอรี่	9.8	9.8	9.6	9.4

ตารางที่ 5 พีเอชของน้ำทิ้งหลังการบำบัดในถุคูร้อนของแต่ละชั้นในการบำบัดด้วยวัสดุแต่ละชนิด

ฤดูกาล	พีเอช	ลำดับของวัสดุ			
		ถ้ำลอยลิกไนต์	น้ำสกัดเปลือกหอยเชอริ	ดินตะกอน	ดินตะกอน
ร้อน	พีเอชเริ่มต้น 10.0	11.2	9.9	7.7	7.1
ฝน	พีเอชเริ่มต้น 9.8	11.4	10.0	7.8	7.2

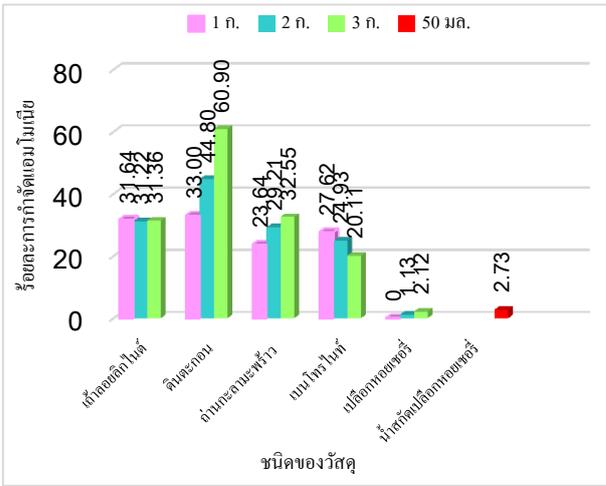
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของถุคูร้อนและถุคูฝนก่อนและหลังการบำบัด

พารามิเตอร์	ถุคูร้อน			ถุคูฝน			ค่ามาตรฐาน
	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละหลังการบำบัด	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละหลังการบำบัด	
	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	313.75	86.24	73.26	223.77	40.09	
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	787.35	165.40	72.51	302.14	30.71	82.08	**5.0
ออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.50	0.00	100.00	0.50	0.00	100.00	*<2
คลอโรไฟิลล์ (II) เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)	28.05	0.23	-	79.77	0.37	-	***ไม่เกิน 10
พีเอช	9.4	7.1	-	10.1	7.2	-	*5-9

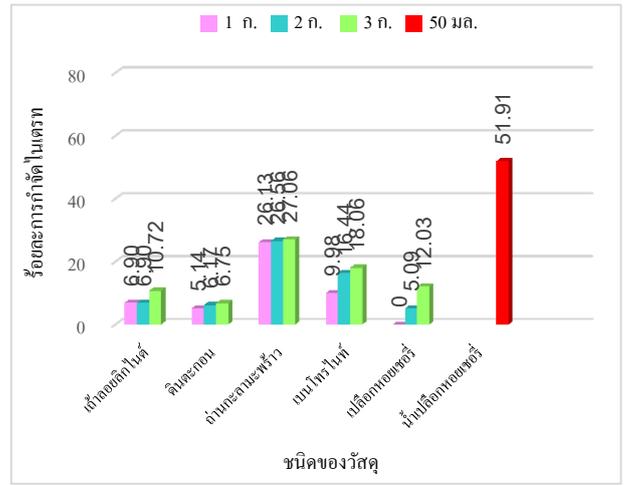
หมายเหตุ * เปรียบเทียบค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

** เปรียบเทียบค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3

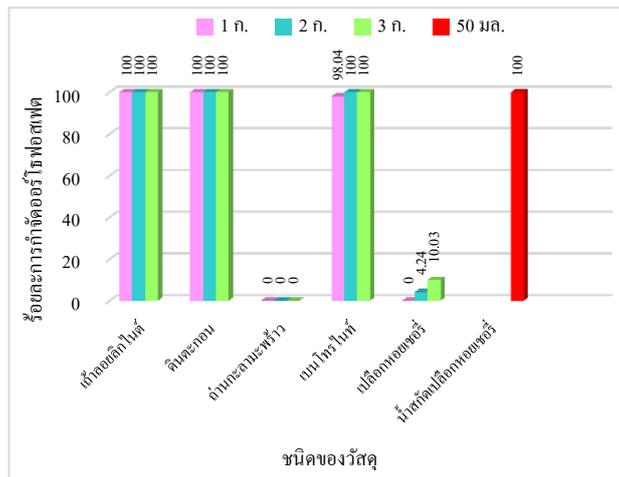
*** เปรียบเทียบค่าคลอโรไฟิลล์ (II) เอ จากงานวิจัยของ Lampert and Sommer



ร้อยละการกำจัดแอมโมเนีย ด้วยวัสดุ 6 ชนิด

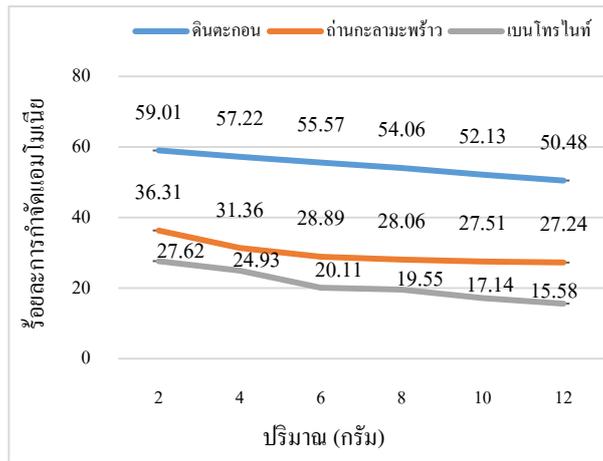


ร้อยละการกำจัดไนเตรท ด้วยวัสดุ 6 ชนิด

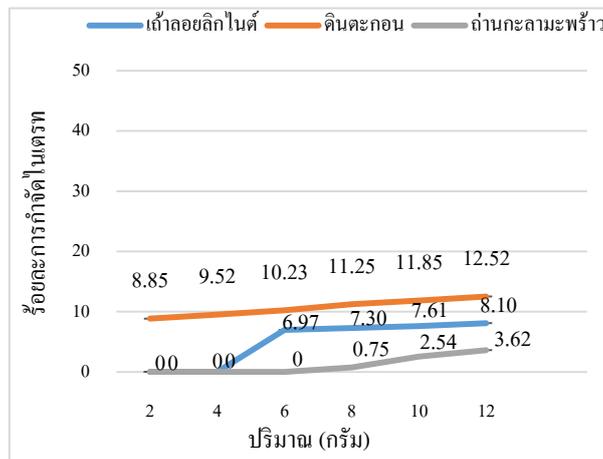


ร้อยละการกำจัดออร์โธฟอสเฟต ด้วยวัสดุ 6 ชนิด

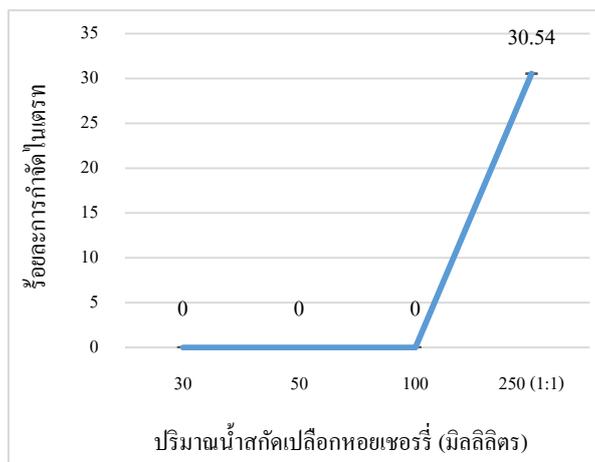
ภาพที่ 1 ร้อยละการกำจัดแอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต



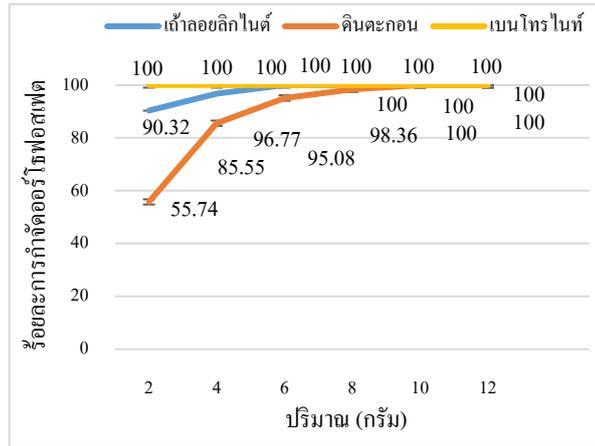
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบร้อยละการกำจัดแอมโมเนียด้วยวัสดุ 3 ชนิด



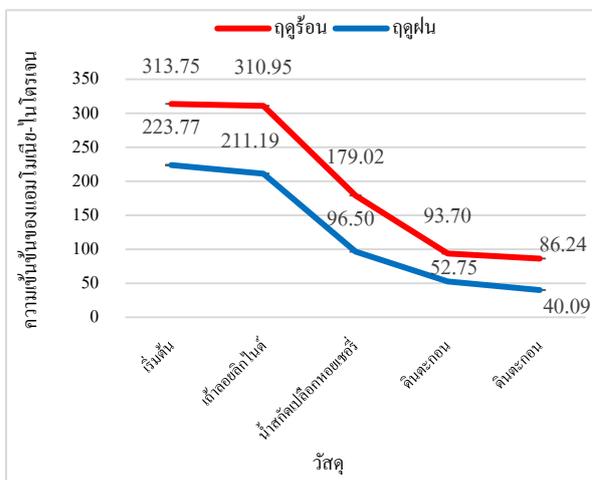
ภาพที่ 3 เปรียบเทียบร้อยละการกำจัดไนเตรทด้วยวัสดุ 3 ชนิด



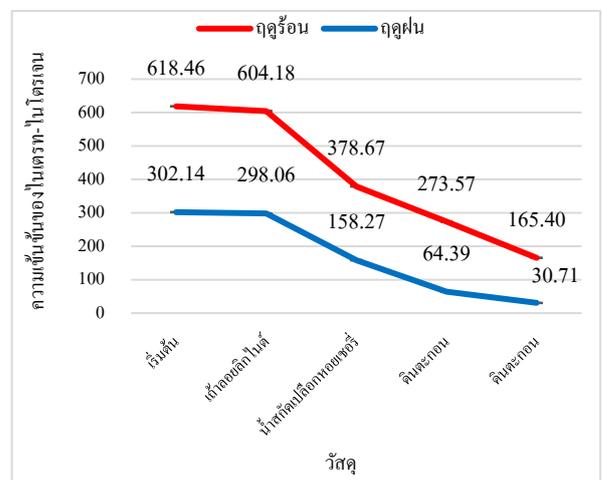
ภาพที่ 4 ร้อยละการกำจัดไนเตรทด้วยน้ำสกัดเปลือกหอยเชอร์รี่



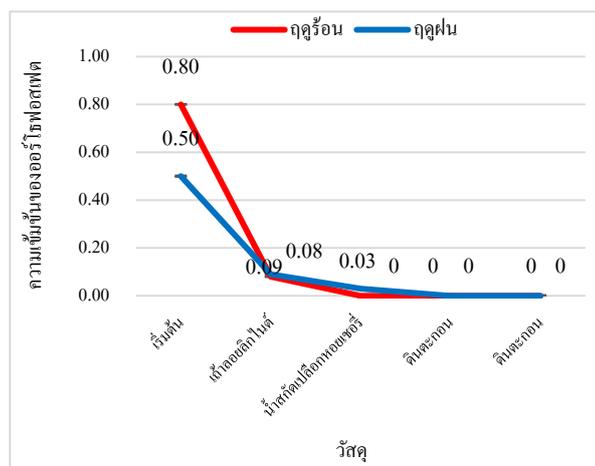
ภาพที่ 5 เปรียบเทียบร้อยละการกำจัดออร์โทฟอสเฟตด้วยวัสดุ 3 ชนิด



ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนหลังการบำบัด



ความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจนหลังการบำบัด



ความเข้มข้นของออร์โทฟอสเฟตหลังการบำบัด

ภาพที่ 6 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โทฟอสเฟต ในน้ำตัวอย่าง 2 ฤดูกาลหลังจากการบำบัดด้วยวัสดุแต่ละชนิด