

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของหัวเชื้อจุลินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอย่างก้อนถ้วยด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ

สุธาริณี สุริยนต์⁽¹⁾, พฤกษ์ ตัญญูรัตน์^{(2)*}, ฤทธิรงค์ จังโกฏี⁽²⁾, สุทิน ชนะบุญ⁽³⁾

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 3 เมษายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ: 15 กรกฎาคม 2562

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 26 กรกฎาคม 2562

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมจุลินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอย่างก้อนถ้วยที่บำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดไร้อากาศ ซึ่งน้ำเสียอย่างก้อนถ้วยเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกในรูปของ BOD และ COD สูงมาก มีกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง เกิดจากการคายตัวของซีรัม ในน้ำยางพาราไหลออกมาจากยางก้อนถ้วย ในการทดลองใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ ปริมาตร 20 ลิตร ใช้การเดินระบบแบบที่ละเทจจำนวน 2 ชุด การทดลอง แบ่งเป็นชุดการทดลองที่ 1 ไม่เติมจุลินทรีย์ และชุดการทดลองที่ 2 เติมจุลินทรีย์ทางการค้าชื่อ BIO100 ปริมาณ 0.63 กรัม/ลิตร โดยเก็บตัวอย่างทุก 5 วัน เป็นเวลารวม 60 วัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำมาตรวจวิเคราะห์ค่า BOD COD และ SS จากผลการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD COD และ SS ได้สูงสุดร้อยละ 59.05 51.19 และ 51.82 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD COD และ SS ได้สูงสุดร้อยละ 68.85 72.02 และ 74.97 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 55 วัน ทั้ง 2 ชุดการทดลองเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test พบว่าการเติมจุลินทรีย์ BIO100 มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอย่างก้อนถ้วยด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: หัวเชื้อจุลินทรีย์, น้ำเสียอย่างก้อนถ้วย, ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ, ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

* ผู้รับผิดชอบบทความ:

(1) สาขาวิชาสาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(email: sutharinee.kku@gmail.com)

(2) สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย

และความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(email: puek@live.com)

(3) สาขาวิชาสาธารณสุขชุมชน

วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น

Original Article

Effect of Microorganism Seed on Cup Lump Rubber-Wastewater Treatment Efficiency by Anaerobic Fixed Film Reactor Wastewater Treatment System

Sutharinee Suriyon⁽¹⁾, Puek Tantriratna^{(2)*}, Rittirong Junggoth⁽²⁾, Sutin Chanaboon⁽³⁾

Received Date: April 3, 2019

Revised Date: June 15, 2019

Accepted Date: June 26, 2019

* Corresponding author:

(1) Master of

Public Health Student In Environmental Health, Faculty of Public Health, Khon Kaen University
(email: sutharinee.kku@gmail.com)

*(2) Department of Environmental Health

Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Khon Kaen University
(email: puek@live.com)

(3) Department of Community Public Health,

Sirindhorn College of Public Health, Khon Kaen

Abstract

This study aimed to compare the Microorganism addition in anaerobic wastewater treatment. Cup lump Wastewater is very dirty which has high BOD and COD values. It smells from Serum dehydration in natural latex rubber from cup lump rubber. The method used in the experiment is using Anaerobic Fixed Film Reactor Wastewater Treatment System in capacity of 20 liters in batch mode to 2 anaerobic tanks. Tank 1: Bio 100 was not added. Tank 2: Bio 100 was filled 0.63 grams per liter. The samples were collected every 5 days for 60 days. The experiment was done in 3 replicates and analyzed BOD, COD, and SS values. The results showed that wastewater of tank 1 after treatment; BOD reduced 59.05%, COD reduced 51.19%, and SS reduced 51.82%. In tank 2, BOD reduced 68.85%, COD reduced 72.02%, and SS reduced 74.97% with total retention time of 55 days for both tanks. In the comparison of the efficiency of wastewater treatment tank 1 and tank 2 by using statistical Mann-Whitney U test found that the addition of the commercial microbial product Bio 100 significantly improved the cup lump rubber wastewater treatment efficacy with anaerobic fixed film reactor wastewater treatment system.

Keywords: *Microorganism Seed, Cup Lump Rubber-Wastewater, Anaerobic Fixed Film Reactor Wastewater Treatment System, Wastewater Treatment Efficiency*

บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ที่มีการผลิตมากเป็นอันดับ 1 ของโลก เดิมพื้นที่การเพาะปลูกส่วนใหญ่นิยมปลูกทางภาคใต้ของประเทศ แต่ในปัจจุบันได้มีการขยายแหล่งปลูกเพิ่มกระจายไปทั่วประเทศ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกถึง 4.4 ล้านไร่ สูงเป็นอันดับ 2 ของประเทศ ทำให้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สำนักพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2558) อย่างไรก็ตามเกษตรกรที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีสวนยางขนาดเล็ก การผลิตยางเป็นรูปแบบต่างคนต่างทำ ไม่มีโรงงานและอุปกรณ์ในการทำยางแผ่น เกษตรกรส่วนใหญ่จึงผลิตและจำหน่ายในรูปของยางก้อนถ้วย (Cup Lump Rubber) เนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตต่ำ ใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้อย ประหยัดแรงงาน มีตลาดรับซื้อรองรับ (สำนักงานตลาดกลางยางพาราหนองคาย, 2559)

ยางก้อนถ้วย คือ ยางพาราที่เกิดจากการกรีดน้ำยางสดให้หยดลงไปในตัวรับน้ำยาง โดยมีการเติมกรดฟอร์มิก (Formic Acid) เพื่อช่วยให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน มีลักษณะเป็นก้อนตามรูปถ้วยรับน้ำยาง และเมื่อน้ำยางแข็งตัวจะมีรูปทรงตามถ้วยที่ใช้รองน้ำยาง มีลักษณะเป็นก้อนยางสีขาวและชุ่มน้ำ มีน้ำหนักประมาณ 80-600 กรัมต่อก้อน จากนั้นสีค่อยๆ คล้ำและแห้งขึ้นเมื่อทิ้งไว้ ยางก้อนถ้วยจัดเป็นวัสดุติดขั้นต้นที่ใช้ในการผลิตยางแท่งและยางแปรรูปต่างๆ ในการขายยางก้อนถ้วย เกษตรกรจะทำการเก็บยางก้อนถ้วยที่แข็งตัวแล้วแต่ยังมีความสดหรือชุ่มน้ำอยู่ นำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้วนำไปขายให้กับสถานประกอบการรับซื้อยาง ซึ่งได้ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง ตามที่ได้มีข้อร้องเรียนและเป็นข่าวอย่างมากมาย

สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหากลิ่นเหม็นจากยางก้อนถ้วยมาจากน้ำซีรัม (Serum) ซึ่งเป็นของเหลวสีขาวขุ่นแยกตัวออกมาจากเนื้อยาง ประกอบไปด้วยสารหลายชนิด เช่น โพรตีน คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น ยางก้อนถ้วยที่ยังมีความสดจะคายซีรัมที่เป็นของเหลวออกมา ซึ่งจะสังเกตได้จากยางก้อนถ้วยที่ใส่ในถุงพลาสติกหรือกองไว้จะมีน้ำไหลออกมา เมื่อทำการฉีดยาทำความสะอาด น้ำซีรัมจะรวมกับน้ำเกิดเป็นน้ำเสียจากยางก้อนถ้วย ซึ่งมีค่าความสกปรกสูง จากการสูดมเก็บน้ำเสียจากก้อนถ้วยในถังพักน้ำเสียของสถานประกอบการรับซื้อยางแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร ตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียโดยห้องปฏิบัติการภาคิวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นพบว่า น้ำเสียจากก้อนถ้วยมีค่าความเป็นกรดสูง (pH 4.57) และมีความสกปรกที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์สูงมาก คือมีปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand; BOD) 30,750 มก./ล. ค่าปริมาณออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Chemical Oxygen Demand; COD) 50,505 มก./ล. และค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS) 1,619 มก./ล. น้ำเสียจากก้อนถ้วยนี้เมื่อถูกรวบรวมเก็บไว้ในบ่อพักจะเกิดการเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้สถานประกอบการรับซื้อยางประสบปัญหาในเรื่องการจัดการน้ำเสียและกลิ่นเหม็น เนื่องจากส่วนใหญ่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียและบางแห่งอาจมีการบำบัดน้ำเสียเป็นแบบบ่อเกรอะ-บ่อซึม (Septic Tank) เท่านั้น ทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดยังไม่เพียงพอที่จะรองรับทั้งปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้ (Puetpaiboon, 2003) จึงทำให้เกิดปัญหาการร้องเรียนจากประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง

หัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (เครื่องหมายการค้า BIO 100) เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ชีวภาพ ซึ่งเป็นนวัตกรรมการผสมเทคโนโลยีชีวภาพ คือการคัดสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในด้านกาแก้ไขปัญหาล้างแ้วลลอมมาทำให้

อยู่ในรูปเซลล์แห้งมีชีวิตที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นเหม็น สามารถสัมผัสได้ กับนาโนเทคโนโลยี ที่มีการเติมสารเร่งปฏิกิริยา และเอนไซม์เพื่อช่วยย่อยไขมัน เพื่อใช้ในการกำจัดกลิ่นเหม็น กำจัดไขมัน รวมทั้งการบำบัดน้ำเสียทั้งในระบบบำบัดแบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมและคืนความสมดุลให้แหล่งน้ำโดยไม่ต้องใช้สารเคมี ซึ่งจุลินทรีย์ทางการค้า มีประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นเหม็น กำจัดไขมัน และช่วยลดภาระความสกปรกของน้ำเสีย ในบ่อเกรอะ (Septic tank) บ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบบำบัดน้ำเสีย (จุลินทรีย์เพื่อสิ่งแวดล้อม, 2559)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า กระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศมีความเหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง มีระยะเวลาที่เก็บตะกอนนาน และเป็นระบบที่ใช้พื้นที่น้อย (เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, 2538) และมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตยางพาราแผ่นได้ดี (สุรศักดิ์ บัณฑิต, 2557) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการผลของการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ BIO 100 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอย่างถาวร โดยเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Fixed Film Reactor (AFFR

Wastewater Treatment System) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ใช้จุลินทรีย์ชนิดไม่ต้องการใช้ออกซิเจน (Anaerobic Microorganisms) ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกในน้ำให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับสถานประกอบการรับซื้อยางในการเลือกใช้ระบบบำบัดที่ใช้งานได้ง่ายและมีต้นทุนในการก่อสร้างไม่สูงมากนัก ทั้งยังสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหาในเรื่องกลิ่นเหม็นได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอย่างถาวรด้วย เมื่อเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า BIO100 และไม่เติมจุลินทรีย์ทางการค้า ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้ น้ำเสียจากสถานประกอบการรับซื้อยางอย่างถาวร อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร มาวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด (Influent) และออกจากระบบบำบัด (Effluent) จำนวน 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ BOD COD SS และ pH โดยมีวิธีการวิจัยดังนี้

1. วิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียอย่างถาวร เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย (pH, BOD, COD, SS, Sulfide, Ammonia Nitrogen, Total Kjeldahl Nitrogen; TKN) แสดงดังตารางที่ 1 และ 2

2. ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AFFR ตามเกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) และคำนวณจากเอกสารวิชาการงานวิจัยที่ผ่านมา รวมทั้งผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียเบื้องต้น ได้ถึงบำบัดที่มีขนาด 20 ลิตร ตามเกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียดังตารางที่ 3 โดยในแต่ละชุดการทดลองใส่ตัวกลางพลาสติก (Bio media filter) จำนวน 550 ชิ้น เพื่อให้จุลินทรีย์ไว้อัดเกาะ และกำหนดให้มีระยะเวลาเก็บน้ำไม่น้อยกว่า 5 วัน (จันทิมา ยากิ้น, 2553)

3. การกำหนดชุดการทดลอง แบ่งชุดการทดลอง ออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

3.1 ชุดการทดลองที่ 1 ไม่เติมจุลินทรีย์ทางการค้า

3.2 ชุดการทดลองที่ 2 เติมจุลินทรีย์ทางการค้า ยี่ห้อ Bio 100 ตามสัดส่วนที่ระบุไว้บนฉลาก ปริมาณเท่ากับ 0.63 กรัม/ลิตร

4. การเก็บตัวอย่างน้ำและวิธีการตรวจวิเคราะห์

4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ ที่ตำแหน่งจุดน้ำออกจากระบบบำบัด มีปริมาตรที่เก็บแต่ละครั้งประมาณ 100 มล.กำหนดช่วงเวลาในการเก็บ 09.00-10.00 น.และทำการตรวจวิเคราะห์ทันที หากไม่สามารถดำเนินการตรวจวิเคราะห์ได้ในทันทีจะนำไปแช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด 2 เดือน (60 วัน) โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อนำไปวิเคราะห์ทุกๆ 5 วัน รวมทั้งหมด 12 ครั้งแบ่งเป็นชุดการทดลองละ 48 ตัวอย่าง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (3 replications) โดยตัวอย่างน้ำเสียที่นำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ BOD COD SS และ pH

4.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงตาม Rice et al. (2012) มีวิธีดังนี้

(1) วิเคราะห์ค่า pH ด้วยเครื่อง pH Meter ของ METTLER TOLEDO โดยทำการตรวจวัดทันที ณ สถานที่เก็บตัวอย่าง

(2) วิเคราะห์ค่า SS ด้วยวิธีการกรองผ่าน Buchner Filter Funnel

(3) วิเคราะห์ค่า BOD ด้วยวิธี Dilution Method เวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

(4) วิเคราะห์ค่า COD โดยใช้เครื่อง Digital Reactor Block ยี่ห้อ HACH รุ่น DRB 200

5. การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลตามระยะเวลาทั้งหมด 60 วัน เก็บตัวอย่างน้ำเสียทุกๆ 5 วัน รวมทั้งหมด 12 ครั้งแบ่งเป็นชุดการทดลองละ 48 ตัวอย่าง ทำการทดลอง ซ้ำ 3 ครั้ง (3 replications)

5.2 สถิติเชิงพรรณนา ใช้ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด สถิติเชิงอนุมานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดไร้อากาศ ระหว่าง 2 ระบบ โดยใช้สถิติ Mann Whitney U test

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพการบำบัด BOD

ชุดการทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดอยู่ในช่วงวันที่ 55 จากนั้นประสิทธิภาพการบำบัดจะเริ่มคงที่ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ BOD ของน้ำเสียที่วันเริ่มต้น (วันที่ 0) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $14,341.00 \pm 1,938.00$ มก./ล. สามารถบำบัดให้ลดลงเหลือ $5,872.22 \pm 1,518.99$ มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดประมาณร้อยละ 59.0 ส่วนชุดการทดลองที่ 2 ที่มีการเติมจุลินทรีย์ทางการค้า โดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ BOD ของน้ำเสียที่วันเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ย $12,443.33 \pm 377.50$ มก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดอยู่ในวันที่ 55 เช่นเดียวกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3,876.67 \pm 299.07$ มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD ร้อยละ 68.9 รายละเอียดผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4 และประสิทธิภาพการบำบัด BOD แสดงในภาพที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD ชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเติมจุลินทรีย์ทางการค้าสามารถบำบัด BOD ได้มีประสิทธิภาพสูงกว่า

2. ประสิทธิภาพการบำบัด COD

ชุดการทดลองที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดอยู่ในช่วงวันที่ 55 จากนั้นประสิทธิภาพการบำบัดจะเริ่มคงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ COD ของน้ำเสีย

ยางก้อนถ้วยที่วันเริ่มต้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $24,355.00 \pm 376.60$ มก./ล. สามารถลดลงเหลือ $11,888.33 \pm 1,398.18$ มก./ล. มีประสิทธิภาพการบำบัดประมาณร้อยละ 51.2 ส่วนชุดการทดลองที่ 2 ที่มีการเติมจุลินทรีย์ทางการค้า เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ COD ของน้ำเสียยางก้อนถ้วยที่วันเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ย $21,541.00 \pm 95.36$ มก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดอยู่ในช่วงวันที่ 55 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $6,028.00 \pm 410.92$ มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD ร้อยละ 72.0 รายละเอียดผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5 และประสิทธิภาพการบำบัด COD แสดงในภาพที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัด COD ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการบำบัด COD ของชุดการทดลองที่ 2 ที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้าสามารถบำบัดได้ดีกว่า ชุดการทดลองที่ 1 ที่ไม่เติมจุลินทรีย์ทางการค้า

3. ประสิทธิภาพการบำบัด SS

ชุดการทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดอยู่ในวันที่ 55 จากนั้นประสิทธิภาพการบำบัดจะเริ่มคงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ SS ของน้ำเสียยางก้อนถ้วยที่วันเริ่มต้นซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 916.67 ± 3.06 มก./ล.สามารถลดลงเหลือ 441.67 ± 7.64 มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ที่ประมาณร้อยละ 51.8 ส่วนชุดการทดลองที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ SS ของน้ำเสียยางก้อนถ้วยที่วันเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1,491.33 \pm 373.33$ มก./ล. พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดอยู่ในช่วงวันที่ 55 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 373.33 ± 12.58 มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด SS ร้อยละ 74.9 ดังแสดงในตารางที่ 6 และประสิทธิภาพการบำบัด SS แสดงในภาพที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่า SS ชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 พบว่า

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถบำบัดค่า SS ได้ลดลงแต่ชุดการทดลองที่ 2 ที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้า สามารถบำบัดค่า SS ได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ 1

4. ค่า pH

จากผลการตรวจวัด ชุดการทดลองที่ 1 มีค่า pH ของน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากับ 4.67 เมื่อบำบัดถึงวันที่ 55 มีค่าเท่ากับ 5.97 ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีค่า pH ของน้ำเสีย เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 4.59 เมื่อบำบัดถึงวันที่ 55 มีค่าเท่ากับ 6.05 ดังภาพที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

บทสรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเติมจุลินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียยางก้อนถ้วยที่บำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดไร้อากาศ สามารถสรุปตามพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ดังนี้

1. การบำบัดค่า BOD พบว่าชุดการทดลองที่ 2 ที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้ามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD ได้ร้อยละ 68.9 เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 ที่บำบัดได้ร้อยละ 59.0 พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าประมาณร้อยละ 10 เนื่องจากการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า ซึ่งเป็นหัวเชื้อที่ได้ทำการคัดสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่หลากหลาย ทำให้สามารถช่วยลดระยะเวลาในช่วงระยะการคัดเลือกสายพันธุ์และปรับตัวของจุลินทรีย์ (Lag Phase) ให้ได้จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่มีอยู่ในน้ำเสียยางก้อนถ้วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ในหัวเชื้อยังมีการเติมสารเร่งปฏิกิริยาและเอนไซม์เพื่อช่วยย่อยไขมัน และ

สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้ย่อยสลายได้รวดเร็วมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าน้ำเสียที่ไม่ได้เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าด้วยการวัดค่า BOD เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากค่า BOD คือปริมาณความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงผลจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์โดยตรง

2. การบำบัดค่า COD พบว่าชุดการทดลองที่ 2 ที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้ามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ได้ร้อยละ 72.0 เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 ที่บำบัดได้ร้อยละ 51.2 พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าประมาณร้อยละ 20 เนื่องจากการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าน้ำเสียที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญด้วยเหตุผลเดียวกับการบำบัดค่า BOD อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าด้วยการวัดค่า COD อาจเป็นวิธีการที่ไม่ได้แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของจุลินทรีย์อย่างเหมาะสมที่สุด เนื่องจากค่า COD คือปริมาณความต้องการออกซิเจนที่สารเคมีใช้ในการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ ดังนั้นค่า COD ที่วัดได้จึงเป็นค่าที่สารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งสารเคมีบางชนิดจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น สารอินทรีย์กลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbons) สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และสารที่มีพันธะโครงสร้างของโมเลกุลที่แข็งแรง เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมน้อยกว่าค่า BOD ที่เป็นค่าที่แสดงถึงผลจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์โดยตรง

3. การบำบัดค่า SS พบว่าชุดการทดลองที่ 2 ที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้ามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า SS ได้ร้อยละ 74.9 เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 ที่บำบัดได้ร้อยละ 51.8 พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่า ประมาณร้อยละ 23 เนื่องจากการเติมหัวเชื้อ

จุลินทรีย์ทางการค้าทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าน้ำเสียที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะทำให้สารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ที่อยู่ในรูปของตะกอนแขวนลอยมีปริมาณลดลงมากกว่าจากการถูกย่อยสลาย เป็นผลให้ค่า SS ลดลงมากขึ้น นอกจากนี้การที่ระบบบำบัดมีตัวกลาง จะช่วยในการยึดเกาะและกักตะกอนแขวนลอย ซึ่งส่วนหนึ่งจะกักตะกอนแขวนลอยที่เบาเอาไว้ ทำให้ตะกอนแขวนลอยที่ออกจากระบบมีค่า SS ลดลงอีกด้วย

4. ค่า pH

ชุดการทดลองที่ 1 มีค่า pH เพิ่มขึ้นจากเดิม 4.67 เป็น 5.97 และชุดการทดลองที่ 2 ที่มีการเติมจุลินทรีย์ทางการค้า มีค่า pH เพิ่มขึ้นจากเดิม 4.59 เป็น 6.05 ซึ่งทั้ง 2 ชุดการทดลองมีแนวโน้มที่น้ำเสียจะมีความเป็นด่างเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองไม่มีการเติมหรือถ่ายน้ำเข้าออก จึงทำให้สารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของกรดอินทรีย์ต่างๆ (Organic Acid) เช่น กรดฟอร์มิกที่ใช้เติมในน้ำยาฆ่าเชื้อเพื่อให้ยางแข็งตัว กรดอะซิเตทที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยอะซิโตเจนิกแบคทีเรีย (Acetogenic Bacteria) ถูกย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ค่า pH ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า pH จะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งทำงานได้ดีในช่วง pH 6.6–7.6 (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2543) และค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดคือค่าที่ใกล้เคียง 7.0 (Eckenfelder, Argaman., & Miller, 1989) และมีค่า pH ที่เหมาะสมในการเดินระบบ (Start Up) ของระบบบำบัดน้ำเสีย คือมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.7–7.8 (จันทิมา ยาเกิน, 2553)

จากการสรุปผลของการเติมจุลินทรีย์ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอย่างถาวรที่บำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดไร้อากาศในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AFFR เป็นการบำบัดโดยใช้ตัวกลางบรรจุอยู่ในระบบถัง จุลินทรีย์ที่บรรจุอยู่ในระบบจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งตัวจุลินทรีย์จะเกาะอยู่บริเวณ

ผิวตัวกลาง และบางส่วนจะอาศัยอยู่ช่องว่างระหว่างตัวกลาง ทำให้ระบบนี้ไม่ต้องกวนน้ำเสียภายในถัง เป็นระบบที่สามารถรับภาระความสกปรกของน้ำเสียได้สูง และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ซึ่งจากผลการทดลองเปรียบเทียบผลของการเติมจุลินทรีย์ทางการค้า พบว่าจุลินทรีย์ทางการค้าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AFFR โดยจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการกำจัดของเสีย และมีความทนทานต่อสมบัติของน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูง โดยไม่ต้องมีการปรับสภาพน้ำก่อนเข้าระบบ และสามารถรักษาเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ในระบบได้เป็นระยะเวลาานาน (ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ, 2546) ดังนั้นจากผลการศึกษาในครั้งนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า การเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอย่างก่อกวนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงควรมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียอย่างก่อกวนที่เหมาะสมในสถานประกอบการรับซื้อยางในต่อไป

ข้อเสนอแนะหรือการนำไปใช้ประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2537). **โครงการจัดทำคู่มือดำเนินงานระบบบำบัดน้ำเสียและการใช้มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร เล่ม 1.** กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2543). **วิศวกรรมกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 4.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยรังสิต.
- จันทิมา ยาเกิน. (2553). **การใช้แก๊ส ถ่าน และลูกบอลพลาสติก เป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียจากการผลิตแผ่นยางพารา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จุลินทรีย์เพื่อสิ่งแวดล้อม. (2559). **ไบโอ หนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์.** ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2559, จาก <https://www.bio100percent.com/>
- พีชพร ชาวกิจเจริญ. (บรรณาธิการ). (2538). **การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภาวิณี ชัยประเสริฐ และคณะ. (2546). **โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียไร้อากาศแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์.** ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2559, จาก <http://kmutt.ac.th/rippc/best73.htm>
- สุพัตรา เฉลียวพงศ์. (2540). **สถานะ pH ที่เหมาะสมของบ่อไร้อากาศในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุรศักดิ์ บัณฑิต. (2557). **การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตยางพาราแผ่นด้วยถังกรองไร้อากาศที่มีถ่านเป็นตัวกลาง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

1. หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอย่างก่อกวนด้วยในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดไร้อากาศให้มากขึ้น ควรมีการปรับค่า pH ของน้ำเสียในระบบให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมระหว่างช่วง pH 6.7-7.8 (สุพัตรา เฉลียวพงศ์, 2540)

2. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียอื่นๆ ที่มีคุณลักษณะคล้ายกันได้

3. ศึกษาความเหมาะสมของการบำบัดน้ำเสียอย่างก่อกวนด้วยโดยใช้วิธีการบำบัดโดยใช้จุลินทรีย์ ร่วมกับการบำบัดชนิดอื่นๆ เพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 8

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกในการใช้วัสดุอุปกรณ์ทางห้องปฏิบัติการ เพื่อให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สำนักงานตลาดกลางยางพาราหนองคาย. (2559). **ยางก้อนถ้วยในภาคอีสาน**. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2559, จาก

http://www.rubbernongkhai.com/cuplump/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=7%20%20

สำนักพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. (2558). **สถานการณ์ยางพาราและการปรับตัวของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2559, จาก <http://eris.nesdb.go.th/pdf/.pdf>

ห้องปฏิบัติการภาคิวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (2559). **การวิเคราะห์น้ำเสียจากยางก้อนถ้วย**. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Burton, F., Tchobanoglous, G., & Stensel, H. D. (Eds.). (2004). **Wastewater engineering: Treatment and reuse** (4th ed.). New York: McGraw-Hill.

Lens, P. N., Visser, A., Janssen, A. J. H., Hulshoff-Pol, L. W., & Lettinga, G. (1998). Biotechnological treatment of sulfate-rich wastewaters. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 28(1), 41-88.

Puetpaiboon, U. (2003). **Development of appropriate and integrated technology for wastewater treatment of concentrated latexindustry**. Songkhla: Research and Development Office, Prince of Songkla University.

Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (2012). **Standard methods for the examination of water and wastewater** (22nd ed.). Washington, DC: American Public Health Association.

Tchobanoglous, G., & Burton, F.L. (1991). **Wastewater engineering: Treatment, disposal, and reuse** (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

Young, J. C. (1991). Factors affecting the design and performance of upflow anaerobic filters. **Water Science and Technology**, 24(8), 133-155.

Young, J. C., & McCarty, P. L. (1969). The anaerobic filter for waste treatment. **Journal Water Pollution Control Federation**, 41, R160-R173.

Young, J. C., & Yang, B. S. (1989). Design considerations for full-scale anaerobic filters. **Research Journal of the Water Pollution Control Federation**, 61(9-10), 1576-1587.

ตารางที่ 1 คุณลักษณะน้ำซีรัมยางก้อนถ้วย

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
มีสีเหลืองอ่อน ชุ่น มีตะกอนขาว มีกลิ่นเหม็นมาก			
pH	4500-H ⁺ B. Electrometric Method *	3.69	-
ความขุ่น	2130 B. Nephelometric Method *	3,040	NTU
BOD	5210 B. 5-Day BOD Test *	33,640	mg/l
COD	5220 C. Close Reflux, Titrimetric Method *	54,400	mg/l
SS	2540 D. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C *	3,035	mg/l
TDS	2540 C. Total Dissolved Solids Dried at 180°C *	76,855	mg/l
TS	2540 B. Total Solids Dried at 103-105 °C *	90,930	mg/l
Sulfide	Iodometric Method*	17	mg/l
TKN	Kjeldahl Method*	840	mg/l

* วิธีการวิเคราะห์อ้างอิงตามหนังสือ Standard methods for the examination of water and wastewater (Rice et al., 2012)

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของน้ำเสียยาก่อนถั่ว

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
มีสีน้ำตาล ชุ่น มีตะกอนสีดำ มีกลิ่นเหม็นมาก			
pH	4500-H ⁺ B. Electrometric Method *	4.57	-
BOD	5210 B. 5-Day BOD Test *	30,750	mg/l
COD	5220 C. Close Reflux, Titrimetric Method *	50,505	mg/l
SS	2540 D. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C*	1,619	mg/l
Sulfide	Iodometric Method*	76.8	mg/l
Ammonia Nitrogen	Distillation-Titration	1,128	mg/l N
TKN	Kjeldahl Method*	2,968	mg/l

* วิธีการวิเคราะห์อ้างอิงตามหนังสือ Standard methods for the examination of water and wastewater (Rice et al., 2012)

ตารางที่ 3 เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

หน่วยกระบวนการ	ข้อมูลการออกแบบ
ถังกรองไร้อากาศ	
- ความสูงของถัง, เมตร	> 1.5
- เส้นผ่านศูนย์กลาง, เมตร	1.0-1.2
- ความสูงของตัวกลาง, เมตร	> 1.2
- ปริมาตรตัวกลาง, ลบ.ม.	0.5-2.5
- ระยะห่างระหว่างตัวกลางกับกันถัง, เมตร	> 0.15
- ระยะห่างระหว่างตัวกลางกับฝาถัง, เมตร	> 0.15
- ความสูงของท่อน้ำเข้าจากชั้นตัวกลาง, เมตร	< 30 (กรณีน้ำไหลเข้าโดยไม่ใช้เครื่องสูบล)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2537

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD ระหว่างชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 (มก./ล.)

วันที่	ชุดการทดลองที่ 1		ประสิทธิภาพการบำบัด ค่า BOD (ร้อยละ)	ชุดการทดลองที่ 2		ประสิทธิภาพการบำบัด ค่า BOD (ร้อยละ)
	\bar{X}	S.D.		\bar{X}	S.D.	
0	14,341.00	1,938.00	0.00	12,443.33	377.50	0.00
5	10,433.33	605.45	27.25	9,948.33	592.24	20.05
10	10,756.67	593.66	24.99	9,201.67	593.66	26.05
15	10,181.00	754.00	29.01	9,163.00	567.26	26.36
20	9,055.67	262.73	36.85	9,012.67	391.50	27.57
25	8,943.33	406.50	37.64	8,807.67	621.16	29.22
30	8,621.00	392.00	39.89	8,769.00	172.00	29.53
35	8,025.67	802.50	44.04	8,384.00	381.00	32.62
40	7,913.67	689.97	44.82	8,265.67	620.72	33.57
45	7,336.33	594.80	48.84	8,004.67	378.50	35.67
50	6,686.33	742.50	53.38	7,068.00	186.00	43.20
55	5,872.22	1,518.99	59.05	3,876.67	299.07	68.85
60	6,622.00	238.00	53.82	5,559.26	684.13	55.32

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการบำบัดค่า COD ระหว่างชุดการทดลองที่ 1 และ ชุดการทดลองที่ 2 (มก./ล.)

วันที่	ชุดการทดลองที่ 1		ประสิทธิภาพการบำบัด ค่า COD (ร้อยละ)	ชุดการทดลองที่ 2		ประสิทธิภาพการบำบัด ค่า COD (ร้อยละ)
	\bar{X}	S.D.		\bar{X}	S.D.	
0	24,355.00	376.60	0.00	21,541.00	95.36	0.00
5	21,666.67	3,214.55	11.04	18,250.00	4,630.06	15.28
10	17,116.67	4,227.98	29.72	16,833.33	5,392.90	21.85
15	17,016.67	4,942.76	30.13	16,166.67	1,040.83	24.95
20	16,683.33	2,227.85	31.50	15,933.33	4,428.69	26.03
25	16,666.67	1,527.53	31.57	15,900.00	2,260.53	26.19
30	15,936.67	1,512.96	34.57	14,500.00	624.50	32.69
35	15,933.33	2,227.85	34.58	13,450.00	1,688.93	37.56
40	15,106.67	1,363.13	37.97	13,250.33	1,386.89	38.49
45	14,896.67	1,485.27	38.84	13,166.67	2,995.55	38.88
50	12,900.00	1,276.71	47.03	11,711.00	1,378.65	45.63
55	11,888.33	1,398.18	51.19	6,028.00	410.92	72.02
60	13,058.33	232.29	46.38	6,363.33	236.77	70.46

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพการบำบัดค่า SS ระหว่างชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 (มก./ล.)

วันที่	ชุดการทดลองที่ 1		ประสิทธิภาพการบำบัด ค่า SS (ร้อยละ)	ชุดการทดลองที่ 2		ประสิทธิภาพการบำบัด ค่า SS (ร้อยละ)
	\bar{X}	S.D.		\bar{X}	S.D.	
0	916.67	3.06	0.00	1,491.33	6.11	0.00
5	874.00	2.00	4.65	881.50	1.20	40.89
10	813.33	8.33	11.27	876.67	1.15	41.22
15	791.33	3.06	13.67	871.33	22.74	41.57
20	730.67	4.16	20.29	824.00	4.00	44.75
25	674.00	4.00	26.47	585.33	3.06	60.75
30	646.67	23.09	29.45	556.67	5.77	62.67
35	580.00	17.32	36.73	540.67	18.58	63.75
40	561.33	3.06	38.76	539.33	3.06	63.84
45	548.33	7.64	40.18	510.00	10.00	65.80
50	561.67	12.58	38.73	476.67	2.89	68.04
55	441.67	7.64	51.82	373.33	12.58	74.97
60	448.33	42.34	51.09	470.00	8.66	68.48

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ BOD COD SS pH หลังการบำบัด (วันที่ 55) ระหว่างชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2

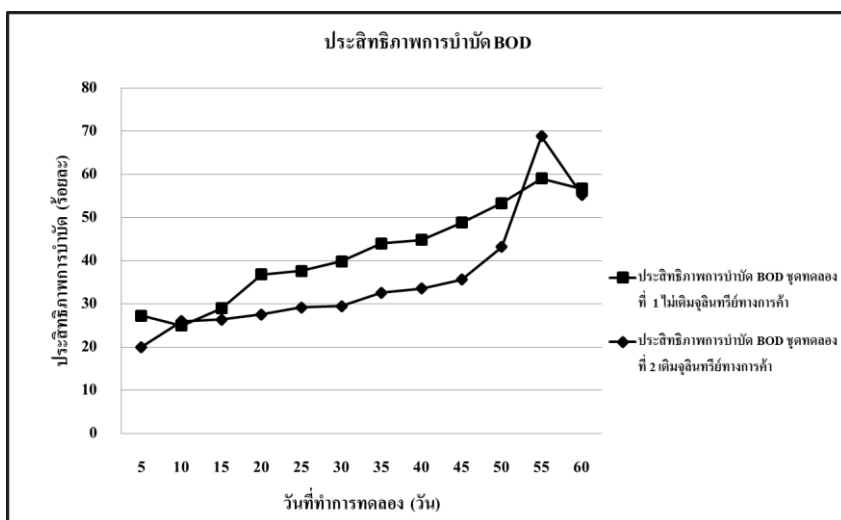
พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง	\bar{X}	S.D.	Median	Min.	Max.	p-value
BOD	1	5,872.22	1,518.96	6,250.00	4,200.00	7,166.67	<0.05
	2	3,876.66	299.06	3,926.00	3,556.00	4,148.00	
COD	1	11,888.33	1,398.18	11,165.00	11,000.	13,500.00	<0.05
	2	6,028.00	410.91	5,834.00	5,750.00	6,500.00	
SS	1	441.67	7.63	440.00	435.00	450.00	<0.05
	2	373.33	12.58	375.00	360.00	385.00	
pH	1	5.97	0.55	6.00	5.91	6.01	<0.05
	2	6.05	0.03	6.05	6.02	6.07	

* หมายเหตุ : ชุดการทดลองที่ 1 คือ ชุดการทดลองที่ไม่เติมจุลินทรีย์ทางการค้า
ชุดการทดลองที่ 2 คือ ชุดการทดลองที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้า

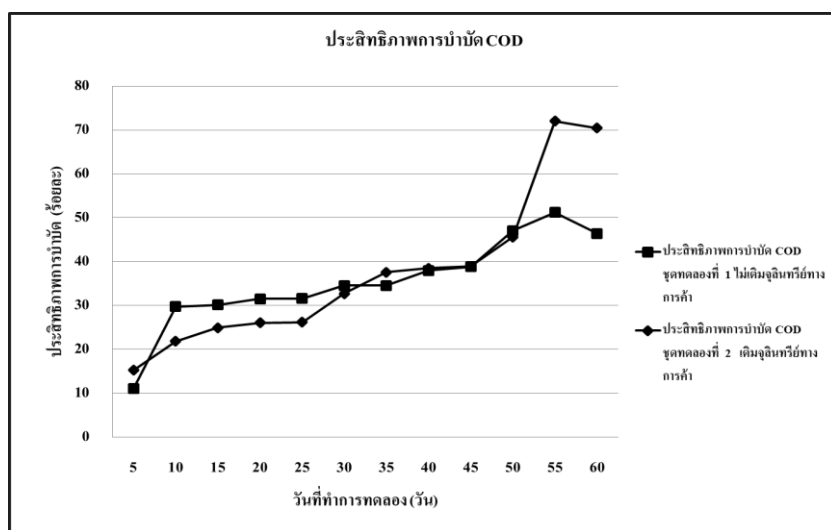
ตารางที่ 8 แสดงลักษณะน้ำทิ้งหลังการบำบัด (55 วัน) ที่มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

ชุดการทดลอง	คุณลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	ค่าเฉลี่ยของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบถังกรองใ้อากาศ
1 (ไม่เติม จุลินทรีย์ทาง การค้ำ)	บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	4,200 – 7,167
	ซีโอดี (COD)	มก./ล.	ไม่เกิน 120	11,000 – 13,500
	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (SS)	มก./ล.	ไม่เกิน 50	435 - 450
	พีเอช (pH)	-	5 -9	5.91 – 6.01
2 (เติมจุลินทรีย์ ทางการค้ำ)	บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	3,556 – 4,148
	ซีโอดี (COD)	มก./ล.	ไม่เกิน 120	5,750 – 6,500
	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (SS)	มก./ล.	ไม่เกิน 50	360 - 385
	พีเอช (pH)	-	5 -9	6.02 – 6.07

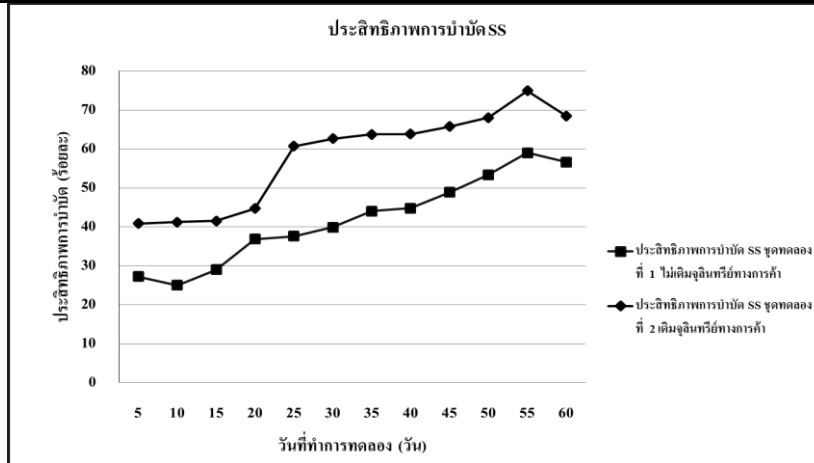
ที่มา: จากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ในประกาศราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 113 ตอนที่ 52ง วันที่ 27 มิถุนายน 2539



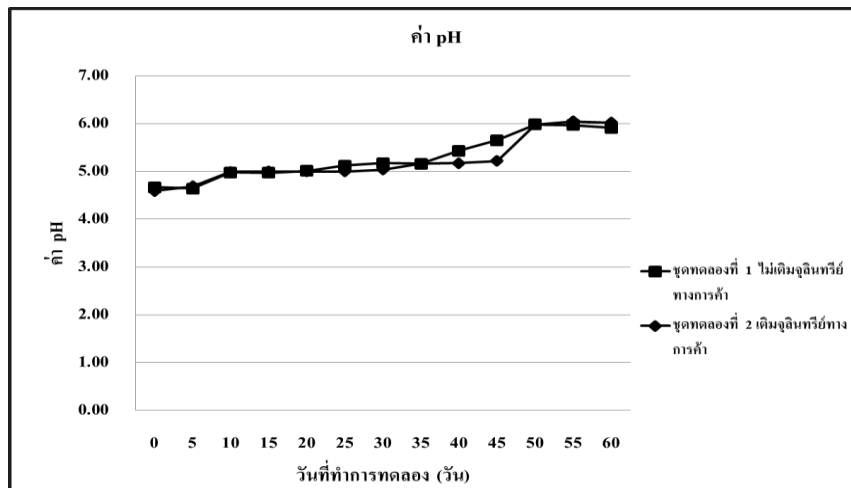
ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัด BOD



ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัด COD



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัด SS



ภาพที่ 4 ค่า pH ของน้ำเสียในถังกรองไร้อากาศ