

# การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศและ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

## Microplastic Contamination of Aerated Lagoon Wastewater Treatment and Stabilization Pond Wastewater Treatment

ธนกาญจน์ ไพศาลพงศ์\*, สุนันtha เลาววันศิริ\*\*<sup>a</sup>, จุฑามาส แก้วสุข\*\*\*<sup>b</sup>

\*นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

\*\*สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

\*\*\*สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการภัยพิบัติ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี

<sup>a</sup>ผู้รับผิดชอบบทความ (e-mail: sunantha.l@msu.ac.th)

Tanakarn Paisanpong\*, Sunantha Laowansiri\*\*<sup>a</sup>, Jutamas Kaewsuk\*\*\*<sup>b</sup>

\*Master Student of M.Sc. Program in M.Sc. Sustainable Environmental Management,

Faculty of Environmental and Resource Studies, Mahasarakham University

\*\*Department of Sustainable Environmental Management, Faculty of Environmental and

Resource Studies, Mahasarakham University

\*\*\*Department of Environmental Engineering and Disaster Management,

Mahidol University Kanchanaburi Campus

<sup>a</sup>Corresponding author's e-mail: sunantha.l@msu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน 2 แห่ง คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) เทศบาลนครขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) เทศบาลนครอุดรธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ มีประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกในน้ำเสียเท่ากับ 84.35% และสารพอลิเมอร์ที่พบมากที่สุด คือ polypropylene เท่ากับ 62% ในขณะที่ตัวอย่างตะกอนพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกจากบ่อเติมอากาศมาจนถึงบ่อตกตะกอน เท่ากับ 39.3% และพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติก polypropylene พบมากที่สุดเท่ากับ 64% ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรมีประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกในน้ำเสีย เท่ากับ 77% และสารพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด คือ polypropylene เท่ากับ 64% ในขณะที่ตัวอย่างตะกอนพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกจากบ่อหมักถึงบ่อฝัง เท่ากับ 29.30% และสารพอลิเมอร์ polypropylene

พบมากที่สุดเท่ากับ 81% เมื่อเปรียบเทียบจำนวนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเสียทั้ง 2 ระบบที่อัตราการไหลน้ำเสีย 35,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน พบว่าจำนวนไมโครพลาสติกที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย, การบำบัดไมโครพลาสติก และการปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อมของทั้ง 2 ระบบมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเต็มอากาศมีระยะเวลา 7 วัน และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรมีระยะเวลากักน้ำเสีย 15 วัน จึงอนุมานได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเต็มอากาศสามารถบำบัดไมโครพลาสติกในน้ำเสียได้ดีกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

**คำสำคัญ :** ไมโครพลาสติก, ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเต็มอากาศ, ระบบน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร, น้ำเสียชุมชน

### Abstract

This research aim to study the microplastic contamination in both municipal wastewater treatment were the Aerated Lagoon wastewater treatment of Khon Kaen Municipality, Muang District, Khon Kaen Province, and the Stabilization Pond wastewater treatment of Udon Thani Municipality, Muang District, Udon Thani Province. The Aerated Lagoon wastewater treatment has a microplastic treatment efficiency in wastewater as 84.35% and the most polymer of microplastic as polypropylene was 62%. Meanwhile, the sludge samples showed that the microplastic treatment efficiency in the sludge from the aeration pond to the sedimentation pond was 39.3% and the most polymer of microplastic as polypropylene was 64%. The Stabilization Pond wastewater treatment has a microplastic treatment efficiency in wastewater of 77% and the most polymer of microplastic as polypropylene was 64%. Meanwhile, the sludge samples showed that the microplastic treatment efficiency in the sludge from the fermentation pond to the facultative pond was 29.30% and the most polymer of microplastic as polypropylene was 81%. Comparative the number of microplastic in both wastewater treatment at flow rate of 35,000 m<sup>3</sup>/day showed that microplastic at influent wastewater treatment, microplastic treatment and microplastic contamination to the environment for both systems are approximately related. However, the hydraulic retention time in the Aerated Lagoon wastewater treatment was 7 days and the hydraulic retention time in the Stabilization Pond wastewater

treatment was 15 days. Therefore, it was assumed that the Aerated Lagoon wastewater treatment was able to microplastic removal in wastewater better than the Stabilization Pond wastewater treatment.

**Keyword :** Microplastic, Aerated Lagoon, Stabilization Pond, Municipal Wastewater

## บทนำ

จากสถานการณ์การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเป็นปัญหาใหม่ที่มีผู้คนให้ความสนใจและมีการศึกษาเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำจืด โดยมีรายงานการสำรวจจากต้นน้ำไปสู่ปลายน้ำพบว่ามีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกอย่างมากบริเวณปลายน้ำ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของประชากรที่อาศัยอยู่ตามลำน้ำอย่างหนาแน่นและมีเขตอุตสาหกรรมที่ปล่อยน้ำทิ้งและขยะพลาสติกลงสู่แม่น้ำ<sup>1</sup> เมื่อประชากรในชุมชนปล่อยน้ำเสียลงสู่ระบายน้ำ เช่น น้ำทิ้งจากการซักผ้า จากการชำระล้าง ถูกส่งต่อเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียระบบต่าง ๆ จึงทำให้เกิดสะสมของไมโครพลาสติก<sup>2</sup> เนื่องจากน้ำเสียชุมชนเป็นอีกหนึ่งแหล่ง ที่พบว่ามีรวบรวมน้ำเสียที่ปนเปื้อนไมโครพลาสติกจากชุมชนและปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วลงสู่ธรรมชาติ เมื่อสิ่งแวดล้อมมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกทั้งในแหล่งน้ำและผิวดินไม่ว่าจะเป็นพื้นที่การเกษตรและแหล่งชุมชนรวมถึงสิ่งมีชีวิตที่ได้รับผลกระทบไมโครพลาสติกอาจส่งผลร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ เนื่องจากไมโครพลาสติกสามารถดูดซับสารพิษชนิดอื่นที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้ เช่น โลหะหนักหรือสารอินทรีย์ที่ตกค้างอยู่ยาวนาน (Persistent organic pollutants; POPs) เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้จะก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพแบบเรื้อรัง ส่งผลต่อ

ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อ การเปลี่ยนแปลงของยีนและเป็นสารก่อมะเร็ง<sup>3</sup> และเมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายทำให้ยับยั้งกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น การสะสมไมโครพลาสติกรูปร่างแหลมคมในตัวเคยอาร์กติกทำให้เกิดแผลในระบบย่อยอาหาร<sup>4</sup> รวมถึงลดประสิทธิภาพฮอร์โมนของระบบสืบพันธุ์<sup>5</sup> ทั้งนี้จากสถานการณ์ในปัจจุบันประเทศไทยมีการศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม น้ำผิวดิน<sup>6</sup> และในสิ่งมีชีวิต เช่น พบไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา 78.04 ชิ้น/ตัว ในเขตอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม<sup>7</sup> นอกจากนี้ยังพบไมโครพลาสติกในหอยสองฝา 2 ชนิด คือ หอยเสียบและหอยกระปุก บริเวณหาดเจ้าหลาวและหาดคึกวิมาน จ.จันทบุรี<sup>8</sup> แต่ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียจากงานวิจัยของ Magnusson & Norén (2014)<sup>9</sup> ได้ศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียแห่งหนึ่งในเมือง Lysekil ของประเทศสวีเดน โดยเก็บตัวอย่างน้ำก่อนการบำบัด กากตะกอน และตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัด ผลการศึกษาพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียสามารถกำจัดไมโครพลาสติกได้ถึง 99.9%

การศึกษครั้งนี้เป็นการศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวนไมโครพลาสติกและสารพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนและ

ประเมินปริมาณไมโครพลาสติกที่ถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมเมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (Aerated lagoon) และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาจำนวนไมโครพลาสติกและสารพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

2. เพื่อประเมินปริมาณไมโครพลาสติกที่ถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

## พื้นที่การศึกษา

ศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนระบบแบบสระเติมอากาศ เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น และระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนระบบแบบบ่อปรับเสถียร เทศบาลนครอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

## วิธีการศึกษา

### การเก็บตัวอย่าง

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ เก็บตัวอย่างน้ำเสีย ได้แก่ จุดน้ำเข้า บ่อเติมอากาศ บ่อตกตะกอน และจุดน้ำออก เก็บตัวอย่างตะกอน ได้แก่ บ่อเติมอากาศ และบ่อตกตะกอน ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ได้แก่ จุดน้ำเข้า บ่อหมัก บ่อฝักร บ่อบ่ม และจุดน้ำออก เก็บตัวอย่างตะกอน ได้แก่ บ่อหมักและบ่อฝักร โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบกระจายทั่วบ่อ เก็บตัวอย่าง

บ่อละ 5 จุด ๆ ละ 1 ลิตร แล้วนำแต่ละจุดมาผสมรวมกันและวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเสีย 3 ซ้ำ (ตัวอย่างน้ำเสียปริมาตร 1 ลิตรต่อ 1 ซ้ำ) และเก็บตัวอย่างตะกอนแบบกระจายทั่วบ่อเก็บตัวอย่างบ่อละ 5 จุด ๆ ละ 1 กิโลกรัม แล้วนำแต่ละจุดมาผสมรวมกันและวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในตัวอย่างตะกอน 3 ซ้ำ (ตัวอย่างดินตะกอน 1 กิโลกรัมต่อ 1 ซ้ำ) ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน ระหว่างมิถุนายน พ.ศ. 2563 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2563

### การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างน้ำ โดยนำมากรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว GF/C ขนาดรูพรุน  $0.45\ \mu\text{m}$  จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ  $65^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 4 ชม. และนำไปวิเคราะห์หาจำนวนไมโครพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Stereo Microscope ยี่ห้อ ZEISS รุ่น Zeiss Stemi 305 Stand K Lab โดยเชื่อมกับกล้องยี่ห้อ Cannon รุ่น EOS 800D โดยใช้โปรแกรม EOS Utility 3.12.1 แสดงภาพ Live view โดยใช้กำลังขยายตั้งแต่ 0.8-5.0 เท่า และวิเคราะห์ชนิดสารพอลิเมอร์ด้วยเครื่องมือ Microscope ATR Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Spotlight 200i ที่ช่วงเลขคลื่น  $400\text{-}4000\ \text{cm}^{-1}$

การเตรียมตัวอย่างตะกอนโดยใส่ตะกอนเปียก 1 กก. และสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว (NaCl) ปริมาตร 600 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 2,000 มล. เขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 นาที และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ให้ตกตะกอนหลังจากนั้นนำน้ำส่วนใสไปกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว GF/C ขนาดรูพรุน  $0.45\ \mu\text{m}$  จากนั้นนำกระดาษกรอง

ไปอบที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 4 ชม. ตามวิธีของ Masura และคณะ (2015)<sup>10</sup> จากนั้นนำตะกอนที่เหลือมาเติมโซเดียมไอโอดด์ (NaI) ความเข้มข้นร้อยละ 60 ลงไป ¼ ของขวดนำไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ให้ตกตะกอนและนำน้ำส่วนใสไปกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว GF/C ขนาดรูพรุน 0.45 µm จากนั้นนำกระดาษไปอบที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 4 ชม. และนำกระดาษกรองที่ผ่านการอบให้แห้งแล้วไปวิเคราะห์ลักษณะไมโครพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Stereo Microscope ยี่ห้อ ZEISS รุ่น Zeiss Stemi 305 Stand K Lab โดยเชื่อมต่อกับกล้องยี่ห้อ Cannon รุ่น EOS 800D โดยใช้โปรแกรม EOS Utility 3.12.1 โดยใช้กำลังขยายตั้งแต่ 0.8-5.0 เท่า ตามวิธีของ Löder และ Gerdts (2016)<sup>11</sup> และวิเคราะห์ชนิดสารพอลิเมอร์ด้วย Microscope ATR Fourier-Transform Infrared Spectroscopy ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Spotlight 200i ที่ช่วงเลขคลื่น 400-4000 cm<sup>-1</sup>

## การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างของจำนวนไมโครพลาสติกและสารพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเสียและตัวอย่างตะกอนในแต่ละกลุ่มมี 3 ซ้ำ และเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง โดยวิเคราะห์ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย เปอร์เซนต์ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้ การศึกษาจำนวนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเสียใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

แบบตัวแปรเดียว (Univariate Analysis) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparisons) การเปรียบเทียบรายคู่ของค่าเฉลี่ย (Duncan) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และการวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษจำนวนไมโครพลาสติกในตัวอย่างตะกอนจะวิเคราะห์โดยใช้วิธีการ Paired samples t-test

## ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนของไมโครพลาสติกจากตัวอย่างน้ำเสียและตัวอย่างตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร ผลการศึกษจำนวนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ พบว่าจุดน้ำเข้าและบ่อเติมอากาศพบไมโครพลาสติก 9.58±7.36 ชิ้น/ลิตร และ 5.00±2.11 ชิ้น/ลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพกำจัดไมโครพลาสติกเท่ากับ 47.9% (ภาพที่ 1) เนื่องจากบ่อเติมอากาศมีระยะเวลาเก็บน้ำไว้ในบ่ออาจทำให้ไมโครพลาสติกตกตะกอนภายในบ่อเติมอากาศ บ่อตกตะกอนพบไมโครพลาสติก 2.83±1.48 ชิ้น/ลิตร ประสิทธิภาพกำจัดไมโครพลาสติกจากบ่อเติมอากาศถึงบ่อตกตะกอนเท่ากับ 43.3% (ภาพที่ 1) และจุดน้ำออกจะพบไมโครพลาสติก 1.50±1.00 ชิ้น/ลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดจากบ่อตกตะกอนถึงจุดน้ำออกเท่ากับ 47.1% (ภาพที่ 1) เมื่อรวบรวมงานวิจัยของ Fuller และ Gautam (2016)<sup>12</sup> พบว่าการบำบัดไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียระบบต่าง ๆ มีประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติก

ได้ถึง 47%-99.9% ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบบำบัดไมโครพลาสติกในระบบบำบัดแบบสระเติมอากาศพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกโดยรวมเท่ากับ 84.35% อาจเนื่องจากระบบบำบัดแบบสระเติมอากาศมีเวลากักเก็บน้ำอยู่ที่ 7 วัน<sup>13</sup> ในการกักเก็บน้ำเสียไว้ในบ่อและการเติมอากาศช่วยเร่งให้เกิดการตกตะกอนของไมโครพลาสติกที่ยิ่งขึ้น จึงอาจทำให้ไมโครพลาสติกสามารถตกตะกอนภายในบ่อเติมอากาศได้ดีกว่าบ่อตกตะกอน ทั้งนี้ปัจจัยในการตกตะกอนของไมโครพลาสติก เช่น แรงโน้มถ่วง ความหนาแน่นของสารพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกทำให้เกิดการตกตะกอนของไมโครพลาสติกได้เร็วขึ้น ส่งผลให้จำนวนไมโครพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่จำนวนไมโครพลาสติกในตัวอย่างตะกอนพบว่าบ่อเติมอากาศและบ่อตกตะกอนมีจำนวนไมโครพลาสติกเท่ากับ  $35.86 \pm 30.95$  ชิ้น/กิโลกรัม และ  $21.77 \pm 19.78$  ชิ้น/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 39.3% (ภาพที่ 1) เนื่องจากไมโครพลาสติกในน้ำเสียจากบ่อเติมอากาศจะเกิดการตกตะกอนภายในบ่ออยู่ก่อนแล้ว จึงทำให้ไมโครพลาสติกในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อเติมอากาศจะไหลมาสู่บ่อตกตะกอนนั้นมีจำนวนลดลงเมื่อเกิดการตกตะกอนจึงทำให้ไมโครพลาสติกจากบ่อตกตะกอนมีจำนวนลดลงไปด้วย อย่างไรก็ตามการบำบัดไมโครพลาสติกสามารถบำบัดได้ส่วนหนึ่งแต่ก็ยังมียังไมโครพลาสติกจำนวนมากที่ถูกปล่อยออกมาพร้อมกับน้ำทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมทางน้ำในทุก ๆ วัน<sup>14</sup>

จำนวนไมโครพลาสติกจากตัวอย่างน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) พบว่าจุดน้ำเข้าระบบและบ่อหมักมีจำนวนไมโครพลาสติก  $8.50 \pm 1.99$  ชิ้น/ลิตร และ

$5.33 \pm 1.83$  ชิ้น/ลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 37.25% (ภาพที่ 1) บ่อฝักรับน้ำมีจำนวนไมโครพลาสติก  $3.58 \pm 1.00$  ชิ้น/ลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดจากบ่อหมักจนถึงบ่อฝักรับน้ำเท่ากับ 32.81% (ภาพที่ 1) บ่อบ่มมีจำนวนไมโครพลาสติก  $2.50 \pm 1.45$  ชิ้น/ลิตร มีประสิทธิภาพการบำบัดจากบ่อฝักรับน้ำถึงบ่อบ่มเท่ากับ 30.23% (ภาพที่ 1) และจุดน้ำออกจากระบบพบจำนวนไมโครพลาสติก  $1.92 \pm 0.69$  ชิ้น/ลิตร โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดจากบ่อบ่มถึงจุดน้ำออกจากระบบเท่ากับ 23.33% (ภาพที่ 1) ประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกโดยรวมจากจุดน้ำเข้าระบบมาจนถึงจุดน้ำออกจากระบบเท่ากับ 77% อาจเกิดจากระบบแบบบ่อปรับเสถียรนี้มีการกักเก็บน้ำอยู่ที่ 15 วัน<sup>13</sup> จึงทำให้ไมโครพลาสติกมีเวลาในการตกตะกอนโดยมีปัจจัยในการตกตะกอน เช่น แรงโน้มถ่วง ความหนาแน่นของสารพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกทำให้เกิดการตกตะกอนของไมโครพลาสติกได้ จึงทำให้จำนวนไมโครพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่จำนวนไมโครพลาสติกในตัวอย่างตะกอน พบว่าจุดเก็บตัวอย่างบ่อหมัก และจุดบ่อฝักรับน้ำ พบจำนวนไมโครพลาสติกเท่ากับ  $37.14 \pm 15.86$  ชิ้น/กิโลกรัม และ  $26.25 \pm 13.77$  ชิ้น/กิโลกรัม ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 29.30% (ดังภาพที่ 1) ทั้งนี้หากมีการขุดลอกตะกอนเพื่อนำไปกำจัด เช่น การนำไปฝังกลบ การเผา และการใช้ประโยชน์โดยใช้ในการเพาะปลูก อาจเป็นสาเหตุหลักในการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อมผิวดินได้<sup>15</sup>

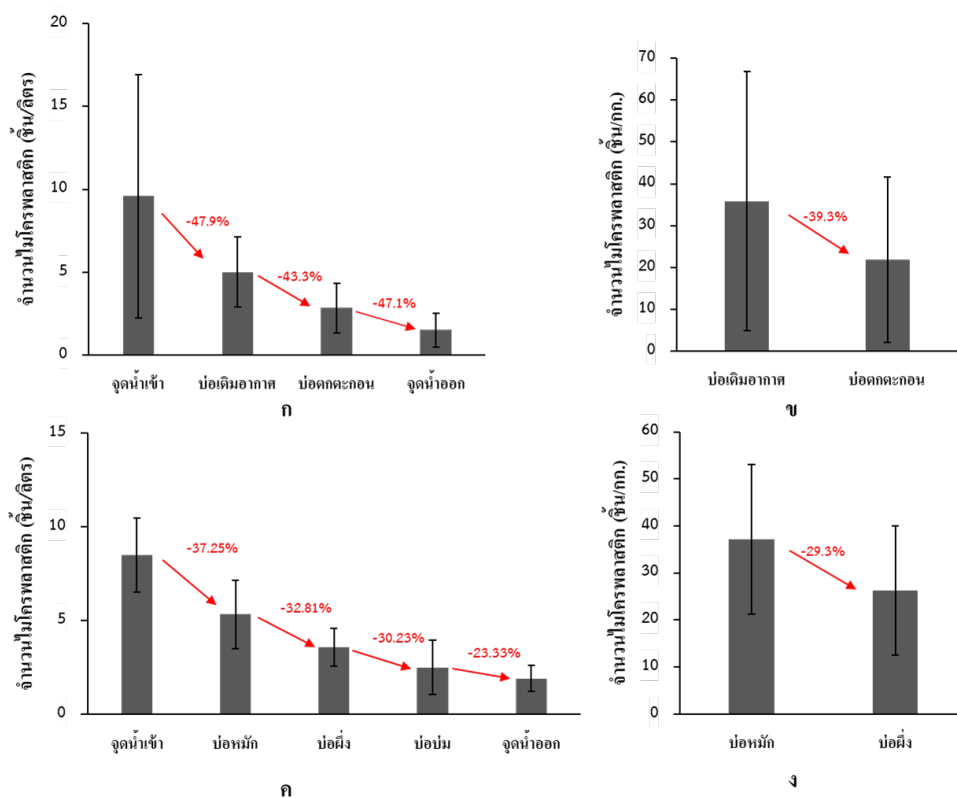
**ตารางที่ 1** จำนวนของไมโครพลาสติกจากตัวอย่างน้ำและตัวอย่างตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบสระเติมอากาศ		จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบบ่อปรับเสถียร	
	ค่าเฉลี่ย	SD.		ค่าเฉลี่ย	SD.
	(ชิ้น/ลิตร)	(ชิ้น/ลิตร)		(ชิ้น/ลิตร)	(ชิ้น/ลิตร)
จุดน้ำเข้า	9.58 <sup>a</sup>	7.36	จุดน้ำเข้า	8.50 <sup>a</sup>	1.99
บ่อเติมอากาศ	5.00 <sup>b</sup>	2.11	บ่อหมัก	5.33 <sup>b</sup>	1.83
บ่อตกตะกอน	2.83 <sup>c</sup>	1.48	บ่อผึ่ง	3.58 <sup>c</sup>	1.00
จุดน้ำออก	1.50 <sup>c</sup>	1.00	บ่อบ่ม	2.50 <sup>c</sup>	1.45
			จุดน้ำออก	1.92 <sup>c</sup>	0.69
จุดเก็บตัวอย่างตะกอน	ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบสระเติมอากาศ		จุดเก็บตัวอย่างตะกอน	ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบบ่อปรับเสถียร	
	ค่าเฉลี่ย	SD.		ค่าเฉลี่ย	SD.
	(ชิ้น/ลิตร)	(ชิ้น/ลิตร)		(ชิ้น/ลิตร)	(ชิ้น/ลิตร)
บ่อเติมอากาศ	35.86 <sup>a</sup>	30.95	บ่อหมัก	37.14 <sup>a</sup>	15.86
บ่อตกตะกอน	21.77 <sup>b</sup>	19.78	บ่อผึ่ง	26.25 <sup>b</sup>	13.77

**หมายเหตุ :** a, b และ c หมายถึงกลุ่มตัวอย่างของค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ( $\alpha = 0.05$ )

ตารางที่ 2 แสดงพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกจากตัวอย่างน้ำเสียและตัวอย่างตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร ผลการศึกษาในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศพบว่าจุดเก็บตัวอย่างจุดน้ำเข้าระบบพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 4.75 ชิ้น/ลิตร (50%) และพบ Acetate fiber น้อยที่สุดเท่ากับ 0.33 ชิ้น/ลิตร (4%) บ่อเติมอากาศพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 3.08 ชิ้น/ลิตร (62%) พบ Polyethylene น้อยที่สุดเท่ากับ 0.17 ชิ้น/ลิตร (3%) บ่อตกตะกอนพบ

Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 2.75 ชิ้น/ลิตร (92%) และพบ Acetate fiber น้อยที่สุด เท่ากับ 0.08 ชิ้น/ลิตร (3%) จุดน้ำออกพบ Polypropylene มากที่สุด เท่ากับ 1.17 ชิ้น/ลิตร (78%) และพบ Polyethylene น้อยที่สุดเท่ากับ 0.06 ชิ้น/ลิตร (6%) ในขณะการศึกษาชนิดสารพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกในตัวอย่างตะกอน พบว่าบ่อเติมอากาศพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 22.41 ชิ้น/กิโลกรัม (63%) และพบ Acetate fiber น้อยที่สุด เท่ากับ 1.92 ชิ้น/กิโลกรัม (5%) ในขณะที่จุดบ่ตกตะกอนพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ



**ภาพที่ 1** การลดลงของจำนวนไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ในตัวอย่างน้ำ (ก) และตัวอย่างตะกอน (ข) การลดลงของจำนวนไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) ในตัวอย่างน้ำ (ค) และตัวอย่างตะกอน (ง)

14.73 ชิ้น/กิโลกรัม (68%) และพบ Polyethylene น้อยที่สุดเท่ากับ 0.64 ชิ้น/กิโลกรัม (3%)

ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร จุดน้ำเข้าระบบพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 6.33 ชิ้น/ลิตร (75%) และพบ Acetate fiber น้อยที่สุดเท่ากับ 0.25 ชิ้น/ลิตร (3%) บ่อหมักพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 3.58 ชิ้น/ลิตร (67%) และพบ Polyethylene น้อยที่สุดเท่ากับ 0.08 ชิ้น/ลิตร (2%) บ่อฝั่มพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 2.33 ชิ้น/ลิตร (65%) และพบ Polyethylene น้อยที่สุดเท่ากับ 0.08 ชิ้น/ลิตร (2%) บ่อบ่มพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 2.00 ชิ้น/ลิตร (83%) และพบ Polyester น้อยที่สุด

เท่ากับ 0.08 ชิ้น/ลิตร (3%) จุดน้ำออกจากระบบพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 0.92 ชิ้น/ลิตร (48%) และพบ Acetate fiber น้อยที่สุดเท่ากับ 0.17 ชิ้น/ลิตร (9%) ในขณะการศึกษาชนิดสารพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกในตัวอย่างตะกอนพบว่าบ่อหมักพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 27.53 ชิ้น/กิโลกรัม (74%) และพบ Acetate fiber น้อยที่สุดเท่ากับ 1.28 ชิ้น/กิโลกรัม (3%) บ่อฝั่มพบ Polypropylene มากที่สุดเท่ากับ 19.21 ชิ้น/กิโลกรัม (73%) และพบ Polyethylene และ Acetate fiber พบเท่ากันเท่ากับ 0.64 ชิ้น/กิโลกรัม (2%) ซึ่งสารพอลิเมอร์ Polypropylene, Polyvinyl chloride และ Polyethylene นั้นมีต้นกำเนิด

จากผลิตภัณฑ์พลาสติก ได้แก่ ถุงบรรจุอาหาร ขวด หรือฟลายพลาสติกและซีสันส้อมพลาสติก<sup>16</sup> ส่วน Polyester มาจากผลิตภัณฑ์สิ่งทอและเสื้อผ้าใยสังเคราะห์ซึ่งเป็นที่มาหลักของไมโครพลาสติกในครัวเรือน<sup>17</sup> นอกจากนี้ยังพบ Acetate fiber ซึ่งเป็นเส้นใยสังเคราะห์จากธรรมชาติโดยใช้เซลลูโลส เช่น ฝ้าย ลำต้นของต้นไม้ เป็นต้น<sup>18</sup>

**ตารางที่ 2** พอลิเมอร์ไมโครพลาสติกจากตัวอย่างน้ำเสียและตัวอย่างตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

ตัวอย่างน้ำ	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ				ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร				
ชนิดพอลิเมอร์	จุดน้ำ เข้า (ขึ้น/ ลิตร)	บ่อเติม อากาศ (ขึ้น/ ลิตร)	บ่อตก ตะกอน (ขึ้น/ ลิตร)	จุดน้ำ ออก (ขึ้น/ ลิตร)	จุดน้ำ เข้า (ขึ้น/ ลิตร)	บ่อ หมัก (ขึ้น/ ลิตร)	บ่อ ฝิ่ง (ขึ้น/ ลิตร)	บ่อ บ่ม (ขึ้น/ ลิตร)	จุดน้ำ ออก (ขึ้น/ ลิตร)
Polyvinyl chloride	2.25	1.17	0.00	0.17	0.67	0.58	0.67	0.00	0.50
Polypropylene	4.75	3.08	2.75	1.17	6.33	3.58	2.33	2.00	0.92
Polyethylene	1.00	0.17	0.00	0.06	0.83	0.08	0.08	0.33	0.00
Acetate fiber	0.33	0.25	0.08	0.00	0.25	0.58	0.25	0.00	0.17
Polyester	1.17	0.33	0.17	0.08	0.42	0.50	0.25	0.08	0.33
ตัวอย่างตะกอน	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ				ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร				
ชนิดพอลิเมอร์	บ่อเติมอากาศ (ขึ้น/กก.)		บ่อตกตะกอน (ขึ้น/กก.)		บ่อหมัก (ขึ้น/กก.)		บ่อฝิ่ง (ขึ้น/กก.)		
Polyvinyl chloride	3.84		2.56		3.84		2.56		
Polypropylene	22.41		14.73		27.53		19.21		
Polyethylene	5.12		0.64		1.92		0.64		
Acetate fiber	1.92		3.84		1.28		0.64		
Polyester	2.56		0.00		2.56		3.20		

ตารางที่ 3 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศและระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรและการปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม โดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศมีอัตราการไหลของน้ำเสีย 35,000 ลบ.ม./วัน พบว่าจำนวนไมโครพลาสติกที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (จุดน้ำเข้า) เท่ากับ  $3,353 \times 10^5 \pm 2,576 \times 10^5$  ชิ้น/วัน โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.2 ค่าบีโอดี เท่ากับ 16.1 มก./ล. และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เท่ากับ 521 มก./ล. มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม (จุดน้ำออก) เท่ากับ  $525 \times 10^5 \pm 350 \times 10^5$  ชิ้น/วัน โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.68 ค่าบีโอดี เท่ากับ 9.9 มก./ล. และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เท่ากับ 351 มก./ล. แสดงว่ามีไมโครพลาสติกจำนวนมากที่ปนเปื้อนออกมาพร้อมกับน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วลงสู่แม่น้ำธรรมชาติจำนวนมากในทุก ๆ วัน โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติก (การกำจัดไมโครพลาสติก) เท่ากับ  $2,828 \times 10^5 \pm 2,226 \times 10^5$  ชิ้น/วัน ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรมีอัตราการไหลของน้ำเสีย 11,600 ลบ.ม./วัน พบว่ามีจำนวนไมโครพลาสติกที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (จุดน้ำเข้า) เท่ากับ  $986 \times 10^5 \pm 230.84 \times 10^5$  ชิ้น/วัน โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.9 ค่าบีโอดี เท่ากับ 15.6 มก./ล. และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เท่ากับ 586 มก./ล. มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม (จุดน้ำออก) เท่ากับ  $222.72 \times 10^5 \pm 80.04 \times 10^5$  ชิ้น/วัน โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 8.4 ค่าบีโอดี เท่ากับ 10.8 มก./ล. และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด 377 มก./ล. แสดงว่ามีไมโครพลาสติกจำนวนมากที่ปนเปื้อนออกมา

พร้อมกับน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วลงสู่แม่น้ำตามธรรมชาติ ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกเท่ากับ  $763.28 \times 10^5 \pm 150.80 \times 10^5$  ชิ้น/วัน ซึ่งไมโครพลาสติกที่ถูกกำจัดออกจากน้ำเสียโดยการตกตะกอนของไมโครพลาสติกภายในบ่อ ทั้งนี้การกำจัดตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียด้วยการฝังกลบอาจเป็นอีกหนึ่งสาเหตุของการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมผิวดิน แม้ว่าระบบบำบัดจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติกออกจากน้ำส่วนใหญ่ แต่ยังคงมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งอยู่จำนวนมากนำไปสู่การปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทางน้ำตามธรรมชาติ และสิ่งมีชีวิตก่อให้เกิดผลกระทบจากไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากไมโครพลาสติกสามารถดูดซับสารพิษจึงเป็นตัวกลางนำสารพิษเข้าสู่ร่างกาย เช่น สารอินทรีย์ที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม<sup>19</sup> อาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง นอกจากนี้สาร Bisphenol A (BPA) เป็นส่วนประกอบของพลาสติกอาจทำให้ส่งผลกระทบต่อการทำงานของต่อมไร้ท่อ มีผลกระทบกับฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญของเนื้อเยื่อต่าง ๆ และมีผลกระทบให้เพศชายเสื่อมสมรรถภาพทางเพศ<sup>20</sup> เมื่อเปรียบเทียบจำนวนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศและระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรที่อัตราการไหลของน้ำเสีย 35,000 ลบ.ม./วัน เท่ากัน พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศมีจำนวนไมโครพลาสติกเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเท่ากับ  $3,353 \times 10^5 \pm 2,576 \times 10^5$  ชิ้น/วัน มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อมเท่ากับ  $525 \times 10^5 \pm 350 \times 10^5$  ชิ้น/วัน มีประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกเท่ากับ  $2,828 \times 10^5 \pm 2,226 \times 10^5$  ชิ้น/วัน ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรมีจำนวนไมโครพลาสติกเข้าสู่ระบบบำบัดเท่ากับ

$2,975 \times 10^5 \pm 696.50 \times 10^5$  ขึ้น/วัน มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อมเท่ากับ  $672 \times 10^5 \pm 241.50 \times 10^5$  ขึ้น/วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกเท่ากับ  $2,303 \times 10^5 \pm 455.00 \times 10^5$  ขึ้น/วัน พบว่าจำนวนไมโครพลาสติกเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย การปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม และการบำบัดไมโครพลาสติกของระบบบำบัดน้ำเสีย

ทั้ง 2 ระบบมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศมีเวลาเก็บกักน้ำเสีย 7 วัน และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร มีเวลาเก็บกักน้ำเสีย 15 วัน จึงอนุมานได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศสามารถบำบัดไมโครพลาสติกในน้ำเสียได้ดีกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

**ตารางที่ 3** ประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศและระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร และการปนเปื้อนไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม

จำนวนขึ้นไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ			
ตัวอย่างน้ำ	น้ำเสีย 1 ลิตร	น้ำเสีย 35,000 ลบ.ม./วัน (จริง)	น้ำเสีย 35,000 ลบ.ม./วัน
จุดน้ำเข้า	$9.58 \pm 7.36$ ขึ้น/ลิตร	$3,353 \times 10^5 \pm 2,576 \times 10^5$ ขึ้น/วัน	$3,353 \times 10^5 \pm 2,576 \times 10^5$ ขึ้น/วัน
จุดน้ำออก	$1.50 \pm 1.00$ ขึ้น/ลิตร	$525 \times 10^5 \pm 350 \times 10^5$ ขึ้น/วัน	$525 \times 10^5 \pm 350 \times 10^5$ ขึ้น/วัน
การกำจัดไมโครพลาสติก	$8.08 \pm 6.36$ ขึ้น/ลิตร	$2,828 \times 10^5 \pm 2,226 \times 10^5$ ขึ้น/วัน	$2,828 \times 10^5 \pm 2,226 \times 10^5$ ขึ้น/วัน
จำนวนขึ้นไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร			
ตัวอย่างน้ำ	น้ำเสีย 1 ลิตร	น้ำเสีย 11,600 ลบ.ม./วัน (จริง)	น้ำเสีย 35,000 ลบ.ม./วัน
จุดน้ำเข้า	$8.50 \pm 1.99$ ขึ้น/ลิตร	$986 \times 10^5 \pm 230.84 \times 10^5$ ขึ้น/วัน	$2,975 \times 10^5 \pm 696.50 \times 10^5$ ขึ้น/วัน
จุดน้ำออก	$1.92 \pm 0.69$ ขึ้น/ลิตร	$222.72 \times 10^5 \pm 80.04 \times 10^5$ ขึ้น/วัน	$672 \times 10^5 \pm 241.50 \times 10^5$ ขึ้น/วัน
การกำจัดไมโครพลาสติก	$6.58 \pm 1.30$ ขึ้น/ลิตร	$763.28 \times 10^5 \pm 150.80 \times 10^5$ ขึ้น/วัน	$2,303 \times 10^5 \pm 455.00 \times 10^5$ ขึ้น/วัน

## สรุปผลการศึกษา

1. การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ พบว่าสามารถบำบัดไมโครพลาสติกเท่ากับ 84.35% ในขณะที่ตัวอย่างตะกอน พบว่ามีจำนวนไมโครพลาสติกลดลงจากบ่อเติมอากาศถึงบ่อตกตะกอนเท่ากับ 39.3% เนื่องจากการกักเก็บน้ำเสียไว้ในบ่อและการเติมอากาศช่วยเร่งให้เกิดการตกตะกอนของไมโครพลาสติกดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ยังมีปัจจัย เช่น ความหนาแน่น แรงโน้มถ่วง จึงทำให้เกิดการบำบัดไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสีย

2. การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร พบว่าสามารถบำบัดไมโครพลาสติกเท่ากับ 77% ในขณะที่ตัวอย่างตะกอน พบว่ามีการลดลงของจำนวนไมโครพลาสติกจากบ่อหมักถึงบ่อฝังเท่ากับ 29.30% เนื่องจากไมโครพลาสติกสามารถตกตะกอนได้จากปัจจัย เช่น ความหนาแน่น แรงโน้มถ่วง จึงทำให้เกิดการบำบัดไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสีย

3. ชนิดสารพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเสียและตัวอย่างตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศพบสารพอลิเมอร์ 5 ชนิด โดยพบ Polypropylene ในตัวอย่างน้ำเสียมากที่สุด (62%) และตัวอย่างตะกอนพบ Polypropylene มากที่สุด (64%) เนื่องจากเป็นวัสดุติดที่ใช้ขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติก

4. ชนิดสารพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำและตัวอย่างตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรพบสารพอลิเมอร์ 5 ชนิด ซึ่งพบ Polypropylene มากที่สุด (64%) และตัวอย่างตะกอนพบ Polypropylene มากที่สุด (81%) เนื่องจากเป็นวัสดุติดที่ใช้ขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติก

5. เปรียบเทียบจำนวนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศและระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรที่อัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากัน พบว่ามีจำนวนไมโครพลาสติกออกสู่สิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบมีเวลาเก็บกักน้ำเสียต่างกัน จึงอนุมานได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศสามารถบำบัดไมโครพลาสติกในน้ำเสียได้ดีกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

## ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกควรเก็บตัวอย่างในทุกช่วงฤดู เนื่องจากอาจมีปัจจัยด้านสภาพอากาศปริมาณน้ำเสียในแต่ละฤดูที่อาจทำให้จำนวนไมโครพลาสติกมีความแปรปรวนได้

2. ควรมีการศึกษาแนวทางในการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดไมโครพลาสติกได้ดียิ่งขึ้น และแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อกำจัดไมโครพลาสติกในตะกอนจากระบบบำบัด

## เอกสารอ้างอิง

1. Shruti VC, Jonathan MP, Rodriguez-Espinosa PF, Rodríguez-González F. Microplastics in freshwater sediments of Atoyac River basin, Puebla City, Mexico. *Sci Total Environ.* 2019;654:154–63.
2. Liu W, Zhang J, Liu H, Guo X, Zhang X, Yao X, et al. A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants: Characteristics and mechanisms. *Environ Int.* 2021;146:

- 106277.
3. Ma Y, Huang A, Cao S, Sun F, Wang L, Guo H, et al. Effects of nanoplastics and microplastics on toxicity, bioaccumulation, and environmental fate of phenanthrene in fresh water. *Environ Pollut.* 2016;219: 166-73.
  4. Dawson AL, Kawaguchi S, King CK, Townsend KA, King R, Huston WM, et al. Turning microplastics into nanoplastics through digestive fragmentation by Antarctic krill. *Nat Commun.* 2018;9(1): 1-8.
  5. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. รายงานฉบับสมบูรณ์การสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติก โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน. 2557. 1-13 p.
  6. กนกวรรณ เนตรสิงแสง. การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินและปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. จังหวัดพิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2563.
  7. สมิตานัน หยงสตาร์. ขยะพลาสติก : นักวิจัยศูนย์ฯ ทะเล จ.ตรัง พบไมโครพลาสติกในกระเพาะปลา [อินเทอร์เน็ต]. BBC NEWS. 2019 [เข้าถึงเมื่อ 2021 Dec 3]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.bbc.com/thai/thailand-49671448>
  8. ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพรสานต์กุล, นภาพร เสียดประถม. การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้วิมาน จังหวัดจันทบุรี. *แก่นเกษตร.* 2559;44(1):738-44.
  9. Magnusson K, Norén F. Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant. *IVL Swedish Environ Res Inst.* 2014;C 55(C):22.
  10. Masura J, Baker J, Foster G, Arthur C. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment. *NOAA Mar Debris Progr Natl.* 2015;(July): 1-39.
  11. Löder MGJ, Gunnar G. Methodology Used for the Detection and Identification of Microplastics-A Critical Critical Appraisal. In: *Marine Anthropogenic Litter.* 2015. p. 9-14.
  12. Fuller S, Gautam A. A Procedure for Measuring Microplastics using Pressurized Fluid Extraction. *Environ Sci Technol.* 2016;50(11):5774-80.
  13. กรมควบคุมมลพิษ. น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร; 2545. 1-125 p.
  14. Bakaraki Turan N, Sari Erkan H, Onkal Engin G. Microplastics in wastewater treatment plants: Occurrence, fate and identification. *Process Saf Environ Prot.* 2021;146:77-84.
  15. Pollution Control Department (PCD). *Municipal Wastewater Treatment System Manual.* กรุงเทพมหานคร; 2017. 99 p.

16. Talvitie J, Mikola A, Koistinen A, Setälä O. Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Res.* 2017;123:401-7.
17. Long Z, Pan Z, Wang W, Ren J, Yu X, Lin L, et al. Microplastic abundance, characteristics, and removal in wastewater treatment plants in a coastal city of China. *Water Res.* 2019;155:255–65.
18. จิราพร เกิดแก้ว. การศึกษาผ้าชนิดต่าง ๆ ด้วยเทคนิค ATR-FTIR, TGA และ DSC เพื่อประโยชน์ทางนิติวิทยาศาสตร์. 2558.
19. เพ็ญศิริ เอกจิตต์, สิริวรรณ รวมแก้ว. ขยะไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดฝั่งตะวันตก จ.ภูเก็ต. *วารสารสิ่งแวดล้อม*. 2562;23(ฉบับที่ 2).
20. ชวิน รวิทิวากุล. อันตรายจากไมโครพลาสติก [อินเทอร์เน็ต]. HDmall. 2020 [เข้าถึงเมื่อ 2021 Nov 7]. เข้าถึงได้จาก: <https://hd.co.th/microplastic-effect-on-humans>