การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกในน้ำเสีย
Study the Micro Plastic Removal in Waste Water

นันทิรา วรกาญจนบุญ*
Nantira Vorakarnchanabun*
สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ*
Program in Safety Engineering, Faculty of Engineering
Suvarnabhumi Institute of Technology*

(Received: *February 28, 2020*; Revised: *April 17, 2020*; Accepted: *April 24, 2020*)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกในน้ำเสีย ด้วยสารตกตะกอนเฟอริกคลอไรด์ (Ferric Chloride) ในกระบวนการสร้างและรวมตะกอนโดยใช้เครื่อง Jar test ด้วยความเร็วรอบกวนเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที กวนช้า 30 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที และทิ้งไว้ 60 นาที ให้ตกตะกอน แล้ววิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดลงของไมโครพลาสติกจากปริมาณสารแขวนลอย (SS) และปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) พบว่า

เมื่อเติมสารตกตะกอนเฟอริกคลอไรด์ 5, 10, 15 และ 20 มิลลิลิตร ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีไมโครพลาสติกตั้งต้น 2 กรัม/ลิตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดปริมาณสารแขวนลอย (SS) เท่ากับ 57.1%, 71.4%, 85.7% และ 91.4% ตามลำดับ และประสิทธิภาพการลดปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) เท่ากับ 26.0%, 61.7%, 78.5% และ85.7% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก, น้ำเสีย, สารตกตะกอน, เฟอริกคลอไรด์

*ผู้ให้การติดต่อ (Corresponding e-mail: nantira.von@svit.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 087-1435087)

Abstract

This research was to study the efficiency of micro plastic removal in waste water using coagulants. The coagulants, ferric chloride (FeCl3), were used in jar tests as coagulation and flocculation process with 100 rpm rapid mixing for 10 minutes, then 30 rpm slow mixing for 20 minutes and settle for 60 minutes. It was then analyzing the efficiency of micro plastic removal by related Suspended Solids (SS) and Total Dissolved Solids (TDS).

It was found that the use of ferric chloride (FeCl3) in the amount of 5, 10, 15 and 20 ml in the synthetic waste water 2 g/L of micro plastic led to decrease the amount of Suspended Solids (SS) with 57.1%, 71.4%, 85.7% and 91.4% respectively. In addition, it helped to decrease the amount of Total Dissolved Solids (TDS) with 26.0%, 61.7%, 78.5% and 85.7% respectively.

Keywords: Micro Plastic, Waste Water, Coagulation, Ferric Chloride

บทนำ

ไมโครพลาสติกหรือพลาสติกขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร เป็นพลาสติกขนาดเล็กที่อยู่ในแหล่งน้ำ ไม่สามารถละลายน้ำได้ เป็นส่วนหนึ่งของสารละลายและสารแขวนลอยที่เป็นสาเหตุของปัญหาน้ำเน่าเสีย ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน้ำ

ไมโครพลาสติก เป็นผลิตภัณฑ์ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นมาจากโพลิเมอร์สังเคราะห์ เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ใช้ผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เม็ดสครับหรือเม็ดบีดส์ที่ใช้ในโฟมล้างหน้า สำหรับขัดและผลัดเซลล์ผิว หลังจากใช้งานแล้วก็จะถูกชะล้างปนเปื้อนในน้ำเสียชุมชน นอกจากนั้นก็ยังเกิดมาจากพลาสติกที่ใช้อยู่ทั่วไป เมื่อฉีกขาดแตกหักจนเป็นเศษพลาสติกขนาดเล็ก มีคุณสมบัติคงทนและไม่ย่อยสลายโดยง่าย จึงทำให้ไมโครพลาสติกคงอยู่ได้นาน สะสมและตกค้างในสิ่งแวดล้อม

ไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กมากยากต่อการกำจัด ประกอบกับมีคุณสมบัติที่คงสภาพ ย่อยสลายได้ยากจึงง่ายที่จะปนเปื้อน แพร่กระจาย สะสมและตกค้างในสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาปัญหาไมโครพลาสติกของสถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่งมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์พบว่าปัญหาใหญ่ คือ ปัญหาขยะพลาสติกที่รั่วไหลลงสู่ทะเลกำลังเป็นปัญหาสำคัญที่ทุกประเทศให้ความสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อขยะเหล่านั้นย่อยสลายเป็นไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองซึ่งในสิ่งแวดล้อมทางน้ำหากถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำ เมื่อไมโครพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำ แพลงก์ตอน กุ้ง หอย ปูปลา กินอาหารที่ปนเปื้อนไมโครพลาสติกเกิดการสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารและอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำต่าง ๆ มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ อันส่งผลต่อระบบห่วงโซ่อาหารของสิ่งชีวิต ซึ่งอาจส่งผลอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากไมโครพลาสติกเป็นพาหะ (Carrier) นำสารต่าง ๆ เข้าไปสู่ส่วนลึกของร่างกายหรือช่วยในการแพร่กระจายสารให้ทั่วร่างกาย โดยไมโครพลาสติกอาจเข้าไปขัดขวางการทำงานของต่อมไร้ท่อและมีแนวโน้มเป็นสารก่อมะเร็งได้ (นภาพร เลียดประถม, 2557)

ปัจจุบันก็นักวิจัยได้มีการคิดวิธีกำจัดไมโครพลาสติกกันมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น Jian Kang et al. (2019) ได้สร้างท่อนาโนคาร์บอนที่เคลือบด้วยสารไนโตรเจน เพื่อช่วยกระตุ้นการผลิตอนุพันธ์ออกซิเจนที่ว่องไวสามารถทำลายส่วนสำคัญของไมโครพลาสติกได้ และ Perren, Wojtasik, & Cai (2018) ก็ได้ศึกษาการกำจัดไมโครบีดส์ด้วยวิธีการตกตะกอนด้วยไฟฟ้า เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงต้องการที่จะศึกษาการกำจัดไมโครพลาสติก โดยใช้สารเร่งตกตะกอนเฟอริกคลอไรด์ที่ใช้ในกระบวนการปรับคุณภาพน้ำ เนื่องด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอนหรือตกตะกอน (Coagulant) ที่ดี จึงอาจส่งผลทำให้เกิดประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติกโดยวิธีการทำให้เกิดการสร้าง (Coagulation) และรวมตกตะกอน (Flocculation) ได้

วัตถุประสงค์วิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารเฟอริกคลอไรด์ (Ferric Chloride) ในการกำจัดไมโครพลาสติกในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยวิธี Jar test

ระเบียบวิธีวิจัย

เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 บีกเกอร์ทดลอง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

1.2 กระดาษกรอง เบอร์ 4 ขนาด 110 มิลลิเมตร รูกรองขนาด 20-25 ไมครอน

1.3 เครื่องชั่ง

1.4 กรวยบุชเนอร์

1.5 ถ้วยระเหย

1.6 ปิเปตหรือกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร

1.7 ตู้อบ (Hot Air Oven) อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียล

1.8 เครื่องอบเดสิเคเตอร์หรือโถดูดความชื้น

1.9 เครื่องมือกวน Jar test

2. สารเคมี

2.1 เฟอริกคลอไรด์ $FeCl_3$ ความเข้มข้น 1% (เตรียมโดยชั่งสารละลายเฟอริกคลอไรด์ 40% มา 25 มิลลิกรัมละลายน้ำให้ได้ 1 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น $FeCl_3$ 1 %)

2.2 น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นไมโครพลาสติก 2 กรัม/ลิตร (เตรียมโดยชั่งเม็ดไมโครพลาสติกขนาด 0.5 มิลลิเมตร น้ำหนัก 2 กรัมละลายในน้ำกลั่นจำนวน 1 ลิตร)

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นไมโครพลาสติก 2 กรัม/ลิตร ปริมาณ 4 ลิตร

2. แบ่งน้ำเสียสังเคราะห์ ใส่ในบีกเกอร์ ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ

3. เติมสารเฟอริกคลอไรด์ $FeCl_3$ 1% ปริมาณ 5,10,15,20 มิลลิลิตร ในน้ำเสียสังเคราะห์ตามลำดับ

4. กวนเร็วด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ 60 นาที ให้ตกตะกอน (อมรรัตน์ วงษ์กลม และถนัด ธนะฉัตรชัยรัตนะ, 2561)

5. นำตัวอย่างน้ำเสียไปทดสอบหาปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) และปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids)

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids: SS)

ตาราง 1 ปริมาณสารแขวนลอย (SS) ที่คำนวณได้ เมื่อเติมสาร Ferric Chloride

ปริมาณ Ferric Chloride (มิลลิลิตร)	ปริมาณ SS (มิลลิกรัม/ลิตร)
5	300
10	200
15	100
20	60
น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นไมโครพลาสติก 2 กรัม/ลิตร	**700**

จากสูตร ปริมาณสารแขวนลอย (มก./ล.) = $\frac{(A-B) \times 1,000 \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$ เมื่อ

A = น้ำหนักของกระดาษกรองและของแข็งแขวนลอย (กรัม)

B = น้ำหนักของกระดาษกรอง (กรัม)

ผลการทดลองพบว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นไมโครพลาสติก 2 g/L เมื่อนำไปหาวิเคราะห์หาปริมาณสารแขวนลอย (SS) ค่าที่ได้คือ 700 mg/L และเมื่อเติมสารเฟอริกคลอไรด์ในปริมาณ 5,10,15,20 ml ในน้ำเสียข้างต้น ปริมาณสารแขวนลอยที่ได้ คือ 300 mg/L, 200 mg/L, 100 mg/L และ 60 mg/L ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS)

3.

ตาราง 2 ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ที่คำนวณได้ เมื่อเติมสาร Ferric Chloride

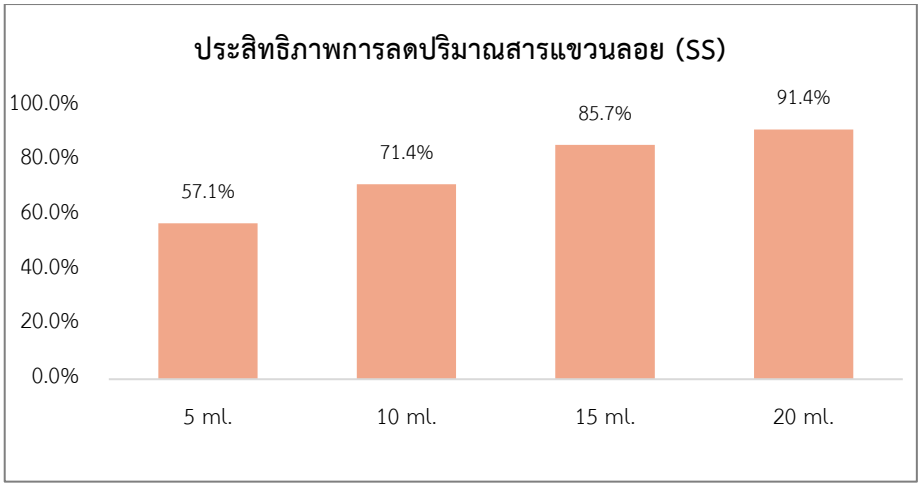
ปริมาณ Ferric Chloride (มิลลิลิตร)	ปริมาณ TDS (มิลลิกรัม/ลิตร)
5	34,800
10	18,000
15	10,100
20	6,700
น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นไมโครพลาสติก 2 กรัม/ลิตร	**47,000**

จากสูตร ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (มก./ล.) = $\frac{(A-B) \times 1,000 \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$ เมื่อ

A = น้ำหนักของถ้วยระเหยและของแข็งแขวนลอย (กรัม)

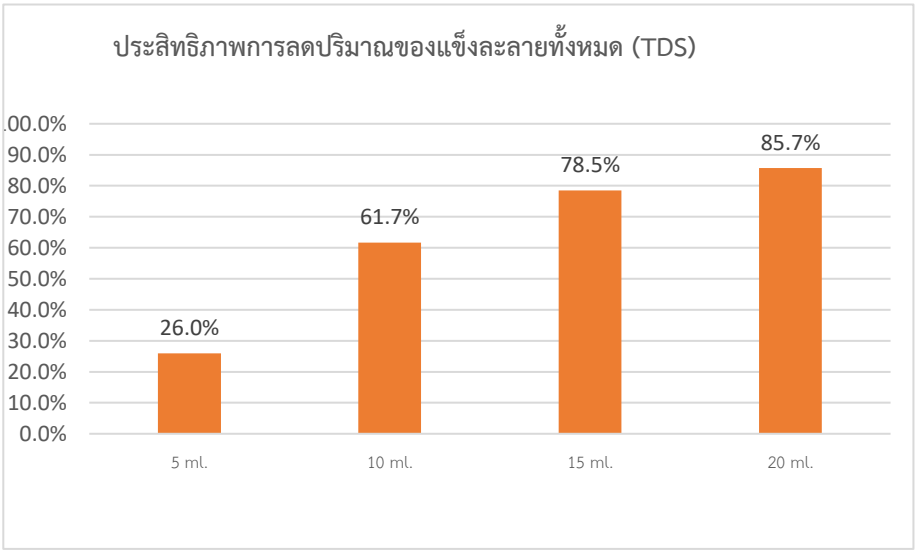
B = น้ำหนักของถ้วยระเหย (กรัม)

ผลการทดลองพบว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นไมโครพลาสติก 2 g/L เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ค่าที่ได้คือ 47,000 mg/L และเมื่อเติมสารเฟอริกคลอไรด์ในปริมาณ 5,10,15,20 mg/L ในน้ำเสียข้างต้น ปริมาณสารแขวนลอยที่ได้ คือ 34,800 mg/L, 18,000 mg/L, 10,100 mg/L และ 6,700 mg/L ตามลำดับ



ภาพ 1 ประสิทธิภาพการลดปริมาณสารแขวนลอย

จากภาพ 1 พบว่าประสิทธิภาพของการตกตะกอนของไมโครพลาสติก โดยเทียบเคียงจากปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียที่ลดลงเมื่อเติมสารเฟอริกคลอไรด์ ปริมาณ 5,10,15,20 mg/L เท่ากับ 57.1%, 71.4% 85.7% และ 91.4% ตามลำดับ



ภาพ 2 ประสิทธิภาพการลดปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด

จากภาพ 2 พบว่าประสิทธิภาพของการตกตะกอนของไมโครพลาสติก โดยเทียบเคียงจากปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดที่ลดลง เมื่อเติมสารเฟอริกคลอไรด์ ปริมาณ 5,10,15,20 mg/L เท่ากับ 26.0%, 61.7% 78.5% และ 85.7% ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพการลดปริมาณไมโครพลาสติก โดยเทียบเคียงจากการหาประสิทธิภาพการลดปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด โดยใช้สารเฟอริกคลอไรด์ ร่วมกับการใช้เครื่อง Jar test ที่มีความเร็วรอบกวนเร็วที่ 100 รอบ/นาที และกวนช้าที่ 30 รอบ/นาที โดยทำการทดลองเติมสารเร่งการตกตะกอนเฟอริกคลอไรด์ ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ในปริมาณ 5, 10,

15 และ 20 ml พบว่าประสิทธิภาพการลดประมาณสารแขวนลอย เท่ากับ 57.1%, 71.4%, 85.7% และ 91.4% ตามลำดับ และประสิทธิภาพการลดปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด เท่ากับ 26.0%, 61.7%, 78.5% และ 85.7% ตามลำดับ

จากการใช้สารเร่งการตกตะกอนเฟอริกคลอไรด์ทดสอบประสิทธิภาพการตกตะกอนของไมโครพลาสติกในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้การวัดผลเทียบเคียงกับวิธีการหาปริมาณสารแขวนลอยและการหาปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด พบว่าประสิทธิภาพในการลดปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำเสียแปรผันตามปริมาณเฟอริกคลอไรด์ที่เพิ่มมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากการทดลองครั้งนี้พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากปริมาณเฟอริกคลอไรด์ 5 ml, 10 ml, 15 ml และสุดท้ายคือ 20 ml เป็นผลที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกันทั้ง 4 ปริมาณ แต่ก็ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าปริมาณ 20 ml เป็นปริมาณที่ดีที่สุดที่สามารถกำจัดไมโครพลาสติก เนื่องมาจากผู้วิจัยยังไม่ได้ทำการทดลองปริมาณเฟอริกคลอไรด์ที่มากกว่านี้ เช่น 25 ml 30ml ฯลฯ แต่ก็อาจจะสรุปได้ว่าเฟอริกคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติกในน้ำเสียได้ ซึ่งมีผลสอดคล้องกับการผลการวิจัยของ อมรรัตน์ และถนัด (2561) ในการใช้เฟอริกคลอไรด์ ลดค่าความขุ่นและปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายในน้ำผิวดิน ซึ่งผลที่ได้ทำให้คุณภาพน้ำจะดีขึ้น ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าเฟอริกคลอไรด์มีศักยภาพในการกำจัดของเสียที่อยู่ในน้ำ ไม่ว่าจะเป็นสารแขวนลอย ของแข็งละลายทั้งหมดหรือสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยวิธีการทำให้ตกตะกอนได้ดี

การนำผลการวิจัยไปใช้

การศึกษาการกำจัดไมโครพลาสติกด้วยการเติมสารเฟอริกคลอไรด์ครั้งนี้ผลที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการจัดการหรือการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อกำจัดมลสารไมโครพลาสติกในน้ำเสียได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาการกำจัดไมโครพลาสติกในน้ำเสียเพิ่มเติม อาจจะเพิ่มปริมาณสารเฟอริกคลอไรด์ที่ใช้ในการเร่งการตกตะกอนในปริมาณที่มากกว่าที่คณะผู้วิจัยทดลอง หรือเปลี่ยนสารเร่งตะกอนสารอื่น เช่น Poly Aluminum Chloride (PAC) เป็นต้น

รายการอ้างอิง

นภาพร เลียดประถม. (2557). *รายงานฉบับสมบูรณ์การทำสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะ ทะเล ประเภทไมโครพลาสติก.* สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลนและคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, หน้า 4-5.

อมรรัตน์ วงษ์กลม และ ถนัด ธนะฉัตรชัยรัตนะ. (2561). การกำจัดความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายน้ำด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน กรณีศึกษาระบบการผลิตน้ำประปาตำบลทรายมูล อำเภอพบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 23*(2), 1188 – 1198.

Kang, J., Zhou, L., Duan, X., Sun, H., Ao, Z., & Wang, S. (2019). *Degradation of Cosmetic Microplastics via Functionalized Carbon Nanosprings*. Matter, 2019; DOI: 10.1016/j.matt.2019.06.004

Perren, W., Wojtasik, A., & Cai, Q. (2018). *Removal of Microbeads from Wastewater Using Electrocoagulation.*ACS Omega, Page 3357-3364