



คุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ชะละลายจากพลาสติก LDPE และ PP ด้วยเทคนิค Fluorescence Excitation-Emission Matrix (FEEM) Spectroscopy

Fluorescence Characteristic of Dissolved Organic Matter Leached from Two Types of Plastic Including LDPE and PP Using Fluorescence Excitation-Emission Matrix (FEEM) Spectroscopy

สุदारัตน์ เอี่ยมครอง*, วณิดา ชูอักษร, ไตรเทพ วิชยโกวิทเทน และ มารุต สุขสมจิต

Sudarat Aiamkhong*, Wanida Chooaksorn, Tritep Vichkovitten and Marut Suksomjit

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประเทศไทย

Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Thailand

Received : 8 November 2023, Received in revised form : 28 March 2024, Accepted : 9 April 2024

Available online : 20 May 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของสารอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved Organic Matter, DOM) ที่ชะละลายจากพลาสติกสองชนิด ได้แก่ โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) และ โพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ด้วยเทคนิค Fluorescence excitation-emission matrix (FEEM) spectroscopy เนื่องจากมีรายงานการพบขยะพลาสติกถูกทิ้งลงสู่แหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก ประกอบกับมีรายงานการศึกษาในต่างประเทศพบ DOM ถูกชะละลายจากพลาสติก ซึ่ง DOM ดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรคาร์บอน และในประเทศไทยยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษาในเรื่องนี้

วิธีดำเนินการวิจัย : นำพลาสติกชนิด LDPE และ PP มาศึกษาการชะละลายภายใต้สภาวะแสง และอุณหภูมิตามธรรมชาติ นาน 30 วัน นำตัวอย่างมาตรวจวัดด้วยเครื่อง Spectrofluorometer

ผลการวิจัย : พบ DOM ถูกชะละลายออกจากพลาสติกชนิด LDPE และ PP โดยคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของ DOM ที่ถูกชะละลายจากพลาสติกชนิด LDPE คล้ายคลึงกับ PP และมี peak ปรากฏที่ตำแหน่ง (ex/em) 300/337-339 และ 290-300/338-353 นาโนเมตร ในส่วนของปริมาณพบว่า DOM ที่ถูกชะละลายจากพลาสติกชนิด LDPE มีค่าน้อยกว่า PP โดยค่าสูงสุดพบได้ในวันที่ 1 ของการทดลอง และมีค่าลดลงตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย : พบ DOM ถูกชะละลายจากพลาสติกทั้ง 2 ชนิด โดยคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์มีความคล้ายคลึงกัน แต่ปริมาณ DOM ที่มีคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ที่ถูกชะละลายจากพลาสติกชนิด LDPE มีค่าน้อยกว่า PP

คำสำคัญ : สารอินทรีย์ละลายน้ำ ; LDPE ; PP ; Fluorescence excitation-emission matrix spectroscopy

Abstract

Background and Objectives : The objective of this research is to study the Fluorescence characteristics of Dissolved Organic Matter, DOM leached from two types of plastics, Low density polyethylene (LDPE) and Polypropylene (PP), by using Fluorescence excitation-emission matrix (FEEM) spectroscopy. It has been found in multiple investigations that DOM leaches from plastic. The carbon cycle and DOM are connected and this topic has not been the focus of any research in Thailand.

Methodology : LDPE and PP plastics were examined for leaching under natural light and temperature for 30 days. The samples were measured with a Spectrofluorometer.

Main Results : Results showed that DOM are leached from LDPE and PP. Fluorescence characteristics of DOM leached from LDPE were similar to those of PP, with peaks appearing at excitation-emission (ex/em) levels of 300/337-339 and 290-300/338-353 nm. The amount of DOM leached from LDPE was less than PP plastic. The highest amount of DOM was found on day 1 of the experiment and decreased gradually.

Conclusions : DOM are leached from both LDPE and PP plastic. There was no difference between DOM characteristic of LDPE and PP. However, the amount of leached DOM from LDPE was less than PP plastic.

Keywords : dissolved organic matter ; LDPE ; PP ; fluorescence excitation-emission matrix Spectroscopy

*Corresponding author. E-mail : Sudarataiamkrong2542@gmail.com

บทนำ

พลาสติก เป็นวัสดุที่มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก เนื่องจากถูกนำมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น ถุงพลาสติก หลอด ขวด เป็นต้น ซึ่งจะถูกทิ้งเป็นขยะหลังจากผ่านการใช้งาน ข้อมูลจากกองจัดการกากของเสียและสารอันตราย ระบุว่าในช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2556-2564) มีขยะพลาสติกเกิดขึ้นคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 12 ของขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้ครั้งเดียว (Single-use Plastics) และมีการประมาณการว่าในแต่ละวันจะมีขยะที่เป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกเกิดขึ้น 6,300 ตันต่อวัน ขยะพลาสติกเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม หากไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง

ปัจจุบันมีผู้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบจากขยะพลาสติกต่อแหล่งน้ำจำนวนมาก เช่น Romera-Castillo *et al.* (2018) ได้สรุปไว้ว่าขยะพลาสติกที่สัตว์น้ำกินเข้าไปจะทำให้ระบบทางเดินอาหารเกิดการระคายเคือง ทางเดินอาหารอุดตัน ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตมีอาการอัมปลอม และส่งผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง Kinigopoulou *et al.* (2022) ระบุว่าขยะพลาสติกขนาดเล็ก หรือไมโครพลาสติก (Microplastic) สามารถดูดซับสารพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และถ่ายทอดไปยัง

สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศผ่านห่วงโซ่อาหาร นอกจากนี้ยังมีผู้สนใจศึกษาการชะละลาย DOM จากพลาสติกชนิดต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำ Lee *et al.* (2021) รายงานผลการศึกษาที่พบการชะละลาย DOM จากพลาสติกขนาดเล็กหลายชนิด Romera-Castillo *et al.* (2022) ประเมินว่าในแต่ละปีจะมี DOM ถูกชะละลายจากขยะพลาสติกออกสู่มหาสมุทรมากกว่า 57,000 ตัน คาร์บอน DOM เป็นสารที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และมีธาตุอื่นร่วมเป็นองค์ประกอบ DOM เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของแบคทีเรียในแหล่งน้ำ และมีอิทธิพลต่อวัฏจักรชีวธรณีเคมี (Biogeochemical Cycle) ของธาตุต่าง ๆ ในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมดุลของคาร์บอนในระบบนิเวศ (Ogawa & Tanoue, 2003) Xenopoulos *et al.* (2021) ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงของ DOM ในแหล่งน้ำจะส่งผลต่อผู้ผลิตขั้นต้น ความหลากหลายทางชีวภาพ รวมทั้งคุณภาพของน้ำ อย่างไรก็ตาม Fellman *et al.* (2010) ระบุว่าบทบาทของ DOM ในระบบนิเวศจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของ DOM นั้น

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของ DOM ที่ชะละลายจากพลาสติกที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ผู้วิจัยเลือกศึกษาในพลาสติก 2 ชนิด ได้แก่ LDPE และ PP เนื่องจาก World Bank Group (2021) รายงานว่า พลาสติกชนิด LDPE และ PP เป็นพลาสติกที่มีการใช้มาก 3 ลำดับแรกของประเทศไทย ด้วยเทคนิค Fluorescence excitation-emission matrix (FEEM) spectroscopy ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้จะทำให้เราทราบคุณลักษณะของ DOM ที่มีคุณสมบัติฟลูออเรสเซนส์ที่ชะละลายจากพลาสติกทั้งสองชนิด รวมทั้งทราบความแตกต่างของลักษณะ และปริมาณของ DOM ที่ชะละลายจากพลาสติกต่างชนิดกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบการทดลอง

ศึกษาคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของ DOM ที่ชะละลายออกจากพลาสติกสองชนิด โดยเลือกศึกษาในพลาสติกที่ใช้มากในประเทศไทย ได้แก่ LDPE และ PP โดยเลือกถุงพลาสติกที่จำหน่ายในท้องตลาดเป็นตัวแทน นำถุงพลาสติกแต่ละชนิดมาตัดให้มีขนาด (กว้าง X ยาว) เท่ากับ 0.7 X 0.7 เซนติเมตร พลาสติกแต่ละชิ้นจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสผิวรวมสองด้าน 1 ตารางเซนติเมตร ใส่พลาสติก 32 ชิ้น ลงในขวดแก้วที่ผ่านการทำความสะอาดและแช่ด้วยกรด HCl (10%) นาน 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่อาจจะเป็นเบื้อนออกก่อน เติมน้ำปราศจากไอออน (Deionized water, DI) ปริมาณ 127 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วตามวิธีของ Romera-Castillo *et al.* (2018) และเติม NaN_3 ความเข้มข้น 1% เพื่อควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำระหว่างทำการทดลอง (Davis *et al.*, 2003) เตรียมขวดแก้วที่ใส่น้ำ DI และพลาสติก LDPE และ PP ชนิดละ 15 ขวด และเตรียมขวดแก้วที่ใส่น้ำ DI แต่ไม่ใส่พลาสติกจำนวน 15 ขวด สำหรับใช้เป็นชุดควบคุม นำขวดแก้วที่เตรียมไว้ทั้งหมดลอยในบ่อน้ำ ภายในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) ในสภาวะแสง และอุณหภูมิตามธรรมชาติ เก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ในวันที่ 1 (หลังจากพลาสติกแช่นาน 1 วัน), 14 และ 30 โดยสุ่มเก็บขวดแก้ว 3 ขวด ต่อหนึ่งชุดการทดลอง รายละเอียดดังแสดงใน Figure 1

กรองตัวอย่างน้ำที่ด้วย Syringe Filter ขนาด 0.45 ไมครอน เก็บตัวอย่างที่กรองได้ใส่ขวดแก้วสีชา ก่อนนำตัวอย่างไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป โดยจะไม่เก็บตัวอย่างน้ำนานเกินกว่า 1 สัปดาห์

2. การศึกษาคุณลักษณะของ DOM

ตรวจวัดคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของ DOM ในน้ำตัวอย่างด้วยเครื่อง Spectrofluorometer JASCO FP-6200 ในการศึกษานี้กำหนดค่า excitation และ emission wavelength ระหว่าง 220-500 นาโนเมตร โดยเปลี่ยนความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 นาโนเมตร ตั้งค่าความเร็วในการตรวจวัดที่ 500 นาโนเมตรต่อนาที ทำการตรวจสอบสภาพและสถานะการทำงานของเครื่องมือก่อนทำการตรวจวัดทุกครั้ง โดยใช้ Milli-Q เป็น blank ตามวิธีการของ Nagao *et al.* (1997) และใช้ควอตซ์ที่ทำจาก quartz ขนาด 1.0 เซนติเมตร สำหรับใส่น้ำตัวอย่าง บันทึกค่า excitation wavelength (Ex), emission wavelength (Em) และความเข้มของฟลูออเรสเซนส์ (Fluorescence intensity, FI) ที่อ่านได้ ก่อนนำมาสร้างเป็น 3-dimensional excitation emission fluorescence spectrum ด้วยซอฟต์แวร์ของเครื่องมือ โดยกำหนดให้แกน x เป็นค่า emission wavelength แกน y เป็นค่า excitation wavelength มีหน่วยเป็นนาโนเมตร (nm) และแกน z แทนค่า FI (ไม่มีหน่วย) คำนวณปริมาณสัมพันธของ DOM ที่ถูกชะละลายต่อพื้นที่ผิวของพลาสติก โดยนำค่า FI ที่ตำแหน่ง Peak สูงสุดหารด้วยพื้นที่ผิวของพลาสติก

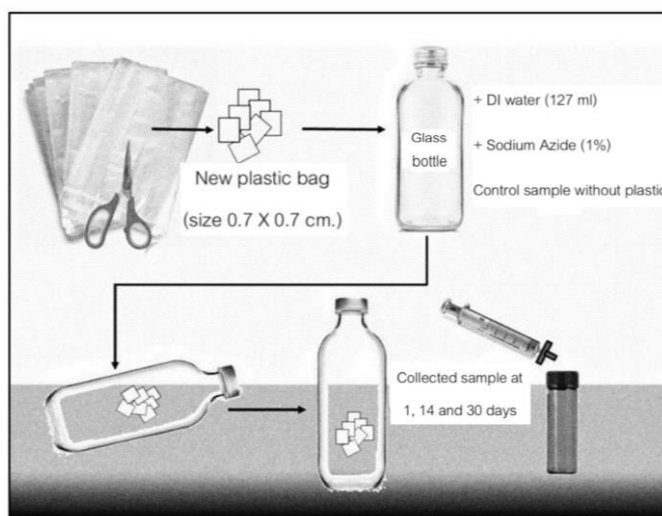


Figure 1 Process of study DOM leaching from LDPE and PP plastics

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ระบุชนิดของ DOM ที่พบในน้ำตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบตำแหน่งของ peak ที่ปรากฏใน 3-dimensional excitation emission fluorescence spectrum กับรายงานวิจัยที่เคยมีการยืนยันชนิดของ DOM เช่น การศึกษาของ Lee *et al.* (2021), Romera-Castillo *et al.* (2022), Yuan *et al.* (2023) เป็นต้น

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าการชะละลาย DOM จากพลาสติกทั้งสองชนิดที่ใช้ในการศึกษา โดยตรวจพบ peak ปรากฏบน 3-dimensional excitation emission fluorescence spectrum ของน้ำตัวอย่างที่มีพลาสติกแช่อยู่ ตลอดระยะเวลาการทดลองนาน 30 วัน ในขณะที่ไม่พบ peak ในน้ำตัวอย่างของชุดควบคุมที่ไม่มีพลาสติกแช่อยู่

ในส่วนของคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของ DOM ที่ถูกชะละลายจากพลาสติกทั้งสองชนิด พบว่า DOM ที่มีคุณสมบัติฟลูออเรสเซนส์ที่ชะละลายจากพลาสติกทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกัน โดย peak ที่ปรากฏใน 3-dimensional excitation emission fluorescence spectrum ของน้ำตัวอย่างที่แช่พลาสติกชนิด LDPE ตลอดระยะเวลาทำการทดลองนาน 30 วัน อยู่ที่ตำแหน่ง (Ex/Em) 300/337-339 นาโนเมตร ในขณะที่ peak ที่ปรากฏในน้ำตัวอย่างที่แช่พลาสติกชนิด PP อยู่ที่ตำแหน่ง 290-300/338-353 นาโนเมตร (Figure 2) เมื่อพิจารณาปริมาณ DOM ที่ปล่อยออกมาจากพลาสติกทั้งสองชนิดพบว่า ในวันที่ 1 หรือหลังจากแช่พลาสติกในน้ำนาน 1 วัน มีการชะละลายของ DOM ออกมาอย่างรวดเร็ว โดย FI ที่ตำแหน่ง peak ของพลาสติกชนิด LDPE มีค่าเท่ากับ 213.24 และพลาสติกชนิด PP มีค่าเท่ากับ 481.52 เมื่อนำมาคำนวณเป็นอัตราการปล่อย DOM ของพลาสติกชนิด LDPE และ PP ต่อพื้นที่ พบว่ามีค่าเท่ากับ 6.66 และ 15.4 FI/ cm² ตามลำดับ

อัตราการปล่อย DOM ของพลาสติกชนิด LDPE มีค่าเท่ากับ 6.66 FI/ cm² และพลาสติกชนิด PP มีค่าเท่ากับ 15.04 FI/ cm² อย่างไรก็ตามปริมาณ DOM มีแนวโน้มลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (วันที่ 30) (Figure 3)

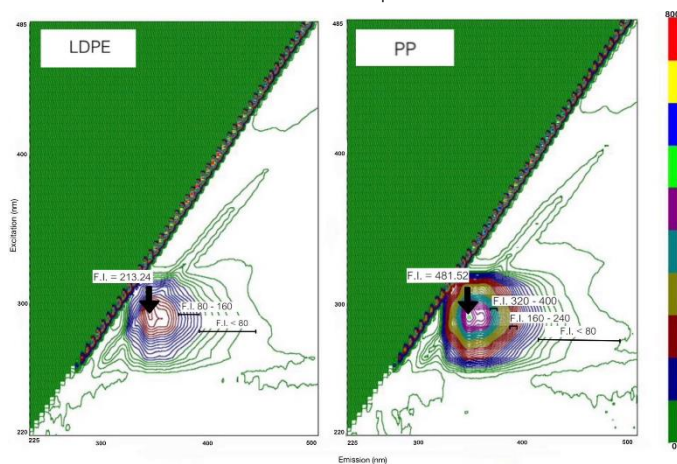


Figure 2 Example of 3D-EEM fluorescence spectrum of plastic (LDPE and PP) day 1

and the arrow represents peak position

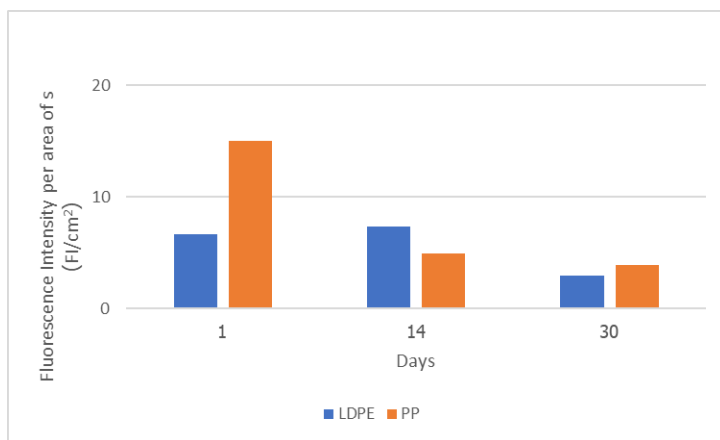


Figure 3 Fluorescence intensity of DOM leaching from plastics LDPE and PP compare with time

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาการชะละลายในครั้งนี้พบ peak ที่ปรากฏบน 3-dimensional excitation emission fluorescence spectrum (LDPE 300/339 นาโนเมตร, PP 295/341 นาโนเมตร) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhu *et al.* (2020) ที่ศึกษาการชะละลาย DOM จากพลาสติกหลายชนิด และตรวจพบสารอินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (Dissolved Organic Carbon, DOC) ถูกชะละลายจากพลาสติกที่ได้รับรังสี UV นาน 60 วัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lee *et al.* (2021) ที่รายงานการพบการชะละลาย DOM ออกจากพลาสติกขนาดเล็กหลายชนิด

ในส่วนการชะละลายมีรายงานการศึกษาหลายฉบับอธิบายกลไกการชะละลาย DOM จากพลาสติกโดยปัจจัยแวดล้อมสำคัญที่ทำให้เกิดการชะละลาย DOM ได้แก่ รังสี UV จากดวงอาทิตย์ Masry *et al.* (2021) ได้อธิบายกลไกการชะละลาย DOM ออกจากขยะพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำ โดยเริ่มจากขยะพลาสติกที่ลอยน้ำดูดกลืนรังสี UV จากดวงอาทิตย์ และรังสี UV จะทำลายพันธะเคมีของขยะพลาสติกและเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ที่ไม่เสถียร ทำให้โพลิเมอร์ของขยะพลาสติกเกิดการผุกร่อน (weathering) Wayman & Niemann (2021) ระบุว่ากระบวนการ Photooxidation จะเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพของพลาสติก เริ่มจากสิ่งเจือปนและสารที่มีคุณสมบัติโครโมฟอร์ที่ไม่อิ่มตัวในโพลิเมอร์ ดูดกลืนรังสี UV และรังสี UV จะทำให้พันธะเคมีในโพลิเมอร์แตกหัก และกลายเป็นอนุมูลอิสระ โมเลกุลของโพลิเมอร์ที่สั้นลง (chain scission) จะส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของโพลิเมอร์ โดยทำให้ความทนต่อแรงดึง การยืดตัว และความต้านทานต่อแรงกระแทก ลดลง พลาสติกจะแตกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย และได้ผลผลิตเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ หรือสารประกอบคาร์บอนิลที่มีสายสั้นลง ซึ่งขึ้นอยู่กับโพลิเมอร์ต้นแบบ โดย DOM ที่ถูกชะละลายจะประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด บางส่วนเป็นสารเติมแต่งที่เติมลงในพลาสติก บางส่วนเป็นโพลิเมอร์สั้นๆ ที่เปลี่ยนมาจากโพลิเมอร์ดั้งเดิม

ผลการศึกษาคูณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของ DOM ที่พบในครั้งนี้อยู่ใกล้เคียงกับรายงานการศึกษาของ Lee *et al.* (2020) ที่พบว่าคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ของ DOM ที่ชะละลายจากพลาสติก เป็นสารกลุ่ม C1 (คุณสมบัติคล้ายกับโปรตีนและพีนอล) โดยมี peak ปรากฏที่ตำแหน่ง 280/348 นาโนเมตร Lee *et al.* (2021) พบว่า DOM ที่ถูกชะละลายจากพลาสติกชนิด PP, PVC และ EPS มี peak ปรากฏที่ตำแหน่ง 280/350 นาโนเมตร Yuan *et al.* (2023) พบว่า DOM ที่ปล่อยออกมาจากไมโครพลาสติกชนิด PE PP และ PET มี Peak ปรากฏ 3 ตำแหน่ง 265-280/308 นาโนเมตร 215-225/305 นาโนเมตร และ 200-210/305 นาโนเมตร ไมโครพลาสติกชนิด PVC มี peak ปรากฏ 2 ตำแหน่ง 260-280/305 นาโนเมตร และ 200-230/305 นาโนเมตร และ ไมโครพลาสติกชนิด PS มี peak ปรากฏ 4 ตำแหน่ง 265-280/305 นาโนเมตร 215-225/305 นาโนเมตร 200-210 นาโนเมตร และ 240-260 นาโนเมตร (Table 1) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Romera-Castillo *et al.* (2022) ที่พบว่า DOM ที่มีคุณสมบัติฟลูออเรสเซนส์ที่ถูกชะละลายจากขยะพลาสติกที่เก็บจากชายหาด มี peak ปรากฏอยู่ที่ตำแหน่ง 312/362 นาโนเมตร โดย Lee *et al.* (2021) ระบุว่า DOM ที่มี peak ปรากฏที่ตำแหน่ง 225 และ 280/~350 นาโนเมตร จัดเป็น DOM กลุ่ม bio-labile ที่ง่ายต่อการนำไปใช้ของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามแม้ว่าพลาสติกทั้ง 2 ชนิด จะมีการชะละลาย DOM ที่มีสมบัติฟลูออเรสเซนส์ไม่แตกต่างกัน แต่ลักษณะของการชะละลายแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการชะละลายของ DOM จะขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก น้ำที่ใช้สำหรับการทดลอง และระยะเวลาที่พลาสติกสัมผัสกับน้ำ เหตุนี้จึงทำให้ DOM ที่ชะละลายจากพลาสติกมีลักษณะที่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาปริมาณ DOM ที่ถูกชะละลายเปรียบเทียบระหว่างพลาสติกทั้งสองชนิดพบว่า DOM ถูกชะละลายออกมาอย่างรวดเร็ว โดยพบค่าความเข้มของ DOM สูงสุดพบในน้ำตัวอย่างที่เก็บในวันที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Romera-Castillo *et al.* (2018) ที่ระบุว่าพลาสติกมีการชะละลาย DOC ออกมามากที่สุดในช่วงแรกที่สัมผัสกับน้ำ อย่างไรก็ตามค่าความเข้มของ DOM ที่พบในน้ำตัวอย่างที่แช่พลาสติกชนิด PP ในวันที่ 1 มีค่าสูงกว่าน้ำตัวอย่างที่แช่พลาสติกชนิด LDPE ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhu *et al.* (2020) ที่พบว่าปริมาณ DOC ที่ชะละลายจากพลาสติกแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน โดย DOC ที่ชะละลายจากพลาสติกชนิด PP มีปริมาณสูงกว่าพลาสติกชนิด PE และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเข้มของ DOM ตามระยะเวลา พบว่าค่าความเข้มของ DOM ที่พบในน้ำตัวอย่างที่แช่พลาสติกชนิด PP มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลองนาน 30 วัน ในขณะที่ค่าความเข้มของ DOM ที่พบในน้ำตัวอย่างที่แช่พลาสติกชนิด LDPE มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (Figure 3) ซึ่ง Cheng *et al.* (2022) ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มของ DOM ตามระยะเวลาส่วนหนึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่ DOM เปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปแบบที่ไม่มีคุณสมบัติฟลูออเรสเซนส์ เนื่องจากแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ Lee *et al.* (2020) ยังระบุว่าสาเหตุที่ DOM ชะละลายจากพลาสติกชนิด PVC มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเป็นผลมาจากกระบวนการย่อยสลายด้วยแสง (Photolytic degradation) อย่างไรก็ตามการย่อยสลายด้วยแสงไม่ได้ทำให้ DOM หายไป ยังคงอยู่ในสิ่งแวดล้อม



Table 1 Peak position of fluorescence spectrum leached by different types of plastics. By LDPE = Low Density Polyethylene, PP = Polypropylene, PVC = Polyvinyl Chloride, EPS = Expandable Polystyrene, PS = Polypropylene, PE = Polyethylene, PET = Polyethylene terephthalate While DI = Distilled water, ASW = Artificial seawater, ASF = Artificial freshwater

Plastic Type	Water	Time (days)	Excitation (nm)	Emission (nm)	Reference
LDPE PP	DI	30	300 290-300	337-339 338-353	This work
PP PVC EPS	DI	14	250 250-308 295	325 431 405	Lee <i>et al.</i> 2021
LDPE EPS/PS	ASW	6	250 247	310 308	Romera-Castillo <i>et al.</i> 2022
Aged plastics collected in Famara beach	ASW	6	268-312	352-362	Romera-Castillo <i>et al.</i> 2022
PE PP PET PVC PS	AFW	7	265-280 215-225 200-210 265-280 215-225 200-210 265-280 215-225 200-210 260-280 200-230 265-280 215-225 200-210 240-260	305 305 305 305 305 305 305 305 305 305 305 305 305 305 305	Yuan <i>et al.</i> 2023

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการชะละลายของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ถูกชะละลายจากพลาสติกชนิด LDPE และ PP พบว่ามี DOM ถูกชะละลายจากพลาสติกทั้ง 2 ชนิด อีกทั้งยังพบว่า DOM ที่ถูกชะละลายจากพลาสติกทั้ง 2 ชนิด มีคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์เหมือนกัน เนื่องจากมี peak ปรากฏที่ตำแหน่งเดียวกัน อย่างไรก็ตามแม้จะมีคุณลักษณะทางฟลูออเรสเซนส์ที่คล้ายคลึงกันแต่ลักษณะการชะละลายออกมาไม่เหมือนกัน โดย DOM ที่ถูกชะละลายจากพลาสติกชนิด PP มีค่ามากกว่าพลาสติกชนิด LDPE แต่ DOM ที่ชะละลายจากพลาสติกชนิด LDPE มีความสามารถในการทนทานต่อแสงแดดมากกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2566 (Scholarship for talent student to study graduate program in Faculty of Science and Technology Thammasat University, Contract No. TB 32/2565) ผู้รับทุนขอขอบคุณทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ตามสัญญาเลขที่ ทบ 32/2565)

เอกสารอ้างอิง

- Cheng, F., Zhang, T., Liu, Y., Zhang, Y., & Qu, J. (2022). Non-negligible effects of UV irradiation on transformation and environmental risks of microplastics in the water environment. *Journal of Xenobiotics*, 12, 1-12.
- Davis, S.E., Corronado-Molina, C., Childers, D.L., & Day, J.W. (2003). Temporally dependent C, N, and P dynamics associated with the decay of *Rhizophora mangle* L. leaf litter in oligotrophic mangrove wetlands of the Southern Everglades. *Aquatic Botany*, 75, 119-215.
- Fellman, J.B., Hood, E., & Spencer, R.G.M. (2010). Fluorescence spectroscopy opens new windows into dissolved organic matter dynamics in freshwater ecosystems: A review. *Limnology and Oceanography*, 55, 2452-2462.



- Kinigopoulou, V., Pashalidis, I., Kalderis, D. , & Anastopoulos, A. (2022). Microplastics as carriers of inorganic and organic contaminants in the environment: A review of recent progress. *Journal of Molecular Liquids*, 350, 1-10.
- Lee, Y.K., Murphy, K.R., & Hur, J. (2020). Fluorescence signature of dissolved organic matter leached from microplastic: polymers and additives. *Environmental Science and Technology*, 54, 11905-11914.
- Lee, Y.K., Hong, S. , & Hur, J. (2021). Copper-binding properties of microplastic-derived dissolved organic matter revealed by fluorescence spectroscopy and two-dimensional correlation spectroscopy. *Water Research*, 190, 1-10.
- Masry, M., Rossignol, S., Gardette, J.L., Therias, S., Bussière, P.O. , & Wong-Wah-Chung, P. (2021). Characteristics, fate, and impact of marine plastic debris exposed to sunlight: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 1-14.
- Nagao, S., Suzuki, Y., Nakaguchi, Y., Senoo, M., & Hiraki, K. (1997). Direct measurement of the Fluorescence characteristics of aquatic humic substances by a three-dimensional fluorescence spectrophotometer. *Bunseki Kagaku*, 46, 335-342.
- Ogawa, H. , & Tanoue, E. (2003). Dissolved organic matter in oceanic waters. *Journal of Oceanography*, 59, 129-147.
- Romera-Castillo, C., Pinto, M., Langer, T.M., Álvarez-Salgado, X.A., & Herndl, G.J. (2018). Dissolved organic carbon leaching from plastics stimulates microbial activity in the ocean. *Nature Communication*, 9, 1-7.
- Romera-Castillo, C., Birnstiel, S., Álvarez-Salgado, X.A., & Sebastián, M. (2022). Aged plastic leaching of dissolved organic matter is two orders of magnitude higher than virgin plastic leading to a strong uplift in marine microbial activity. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1-13.



Wayman, C. , & Niemann, H. (2021). The fate of plastic in the ocean environment-minireview. *Environmental Science Processes & Impacts*, 23, 198-212.

World Bank Group. (2021). *Market Study for Thailand: Plastics Circularity Opportunities and Barriers. Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Region*. Washington DC.

Xenopoulos, M.A., Barnes, R.T., Boodoo, K.S., Butman, D., Catalán, N., D'Amario, S.C., Fasching, C., Kothawala, D.N., Pisani, O., Solomon, C.T., Spencer, R.G., Williams, C.J. , & Wilson, H.F. (2021). How humans alter dissolved organic matter composition in freshwater: relevance for the Earth's biogeochemistry. *Biogeochemistry*, 154, 323-348.

Yuan, M., Xiang, H, Tong, Y., Zhou, K., Peng, C. , & Chen, W. (2023). Spectroscopic tracking of the characteristics of microplastic-derived dissolved organic matter. *Separations*, 10, 1-14.

Zhu, L., Zhao, S., Bittar, T.B., Stubbins, A. , & Li, D. (2020). Photochemical dissolution of buoyant microplastics to dissolved organic carbon: rates and microbial impacts. *Journal of Hazardous Materials*, 383, 1-10.