ไมโครพลาสติกจากระบบบำบัดน้ำเสียและตัวเมืองกรุงเทพมหานครที่ไหลลงสู่อ่าวไทย

น.ส.ปิ่นมนัส บูชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

MICROPLASTICS FROM WASTEWATER TREATMENT PLANT AND BANGKOK METROPOLIS ENTERING THE GULF OF THAILAND

Miss Pinmanas Bucha

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter-Department of Environmental Science
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2022
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ไมโครพลาสติกจากระบบบำบัดน้ำเสียและตัวเมือง กรุงเทพมหานครที่ไหลลงสู่อ่าวไทย
โดย	น.ส.ปิ่นมนัส บูชา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.สุจารี บุรีกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฉัพพรรณรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ กนกกันฑพงษ์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร.สุจารี บุรีกุล)

.... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชวลิต เจริญพงษ์)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิจ สุทธิเรืองวงศ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปิ่นมนัส บูชา : ไมโครพลาสติกจากระบบบำบัดน้ำเสียและตัวเมืองกรุงเทพมหานครที่ไหลลงสู่อ่าวไทย. (MICROPLASTICS FROM WASTEWATER TREATMENT PLANT AND BANGKOK METROPOLIS ENTERING THE GULF OF THAILAND) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร.สุจารี บุรีกุล

ไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมเป็นมลภาวะที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศทั่วโลก และแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกในทะเลส่วนใหญ่มาจากชุมชนเมืองที่ตั้งอยู่ใกล้ชายฝั่งและจากแม่น้ำที่ไหลผ่านชุมชน แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายสำคัญของประเทศไทยที่ไหลผ่านตัวเมืองกรุงเทพมหานครและไหลสู่อ่าวไทย ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีโรงบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ 8 แห่ง ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียเป็นอีกหนึ่งแหล่งที่มาของไมโคร-พลาสติกที่สะสมในสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้ได้ศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำเข้าสู่ระบบและน้ำออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานครทั้ง 8 แห่ง ที่มีกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง โดยเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ในช่วงเดือนมิถุนายน 2564 และไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครและปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2564) และฤดูแล้ง (เมษายน 2565) ผลการศึกษาพบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยในน้ำเข้าสู่ระบบและน้ำออกจากระบบ 933±1,102–6,733±5,096 และ 433±321–4,800±1,300 ชิ้น/ลบ.ม. ตามลำดับ ไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครที่พบในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง มีปริมาณตั้งแต่ 30–400 และ 70–270 ชิ้น/ลบ.ม. และไมโครพลาสติกบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง มีปริมาณตั้งแต่ 40–390 และ 60–400 ชิ้น/ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนใหญ่พบเส้นใย สีน้ำเงิน ชนิดพอลิโพรพิลีน (PP) และมีขนาดอยู่ในช่วง 20–250 ไมครอน ไมโครพลาสติกเหล่านี้สามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและส่งผ่านมายังมนุษย์ได้ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้โรงควบคุมคุณภาพน้ำและแม่น้ำเจ้าพระยา จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้ในการบริหารจัดการแก้ไขปัญหาขยะไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)	ลายมือชื่อนิสิต ....
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม ....

6380146320 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEYWORD: microplastic, Chao Phraya River, wastewater treatment plant, Bangkok

Pinmanas Bucha : MICROPLASTICS FROM WASTEWATER TREATMENT PLANT AND BANGKOK METROPOLIS ENTERING THE GULF OF THAILAND. Advisor: Assoc.Prof. PENJAI SOMPONGCHAIYAKUL, Ph.D. Co-advisor: SUJAREE BUREEKUL, Ph.D.

Microplastics (MPs) in the environment is the pollutant causing negative impacts worldwide. Most of marine MPs originate from urban areas located on the riparian zone. Chao Phraya River is the major river of the central plain of Thailand which flows through Bangkok and then drains into the Gulf of Thailand. Wastewater effluents are one of the primary sources of microplastics entering the aquatic environment. Currently, there are 8 domestic wastewater treatment plants (WWTPs) in Bangkok which we considered as one of the many conduits for microplastics entering Chao Phraya River. This research aims at evaluating MPs in the influent and effluent water of these 8 WWTPs in Bangkok. All of which have activated sludge treatment system. Three replicated samples were collected in June 2021. Average MP abundances found in influents and effluents were 933±1,102 to 6,733±5,096 and 433±321 to 4,800±1,300 items/m^3 respectively. Furthermore, we sampled MPs in Chao Phraya River and its estuary during wet (November 2021) and dry seasons (April 2022). MPs in Bangkok section of Chao Phraya River in Bangkok area were in the ranges of 30 to 400 and 70 to 270 items/m^3 in wet and dry seasons respectively. Amount of MPs at Chao Phraya River Mouth during one tidal cycle were between 40 and 390 items/m^3 and between 70 to 270 items/m^3 in wet and dry seasons respectively. Most MPs found were blue polypropylene (PP) fibers, with the size ranging from 20 to 250 µm. These MPs could end up in the human through the transfer up the food chain. The results indicated that MPs were mainly from anthropogenic origins either from the riparian and nearby coastal zones. To this end, the knowledge on the sources of microplastics in the environment is necessary to develop and enforce the sustainable plastic waste management policy.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Environmental Science	Student's Signature ....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature ....
		Co-advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านและหลายหน่วยงานที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวกด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. สุจารี บุรีกุล เป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิชณิกา ศิวายพราหมณ์ จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาลัย ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือเพื่อศึกษาปริมาณและลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติกภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และนายนเรนฤทธิ์ ชิ้นฟัก ที่ช่วยให้คำแนะนำและความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้ ทั้งนี้ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ตลอดการทำวิจัย

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เจนยุกต์ โล่วัชรินทร์ และ นายเทียนชัย มังคลาด จากศูนย์ความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ศาสตราจารย์ อรุณ สรเทศน์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ดร.วุฒิชัย แพงแก้ว จากศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ชนิดไมโครพลาสติก

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ และกลุ่มงานระบบข้อมูล สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ที่เอื้อเฟื้อการเก็บตัวอย่างและให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแผนผังและรายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครทั้ง 8 แห่ง และขอขอบคุณ สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาสมุทรปราการ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างงายวิจัยบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ขอขอบคุณหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อุดหนุนทุนวิจัยบางส่วน และผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา ระหว่างปีการศึกษาที่ 2563–2565

ปิ่นมนัส บูชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... ง

กิตติกรรมประกาศ .... จ

สารบัญ .... ฉ

สารบัญตาราง .... ญ

สารบัญรูปภาพ .... ฐ

บทที่ 1 15

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 15

1.2 วัตถุประสงค์ 17

1.3 สมมติฐานการวิจัย 17

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 17

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 18

บทที่ 2 19

2.1 อุตสาหกรรมพลาสติก 19

2.2 ชนิดพลาสติก 19

2.2.1 จำแนกพลาสติกตามสมบัติทางความร้อน 20

2.2.2 จำแนกพลาสติกตามสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก 21

2.3 ไมโครพลาสติก 22

2.4 ไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม 23

2.5 ไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำ 27

2.6 ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกที่ส่งผลต่อการเลือกกินของสิ่งมีชีวิต 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.1 ขนาดของไมโครพลาสติก 29
2.6.2 สีของไมโครพลาสติก 30
2.6.3 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติก 30
2.7 ผลกระทบจากไมโครพลาสติก 30
2.7 กรุงเทพมหานคร 33
2.8 ระบบบำบัดน้ำเสียและไมโครพลาสติก 34
2.9 โรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร 35
2.9.1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร 35
2.10 แม่น้ำเจ้าพระยา 41
2.11 การกระจายของไมโครพลาสติก 42
2.12 การศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำ 46
2.12.1 การกรองแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่าง 46
2.12.2 การระบุจำนวน และลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก 49
2.12.3 การวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก 49
2.13 การวิเคราะห์ชนิดพลาสติกด้วย Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)........ 49
บทที่ 3 40
3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา 40
3.1.1 โรงบำบัดน้ำเสีย 40
3.1.2 แม่น้ำเจ้าพระยา 40
3.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง 41
3.2.1 การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำจากระบบบำบัด 41
3.2.2 การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยา 41
3.2.3 การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในรอบน้ำขึ้นน้ำลง 41
3.3 การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4 การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ 44
3.5 การเตรียมตัวอย่าง 44
3.6 การวิเคราะห์หาปริมาณ และลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก 45
3.6.1 จำนวนชิ้นไมโครพลาสติกในน้ำ 45
3.6.2 ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก 45
3.7 การวิเคราะห์ขนาดของไมโครพลาสติก 46
3.8 การวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก 46
3.9 การวิเคราะห์ผลการศึกษา 47
3.9.1 การวิเคราะห์ทางสถิติ 47
3.9.2 วิเคราะห์แหล่งที่มาของไมโครพลาสติก 48
3.9.3 ประเมินประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกโดยระบบบำบัดน้ำเสีย 48
3.9.4 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในมวลน้ำกับฤดูกาล... 49
3.9.5 การเปลี่ยนแปลงของไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาสู่อ่าวไทย 49
บทที่ 4 50
4.1 ไมโครพลาสติกในโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร 50
4.1.1 ปริมาณไมโครพลาสติก 50
4.1.2 ขนาดของไมโครพลาสติก 54
4.1.3 ลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติก 55
4.1.4 สีของไมโครพลาสติก 60
4.1.5 ชนิดของไมโครพลาสติก 64
4.1.6 ประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร 74
4.2 ไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ 77
4.2.1 ปริมาณไมโครพลาสติก 77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 ขนาดของไมโครพลาสติก....... 79

4.2.3 ลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติก....... 81

4.3.1 ปริมาณไมโครพลาสติก....... 92

4.3.2 ขนาดของไมโครพลาสติก....... 102

4.3.3 ลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติก....... 104

4.3.4 สีของไมโครพลาสติก....... 107

4.4 การคาดการณ์ปริมาณไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลลงสู่อ่าวไทย....... 122

4.5 การควบคุมคุณภาพการทดลอง (Quality Assurance and Quality Control)....... 122

บทที่ 5....... 124

5.1 สรุปผลการศึกษา....... 124

5.2 แนวคิดเพื่อการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกที่สะสมในสิ่งแวดล้อม....... 125

5.3 ข้อเสนอแนะ....... 128

บรรณานุกรม....... 131

ภาคผนวก....... 154

บรรณานุกรม....... 2

ประวัติผู้เขียน....... 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปชนิดของพลาสติกตามรหัส SPI 24

ตารางที่ 2 สรุปสารประกอบจากการผลิตพลาสติกที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสุขภาพ 32

ตารางที่ 3 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบและประสิทธิภาพในการบำบัดไมโครพลาสติก (%) ของระบบบำบัดน้ำเสียทั่วโลก 44

ตารางที่ 4 การศึกษาไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืด 47

ตารางที่ 5 สรุปสารละลายที่นิยมใช้ในการย่อยสารอินทรีย์สำหรับการศึกษาไมโครพลาสติก 50

ตารางที่ 6 สรุปวิธีวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกที่ใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน 51

ตารางที่ 7 ประเภทของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติก (ในหน่วยชิ้น/ลิตร และ ชิ้น/วัน) และประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำ (%) 53

ตารางที่ 8 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำเข้าสู่ระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร 56

ตารางที่ 9 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร 57

ตารางที่ 10 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม) ที่พบในน้ำเข้าสู่ระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร จำแนกตามลักษณะสัณฐาน 62

ตารางที่ 11 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม) ที่พบในน้ำออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร จำแนกตามลักษณะสัณฐาน 63

ตารางที่ 12 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม) ที่พบในน้ำเข้าสู่ระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร จำแนกตามสี 65

ตารางที่ 13 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม) ที่พบในน้ำออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร จำแนกตามสี 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม) ที่พบในน้ำเข้าสู่ระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร จำแนกตามชนิด ... 72

ตารางที่ 15 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม) ที่พบในน้ำออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร จำแนกตามชนิด ... 73

ตารางที่ 16 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก จำแนกตามขนาด ... 83

ตารางที่ 17 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูแล้ง จำแนกตามขนาด ... 84

ตารางที่ 18 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก จำแนกตามลักษณะสัณฐาน ... 86

ตารางที่ 19 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูแล้ง จำแนกตามลักษณะสัณฐาน ... 87

ตารางที่ 20 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก จำแนกตามสี ... 90

ตารางที่ 21 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูแล้ง จำแนกตามสี ... 91

ตารางที่ 22 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก จำแนกตามชนิด ... 99

ตารางที่ 23 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูแล้ง จำแนกตามชนิด ... 100

ตารางที่ 24 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก จำแนกตามขนาด ... 108

ตารางที่ 25 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูแล้ง จำแนกตามขนาด ... 109

ตารางที่ 26 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก จำแนกตามลักษณะสัณฐาน ... 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 27 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูแล้ง จำแนกตามลักษณะสัณฐาน.......... 111

ตารางที่ 28 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก จำแนกตามสี.......... 114

ตารางที่ 29 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูแล้ง จำแนกตามสี.......... 115

ตารางที่ 30 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก จำแนกตามชนิด.......... 120

ตารางที่ 31 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูแล้ง จำแนกตามชนิด.......... 121

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ประเทศที่ขยะพลาสติกล้นทะเล 10 อันดับแรกของโลก (ศรีสิทธิ์ วงศ์วรจรรย์, 2565)......... 26

รูปที่ 2 เขตพื้นที่การรับน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง 38

รูปที่ 3 แผนผังของโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ของกรุงเทพมหานคร...................................... 39

รูปที่ 4 แผนที่ตำแหน่งเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติก จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำ 8 แห่ง (ดาวสีเหลือง) และแม่น้ำเจ้าพระยา (CPY1–CPY12) (จุดสีดำ) 40

รูปที่ 5 แผนที่แสดงลักษณะปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงของทะเลอ่าวไทยและอันดามัน 42

รูปที่ 6 เวลาที่เก็บตัวอย่างรอบน้ำขึ้นน้ำลง ณ สถานี CPY10 (Tide Charts Near Me Application, 2565).. 43

รูปที่ 7 ปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร 52

รูปที่ 8 ช่วงปริมาณของไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง 52

รูปที่ 9 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก จำแนกตามขนาด ที่พบในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง.................... 55

รูปที่ 10 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามลักษณะสัณฐาน........ 60

รูปที่ 11 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามสี 64

รูปที่ 12 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำจากโรงควบคุณภาพน้ำ ของกรุงเทพมหานคร จำแนกตามรูปร่างและชนิด 68

รูปที่ 13 ช่วงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่.......... 79

รูปที่ 14 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาในปี 2545 และ 2552 (สสนก., 2555) 80

รูปที่ 15 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ จำแนกตามขนาด 81

รูปที่ 16 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ จำแนกตามลักษณะสัณฐาน 85

รูปที่ 17 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกพบในน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยา กระจายตามพื้นที่ จำแนกตามสี 89

รูปที่ 18 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา กระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) จำแนกตามรูปร่างและชนิด 93

รูปที่ 19 ปริมาณไมโครพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง ที่สถานี CPY10 103

รูปที่ 20 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง จำแนกตามขนาด ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง 105

รูปที่ 21 แสดงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) และสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง จำแนกตามลักษณะสัณฐาน 107

รูปที่ 22 แสดงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) และสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง (สถานี CPY10) จำแนกตามสี 113

รูปที่ 23 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ณ สถานี CPY10 ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง จำแนกตามรูปร่างและชนิด 117

รูปที่ 24 ไมโครพลาสติกที่พบในขั้นตอนการควบคุมคุณภาพการทดลอง 123

รูปที่ 25 Roadmap การจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561 – 2573 (PCD, 2018) 127

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

พลาสติกมีการสังเคราะห์พลาสติกขึ้นครั้งแรกในทวีปยุโรปเมื่อปี 2393 (Geyer et al., 2017; PlasticsEurope, 2013; Zhong et al., 2018) ซึ่งในปัจจุบันพลาสติกเป็นมลพิษที่ถูกกล่าวถึงและได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากพลาสติกเป็นสารตั้งต้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตที่หลากหลาย เช่น บรรจุภัณฑ์ ชิ้นส่วนยานยนต์ เสื้อผ้า เฟอร์นิเจอร์ เวชภัณฑ์ และเครื่องมือแพทย์ (Boucher & Friot, 2017; Carr et al., 2016) จากสถิติการใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกพบว่า ในปี 2561 ทั่วโลกมีการผลิตพลาสติกถึง 359 ล้านตัน โดยกว่า 50% ถูกผลิตในทวีปเอเชีย และประมาณ 30% มาจากประเทศจีน (PlasticsEurope, 2019) พลาสติก แบ่งตามขนาดได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ มาโคร-พลาสติก (macroplastic) เป็นเศษพลาสติกที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.5 ซม. มีโซพลาสติก (mesoplastic) มีขนาดอยู่ในช่วง 5 มม.–2.5 ซม. และไมโครพลาสติก (microplastic) หมายถึงเศษพลาสติกที่มีขนาดในช่วง 1 ไมครอน–5 มม. (GESAMP, 2016; Jeyasanta et al., 2020)

ไมโครพลาสติกแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้ 2 ประเภท ประเภทแรก คือ ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (primary microplastic) ส่วนใหญ่ถูกผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลร่างกาย และเครื่องสำอาง (Andrady, 2011) เช่น เม็ดสครับในสบู่ ยาสีฟัน และครีมขัดผิว เป็นต้น อีกประเภท คือ ไมโคร-พลาสติกทุติยภูมิ (secondary microplastic) ซึ่งเกิดจากการแตกหักจากขยะพลาสติกขนาดใหญ่ ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation) การย่อยสลายด้วยแสง (photodegradation) และการย่อยสลายโดยความร้อน (thermal degradation) (Andrady, 2011) จนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 5 มม. (Masura et al., 2015) ซึ่งแหล่งที่มาของขยะพลาสติกเหล่านี้อาจมีทั้งจากกิจกรรมในทะเล (sea-based source) หรือจากแผ่นดิน (land-based source) (Jambeck et al., 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อมได้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญในประเทศไทย จากรายงานข่าวอ้างถึงข้อมูลจากเว็บไซต์ Euronews green ซึ่งได้เผยแพร่ข้อมูลสถิติเมื่อปี 2564 ระบุถึงประเทศที่มีขยะพลาสติกล้นทะเลสูงสุด พบว่าประเทศไทยทิ้งขยะพลาสติกออกสู่สิ่งแวดล้อมมากเป็นอันดับ 5 ของโลก (ศรีสิทธิ์ วงศ์วรจรรย์, 2565) ซึ่งส่วนใหญ่ขยะพลาสติกจากประเทศที่มีการเติบโตของเศรษฐกิจและการขยายตัวของชุมชนเมืองมักเป็นเป็นขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (single-

use plastics) ที่มาจากการผลิตภัณฑ์อุปโภคและบริโภค เนื่องจากขาดระบบการจัดการขยะที่ถูกต้อง ทำให้ทะเลกลายเป็นแหล่งสุดท้ายที่รองรับขยะเหล่านี้ (Sharma et al., 2019) อีกทั้งในปัจจุบันมีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่าไมโครพลาสติกส่วนหนึ่งในสิ่งแวดล้อมมาจากระบบบำบัดน้ำเสีย (Cao et al., 2020; Murphy et al., 2016) เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กมากจึงไม่สามารถถูกกำจัดได้ทั้งหมดด้วยระบบบำบัด ระบบบำบัดน้ำเสียจึงเป็นแหล่งกำเนิดที่ระบุตำแหน่งได้แน่นอน (point source) ของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม มีรายงานว่าระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครมีการปล่อยไมโครพลาสติกออกสู่สิ่งแวดล้อม ถึงวันละ 2.32×10^9 ชิ้น (Tadsuwan & Babel, 2021) ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีโรงบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ 8 แห่ง ครอบคลุมพื้นที่ 21 เขต คิดเป็น 45% ของพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร (สำนักการระบายน้ำ, 2563) ดังนั้นจึงมีน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัดอีกจำนวนมากที่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรงผ่านทางคลองต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร ทำให้คลองเป็นที่รวบรวมน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดที่มีไม่สามารถระบุตำแหน่งได้แน่นอน (non-point source) ของไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาก่อนจะไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทย

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายสำคัญของประเทศไทยที่ไหลผ่านตัวเมืองกรุงเทพมหานคร จึงเป็นแม่น้ำที่รองรับน้ำเสียจากชุมชนเมือง การเกษตร และโรงงานอุตสาหกรรม มีประชาชนกว่า 23 ล้านคนที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียงแม่น้ำเจ้าพระยา และอีก 8 ล้านคนเป็นประชาชนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร อีกทั้งบริเวณที่แม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ยังเป็นเขตน้ำกร่อยที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ให้ผลผลิตมากถึง 200,000 ตัน/ปี (Ta & Babel, 2020) ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้เป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม (Lv et al., 2019; Ngo et al., 2019)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็ก และใช้เวลาในการย่อยสลายนาน (GESAMP, 2016; Auta et al., 2017) จึงส่งผลให้ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมามีการสะสมของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น (Shen et al., 2020) ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่บริเวณชายฝั่ง ระบบนิเวศป่าชายเลน มวลน้ำในมหาสมุทร และภูเขาน้ำแข็ง (Bissen & Chawchai, 2020; Guzzetti et al., 2018; Ruiz-Orejón et al., 2016) จากงานวิจัยเกี่ยวกับไมโครพลาสติกที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะศึกษาในบริเวณทะเลชายฝั่งมากกว่าในระบบนิเวศน้ำจืด ถึงแม้ว่าไมโครพลาสติกในทะเลจะมีที่มาจากระบบนิเวศน้ำจืด แต่มีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่ากระบวนการน้ำขึ้นน้ำลงในแต่ละพื้นที่ส่งผลต่อปริมาณไมโครพลาสติกที่ส่งออกจากแม่น้ำลงสู่ทะเลอย่างมีนัยสำคัญ (Chinfak et al., 2021; Sukhsangchan et al., 2020)

มีการตรวจพบไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย และในสิ่งมีชีวิตนานาชนิด ตั้งแต่แพลงก์ตอนสัตว์ (Amin et al., 2020) ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับที่สองในห่วงโซ่อาหาร รวมทั้ง หอยเศรษฐกิจ (Abidli et al., 2019; Chinfak et al., 2021; Soe et al., 2022; อัจฉริยา สัมพันธ์พร, 2564) และปลาเศรษฐกิจ (Wu et al., 2020) ซึ่งไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น สามารถส่งผ่านมายังมนุษย์ได้ผ่านกระบวนการกิน (Li et al., 2015) อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันยังไม่สามารถระบุผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อมนุษย์ได้ (Browne et al., 2008) นอกจากนี้ยังตรวจพบไมโคร-พลาสติกในสัตว์ทะเลขนาดใหญ่ เช่น วาฬที่มีพฤติกรรมกรองกิน (Burkhardt-Holm & N'Guyen, 2019; Fossi et al., 2016) และวาฬเบลูกาที่อยู่ในกลุ่มวาฬมีฟัน (Moore et al., 2020) เป็นต้น ซึ่งได้รับไมโครพลาสติกจากการกลืนกินไมโครพลาสติกที่ลอยอยู่ในมวลน้ำ

ในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษาไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่เข้าสู่อ่าวไทย ซึ่งประกอบด้วย ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่สามารถระบุตำแหน่งได้ และไมโครพลาสติกที่มาจากแหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้ เพื่อนำมาคาดการณ์ปริมาณไมโครพลาสติกที่ไหลออกสู่อ่าวไทย ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่นำไปสู่การกำหนดมาตรการในการบริหารจัดการแก้ไขปัญหาขยะไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์

1. หาปริมาณไมโครพลาสติกจำแนกตามรูปร่าง สี ขนาด และชนิดในน้ำจากระบบจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำ ทั้ง 8 แห่ง ของของกรุงเทพมหานคร
2. หาปริมาณไมโครพลาสติกจำแนกตามรูปร่าง สี ขนาด และชนิดที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลผ่านเขตกรุงเทพมหานครก่อนลงสู่อ่าวไทย ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1. ไมโครพลาสติกในน้ำเสียจะมีปริมาณลดลง เมื่อน้ำผ่านกระบวนการบำบัด
2. สี รูปร่าง และชนิดไมโครพลาสติกสามารถคาดการณ์ที่มาของไมโครพลาสติกได้
3. ปริมาณไมโครพลาสติกเข้าสู่ทะเลอ่าวไทยในช่วงน้ำลงมากกว่าช่วงน้ำขึ้น

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาปริมาณ ลักษณะทางกายภาพ และชนิดของไมโครพลาสติกในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ศึกษาไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในมวลน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาที่เข้าสู่ตัวเมืองกรุงเทพมหานคร จนถึงบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดสมุทรปราการ
3. ศึกษาไมโครพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไปบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในรอบน้ำขึ้นน้ำลง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รู้ปริมาณ รูปร่าง สี และชนิดของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในระบบบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ของกรุงเทพมหานคร และมวลน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาก่อนออกสู่ทะเลอ่าวไทย
2. รู้ประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติกในมวลน้ำของระบบบำบัดน้ำเสีย
3. รู้สัดส่วนแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่พบสามารถประเมินสถานการณ์ของขยะไมโคร-พลาสติกในทะเลอ่าวไทยได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุตสาหกรรมพลาสติก

อุตสาหกรรมพลาสติกเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2393 โดยการนำพอลิเมอร์จากธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส มาผลิตเป็นแผ่นที่มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์ม ต่อมาในปี 2493 ได้มีการสังเคราะห์พลาสติกโดยกระบวนการโพลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) จากปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนได้สำเร็จ และมีชื่อทางการค้าว่าเบคิไลต์ (Bakelite) ซึ่งพลาสติกเป็นวัสดุที่มีความคงทนทำให้ต่อมานิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์สินค้าที่หลากหลาย ซึ่งในปีนั้นเองมีการผลิตพลาสติกมาใช้ประโยชน์มากกว่า 1.5 ล้านตัน (Geyer et al., 2017; Zhong et al., 2018) หลังจากนั้นปริมาณการผลิตพลาสติกของโลกได้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในปี 2503 และปี 2513 มีการผลิตพลาสติกกว่า 6.9 และ 30 ล้านตัน ตามลำดับ (Zhong et al., 2018) และในปี 2556 มีการใช้พลาสติกในการผลิตขาเทียม และอุปกรณ์การแพทย์อื่น ๆ ทำให้ราคาสินค้าทางการแพทย์ถูกลง และเข้าถึงได้มากขึ้น (PlasticsEurope, 2013) ซึ่งนับว่าพลาสติกมีส่วนช่วยในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์อย่างมาก

เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่สามารถใช้งานได้หลากหลาย ทำให้อุตสาหกรรมพลาสติกเป็นหนึ่งในภาคอุตสาหกรรมที่เติบโตเร็วที่สุดในโลก ส่งผลให้เกิดขยะพลาสติกจำนวนมาก ในระยะแรกขยะพลาสติกถูกกำจัดโดยการเผาทั้งหมด ซึ่งแนวคิดการรีไซเคิล (recycle) พลาสติกเริ่มขึ้นในปี 2533 ที่นำขยะพลาสติกไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังมีโครงสร้างทางเคมีคงเดิม หรือเรียกว่ากระบวนการแปรรูปพลาสติกเพื่อนำวัตถุดิบกลับมาใช้ใหม่ (waste-to-material) (Sharma et al., 2019) ต่อมาในปี 2558 พบว่ามีเพียง 20% ของขยะพลาสติกทั้งหมดที่ถูกรีไซเคิล อีก 25% ถูกกำจัดโดยการเผา และส่วนที่เหลือคิดเป็น 55% จะถูกทิ้งอย่างไม่ถูกวิธีและเข้าสู่สิ่งแวดล้อมและบางส่วนออกสู่ทะเลในที่สุด ทำให้ขยะพลาสติกปริมาณมากตกค้างในทะเลจนก่อให้เกิดปัญหาขึ้นในวงกว้าง (Oktavilia et al., 2020)

2.2 ชนิดพลาสติก

การจำแนกพลาสติกสามารถจำแนกได้ 2 แบบ คือ จำแนกตามสมบัติทางความร้อน และจำแนกตามสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก (Society of Plastics Industry: SPI) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 จำแนกพลาสติกตามสมบัติทางความร้อน

โดยทั่วไป สมบัติของพอลิเมอร์ขนาดใหญ่จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ซึ่งจะจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) และเทอร์โมเซตติง (thermosetting) ตามการศึกษาของ Ebewele (2000) รายงานว่าความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมพลาสติกเกิดขึ้นหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ในปี 2493 ซึ่งสามารถควบคุมสมบัติของพอลิเมอร์ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้ การจำแนกประเภทของพอลิเมอร์โดยอาศัยการตอบสนองต่อความร้อน มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1) เทอร์โมพลาสติก

โครงสร้างของโมเลกุลเป็นแบบเส้นตรง (linear molecules) และกิ่งสั้น ๆ (branched molecules) เป็นพอลิเมอร์ที่จะอ่อนตัวและหลอมเหลวกลายเป็นยางอีลาสโตเมอร์ (rubbery elastomer) เมื่อได้รับความร้อน และแข็งตัวเมื่อเย็นตัวลงตามรูปร่างของแม่พิมพ์โดยโครงสร้างของโมเลกุลไม่แตกสลาย จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความแข็งแรง มีความเหนียวสูง ทนต่อความร้อน และสามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ เทอร์โมพลาสติกยังเป็นพอลิเมอร์ที่นิยมนำมารีไซเคิลโดยกระบวนกวนบด และการหลอมขึ้นรูปใหม่ ซึ่งพอลิเมอร์ชนิดนี้มักถูกสร้างโดยการสังเคราะห์แบบรวมตัว (addition) หรือควบแน่น (condensation) โดยเทอร์โมพลาสติกที่นิยมนำมารีไซเคิลมีหลายชนิด ได้แก่ PE (polyethylene) PP (polypropylene) PA (polyamide) และ PET (polyethylene terephthalate) เป็นต้น (Ebewele, 2000) พอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกจึงมีการแสดงรหัส SPI เพื่อให้ง่ายต่อการแยกประเภทก่อนการรีไซเคิล (ตารางที่ 1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) เทอร์โมเซตติง

โครงสร้างของโมเลกุลเป็นแบบร่างแห (cross-linked systems) โดยพันธะโควาเลนซ์ (covalent bond) ระหว่างร่างแหของโมเลกุล เป็นพอลิเมอร์ที่เมื่อสัมผัสกับความร้อนหรือความดัน โครงสร้างของโมเลกุลจะเปลี่ยนแปลงไป และเมื่อสัมผัสกับความเย็นจะคืนรูปได้ยาก แม้เทคโนโลยีการผลิตจะพัฒนาขึ้นแล้วก็ตาม จึงทำให้พลาสติกประเภทเทอร์โมเซ็ตติงถูกนำมารีไซเคิลได้ยาก พลาสติกประเภทเทอร์โมเซ็ตติง ได้แก่ ABS (acrylonitrile butadiene styrene) ฟีนอลิกเรซิน (phenolic resins) อีพ็อกซีเรซิน (epoxy resins) พอลิเอสเตอร์ (polyester) ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (phenol-formaldehyde) และเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ (melamine-formaldehyde) เป็นต้น (Ebewele, 2000)

2.2.2 จำแนกพลาสติกตามสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก

เนื่องจากพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้หลากหลายทั้งในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ วัสดุก่อสร้าง ชิ้นส่วนยานยนต์และการแพทย์ ในปี 2531 ทางสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก ได้กำหนดรหัส SPI (SPI code) หรือหมายเลขบนผลิตภัณฑ์พลาสติกที่พบได้ทั่วไปที่พบได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้บริโภคทราบถึงชนิดของพลาสติกและง่ายต่อการแยกประเภทเพื่อนำไปรีไซเคิล ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์ลูกศรวนรอบตัวเลข 1–7 และมีชื่อย่อภาษาอังกฤษของชนิดพลาสติกระบุไว้ด้านล่าง ดังแสดงในตารางที่ 1 (ธนิษฐา ภูลวรรณ, 2559)

2.2.3 ชื่อพอลิเมอร์พลาสติกและชื่อย่อ

พอลิเมอร์ไมโครพลาสติกที่พบในงานวิจัย และคำย่อ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) “AC” หมายถึง อะคลิริก (acrylic)
2) “PA” หมายถึง พอลิเอไมด์ (polyamide)
3) “PC” หมายถึง พอลิคาร์บอเนต (polycarbonate)
4) “PE” หมายถึง พอลิเอทิลีน (polyethylene)
5) “PET” หมายถึง พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate)
6) “PF” หมายถึง ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (phenol–formaldehyde)
7) “PL” หมายถึง พอลิเอสเตอร์ (polyester)
8) “PP” หมายถึง พอลิโพรพิลีน (polypropylene)
9) “PS” หมายถึง พอลิสไตรีน (polystyrene)
10) “RY” หมายถึง เรยอน (rayon)
11) “SEBS” หมายถึง สไตรีน-เอทิลีนบิวทิลีน-สไตรีน (styrene-ethylene-butylene-styrene)
12) “TPU” หมายถึง เทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทน (thermoplastic polyurethane)
13) “others” หมายถึง พลาสติกชนิดอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวไปแล้ว ซึ่งพบในขั้นตอนการวิเคราะห์ชนิดพอลิเมอร์แต่มีปริมาณน้อย เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol: PVA), เรซินพอลิเฮกเซน (resin polyhexane), ผ้าคอตตอน (coton), ผ้าไหม (silk) และ พาราฟินแว็กซ์ (parrafin wax) ซึ่งยังรวมถึงไมโครพลาสติกที่เป็นชื่อเฉพาะทางการค้าและเม็ดสีบนผิวพลาสติก เช่น Isosynth VX 100 BF และ pigment yellow 53 เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติก คือ พลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มม. (GESAMP, 2010) ซึ่งเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จัดเป็นนาโนพลาสติก (nanoplastics) (Gigault et al., 2018) ไมโคร-พลาสติกและนาโนพลาสติกเกิดจากกระบวนการผลิตที่ต้องการสร้างให้มีขนาดเล็ก หรืออาจเกิดจากการแตกหักของขยะพลาสติกขนาดใหญ่

IUCN (International Union for Conservation of Nature) ได้แบ่งไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมออกเป็น 2 ชนิดตามต้นกำเนิด คือ ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (primary microplastic) และไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (secondary microplastic) (Boucher & Friot, 2017)

2.3.1 ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ

ไมโครพลาสติกปฐมภูมิเป็นไมโครพลาสติกที่ถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรงในรูปของพลาสติกที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเล็กกว่า 5 มม. (Boucher & Friot, 2017) ซึ่งเป็น ไมโครพลาสติกที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่ต้องการใช้พลาสติกขนาดเล็กเพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์ในการใช้งานประเภทต่าง ๆ ซึ่งพบได้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกาย (Murphy et al., 2016) นอกจากนี้ไมโครพลาสติกปฐมภูมิยังอาจเกิดจากการเสียดสีของวัสดุพลาสติกที่อนุภาคขนาดใหญ่ในระหว่างกระบวนการผลิต การใช้งาน และการซ่อมบำรุงได้ เช่น การสึกกร่อนของยางรถยนต์ขณะขับขี่ และการเสียดสีของสิ่งทอในระหว่างกระบวนการซักล้าง เป็นต้น (Boucher & Friot, 2017)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.2 ไมโครพลาสติกทุติยภูมิ

ไมโครพลาสติกทุติยภูมิเกิดจากการแตกหักจากเศษพลาสติกขนาดใหญ่จนมีขนาดเล็กกว่า 5 มม. เมื่อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม (Boucher & Friot, 2017) ผ่านกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพโดยกระแสลมและกระแสน้ำ (Murphy et al., 2016) หรือถูกย่อยสลายทางชีวภาพ โดยการกัดกินของสิ่งมีชีวิต หรือถูกย่อยสลายทางเคมี โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยมีแสงเป็นตัวกระตุ้น (photo-oxidation) ซึ่งปลายทางของไมโครพลาสติกก็คือทะเล โดยพบว่า 80% ของไมโครพลาสติกในทะเลมีแหล่งกำเนิดจากบนแผ่นดิน (Jambeck et al., 2015) เช่น น้ำทิ้งชุมชน (Auta et al., 2017) และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Kataoka et al., 2019) เป็นต้น อีก 20% มีแหล่งที่มาจากกิจกรรมที่เกิดในทะเล (Jambeck et al., 2015)

ไมโครพลาสติกทุติยภูมิอาจเกิดจากการจัดการขยะที่ไม่ถูกต้อง เช่น การทิ้งถุงพลาสติกในแหล่งน้ำ หรือการทิ้งวัสดุพลาสติกโดยไม่ได้ตั้งใจ เช่น อวนในทะเล เป็นต้น (Boucher & Friot,

2017) ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบในสิ่งแวดล้อมมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ (< 1.0 กรัม/ลบ.ซม.) เช่น PP, LDPE และ HDPE มีความหนาแน่น 0.83–0.85, 0.91–0.93 และ 0.94–0.97 กรัม/ลบ.ซม. ตามลำดับ แต่ยังมีไมโครพลาสติกบางชนิดที่มีความหนาแน่นมากกว่า 1.0 กรัม/ลบ.ซม. เช่น PS และ PVC มีความหนาแน่นประมาณ 1.05 และ 1.38 กรัม/ลบ.ซม. ตามลำดับ (Andrady, 2011) จากความหนาแน่นที่แตกต่างกันของไมโครพลาสติกจึงทำให้ไมโครพลาสติกสะสมตัวอยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย ทั้งล่องลอยอยู่ในมวลน้ำและสะสมในดินตะกอน (Murphy et al., 2016)

2.4 ไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม

Carpenter et al. (1972) รายงานการพบไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมเป็นครั้งแรกที่ชายฝั่งนิวอิงแลนด์ (New England) ประเทศสหรัฐอเมริกา Jambeck et al. (2015) ประเมินในปี 2553 ประชากร 6.4 พันล้านคนใน 192 ประเทศริมทะเล (93% ของประชากรโลก) ก่อให้เกิดขยะขึ้น 2.5 พันล้านตัน ในจำนวนนี้เป็นขยะพลาสติก 275 ล้านตัน ซึ่งถูกพาออกสู่ทะเลถึง 4.8–12.7 ล้านตัน ในปี 2553 ตัวเลขจากการอ้างอิงโดย IUCN เปิดเผยว่าขยะพลาสติกจำนวน 8 ล้านตัน จะลงเอยในมหาสมุทรทุกปี ซึ่งส่งผลกระทบร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ สุขภาพของมนุษย์ รวมถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในปี 2564 ประเทศที่ทิ้งขยะพลาสติกลงทะเลมากที่สุด 10 อันดับแรกของโลก คือ ได้แก่ อินเดีย จีน อินโดนีเซีย บราซิล ไทย เมกซิโก อียิปต์ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหราชอาณาจักร (รูปที่ 1) โดยไทยทิ้งขยะพลาสติกลงทะเลถึง 22.8 ล้านกิโลกรัม/ปี จัดเป็นอันดับ 5 ของโลก แต่ถ้าคิดต่อหัวประชากรต้องจัดว่าประเทศไทยทิ้งขยะพลาสติกลงทะเลสูงกว่าอีก 4 ประเทศ ซึ่งล้วนแต่มีประชากรเกิน 100 ล้านคน เมื่อนำมาเทียบกับตัวเลขปริมาณขยะพลาสติกรายปีที่มากที่สุดของโลก 10 อันดับ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา (42 ล้านตัน) อินเดีย (26.3 ล้านตัน) จีน (21.5 ล้านตัน) บราซิล (10.6 ล้านตัน) อินโดนีเซีย (9.1 ล้านตัน) รัสเซีย (8.4 ล้านตัน) เยอรมนี (6.6 ล้านตัน) สหราชอาณาจักร (6.4 ล้านตัน) เมกซิโก (5.9 ล้านตัน) และญี่ปุ่น (4.8 ล้านตัน) ซึ่งไม่มีประเทศไทย บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการจัดการขยะพลาสติกของประเทศไทยว่ายังอยู่ในระดับต่ำ มีรายงานว่าขยะพลาสติกทั้งหมดที่ออกสู่สิ่งแวดล้อม มากกว่า 67% มาจากกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนาในทวีปเอเชีย ที่มีการจัดการขยะอย่างไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล (Lebreton et al., 2017)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 สรุปชนิดของพลาสติกตามรหัส SPI

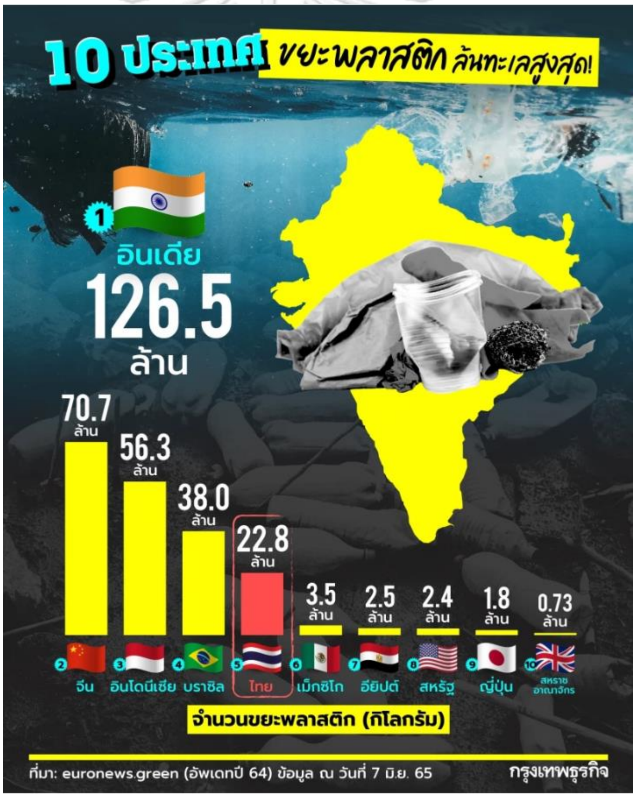
รหัส SPI	ชนิดพลาสติก	สมบัติ	ผลิตภัณฑ์	ผลิตภัณฑ์รีไซเคิล
1 PETE	PETE หรือ PET (Polyethylene Terephthalate)	– แข็ง ไม่มีสี – ยืดหยุ่น – รองรับแรงกระแทกได้ดี	ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำมันพืช ขวดน้ำสลัด กระปุกแยม กระปุกยา เชือก หวี เสื้อผ้า แผ่นฟิล์ม ใยสังเคราะห์ในหมอน และเส้นใยพรม	สิ่งทอ พรม ปลอกหมอน เสื้อชูชีพ กล่องเก็บของ ถุงนอน เสื้อกันหนาว กระเป๋าเดินทาง อะไหล่รถยนต์ และใบเรือ
2 HDPE	HDPE (High Density Polyethylene)	– จุดหลอมเหลวต่ำ – เหนียว ใส ยืดยุ่นดี – ป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซ	ภาชนะใส่นม น้ำมันเครื่อง แชมพู สบู่ ครีมนวดผม ผงซักฟอก น้ำมันเครื่อง น้ำยาซักผ้า และน้ำยาฟอกผ้าขาว รวมทั้ง ถุงพลาสติกหูหิ้ว และถุงขยะ	ลัง รั้ว และไม้แปรรูปพลาสติก
3 V	PVC (Polyvinyl Chloride)	– แข็ง เปราะ ใส – ทนต่อสารเคมี – ไม่ทนความร้อน	ท่อน้ำประปา ท่อเดินสายไฟ กรอบประตู กรอบหน้าต่าง สายยางใส กรวยจราจร รางน้ำ เฟอร์นิเจอร์ เบาะรถยนต์ ฉนวนหุ้มสายไฟ บัตรเครดิต กระเป๋าผ้า กระเบื้อง และฟิล์มถนอมอาหาร	วัสดุปูพื้นบ้าน แผ่นไม้ประกบเชิงผนังนอกบ้านสำเร็จรูปส่วนล่างที่ติดกับพื้น (mobile home skirting)
4 LDPE	LDPE (Low Density Polyethylene)	– ทนทาน – ยืดหยุ่นดี	ฟิล์มถนอมอาหาร ขวดบีบ ถุงบรรจุขนมปัง ถุงห่อแซนวิช ถุงปุ๋ย กระสอบ ถุงพลาสติกหูหิ้ว บรรจุภัณฑ์อาหารแช่แข็ง และเฟอร์นิเจอร์	ถังขยะ และไม้แปรรูปพลาสติก
5 PP	PP (Polypropylene)	– ความหนาแน่นต่ำและขึ้นรูปง่าย – เนื้อโปร่งและเบา – ขึ้นรูปง่าย แข็ง และเหนียว – ทนต่อสารเคมี – ทนความร้อนได้ดี แต่น้อยกว่า PE – ไม่ทนต่อความเย็น	ถุงร้อน กล่องบรรจุอาหาร ขวดน้ำเชื่อม ขวดนมเด็ก ผ้าอ้อม ฝาขวดน้ำดื่ม ไม้กวาดพลาสติก กล่องแบตเตอรี่ ภาชนะโยเกิร์ต ภาชนะบรรจุอาหารแบบใช้แล้วทิ้ง และชิ้นส่วนยานยนตร์	อุปกรณ์ขูดหิมะ คราดพลาสติก และสายแบตเตอรี่

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รหัส SPI	ชนิดพลาสติก	สมบัติ	ผลิตภัณฑ์	ผลิตภัณฑ์รีไซเคิล
6 PS	PS (Polystryrene)	– ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง – รีไซเคิลยาก	กล่องโฟมบรรจุอาหาร ลังไข่ ถ้วยกาแฟ ช้อนส้อมพลาสติก เม็ดโฟมกันกระแทก และแผงสวิตช์ไฟ	ฉนวนกันความร้อน กรอบป้ายทะเบียนรถ และไม้บรรทัด
7 OTHER	อื่น ๆ เช่น PC (polycarbonate) และพลาสติกชีวภาพ เช่น PLA (polylactic acid:), PA (polyamide), AC (acrylic), สไตรีนอะคริโลไนไตรล์ (styrene acrylonitrile), PL (polyester)	– รีไซเคิลยาก	ภาชนะทางการแพทย์ ขวดนมเด็ก แว่นตา แผ่นซีดีและดีวีดี ปากกา โคมไฟส่องสว่าง และหมวกนิรภัย	ไม้แปรรูปพลาสติก ซึ่งมักใช้งานกลางแจ้ง เช่น ชุดโต๊ะสนาม และม้านั่งในสวนสาธารณะ

ที่มา: ธนิษฐา ภูลวรรณ (2559); พัชญทัพห์ กิณเรศ และคณะ (2562); Mertes (2019)

นอกจากนี้ ยังพบว่าไมโครพลาสติกที่ตกค้างในทะเลยังมาจากสินค้าอุปโภคบริโภคและอุปกรณ์ประมง (Horton & Dixon, 2017) การที่ไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กและเบาจึงพบกระจายไปทั่วในสิ่งแวดล้อม (Murphy et al., 2016) เช่น ดินตะกอนชายฝั่งทะเลไทย (Bissen & Chawchai, 2020; Chinfak et al., 2021; Jiwarungrueangkul et al., 2021; ปิ่นมนัส บูชา, 2562) น้ำทะเล (Chinfak et al., 2021; Ruiz-Orejón et al., 2016) ป่าชายเลน (Li et al., 2019) และภูเขาน้ำแข็ง (Guzzetti et al., 2018) แม้แต่ในหินภูเขาไฟ (Pradit et al., 2022) หรือดินตะกอนจากทะเลลึก (Barrett et al., 2020; Cordova & Wahyudi, 2016; Courtene-Jones et al., 2020; Cunningham et al., 2020; Van Cauwenberghe et al., 2013; Woodall et al., 2014; D. Zhang et al., 2020) เป็นต้น



รูปที่ 1 ประเทศที่ขยะพลาสติกล้นทะเล 10 อันดับแรกของโลก (ศรีสิทธิ์ วงศ์วรจรรย์, 2565)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของไมโครพลาสติก ได้แก่ ความหนาแน่นของน้ำและของไมโครพลาสติก การแตกหักของไมโครพลาสติก (Rezania et al., 2018) ลักษณะของไมโครพลาสติกและกิจกรรมของมนุษย์ (Barrett et al., 2020; Cordova & Wahyudi, 2016) นอกจากนี้ยังมีปัจจัย

ทางธรรมชาติร่วมด้วย เช่น กระแสลม กระแสน้ำ (Murphy et al., 2016) และลักษณะพื้นท้องทะเล (Barrett et al., 2020)

การสืบหาแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่พบในสิ่งแวดล้อม อาจศึกษาได้จากรูปร่าง สี และการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่บริเวณใกล้เคียง เช่น ชิ้นส่วนไมโครพลาสติกที่ไร้รูปแบบ สีน้ำเงิน ชนิด PL ที่พบมากที่สุดในดินตะกอนบริเวณทวีปแอนตาร์กติกา (Antarctica) และมหาสมุทรในซีกโลกใต้ (Southern Ocean) เป็นพลาสติกประเภทที่ใช้ในการผลิตอุปกรณ์การประมง (Cunningham et al., 2020) ไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในดินตะกอนมาจากกิจกรรมของมนุษย์ (Cordova & Wahyudi, 2016) โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก (Barrett et al., 2020) งานวิจัยของ Cordova and Wahyudi (2016) พบการสะสมของไมโครพลาสติกในดินตะกอนจากช่องแคบซุนดา (Sunda Strait) ปลายเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย มากที่สุดที่ความลึก 88.5 เมตร ซึ่งบริเวณนี้มีการสัญจรของเรือจำนวนมาก งานวิจัยของ Jiwarungrueangkul et al. (2021) รายงานว่า บริเวณชายฝั่งตะวันตกของจังหวัดภูเก็ตพบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมากที่สุด ทั้งในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง โดยคาดว่ามีที่มาจากคลองบางใหญ่ที่ไหลผ่านชุมชนเมือง ก่อนไหลลงสู่ทะเลอันดามัน

ไมโครพลาสติกที่ลงสู่ทะเล บางส่วนถูกพาออกสู่ทะเลเปิด จากงานวิจัยหลายชิ้นที่ตรวจพบไมโครพลาสติกในดินตะกอนทะเลลึก ไมโครพลาสติกเหล่านี้ถูกพาลงสู่ทะเลลึกโดยการส่งผ่านไปพร้อมกับซากอินทรีย์ขนาดเล็กที่ตกลงมาสู่ทะเลลึก (marine snow) ซึ่ง PE และ PP ที่มีความหนาแน่นต่ำ ปกติมักพบในน้ำผิวหน้าก็ยังสามารถพบในดินทะเลลึกได้ เนื่องจากการรวมตัวกันระหว่างไมโครพลาสติกและสารอินทรีย์ในทะเล ทำให้ไมโครพลาสติกดังกล่าวถูกขนส่งมายังทะเลลึก (Van Cauwenberghe et al., 2013) ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะระบุแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่พบในทะเลลึก และในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในทะเลลึก

2.5 ไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำ

เนื่องจากไมโครพลาสติกมีน้ำหนักเบาและคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน ทำให้กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้อย่างกว้างขวาง แม้แต่ในสิ่งมีชีวิต เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ (Amin et al., 2020; Payton et al., 2020) หอยเศรษฐกิจ (พรนภา แซ่ลี้ และคณะ, 2564; อัจฉรียา สัมพันธ์พร, 2564; Abidli et al., 2019; Chinfak et al., 2021) ปลาเศรษฐกิจ (Wu et al., 2020) ปลาทะเล (Soe et al., 2022) และวาฬ (Fossi et al., 2016; Moore et al., 2020) เป็นต้น เนื่องจากความหนาแน่นที่แตกต่างกันของไมโครพลาสติกแต่ละชนิด จึงทำให้กระจายตัวอยู่ในระดับน้ำที่มีความลึกต่างกัน หรือแม้แต่ในดิน

ตะกอน (Murphy et al., 2016) ด้วยเหตุที่ไมโครพลาสติกสะสมในตัวกลางสิ่งแวดล้อมที่หลากลาย จึงสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตได้ง่าย จนส่งผ่านมายังมนุษย์ผ่านการบริโภคอาหารทะเล (Yang et al., 2015)

การประมงเป็นอาชีพที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งประมงจับและประมงเพาะเลี้ยง เครื่องมือที่ใช้ในการประมงมีความหลากหลายสูง ซึ่งเครื่องมือประมงเหล่านี้ก็อาจเป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติก ปี 2563 ผลผลิตประมงในน่านน้ำอ่าวไทยสูงถึง 781,891 ตัน (มูลค่า 28,125 ล้านบาท) (กรมประมง, 2563) สัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทยที่มีการเพาะเลี้ยงตามชายฝั่ง ได้แก่ กุ้งทะเล ปลากะพง ปลากะรัง หอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่ (กรมประมง, 2563) การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำเหล่านี้จึงสามารถถูกส่งผ่านไมโครพลาสติกมายังมนุษย์

จากการศึกษาพฤติกรรมการกินของปลานอกปากอ่าวปัตตานีที่จับโดยอวนลอย (gill net) พบขยะในกระเพาะอาหาร 1964 ตัว (12 ชนิด) จาก 3,236 ตัว (34 ชนิด) ที่กระเพาะมีเศษอาหารหลงเหลืออยู่ จากการสุ่มศึกษา 67 ตัวอย่าง (คิดเป็น 3.4% ของปลาที่พบขยะในกระเพาะอาหาร) พบขยะจำนวน 2477 ชิ้น (เฉลี่ย 1.30±9.5 ชิ้น/ตัว) โดยปลาที่กินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร (planktivorous fish) จะพบขยะในกระเพาะมากกว่าปลากินเนื้อ (piscivorous fish) โดยพบเป็นเส้นใยและถุงพลาสติก สีที่พบมากที่สุดของขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 3 มม. คือ สีน้ำเงิน > เขียว > แดง > ดำ > ขาว รูปร่างที่พบมากที่สุด คือ เส้นใย อาจเนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำได้ดี และมีลักษณะคล้ายอาหารของปลา นอกจากนี้ ยังพบไมโครพลาสติกในกระเพาะมากในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นฤดูฝนของทางภาคใต้ ที่พาเอาไมโครพลาสติกจากแผ่นดินลงสู่ทะเลได้มากกว่าฤดูแล้ง (Soe et al., 2022) งานวิจัยของ Zhang et al. (2020) พบว่ามีไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย สีแดง สีดำ และสีน้ำเงิน ในสัตว์หน้าดิน (benthic organism) ที่อาศัยอยู่ที่ทะเลลึกทางตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก ได้แก่ ไครนอยด์ (Crinoidea) โอฟิยูรอยด์ (Ophiuroidea) และแกมมาริเดีย (Gammaridea)

ดังนั้นจึงมีการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีทางชีวภาพ (bioindicator) เพื่อบ่งบอกถึงการสะสมตัวของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น หอยแมลงภู่เป็นดัชนีทางชีวภาพที่ดี เนื่องจากมีการกระจายอย่างกว้างขวาง มีบทบาทสำคัญทางนิเวศวิทยา (vital ecological niche) และสามารถส่งผ่านไมโครพลาสติกมายังมนุษย์ได้ (Li et al., 2019) จึงมีหลายงานวิจัยได้เลือกใช้หอยเป็นดัชนีทางชีวภาพเพื่อบ่งชี้ถึงไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น พรนภา แซ่ลี้ และคณะ (2564) พบไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในหอยแมลงภู่และหอยนางรม จากตลาดประมงขนาดใหญ่ จังหวัดชลบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จำนวน 46.60±15.70 และ 49.60±10 ชิ้น/ตัว ตามลำดับ อัจฉริยา สัมพันธ์พร (2564) ได้ศึกษาไมโครพลาสติกในหอยสองฝา (หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยแครง และหอยตลับ) ที่เพาะเลี้ยงใน 6 จังหวัด ชายฝั่งอ่าวไทย (ชลบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ชุมพร และสุราษฎร์ธานี) พบว่าไมโครพลาสติกที่พบส่วนใหญ่มีขนาด 100–500 ไมครอน และส่วนใหญ่มักเป็นเส้นใย ปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 1.87±0.86 ชิ้น/ตัว โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด พบที่สมุทรสาครและชลบุรี ตามลำดับ และงานวิจัยของ Chinfak et al. (2021) ศึกษาในหอยแมลงภู่และหอยแครง จากอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าไมโครพลาสติก 1–13 และ 0–6 ชิ้น/ตัว ในหอยแมลงภู่ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ตามลำดับ และ 0–3 และ 0–2 ชิ้น/ตัว ในหอยแครงขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้ จะเห็นว่าพบไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ (อาศัยอยู่ในมวลน้ำและกรองกินแพลงก์ตอนในมวลน้ำเป็นอาหาร) มากกว่าหอยแครงที่ (อาศัยอยู่กับดินตะกอน กรองกินสารอินทรีย์จากมวลน้ำเหนือดินตะกอน)

2.6 ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกที่ส่งผลต่อการเลือกกินของสิ่งมีชีวิต

นอกจากปริมาณที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมแล้ว ลักษณะทางกายภาพบางประการของไมโคร-พลาสติกยังส่งผลต่อการเลือกกินของสิ่งมีชีวิตด้วย ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก ได้แก่ ขนาด สี และความหนาแน่น (Wright et al., 2013) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6.1 ขนาดของไมโครพลาสติก

Vroom et al. (2017) ได้ทดลองใช้ไมโครบีดส์เรืองแสง 2 ขนาด (15 และ 30 ไมครอน) เป็นอาหารให้กับแพลงก์ตอนสัตว์ 3 ชนิด คือ *Acartia longiremis*, *Pseudocalanus spp.* และ *Calanus finmarchicus* พบว่า *A. longiremis* จะกินแต่ไมโครพลาสติกขนาด 15 ไมครอน เท่านั้น ขณะที่ *C. finmarchicus* และ *Pseudocalanus spp.* ไม่มีการกลืนกินไมโครพลาสติกเลยตลอดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าแพลงก์ตอนสัตว์มีแนวโน้มจะเลือกกินไมโครพลาสติกขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่อาจเป็นเพราะง่ายต่อการกินมากกว่าไมโครพลาสติกขนาดใหญ่ ซึ่งการศึกษานี้ไม่สามารถเปรียบเทียบกับการกลืนกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ในสิ่งแวดล้อมได้โดยตรง เนื่องจากแพลงก์ตอนสัตว์ในสิ่งแวดล้อมจะกินไมโครพลาสติกแตกต่างกันออกไปตามองค์ประกอบของไมโคร-พลาสติกในน้ำทะเล (Sun et al., 2017)

2.6.2 สีของไมโครพลาสติก

สีของไมโครพลาสติกมีผลต่อการเลือกกินของสิ่งมีชีวิตเนื่องจากมันจะเลือกกินไมโครพลาสติกที่มีสีคล้ายเหยื่อ (Wright et al., 2013) จากงานวิจัยของ Carpenter et al. (1972) พบว่าปลาบริเวณอ่าวนีแอนติค (Niantic Bay) เขตนิวอิงแลนด์ (New England) ประเทศสหรัฐอเมริกาจะกลืนกินเฉพาะไมโครพลาสติกชนิด PS ที่มีสีขาวขุ่นเท่านั้น

2.6.3 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติก

ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกบ่งชี้ความลึกที่ไมโครพลาสติกจะอยู่ในมวลน้ำได้ (Wright et al., 2013) ไมโครพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น PE (0.83-0.97 กรัม./ลบ.ซม.) (Andrady, 2011) จะสะสมอยู่บริเวณน้ำทะเลระดับผิว ทำให้สิ่งมีชีวิตที่มีพฤติกรรมการกินแบบกินแพลงก์ตอนเป็นอาหาร (planktivores) พวกกรองกิน (filter feeders) และพวกที่กินอาหารที่แขวนลอยอยู่ในมวลน้ำ (suspension feeders) มีโอกาสที่จะกลืนกินไมโครพลาสติกชนิด PE มากกว่าชนิดอื่น (Wright et al., 2013) นอกจากนี้ไมโครพลาสติกที่มีความหนาแน่นมากมีแนวโน้มสะสมในดินตะกอนมากกว่าในมวลน้ำ เช่น PVC (1.38 กรัม/ลบ.ซม.) ทำให้สัตว์หน้าดิน (benthos) มีโอกาสกลืนกินมากกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น (Andrady, 2011; Wright et al., 2013)

2.7 ผลกระทบจากไมโครพลาสติก

สมบัติของไมโครพลาสติกเหมือนกับพลาสติกขนาดใหญ่ชนิดเดียวกันทุกประการ แต่เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กจึงสามารถกระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมได้โดยง่ายและมักจะปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร (Auta et al., 2017; Baechler et al., 2020) งานวิจัยที่ผ่านมาบ่งชี้ว่าไมโครพลาสติกส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตนานาชนิด เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ (Setälä et al., 2014) หอยสองฝา (Chinfak et al., 2021) ปลาน้ำจืด (Kasamesiri & Thaimuangphol, 2020) ปลาและหอยเศรษฐกิจ (Baechler et al., 2020) ปูชายหาด (Watts et al., 2014) และแมวน้ำ (Nelms et al., 2018) เป็นต้น Lu et al. (2016) ได้ศึกษาผลของไมโครพลาสติกประเภทเม็ดกลมชนิด PS กับปลาม้าลาย (Zebrafish: *Danio rerio*) พบว่าไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอนมีการสะสมในเหงือก ลำไส้ และตับ ซึ่งส่งผลพบสัญญาณของตับอักเสบและมีการสะสมไขมันในตับทำให้เมตาบอลิคโปรไฟล์ของตับ (liver metabolomics profile) เปลี่ยนแปลง ยังมีอีกหลายงานวิจัยที่รายงานว่าไมโครพลาสติกมีผลต่อปลา เช่น ยับยั้งการเคลื่อนไหวของตัวอ่อน ชีวเคมีในเลือดเปลี่ยนแปลง การแสดงออกของยีนเกี่ยวกับการสืบพันธุ์เปลี่ยนแปลงไป อัตราการตายของตัวอ่อนเพิ่มขึ้น น้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของตัวอ่อนลดลง การผลิตไข่ของตัวเมียลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เปลี่ยนพฤติกรรมการกิน รูปร่างและน้ำหนักของสมองเปลี่ยนไป การเผาผลาญลดลง สารต้านอนุมูลอิสระลดลง อัตราการเต้นของหัวใจลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในลำไส้ (Karami et al., 2017; Mattsson et al., 2014; Pitt et al., 2018) ดังนั้นผลจากการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม อาจส่งผลต่อระบบนิเวศ ความอุดมสมบูรณ์ทางชีวภาพ และเศรษฐกิจ (Lusher et al., 2015)

นอกจากนี้ยังพบว่าไมโครพลาสติกยังส่งผลต่อสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืช โดยยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโต เนื่องจากไมโครพลาติกทำให้สาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชอยู่ในสภาวะเครียด และแสดงออกโดยการลดขนาดและปริมาณคลอโรฟิลด์ (chlorophyll) (Wu et al., 2019; Zhang et al., 2017) งานวิจัยของ Bhattacharya et al. (2010) รายงานว่าไมโครพลาสติกชนิด PS ยับยั้งการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำจืดชนิด *Chlorella pyrenoidosa* โดยยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสง และยังก่อความเสียหายกับเยื่อหุ้มเซลล์ ไพรีนอยด์ (pyrenoids) และไทลาคอยด์ (thylakoid) อีกด้วย

มีรายงานการการตรวจพบมลพิษอินทรีย์ที่คงอยู่ได้นาน (Persistence Organic Pollutants: POPs) และโลหะหนักในไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ Mato et al. (2001) ตรวจพบ PCBs (polychlorinated biphenyls) DDE (dichlorodiphenyltrichloroethane) และ NP (nonylphenols) ในไมโครพลาสติกทรงกลมชนิด PP ซึ่งเป็นเรซินที่พบกระจายอยู่บริเวณชายฝั่งของประเทศญี่ปุ่น โดยไมโครพลาสติกดูดซับ PCBs และ DDE จากน้ำทะเล เนื่องจากพลาสติกมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และ POPs เป็นสารมลพิษอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำที่คงอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานาน ดังนั้น พื้นผิวของไมโครพลาสติกจึงสามารถดูดซับ POPs ไว้ได้ปริมาณมาก (Ivar do Sul & Costa, 2014) นอกจากนี้ PS และ PVC ชนิดเม็ดกลม ดูดซับโลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ที่มาจากสีทากันเพรียง (antifouling paint) อีกด้วย (Brennecke et al., 2016)

ในกระบวนการผลิตพลาสติกต้องใช้สารเติมแต่ง (additives) และสารปรับปรุงคุณภาพ (modifier) เพื่อทำให้พลาสติกคงรูปอยู่ได้ เช่น bisphenol A (BPA) เป็นสารเคมีที่อยู่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก เป็นสารที่ส่งผลต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น ทำให้หัวใจเต้นผิดจังหวะหรือล้มเหลว เพิ่มความเสี่ยงของโรคหลอดเลือด หัวใจตีบ ความดันโลหิตสูง และเป็นพิษต่อเซลล์และระบบประสาท เป็นต้น (Gao & Wang, 2014) นอกจากนี้ขนาดเล็กของไมโครพลาสติกยังทำให้มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก ส่งผลให้สามารถดูดซับสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้ เช่น สารฆ่าแมลง ไฮโดรคาร์บอน และโลหะหนักต่าง ๆ ดังนั้นเมื่อสิ่งมีชีวิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลืนกินไมโครพลาสติกเข้าไป สารเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อการสืบพันธุ์ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบย่อยอาหาร และการเกิดโรคมะเร็ง (Guzzetti et al., 2018)

เนื่องจากการผลิตพลาสติกต้องใช้สารประกอบหลายชนิดเพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การใช้งานพลาสติกที่ไม่ถูกต้องโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาหารและเครื่องดื่ม อาจนำมาซึ่งการสะสมของสารพิษและก่อให้เกิดโรคเรื้อรังในผู้บริโภคได้ (ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ, 2556) โดยสารประกอบที่อาจก่อให้เกิดโรคแจกแจงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปสารประกอบจากการผลิตพลาสติกที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสุขภาพ

ชนิดของพลาสติก	สารที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ	ความเป็นพิษ
พอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride)	สารพาทาเลต (phthalate)	– รบกวนการทำงานของฮอร์โมนตามธรรมชาติ (Endocrine disruption) – อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์
	สารไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride)	– อาจทำให้วิงเวียน อ่อนเพลีย และเสียการทรงตัว – ส่งผลต่อการทำงานของตับ และระบบประสาท – เป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งตับชนิด angiosarcoma
พอลิลีสไตรีน (polystyrene)	สารสไตรีน (styrene)	– ส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ระบบเม็ดเลือด ดีเอนเอ และโครโมโซม – ระคายเคืองผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ – อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์
พอลิคาร์บอเนต (polycarbonate)	สารไบฟีนอล เอ (bisphenol A)	– เป็นสารที่ทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน จึงรบกววนการทำงานของฮอร์โมนตามธรรมชาติได้ – อาจก่อให้เกิดมะเร็งเต้านมละมะเร็งต่อมลูกหมาก – ระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ – อาจทำให้มีอาการคลู่นไส้ และปวดศีรษะ
เมลามีน (melamine)	สารฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde)	– อาจก่อให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวได้ – ระคายเคืองจมูกและระบบทางเดินหายใจส่วนต้น

ที่มา: ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ (2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสะสมของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมยังสามารถส่งผ่านมายังมนุษย์ผ่านการสูดดมอากาศหรือและการบริโภคอาหาร ที่ปนเปื้อนไปด้วยไมโครพลาสติก (Karbalaei et al.,

2018) Environment Agency Austria ตรวจพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในอุจจาระ 8 ตัวอย่างจากคนที่มาจากทวีปยุโรป ประเทศญี่ปุ่น และประเทศรัสเซีย พบว่าทุกตัวอย่างมีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก เฉลี่ย 20 ชิ้นต่ออุจจาระ 10 กรัม โดยมีขนาดตั้งแต่ 50–500 ไมครอน ส่วนใหญ่ที่พบ คือ PP และ PET (Harvey & Watts, 2018) นอกจากนี้ งานวิจัยของ Saha et al. (2021) กล่าวว่าหอยสองฝามีส่วนโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากหอยสองฝาเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มนุษย์บริโภคเป็นอันดับต้น ๆ และมีพฤติกรรมการกินแบบกรองกิน ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนไมโครพลาสติกได้ง่าย ทั้งนี้มนุษย์คือผู้บริโภคลำดับสุดท้าย จึงได้รับพิษสะสมมากที่สุด ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ ส่งผลต่อระบบประสาท นำไปสู่การอักเสบเรื้อรัง และเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นโรคมะเร็ง (Prata et al., 2020) แต่ปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยใดที่บ่งชี้ถึงผลกระทบที่มนุษย์ได้รับจากไมโครพลาสติกอย่างชัดเจน แต่หลายประเทศได้เริ่มมีการกำหนดกฎระเบียบหรือข้อบังคับเกี่ยวกับการลดการก่อให้เกิดไมโครพลาสติกแล้ว (Mitrano & Wohlleben, 2020)

2.7 กรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่บนพื้นที่ราบลุ่มตอนปลายของแม่น้ำเจ้าพระยา และอยู่ภายใต้อิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเล สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 2.31 เมตร ตำแหน่งที่ตั้ง คือ ละติจูด 13.45 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.28 องศาตะวันออก มีเนื้อที่ทั้งหมด 1,568.737 ตร.กม. หรือ 0.30% ของพื้นที่ประเทศไทย (Arifwidodo & Tanaka, 2015; Murakami et al., 2003; UNEP, 2003) จากการสำรวจในปี 2563 พบว่า ประชากรทั้งประเทศ 68.15 ล้านคน มีประชากรที่มีทะเบียนบ้านอยู่ในกรุงเทพมหานคร 5.59 ล้านคน และมีประชากรแฝงทั้งสิ้น 2.90 ล้านคน โดยเป็นประชากรแฝงกลางคืน[1] 2.35 ล้านคน (33.4% ของประชากรแฝงกลางคืนของทั้งประเทศ) และประชากรแฝงกลางวัน[2] 0.55 ล้านคน (45.4% ของประชากรแผงกลางวันของทั้งประเทศ) โดยประชากรแฝงกลางวันยังแบ่งเป็นผู้ที่เข้ามาทำงาน 0.44 ล้านคน (46.3% ของทั้งประเทศ) และเข้ามาเรียนหนังสือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

---

[1] ประชากรแฝงกลางคืน (Non-registered Population) หมายถึง ผู้ที่อาศัยอยู่ประจำในจังหวัดหนึ่ง แต่ไม่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านในจังหวัดที่อาศัยอยู่นั้น โดยอาจจะมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านจังหวัดอื่น ในต่างประเทศ หรือไม่มีชื่อที่ใดเลย

[2] ประชากรแฝงกลางวัน (Commuter Population) แบ่งเป็น ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ที่เข้ามาทำงานในจังหวัดที่ตนเองไม่ได้อาศัยอยู่ และผู้ที่เข้ามาเรียนหนังสือในจังหวัดที่ตนเองไม่ได้อาศัยอยู่

0.12 ล้านคน (43.1% ของทั้งประเทศ) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, 2565)

กรุงเทพมหานคร มี 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน (พฤษภาคม–ตุลาคม) ฤดูหนาว (พฤศจิกายน–มกราคม) และฤดูร้อน (กุมภาพันธ์–เมษายน) (UNEP, 2003) ในกรุงเทพมหานครมีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานระหว่างที่ตัวเมืองและการเกษตรซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมหลายประการ กรุงเทพมหานครจึงมีวางแผนเพื่อบรรเทาการไหลบ่าของน้ำจากพายุเพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมฉับพลันในเขตเมือง (Murakami et al., 2003; สำนักการระบายน้ำ, 2565) นอกจากนี้กรุงเทพมหานครยังเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรม การผลิต เศรษฐกิจ การพาณิชย์ และการก่อสร้าง นำไปสู่การเติบโตของเศรษฐกิจและการพัฒนาเมือง (Arifwidodo & Tanaka, 2015) จึงเป็นแรงชักจูงให้ประชากรจำนวนมากต้องการเข้ามาอยู่อาศัยในกรุงเทพมหานคร ก่อให้เกิดมลพิษจำนวนมาก

2.8 ระบบบำบัดน้ำเสียและไมโครพลาสติก

ระบบบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย การบำบัด 3 ขั้นตอน ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นตอน (primary wastewater treatment) ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง (secondary wastewater treatment) และระบบบำบัดขั้นสูง (tertiary wastewater treatment) ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น

ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นมีเพื่อการบำบัดทางกายภาพ ประกอบด้วย ตะแกรงกรอง (screen) บ่อดักกรวดทราย (grit chamber) และถังตกตะกอนครั้งแรก (primary sedimentation tank) ซึ่งพบว่าขั้นตอนเหล่านี้ไม่ช่วยกำจัดไมโครพลาสติกออกจากน้ำเสีย เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กและมีความหนาแน่นน้อย (Zhang et al., 2020) อย่างไรก็ดี ระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบใหม่มีการเพิ่มถังลอยตะกอน (floatation tank) ที่ช่วยให้สารแขวนลอยที่ไม่สามารถตกตะกอนได้เองลอยขึ้นและมีอุปกรณ์ตักสารแขวนลอยออกจากมวลน้ำ ในขั้นตอนนี้บางงานวิจัยพบว่าช่วยกำจัดไมโครพลาสติกได้

2) ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง

ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง เป็นการบำบัดทางชีวภาพเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อน โดยอาศัยจุลินทรีย์ จึงต้องใส่อากาศเพื่อทำให้เกิดกระบวนการย่อยโดยใช้ออกซิเจน เพื่อเพิ่มปริมาณ

ออกซิเจนให้เพียงพอต่อกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ในขั้นตอนนี้ไมโครพลาสติกจะจับตัวกับตะกอนเร่ง (activated sludge) หรือยึดเกาะกับพื้นผิวฟิล์มชีวภาพด้วยกระบวนการดูดซับหรือเกาะติด (Zhang et al., 2020) ทำให้สามารถกำจัดไมโครพลาสติกได้ 2%–55% (Yang et al., 2019) ระบบบำบัดน้ำเสียบางแห่งยังมีถังตกตะกอน (settling tank) เพื่อนำตะกอนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียไปกำจัดต่อ (Sun et al., 2019) ด้วยกระบวนการทำให้ข้น (thickener) เพื่อลดปริมาตรของตะกอน และการทำให้ตะกอนคงตัว (stabilization) อย่างไรก็ดี เมื่อมีการนำตะกอนส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ เช่น ให้ปลูกต้นไม้ หรือถมที่ จะทำให้ไมโครพลาสติกที่ถูกกำจัดกลับกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

3) ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นสูง

ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นสูงมีหลายแบบ ได้แก่ การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ซึ่งอาจใช้คลอรีน โอโซน หรือ แสงยูวี การทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) จะทำให้ไมโครพลาสติกถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลงหรือสลายไป (Zhang et al., 2020) ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสีย (Hongprasith et al., 2020) หรือการกรองตะกอนขนาดเล็กที่เหลือจากการบำบัดขั้นที่สองด้วยแผ่นกรองเมมเบรน (membrane disc-filter) และตัวกรองทราย (rapid sand filtration) ซึ่งช่วยลดปริมาณไมโครพลาสติกได้ (Hidayaturrahman & Lee, 2019)

2.9 โรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

ระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศไทยมีวัตถุประสงค์ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียชุมชน โดยใช้การบำบัดทางชีวภาพ เหมือนกับระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของประเทศอื่น ๆ ซึ่งอาจมีส่วนช่วยในการลดปริมาณไมโครพลาสติกเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.9.1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครเริ่มมีโรงควบคุมคุณภาพน้ำครั้งแรกในในปี 2515 ดำเนินการโดยฝ่ายรักษาความสะอาด สำนักโยธา และในปี 2517 กระทรวงมหาดไทยได้แต่งตั้งฝ่ายรักษาความสะอาด สำนักโยธา เป็นสำนักรักษาความสะอาดเพื่อรับผิดชอบด้านการระบายน้ำและจัดการขยะมูลฝอย ต่อมาในปี 2563 ได้มีการจัดตั้งสำนักการระบายน้ำ มาดูแลระบบบำบัดน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร แทนสำนักรักษาความสะอาด เพื่อดูแลเรื่องการบำบัดน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร (สำนักการระบายน้ำ, 2563)

การจัดการน้ำเสียของกรุงเทพมหานครจะใช้ระบบท่อรวบรวมน้ำเสียแบบรวม เพื่อนำน้ำเสียมาเข้าระบบบำบัดน้ำเสียรวมศูนย์ ปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีโรงบำบัดน้ำเสียแบบรวมศูนย์ 8 แห่ง สามารถรวบรวมน้ำเสียจากชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรมเพื่อเข้ามาบำบัดรวม 1,290,000 ลบ.ม./วัน ครอบคลุม 20 เขตการปกครอง พื้นที่ 45% ของพื้นที่กรุงเทพมหานคร (สำนักการระบายน้ำ, 2562 และ 2563) (รูปที่ 2) น้ำเสียจากระบบบำบัดส่วนใหญ่จะถูกปล่อยลงคลองก่อนเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา

ระบบที่ใช้ในโรงควบคุมคุณภาพน้ำเสียขนาดใหญ่ของกรุงเทพมหานครทั้ง 8 แห่ง เน้นใช้การบำบัดทางชีวภาพแบบตะกอนเร่ง หรือ activated sludge ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ทั่วไปในประเทศเขตร้อนที่มีอุณหภูมิเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Talang et al., 2020) มีทั้งสิ้น 6 ระบบ คือ Step-feed activated sludge system, Cyclic activated sludge system, Activated sludge with nutrients removal system, Two-stage activated sludge system, Contact stabilization activated sludge และ Activated sludge process with vertical loop reactor system (รูปที่ 3) ดังนี้

1) โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ เริ่มเดินระบบในเดือนมกราคม 2556 มีพื้นที่ 12 ไร่ รวบรวมน้ำเสียจากเขตบางซื่อ เขตจตุจักร เขตดุสิต เขตพญาไท และเขตหลักสี่ รวมพื้นที่ 23.97 ตร.กม. มีประชากร 223,990 คน มีความยาวท่อส่งน้ำเสีย 51.27 กม. ใช้กระบวนการบำบัดแบบ Step-feed biological nutrient removal (รูปที่ 3ก) บำบัดน้ำเสียได้ 120,000 ลบ.ม./วัน และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะสูบลงสู่คลองเปรมประชากร รูปส่วนต่าง ๆ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อแสดงในภาคผนวก จ.1
2) โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร เริ่มเดินระบบในเดือนมกราคม 2548 มีพื้นที่ 4 ไร่ 3 งาน รวบรวมน้ำเสียจากเขตดุสิต เขตพญาไท เขตห้วยขวาง และเขตจตุจักร รวมพื้นที่ 33.4 ตร.กม. มีประชากร 360,000 คน มีความยาวท่อส่งน้ำเสีย 37.5 กม. ใช้กระบวนการบำบัดแบบ Cyclic activated sludge (รูปที่ 3ข) บำบัดน้ำเสียได้ 150,000 ลบ.ม./วัน และน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบัดบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่คลองบางซื่อ รูปส่วนต่าง ๆ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรแสดงในภาคผนวก จ.2
3) โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง เริ่มเดินระบบในเดือนมกราคม 2547 มีพื้นที่ 7 ไร่ รวบรวมน้ำเสียจากเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ เขตปทุมวัน เขตราชเทวี และบางส่วนของเขตพระนคร เขตดุสิต เขตพญาไท และเขตดินแดง รวมเนื้อที่ 37 ตร.กม. มีประชากร 1,080,000 คน มีความยาวท่อส่งน้ำเสีย 63 กม. บำบัดน้ำเสียได้ 350,000 ลบ.ม./วัน ใช้กระบวนการบำบัดแบบ Activated sludge with nutrient removal (รูปที่ 3ค) และ

น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบัดบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่บึงมักกะสันและคลองสามเสน รูปส่วนต่าง ๆ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดงแสดงในภาคผนวก จ.3

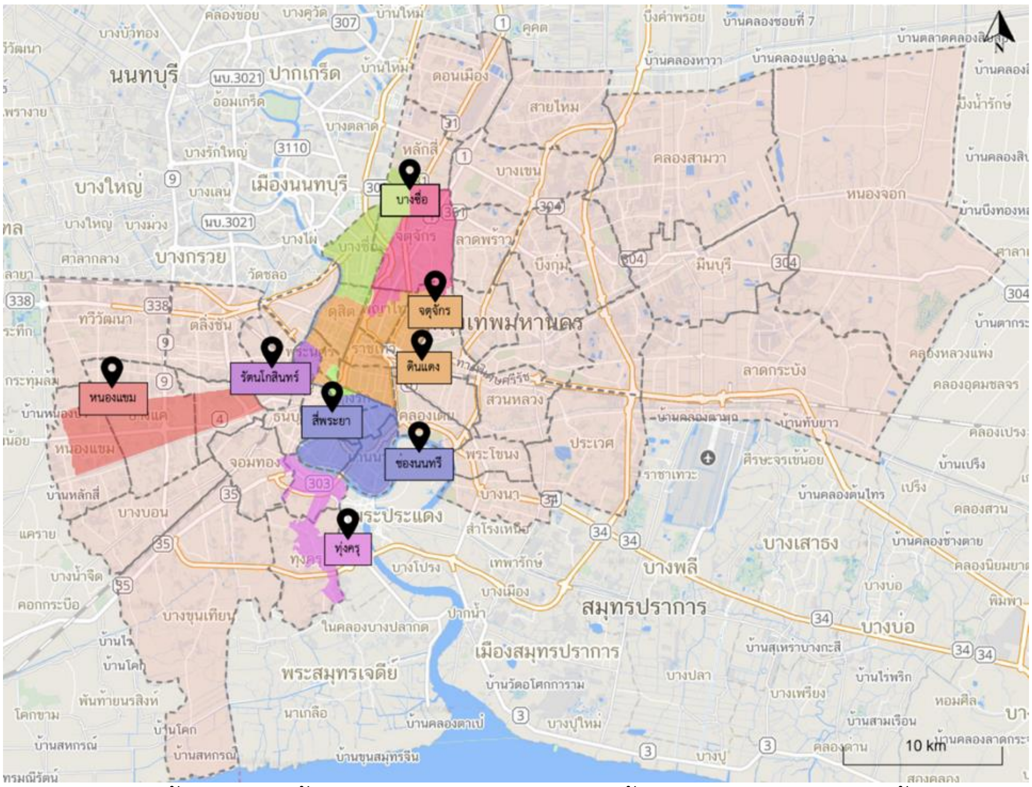
4) โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ เริ่มเดินระบบในเดือนมกราคม 2543 รวบรวมน้ำเสียจากเขตพระนคร รวมเนื้อที่ 4.1 ตร.กม. มีประชากร 70,000 คน มีความยาวท่อส่งน้ำเสีย 16.25 กม. บำบัดน้ำเสียได้ 40,000 ลบ.ม./วัน ใช้กระบวนการบำบัดแบบ Two-stage activated sludge system (รูปที่ 3ง) และน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบัดบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่คลองบางลำพู รูปส่วนต่าง ๆ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ แสดงในภาคผนวก จ.4

5) โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา เริ่มเดินระบบในเดือนมกราคม 2537 มีพื้นที่ 1 ไร่ 3 งาน รวบรวมน้ำเสียจากเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ และเขตบางรัก รวมเนื้อที่ 2.7 ตร.กม. มีประชากร 120,000 คน มีความยาวท่อส่งน้ำเสีย 2.3 กม. บำบัดน้ำเสียได้ 30,000 ลบ.ม./วัน ใช้กระบวนการบำบัดแบบ Contact stabilization activated sludge system (รูป 3จ) และน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบัดบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่คลองผดุงกรุงเกษม รูปส่วนต่าง ๆ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยาแสดงในภาคผนวก จ.5

6) โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี เริ่มเดินระบบในเดือนมกราคม 2542 มีพื้นที่ 20 ไร่ รวบรวมน้ำเสียจากเขตยานนาวา เขตบางคอแหลม เขตสาทร และเขตบางรัก รวมเนื้อที่ 28.5 ตร.กม. มีประชากร 580,000 คน มีความยาวท่อส่งน้ำเสีย 51 กม. บำบัดน้ำเสียได้ 200,000 ลบ.ม./วัน ใช้กระบวนการบำบัดแบบ Cyclic activated sludge system (รูป 3ข) และน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบัดบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา รูปส่วนต่าง ๆ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี แสดงในภาคผนวก จ.6

7) โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม เริ่มเดินระบบในเดือนมกราคม 2545 มีพื้นที่ 54 ไร่ รวบรวมน้ำเสียจากเขตหนองแขม เขตภาษีเจริญ และบางส่วนของเขตบางแค รวมเนื้อที่ 44 ตร.กม. มีประชากร 418,000 คน มีความยาวท่อส่งน้ำเสีย 46.02 กม. บำบัดน้ำเสียได้ 157,000 ลบ.ม./วัน ใช้กระบวนการบำบัดแบบ Activated sludge process with vertical loop reactor system (รูป 3ฉ) และน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบัดบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่คลองราษฎร์เจริญสุข รูปส่วนต่าง ๆ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมแสดงในภาคผนวก จ.7

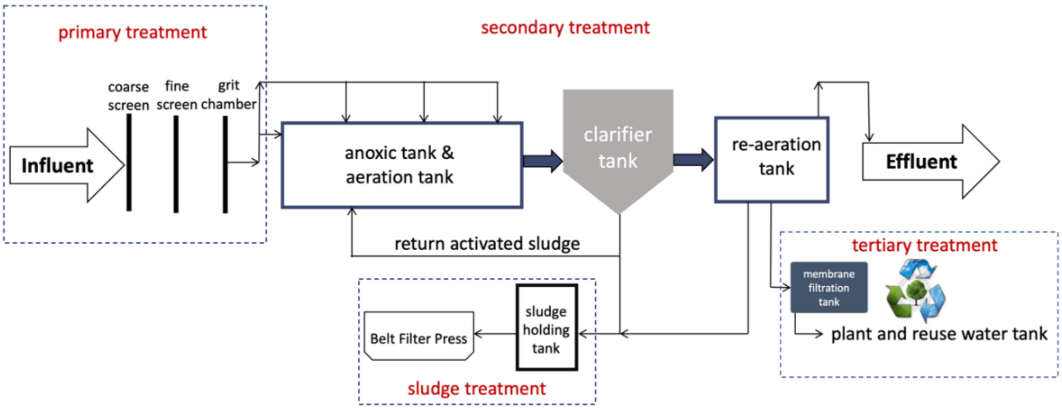
8) โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ เริ่มเดินระบบในเดือนมกราคม 2545 มีพื้นที่ 9 ไร่ รวบรวมน้ำเสียจากเขตราษฎร์บูรณะ และเขตทุ่งครุ รวมเนื้อที่ 42 ตร.กม. มีประชากร 375,000 คน มีความยาวท่อส่งน้ำเสีย 26.43 กม. บำบัดน้ำเสียได้ 65,000 ลบ.ม./วัน ใช้กระบวนการบำบัดแบบ Activated sludge process with vertical loop reactor system (รูป 3ฉ) และน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบัดบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่คลองบางจาก รูปส่วนต่าง ๆ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุแสดงในภาคผนวก จ.8



รูปที่ 2 เขตพื้นที่การรับน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง

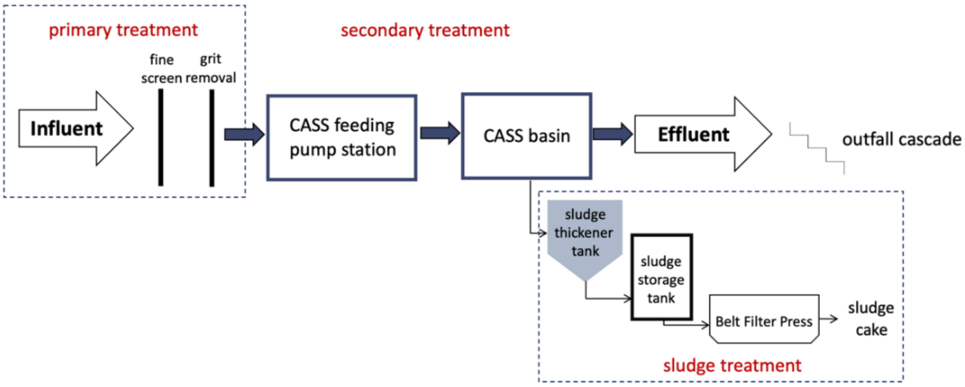
2.9.2 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในโรงบำบัดน้ำเสีย

ปริมาณไมโครพลาสติกที่เข้าสู่ระบบบำบัดของแต่ละแห่งแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พื้นที่ จำนวนประชากร กระบวนการบำบัด วิธีการกรองแยกตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์จำนวนของไมโครพลาสติก โดยการศึกษาไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วโลก แสดงดังตารางที่ 3



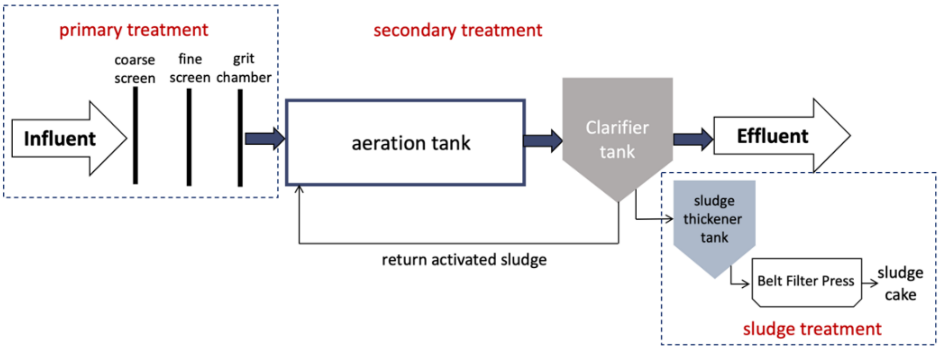
(ก) Step-feed activated sludge system

โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ



(ข) Cyclic activated sludge system

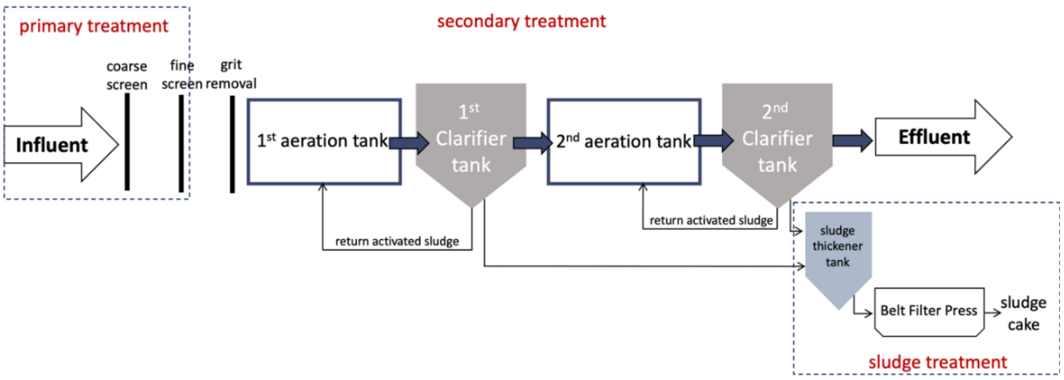
โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร และโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี



(ค) Activated sludge with nutrients removal system

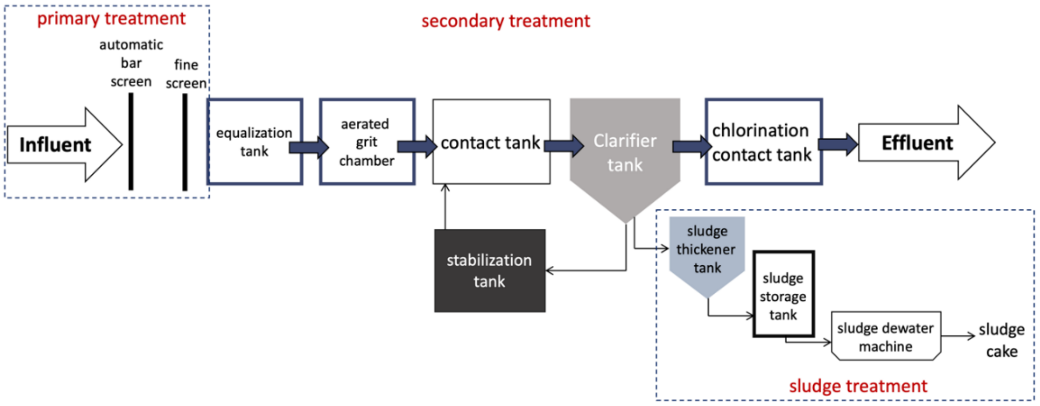
โรงควบคุมคุณน้ำดินแดง

รูปที่ 3 แผนผังของโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ของกรุงเทพมหานคร



(ง) Two-stage activated sludge system

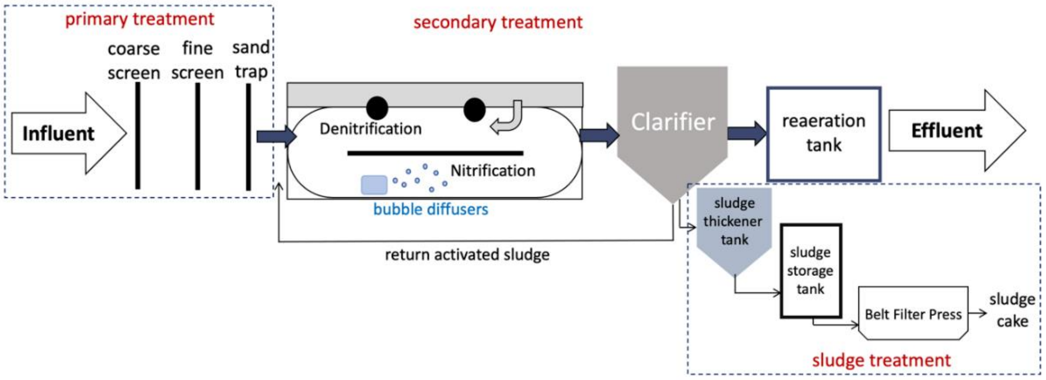
โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์



(จ) Contact stabilization activated sludge

โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ฉ) Activated sludge process with vertical loop reactor system

โรงควบคุมคุณภาพหนองแขม และโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

รูปที่ 3 (ต่อ)

2.10 แม่น้ำเจ้าพระยา

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายที่ยาวที่สุดในประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 20,523.42 ตร.กม. (ไม่รวมลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน สะแกกรัง ป่าสัก และท่าจีน) ประกอบไปด้วยลุ่มน้ำสาขาจำนวน 2 ลุ่มน้ำสาขา ได้แก่ ลุ่มน้ำสาขาบึงบอระเพ็ด (4,292.34 ตร.กม.) และลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำเจ้าพระยา (16,231.07 ตร.กม.) ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในจังหวัดนครสวรรค์ ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี สมุทรปราการ และกรุงเทพมหานคร แม่น้ำเจ้าพระยาเกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำ 4 สาย ได้แก่ ปิง วัง ยม และน่าน โดยแม่น้ำปิงกับแม่น้ำวังไหลมาบรรจบกันที่อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก รวมกันเป็นแม่น้ำปิง และแม่น้ำยมกับแม่น้ำน่านไหลมาบรรจบกันที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ รวมกันเป็นแม่น้ำน่าน หลังจากนั้นแม่น้ำปิงกับแม่น้ำน่านไหลมาบรรจบกันที่ปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ รวมกันเป็นแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านจังหวัดต่าง ๆ รวมถึงกรุงเทพมหานคร ก่อนออกสู่อ่าวไทยที่อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ (สสนก., 2555) โดยมีความยาว 372 กม. วัดตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์จนถึงบริเวณปากน้ำ จังหวัดสมุทรปราการ (การประปานครหลวง, 2565)

ในแต่ละวันมวลน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทยประมาณที่อำเภอปากน้ำ จังหวัดสมุทรปราการ 124.21 ลบ.ม./วินาที โดยมีอัตราการไหลอยู่ระหว่าง 0.60 และ 26.32 ลบ.ม./วินาที ซึ่งมีพื้นที่ระบายน้ำ (drainage area) ถึง 21,725 ลบ.กม. (Sukhsangchan et al., 2020) อีกทั้งแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำที่มีผู้คนอาศัยอยู่บริเวณริมแม่น้ำหลายล้านครัวเรือน ไหลผ่านกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย ทำให้มีน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านกระบวนการบำบัดจำนวนมากถูกปล่อยเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา (Ta & Babel, 2020) แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแหล่งน้ำหลักสำหรับใช้อุปโภค โดยหนึ่งในผู้ใช้หลัก คือ การประปานครหลวง (Hungspreug et al., 2000; Molle, 2007) และเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร รวมทั้ง กิจกรรมทางเศรษฐกิจ ทำให้การประปานครหลวงต้องจัดหาน้ำสะอาดปริมาณ 6.72 ล้านลบ.ม./วัน (โรงผลิตน้ำสามเสน 0.55 ล้าน ลบ.ม. โรงงานผลิตน้ำธนบุรี 0.17 ล้าน ลบ.ม. โรงผลิตน้ำบางเขน 4.4 ล้าน ลบ.ม. โรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ 1.6 ล้าน ลบ.ม.) สำหรับผู้ที่อยู่อาศัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เช่น นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการ ทุกโรงผลิตน้ำใช้น้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา ยกเว้นโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำแม่กลอง (การประปานครหลวง, 2565)

ในแม่น้ำเจ้าพระยายังมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นย่านน้ำกร่อยที่สามารถสร้างผลผลิตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มากกว่า 200,000 ตัน/ปี (Ta & Babel,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2020) ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ส่งผลให้มีการทิ้งน้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกเข้าสู่สิ่งแวดล้อม (Kole et al., 2017; Lv et al., 2019; Ngo et al., 2019) อีกทั้งคลองในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเชื่อมต่อกับแม่น้ำสายสำคัญ ดังนั้นการส่งผ่านของเสียจากคลอง สู่แม่น้ำ และสู่ทะเลจึงเกิดขึ้นได้ง่าย (Sharma et al., 2019)

ด้วยเหตุนี้ทำให้คุณภาพน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา และทะเลอ่าวไทยตอนบนเสื่อมโทรมลงอย่างมาก ซึ่งข้อมูลการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยายังไม่ได้รับการตรวจสอบอย่างแน่ชัด ถึงแม้ว่าการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืดส่งผลให้เกิดปัญหาไมโคร-พลาสติกสะสมในทะเล (Zhang et al., 2019) และงานวิจัยเกี่ยวกับไมโครพลาสติกในย่านน้ำกร่อยของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย (Ta & Babel, 2020) งานวิจัยเกี่ยวกับไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาจึงส่วนใหญ่จะเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในน้ำผิวหน้าโดยใช้ manta trawl ขนาดรูเปิดประมาณ 330 ไมครอน และรายงานผลเป็นจำนวนชิ้นที่พบต่อปริมาตรน้ำเป็นลูกบาศก์เมตร

2.11 การกระจายของไมโครพลาสติก

ในปี 2493 มีรายงานว่าอุตสาหกรรมพลาสติกได้ผลิตพลาสติกกว่า 5 แสนตัน และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนในปีที่ 2559 มีการผลิตพลาสติกถึง 330 ล้านตัน (PlasticsEurope, 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตพลาสติกเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร และใช้ในการเกษตร พลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้จึงเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วและสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อม (Albertsson et al., 1987) สืบเนื่องจากงบประมาณในการกำจัดขยะพลาสติกที่มีอยู่อย่างจำกัด ชุมชนหลายแห่งจึงประสบปัญหาขยะพลาสติกปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม (Jayasekara et al., 2005) ขยะพลาสติกที่ถูกทิ้งมากที่สุดทั่วโลก คือ ถุงพลาสติก รองมา ได้แก่ หลอดเครื่องดื่ม ฝาขวดน้ำดื่ม และภาชนะบรรจุอาหาร (นันทวุฒิ จำปางาม, 2563)

การกำจัดขยะอย่างไม่มีประสิทธิภาพเป็นอีกหนึ่งสาเหตุของการเกิดขยะพลาสติกสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อม เมื่อพลาสติกสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานานจนเกิดกระบวนการย่อยสลายทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ จนมีขนาดเล็กกว่า 5 มม. จะกลายเป็นไมโครพลาสติกแบบทุติยภูมิสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ไมโครพลาสติกที่กระจายในสิ่งแวดล้อม ยังมาจากการเสียดสีของล้อรถยนต์และถนน ผ้าใบสังเคราะห์ สีทาอาคาร ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกายที่มีส่วนผสมของไมโครบีดส์ (นันทวุฒิ จำปางาม, 2563) ไมโครพลาสติกยังเข้าสู่สิ่งแวดล้อมพร้อมกับกากตะกอนจาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กับพื้นที่ทางการเกษตร (Murphy et al., 2016) และไมโครพลาสติกบนบก จะถูกพัดพามายังระบบนิเวศแหล่งน้ำผ่านกระแสลมและการไหลบ่าโดยกระแสน้ำ (Horton & Dixon, 2017) ถึงแม้ว่าไมโครพลาสติกอาจมีแหล่งที่มามาจากตัวเมือง แต่การเดินทางของไมโครพลาสติกเข้าสู่แหล่งน้ำยังมาจากระบบการระบายน้ำของชุมชนด้วย อีกทั้ง ความหนาแน่นของประชากรและความใกล้ไกลของแหล่งน้ำกับเมือง ยังส่งผลต่อการกระจายของไมโครพลาสติกอีกด้วย (Bissen & Chawchai, 2020) ดังนั้น เพื่อลดปริมาณไมโครพลาสติกที่เป็นปัญหามลพิษในปัจจุบัน จึงควรให้ความสำคัญกับระบบบำบัดน้ำเสีย และการลดปริมาณขยะพลาสติกที่จะเข้าสู่สิ่งแวดล้อม (Browne et al., 2011; Horton and Dixon, 2017)

นอกจากไมโครพลาสติกในทะเลจะมาจากกิจกรรมบนบกที่เข้าสู่ระบบนิเวศน้ำจืดและลงสู่ทะเลแล้ว ไมโครพลาสติกในทะเลยังมีที่มาโดยตรงจากกิจกรรมในทะเล เช่น การประมง อุปกรณ์ประมงที่ถูกทิ้งร้าง การขนส่งทางทะเล และการทิ้งขยะในทะเล เป็นต้น (Horton and Dixon, 2017) การกระจายของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมขึ้นกับความหนาแน่นและรูปร่างของไมโครพลาสติกจะส่งผลต่อ นอกจากนี้ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมยังส่งผลให้ไมโครพลาสติ ได้แก่ กระแสน้ำ คลื่น ลม สภาพอากาศ ค่าความเป็นกรดด่าง และจุลินทรีย์ เป็นต้น (Rezania et al., 2018) ตัวอย่างเช่น การศึกษาไมโครพลาสติกในตะกอนชายหาด บริเวณทางตอนเหนือของอ่าวเม็กซิโก พบว่ากระแสน้ำส่งผลต่อการสะสมตัวของไมโครพลาสติกในตะกอนชายฝั่ง (Wessel et al., 2016) ซึ่งอ่าวเม็กซิโกมีพลวัตรของน้ำขึ้นน้ำลงคล้ายคลึงกับอ่าวไทย (Bissen & Chawchai, 2020) การศึกษาในอ่าวพลิมัท (Playmouth bay) ประเทศอังกฤษ พบว่ามีไมโครพลาสติกจำนวนมากสะสมอยู่ที่บริเวณปากแม่น้ำฝั่งใต้ลม (Browne et al., 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบและประสิทธิภาพในการบำบัดไมโครพลาสติก (%) ของระบบบัดน้ำเสียทั่วโลก

Country	location	treatment system	MP separation	MP quantification	influent (item/m^3)	effluent (items/m^3)	removal efficiency	reference
Scotland	the River Clyde, Glasgow	secondary treatment	65 μm	dissection microscope	1,570 ± 5,230	250 ± 40	98.41%	Murphy et al., 2016
Italy	Nothern Italy	sand filter treatment and disinfection	8 μm	stereo-microscope	2,500 ± 300	400 ± 100	84%	Magni et al., 2019
Turkey	Istanbul	advanced nutrient removal	25 μm -2mm sieves and 50 μm	stereo-microscope	73,100	8,200	89%	Vardar et al., 2021
South Korea	Daegu city	ozone	1.2 μm	microscope	4.2×10^6	33,000	99.2%	Hidayatur-rahman and Lee, 2019
		membrane-disc filter			31.4×10^6	297,000	99.1%	
		rapid sand filtration			5.84×10^6	66,000	98.9%	

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Country	location	treatment system	MP separation	MP quantification	influent (item/m^3)	effluent (items/m^3)	removal efficiency	reference
China	Wuhan city	tertiary treatment	0.149 mm	fluorescence microscope	23,300 ± 2,000 and 80,500 ± 6,300	7,900 ± 1,100 and 30,300 ± 3,000	66.10% and 62.70%	Tang et al., 2020
	Wuxi city	oxidation ditch and membrane bioreactor	500, 250, 125, 62.5 and 25 mm	stereo-microscope	280 ± 20	130 ± 10 and 50 ± 10	53.6% and 82.10%	Lv et al., 2019
Thailand	Bangkok	activated sludge	0.3 mm to 5.0 mm	microscope	12,200	2,000	84%	Hongprasith et al., 2020
		vertical loop reactor	5.0, 1.0, 0.5 and 0.05 mm	optical and fluorescence microscope	26,600 ± 9,450	14,750 ± 4,580	44.55%	Tadsuwan and Babel, 2021
		advance treatment	500 and 53 μm	light microscop	77,000 ± 7,210	10,670 ± 3,510	86.14%	Tadsuwan and Babel, 2022
		activated sludge	20 μm	stereo-microscope	933 ± 1,102 to 6,733 ± 5,096	1,167 ± 1,514 to 4,767 ± 1,328	0% - 70%	this study

2.12 การศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำ

การศึกษาไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมเริ่มขึ้นประมาณปี 2513 (Carpenter et al., 1972) ต่อมาเมื่อโลกมีการผลิตพลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ ประกอบกับการจัดการขยะที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาลในหลาย ๆ ประเทศ ส่งผลให้มีไมโครพลาสติกสะสมในแหล่งน้ำมากขึ้น สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืดส่วนใหญ่พบในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศจีน (Han et al., 2020; Li et al., 2021; Huang et al. 2021) แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ตารางที่ 2.4)

อย่างไรก็ดี วิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ไมโครพลาสติกยังไม่มีแบบแผนที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน การเปรียบเทียบผลของงานวิจัยแต่ละชิ้นจึงยังอาจไม่สามารถกระทำได้โดยตรง วิธีการศึกษาไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืดประกอบด้วย 3 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.12.1 การกรองแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่าง

ในการศึกษาไมโครพลาสติกในมวลน้ำจะกรองแยกไมโครพลาสติกออกจากมวลน้ำ โดยใช้ตาข่าย (net) แผ่นกรอง (filter) หรือตะแกรงร่อน (sieve) ซึ่งการออกแบบการกรองแยก จะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ทำการศึกษา เช่น งานวิจัยของ Han et al. (2020) ต้องการศึกษาไมโครพลาสติกในแม่น้ำเหลือง (Yellow river) ประเทศจีน จำแนกตามขนาด จึงได้เลือกใช้ตะแกรงร่อนที่มีหลายขนาด (50, 100, 200 และ 500 ไมครอน) จากนั้นจะนำตัวอย่างที่มีตะกอนอินทรีย์ปริมาณมาก มาผ่านกระบวนการย่อยสารอินทรีย์ สารเคมีที่นิยมใช้ คือ 30%(v/v) H_2O_2 เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่เกาะอยู่บนพื้นผิวของไมโครพลาสติก อย่างไรก็ดี 30%(v/v) H_2O_2 อาจทำให้สีของไมโครพลาสติกอ่อนลงเล็กน้อย (Mendoza & Balcer, 2019) ในขั้นตอนนี้การให้ความร้อนแก่ตัวอย่างจะช่วยกำจัดสารอินทรีย์ได้ดีขึ้น แต่อาจส่งผลต่ออนุภาคไมโครพลาสติกที่อาจสลายตัว และจับตัวกันเป็นก้อนได้ (Munno et al., 2018)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารละลายที่ใช้เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างมีหลายประเภท และการเลือกใช้ควรคำนึงถึงการกำจัดสารอินทรีย์ให้ได้มากที่สุดโดยไม่ทำลายตัวอย่าง ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ทั้งสารละลายกรด (acid solution) สารละลายเบส (base solution) สารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) และเอนไซม์ (enzyme) (Pfeiffer & Fischer, 2020) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 การศึกษาไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืด

country	location	isolation method	mesh size (μm)	abundance (items/m^3)	references
China	Yangtze Estuary	steel sieve	32	4,137 ± 2,461	Zhao et al., 2014
	Yangtze River	Neuston plankton net	74	240 – 1,800	Li et al., 2019a
	Yangtze River	trawling and filtering water	300	800 – 3,088	He et al., 2021
	Yellow River	stainless steel sieves	50, 100, 200 and 500	$4.3 \times 10^5 6.54 \times 10^5$	Han et al., 2020
	West River	stainless steel sieves	75	2,990 – 9,870	Huang et al. 2020
	Chishui River	stainless steel barrel	75	1,770 – 14,300	Li et al., 2021
Thailand	Chao Praya River Mouth	manta trawl	N/A	48 ± 8	Ta and Babel, 2020
	Chao Praya River, Sam lae, Pathum Thani	manta trawl	335	4.0	Ounjai et al., 2020
	Chao Praya River, Bangkok Metropolis		335	22.9	
	Chao Praya River Mouth (neap tide)	neuston net	330	0.1674 – 0.5906	Sukhsangchan et al., 2020
	Chao Praya River Mouth (spring tide)		330	0.43 – 1.26	
	Chao Praya River, Tha Prachan area	manta trawl	330	104	Ta et al., 2020
	Tapi-Phumduang River	filter	5	1,770 ± 280	Chinfak et al., 2021

ตารางที่ 4 (ต่อ)

country	location	isolation method	mesh size (µm)	abundance (items/m^3)	References
Indonesia	Benoa Bay, Bali	mini manta trawl	300	0.54 – 0.70	Suteja et al., 2021
	Surabaya River	stainless steel sieve	5,600 and 300	1.47 – 43.11	Lestari et al., 2020
	Tallo River, Makassar City (wet season)	neuston net	330	0.74 ± 0.46 to 2.15 ± 0.68	Wicaksono et al., 2021
	Tallo River, Makassar City (dry seaon)			1.48 ± 0.26 to 3.41 ± 0.13	
	Citarum River, West Java	manta trawl	125	0.038 ± 0.003 to 0.086 ± 0.004	Sembiring et al., 2020
others	Nakdong River, South Korea	portable net	20	293 – 4,760	Eo et al., 2019
	Austrian Danube, Austria	stationary conical driftnets	500	0.317 – 141.7	Lechner et al., 2014
	Antuã River, Portugal	water pump and filter	55	58 – 1,265	Rodrigues et al., 2018
	Ofanto river, southeast Italy	plankton net	333	13 ± 5 to 0.9 ± 0.4	Campanale et al., 2020
	Ganges river, India and Bangladesh	nylon net	330	38 ± 4	Napper et al., 2021
	Ganges River, India	phytoplankton net	300	0.38 – 0.68	Singh et al., 2021
	Arakawa River, Japan	nylon plankton net	335	0 – 4.7	Sankoda and Yanada, 2021
	Lake Sassolo, Switzerland	stainless steel sieve	63	0.0026 – 0.0068	Velasco et al., 2020

2.12.2 การระบุจำนวน และลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกมีลักษณะทางกายภาพ คือ รูปร่าง ขนาด และสี ซึ่งจะใช้ในการระบุที่มาของไมโครพลาสติกได้ (Mendoza & Balcer, 2019) ไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยตาเปล่า วิธีที่นิยมใช้กล้องจุลทรรศน์ในการนับจำนวนและจำแนกตามลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ของไมโครพลาสติก ซึ่งผลการวิเคราะห์อาจขึ้นอยู่กับประสบการณ์ส่วนบุคคล (Mendoza & Balcer, 2019) ดังนั้น วิธีการศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) สามารถทำได้รวดเร็ว ใช้งบประมาณน้อย และเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายที่สุด แต่ไม่สามารถทราบถึงชนิดของพอลิเมอร์ได้ หากต้องทราบถึงชนิดของพอลิเมอร์ จำเป็นต้องใช้เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงร่วมด้วย (Shim et al., 2017)

2.12.3 การวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก

การวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกทำให้ทราบหมู่ฟังก์ชันที่บ่งชี้ถึงชนิดของพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการวิเคราะห์ไมโครพลาสติก พอลิเมอร์สังเคราะห์มีมากกว่า 5,000 ชนิด ที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติก แต่ 80% ของพอลิเมอร์พลาสติกเป็นพลาสติกชนิด PP, PE, PVC, PET และ PS (Mendoza & Balcer, 2019)

ปัจจุบันการระบุชนิดของพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกจะนิยมใช้เทคนิค Raman spectroscopy และ Fourier transform Infrared spectroscopy (FTIR spectroscopy) (Tagg et al., 2015) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ทำลายตัวอย่าง และมักใช้ควบคู่ไปกับกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (microscopy) (Song et al., 2015) นอกจากนี้ยังอาจใช้ Attenuated Total Reflectance ควบคู่ไปกับเทคนิค FTIR (ATR–μFTIR) เพื่อลดการส่งผ่านแสงผ่านตัวอย่างไมโครพลาสติก เพื่อผลการศึกษาที่แม่นยำที่สุด วิธีการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกที่ใช้กันในปัจจุบันมีรายละเอียดดังตารางที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.13 การวิเคราะห์ชนิดพลาสติกด้วย Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

เทคนิคเชิงปฏิบัติการที่อาศัยหลักการทำงานของแสง จะอาศัยหลักการทำงานของการดูดกลืน (absorption), การเรืองแสง แบบ Fluorescence และ Phosphorescence, การกระเจิง (scattering), การแผ่รังสี (emission) และการเรืองแสงทางเคมี (chemiluminescence) ซึ่งเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดโดยอาศัยการทำงานของแสงจะมีส่วนประกอบพื้นฐานคล้ายคลึงกัน (Skoog et al., 2016)

ตารางที่ 5 สรุปสารละลายที่นิยมใช้ในการย่อยสารอินทรีย์สำหรับการศึกษาไมโครพลาสติก

ประเภท	สารละลาย	ข้อดี	ข้อจำกัด
สารละลายกรด	HNO_3	– มีประสิทธิภาพดีในการย่อยสารอินทรีย์	– อาจทำให้ไมโครพลาสติกบางชนิดเกาะติดกันเป็นก้อน
	HCl	– รุนแรงในการออกซิไดซ์น้อยกว่า HNO_3	– ย่อยสารอินทรีย์ไม่ได้ทั้งหมด – หากเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ไมโคร-พลาสติกบางชนิดสลายตัว
สารละลายเบส	KOH	– ราคาถูก	– มีประสิทธิภาพน้อยกว่า NaOH และ H_2O_2 – ควรหลีกเลี่ยงการใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่ทำจากแก้ว
	NaOH	– มีประสิทธิภาพดีในการย่อยสารอินทรีย์	– พอลิเมอร์บางชนิดถูกย่อยสลาย เช่น PC, CA, PET และ PVC
สารออกซิไดซ์	H_2O_2	– มีประสิทธิภาพดีในการย่อยสารอินทรีย์	– พอลิเมอร์อาจมีสีอ่อนลง
เอนไซม์	proteinase - K	– ปลอดภัย	– ราคาแพง – ใช้เวลานาน

ที่มา: Claessens et al., 2013; Nuelle et al., 2014

Infrared spectroscopy หรือ IR เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลโดยอาศัยรังสีอินฟาเรด IR ยังเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่างเนื่องจากใช้แสงที่อยู่ในย่านพลังงานต่ำเกินกว่าจะทำลายพันธะเคมีในโมเลกุล (ศิรินิตย์ ธารธาดา และ ปฐมาพร อำนาจอนันต์, 2561) รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอินฟาเรด แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ near infrared region (4,000-12,800 cm^{-1}), middle infrared region (200-4,000 cm^{-1}) และ far infrared region (10-200 cm^{-1})

วิธีการทำงานของเทคนิค IR จะอาศัยการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดที่เกิดขึ้นเมื่อโฟตอนถูกส่งไปยังโมเลกุลและโมเลกุลถูกกระตุ้นให้มีพลังงานสูงขึ้น สภาวะที่โมเลกุลถูกกระตุ้นจะทำให้เกิดการสั่น (vibration) ของพันธะภายในโมเลกุล ซึ่งอาจเป็นการยืดหด (stretch) หรือการบิดเบน (bend) หรือการหมุน (rotate) หรือกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จาก orbital ในสภาวะพื้น (ground state) ไป orbital ในสภาวะกระตุ้น (excited state) ซึ่งการสั่นแต่ละแบบของโมเลกุลแต่ละชนิดจะดูดกลืนแสงในช่วงอินฟาเรดที่ความยาวคลื่นหนึ่ง เมื่อได้ค่าดูดกลืนแสงของโมเลกุลจะนำมาวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลเพื่อระบุชนิดของไมโครพลาสติก (Parikh & Chorover, 2005; Skoog et al., 2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 สรุปวิธีวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกที่ใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน

ประเภทเทคนิค	วิธีวิเคราะห์	ข้อดี	ข้อจำกัด
Spectroscopic Method	FTIR	– ไม่ทำลายตัวอย่าง – รวดเร็ว – เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับตัวอย่าง – วิเคราะห์อนุภาคไมโครพลาสติกที่ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ได้ – สามารถตั้งค่าให้วิเคราะห์ไมโครพลาสติกหลายชิ้นพร้อมกันได้ – ไม่มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดเชิงบวก	– ตัวอย่างต้องเป็น IR-active – ตัวอย่างที่ขนาดเล็กกว่า 20 ไมครอน อาจมีค่าดูดกลืนแสงไม่เพียงพอและไม่สามารถแสดงสเปกตรัมได้
	Raman Spectroscopy	– ไม่ทำลายตัวอย่าง – เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่จำเป็นต้องสัมผัสตัวอย่าง – รวดเร็ว – วิเคราะห์อนุภาคขนาด 1–20 ไมครอน ได้ – ไม่มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดเชิงบวก	– อาจถูกรบกวนโดย fluorescence ของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ – ต้องทำตัวอย่างให้บริสุทธิ์ก่อนการวิเคราะห์ – สามารถถูกรบกวนโดยสีได้
	SEM	– ไม่ทำลายตัวอย่าง – สร้างภาพตัวอย่างที่มีความละเอียดสูงได้	– ตัวอย่างต้องอยู่ในสภาวะสุญญากาศ
Chromatographic Method	pyrolysis GC/MS	– วิเคราะห์ประเภทพอลิเมอร์และสารเติมแต่งของไมโครพลาสติกได้พร้อมกัน	– สามารถตรวจวัดไมโครพลาสติกที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนได้เพียง 1 ชิ้นต่อการทำงาน 1 ครั้ง – ทำลายตัวอย่าง – ฐานข้อมูลอาจมีสำหรับพอลิเมอร์บางประเภทเท่านั้น

ที่มา: Shim et al., 2016; Mai et al., 2018

หมายเหตุ: FTIR คือ Fourier Transform Infrared Spectroscopy
SEM คือ Scanning Electron Microscope
GC/MS คือ Gas Chromatography – Mass Spectrometry

Infrared Spectrometer จะประกอบไปด้วย 5 ส่วน (ศิรินิตย์ ธารธาดา และ ปฐมาพร อำนาจอนันต์, 2561; Skoog et al., 2016; Thermo, 2001) ซึ่งวิธีการตรวจดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) แหล่งกำเนิดแสง (source) รังสีอินฟาเรดจะถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงก่อนส่งผ่านไปยังตัวอย่างและเซลล์อ้างอิง
2) เซลล์ตัวอย่าง (sample) ที่บรรจุตัวอย่างต้องทำมาจากวัสดุที่ไม่ดูดกลืนรังสีอินฟาเรดช่วงเดียวกับตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่แล้วจะทำจากเกลือ เช่น โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) เป็นต้น
3) ตัวทำแสงเอกรงค์ (Interferometer) มีเฉพาะเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์แบบกระจายเท่านั้น ทำหน้าที่ในการเลือกความยาวคลื่นที่จะส่งผ่านไปยังตัวอย่าง
4) เครื่องตรวจหา (detector) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงความเข้มของรังสีที่ผ่านตัวอย่างให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยเครื่องตรวจหาที่นิยมใช้ คือ เครื่องแบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม เมื่อต่อรวมกับเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์จึงเรียกว่า Fourier Transform Infrared spectroscopy หรือ FTIR
5) เครื่องบันทึก (computer) สัญญาณที่ตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจหาจะถูกแปลงเป็นอินฟาเรดสเปกตรัม (IR spectrum) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % การส่องผ่าน (%transmission) และเลขคลื่น (wave number)

เทคนิค FTIR สามารถวิเคราะห์สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ FTIR เป็นเทคนิคที่แม่นยำ ทำซ้ำได้ ทำได้รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่าง ในปัจจุบันเทคนิคนี้ได้พัฒนาจนสามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ (Thermo, 2001) แต่การใช้งานของเครื่อง FTIR ยังมีข้อจำกัด (ตารางที่ 2.5) หากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็ก บาง หรือทึบแสงเกินไป อาจทำให้เครื่อง FTIR ไม่สามารถวิเคราะห์ชนิดของพอลิเมอร์ได้ งานวิจัยของ Daniel et al. (2021) ได้ใช้ FTIR ศึกษาชนิดไมโครพลาสติกที่พบในเนื้อของหอยสองฝา กุ้ง ปู ปลา และหมึกทะเล จากท่าเรือประมง เมืองคีเรลาร์ (Kerala) ประเทศอินเดีย พบว่าสเปกตรัมของไมโครพลาสติกในตัวอย่าง 13% ไม่สามารถจับคู่กับสเปกตรัมไมโครพลาสติกอ้างอิงในคลังข้อมูลได้

ปัจจุบันมีการนำเทคนิค FTIR มาประยุกต์ใช้กับเทคนิค Attenuated Total Reflectance (ATR) ที่สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งตัวอย่างที่เป็นของแข็ง ของเหลว และของแข็งกึ่งเหลวได้ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ลำแสง IR จะมีการสะท้อนภายใน ATR Crystal เพียงครั้งเดียว และจะเกิดการหักเหของลำแสงระหว่างตัวอย่างและ crystal โดยแสงส่วนที่เหลือจากการดูดกลืนของตัวอย่างจะสะท้อนเข้าที่

ตรวจวัด ซึ่งวิธีวิเคราะห์แบบ ATR-FTIR จะช่วยในการตรวจวัดตัวอย่างที่มีลักษณะทึบแสงหรือหนาเกินกว่าที่จะวิเคราะห์ด้วยวิธี FTIR ได้ ATR-FTIR จึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ชนิดของไมโคร-พลาสติกที่มีขนาด >500 ไมครอน (Käppler et al., 2015) อย่างไรก็ดี Conley et al. (2019) พบว่า ATR-FTIR มีปัญหาในการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย เนื่องจากยากที่จะปรับ ATR Crystal ให้ได้มุมที่ต้องการ จึงทำให้การวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยทำได้ไม่ง่าย นอกจากนี้ยังมีเทคนิค Micro-FTIR ที่พัฒนามาจากเทคนิค FTIR ซึ่งจะวิเคราะห์ไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กเกินกว่าที่เทคนิค FTIR จะวิเคราะห์ได้และสามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ (Chen et al., 2020) Micro-FTIR เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่างและไม่ต้องทำตัวอย่างให้บริสุทธิ์ก่อนการวิเคราะห์ (Chen et al., 2015) ขนาดของลำแสง (beam size) จะอยู่ในช่วง 20–100 ไมครอน เมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงแบบ IR ทั่วไป และสามารถลดให้เหลือ 3–5 ไมครอนได้ เมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงแบบซิงโครตรอน (synchrotron radiation source) (Della Ventura et al., 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

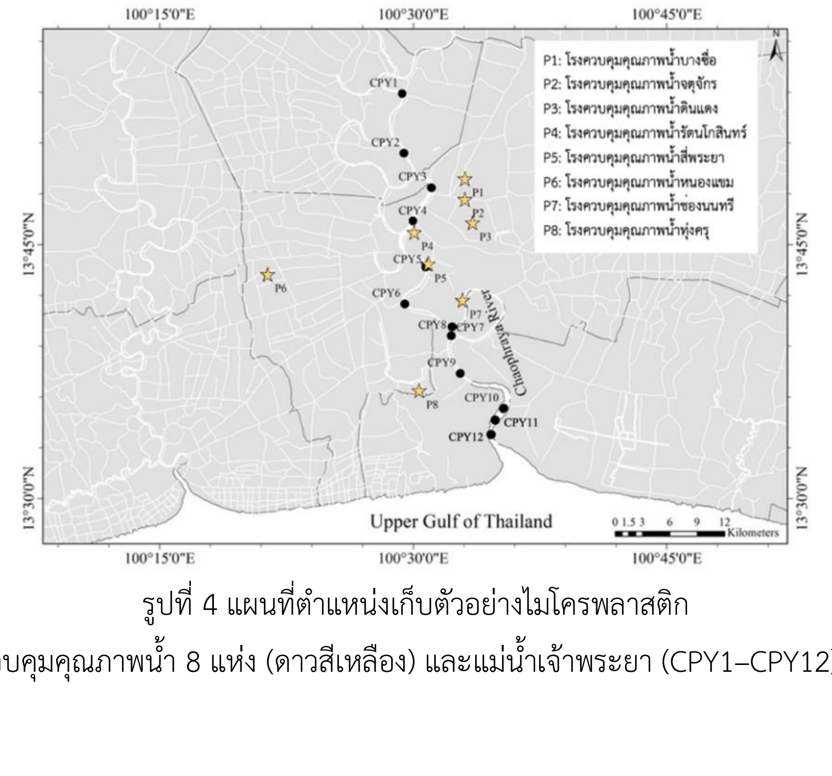
งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ไมโครพลาสติกที่มาจากระบบบำบัดน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร และในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีพิกัดตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง ดังรูปที่ 4

3.1.1 โรงบำบัดน้ำเสีย

เก็บตัวอย่างน้ำเสียในโรงบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร 8 แห่ง ได้แก่ โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี และโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

3.1.2 แม่น้ำเจ้าพระยา

เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในมวลน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่ก่อนเข้ากรุงเทพมหานครในเขตพื้นที่จังหวัดนนทบุรี (CPY1 และ CPY2) กรุงเทพมหานคร (CPY3 ถึง CPY7) และสมุทรปราการ (CPY8 ถึง CPY12) และเก็บตัวอย่างใน 1 รอบน้ำขึ้นน้ำลง ในสถานี CPY10 ซึ่งเป็นสถานีที่ได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง



รูปที่ 4 แผนที่ตำแหน่งเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติก
จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำ 8 แห่ง (ดาวสีเหลือง) และแม่น้ำเจ้าพระยา (CPY1–CPY12) (จุดสีดำ)

3.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครและแม่น้ำเจ้าพระยา แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำจากระบบบำบัด

เก็บตัวอย่างน้ำที่ผิวหน้า 2 จุด คือ (1) จุดที่น้ำเข้าสู่ระบบ และ (2) จุดที่น้ำระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว โดยเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง คือ ในวันจันทร์ที่ 21, วันพุธที่ 23 และวันศุกร์ที่ 25 เดือนมิถุนายน 2564

น้ำที่เข้าสู่ระบบบำบัดเก็บตัวอย่างปริมาตร 5 ลิตร และน้ำที่ออกจากระบบบำบัดเก็บตัวอย่างปริมาตร 10 ลิตร (Hongprasith et al., 2020) บรรจุในแกลลอนเพื่อนำกลับมากรองผ่านตะแกรงขนาดรูเปิด 5 มม. เพื่อคัดพลาสติกที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 มม. ออก จากนั้นกรองผ่านถุงลากแพลงก์ตอนพืช ขนาดรูเปิด 20 ไมครอน เก็บตัวอย่างน้ำที่มีไมโครพลาสติกขนาด 20 ไมครอน ถึง 5 มม. ในภาชนะแก้วปิดฝาด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อลดการปนเปื้อน

3.2.2 การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยา

เก็บตัวอย่างจากกลางแม่น้ำใน 2 ฤดู คือ ฤดูน้ำหลาก (11 พฤศจิกายน 2564) และฤดูแล้ง (6 เมษายน 2565) โดยใช้เรือหางยาวเพื่อเดินทางไปยังตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างสถานี CPY1 ถึง CPY12

ใช้ถังขนาด 10 ลิตร ตักน้ำที่บริเวณผิวหน้า กรองผ่านตะแกรงขนาดรูเปิด 5 มม. และถุงลากแพลงก์ตอนพืช ขนาดรูเปิด 20 ไมครอน รวมปริมาตรน้ำที่กรอง 100 ลิตร จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำที่มีไมโครพลาสติกขนาด 20 ไมครอน ถึง 5 มม. ในภาชนะแก้วปิดฝาด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อลดการปนเปื้อน

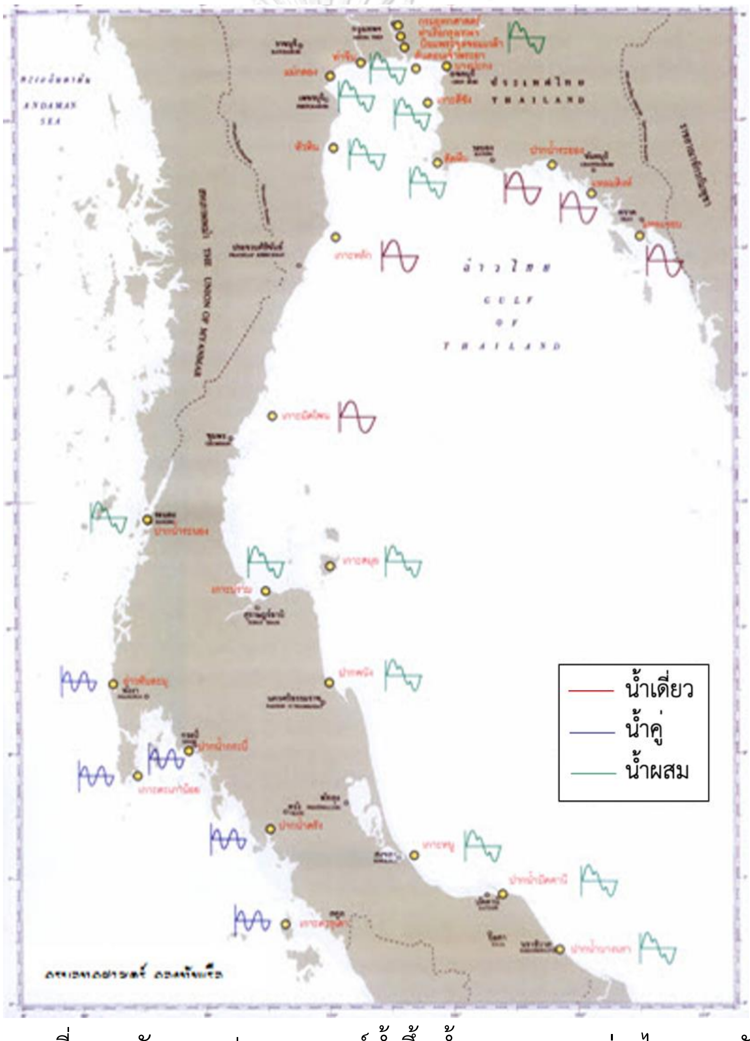
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.3 การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในรอบน้ำขึ้นน้ำลง

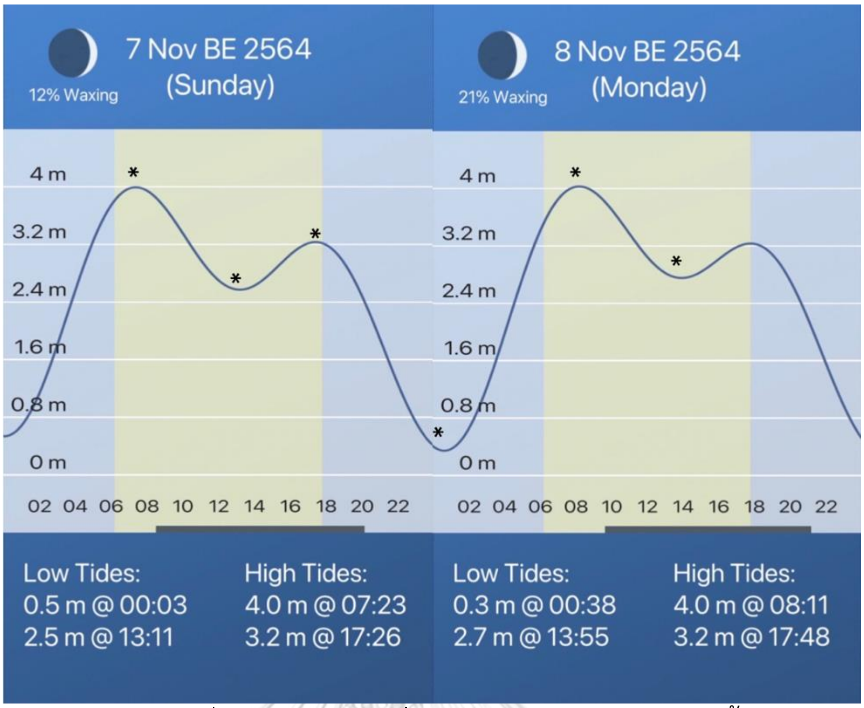
เก็บตัวอย่าง 2 ฤดู คือ ฤดูน้ำหลาก (7-8 พฤศจิกายน 2564) และฤดูแล้ง (2-3 เมษายน 2565) ซึ่งเป็นช่วงน้ำเกิด (ช่วงที่ระดับน้ำขึ้นและน้ำลงแตกต่างกันมากที่สุด) ณ สถานี CPY10 โดยเก็บตัวอย่างที่กลางแม่น้ำในเวลาที่น้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดให้เกิน 1 รอบน้ำขึ้นน้ำลง โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับวิธีในหัวข้อ 3.2.2 การขึ้นและลงของน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแบบน้ำผสมชนิดน้ำเดี่ยว (mixed, diurnal dominant) คือ ลักษณะของน้ำขึ้น 1 ครั้ง และน้ำลง 1 ครั้งต่อวัน เป็นส่วนมาก โดยมีบางวันที่น้ำขึ้น 2 ครั้ง น้ำลง 2 ครั้งต่อวัน ซึ่งความสูงและเวลาน้ำขึ้นจะแตกต่างกันมาก (รูปที่ 5)

ฤดูน้ำหลาก (7-8 พฤศจิกายน 2564) น้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดในวันเดียวกันต่างกันไม่มาก ประมาณ 1.5 เมตร แต่น้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดต่างวันกันจะต่างกันมากถึงเกือบ 4 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างช่วงน้ำขึ้น ที่เวลา 07:30 น., 17:30 น. และ 08:30 น. และเก็บตัวอย่างช่วงน้ำลงที่เวลา 13:00 น., 01:30 น. และ 13:30 น. (รูปที่ 6ก)

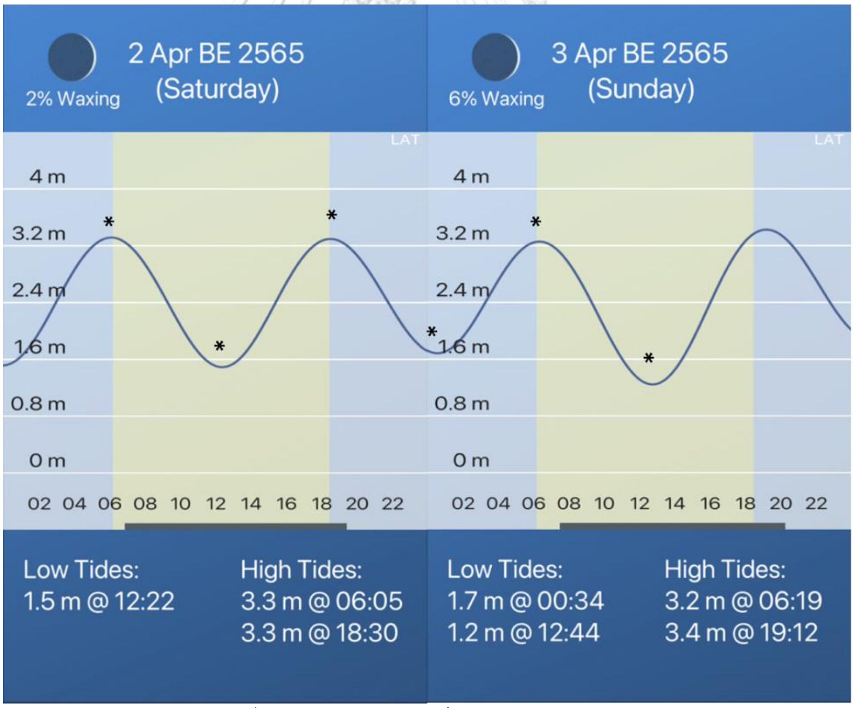
ฤดูแล้ง (2-3 เมษายน 2565) น้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดในวันเดียวกัน 2 รอบ น้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดแต่ละรอบจะต่างกันประมาณ 1.5 ถึง 2.5 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างช่วงน้ำขึ้น ที่เวลา 06:15 น., 18:30 น. และ 08:30 น. และเก็บตัวอย่างช่วงน้ำลงที่เวลา 12:00 น., 01:30 น. และ 13:30 น. (รูปที่ 6ข)



รูปที่ 5 แผนที่แสดงลักษณะปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงของทะเลอ่าวไทยและอันดามัน
(กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2565)



(ก) เวลาที่เก็บตัวอย่าง วันที่ 7-8 พฤศจิกายน 2564 (ฤดูน้ำหลาก)



(ข) เวลาที่เก็บตัวอย่าง วันที่ 2-3 เมษายน 2565 (ฤดูแล้ง)

รูปที่ 6 เวลาที่เก็บตัวอย่างรอบน้ำขึ้นน้ำลง ณ สถานี CPY10

(Tide Charts Near Me Application, 2565)

ตำแหน่ง* ในรูป คือ เวลาที่เก็บตัวอย่าง

3.3 การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

เตรียมสารละลาย 30%(v/v) H_2O_2 และน้ำประปาที่ใช้ในการศึกษานี้ โดยกรองผ่านแผ่นกรองใยแก้ว whatman® GF/B (ขนาดรูเปิด 1.0 ไมครอน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มม. โดยใช้ชุดกรองแก้ว เพื่อกำจัดไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนมากับสารละลายและน้ำที่ใช้ เครื่องแก้วและภาชนะทุกชนิดที่ใช้ เช่น บีกเกอร์ ขวดแก้วบรรจุตัวอย่าง และชุดกรองแก้ว ชะด้วยน้ำประปาที่กรองแล้วและผึ่งให้แห้งในภาชนะปิดสนิทที่ห่อหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนไมโครพลาสติกจากพื้นผิวของภาชนะบรรจุและอากาศก่อนนำมาใช้ทุกครั้ง

3.4 การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

ควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์โดย

- ทำ Blank ในอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากระบบบำบัด โดยใช้แกลลอน 10 ลิตร บรรจุน้ำประปากรองเป็นเวลา 7 วัน เพื่อตรวจสอบไมโครพลาสติกที่อาจปนเปื้อนมาจากภาชนะเก็บตัวอย่าง
- ตั้งชุดควบคุม (control set) ไว้ในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบไมโครพลาสติกที่อาจปนเปื้อนอยู่ในอากาศในห้องปฏิบัติการ โดยวางบีกเกอร์ขนาด 250 มล. บรรจุน้ำประปากรองไว้ 3 มุมในห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่การเตรียมการเก็บตัวอย่างจนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการสกัดแยกไมโครพลาสติก รวมเวลา 7 วัน ต่อ 1 ครั้งการเตรียมตัวอย่าง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ชุดควบคุม 3 ชุด จากการเตรียมตัวอย่างน้ำเสียจากระบบบำบัด 1 ชุด จากการเตรียมตัวอย่างน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลาก 1 ชุด และจากการเตรียมตัวอย่างในฤดูแล้ง 1 ชุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5 การเตรียมตัวอย่าง

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำปรับปรุงมาจากวิธีของ NOAA Marine Debris Program’s method (Masura et al., 2015) ทำให้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกาะอยู่กับไมโคร-พลาสติกในตัวอย่างน้ำ โดยเติม 30%(v/v) H_2O_2 ลงในตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะแก้ว ในอัตราส่วน 30 มล. ต่อน้ำปริมาตร 100 มล. เขย่าให้เข้ากัน ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในอากาศตกลงไป ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง หากยังมีตะกอนเหลืออยู่ เติมสารละลาย 30%(v/v) H_2O_2 และทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองผ่านแผ่นกรองใยแก้ว whatman® GF/B (ขนาดรูเปิด 1.0 ไมครอน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มม. โดยใช้ชุดกรองแก้ว

เก็บรักษาแผ่นกรอง GF/B ที่มีตัวอย่างไมโครพลาสติกติดอยู่ใน petri dish และทิ้งไว้ให้แห้งในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อตัวอย่างแห้งสนิทดีแล้ว นำไปนับจำนวน ดูลักษณะทางกายภาพและวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก

3.6 การวิเคราะห์หาปริมาณ และลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก

3.6.1 จำนวนชิ้นไมโครพลาสติกในน้ำ

การนับจำนวน และระบุลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก ได้แก่ รูปร่างและสี ดำเนินการภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereomicroscope) ยี่ห้อ Nikon รุ่น SMZ800N และถ่ายรูปตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยกล้อง Canon รุ่น EOS 6D ที่ติดตั้งอยู่กับกล้องจุลทรรศน์ ทดสอบความเป็นพลาสติกของชิ้นตัวอย่าง โดยการทดสอบด้วยเข็มร้อน (hot needle test) เพื่อแยกชิ้นส่วนที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกออกและลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดเชิงบวก (positive error)

3.6.2 ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก

ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งรูปร่างของไมโครพลาสติกเป็น 4 รูปร่าง ดังนี้

1) เส้นใย (fiber) หมายถึง ไมโครพลาสติกมีลักษณะเป็นเส้นเรียวยาว อาจมีรอยแตกที่ปลายหรือไม่มีก็ได้
2) ทรงกลม (pellet) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเป็นเม็ดกลม ที่อาจเกิดจากเม็ดโฟม หรือเม็ดสครับจากผลิตภัณฑ์ดูแลร่างกาย
3) แผ่นฟิล์ม (film) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง และค่อนข้างโปร่งแสง
4) ชิ้นส่วนไร้รูปแบบ (fragment) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเป็นเศษที่เกิดจากการแตกหัก โดยมีรูปร่างนอกเหนือจากที่ระบุไว้ข้างต้น

ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งสีของไมโครพลาสติกเป็น 6 สี ดังนี้

1) สีใส (transparent) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีสีค่อนข้างโปร่งแสง
2) สีขาว (white) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีสีขุ่นและสีขาว
3) สีดำ (black) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีสีเข้มออกไปทางโทนสีเทาและสีดำ
4) สีแดง (red) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีสีแดงและสีชมพู
5) สีน้ำเงิน (blue) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีสีฟ้าและสีน้ำเงิน
6) สีเขียว (green) หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีสีเหลืองและสีเขียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.7 การวิเคราะห์ขนาดของไมโครพลาสติก

วัดขนาดของไมโครพลาสติกโดยใช้โปรแกรม "ImageJ" (Schneider et al., 2012) ซึ่งในการวัดขนาดของตัวอย่างไมโครพลาสติกต้องทราบกำลังขยายที่ใช้ในการถ่ายภาพไมโครพลาสติกจากกล้องจุลทรรศน์ เพื่อนำมาปรับสเกลในโปรแกรมโดยการเทียบกับสเกลมาตรฐานจาก stage micrometer ที่มีลักษณะเป็นแผ่นกระจกใส เป็นอุปกรณ์ที่มีความยาวแน่นอนกำหนดอยู่ที่ความยาว 1 มม. หรือจะเทียบเป็น 100 ช่อง จากนั้นคำนวณขนาดไมโครพลาสติกในรูป และแสดงค่าในหน่วยไมครอน (μm) ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งช่วงขนาดออกเป็น 5 ช่วง ได้แก่ 20-250, 251-500, 501-750, 751-1,000 และ 1,001-5,000 ไมครอน

3.8 การวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก

ในการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกใช้เทคนิค Fourier-Transform Infrared spectroscopy (FT-IR spectroscopy) (Carr et al., 2016; Martin et al., 2017; Murphy et al., 2016; Tagg et al., 2015) เพื่อวิเคราะห์โดยการจำแนกประเภทหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลโดยอาศัยรังสีอินฟาเรด ซึ่งจะระบุชนิดของไมโครพลาสติกจากการเทียบสเปกตรัมของตัวอย่างกับสเปกตรัมในฐานข้อมูล

เนื่องจากหลักสูตรและภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลยังไม่มีเครื่อง FTIR จึงต้องขอความอนุเคราะห์ใช้เครื่องจากหน่วยงานอื่น ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ จึงใช้เครื่อง FTIR spectrometer ถึง 3 เครื่อง คือ

- Bruker's LUMOS II FT-IR Microscope ของศูนย์ความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ศาสตราจารย์ อรุณ สรเทศน์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Nicolet™ iS50 Analytical ATR FTIR Spectrometer and Software ของ THERMO FISHER SCIENTIFIC (THAILAND) CO., LTD.
- PerkinElmer Spectrum™ 3 FT-IR spectrometer ของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สุ่มตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเด่นประมาณ 10% ของจำนวนไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบ มาวิเคราะห์ชนิดของพอลิเมอร์ด้วย FTIR และการระบุชนิดของไมโครพลาสติกส่วนที่เหลือใช้การเทียบลักษณะทางกายภาพจากภาพที่ทราบชนิดของไมโครพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้วิจัยได้สังเกตและวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกที่ทราบชนิดแน่นอนแล้ว สรุปไว้เพื่อใช้ในการจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกส่วนที่ไม่ได้วิเคราะห์ FTIR ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) "PP" มีลักษณะสีเข้ม ขุ่น ทึบแสง ส่วนใหญ่จะพบในรูปร่างชิ้นส่วนไร้รูปแบบ เนื่องจากเกิดจากการแตกหักจากพลาสติกขนาดใหญ่
2) "PE" ส่วนใหญ่จะพบในรูปร่างเส้นใย เนื่องจาก PE เป็นพลาสติกที่ค่อนข้างบาง มีความยืดตัวสูง และฉีดขาดยากจึงนิยมมาผลิตเป็นเชือกที่ใช้ในการทำเกษตรกรรม และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
3) "RY" ส่วนใหญ่พบในรูปร่างเส้นใย แต่จะมีลักษณะที่แตกต่างจาก PE คือ ที่ปลายของเส้นใย RY จะมีรอยแตกอย่างชัดเจน และไมโครพลาสติกชนิด RY จะทึบแสง
4) "AC" มีลักษณะมันวาวกว่าทุกชนิดที่ระบุมา และจะพบรอยแตกคล้ายแก้วอยู่ที่พื้นผิวของไมโครพลาสติก
5) "PET" ส่วนใหญ่พบในรูปร่างเส้นใย มีความมันวาวเล็กน้อยและสีค่อนข้างโปร่งแสง
6) "PC" ประเภทเส้นใยจะมีความแบนกว่าเส้นใยขนาดอื่นและไม่สะท้อนแสง และประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบส่วนใหญ่จะพบเป็นสีขาว พื้นผิวด้านและสะท้อนแสงเล็กน้อย
7) "PA" ส่วนใหญ่มีลักษณะกลมมน สีค่อนข้างขุ่นและไม่สะท้อนแสง
8) "PS" ส่วนใหญ่พบเป็นประเภทเม็ดกลมและลักษณะคล้ายชิ้นส่วนจากภาชนะโฟม

3.9 การวิเคราะห์ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ผลการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยจะนำข้อมูลมาประเมินสถานการณ์ของขยะไมโครพลาสติกในอ่าวไทยต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.9.1 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกจำแนกตามรูปร่าง สี ขนาด และชนิด ด้วยโปรแกรม Microsoft Office (Excel 365) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และรายงานผลเป็นจำนวนไมโครพลาสติกเฉลี่ยที่พบในหน่วยชิ้น/ลบ.ม. และสรุปปริมาณ ขนาด รูปร่าง สีและชนิดของไมโครพลาสติกในรูปแบบกราฟแสดงผล ร่วมกับรายงานค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดซ้ำ (Standard Error: SE)

เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างโดยใช้ one-way ANOVA ในโปรแกรม Microsoft Office (Excel 365) โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

- ปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบ และน้ำทิ้งออกจากระบบ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง
- ประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง
- ปริมาณไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตลอดทั้งสาย ตั้งแต่เกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี จนถึงปากน้ำ จังหวัดสมุทรปราการ
- ปริมาณไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง

3.9.2 วิเคราะห์แหล่งที่มาของไมโครพลาสติก

วิเคราะห์แหล่งที่มาของไมโครพลาสติกจากรูปร่าง สี ขนาด และชนิด โดยอาศัยข้อมูลจากงานวิจัยที่รายงานไว้ในอดีต จำนวนชิ้นไมโครพลาสติกแต่ละแบบที่พบในหน่วยชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร (ชิ้น/ลบ.ม.) จะนำมาประเมินสัดส่วนแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่จำแนกมาได้

3.9.3 ประเมินประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกโดยระบบบำบัดน้ำเสีย

ปริมาณไมโครพลาสติกที่เข้าสู่ระบบและออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครคำนวณจากความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย (maximum treatment capacity) ตามสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ และรายงานในหน่วย ชิ้น/วัน ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดไมโครพลาสติกของระบบบำบัดคำนวณตามสมการที่ (3) และรายงานเป็น %

$$M_i = I \times C \qquad (1)$$

$$M_e = E \times C \qquad (2)$$

$$\text{Eff}\ (\%) = 100\,(I - E) / I \qquad (3)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยที่ M_i หมายถึง ไมโครพลาสติกในน้ำเสียเข้าสู่ระบบ (ชิ้น/วัน)

M_e หมายถึง ไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งออกจากระบบ (ชิ้น/วัน)

I หมายถึง ปริมาณไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ชิ้น/ลบ.ม.)

E หมายถึง ปริมาณไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (ชิ้น/ลบ.ม.)

C หมายถึง ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของระบบ (ลบ.ม./วัน) (ข้อมูลจากตารางที่ 7)

Eff หมายถึง ประสิทธิภาพในการบำบัดไมโครพลาสติก (%)

3.9.4 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในมวลน้ำกับฤดูกาล

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณและชนิดไมโครพลาสติกที่พบในฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2564) และฤดูแล้ง (เมษายน 2565) นำมาพิจารณาอิทธิพลของฤดูกาลต่อแหล่งที่มาที่น่าจะเป็นในแต่ละฤดู

3.9.5 การเปลี่ยนแปลงของไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาสู่อ่าวไทย

น้ำขึ้นน้ำลง ส่งผลต่อการส่งออกไมโครพลาสติกจากแม่น้ำสู่ทะเล จากผลการวิเคราะห์ปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบในมวลน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาในเวลาที่น้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดจากสถานี CPY10 นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไมโครพลาสติกที่พบ (ชิ้น/ลบ.ม.) และวิเคราะห์ร่วมกับระดับน้ำทะเล (m above mean sea level) ณ เวลานั้น เพื่อพิจารณาพฤติกรรมการส่งออกของไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาสู่อ่าวไทยในและช่วงเวลาใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาไมโครพลาสติกในโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร ในน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยา และพลวัตรของไมโครพลาสติกในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในรอบน้ำขึ้นน้ำลง ทั้งเชิงปริมาณ ขนาด ลักษณะสัณฐาน สี และชนิด มีรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ไมโครพลาสติกในโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

4.1.1 ปริมาณไมโครพลาสติก

รูปที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 โรง รูปที่ 8 แสดงช่วงปริมาณ (ชิ้น/ลบ.ม.) ของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง และตารางที่ 7 แสดงผลการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) และประสิทธิภาพในการบำบัดไมโครพลาสติก (%) ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 โรง

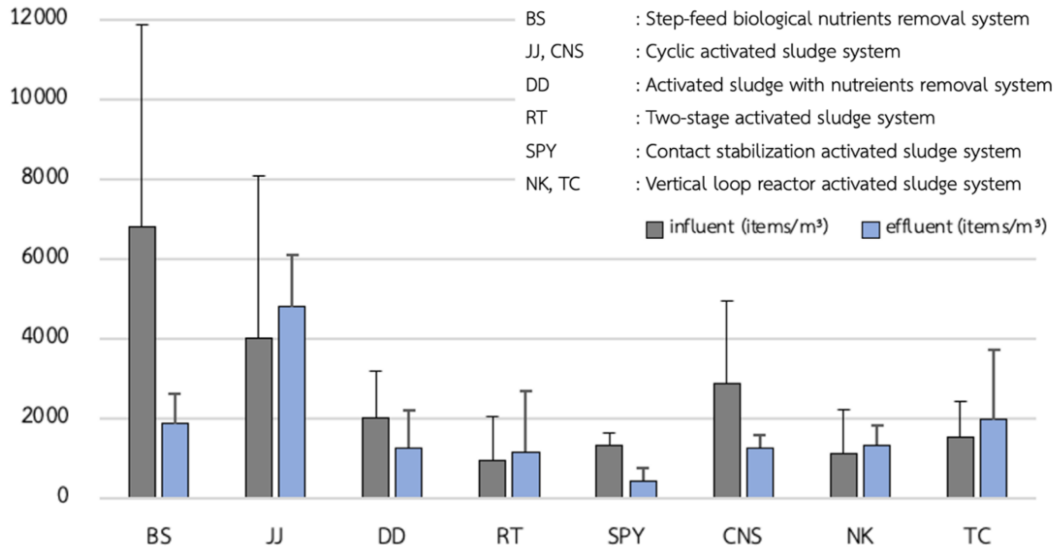
จากรูปที่ 7 พบว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อและโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรมีปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดมากกว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่น อาจเนื่องจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 โรง รับน้ำเสียจากชุมชนที่หนาแน่นกว่าและมีประชากรอาศัยอยู่ในพื้นที่

ผลการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกในครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าที่เคยรายงานไว้โดย Tadsuwan and Babel (2021) และ Tadsuwan and Babel (2022) ประมาณ 2 ถึง 6 เท่า นอกจากนี้ยังน้อยกว่าไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเข้าสู่ระบบของระบบบำบัดน้ำเสีย ในเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน ประมาณ 2 ถึง 13 เท่า (Tang et al., 2020) อาจเนื่องจากงานวิจัยทั้ง 3 เรื่องนี้ใช้กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ (fluorescence microscope) ในการนับปริมาณไมโครพลาสติก ขณะที่งานวิจัยนี้ใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ซึ่งการใช้กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ ต้องย้อมสีไมโครพลาสติกด้วยสีย้อมฟลูออเรสเซนต์ ด้วยความเข้มข้น อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสม โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนต์ อาจทำให้มีการประเมินปริมาณที่สูงกว่าจริงได้ เนื่องจากอนุภาคอินทรีย์ที่คงเหลืออยู่ในตัวอย่าง หากในขั้นตอนการย่อยสารอินทรีย์เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ดี วิธีการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกยังไม่มีวิธีมาตรฐาน ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์จึงขึ้นอยู่กับดุลยพินิจและความพร้อมของเครื่องมือ

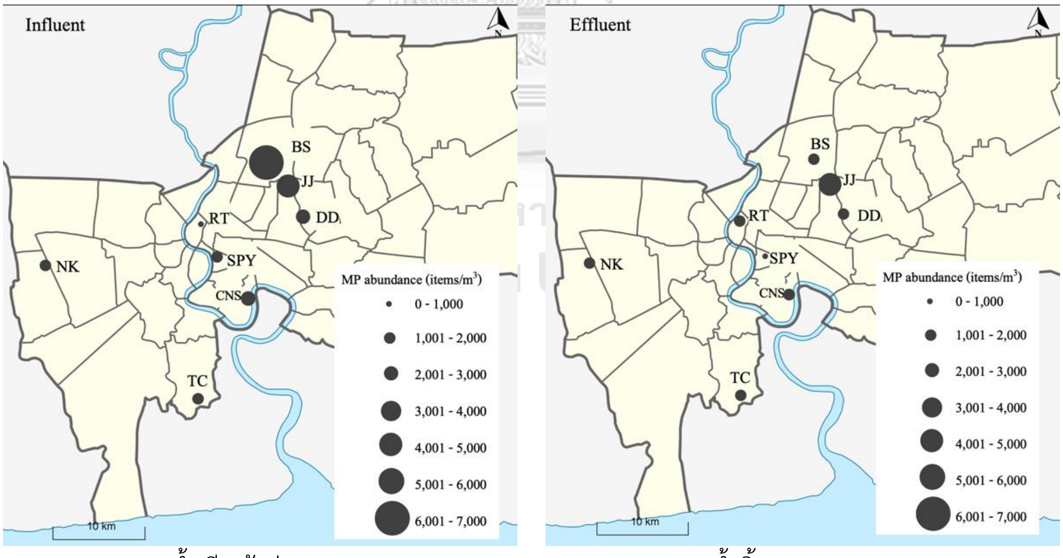
น้ำทิ้งออกจากระบบ พบตัวอย่างไมโครพลาสติกจากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ 421 ชิ้น ปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยที่พบในน้ำทิ้งออกจากระบบแสดงในตารางที่ 7 และจากรูปที่ 7 จะเห็นว่ามีหลายโรงควบคุมคุณภาพน้ำที่ไม่สามารถกำจัดไม่โครพลาสติกออกจากน้ำเสียได้ โดยเฉพาะโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (Cyclic activated sludge system) (รูปที่ 3ข) ซึ่งปล่อยไมโครพลาสติกเข้าสู่สิ่งแวดล้อมมากที่สุด โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา (Contact stabilization activated sludge) ที่ปล่อยไมโครพลาสติกเข้าสู่สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (433±321 ชิ้น/ลบ.ม.) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ตัวอย่างน้ำเสียเข้าสู่ระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา มีไมโครพลาสติกปนเปื้อนไม่มาก จึงไม่น่าแปลกใจที่ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งออกจากระบบมีน้อย อีกทั้งโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ยังมีบ่อย่อยสลาย (stabilization tank) (รูปที่ 3จ) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนของไมโครพลาสติกได้มากขึ้น

ในการศึกษานี้ มีโรงควบคุมคุณภาพน้ำ 4 แห่ง ที่มีปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดมากกว่าไมโครพลาสติกในน้ำก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด ซึ่งอาจจะเกิดจากการแตกหักของไมโครพลาสติกในระหว่างที่อยู่ในกระบวนการบำบัด (Lv et al., 2019) จนทำให้ไมโครพลาสติกมีปริมาณเพิ่มขึ้น Liu et al. (2019) รายงานว่า เมื่อไมโครพลาสติกผ่านเข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสีย ไมโครพลาสติกอาจเกิดการผุกร่อนทางกายภาพ (mechanical erosion) จนแตกหักเป็นขนาดเล็กลงได้ อย่างไรก็ดี ผลการศึกษาไมโครพลาสติกในโรงควบคุมคุณภาพน้ำอาจไม่สามารถเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นได้โดยตรง เนื่องจากขนาดและกระบวนการบำบัดที่แตกต่างกัน (Tadsuwan & Babel, 2021)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบ พบว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ เพียงโรงเดียวที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p = 0.05$ (ตารางภาคผนวก ฉ.1-4) และจากผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกที่ถูกปล่อยออกจากระบบผ่านน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วมีปริมาณมากกว่าไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเสียเข้าสู่ระบบ แสดงว่าโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ มีส่วนทำให้ปริมาณไมโครพลาสติกจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 ปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร (BS: โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ; JJ: โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร; DD: โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง; RT: โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์; SPY: โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา; CNS: โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี; NK: โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม; TC: โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ)



น้ำเสียเข้าสู่ระบบ　　　　น้ำทิ้งออกจากระบบ

รูปที่ 8 ช่วงปริมาณของไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง

ตารางที่ 7 ประเภทของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติก (ในหน่วย ชิ้น/ลบ.ม. และ ชิ้น/วัน) และประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำ (%)

plant	treatment system	influent (items/m^3)	effluent (items/m^3)	treatment capacity (m^3/day)	MP loading x 10^6 (items/day)	MP x 10^6 (items/day)	removal efficiency
BS	Step-feed biological nutrients removal	6,733±5,096	1,867±757	120,000	816±612	224±91	63%
JJ	Cyclic activated sludge system	4,000±4,060	4,767±1,328	150,000	700±420	443±323	–
DD	Activated sludge with nutreients removal	2,000±1,200	1,233±896	350,000	37±44	47±61	4%
RT	Two-stage activated sludge	933±1,102	1,167±1,514	40,000	40±9	13±10	–
SPY	Contact stabilization activated sludge	1,333±306	433±321	30,000	600±609	715±199	70%
CNS	Cyclic activated sludge system	2,667±1,747	1,267±306	200,000	533±349	253±61	30%
NK	Vertical loop reactor activated sludge	1,133±1,101	1,333±473	157,000	178±209	209±74	–
TC	Vertical loop reactor activated sludge	1,533±902	1,967±1,762	65,000	100±59	128±115	–

4.1.2 ขนาดของไมโครพลาสติก

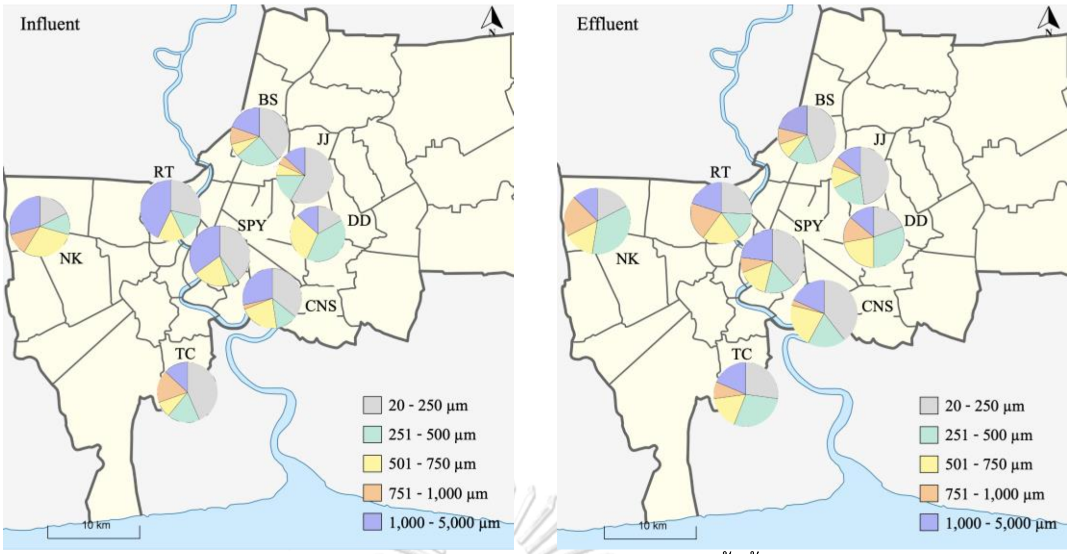
รูปที่ 9 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก จำแนกตามขนาด ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง ตารางที่ 8 และตางรางที่ 9 แสดงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร จำแนกตามขนาด ตามลำดับ

น้ำเข้าสู่ระบบ พบไมโครพลาสติก มีขนาดระหว่าง 21–4,010 ไมครอน น้ำออกจากระบบพบไมโครพลาสติก มีขนาดระหว่าง 25–4,833 ไมครอน ซึ่งไมโครพลาสติกในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบส่วนใหญ่มีขนาดอยู่ในช่วง 20–250 ไมครอน (รูปที่ 9)

ผลการศึกษาขนาดของไมโครพลาสติก สอดคล้องกับการศึกษาไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่รายงานว่าไมโครพลาสติกที่พบในระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะมีขนาดอยู่ในช่วง 100–200 ไมครอน (Carr et al., 2016) อีกทั้ง Do et al. (2022) ศึกษาไมโคร-พลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสีย ในเมืองดานัง ประเทศเวียดนาม พบว่าไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบในน้ำเข้าสู่ระบบ และน้ำออกจากระบบ มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน โดยคิดเป็น 52.9%–54.1% และ 68.9%–75.5% ตามลำดับ เนื่องจากระบบบำบัดมีส่วนทำให้ไมโครพลาสติกแตกหักเป็นชิ้นที่เล็กลงและพบไมโครพลาสติกขนาดเล็กจำนวนมาก ดังนั้น ไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จึงเป็นไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (Lv et al., 2019)

การพบไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ออกสู่ระบบบำบัดจำนวนมาก แสดงให้เห็นถึงอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เนื่องจาก Mistri et al. (2022) พบไมโครพลาสติกที่มีขนาด 54–765 ไมครอน ในปลาบริเวณทะเลเอเดรียติก (Adriatic Sea) เมืองแฟร์รารา (Ferrara) ประเทศอิตาลี 86 ตัว จาก 180 ตัว ซึ่งเป็นช่วงขนาดเดียวกับไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบในน้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย อีกทั้งสิ่งมีชีวิตยังอาจได้รับสารตกค้าง สารเติมแต่ง หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายตัวของสารตั้งต้นที่ปนเปื้อนอยู่ในไมโครพลาสติกขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่ (Andrady, 2011) ทำให้ขนาดของไมโครพลาสติกเกี่ยวข้องโดยตรงกับความเป็นพิษของไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิต (Oo et al., 2021) นอกจากนี้ สิ่งมีชีวิตยังไม่มีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยพอลิเมอร์สังเคราะห์ (Guzzetti et al., 2018; Oo et al., 2021) ดังนั้นไมโครพลาสติกอาจก่อเกิดการอุดตันของระบบทางเดินอาหารในสิ่งมีชีวิต หรืออาจทำให้เกิดบาดแผล จนกลายเป็นเนื้องอก และพัฒนาต่อไปเป็นมะเร็งได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



น้ำเสียเข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งออกจากระบบ

รูปที่ 9 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก จำแนกตามขนาด ที่พบในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง

4.1.3 ลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติก

รูปที่ 10 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามลักษณะสัณฐาน ตารางที่ 10 และตารางที่ 11 แสดงปริมาณเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามลักษณะสัณฐาน ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในน้ำเข้าสู่ระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร พบไมโครพลาสติกทั้ง 4 ประเภท โดยมีเพียงโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรเท่านั้นที่ตรวจพบไมโครพลาสติประเภทแผ่นฟิล์ม และโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี และโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ตรวจพบไมโครพลาสติกเพียง 2 ประเภท ได้แก่ ชิ้นส่วนไร้รูปแบบ และเส้นใย

ตารางที่ 8 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามขนาด” ที่พบใน “น้ำเสียเข้าสู่ระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

plant	20-250 µm (items/m³)	251-500 µm (items/m³)	501-750 µm (items/m³)	751-1,000 µm (items/m³)	1,000-5,000 µm (items/m³)	total AVG (items/m³)
BS	2,667 ± 2,948	1,600 ± 400	467 ± 306	667 ± 503	3,800 ± 400	6,733 ± 5,096
JJ	2,333 ± 3,190	667 ± 643	267 ± 231	200 ± 200	3,467 ± 4,314	4,000 ± 4,060
DD	333 ± 577	800 ± 529	600 ± 306	–	1,800 ± 1,510	2,000 ± 1,200
RT	267 ± 462	133 ± 115	133 ± 231	–	933 ± 1,102	933 ± 1,102
SPY	533 ± 416	67 ± 115	267 ± 306	–	867 ± 611	1,333 ± 306
CNS	1,067 ± 833	333 ± 115	600 ± 529	67 ± 115	2,600 ± 2,423	2,667 ± 1,747
NK	200 ± 200	133 ± 115	333 ± 306	133 ± 115	733 ± 643	1,133 ± 1,102
TC	667 ± 416	267 ± 231	133 ± 115	306 ± 267	1,467 ± 1,007	1,533 ± 902
total AVG (items/m³)	8,067 ± 5,139	4,000 ± 1,261	2,800 ± 529	1,333 ± 416	15,667 ± 10,629	

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 9 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามขนาด” ที่พบใน “น้ำทิ้งออกจากระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

Plant	20-250 μm (items/m³)	251-500 μm (items/m³)	501-750 μm (items/m³)	751-1,000 μm (items/m³)	1,000-5,000 μm (items/m³)	total AVG (items/m³)
BS	833 ± 577	300 ± 173	167 ± 58	167 ± 115	400 ± 361	1,833 ± 723
JJ	2300 ± 1,153	967 ± 503	600 ± 0	267 ± 153	667 ± 404	4,767 ± 1,328
DD	233 ± 252	367 ± 404	267 ± 231	167 ± 289	167 ± 208	1,233 ± 896
RT	300 ± 300	167 ± 208	233 ± 404	233 ± 404	233 ± 252	1,167 ± 1,514
SPY	167 ± 289	67 ± 115	67 ± 58	33 ± 58	100 ± 100	433 ± 321
CNS	500 ± 100	233 ± 252	267 ± 115	33 ± 58	233 ± 115	1,267 ± 306
NK	233 ± 58	467 ± 321	200 ± 100	267 ± 115	167 ± 58	1,333 ± 473
TC	500 ± 700	533 ± 611	233 ± 252	100 ± 100	300 ± 436	1,967 ± 1,762
total AVG (items/m³)	5,100 ± 1,952	3,133 ± 2,003	2,133 ± 833	1,333 ± 757	2,333 ± 643	

ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย พบในมากที่สุดในน้ำเสียเข้าสู่ระบบของทุกโรงควบคุมคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 10) เม็ดกลมพบในโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ และโรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ เท่านั้น และแผ่นฟิล์มพบน้อยที่สุดในน้ำเสียเข้าสู่ระบบ โดยพบในโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ของการเก็บตัวอย่างวันที่ 21 มิถุนายน 2564 เพียง 1 ชิ้น จากข้อมูลของไมโครพลาสติกจำแนกตามลักษณะสัณฐาน ผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าสู่ระบบมากกว่า 5 ลิตร เพื่อให้ได้ข้อมูลไมโครพลาสติกมาใช้ในการวิเคราะห์มากขึ้น

ผลการศึกษานี้คล้ายคลึงกับงานวิจัยเกี่ยวกับไมโครพลาสติกในระบบบำบัดก่อนหน้า ที่พบว่าเส้นใยเป็นไมโครพลาสติกประเภทที่พบมากที่สุดในระบบบำบัด และรองมาคือ ชิ้นส่วนไร้รูปแบบ (Hongprasith et al., 2020; Leslie et al., 2017; Mason et al., 2016) เส้นใยที่พบในระบบบำบัดส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกชนิด PL เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hongprasith et al. (2020) PL มักมีที่มาจากเส้นใยเสื้อผ้า ที่มาจากการซักล้างของบ้านเรือนหรือโรงงานที่ตั้งอยู่ใกล้ระบบบำบัดน้ำเสีย (Pradit et al., 2021) ปริมาณการปล่อยเส้นใยจากกระบวนการซักล้างจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด (Zambrano et al., 2019) การซักผ้าที่ใช้อุณหภูมิสูงเป็นการเพิ่มความกระด้างของน้ำ จะทำให้มีการปลดปล่อยเส้นใยเพิ่มขึ้น และการใช้น้ำยาปรับผ้านุ่มสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยเส้นใย เนื่องจากช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างเส้นใยทำให้เส้นใยมีโอกาสขาดน้อยลง (Falco et al., 2018) และไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบ ส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกทุติยภูมิที่แตกหักมาจากผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้ในชีวิตประจำวัน (Klemes et al., 2020)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในอดีต ไมโครพลาสติกประเภทเม็ดกลม มักถูกใช้ผสมกับผลิตผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกาย และเครื่องสำอาง เพื่อทดแทนวัสดุขัดผิวตามธรรมชาติ เช่น ข้าวโอ๊ต และเปลือกวอลนัต (Chang, 2015) ประเทศไทยเคยเป็นศูนย์กลางในการผลิตผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกายที่มีส่วนผสมของไมโครบีดส์ส่งออกไปต่างประเทศ แต่ในวันที่ 1 มกราคม 2563 กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศงดผลิต นำเข้า และส่งออก ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของไมโครบีดส์ เนื่องจากไมโครบีดส์มีขนาดเล็กมากและไม่สามารถย่อยสลายได้จึงทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จาก Roadmap การจัดการขยะพลาสติก ปี 2561–2573 ของประเทศไทย จากกรมควบคุมมลพิษ มีนโยบายในการเลิกใช้ไมโครบีดส์อย่างถาวรในปี 2562 (PCD, 2018) นอกจากนี้ Roadmap ยังระบุถึงยกเลิกการใช้พลาสติกใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ในปี 2563 (PCD, 2018) ทำให้พบไมโครพลาสติประเภทเม็ดกลมที่มาจากการแตกหักจากกล่องโฟมบรรจุอาหารมีปริมาณน้อย อีกทั้ง Roadmap นี้ยังทำให้พบไมโคร-

พลาสติกประเภทแผ่นฟิล์มน้อยมาก (Ta & Babel, 2020) เนื่องจากได้ประกาศยกเลิกการใช้พลาสติกที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งในปี 2563 ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากถุงพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง

ในน้ำทิ้งออกจากระบบ พบชิ้นส่วนไร้รูปแบบ > เส้นใย > เม็ดกลม โดยไมโครพลาสติกประเภทเม็ดกลมพบเพียง 4 โรง ได้แก่ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม และโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ (ตารางที่ 11) ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบไมโครพลาสติกประเภทแผ่นฟิล์มในน้ำออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร อาจเป็นเพราะในน้ำเข้าสู่ระบบพบแผ่นฟิล์มน้อยมากอยู่แล้ว และแผ่นฟิล์มสามารถยึดติดกับสารพอลิเมอร์ที่จุลินทรีย์ในระบบปล่อยออกมานอกเซลล์ (Extracellular Polymer Substances: EPS) ได้ง่าย จึงทำให้ตกตะกอนไปพร้อมกับตะกอนส่วนเกินในถังตกตะกอน (Liu et al., 2019; Zhang et al., 2020)

ผลการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำออกจากระบบ คล้ายคลึงกับการศึกษาไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสีย ที่เมืองอู่ฮั่น (Wuhan) ประเทศจีน ที่พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมากที่สุด และรองมาคือชิ้นส่วนไร้รูปแบบ (Tang et al., 2020) การพบสัดส่วนของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างน้ำเข้าสู่ระบบ อาจเป็นเพราะเส้นใยถูกกำจัดไปแล้วตั้งแต่กระบวนการบำบัดขั้นต้น (Talvitie et al., 2017) และเส้นใยถูกกำจัดออกจากมวลน้ำได้ง่ายกว่าชิ้นส่วนไร้รูปแบบ โดยเส้นใยจะยึดติดกับ EPS และตกตะกอนไปพร้อมกับตะกอนอินทรีย์ (Liu et al., 2019; Zhang et al., 2020)

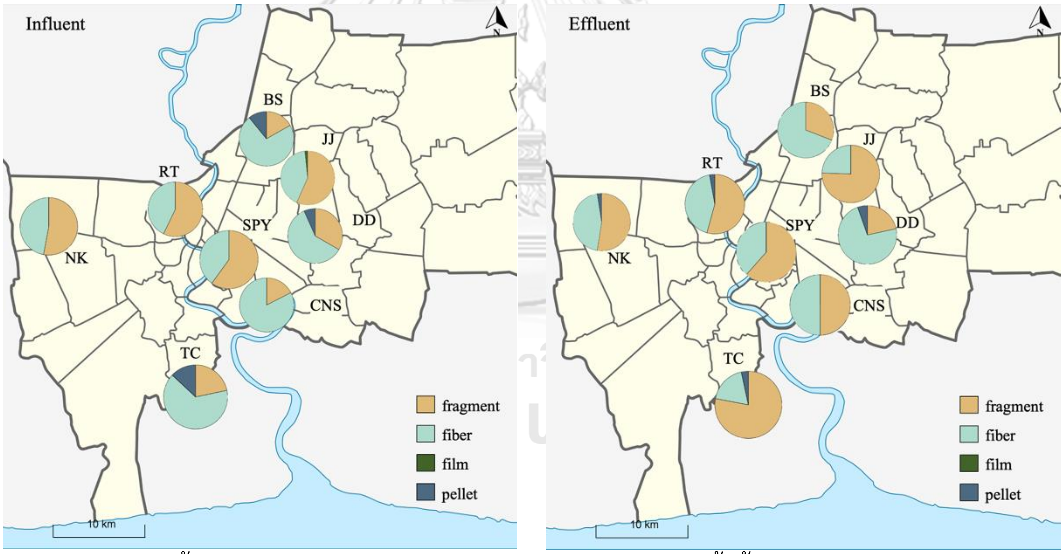
ผลการศึกษานี้ ต่างจากไมโครพลาสติกที่พบในน้ำออกจากระบบของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่พบว่าเส้นใยถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมมากที่สุด (Mason et al., 2016) ซึ่ง Chubarenko et al. (2016) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกที่ส่งผลต่อความเร็วการตกตะกอนพบว่าไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมีความสามารถในการจับตัวกับตะกอนและตกตะกอนได้น้อยกว่าไมโครพลาสติกประเภทอื่น แต่เส้นใยในโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร อาจตกตะกอนได้น้อยกว่าในตัวกลางอื่น เนื่องจากกระบวนที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียมีส่วนช่วยให้เส้นใยล่องลอยอยู่ในมวลน้ำมากกว่าตกตะกอน

อย่างไรก็ดี จากผลการศึกษานี้ยังพบว่ามีเส้นใยถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจำนวนมาก ทำให้เพิ่มโอกาสเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากไมโครพลาสติกว่า 90% ที่สิ่งมีชีวิตกลืนกิน เป็นไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย (Mizraj et al., 2017)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ไมโครพลาสติกประเภทเม็ดกลมที่พบในการศึกษานี้ ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายเม็ดโฟม โดยมีแหล่งที่มาจากกล่องโฟมบรรจุอาหาร ชนิด Expanded polystyrene Foam (EPS Foam) (Cai et al., 2017) มีความหนาแน่น 0.02–0.026กรัม/ลบ.ซม. (Kannan et al., 2007) ซึ่งน้อยกว่าความหนาแน่นของน้ำ เม็ดโฟมจึงถูกกำจัดได้ยาก ทำให้พบเม็ดโฟมในน้ำที่ออกจากระบบบำบัด

สาเหตุที่การศึกษาลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียของหลายงานวิจัยมีความต่างกัน อาจเนื่องจากวิธีการกรองแยกตัวอย่างไมโครพลาสติกออกจากน้ำเสีย เช่น เส้นใยที่อาจมีขนาดยาวกว่า 5 มม. ซึ่งไม่นับว่าเป็นไมโครพลาสติก อาจจับตัวกันเป็นก้อนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 5 มม. ดังนั้นในการศึกษานี้จึงนับเส้นใยที่จับตัวกันเป็นก้อนเป็นไมโคร-พลาสติก หรือเส้นใยขนาดสั้นกว่า 5 มม. ที่ควรจัดเป็นไมโครพลาสติกอาจลอดผ่านตะแกรงร่อนที่บางงานวิจัยใช้ในการเก็บตัวอย่างได้ เนื่องจากเส้นใยส่วนใหญ่ค่อนข้างบางจึงสามารถลอดผ่านตามแนวยาวของเส้นใยได้



น้ำเสียเข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งออกจากระบบ

รูปที่ 10 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามลักษณะสัณฐาน

4.1.4 สีของไมโครพลาสติก

รูปที่ 11 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามสี ตารางที่ 12 และตารางที่ 13 แสดงปริมาณเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบ

และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามสีตามลำดับ

น้ำเสียเข้าสู่ระบบ พบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินมากที่สุด รองมาคือ สีแดง > สีเขียว > สีดำ > สีขาว > สีใส โดยตัวอย่างน้ำเสียจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา และโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ไม่พบไมโครพลาสติกสีใสในตัวอย่าง

น้ำทิ้งออกจากระบบ พบไมโครพลาสติกสีแดงมากที่สุด รองมาคือ สีน้ำเงิน > สีเขียว > สีดำ > สีขาว > สีใส โดยตัวอย่างน้ำเสียจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา และโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ไม่พบไมโครพลาสติกสีใสในตัวอย่าง

ไมโครพลาสติกสีน้ำเงินที่พบส่วนใหญ่เป็นเส้นใยที่ตกตะกอนน้อยกว่าไมโครพลาสติกประเภทอื่น (Chubarenko et al., 2016) ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงพบสัดส่วนของไมโครพลาสติกสีน้ำเงินในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดเพิ่มขึ้นจากที่พบในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด

สีน้ำเงินและสีเขียว ประเภทเส้นใยส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกที่มีที่มาจากเส้นใยสังเคราะห์จากเสื้อผ้าและเชือก (Chouchene et al., 2021) และไมโครพลาสติกสีน้ำเงินและสีดำส่วนใหญ่มีที่มาจากอุปกรณ์การประมง บรรจุภัณฑ์พลาสติก และเส้นใยสังเคราะห์ (Chinfak et al., 2021) ไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบ สีน้ำเงิน อาจมาจากฝาขวดน้ำดื่ม และไมโครพลาสติกสีขาว สีใส และสีดำ มักมีที่มาจากบรรจุภัณฑ์ ถุงพลาสติก พลาสติกยืดห่ออาหาร และขวดน้ำพลาสติก (Ta & Babel, 2020) จากการตรวจพบไมโครพลาสติกหลากสีในน้ำเข้าสู่ระบบ จึงคาดว่ามีที่มาจากเส้นใยเสื้อผ้าที่เกิดจากกิจกรรมการซักล้างของชุมชนบริเวณใกล้เคียงระบบบำบัด อย่างไรก็ดี สีของไมโครพลาสติกอาจเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากกระบวนการออกซิเดชันและการเสื่อมสภาพเนื่องจากรังสียูวี (Phuprasert et al., 2021) ทำให้การระบุแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกจากสีทำได้ยาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 10 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามลักษณะสัณฐาน” ที่พบใน “น้ำเสียเข้าสู่ระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

plant	fragment (items/m³)	fiber (items/m³)	film (items/m³)	pellet (items/m³)	total AVG (items/m³)
BS	1,133 ± 1,007	4,867 ± 2,887	–	733 ± 1,270	6,733 ± 5,096
JJ	2,267 ± 2,468	1,667 ± 1,617	67 ± 115	–	4,000 ± 4,060
DD	667 ± 503	1,200 ± 1,039	–	133 ± 115	2,000 ± 1,200
RT	533 ± 416	400 ± 693	–	–	933 ± 1,102
SPY	800 ± 200	533 ± 115	–	–	1,333 ± 306
CNS	467 ± 306	2,200 ± 1,510	–	–	2,667 ± 1,747
NK	600 ± 600	533 ± 503	–	–	1,133 ± 1,102
TC	333 ± 231	1,000 ± 872	–	200 ± 200	1,533 ± 902
total AVG (items/m³)	6,800 ± 4,060	12,400 ± 4,000	67 ± 115	1,067 ± 1,154	

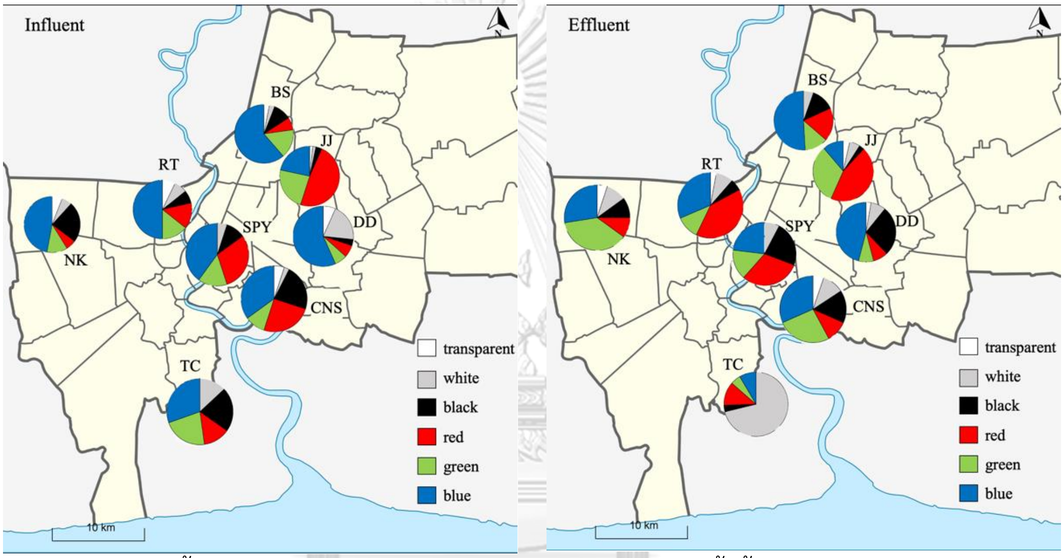
หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 11 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามลักษณะสัณฐาน” ที่พบใน “น้ำทิ้งออกจากระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

plant	fragment (items/m³)	fiber (items/m³)	film (items/m³)	pellet (items/m³)	total AVG (items/m³)
BS	567 ± 153	1,267 ± 577	–	–	1,833 ± 723
DD	3,600 ± 1,015	1,167 ± 513	–	–	4,767 ± 1,328
RT	267 ± 379	900 ± 755	–	67 ± 58	1,233 ± 896
SPY	633 ± 757	500 ± 700	–	33 ± 58	1,167 ± 1,514
JJ	267 ± 306	167 ± 58	–	–	433 ± 321
CNS	633 ± 351	633 ± 58	–	–	1,267 ± 306
NK	700 ± 265	600 ± 200	–	33 ± 58	1,333 ± 473
TC	1,533 ± 1,710	367 ± 208	–	67 ± 115	1,967 ± 1,762
total AVG (items/m³)	8,200 ± 3,436	5,600 ± 608	–	200 ± 173	

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ถึงแม้ว่าไมโครพลาสสีแดงเป็นสีที่ถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจากน้ำทิ้งจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานครมากที่สุด แต่งานวิจัยของ Ugwu et al. (2021) พบว่าไมโคร-พลาสติกสีน้ำเงินถูกพบในปลา นกทะเล สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในทะเล และเต่าทะเลมากที่สุด โดยมีสัดส่วนประมาณ 28%, 33%, 50% และ 75% ตามลำดับ จึงคาดว่าไมโครพลาสติกสีน้ำเงินที่สะสมในทะเลส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นในทะเลและการทิ้งน้ำเสียลงสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรงโดยไม่ผ่านระบบบำบัดของชุมชน มากกว่าน้ำทิ้งออกจากระบบจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร



น้ำเสียเข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งออกจากระบบ

รูปที่ 11 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแต่ละโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามสี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.5 ชนิดของไมโครพลาสติก

จากการศึกษาชนิดของไมโครพลาสติกด้วย FTIR spectrometer พบว่าขนาดและสีส่งผลต่อการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก เนื่องจากไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กเกินไป จะปรับลำแสง IR ให้ตกกระทบโดนไมโครพลาสติกได้ยาก และในกรณีที่อนุภาคของไมโครพลาสติกถูกเคลือบด้วยสี เครื่อง FTIR spectrometer จะตรวจจับเป็นชนิดของสีแทนชนิดของพอลิเมอร์พลาสติก รูปภาคผนวก ก-1 แสดง FTIR spectrum และรูปของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเข้าสู่ระบบและออกจากระบบของระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 12 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามสี” ที่พบใน “น้ำเสียเข้าสู่ระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

plant	transparent (items/m³)	white (items/m³)	black (items/m³)	red (items/m³)	green (items/m³)	blue (items/m³)	total AVG (items/m³)
BS	200 ± 200	200 ± 346	667 ± 643	467 ± 306	1,067 ± 1,677	4,133 ± 2,003	6,733 ± 5,096
JJ	67 ± 115	67 ± 115	133 ± 115	1,933 ± 2,343	933 ± 1,137	867 ± 611	4,000 ± 4,060
DD	133 ± 230	400 ± 346	67 ± 115	133 ± 115	133 ± 115	1,133 ± 987	2,000 ± 1,200
RT	67 ± 115	67 ± 115	67 ± 115	133 ± 231	133 ± 231	467 ± 643	933 ± 1,102
SPY	–	67 ± 115	133 ± 231	400 ± 400	200 ± 200	533 ± 306	1,333 ± 306
CNS	133 ± 230	67 ± 115	600 ± 346	667 ± 416	267 ± 306	933 ± 808	2,667 ± 1,747
NK	67 ± 115	67 ± 115	267 ± 231	67 ± 115	133 ± 115	533 ± 611	1,133 ± 1,102
TC	–	200 ± 346	333 ± 577	200 ± 200	333 ± 115	467 ± 231	1,533 ± 902
total AVG (items/m³)	667 ± 643	1,133 ± 611	2,267 ± 1,137	4,000 ± 3,328	3,200 ± 1,908	9,067 ± 2,003	

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 13 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามสี” ที่พบใน “น้ำทิ้งออกจากระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

Plant	transparent (items/m³)	white (items/m³)	black (items/m³)	red (items/m³)	green (items/m³)	blue (items/m³)	total (items/m³)
BS	–	100 ± 173	233 ± 208	333 ± 153	233 ± 252	933 ± 153	1,833 ± 723
JJ	167 ± 115	267 ± 251	133 ± 152	2133 ± 503	1533 ± 776	533 ± 153	4,767 ± 1,328
DD	33 ± 58	100 ± 173	333 ± 321	100 ± 0	100 ± 173	567 ± 493	1,233 ± 896
RT	33 ± 58	100 ± 173	67 ± 115	467 ± 643	133 ± 115	367 ± 462	1,167 ± 1,514
SPY	–	33 ± 57	100 ± 100	133 ± 152	67 ± 115	100 ± 173	433 ± 321
CNS	67 ± 58	133 ± 152	200 ± 0	133 ± 115	333 ± 493	400 ± 100	1,267 ± 306
NK	67 ± 58	133 ± 152	133 ± 57	133 ± 57	500 ± 200	367 ± 208	1,333 ± 473
TC	–	1,400 ± 1,734	67 ± 57	233 ± 153	100 ± 100	167 ± 58	1,967 ± 1,762
total AVG (items/m³)	367 ± 153	2,267 ± 1,626	1,267 ± 208	3,667 ± 115	3,000 ± 1,929	3,433 ± 737	

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ และตารางที่ 15 แสดงปริมาณเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ทั้ง 8 แห่ง จำแนกตามชนิด

การเลือกสุ่มตัวอย่างไมโครพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย FTIR spectrometer ผู้วิจัยมีความตั้งใจว่าจะเลือกไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเด่น และไมโครพลาสติกที่มีลักษณะต่างกับไมโคร-พลาสติกชิ้นอื่นที่พบในตัวอย่าง ไปวิเคราะห์ทั้งหมด แต่จากการที่ไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กมาก และการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectrometer ต้องนำตัวอย่างไปวางในบริเวณที่ลำแสง IR ส่งผ่านได้ จึงไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกที่เลือกไว้ได้ทุกชิ้น

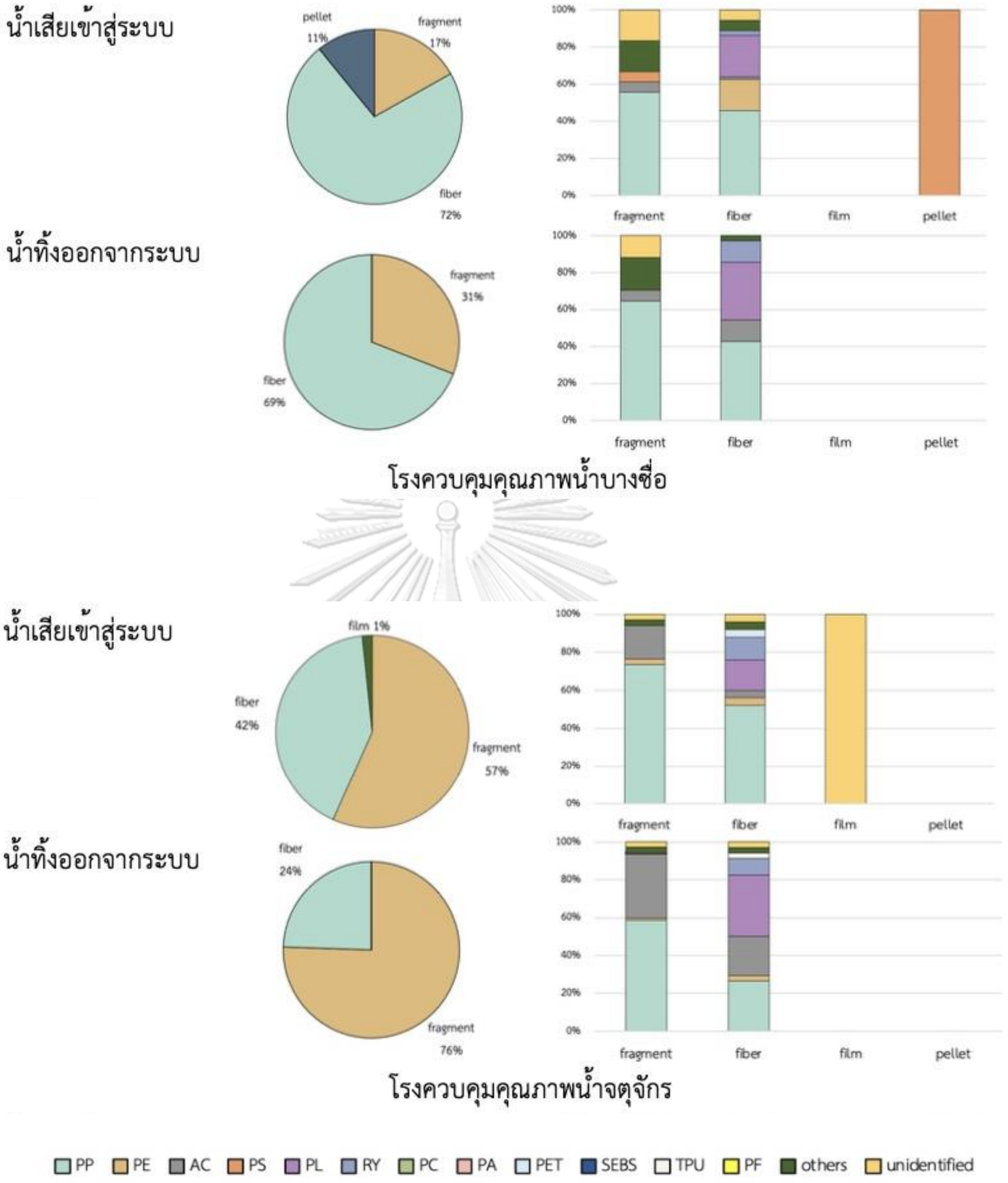
จากไมโครพลาสติกที่วิเคราะห์จำนวนผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ 305 ชิ้น ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ นำมาวิเคราะห์ชนิดของพอลิเมอร์ด้วย FTIR spectrometry 84 ชิ้น (คิดเป็น 27.54%) พบ PP > PL > RY > unidentified > PE > PS > AC > others > PET = PA = PC โดยไมโคร-พลาสติกประเภทเส้นใยส่วนใหญ่เป็น PL, PP และ RY ไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบส่วนใหญ่เป็น PP ไมโครพลาสติกประเภทเม็ดกลมพบเป็น PS ทั้งหมด (รูปที่ 12) ไมโครพลาสติกประเภทแผ่นฟิล์มจากตัวอย่างน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานครไม่สามารถระบุชนิดได้ เนื่องจากตัวอย่างขนาดเล็กและบาง จนทำให้ไม่สามารถระบุชนิดผ่านเครื่อง FTIR spectrometer ได้

จากไมโครพลาสติกที่วิเคราะห์จำนวนผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ 421 ชิ้น ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ และนำมาวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกโดย FTIR spectrometry 42 ชิ้น (คิดเป็น 9.98%) พบ PP > AC > PL > RY > others > unidentified > PE > PC > PET > TPU > PA > PS = PF โดยไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบส่วนใหญ่เป็นชนิด PP ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยเป็นชนิด PP และ PL และไมโครพลาสติกประเภทเม็ดกลมเป็นชนิด PP, PE, PS และ PA (รูปที่ 12)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบชนิด PP และ PE ที่เข้าสู่ระบบบำบัด คาดว่าเป็นไมโครพลาสติกทุติยภูมิ ที่มาจากผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ภาชนะบรรจุอาหาร ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการระบาดของ COVID–19 บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด PP, PE, PET และ PS ถูกคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณการใช้งานเพิ่มขึ้นกว่า 40% (Klemes et al., 2020) ไมโครพลาสติกเส้นใยชนิด RY และ PL มีที่มาจากกิจกรรมการซักล้างของชุมชน (Zambrano et al., 2019)

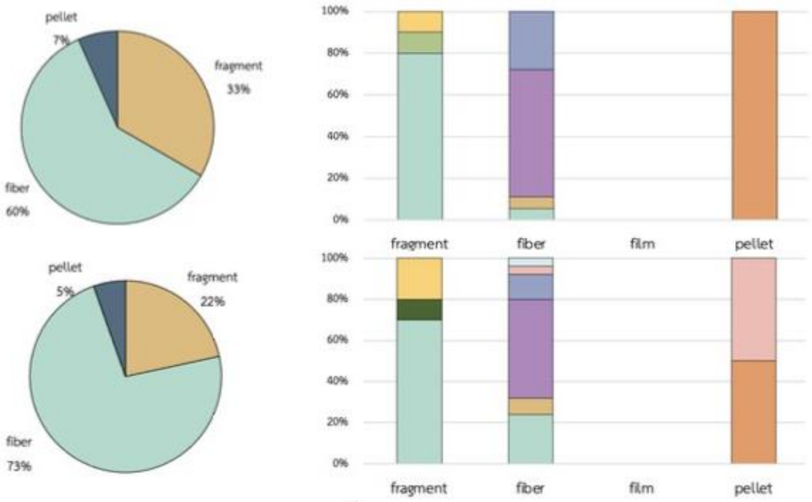
ในการศึกษานี้พบเส้นใย PP, PE, RY และ PL เป็นชนิดเด่น ต่างจากงานวิจัยไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียที่เมืองอู๋ซี (Wuxi) มณฑลเจียงซู ประเทศจีน ที่พบเส้นใย PET และ PL เป็นชนิดเด่น (Lv et al., 2019)



รูปที่ 12 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำจากโรงควบคุณภาพน้ำ
ของกรุงเทพมหานคร จำแนกตามรูปร่างและชนิด

น้ำเสียเข้าสู่ระบบ

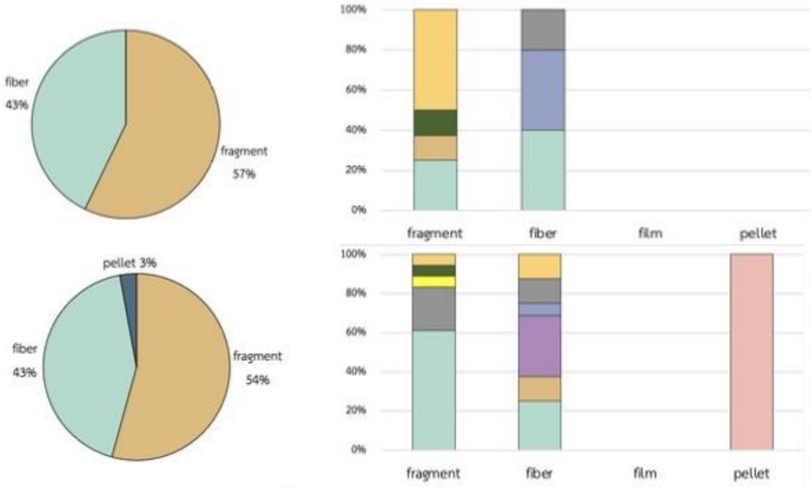
น้ำทิ้งออกจากระบบ



โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

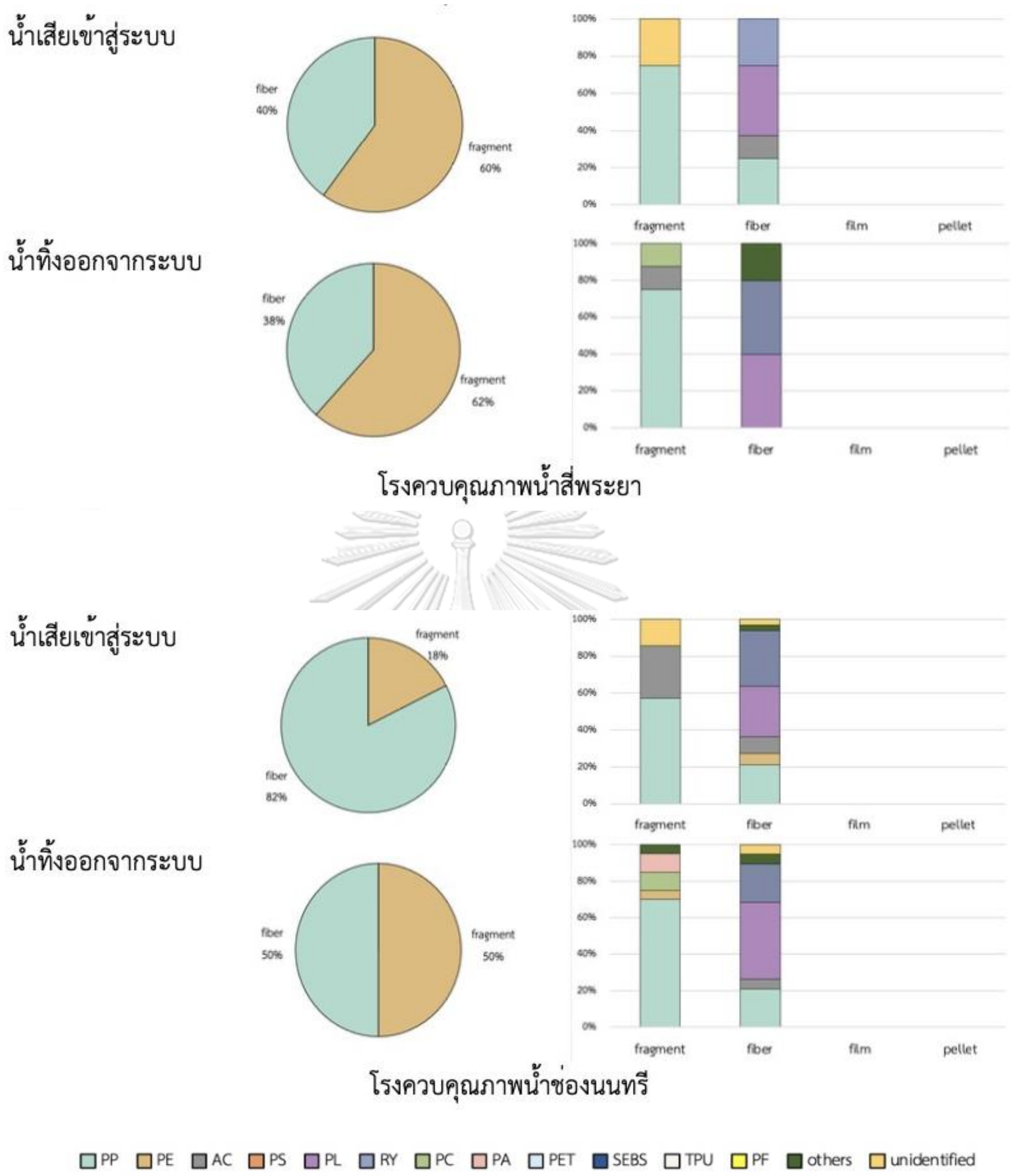
น้ำเสียเข้าสู่ระบบ

น้ำทิ้งออกจากระบบ

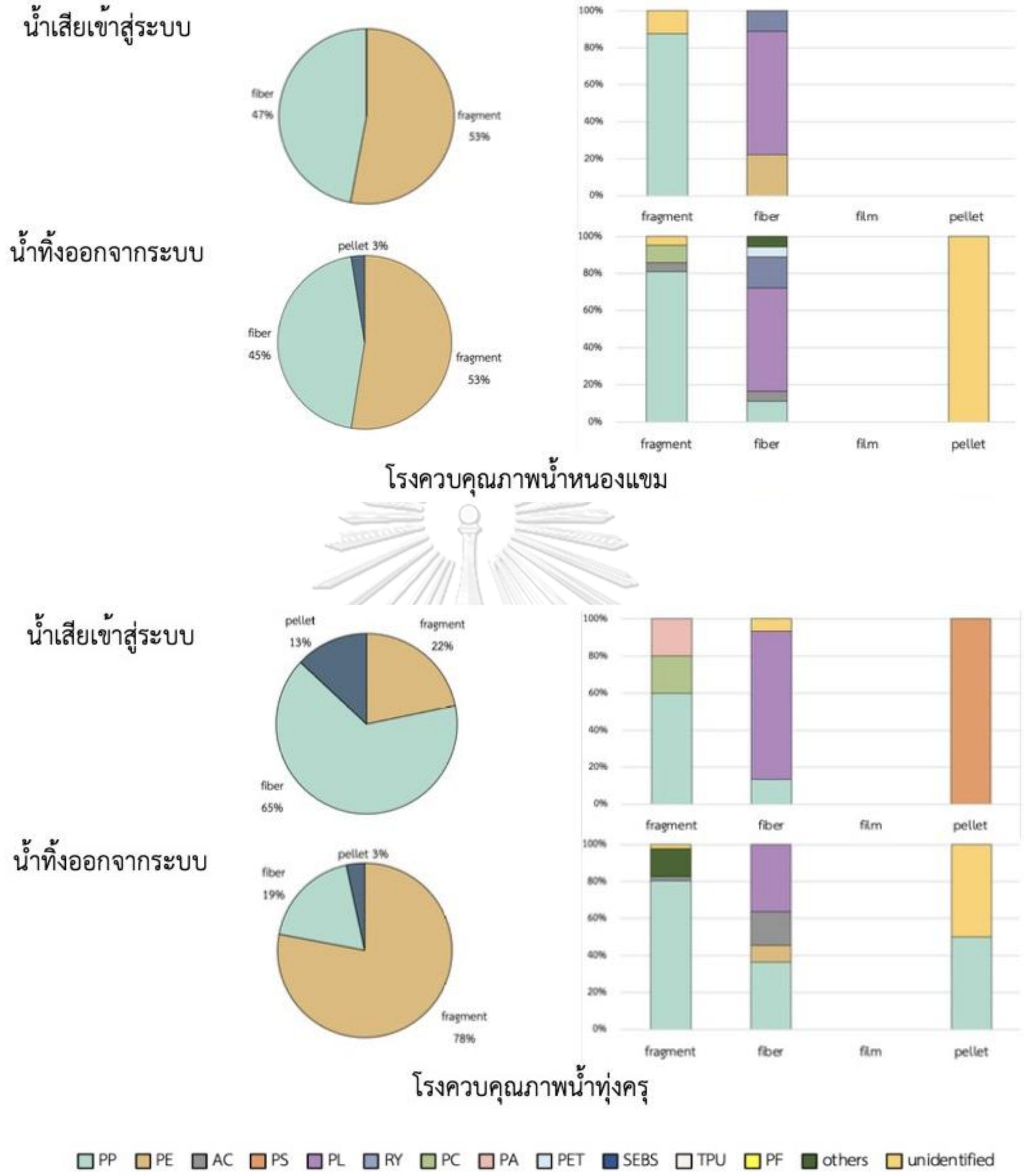


โรงควบคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

รูปที่ 12 (ต่อ)


น้ำเสียเข้าสู่ระบบ
fiber 40%
fragment 60%
น้ำทิ้งออกจากระบบ
fiber 38%
fragment 62%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
fragment
fiber
film
pellet
โรงควบคุณภาพน้ำสี่พระยา
น้ำเสียเข้าสู่ระบบ
fragment 18%
fiber 82%
น้ำทิ้งออกจากระบบ
fiber 50%
fragment 50%
โรงควบคุณภาพน้ำช่องนนทรี
PP
PE
AC
PS
PL
RY
PC
PA
PET
SEBS
TPU
PF
others
unidentified

รูปที่ 12 (ต่อ)



น้ำเสียเข้าสู่ระบบ
fiber 47%
fragment 53%
น้ำทิ้งออกจากระบบ
pellet 3%
fiber 45%
fragment 53%
fragment
fiber
film
pellet
โรงควบคุณภาพน้ำหนองแขม
น้ำเสียเข้าสู่ระบบ
pellet 13%
fragment 22%
fiber 65%
น้ำทิ้งออกจากระบบ
pellet 3%
fiber 19%
fragment 78%
โรงควบคุณภาพน้ำทุ่งครุ
PP
PE
AC
PS
PL
RY
PC
PA
PET
SEBS
TPU
PF
others
unidentified

รูปที่ 12 (ต่อ)

ตารางที่ 14 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามชนิด” ที่พบใน “น้ำเสียเข้าสู่ระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

plant	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	TPU	PF	SEBS	others	unidentified	total AVG
BS	2,867 ± 757	800 ± 1,385	133 ± 115	800 ± 1,385	1,067 ± 902	133 ± 115	–	–	–	–	–	–	467 ± 643	467 ± 503	6,733 ± 5,096
JJ	2,533 ± 2,579	133 ± 231	467 ± 808	0	267 ± 231	200 ± 200	–	–	67 ± 115	–	–	–	133 ± 115	200 ± 346	4,000 ± 4,060
DD	600 ± 346	67 ± 115	–	133 ± 115	733 ± 702	333 ± 416	67 ± 115	–	0	–	–	–	0	67 ± 115	2,000 ± 1,200
RT	333 ± 416	67 ± 115	–	–	–	133 ± 231	–	–	67 ± 115	–	–	–	67 ± 115	267 ± 231	933 ± 1,102
SPY	733 ± 462	–	–	–	200 ± 0	133 ± 115	–	67 ± 115	–	–	–	–	0	200 ± 200	1,333 ± 306
CNS	733 ± 611	133 ± 231	333 ± 306	–	600 ± 346	667 ± 416	–	–	–	–	–	–	67 ± 115	133 ± 231	2,667 ± 1,747
NK	467 ± 416	133 ± 231	–	–	400 ± 400	67 ± 115	–	–	–	–	–	–	–	67 ± 115	1,133 ± 1,102
TC	333 ± 230	–	–	200 ± 200	800 ± 721	–	67 ± 115	67 ± 115	–	–	–	–	–	67 ± 115	1,533 ± 902
total AVG	8,600 ± 4,386	1,333 ± 1,405	933 ± 1,102	1,133 ± 1,270	4,067 ± 503	1,667 ± 1,332	133 ± 115	133 ± 231	133 ± 231	–	–	–	733 ± 702	1,467 ± 1,514	

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างไมโครพลาสติกจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectrometer

ตารางที่ 15 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบใน “น้ำทิ้งออกจากระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร “จำแนกตามชนิด”

Plant	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	TPU	PF	SEBS	others	unidentified	total AVG (items/m³)
BS	866 ± 473	–	167 ± 208	–	367 ± 321	233 ± 115	–	–	–	–	–	–	133 ± 115	67 ± 115	1,833 ± 723
JJ	2,433 ± 896	67 ± 115	1,467 ± 1,206	–	367 ± 153	100 ± 173	–	–	–	33 ± 58	33 ± 58	–	133 ± 153	115 ± 133	4,767 ± 1,328
DD	433 ± 586	67 ± 58	0	33 ± 57	400 ± 529	100 ± 100	–	67 ± 58	33 ± 58	–	–	–	33 ± 58	67 ± 115	1,233 ± 896
RT	500 ± 608	67 ± 115	133 ± 115	–	167 ± 208	33 ± 58	–	33 ± 58	67 ± 115	33 ± 58	–	–	33 ± 58	100 ± 173	1,167 ± 1,514
SPY	200 ± 265	–	33 ± 58	–	67 ± 115	67 ± 115	33 ± 58	–	–	–	–	–	33 ± 58	0	433 ± 321
CNS	567 ± 306	33 ± 57	167 ± 58	–	267 ± 115	267 ± 115	67 ± 115	–	–	–	–	–	33 ± 58	33 ± 58	1,267 ± 306
NK	633 ± 208	–	67 ± 58	–	333 ± 153	333 ± 153	67 ± 115	–	33 ± 58	–	–	–	33 ± 58	67 ± 115	1,333 ± 473
TC	1,400 ± 1,389	33 ± 57	–	–	133 ± 153	133 ± 153	–	–	–	–	–	–	233 ± 404	67 ± 115	1,967 ± 1,762
total AVG	7,033 ± 3,530	267 ± 58	2,133 ± 1,193	33 ± 58	2,100 ± 436	733 ± 351	167 ± 153	100 ± 0	133 ± 153	67 ± 15	33 ± 58	–	667 ± 153	533 ± 306	

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างไมโครพลาสติกจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectrometer

4.1.6 ประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกของโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร

จากการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกของระบบบำบัด พบว่า โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา และโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติก 3%–70% (ตารางที่ 7) โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม และโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติกต่ำมาก ในการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย one-way ANOVA ไม่พบความแตกต่างกันของปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเสียเข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบ จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุกแห่ง ยกเว้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ (ภาคผนวก ฉ.1) และประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ $p = 0.05$ (ตารางภาคผนวก ฉ.2-1) และโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร ไม่สามารถกำจัดไมโครพลาสติกได้ทั้งหมด ดังนั้น โรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานครจึงเป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่มีจุดกำเนิดแน่นอน ประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกของระบบบำบัดน้ำเสีย คำนวณจากสมการ (3) ในหัวข้อ 3.9.3 หน้าที่ 48 ผลการคำนวณประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติก (%) แสดงในตารางที่ 7

ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่จะถูกกำจัดในถังเติมอากาศและถังตกตะกอนที่ระบบบำบัดแบบทุติยภูมิ Leslie et al. (2017) รายงานว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบทุติยภูมิ สามารถบำบัดไมโคร-พลาสติกได้ 88% และ 97% ด้วยกระบวนการตะตะกอน และ Hongprasith et al. (2020) รายงานว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น ได้แก่ ตะแกรง และบ่อดักกรวดทราย ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การบำบัดไมโครพลาสติกของโรงควบคุมคุณภาพน้ำแบบทุติยภูมิของกรุงเทพมหานคร พบมีประสิทธิภาพน้อยกว่าการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียขั้นสูง หรือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตติยภูมิที่สามารถบำบัดได้ 75%–92% (Hidayaturrahman & Lee, 2019) โดยมีเทคโนโลยี 3 แบบ ได้แก่ 1) ozone มีความเข้มข้นเฉลี่ย 12.6 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเมื่อ ozone เกิดปฏิกิริยากับพอลิเมอร์พลาสติก ทำให้พันธะในโมเลกุลของพอลิเมอร์สลายจนเป็นชิ้นเล็กลง 2) membrane-disc filter ซึ่งมีขนาดรูเปิดแผ่นกรอง 10 ไมครอน และ 3) rapid sand filtration ที่มีความลึก 6.8 ม. เส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดทราย 0.8–1.2 มม. และมีระยะเวลาคงอยู่ 1.085 ชั่วโมง ทั้งนี้ membrane-disc filter และ rapid sand filtration มีส่วนช่วยในการกรองแยกอนุภาคไมโครพลาสติกออกจากมวลน้ำได้ดี

ลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละแบบอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดไมโคร-พลาสติก โดยโรงควบคุมคุณภาพทั้ง 8 แห่ง ของกรุงเทพมหานคร ที่มีระบบการบำบัดน้ำเสีย 6 ระบบ มีปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกของแต่ละระบบบำบัดในแต่ละรูปแบบ ดังนี้

1) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Step-feed biological nutrient removal

โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Step-feed biological nutrient removal (รูปที่ 3ก) มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติก 63% จากการแบ่งน้ำเสียเข้าระบบหลายจุดตลอดความยาวของบ่อบำบัด ทำให้จุลินทรีย์มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ (maximum oxygen consumption) ส่งผลให้ตะกอนจุลินทรีย์จับตัวกับไมโครพลาสติกและนำไมโครพลาสติกออกจากมวลน้ำผ่านกระบวนการตกตะกอน (Zhang et al., 2020) อีกทั้งถังเติมอากาศและถังตกตะกอน ยังแยกออกจากกันชัดเจน และมีการสูบตะกอนจุลินทรีย์กลับเข้าสู่ระบบไปยังจุดนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบเพียงครั้งเดียว ทำให้ตะกอนที่ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกสามารถฟุ้งกระจายกลับเข้าสู่มวลน้ำในระบบได้ในปริมาณน้อย ส่งผลให้ระบบบำบัดนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติก

2) ระบบบำบัดแบบ Activated sludge with nutrients removal

โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge with nutrients removal system (รูปที่ 3ค) ซึ่งสามารถกำจัดไมโครพลาสติกได้ 4% ในระบบดังกล่าวจะใช้ตะกอนจุลินทรีย์ในการลดปริมาณของเสีย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยการเติมอากาศในถังเติมอากาศ และมีถังตกตะกอนที่แยกออกจากถังเติมอากาศอย่างชัดเจน ทำให้ตะกอนที่ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกตกตะกอนได้โดยไม่ฟุ้งกระจายกลับเข้าสู่ส่วนของระบบบำบัด จึงช่วยลดปริมาณไมโครพลาสติกออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

3) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Two-stage activated sludge system

โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ ใช้ระบบบำบัดแบบ Two-stage activated sludge (รูปที่ 3ง) โดยบ่อบำบัดถูกแยกเป็น 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศขั้นแรก และถังที่สองเป็นแบบไร้ออกซิเจน จากการดูดตะกอนที่อาจปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกกลับเข้าสู่มวลน้ำในระบบ 2 ครั้ง ทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Contact stabilization activated sludge system

โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ใช้ระบบบำบัดแบบ Contact stabilization activated sludge system (รูปที่ 3จ) ที่แยกการบำบัดเป็น 3 ส่วน คือ บ่อสัมผัส (contact tank) บ่อตกตะกอน (clarifier tank) และบ่อย่อยสลาย (stabilization tank) ตะกอนในถังตกตะกอนบางส่วนจะถูกดูดกลับไปบำบัดที่บ่อย่อยสลายก่อนแล้วค่อยส่งกลับไปที่บ่อสัมผัสเพื่อรักษาความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ ทำให้ไมโครพลาสติกมีโอกาสจับตัวกับตะกอนและตกตะกอนมากขึ้น และมีตะกอนที่ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกกลับเข้าสู่มวลน้ำลดลง ระบบนี้จึงพบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดไมโครพลาสติกสูงสุดในการศึกษานี้ กล่าวคือ 70% ของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

5) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Cyclic activated sludge

โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักรและโรงควบคุมคุณน้ำช่องนนทรี ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Cyclic activated sludge (รูปที่ 3ข) มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติก 0% และ 30% ตามลำดับ ระบบบำบัดนี้มีถังเติมอากาศและถังตกตะกอนอยู่ในถังเดียวกันทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกสามารถฟุ้งกระจายกลับข้าสู่มวลน้ำในระหว่างกระบวนการบำบัดได้

ความแตกต่างของประสิทธิภาพการกำบัดไมโครพลาสติกของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 2 แห่ง คือ ความเข้มข้นของไมโครพลาสติกในน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรีมีมากกว่าเนื่องจากไม่ถูกเจือจางจากน้ำฝน โดย Hidayaturrahman & Lee (2019) พบว่ายิ่งไมโครพลาสติกในมวลน้ำมีความเข้มข้นมากทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติกเพิ่มขึ้นไปด้วย ในโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรีมีสถานีสูบน้ำฝนเพื่อบำบัดน้ำฝนผ่านการกรองด้วยตะแกรงแยกขยะ และปล่อยน้ำฝนที่ผ่านการบำบัดทางกายภาพแล้วลงสู่คลองโดยไม่ผสมกับน้ำเสียในระบบซึ่งไม่พบในโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Vertical loop reactor activated sludge

โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขมและโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ใช้ระบบบำบัดแบบ Vertical loop reactor activated sludge (รูปที่ 3ฉ) โดยระบบนี้จะนำน้ำเข้าสู่ระบบผ่านตะแกรงแยกขยะและนำน้ำเข้าสู่ ถังเติมอากาศแบบ Vertical loop reactor (VLR) ที่สามารถควบคุมให้มีการเติมอากาศและไร้อากาศได้ในถังเดียวกัน หลังจากน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแล้วจะถูกส่งไปยังถังตกตะกอน ตะกอนบางส่วนจะถูกนำกลับมายังถัง VLR เพื่อควบคุมความเข้มข้นของ

ตะกอนจุลินทรีย์ ในขั้นตอนนี้อาจทำให้ตะกอนที่ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกฟุ้งกระจายกลับเข้าสู่มวลน้ำ และส่งผลให้ระบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติก

4.2 ไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่

เก็บตัวอย่างน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา 12 สถานี (CPY1–CPY12) ตั้งแต่บริเวณเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรีจนถึงปากน้ำ จังหวัดสมุทรปราการ สถานีละ 100 ลิตร ในวันที่ 11 พฤศจิกายน 2564 (ฤดูน้ำหลาก) และ 6 เมษายน 2565 (ฤดูแล้ง) โดยการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ มีรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.1 ปริมาณไมโครพลาสติก

ฤดูน้ำหลาก พบไมโครพลาสติกทั้งสิ้น 159 ชิ้น โดยที่สถานี CPY7 พบไมโครพลาสติกมากที่สุด คิดเป็น 400 ชิ้น/ลบ.ม. และสถานี CPY1 และ CPY3 พบไมโครพลาสติกน้อยที่สุด คิดเป็น 30 ชิ้น/ลบ.ม. และในฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติกทั้งสิ้น 167 ชิ้น โดยที่สถานี CPY8 และ CPY2 พบไมโครพลาสติกมากที่สุดและน้อยที่สุด โดยคิดเป็น 270 ชิ้น/ลบ.ม. และ 70 ชิ้น/ลบ.ม. ตามลำดับ (รูปที่ 13)

ในฤดูน้ำหลาก ไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี มีปริมาณต่างกันมากกว่าที่พบในฤดูแล้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในฤดูน้ำหลากมีกระแสน้ำแรงกว่าในฤดูแล้ง ซึ่งมีโอกาสที่น้ำจะกวนตะกอนที่ปนเปื้อนไปด้วยไมโครพลาสติกขึ้นมาฟุ้งกระจายในมวลน้ำ อีกทั้งในฤดูน้ำหลากยังมีการขุดลอกคลองเพื่อเพิ่มพื้นที่ทางน้ำไหลและป้องกันน้ำท่วม ทำให้ไมโครพลาสติกที่ตกตะกอนอยู่ที่พื้นคลองฟุ้งกระจายขึ้นมาและการเพิ่มความเร็วการไหลของน้ำ มีส่วนให้ไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ริมตลิ่งถูกพัดพาออกมาให้อยู่ในมวลน้ำมากขึ้น อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย one-way ANOVA ไม่พบความสัมพันธ์ของปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ที่ระดับนัยสำคัญ $p = 0.05$ (ตารางภาคผนวก ฉ.3-1)

จากรูปที่ 13 จะเห็นว่าในฤดูน้ำหลาก ไมโครพลาสติกจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่แหล่งชุมชน จากสถานี CPY3 ซึ่งเป็นสถานีที่เริ่มเข้าสู่เขตกรุงเทพมหานคร พบปริมาณไมโคร-พลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนมีปริมาณสูงสุดที่สถานี CPY7 (400 ชิ้น/ลบ.ม.) เป็นบริเวณใกล้ท่าเรือเชิงสะพานภูมิพล ๑ ท่าเรือขนส่งสินค้า ท่าเรือข้ามฟากคลองลัดโพธิ์ และโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี ซึ่งอาจเป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่สะสมในแม่น้ำเจ้าพระยา ส่วนบริเวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (CPY10–CPY12) มีไมโครพลาสติกสะสม 120–200 ชิ้น/ลบ.ม. ซึ่งคาดว่าเป็นการสะสมไมโครพลาสติกจากชุมชน โรงเรียน ท่าเรือ และเรือเดินทะเลที่สัญจรเข้าและออกจากฝั่ง

จากการศึกษนี้ ไมโครพลาสติกที่สะสมในแม่น้ำเจ้าพระยาพบมีปริมาณน้อยกว่าแม่น้ำอื่น ๆ ในต่างประเทศ เช่น แม่น้ำเพิร์ล เมืองกวางเจา ประเทศจีน (Yan et al., 2019) และแม่น้ำ Ciwalengke ประเทศอินโดนีเซีย (Alam et al., 2019) อาจเป็นเพราะวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน ในการศึกษานี้ วางแผนเก็บตัวอย่างบริเวณกลางน้ำเพื่อหาปริมาณไมโครพลาสติกที่ไหลจากแม่น้ำเจ้าพระยาลงสู่อ่าวไทย และใช้น้ำตัวอย่างปริมาตร 100 ลิตร แต่งานวิจัยของ Yan et al. (2019) และ Alam et al. (2019) ใช้น้ำตัวอย่าง 5 ลิตร และ 1 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้ำน้อยกว่าซึ่งไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนปริมาตรน้ำที่ไหลลงอ่าวไทยได้ และสาเหตุอื่นที่อาจส่งผลต่อปริมาณไมโครพลาสติกที่ต่างกัน ได้แก่ กระแสลมและกระแสน้ำ การขยายตัวของชุมชนเมือง ความหนาแน่นของประชากร การจัดการของเสีย และสภาพเศรษฐกิจและสังคม ของพื้นที่เก็บตัวอย่าง

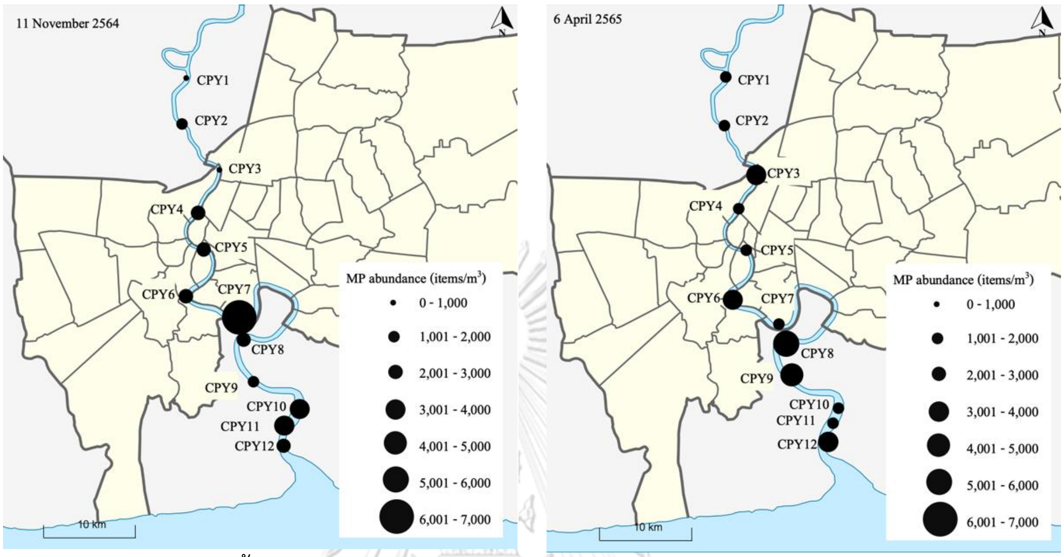
อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณไมโครพลาสติกในการศึกษานี้มีมากกว่าการศึกษาก่อนหน้า ที่เก็บตัวอย่างด้วย manta trawl (Ounjai et al., 2022; Ta & Babel, 2020) เนื่องจาก manta trawl มีขนาดรูเปิดประมาณ 330 ไมครอน ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 330 ไมครอนได้ อีกทั้งปริมาตรน้ำที่วัดได้จากการเก็บตัวอย่างด้วย manta trawl อาจคาดเคลื่อนเนื่องจากคลื่นผิวหน้าน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาค่อนข้างแรง

ในการศึกษานี้ พบปริมาณไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลากมากกว่าฤดูแล้ง เช่นเดียวกับการศึกษาในแม่น้ำนักดง ประเทศเกาหลีใต้ (Eo et al., 2019) อย่างไรก็ดีในแม่น้ำเหลืองกลับพบว่าไมโครพลาสติกในฤดูน้ำหลากมีปริมาณน้อยกว่าฤดูแล้ง (Han et al., 2020) ดังนั้นการใช้ประโยชน์ของพื้นที่บริเวณใกล้เคียงแม่น้ำเจ้าพระยาและสภาพอุทกวิทยาของแม่น้ำอาจส่งผลต่อปริมาณไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำมากกว่าฤดูกาล

นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์เชิงที่ดินบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาของกรุงเทพมหานคร ยังส่งผลต่อการสะสมของไมโครพลาสติกในมวลน้ำ รูปที่ 14 แสดงการใช้ประโยชน์บนที่ดินลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี 2545 และปี 2552 จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ในปี 2552 พบมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์เชิงที่ดินจากปี 2545 กล่าวคือ พื้นที่ทำการเกษตร (สีม่วง) และป่าไม้ (สีเขียวเข้ม) มีสัดส่วนที่ไม่ต่างไปจากเดิม พื้นที่นาข้าว (สีเหลือง) มีสัดส่วนที่ลดลงมาก และมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่อื่น ๆ (สีเทา) ซึ่งเป็นพื้นที่ชมชุมและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น และในอนาคตคาดว่าพื้นที่ชุมชนจะเพิ่มขึ้นอีก ในปัจจุบันมีการบุกรุกลำน้ำเจ้าพระยาในบริเวณที่แม่น้ำไหลผ่านแหล่งชุมชนและทำให้เกิดการเน่าเสียอย่างหนักของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง รวมทั้งบริเวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แม่น้ำเจ้าพระยายังเป็นพื้นที่เศรษฐกิจของประเทศเนื่องจาก มีการการทำการเกษตร อุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว ที่อาจขาดการวางแผนในการรับมือกับขยะพลาสติกที่เกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงคาดว่าปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในแม่น้ำเจ้าพระยาอาจเพิ่มขึ้นในอนาคต



ฤดูน้ำหลาก ฤดูแล้ง

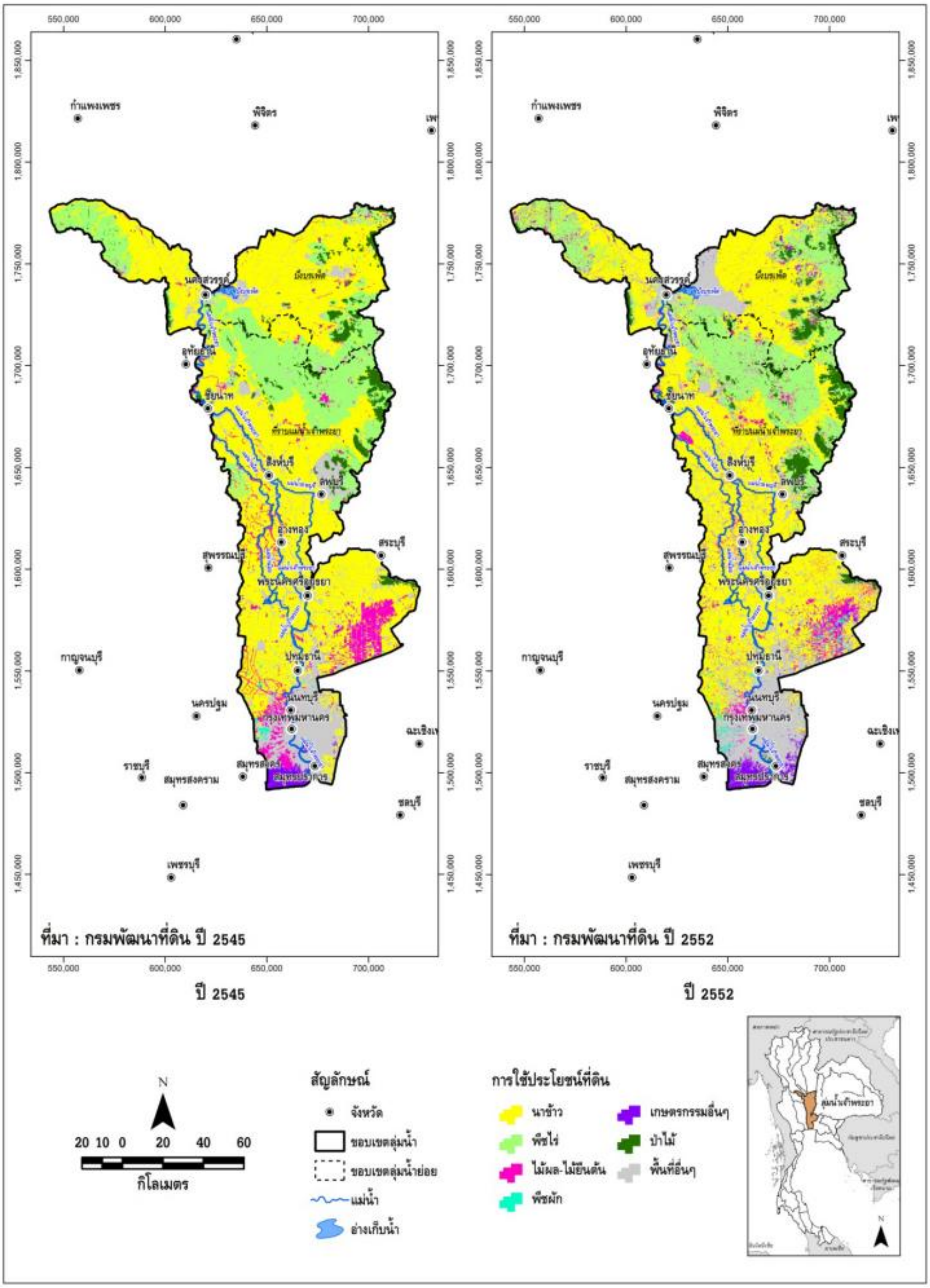
รูปที่ 13 ช่วงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่

4.2.2 ขนาดของไมโครพลาสติก

รูปที่ 15 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกจำแนกตามขนาด ที่พบในน้ำแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก และฤดูแล้ง และ ตารางที่ 16 และตารางที่ 17 แสดงปริมาณของไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) จำแนกตามขนาด ที่พบในน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา กระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตามลำดับ

การศึกษาขนาดไมโครพลาสติกในแม่น้ำส่วนใหญ่ระบุว่า พบปริมาณไมโครพลาสติกขนาดเล็กกว่า 300 ไมครอน มากที่สุด (Choong et al., 2021; Han et al., 2020; Oo et al., 2021; Wu et al., 2022) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ในแม่น้ำเจ้าพระยาที่เก็บตัวอย่างโดยใช้ mantra trawl (ขนาดรูเปิด >300 ไมครอน) (Oo et al., 2021; Ta et al., 2020) ถุงลากแพลงก์ตอนพืช (ขนาดรูเปิด 20 ไมครอน) จึงเหมาะสมที่จะใช้เก็บตัวอย่างมากกว่า จากผลการศึกษาขนาดไมโครพลาสติกทั้ง 2 ฤดู พบว่า ปริมาณไมโครพลาสติกมีแนวโน้มที่ลดลง เมื่อไมโครพลาสติกมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งพบเหมือนกับงานวิจัยไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืดในหลาย ๆ ประเทศ (Barrows et al., 2018; Choong et al., 2021; Oo et al., 2021; Zhao et al., 2015; Zhao et al., 2014)

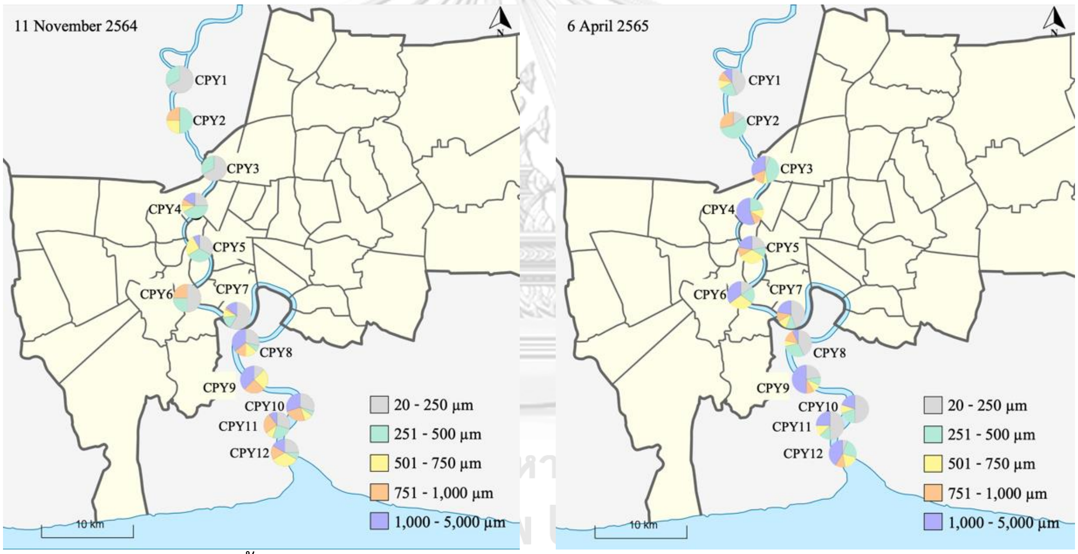
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 14 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาในปี 2545 และ 2552 (สสนก., 2555)

พื้นที่ทำการเกษตร	: สีม่วง	พื้นที่ป่าไม้	: สีเขียวเข้ม
พื้นที่นาขาว	: สีเหลือง	พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง	: สีเทา

ขนาดของไมโครพลาสติกเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในลำดับขั้นการบริโภคต่ำสามารถกลืนกินไมโครพลาสติกได้ (bio-availability) โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นอ่าวกึ่งปิด (semi-enclosed bay) ที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อู่เรือ โรงแรม รีสอร์ท และโรงบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น สัตว์ที่กินแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหาร (zooplanktivores) มีแนวโน้มที่จะกลืนกินไมโครพลาสติกมากกว่าเหยื่อในธรรมชาติในช่วงก่อนฤดูฝน (Kang et al., 2015) ซึ่งอ่าวไทยมีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิด ที่อยู่ด้านในสุดของมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ที่เชื่อมมาจากทะเลจีนใต้ ดังนั้น การพบไมโครพลาสติกขนาดเล็กในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลออกสู่อ่าวไทย จำนวนมาก เพิ่มโอกาสให้สิ่งมีชีวิตในอ่าวไทยกลืนกินไมโคร-พลาสติก และจะส่งผลถึงความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศในอนาคต



ฤดูน้ำหลาก ฤดูแล้ง

รูปที่ 15 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่จำแนกตามขนาด

4.2.3 ลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติก

รูปที่ 16 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกจำแนกตามลักษณะสัณฐาน ที่พบในน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยา 12 สถานี ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตารางที่ 18 และตารางที่ 19 แสดงปริมาณของไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) จำแนกตามลักษณะสัณฐาน ที่พบในน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา กระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก และฤดูแล้ง ตามลำดับ

ในฤดูน้ำหลาก พบไมโครพลาสติก 3 ประเภท ได้แก่ ชิ้นส่วนไร้รูปแบบ เส้นใย และแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีเพียงสถานี CPY4 CPY7 และ CPY10 ที่พบไมโครพลาสติกรูปร่างแผ่นฟิล์ม และสถานี CPY1 และ CPY9 พบเพียงไมโครพลาสติกรูปร่างชิ้นส่วนไร้รูปแบบและเส้นใยเท่านั้น ตามลำดับ โดยในการศึกษานี้พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยถูกพบมากที่สุด คิดเป็น 12%–100%

ในฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติก 2 ประเภท ได้แก่ ชิ้นส่วนไร้รูปแบบ และเส้นใย โดยคิดเป็น 0%–62% และ 38%–100% ตามลำดับ โดยสถานี CPY7 พบเฉพาะประเภทเส้นใยเท่านั้น

ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยถูกพบมากที่สุด ทั้งในฤดูน้ำหลาก (12%–100%) และฤดูแล้ง (38%–100%) เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ศึกษาไมโครพลาสติกในแม่น้ำเหลือง ประเทศจีน (Liu et al., 2021) และย่านน้ำกร่อยที่อยู่ทางฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศจีน (Mao et al., 2020) และแตกต่างจากการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาก่อนหน้าที่พบไมโคร-พลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบมากที่สุด (Ta & Babel, 2020)

ความแตกต่างของลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติกที่พบ อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในที่ดินบริเวณใกล้เคียงแม่น้ำเจ้าพระยา โดยการเพิ่มขึ้นของชุมชนเมืองหรือแหล่งอุตสาหกรรม ทำให้มีผู้คนเข้ามาอยู่อาศัยจำนวนมาก ซึ่งกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการสะสมตัวของไมโครพลาสติก เช่น การซักผ้าทำให้เกิดไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและการใช้ถุงพลาสติกทำให้เกิดไมโครพลาสติกประเภทแผ่นฟิล์ม เป็นต้น อีกทั้งหากมีการพัฒนาพื้นที่เป็นอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมสิ่งทอ จะทำให้เกิดไมโครพลาสติกจากกระบวนการผลิต หรือเกิดจากเส้นใยผ้าที่ถูกทิ้งไว้เป็นเวลานานได้ (Henry et al., 2019) นอกจากนี้เส้นใยยังเกิดจากน้ำเสียจากครัวเรือน (Browne et al., 2011) และอุปกรณ์การประมงที่ส่วนใหญ่ผลิตขึ้นจากเส้นใยไฟเบอร์ (Prarat & Hongsawat, 2022) เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการศึกษานี้พบไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบน้อยกว่าเส้นใย อาจจะเป็นเพราะเส้นใยสามารถล่องลอยในมวลน้ำได้ดีกว่า (Chubarenko et al., 2016) อีกทั้งพฤติกรรมการซักผ้าของประชากรที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครพบว่าประชากรส่วนใหญ่เลือกใช้เครื่องซักผ้าส่วนตัวมากกว่าบริการซักรีดและเครื่องซักผ้าแบบหยอดเหรียญ ซึ่งจะสิ้นเปลืองพลังงานและทิ้งน้ำเสียพร้อมไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมากกว่าการเลือกใช้การบริการซักผ้าแบบอื่น (Moon et al., 2019) ดังนั้นการพัฒนาคุณภาพการซักล้างและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้บริการซักรีดจึงมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในแม่น้ำเจ้าพระยา (Moon et al., 2019)

ตารางที่ 16 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามขนาด” ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก (11 พฤศจิกายน 2564)

station	20-250 µm (items/m³)	251-500 µm (items/m³)	501-750 µm (items/m³)	751-1,2000 µm (items/m³)	1,000-5,000 µm (items/m³)	total (items/m³)
CPY1	20	10	–	–	–	30
CPY2	–	20	10	10	40	80
CPY3	20	10	–	–	–	30
CPY4	30	50	10	10	20	120
CPY5	40	40	30	–	10	120
CPY6	40	20	–	20	–	80
CPY7	230	60	40	10	60	400
CPY8	40	10	20	20	50	140
CPY9	10	0	20	20	30	80
CPY10	60	10	20	50	60	200
CPY11	60	40	20	50	20	190
CPY12	30	10	40	20	20	120
total (items/m³)	580	280	210	210	310	
AVG (items/m³)	48 ± 60	23 ± 19	18 ± 14	18 ± 17	26 ± 22	133 ± 100

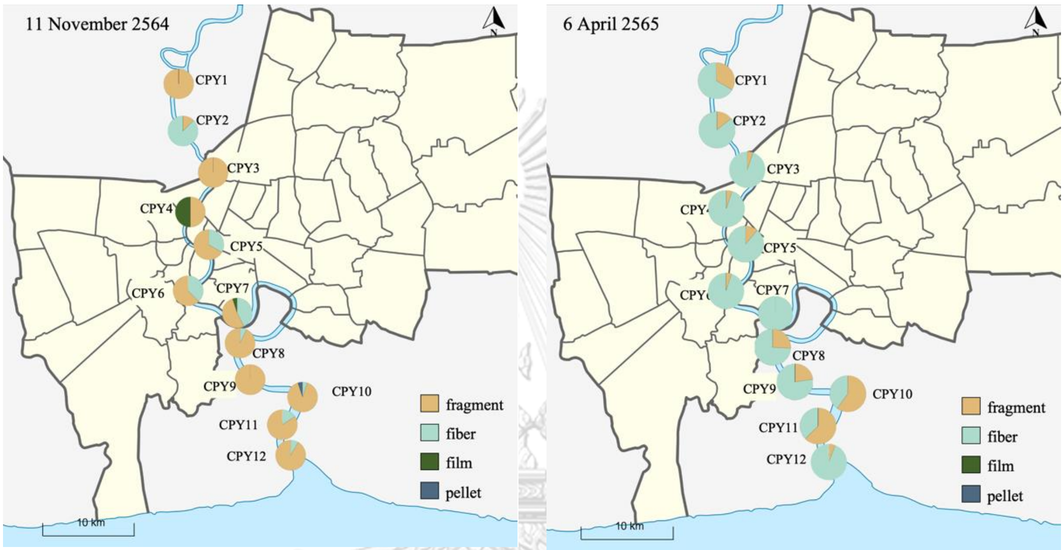
หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 17 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามขนาด” ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูแล้ง (6 เมษายน 2565)

station	20-250 µm (items/m³)	251-500 µm (items/m³)	501-750 µm (items/m³)	751-1,000 µm (items/m³)	1,000-5,000 µm (items/m³)	total (items/m³)
CPY1	40	20	10	10	10	90
CPY2	10	40	–	20	–	70
CPY3	10	80	10	30	60	190
CPY4	–	20	10	10	50	90
CPY5	20	10	30	10	20	90
CPY6	30	40	60	–	70	200
CPY7	40	10	10	10	20	90
CPY8	120	70	20	40	20	270
CPY9	50	20	20	20	110	220
CPY10	50	20	10	–	20	100
CPY11	40	10	10	–	20	80
CPY12	10	40	30	20	70	170
total (items/m³)	420	380	220	170	470	
AVG (items/m³)	35 ± 32	32 ± 23	18 ± 16	14 ± 12	39 ± 33	138 ± 68

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ พบแผ่นฟิล์มและเม็ดกลมน้อยมาก อาจเนื่องจากการรณรงค์การเลิกใช้วัสดุที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เช่น ถุงพลาสติก และกล่องโฟมบรรจุอาหาร ซึ่งเป็นที่มาของไมโครพลาสติกประเภทแผ่นฟิล์มและเม็ดกลม อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันยังมีการใช้วัสดุที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งอยู่ในหลายพื้นที่ หากประชาชนทุกคนร่วมมือกันในการลดปริมาณขยะพลาสติกได้ตั้งแต่ต้นทาง จะช่วยลดปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในสิ่งแวดล้อมได้ และยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการการผลิตพลาสติกได้



ฤดูน้ำหลาก ฤดูแล้ง

รูปที่ 16 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่จำแนกตามลักษณะสัณฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.4 สีของไมโครพลาสติก

รูปที่ 17 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก จำแนกตามสี ที่พบในน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยา 12 สถานี ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตารางที่ 20 และตารางที่ 21 แสดงปริมาณของไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) จำแนกตามสี ที่พบในน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา กระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก และฤดูแล้ง ตามลำดับ

ในฤดูน้ำหลาก พบไมโครพลาสติก ทั้ง 6 เฉดสี โดยพบสีน้ำเงินมากที่สุด คิดเป็น 0%–70% รองมาคือ สีดำ (0%–100%) สีแดง (0%–43%) สีเขียว (0%–67%) สีใส (0%–34%) และสีขาว (0%–12%) ซึ่งสถานี CPY3 พบไมโครพลาสติกสีดำเพียงสีเดียว

ตารางที่ 18 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามลักษณะสัณฐาน” ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก (11 พฤศจิกายน 2564)

station	fragment (items/m³)	fiber (items/m³)	film (items/m³)	pellet (items/m³)	total (items/m³)
CPY1	30	–	–	–	30
CPY2	10	70	–	–	80
CPY3	–	30	–	–	30
CPY4	–	60	60	–	120
CPY5	40	80	–	–	120
CPY6	30	50	–	–	80
CPY7	170	210	20	–	400
CPY8	10	130	–	–	140
CPY9	–	80	–	–	80
CPY10	10	180	10	–	200
CPY11	30	160	–	–	190
CPY12	10	110	–	–	120
total (items/m³)	340	1160	90	–	
AVG (items/m³)	28 ± 47	97 ± 63	78 ± 18	–	133 ± 100

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 19 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามลักษณะสัณฐาน” ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูแล้ง (6 เมษายน 2565)

station	fragment (items/m³)	fiber (items/m³)	film (items/m³)	pellet (items/m³)	total (items/m³)
CPY1	30	60	–	–	90
CPY2	10	60	–	–	70
CPY3	10	180	–	–	190
CPY4	20	70	–	–	90
CPY5	10	80	–	–	90
CPY6	10	190	–	–	200
CPY7	–	90	–	–	90
CPY8	70	200	–	–	270
CPY9	50	170	–	–	220
CPY10	60	40	–	–	100
CPY11	50	30	–	–	80
CPY12	10	160	–	–	170
total (items/m³)	330	1,330	–	–	
AVG (items/m³)	28 ± 24	110 ± 64	–	–	138 ± 68

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ในฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติก 5 เฉดสี (ไม่พบสีขาว) โดยพบสีน้ำเงินมากที่สุด คิดเป็น 38%–78% รองมาคือ สีแดง (0%–50%) สีดำ (0%–25%) สีเขียว (0%–30%) และสีใส (0%–5%) ซึ่งสถานี CPY3 ตรวจพบไมโครพลาสติกสีใสเพียงสถานีเดียว

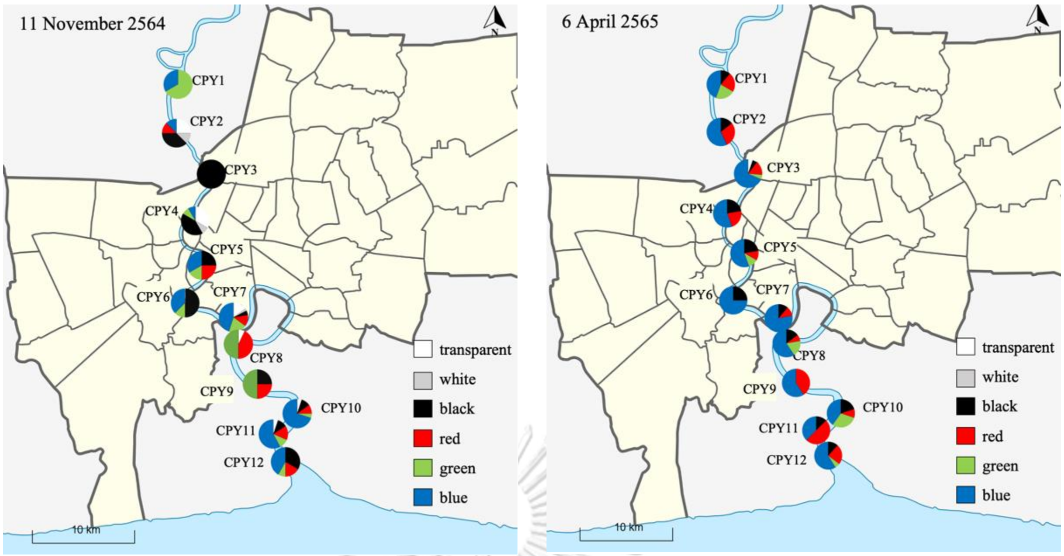
งานวิจัยนี้ ไมโครพลาสติกสีน้ำเงินพบกระจายในแม่น้ำเจ้าพระยามากที่สุด ต่างจากการศึกษาของ Ta and Babel (2020) ที่พบว่าส่วนใหญ่ไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นสีขาวและสีใส ซึ่งการพบสีที่แตกต่างการอาจเป็นเพราะการเลือกใช้สารเคมีในการย่อยสารอินทรีย์ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง เนื่องจากในการศึกษานี้ใช้เพียง 30% (V/V) H_2O_2 ที่อุณหภูมิห้อง แต่งานวิจัยของ Ta and Babel (2020) และ Choong et al. (2021) ใช้สารละลาย H_2O_2 ร่วมกับ Fe(II) catalyst ซึ่งอาจทำให้ไมโครพลาสติกมีสีซีดจางลงได้ ทั้งนี้งานวิจัยของ Choong et al. (2021) ยังพบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินและสีดำมากที่สุดในย่านน้ำกร่อยของแม่น้ำบารัม เกาะเบอร์เนียว ประเทศมาเลเซีย อาจเป็นเพราะมีการทำประมงที่ย่านน้ำกร่อยของแม่น้ำบารัมจำนวนมาก

สีของไมโครพลาสติกส่งผลต่อการเลือกกินของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตจะกลืนกินไมโครพลาสติกที่มีสีใกล้เคียงกับเหยื่อ (Wright et al., 2013) งานวิจัยของ Boerger et al. (2010) ระบุว่าปลามีแนวโน้มที่จะเลือกกินไมโครพลาสติกสีขาวและสีใสมากกว่าสีอื่น ๆ เนื่องจากมีสีคล้ายกับแพลงก์ตอนสัตว์ ด้วยเหตุนี้การพบไมโครพลาสติกสีขาวและสีใสน้อยที่สุดอาจเป็นเพราะสิ่งมีชีวิตในแม่น้ำเจ้าพระยากลืนกินไมโครพลาสติกสีขาวและสีใสมากกว่าสีอื่น ๆ

ในการศึกษานี้ พบไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในแม่น้ำเจ้าพระยา ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้งส่วนใหญ่ที่เป็นสีน้ำเงิน สีเขียว สีแดง และสีดำ ซึ่งสีเหล่านี้เกิดจากสารเคมีสังเคราะห์ที่ช่วยในกระบวนการผลิต เช่น สีย้อมผ้า สารลดแรงตึงผิว สารฟอกผ้าขาว สารเติมแต่ง และอื่น ๆ ถึงแม้ว่าจะเป็นวัสดุที่ผลิตจากธรรมชาติอย่างเส้นใยเซลลูโลส งานวิจัยของ Remy et al. (2015) ตรวจพบสีย้อมผ้า Direct Red 28 ในเส้นใยเซลลูโลสที่พบในแมคโครครัสเตเชียน (microcrustacean) แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้เส้นใยธรรมชาติก็สามารถส่งผลกระทบเช่นเดียวกับการใช้เส้นใยสังเคราะห์ หากสิ่งมีชีวิตกลืนกินไมโครพลาสติกก็จะได้รับพิษจากสารเคมีเหล่านี้ไปด้วย

4.2.5 ชนิดของไมโครพลาสติก

ความแตกต่างของชนิดไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นชายหาด ชายฝั่ง ป่าชายเลน หรือ แม่น้ำ ขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์พลาสติก เนื่องจากไมโครพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยจะลอยตัวได้ดีกว่าไมโครพลาสติกที่มีความหน่าแน่นมาก ทำให้ล่องลอยในมวลน้ำและแพร่กระจายไปได้ไกลกว่า



ฤดูน้ำหลาก ฤดูแล้ง

รูปที่ 17 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกพบในน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยา กระจายตามพื้นที่ จำแนกตามสี

รูปภาคผนวก ข-1 แสดง FTIR spectrum และรูปของไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลาก และรูปภาคผนวก ข-2 แสดง FTIR spectrum และรูปของไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง รูปที่ 18 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา กระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง จำแนกตามรูปร่างและชนิด ตารางที่ 23 และตารางที่ 23 แสดงปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา จำแนกตามชนิด ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตามลำดับ

จากการพบ PP มากที่สุด ในทั้ง 2 ฤดู ไม่เป็นที่น่าแปลกใจ เนื่องจาก PP นิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น ถุงพลาสติก ห่อขนม ชิ้นส่วนยานยนตร์ ฝา หลอด ภาชนะบรรจุอาหาร เชือก และธนบัตร (PlasticsEurope, 2019) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ยังคล้ายคลึงกับการศึกษาไมโครพลาสติกในแม่น้ำนักดง ประเทศเกาหลีใต้ ที่พบ PP, PL และ PE เป็นไมโครพลาสติกชนิดที่พบมากที่สุดในมวลน้ำ (Eo et al., 2019) ในการศึกษาครั้งยังพบเส้นใยชนิด PP เป็นจำนวนมาก ซึ่งมักถูกใช้เป็นเส้นใยเสื้อผ้า พรม และเชือก (Han et al., 2020) ส่วนเส้นใย PL และ RY ส่วนใหญ่เป็นเส้นใยจากเสื้อผ้า สิ่งทอ และผลิตภัณฑ์จากขนสัตว์ (Wang et al., 2018) ซึ่งเป็นไปได้ว่ามาจากการซักล้างของชุมชนบริเวณใกล้เคียง อย่างไรก็ดี บางการศึกษาไม่นับรวมว่า RY เป็นไมโครพลาสติกเนื่องจากผลิตมาจากเส้นใยธรรมชาติหรือไหมเทียม ทำให้ยากที่จะระบุว่าเส้นใย RY ที่พบเป็นเส้นใยธรรมชาติ หรือเส้นใยสังเคราะห์ (Martin et al., 2017)

ตารางที่ 20 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามสี” ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก (11 พฤศจิกายน 2564)

station	transparent (items/m³)	white (items/m³)	black (items/m³)	red (items/m³)	green (items/m³)	blue (items/m³)	total (items/m³)
CPY1	–	–	–	–	20	10	30
CPY2	20	10	30	10	–	10	80
CPY3	–	–	30	–	–	–	30
CPY4	40	10	50	–	10	10	120
CPY5	–	–	30	30	20	40	120
CPY6	–	–	40	–	10	30	80
CPY7	60	10	20	50	80	180	400
CPY8	10	–	0	60	0	70	140
CPY9	0	–	20	20	0	40	80
CPY10	10	–	20	20	10	140	200
CPY11	10	–	20	30	20	110	190
CPY12	–	–	40	20	10	50	120
total (items/m³)	150	30	300	240	180	690	
AVG (items/m³)	13 ± 19	3 ± 5	25 ± 15	20 ± 20	15 ± 22	58 ± 57	133 ± 100

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 21 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามสี” ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูแล้ง (6 เมษายน 2565)

station	transparent (items/m³)	white (items/m³)	black (items/m³)	red (items/m³)	green (items/m³)	blue (items/m³)	total (items/m³)
CPY1	–	–	10	20	20	40	90
CPY2	–	–	10	20	–	40	70
CPY3	10	–	10	30	10	130	190
CPY4	–	–	20	20	–	50	90
CPY5	–	–	20	10	10	50	90
CPY6	–	–	50	0	–	150	200
CPY7	–	–	10	10	–	70	90
CPY8	–	–	40	20	50	160	270
CPY9	–	–	0	90	–	130	220
CPY10	–	–	20	10	30	40	100
CPY11	–	–	10	40	–	30	80
CPY12	–	–	20	40	10	100	170
total (items/m³)	10	–	220	310	130	990	
AVG (items/m³)	1 ± 3	–	18 ± 14	26 ± 24	11 ± 16	83 ± 48	138 ± 68

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

จากการศึกษาไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบด้วย FTIR spectrometry พบว่าไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 2 ฤดูส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกชนิด PP และ PE ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ จารุกานต์ เตมียกุล (2564) ที่พบไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในน้ำผิวดินของแม่น้ำเจ้าพระยา ที่ต้นน้ำพบ 31 ชิ้น/ลบ.ม. และที่ปลายน้ำพบ 49 ชิ้น/ลบ.ม. โดยพบไมโครพลาสติกพบชนิดเด่น ได้แก่ nylon, HDPE, ABS และ PS ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกที่มีความหนาแน่นมาก ดังนั้นความหนาแน่นและรูปร่างของไมโครพลาสติกจึงส่งผลต่อการสะสมตัวของไมโครพลาสติกในส่วนต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ความหนาแน่นของประชากรและกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์มีความสัมพันธ์กับการกระจายตัวของไมโครพลาสติก (Liu et al., 2021) ทั้งนี้คาดว่ากิจกรรมของมนุษย์บริเวณชายฝั่งของแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากชนิดของไมโครพลาสติกที่พบส่วนใหญ่เป็น PP, PE, PL และ RY

4.3 การเปลี่ยนแปลงไมโครพลาสติกบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบเวลาน้ำขึ้นน้ำลง

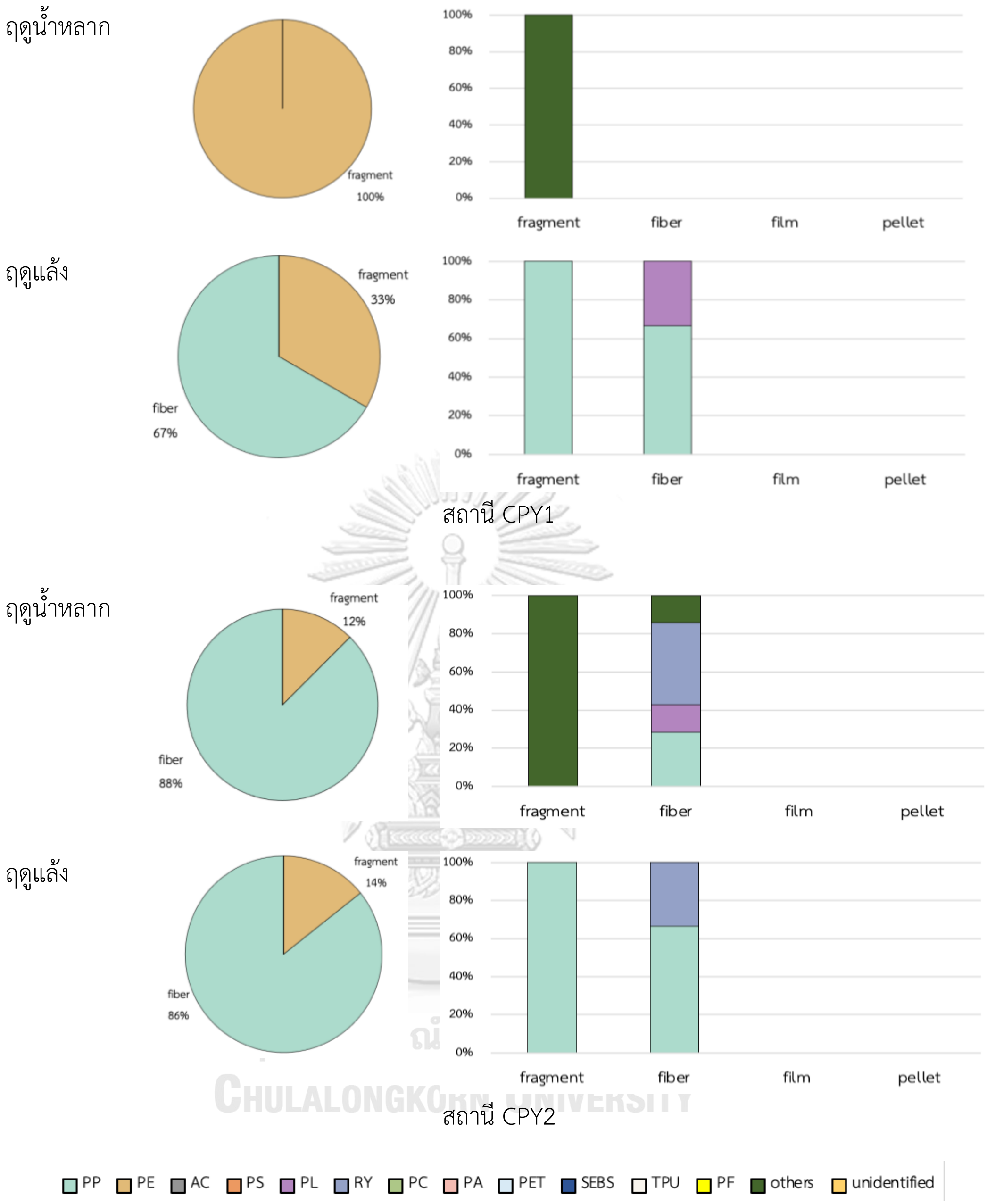
เก็บตัวอย่างที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) 6 ครั้ง ครั้งละ 100 ลิตร ในฤดูน้ำหลาก (วันที่ 7–8 พฤศจิกายน 2564) และฤดูแล้ง (วันที่ 2–3 เมษายน 2565) ซึ่งในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะใช้เรือเพื่อออกไปเก็บตัวอย่างบริเวณกลางน้ำ ยกเว้นการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 01:30 น. ของวันที่ 8 พฤศจิกายน 2565 และวันที่ 3 เมษายน 2565 จะเก็บตัวอย่างที่ท่าเรือ เนื่องจากกระแสน้ำลงแรงเกินกว่าที่จะออกเรือได้

4.3.1 ปริมาณไมโครพลาสติก

รูปที่ 19 แสดงปริมาณของไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในการเก็บตัวอย่างตามรอบน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี CPY10 เทียบกับความสูงของระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร) การศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีรายละเอียดดังนี้

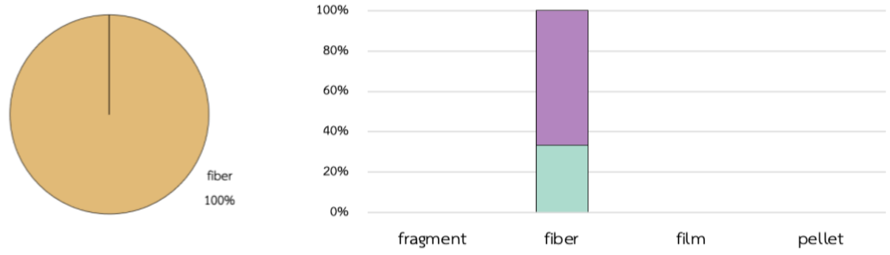
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ในฤดูน้ำหลาก พบน้อยที่สุดที่เวลา 13:00 น. ของวันที่ 7 พฤศจิกายน 2564 (น้ำลง) และเวลา 13:30 น. ของวันที่ 8 พฤศจิกายน 2564 (น้ำลง) และมากที่สุดที่เวลา 17:30 น. ของวันที่ 7 พฤศจิกายน 2564 (น้ำขึ้น)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

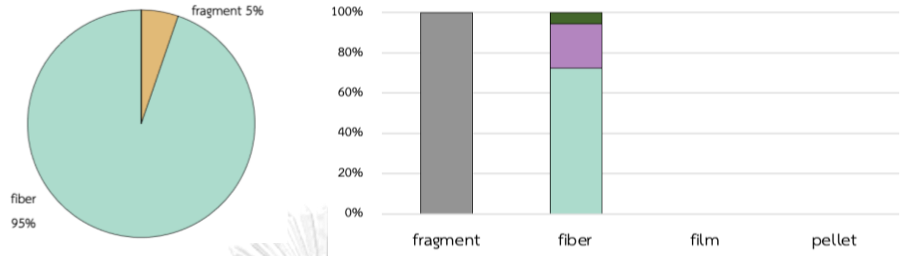


รูปที่ 18 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา
กระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) จำแนกตามรูปร่างและชนิด

ฤดูน้ำหลาก

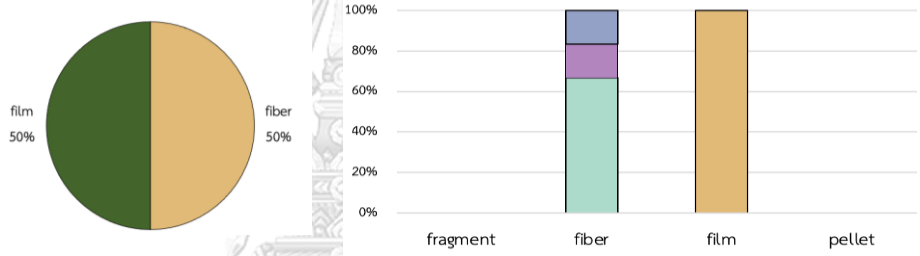


ฤดูแล้ง

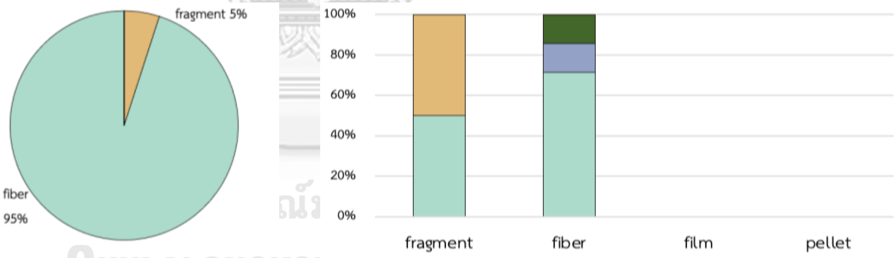


สถานี CPY3

ฤดูน้ำหลาก



ฤดูแล้ง

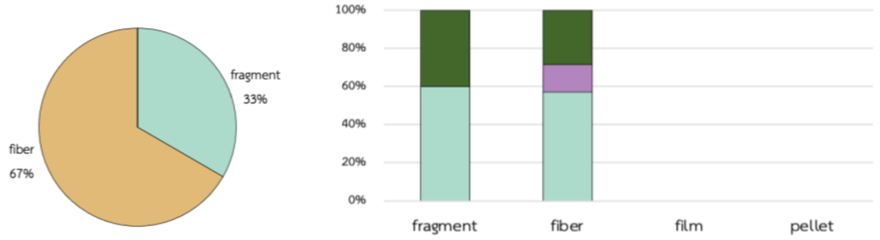


CHULALONGKORN UNIVERSITY

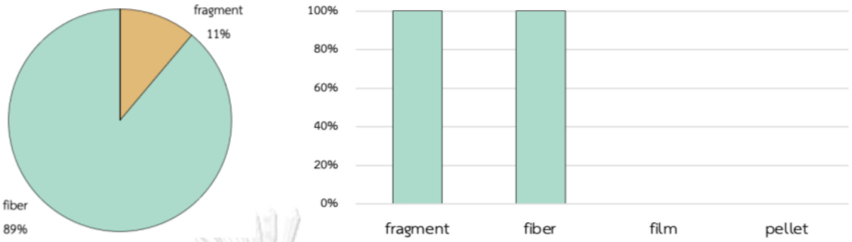
สถานี CPY4

รูปที่ 18 (ต่อ)

ฤดูน้ำหลาก

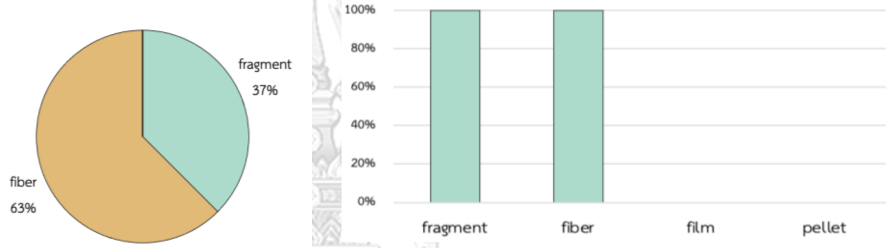


ฤดูแล้ง

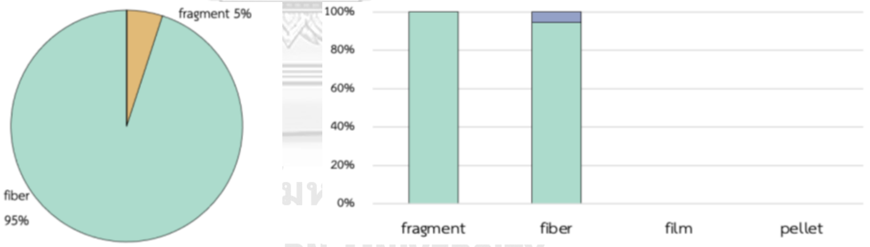


สถานี CPY5

ฤดูน้ำหลาก



ฤดูแล้ง



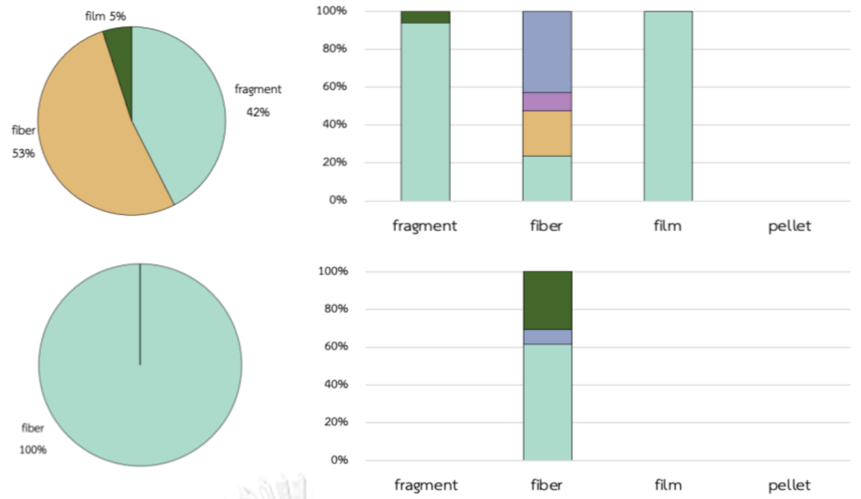
สถานี CPY6

PP PE AC PS PL RY PC PA PET SEBS TPU PF others unidentified

รูปที่ 18 (ต่อ)

ฤดูน้ำหลาก

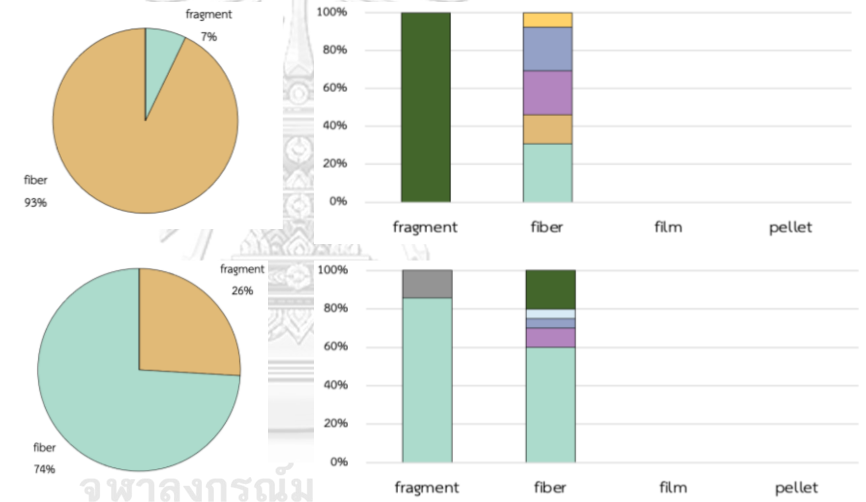
ฤดูแล้ง



สถานี CPY7

ฤดูน้ำหลาก

ฤดูแล้ง



สถานี CPY8

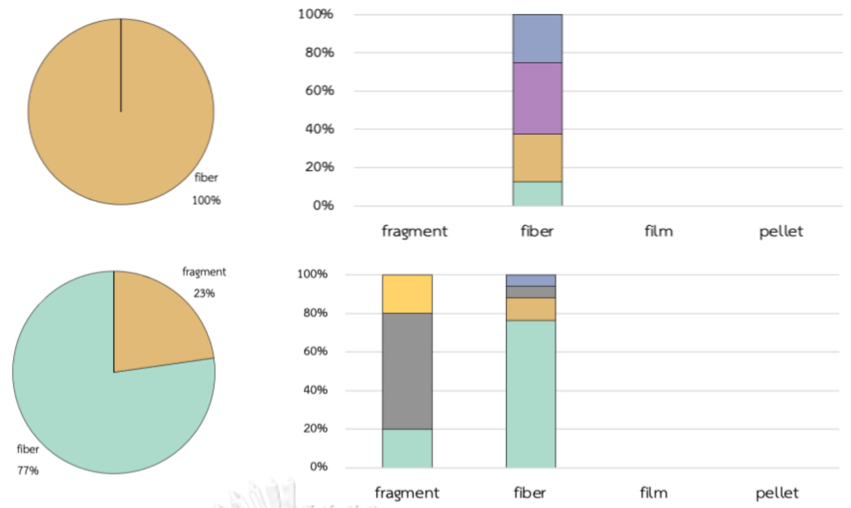
PP PE AC PS PL RY PC PA PET SEBS TPU PF others unidentified

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 18 (ต่อ)

ฤดูน้ำหลาก

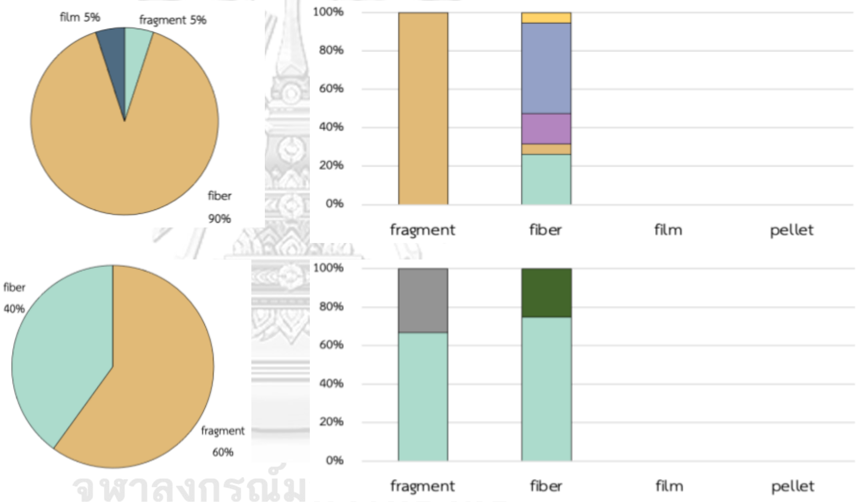
ฤดูแล้ง



สถานี CPY9

ฤดูน้ำหลาก

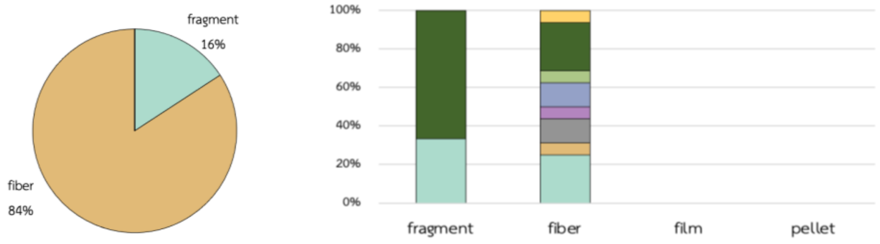
ฤดูแล้ง



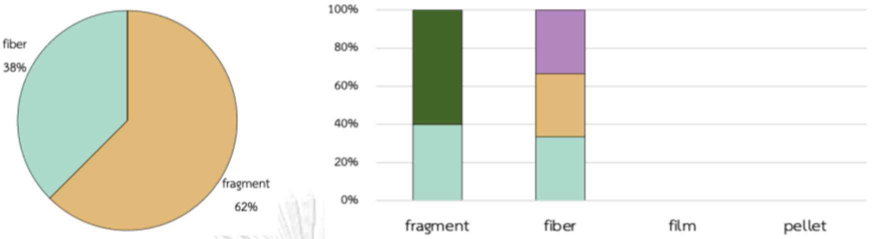
สถานี CPY10

รูปที่ 18 (ต่อ)

ฤดูน้ำหลาก

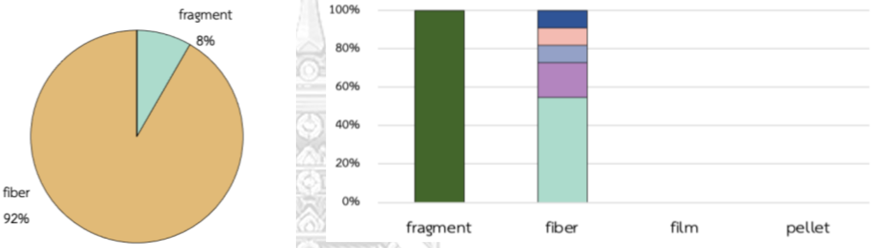


ฤดูแล้ง

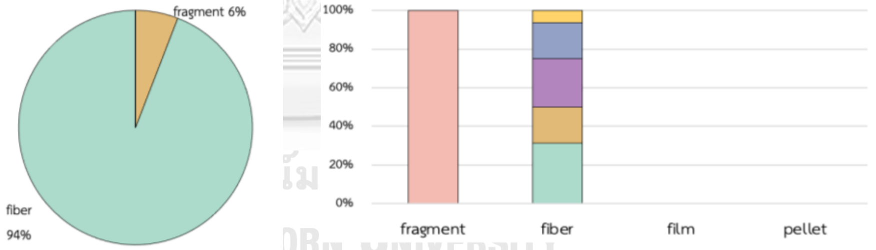


สถานี CPY11

ฤดูน้ำหลาก



ฤดูแล้ง



สถานี CPY12

PP PE AC PS PL RY PC PA PET SEBS TPU PF others unidentified

รูปที่ 18 (ต่อ)

ตารางที่ 22 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามชนิด” ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูน้ำหลาก (11 พฤศจิกายน 2564)

station	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	TPU	PF	SEBS	others	unidentified	total
CPY1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	–	30
CPY2	20	–	–	–	10	30	–	–	–	–	–	–	20	–	80
CPY3	10	–	–	–	20	0	–	–	–	–	–	–	0	–	30
CPY4	40	60	–	–	10	10	–	–	–	–	–	–	0	–	120
CPY5	70	0	–	–	10	0	–	–	–	–	–	–	40	–	120
CPY6	80	–	–	–	0	0	–	–	–	–	–	–	0	–	80
CPY7	210	70	–	–	20	90	–	–	–	–	–	–	10	–	400
CPY8	40	20	–	–	30	30	–	–	–	–	–	–	10	10	140
CPY9	10	20	–	–	30	20	–	–	–	–	–	–	–	–	80
CPY10	50	30	–	–	30	90	–	–	–	–	–	–	–	–	200
CPY11	50	10	20	–	10	20	10	–	–	–	–	–	60	10	190
CPY12	60	–	–	–	20	10	–	10	–	–	–	10	10	–	120
total (items/m³)	640	210	20	–	190	300	10	10	–	–	–	10	180	20	
AVG (items/m³)	53 ± 55	18 ± 25	2 ± 6	–	16 ± 11	25 ± 32	1 ± 3	1 ± 3	–	–	–	1 ± 3	15 ± 19	2 ± 4	133 ± 100

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างไมโครพลาสติกจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectrometer

ตารางที่ 23 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามชนิด” ที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยากระจายตามพื้นที่ (สถานี CPY1 ถึง CPY12) ในฤดูแล้ง (6 เมษายน 2565)

station	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	TPU	PF	SEBS	others	unidentified	total
CPY1	70	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90
CPY2	50	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	70
CPY3	130	–	10	–	40	–	–	–	–	–	–	–	10	–	190
CPY4	60	10	–	–	–	10	–	–	–	–	–	–	10	–	90
CPY5	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90
CPY6	180	–	–	–	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	190
CPY7	80	–	–	–	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	90
CPY8	180	–	10	–	20	10	–	–	10	–	–	–	40	–	270
CPY9	140	20	40	–	–	10	–	–	–	–	–	–	0	10	220
CPY10	70	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10	–	100
CPY11	30	10	–	–	10	–	–	–	–	–	–	–	30	–	80
CPY12	50	30	–	–	40	30	–	10	–	–	–	–	–	10	170
total (items/m³)	1130	70	80	–	130	100	–	10	10	–	–	–	100	20	
AVG (items/m³)	94 ± 51	6 ± 10	7 ± 12	–	11 ± 16	8 ± 9	–	1 ± 3	1 ± 3	–	–	–	8 ± 13	2 ± 4	138 ± 67

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างไมโครพลาสติกจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectrometer

ในการเก็บตัวอย่างครั้งแรกที่ระดับน้ำทะเลปานกลางสูง 4.1 เมตร พบไมโครพลาสติก 150 ชิ้น/ลบ.ม. ปนเปื้อนอยู่ในน้ำผิวหน้าของสถานี CPY10 และช่วงเวลาต่อมาที่ระดับน้ำทะเลปานกลางลดต่ำลงมาเหลือ 3.0 เมตร พบว่าไมโครพลาสติกมีปริมาณลดลงเหลือ 40 ชิ้น/ลบ.ม. (รูปที่ 19) แสดงว่าในน้ำขึ้นกระแสน้ำอาจกวนตะกอนขึ้นมา ทำให้ไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในตะกอนฟุ้งกระจายขึ้นมาในมวลน้ำ (Sadri & Thompson, 2014) อีกทั้งยังมีความเป็นไปได้ว่าไมโคร-พลาสติกที่ถูกพัดพาเข้าสู่อ่าวไทยในช่วงเวลาน้ำลงจะถูกพัดพาเข้ายังปากแม่น้ำเจ้าพระยาอีกครั้งในช่วงเวลาน้ำขึ้น (Oo et al., 2021)

จากการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไปตามพลวัตรน้ำขึ้นน้ำลง ณ ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในฤดูน้ำหลาก พบว่าเมื่อระดับน้ำสูงขึ้น ปริมาณไมโครพลาสติกจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย ปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง ครบ 1 รอบ มีค่า 162±133 ชิ้น/ลบ.ม. ค่าเฉลี่ยปริมาณไมโครพลาสติกที่ถูกพัดพาลงอ่าวไทยในช่วงเวลาน้ำลงจะมีปริมาณ 667±46 ชิ้น/ลบ.ม. และค่าเฉลี่ยไมโครพลาสติกที่ถูกพัดพาเข้าชายฝั่งในช่วงเวลาน้ำขึ้นมีปริมาณ 257±122 ชิ้น/ลบ.ม. แสดงให้เห็นว่าในฤดูน้ำหลาก ที่มีน้ำทะเลหนุนสูง ทำให้ไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้าสู่อ่าวไทยน้อยลง และอาจมีส่วนช่วยให้ไมโครพลาสติกบางส่วนตกตะกอนอยู่ที่ปากแม่น้ำ และไม่ไหลเข้าสู่อ่าวไทย

ในการศึกษานี้ตรวจพบปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าน้อยกว่าการศึกษาไมโครพลาสติกในย่านน้ำกร่อยของประเทศมาเลเซียของ Choong et al. (2021) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณปากแม่น้ำบารัม พบไมโครพลาสติกกว่า 9,300±1,270 ถึง 18,000±1,410 ชิ้น/ลบ.ม. ซึ่งมาจากการกรองแยกตัวอย่างด้วยตะแกรงร่อน ขนาดรูเปิด 0.3–5 มม. อาจเกิดจากการใช้ประโยชน์บนที่ดินบริเวณใกล้แม่น้ำมีลักษณะแตกต่างกัน และสภาพทางอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยาแตกต่างกัน ทั้งนี้ควรดูลักษณะการเก็บตัวอย่างด้วยว่าเก็บตัวอย่างที่บริเวณกลางน้ำหรือริมตลิ่ง เนื่องจากบริเวณริมตลิ่งมีความเร็วกระแสน้ำน้อยบริเวณกลางน้ำ ทำให้มีโอกาสพบไมโคร-พลาสติกอยู่บริเวณริมตลิ่งมากกว่าบริเวณกลางน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ในฤดูแล้ง พบน้อยที่สุดที่เวลา 06:15 น. ของวันที่ 2 เมษายน 2565 (น้ำขึ้น) และมากที่สุดที่เวลา 12:00 น. ของวันที่ 2 พฤศจิกายน 2564 (น้ำลง) (รูปที่ 19)

รูปที่ 19 จะเห็นว่า ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง มีค่าไม่แตกต่างกันมากเท่าปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในฤดูน้ำหลาก

ปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง ครบ 1 รอบ ในฤดูน้ำหลาก บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่า 183±128 ชิ้น/ลบ.ม. และในช่วงเวลาน้ำลงและน้ำขึ้น มีปริมาณ 220±157 ชิ้น/ลบ.ม. และ 147±110 ชิ้น/ลบ.ม. ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่าไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้งถูกพัดพาลงสู่อ่าวไทยมากกว่าฤดูน้ำหลาก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Cheung et al. (2018) และ Figueiredo and Vianna (2018) ที่ชี้ให้เห็นว่าฤดูกาลส่งผลต่อการพัดพาไมโครพลาสติกจากแม่น้ำลงสู่ทะเล

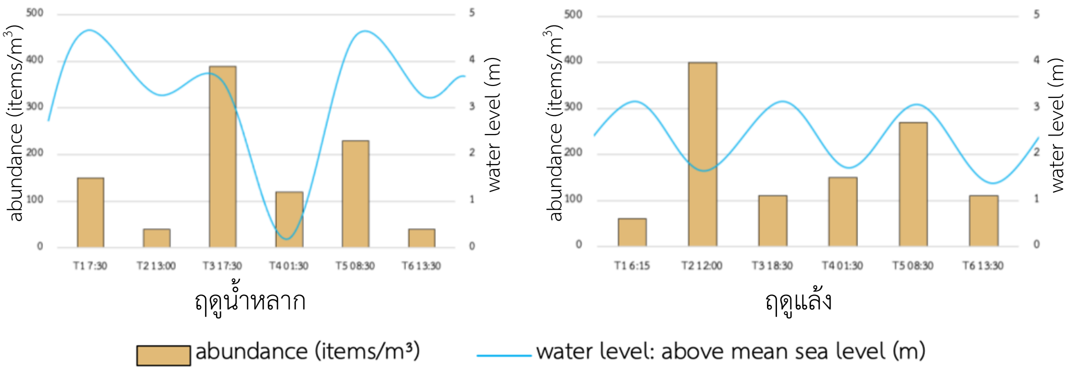
โดยส่วนใหญ่ ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบจะลดลงเมื่อเกิดปรากฏการณ์น้ำขึ้น ยกเว้นการเก็บตัวอย่างในเวลา 08:30 น. ในวันที่ 3 เมษายน 2565 และปริมาณไมโครพลาสติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดปรากฏการณ์น้ำลง ยกเว้นการเก็บตัวอย่างในเวลา 13:30 น. ในวันที่ 3 เมษายน 2565 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างในเวลา 01:30 น. ของวันที่ 3 เมษายน 2565 เป็นการเก็บตัวอย่างที่ริมตลิ่ง ที่มีกระแสน้ำแรงมาก จึงอาทำให้ไมโครพลาสติกถูกพัดพาไปอย่างรวดเร็ว จึงพบไมโคร-พลาสติกน้อยกว่าความเป็นจริง ทำให้ดูเหมือนปริมาณไมโครพลาสติกเพิ่มขึ้นในการเก็บตัวอย่างในเวลา 08:30 น. ของวันที่ 3 เมษายน 2565 นอกจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างมีการสัญจรของเรือเดินทะเลจำนวนมาก กระแสน้ำจากเรืออาจกวนตะกอนที่ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกให้กลับมาฟุ้งกระจายในมวลน้ำ อีกทั้งเรือเดินทะเลยังเป็นอีกหนึ่งที่มาของไมโครพลาสติกที่ในแม่น้ำ ดังนั้นควรเลือกพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างที่มีเรือสัญจรน้อยเพื่อลดการรบกวนของสภาพแวดล้อมจากเรือเดินทะเล

ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย one-way ANOVA ยังไม่พบความแตกต่างกันของปริมาณไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้งที่ระดับนัยสำคัญ $p = 0.05$ (ตารางภาคผนวก ฉ.3-2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.2 ขนาดของไมโครพลาสติก

รูปที่ 20 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา จำแนกตามขนาด ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตารางที่ 24 และตารางที่ 25 แสดงปริมาณ (ชิ้น/ลบ.ม.) และปริมาณเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยาจากการเก็บตัวอย่างตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ณ สถานี CPY10 ในฤดูน้ำหลาก และฤดูแล้ง



รูปที่ 19 ปริมาณไมโครพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง ที่สถานี CPY10 เปรียบเทียบกับความสูงระดับน้ำ ที่แสดงโดยกราฟเส้นสีฟ้า

การศึกษาขนาดไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา 2 ฤดู ได้แก่ ฤดูน้ำหลาก (7–8 พฤศจิกายน 2564) และฤดูแล้ง (2–3 เมษายน 2565) โดยปริมาณของไมโครพลาสติกขนาดใหญ่มีแนวโน้มลดลงทั้ง 2 ฤดู

ฤดูน้ำหลาก พบไมโครพลาสติกมีขนาดตั้งแต่ 34–3,072 ไมครอน พบไมโครพลาสติกมีขนาดอยู่ในช่วง 20–250 ไมครอน มากที่สุด รวม 30 ชิ้น จากไมโครพลาสติกที่พบจากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ สถานี CPY10 ทั้ง 6 ช่วงเวลา ในฤดูน้ำหลาก 97 ชิ้น

ฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติกมีขนาดตั้งแต่ 23–4,535 ไมครอน พบไมโครพลาสติกมีขนาดอยู่ในช่วง 20–250 ไมครอน มากที่สุด รวม 41 ชิ้น จากไมโครพลาสติกที่พบจากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ สถานี CPY10 ทั้ง 6 ช่วงเวลา ในฤดูแล้ง 110 ชิ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการพบไมโครพลาสติกหลายช่วงขนาด และมีไมโครพลาสติกขนาดเล็ก (20–250 ไมครอน) จำนวนมาก บ่งชี้ว่าไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนใหญ่อาจเป็นไมโครพลาสติกทุติยภูมิ ที่เกิดจากการแตกหักมาจากเศษพลาสติกและเส้นใยขนาดใหญ่ในสิ่งแวดล้อม ผ่านกระบวนการทางกายภาพ เช่น แรงกระแทกจากคลื่นลม การย่อยสลายโดยความร้อน การย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ และการย่อยสลายโดยรังสียูวีเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน (Andrady, 2011) ทั้งนี้หากไมโครพลาสติกเกิดการแตกหักไปเรื่อย ๆ จนมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จนเรียกว่า นาโนพลาสติก อาจส่งผลเสียต่อระบบนิเวศมากกว่าไมโครพลาสติก และยังเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ยากกว่าไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกที่พบในมวลน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 2 ฤดู พบไมโครพลาสติกมีขนาดอยู่ในช่วง 20–250 ไมครอน มากที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาขนาดไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลงก่อนหน้า (Oo et al., 2021) และไมโครพลาสติกในมวลน้ำผิวหน้าของอ่าวเซียะเหมิน (Xiamen Bay) ที่อยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศจีนและอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของมณฑลฝูเจี้ยน (Fujian Province) ที่พบไมโครพลาสติกขนาด 100–300 ไมครอน มากที่สุด นอกจากนี้งานวิจัยของ Gray et al. (2018) ที่ศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกบริเวณท่าเรือชาร์ลสตัน (Charleston harbor) รัฐเซาท์แคโรไลน่า (South Carolina) และอ่าววินยาห์ (Winyah Bay) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รายงานขนาดไมโครพลาสติกส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 63–150 ไมครอน

4.3.3 ลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติก

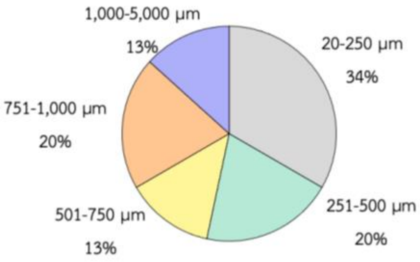
รูปที่ 21 แสดงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จำแนกตามลักษณะสัณฐาน จากการเก็บตัวอย่างในรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตารางที่ 26 และตารางที่ 27 แสดงปริมาณ (ชิ้น/ลบ.ม.) และปริมาณเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ของไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในการเก็บตัวอย่างตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ณ สถานี CPY10 จำแนกตามลักษณะสัณฐาน ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตามลำดับ

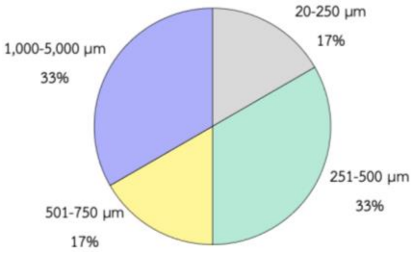
บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในฤดูน้ำหลาก พบไมโครพลาสติก 2 ประเภท คือ ประเภทเส้นใย และชิ้นส่วนไร้รูปแบบ ส่วนในฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติก 3 ประเภท โดยพบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมากที่สุด รองมาคือ ชิ้นส่วนไร้รูปแบบ และเม็ดกลม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การพบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มากที่สุด ในทั้ง 2 ฤดู บ่งชี้ว่าบริเวณชายฝั่งมีแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยจำนวนมาก เช่น การซักล้าง และกิจกรรมการประมง ทั้งนี้ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยอาจมีที่มาจากตัวกรองในเครื่องซักผ้า ผงซักฟอก สารเติมแต่งที่ใช้ในการผลิตเสื้อผ้า และน้ำประปา (Belzagui et al., 2019) อีกทั้งเมื่อไมโครพลาสติกอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน ลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติกอาจเปลี่ยนไปได้ (Shaw & Day, 1994) ขึ้นกับปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และปัจจัยทางชีวภาพ (Andrady, 2011) และลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติกมีผลอย่างมากต่อความเร็วในการเคลื่อนย้ายและการตกตะกอนของไมโครพลาสติก ซึ่งจะส่งผลต่อการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม (Eerkes-Medrano et al., 2015) โดยความเร็วในการยึดเกาะระหว่างไมโครพลาสติกและดินตะกอน ชิ้นส่วนไร้รูปแบบมีแนวโน้มในการจับตัวกับตะกอนและตกตะกอนเร็วที่สุด รองมาคือ

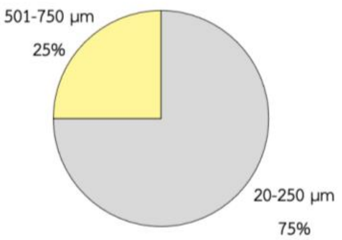
เส้นใย และเม็ดกลม (Chubarenko et al., 2016) ซึ่งอาจเป็นเหตุให้บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ฤดูน้ำหลาก พบไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบน้อยกว่าเส้นใย และไม่พบไมโครพลาสติกประเภทเม็ดกลมในบริเวณที่ศึกษา

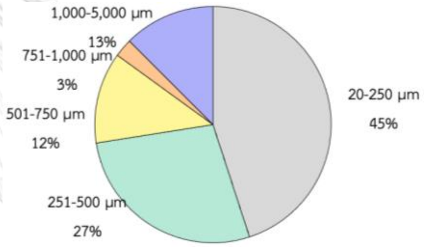




ฤดูน้ำหลาก (7 พฤศจิกายน 2564 เวลา 07:30น.) ฤดูแล้ง (2 เมษายน 2565 เวลา 06:15น.)

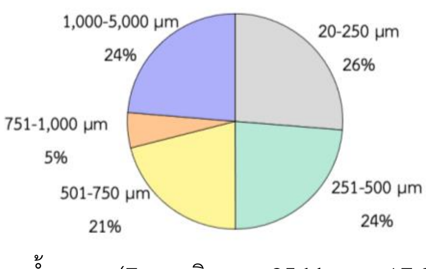
สถานี CPY10 T1

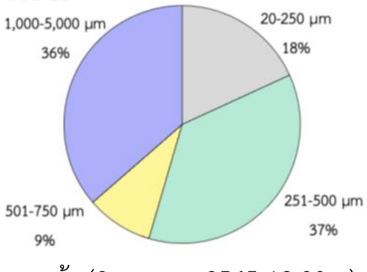




ฤดูน้ำหลาก (7 พฤศจิกายน 2564 เวลา 13:30น.) ฤดูแล้ง (2 เมษายน 2565 12:00น.)

สถานี CPY10 T2



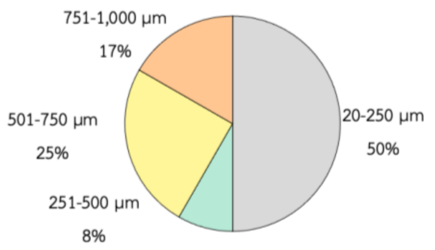


ฤดูน้ำหลาก (7 พฤศจิกายน 2564 เวลา 17:30น.) ฤดูแล้ง (2 เมษายน 2565 18:30น.)

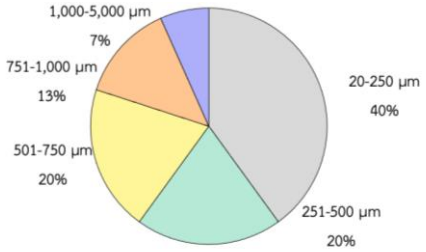
สถานี CPY10 T3

□ 20-250 μm □ 251-500 μm □ 501-750 μm □ 751-1,000 μm □ 1,000-5,000 μm

รูปที่ 20 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง จำแนกตามขนาด ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง

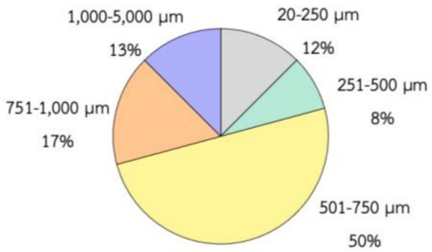


ฤดูน้ำหลาก (8 พฤศจิกายน 2564 เวลา 01:30น.)

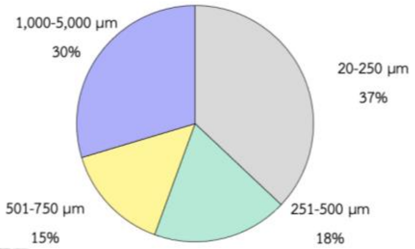


ฤดูแล้ง (3 เมษายน 2565 01:30น.)

สถานี CPY10 T4

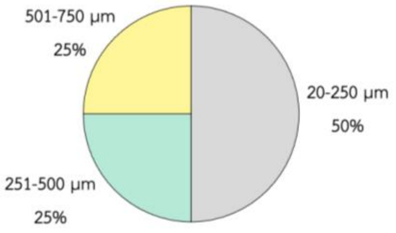


ฤดูน้ำหลาก (8 พฤศจิกายน 2564 เวลา 08:30น.)

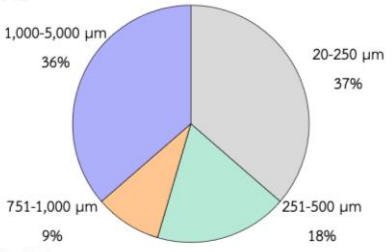


ฤดูแล้ง (3 เมษายน 2565 08:30น.)

สถานี CPY10 T5



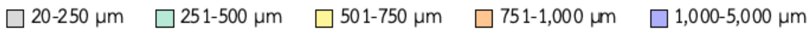
ฤดูน้ำหลาก (8 พฤศจิกายน 2564 เวลา 13:30น.)



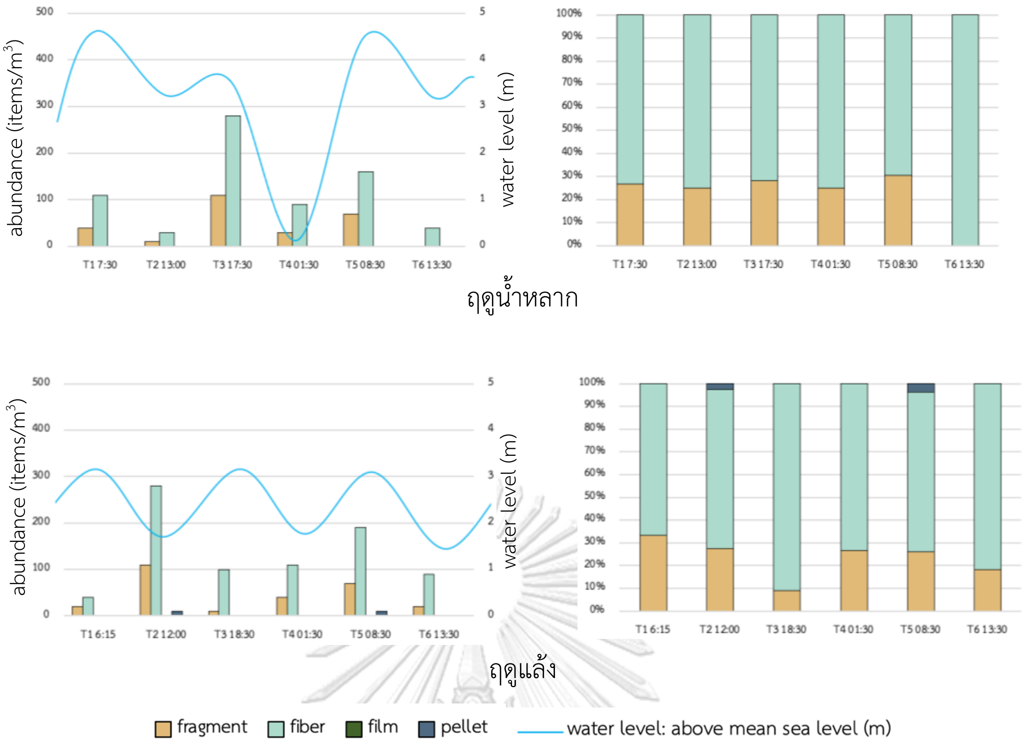
ฤดูแล้ง (3 เมษายน 2565 13:30น.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานี CPY10 T6



รูปที่ 20 (ต่อ)



รูปที่ 21 แสดงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) และสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง จำแนกตามลักษณะสัณฐาน

4.3.4 สีของไมโครพลาสติก

รูปที่ 22 แสดงปริมาณ (ชิ้น/ลบ.ม.) และสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จำแนกตามสี ในการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตารางที่ 28 และตารางที่ 29 แสดงปริมาณ (ชิ้น/ลบ.ม.) และปริมาณเฉลี่ย (ชิ้น/ลบ.ม.) ของไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในการเก็บตัวอย่างตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ณ สถานี CPY10 จำแนกตามสี ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตามลำดับ

บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในฤดูน้ำหลาก พบไมโครพลาสติก 6 เฉดสี โดยพบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินมากที่สุด รองมากคือ สีแดง สีเขียว สีดำ สีขาว และสีใส และในฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินมากที่สุด เช่นเดียวกับฤดูน้ำหลาก รองมาคือ สีดำ สีแดง สีเขียว สีใส และสีขาว

ตารางที่ 24 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามขนาด” ที่พบในปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลงในฤดูน้ำหลาก (7–8 พฤศจิกายน 2564)

station	above mean sea level (m)	20-250 µm (items/m³)	251-500 µm (items/m³)	501-750 µm (items/m³)	751-1,000 µm (items/m³)	1,000-5,000 µm (items/m³)	total (items/m³)
CPY10 07:30	4.1	50	30	20	30	20	150
CPY10 13:00	3.0	30	–	10	–	–	40
CPY10 17:30	3.2	110	90	80	20	90	390
CPY10 01:30	0.2	60	10	30	20	0	120
CPY10 08:30	4.0	30	20	110	40	30	230
CPY10 13:30	3.1	20	10	10	–	–	40
total (items/m³)		300	160	260	110	140	
AVG (items/m³)		50 ± 33	27 ± 33	43 ± 42	18 ± 16	23 ± 35	162 ± 133
AVG in high tide (items/m³)		63 ± 42	47 ± 38	70 ± 46	30 ± 10	47 ± 38	257 ± 122
AVG in low tide (items/m³)		37 ± 21	7 ± 6	17 ± 12	7 ± 12	–	67 ± 46

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 25 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามขนาด” ที่พบในปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูแล้ง (2–3 เมษายน 2565)

station	above mean sea level (m)	20-250 µm (items/m³)	251-500 µm (items/m³)	501-750 µm (items/m³)	751-1,000 µm (items/m³)	1,000-5,000 µm (items/m³)	total (items/m³)
CPY10 6:15	3.3	10	20	10	–	20	60
CPY10 12:00	1.5	180	110	50	10	50	400
CPY10 18:30	3.3	20	40	10	–	40	110
CPY10 01:30	1.8	60	30	30	20	10	150
CPY10 08:30	2.7	100	50	40	–	80	270
CPY10 13:30	1.3	40	20	–	10	40	110
total (items/m³)		410	270	140	40	240	
AVG (items/m³)		68 ± 63	45 ± 34	23 ± 20	7 ± 8	40 ± 24	183 ± 128
AVG in high tide (items/m³)		43 ± 49	37 ± 15	20 ± 7	–	47 ± 31	147 ± 110
AVG in low tide (items/m³)		93 ± 76	53 ± 49	27 ± 25	13 ± 6	33 ± 21	220 ± 157

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 26 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามลักษณะสัณฐาน” ที่พบในปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก (7–8 พฤศจิกายน 2564)

station	above mean sea level (m)	fragment (items/m³)	fiber (items/m³)	film (items/m³)	pellet (items/m³)	total (items/m³)
CPY10 07:30	4.1	40	110	–	–	150
CPY10 13:00	3.0	10	30	–	–	40
CPY10 17:30	3.2	110	280	–	–	390
CPY10 01:30	0.2	30	90	–	–	120
CPY10 08:30	4.0	70	160	–	–	230
CPY10 13:30	3.1	–	40	–	–	40
total (items/m³)		260	710	–	–	
AVG (items/m³)		43 ± 41	118 ± 92	–	–	162 ± 133
AVG in high tide (items/m³)		73 ± 35	183 ± 53	–	–	257 ± 122
AVG in low tide (items/m³)		13 ± 15	87 ± 32	–	–	67 ± 46

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 27 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามลักษณะสัณฐาน” ที่พบในปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลงในฤดูแล้ง (2 – 3 เมษายน 2565)

station	above mean sea level (m)	fragment (items/m³)	fiber (items/m³)	film (items/m³)	pellet (items/m³)	total (items/m³)
CPY10 6:15	3.3	20	40	–	–	60
CPY10 12:00	1.5	110	280	–	10	400
CPY10 18:30	3.3	10	100	–	–	110
CPY10 01:30	1.8	40	110	–	–	150
CPY10 08:30	2.7	70	190	–	10	270
CPY10 13:30	1.3	20	90	–	–	110
total (items/m³)		270	810	–	20	
AVG (items/m³)		45 ± 38	135 ± 86	–	3 ± 5	183 ± 128
AVG in high tide (items/m³)		33 ± 32	110 ± 86	–	3 ± 6	146 ± 110
AVG in low tide (items/m³)		57 ± 47	160 ± 104	–	3 ± 6	220 ± 157

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

สีของไมโครพลาสติกอาจเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งที่มีสภาพแวดล้อมรุนแรงที่ส่งผลให้สีของไมโครพลาสติกซีดจางลง (Hidalgo-Ruz et al., 2012) นอกจากนี้สีของไมโครพลาสติกสามารถช่วยในการระบุแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกได้ โดยไมโคร-พลาสติกที่ตรวจพบในสิ่งแวดล้อมมักมีที่มาจากสินค้าอุปโภคและบริโภค (Jiwarungrueangkul et al., 2021) การพบไมโครพลาสติกหลากสีเช่นนี้สามารถอนุมานได้ว่าไมโครพลาสติกเหล่านั้นมีที่มาจากน้ำทิ้งจากการซักล้างชุมชน ซึ่งในประเทศที่กำลังพัฒนาหรือด้อยพัฒนาจะมีแนวโน้มการปล่อยน้ำทิ้งจากการซักล้างออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง (Boucher & Friot, 2017) ดังนั้นไมโครพลาสติกหลากสีที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา อาจมีที่มาจากน้ำเสียของชุมชนเช่นกัน เนื่องจากในกรุงเทพมหานครมีน้ำเสียชุมชนที่ถูกนำเข้าสู่ระบบบำบัดเพียง 45% ของน้ำเสียทั้งหมด และอีก 55% จะถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมไม่ผ่านกระบวนการบำบัด

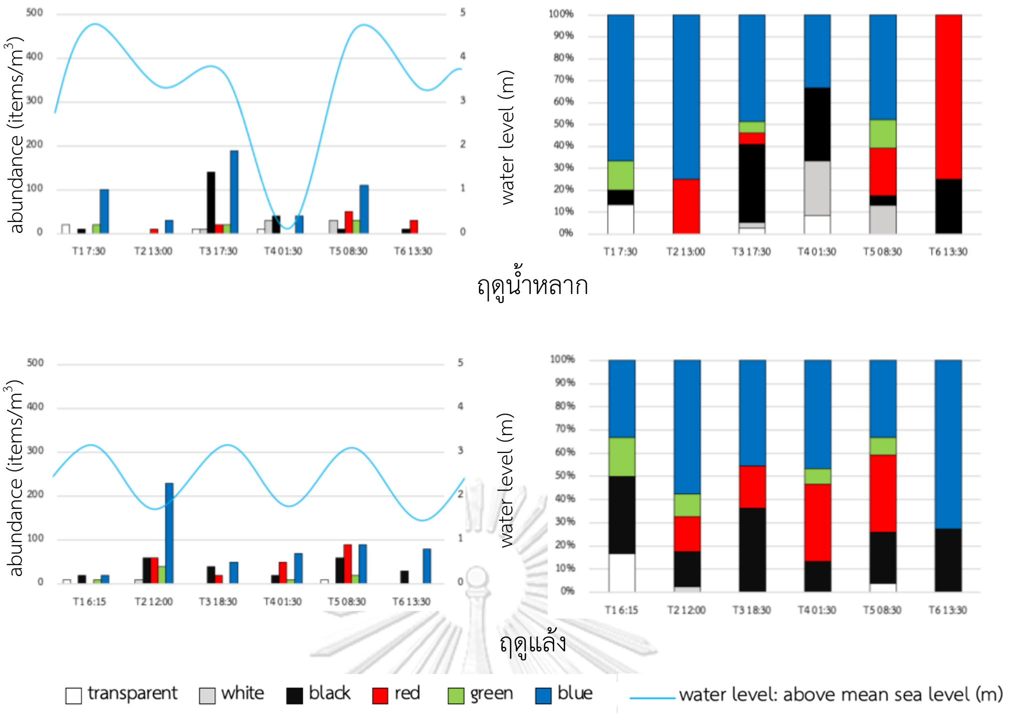
Bissen and Chawchai (2020) พบไมโครพลาสติกสีขาวและสีน้ำเงิน มากที่สุดทั้งในมวลน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย เช่นเดียวกับ Oo et al. (2021) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในมวลน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง และได้ระบุว่าไมโครพลาสติกสีน้ำเงินอาจมาจากเชือกไนลอนสีน้ำเงินที่ใช้อย่างแพร่หลายในกิจกรรมการประมง และเส้นใยที่มีสีอ่อนลงมาอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์การประมงที่ปนเปื้อนอยู่ในมวลน้ำ

4.3.5 ชนิดของไมโครพลาสติก

รูปภาคผนวก ค-1 แสดง FTIR spectrum และรูปของไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลาก ในแต่ละช่วงเวลา และรูปภาคผนวก ค-2 แสดง FTIR spectrum และรูปของไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง ในแต่ละช่วงเวลา

รูปที่ 23 แสดงสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ณ สถานี CPY10 ในการเก็บตัวอย่างตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง จำแนกตามรูปร่างและชนิด ตารางที่ 30 และตารางที่ 31 แสดงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) ที่พบในการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก และฤดูแล้ง ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 22 แสดงปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) และสัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติก ที่พบในน้ำผิวหน้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง (สถานี CPY10) จำแนกตามสี

เนื่องจากความหนาแน่นของไมโครพลาสติกส่งผลต่อการกระจายตัวของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมและการส่งผ่านของไมโครพลาสติกจากปากแม่น้ำเข้าสู่ทะเลเปิด จึงต้องมีการศึกษาชนิดของพอลิเมอร์ร่วมด้วย โดยพบไมโครพลาสติกบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการเก็บตัวอย่างในช่วงน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก 97 ชิ้น นำไปวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกโดย FTIR spectrometry 17 ชิ้น (คิดเป็น 12.65%) พบไมโครพลาสติกชนิด PP มากที่สุด รองมาคือ RY, PE, AC และ PL ตามลำดับ ส่วนในฤดูแล้งพบไมโครพลาสติกบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากการเก็บตัวอย่างในช่วงน้ำขึ้นน้ำลง รวม 110 ชิ้น นำไปวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกด้วย FTIR spectrometry 8 ชิ้น (คิดเป็น 7.27%) พบเป็นไมโครพลาสติกชนิด PP มากที่สุด รองมาคือ PL, RY, PE, AC และ PA ตามลำดับ

นอกจากนี้ การเสื่อมสภาพและการย่อยสลายของพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกขึ้นกับชนิดของพอลิเมอร์ โดย PP, PE, PS และ PVC จะถูกย่อยสลายโดยแสงผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจนมีขนาดเล็กลงได้ง่ายกว่าการเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพ (Bissen & Chawchai, 2020) ซึ่งการพบไมโครพลาสติกชนิด PP จำนวนมากในแม่น้ำเจ้าพระยาอาจเป็นเพราะ PP ถูกย่อยสลายจนเป็นชิ้นเล็กได้ง่ายกว่าพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ

ตารางที่ 28 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามสี” ที่พบในปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก (7–8 พฤศจิกายน 2564)

station	above mean sea level (m)	transparent (items/m³)	white (items/m³)	black (items/m³)	red (items/m³)	green (items/m³)	blue (items/m³)	total (items/m³)
CPY10 07:30	4.1	20	–	10	–	20	100	150
CPY10 13:00	3.0	–	–	–	10	–	30	40
CPY10 17:30	3.2	10	10	140	20	20	190	390
CPY10 01:30	0.2	10	30	40	–	–	40	120
CPY10 08:30	4.0	0	30	10	50	30	110	230
CPY10 13:30	3.1	–	–	10	30	–	–	40
total (items/m³)		40	70	210	110	70	470	
AVG (items/m³)		7 ± 8	12 ± 15	35 ± 53	18 ±19	12 ± 13	78 ± 69	162 ± 133
AVG in high tide (items/m³)		10 ±10	13 ± 15	53 ± 75	23 ± 25	23 ± 6	133 ± 49	257 ± 122
AVG in low tide (items/m³)		3 ± 6	10 ± 17	17 ± 21	13 ± 15	–	23 ± 21	67 ± 46

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตารางที่ 29 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามสี” ที่พบในปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูแล้ง (2 – 3 เมษายน 2565)

station	above mean sea level (m)	transparent ($items/m^3$)	white ($items/m^3$)	black ($items/m^3$)	red ($items/m^3$)	green ($items/m^3$)	blue ($items/m^3$)	total ($items/m^3$)
CPY10 6:15	3.3	10	–	20	–	10	20	60
CPY10 12:00	1.5	–	10	60	60	40	230	400
CPY10 18:30	3.3	–	–	40	20	0	50	110
CPY10 01:30	1.8	–	–	20	50	10	70	150
CPY10 08:30	2.7	10	–	60	90	20	90	270
CPY10 13:30	1.3	–	–	30	–	–	80	110
total ($items/m^3$)		20	10	230	220	80	540	
AVG ($items/m^3$)		3 ± 5	2 ± 4	38 ± 18	37 ± 36	13 ± 15	90 ± 73	183 ± 128
AVG in high tide ($items/m^3$)		7 ± 6	–	40 ± 6	37 ± 29	10 ± 6	53 ± 32	147 ± 45
AVG in low tide ($items/m^3$)		–	3 ± 6	37 ± 21	37 ± 32	17 ± 21	127 ± 90	220 ± 157

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ชนิดของพอลิเมอร์ไมโครพลาสติก ที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีความหลากหลายกว่าการศึกษาไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืดก่อนหน้า (Klein et al., 2015; Oo et al., 2021) โดยมี PP และ PE เป็นไมโครพลาสติกชนิดเด่น เช่นเดียวกับไมโครพลาสติกที่พบในลุ่มน้ำคาร์พาเทียน (Carpathian basin) ประเทศฮังการี (Bordós et al., 2019) เขื่อนสามผา (Three Gorges Reservoir) ที่รับน้ำจากแม่น้ำแยงซี ประเทศจีน (Di & Wang, 2018) และแม่น้ำเหลืองตอนล่าง ประเทศจีน (Han et al., 2020)

ชนิดไมโครพลาสติกที่พบบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง ต่างจากงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้ศึกษาในช่วงฤดูเดียวกัน ที่พบ PE และ LDPE มากที่สุด (> 60%) (Oo et al., 2021) ซึ่ง Oo et al. (2021) ได้เก็บตัวอย่างบริเวณอ่าวไทยตอนบนใกล้กับปากแม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจาก PE และ LDPE มีความหนาแน่น้อย จึงอาจไหลออกจากแม่น้ำเจ้าพระยาโดยการถูกพัดพาโดยกระแสน้ำได้ อีกทั้ง PE ยังเป็นพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกทั่วโลก เช่น ถุงพลาสติก บรรจุภัณฑ์ ขวด ฝา แผ่นฟิล์ม แห และอวน (Cole et al., 2011; Wu et al., 2022) ดังนั้นไมโครพลาสติกชนิด PE ที่ Oo et al. (2021) พบ อาจมีที่มาจากในกิจกรรมการประมงที่เกิดขึ้นในอ่าวไทยตอนบนและอาจมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาด้วย

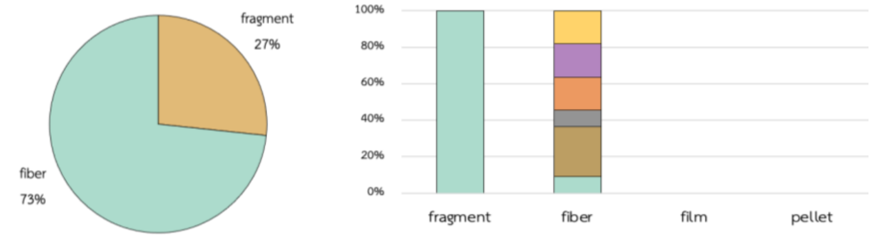
นอกจากนี้เส้นใย PL และ RY ยังถูกพบในทุกช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้ง อาจเป็นไปได้ว่าในช่วงฤดูแล้ง น้ำจากการซักล้างของชุมชน จะถูกกักเก็บไว้ในแม่น้ำเจ้าพระยามากกว่าถูกพัดพาลงอ่าวไทยโดยกระแสน้ำ

เส้นใย PET ยังถูกพบในการเก็บตัวอย่าง เวลา 13:30 น. วันที่ 8 พฤศจิกายน 2564 ซึ่งอาจมาจากเส้นใยเสื้อผ้า และชิ้นส่วนไร้รูปแบบชนิด PA ที่พบในการเก็บตัวอย่างวันที่ 2 เมษายน 2565 เวลา 12:00 น. และวันที่ 3 เมษายน 2565 เวลา 08:30 น. มักเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือการประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการเพาะปลูกทางการเกษตร เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและสามารถใช้งานได้ง่าย (Wu et al., 2022)

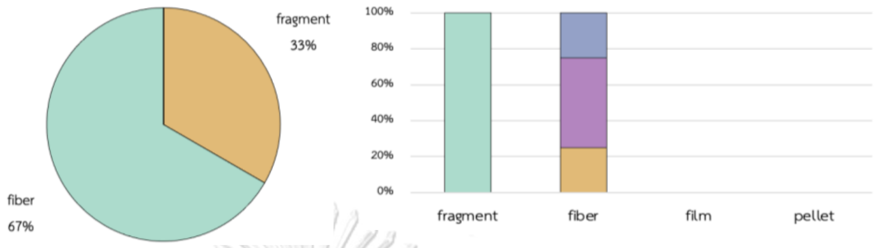
ในการเก็บตัวอย่าง วันที่ 2 เมษายน 2565 เวลา 12:00 น. และวันที่ 3 เมษายน 2565 เวลา 08:30 น. ยังพบไมโครพลาสติกรูปร่างเม็ดกลม ชนิด PP ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่สามารถใช้บรรจุอาหารได้ เนื่องจาก PP เป็นวัสดุที่ทนความร้อน ในอุตสาหกรรมพลาสติกจึงสามารถใช้อุณหภูมิสูงในการฆ่าเชื้อได้ ดังนั้นจึงคาดว่าเม็ดกลม PP มีที่มามจากโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติกที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฤดูน้ำหลาก

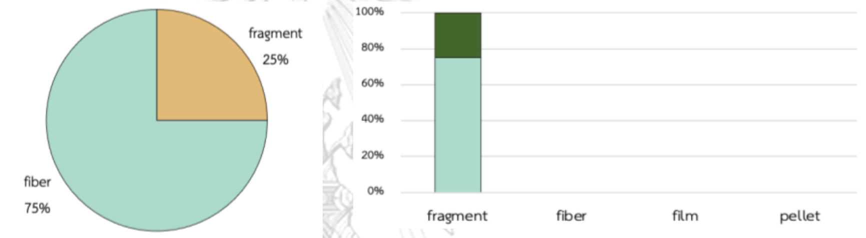


ฤดูแล้ง

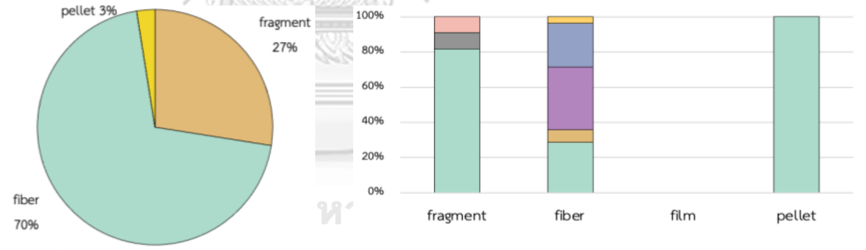


สถานี CPY10 T1

ฤดูน้ำหลาก

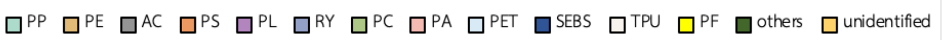


ฤดูแล้ง



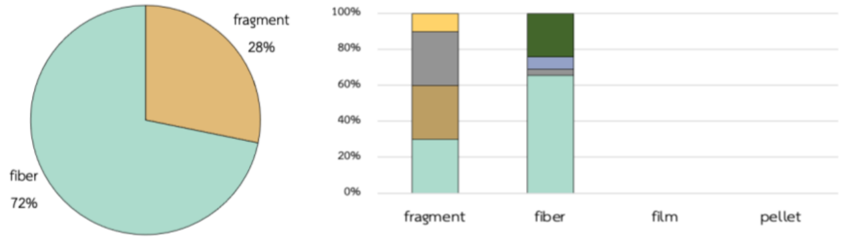
สถานี CPY10 T2

CHULALONGKORN UNIVERSITY

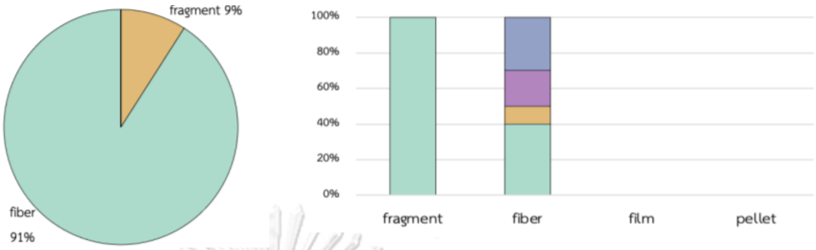


รูปที่ 23 สัดส่วน (%) ของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ณ สถานี CPY10 ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง จำแนกตามรูปร่างและชนิด

ฤดูน้ำหลาก

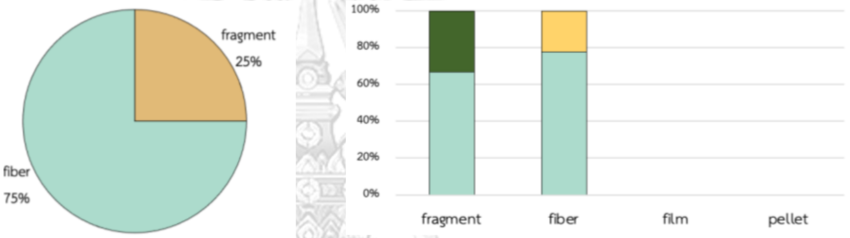


ฤดูแล้ง

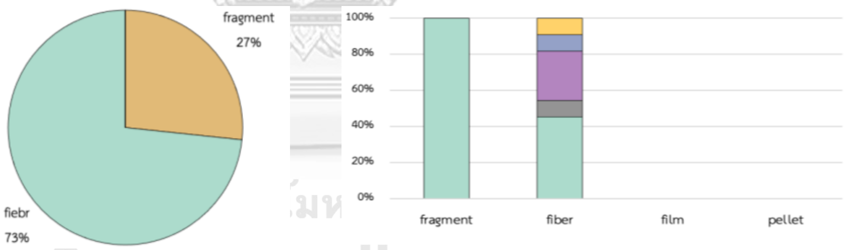


สถานี CPY10 T3

ฤดูน้ำหลาก



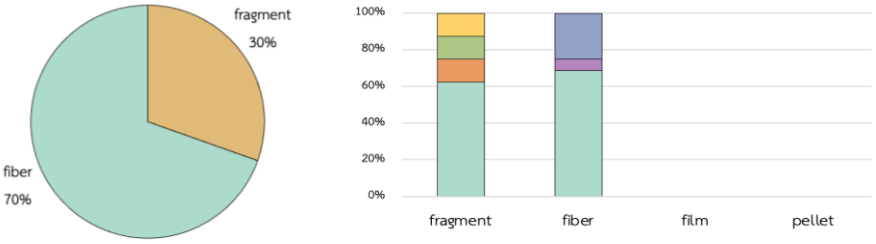
ฤดูแล้ง



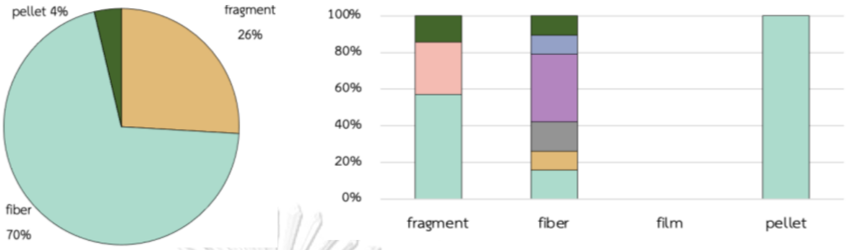
สถานี CPY10 T4

รูปที่ 23 (ต่อ)

ฤดูน้ำหลาก

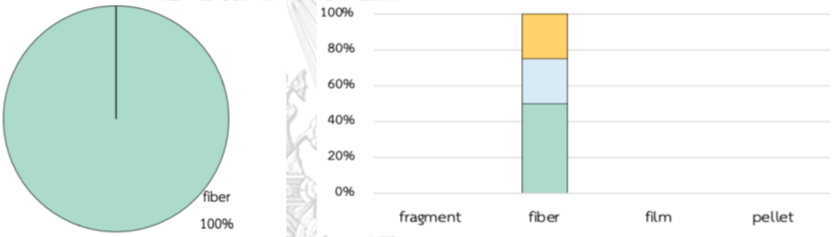


ฤดูแล้ง

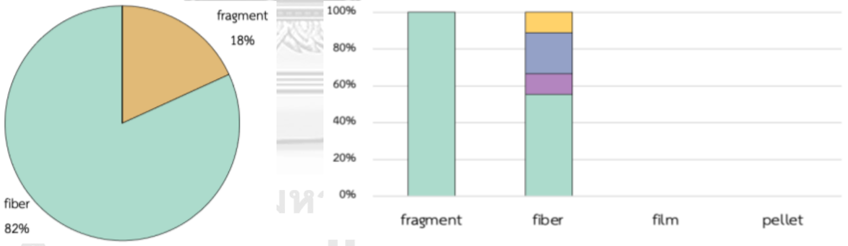


สถานี CPY10 T5

ฤดูน้ำหลาก



ฤดูแล้ง



CHULALONGKORN UNIVERSITY

สถานี CPY10 T6

PP PE AC PS PL RY PC PA PET SEBS TPU PF others unidentified

รูปที่ 23 (ต่อ)

ตารางที่ 30 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามชนิด” ที่พบในปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูน้ำหลาก (7–8 พฤศจิกายน 2564)

station	above mean sea level (m)	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	TPU	PF	SEBS	others	uniden-tified	total
CPY10 07:30	4.1	50	30	10	0	20	20	–	–	–	–	–	–	20	–	150
CPY10 13:00	3.0	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10	–	40
CPY10 17:30	3.2	220	30	40	–	–	20	–	–	–	–	–	–	70	10	390
CPY10 01:30	0.2	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10	20	120
CPY10 08:30	4.0	150	–	–	10	10	40	10	–	–	–	–	–	–	10	230
CPY10 13:30	3.1	20	–	–	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–	10	40
total (items/m³)		560	60	50	10	30	80	10	–	10	–	–	–	110	50	
AVG (items/m³)		93 ± 78	10 ± 15	8 ± 16	2 ± 4	5 ± 8	13 ± 16	2 ± 4	–	2 ± 4	–	–	–	18 ± 26	8 ± 8	162 ± 133
AVG in high tide (items/m³)		140 ± 85	20 ± 17	17 ± 20	3 ± 6	10 ± 10	27 ± 12	3 ± 6	–	0	–	–	–	30 ± 36	7 ± 6	257 ± 122
AVG in low tide (items/m³)		347 ± 38	–	–	–	–	–	–	–	3 ± 6	–	–	–	7 ± 6	10 ± 10	67 ± 46

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างไมโครพลาสติกจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectrometer

ตารางที่ 31 ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น/ลบ.ม.) “จำแนกตามชนิด” ที่พบในปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูแล้ง (3–4เมษายน 2565)

station	above mean sea level (m)	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	TPU	PF	SEBS	others	uniden-tified	total
CPY10 6:15	3.3	20	10	–	–	20	10	–	–	–	–	–	–	–	–	60
CPY10 12:00	1.5	180	20	10	–	100	70	–	10	–	–	–	–	–	10	400
CPY10 18:30	3.3	50	10	–	–	20	30	–	–	–	–	–	–	–	–	110
CPY10 01:30	1.8	90	–	10	–	30	10	–	–	–	–	–	–	10	–	150
CPY10 08:30	2.7	80	20	30	–	70	20	–	20	–	–	–	–	30	–	270
CPY10 13:30	1.3	70	–	–	–	10	20	–	–	–	–	–	–	10	–	110
total (items/m³)		490	60	50	–	–	160	–	–	–	–	–	–	–	10	
AVG (items/m³)		82 ± 54	10 ± 9	8 ± 12	–	–	27 ± 23	–	–	–	–	–	–	–	2 ± 4	183 ± 128
AVG in high tide (items/m³)		50 ± 30	13 ± 6	10 ± 17	–	–	20 ± 10	–	–	–	–	–	–	–	–	147 ± 110
AVG in low tide (items/m³)		113 ± 59	7 ± 12	7 ± 6	–	–	33 ± 32	–	–	–	–	–	–	–	3 ± 6	220 ± 157

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างไมโครพลาสติกจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectrometer

4.4 การคาดการณ์ปริมาณไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลลงสู่อ่าวไทย

ไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลลงสู่อ่าวไทย มี 2 แหล่งที่มา คือ แหล่งกำเนิดที่ระบุตำแหน่งได้แน่นอน (point source) คือ ไมโครพลาสติกที่ถูกปล่อยออกจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานครผ่านน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว และแหล่งกำเนิดที่มีไม่สามารถระบุตำแหน่งได้แน่นอน (non-point source) คือ ไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา

1) ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียถูกพบว่าเป็นหนึ่งในแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อม (Mason et al., 2016) จากการคำนวณปริมาณไมโครพลาสติกที่มาจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำของจังหวัดกรุงเทพมหานครในแต่ละวันทั้ง 8 แห่ง พบว่ามีปริมาณตั้งแต่ 13±10 ถึง 720±195 ล้านชิ้น/วัน โดยปลายทางการสะสมตัวของไมโครพลาสติกคือแม่น้ำเจ้าพระยาและอ่าวไทย

2) แม่น้ำเจ้าพระยา

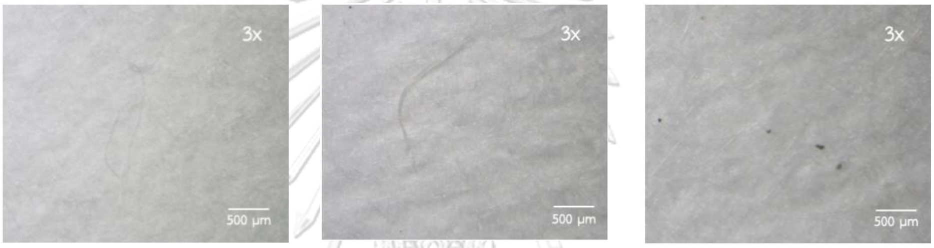
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ฤดูน้ำหลาก พบไมโครพลาสติกไหลจากอ่าวไทยเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงเวลาน้ำขึ้น ดังนั้นไมโครพลาสติกจะถูกกักไว้แม่น้ำเจ้าพระยามากกว่าไหลเข้าสู่อ่าวไทย และอาจมีโอกาสตกตะกอนสะสมอยู่ในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ ปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติกที่ไหลออกสู่อ่าวไทยมากกว่าไมโครพลาสติกที่ถูกพัดกลับเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงน้ำขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับผลการศึกษาที่พบในฤดูน้ำหลาก จึงคาดว่าฤดูกาลส่งผลต่อการส่งผ่านของไมโครพลาสติกจากแม่น้ำสู่ทะเลเปิด นอกจากนี้ยังขึ้นกับรูปร่าง ขนาด และชนิดของไมโครพลาสติก เนื่องจากเส้นใยที่มีความคล่องตัวและตกตะกอนช้าว่าไมโครพลาสติกประเภทอื่นที่มีปริมาตรเท่ากัน (Chubarenko et al., 2016) และไมโครพลาสติกขนาดเล็กที่มีความหนาแน่นน้อยจะถูกพัดพาโดยกระแสน้ำได้ง่าย (Chubarenko et al., 2016) ซึ่งจากการพบไมโครพลาสติกชนิด PP มากที่สุด นอกจากนี้ ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบมีขนาดอยู่ในช่วง 20–250 ไมครอน และพบเป็นชนิด PP มากที่สุด ทำให้ไมโครพลาสติกมีโอกาสถูกพัดพาโดยกระแสน้ำได้ง่าย เนื่องจากเป็นไมโครพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยและมีน้ำหนักเบา

4.5 การควบคุมคุณภาพการทดลอง (Quality Assurance and Quality Control)

การทำ Blank ในอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากระบบบำบัดโดยใช้แกลลอนปริมาตร 10 ลิตร บรรจุน้ำประปากรองเป็นเวลา 7 วัน เพื่อตรวจสอบไมโครพลาสติกที่อาจปนเปื้อนมาจากภาชนะ

เก็บตัวอย่าง พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย สีใส 1 ชิ้น (รูปที่ 24ก) ระหว่างทำการทดลองได้ติดตั้งชุดควบคุม 3 ชุด วางไว้ 3 จุดในห้องปฏิบัติการ 3 ครั้ง ที่มีขั้นตอนการกรองและระยะเวลาดำเนินการในห้องปฏิบัติการเท่ากับตัวอย่าง โดยพบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย สีใส (รูปที่ 24ข) และพบเศษฝุ่นสีดำ (รูปที่ 24ค) เล็กน้อย

ทั้งนี้การปนเปื้อนของเส้นใย สีใส อาจมาจากแกลลอนที่ใช้บรรจุตัวอย่าง และฝุ่นสีดำอาจปนเปื้อนมาจากอากาศในห้องปฏิบัติการ หรืออาจปนเปื้อนมาระหว่างขั้นตอนการเทสารละลายจากภาชนะบรรจุสารเคมีมายังภาชนะบรรจุตัวอย่าง ซึ่งเส้นใยสีใส และฝุ่นสีดำ ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วย FTIR Spectrometer ได้เนื่องจากมีขนาดเล็กและบางจนไม่สามารถปรับลำแสง IR ให้ตกกระทบบนตัวอย่าง



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 24 ไมโครพลาสติกที่พบในขั้นตอนการควบคุมคุณภาพการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย แนวคิดในการแก้ไขปัญหาไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาไมโครพลาสติกในโรงควบคุมคุณภาพน้ำของกรุงเทพมหานคร พบไมโคร-พลาสติก ในน้ำเข้าสู่ระบบและออกจากระบบ 305 ชิ้น (ค่าเฉลี่ย 933.33±1,101.51–6,733±5,096 ชิ้น/ลบ.ม.) และ 420 ชิ้น (ค่าเฉลี่ย 433±321–4,800±1,300 ชิ้น/ลบ.ม.) ตามลำดับ และในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติก 256 ชิ้น (ค่าเฉลี่ย 142.22±108.71 ชิ้น/ลบ.ม.) และ 276 ชิ้น (ค่าเฉลี่ย 153±91 ชิ้น/ลบ.ม.) ตามลำดับ ส่วนใหญ่ไมโครพลาสติกมีขนาดอยู่ในช่วง 20–250 ไมครอน และเมื่อจำแนกตามลักษณะสัณฐานพบว่าไมโครพลาสติกในน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นประเภทเส้นใยมากที่สุด และน้ำออกจากระบบพบไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบมากที่สุด จึงคาดการณ์ว่าไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบสามารถแตกออกเป็นไมโครพลาสติกชิ้นเล็กลงได้ผ่านกระบวนการบำบัด และระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมากกว่าชิ้นส่วนไร้รูปแบบ ส่วนในแม่น้ำเจ้าพระยาพบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมากที่สุด รองมาคือ ชิ้นส่วนไร้รูปแบบ และพบเม็ดกลมและแผ่นฟิล์มน้อยมาก อาจเป็นผลเนื่องมาจากการจัดการนโยบายปัญหาขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อมของกรมควบคุมมลพิษที่มีนโยบายงดใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของไมโครบีดส์ ภาชนะโฟม และถุงพลาสติก ตั้งแต่ปี 2563 ซึ่งส่วนใหญ่ขยะพลาสติกเหล่านี้เป็นที่มาของไมโครพลาสติกประเภทแผ่นฟิล์มและเม็ดกลม และผลการจำแนกสีของไมโครพลาสติกพบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินมากที่สุด และพบเส้นใยที่มีสีหลากหลาย เนื่องมาจากกิจกรรมการซักล้างของคนในชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้ระบบบำบัดน้ำเสียและแม่น้ำเจ้าพระยา จากการจำแนกชนิดพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกพบชนิด PP มากที่สุด รองมาคือ PE ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่พบได้ทั่วไปในการเป็นวัตถุดิบของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มนุษย์ใช้ในการอุปโภคและบริโภค โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (single-use plastic) ซึ่งไมโครพลาสติกเหล่านี้มีปลายทางการสะสมตัวอยู่ที่อ่าวไทย โดยการส่งผ่านที่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น คลื่น ลม กระแสน้ำ และพลวัตรของน้ำขึ้นน้ำลง และกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อุตสาหกรรม และน้ำเสียจากชุมชน ซึ่งจากข้อมูลการศึกษาไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร และมวลน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาแสดงให้เห็นถึงปัญหาการสะสมตัวของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับสถานการณ์ของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืดซึ่งเป็นที่มาของปัญหาการสะสมตัวของไมโครพลาสติกในทะเล เพื่อประเมินสถานการณ์ของการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในประเทศไทยและเพื่อให้เป็นแนวทางให้การออกนโยบายและแนวทางการจัดการขยะพลาสติกที่ต้นทาง ก่อนขยะพลาสติกเหล่านี้จะก่อให้เกิดปัญหาขยะพลาสติกและไมโครพลาสติกสะสมในทะเล

5.2 แนวคิดเพื่อการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกที่สะสมในสิ่งแวดล้อม

การแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อมจะช่วยลดปัญหาไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งการแก้ไขปัญหาควรสอดคล้องกับนโยบายการจัดการขยะพลาสติกในทะเลของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยเน้นการจัดการตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำและการลดปริมาณพลาสติกที่ต้นทาง อีกทั้ง ตามเทรนด์พฤติกรรมออนไลน์ (social trend) ในปัจจุบัน ยังควรใช้สังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมให้บุคคลทั่วไปหันมาสนใจด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยแนวคิดเพื่อการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกและไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดต่อไปนี้

การแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อม ตามนโยบายการจัดการขยะพลาสติกในทะเลของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตามที่ประกาศในเว็บไซต์ของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ในวันที่ 11 มกราคม 2563 คือรณรงค์ให้ประชาชนตระหนักถึงภัยร้ายของขยะพลาสติก โดยร่วมมือกับห้างสรรพสินค้าและร้านสะดวกซื้อขนาดใหญ่ เพื่อลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง และจัดให้มีการคัดแยกขยะทุกครัวเรือน อีกทั้งยังใช้สนับสนุนให้ใช้วัสดุอื่น ๆ ทดแทนผลิตภัณฑ์จากพลาสติก นำผลิตภัณฑ์พลาสติกกลับมาใช้ซ้ำ (reuse) และรีไซเคิล (recycle) ส่วนขยะพลาสติกในที่ฝังกลบขยะ (landfill) ที่ถูกจัดการอย่างไม่ถูกต้อง อาจมีบางส่วนไหลลงสู่แม่น้ำและไหลลงสู่ทะเล จึงแนะนำให้มีการดักขยะพลาสติกที่คูคลองและท่อระบาย เพื่อป้องกันขยะพลาสติกไหลลงสู่ทะเล และยังให้มีการจำกัดขยะโดยการเผาเพื่อผลิตเป็นพลังงาน เช่นเดียวกับ Roadmap การจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561–2573 ซึ่งการจัดการขยะด้วยวิธีดังกล่าวต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก เนื่องจากข้อมูลของสำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานครรายงานว่ากรุงเทพมหานคร มีคู คลอง และลำกระโดง รวม 1,682 สาย และมีขยะในคลองรวมกันกว่าวันละ 1,000 ตัน อีกทั้งการเก็บขยะเพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงาน หากไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธี ยังก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

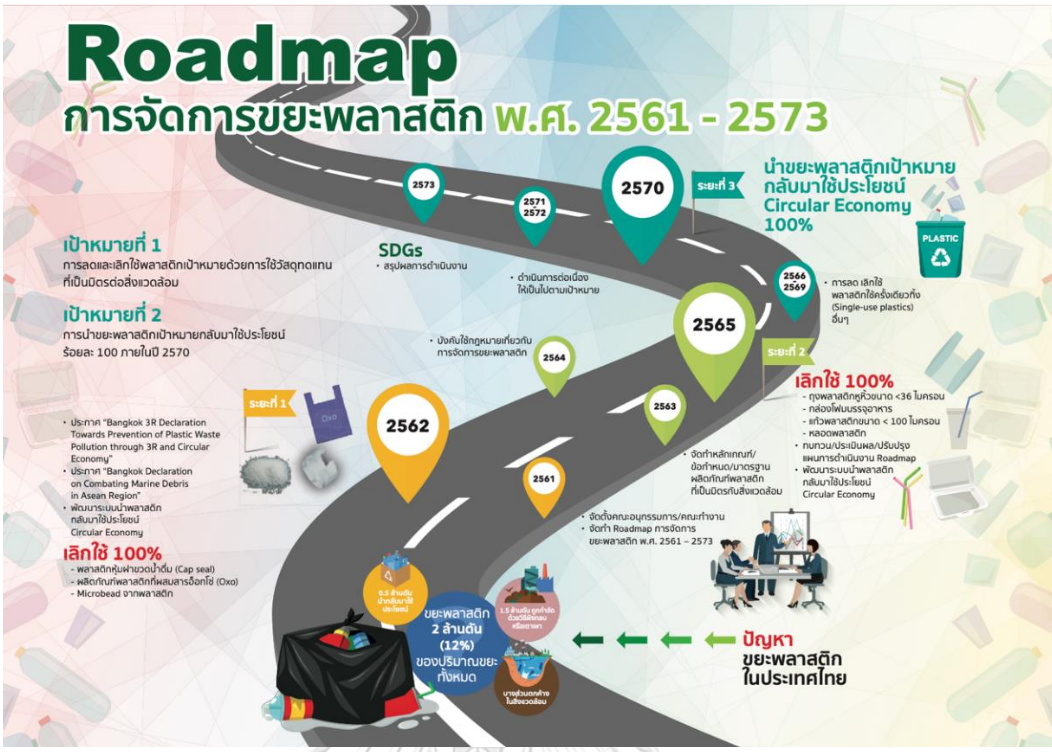
ตาม Roadmap การจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561–2573 (รูปที่ 25) มีเป้าหมายเพื่อลดการใช้พลาสติกที่ก่อให้เกิดขยะ ได้แก่ ในปี 2562 ต้องเลิกใช้พลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำดื่ม พลาสติกที่ผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารอ็อกโซ (oxo) และไมโครบีดส์ ในปี 2565 ต้องเลิกใช้กล่องโฟมบรรจุอาหาร หลอดพลาสติก ถุงพลาสติกที่หนาน้อยกว่า 36 ไมครอน และแก้วพลาสติกที่หนาน้อยกว่า 100 ไมครอน ในปี 2566 ถึง 2569 จะลดและเลิกใช้พลาสติกใชครั้งเดียวทิ้ง และในปี 2570 จะนำขยะพลาสติก เข้าสู่เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular Economy) เพื่อทำเป็นพลังงาน 100% ซึ่งทั้งหมดเป็นเป้าหมายที่กรมควบคุม-มลพิษสร้างขึ้นมาโดยไม่มีหน่วยงานติดตามผลและผลักดันให้เป้าหมายเกิดขึ้นจริง ในปัจจุบันปี 2565 ผลิตภัณฑ์น้ำดื่มบางยี่ห้อยังมีการใช้พลาสติกหุ้มฝาขวดอยู่ และในชุมชนยังมีการใช้ภาชนะโฟม หลอดพลาสติก และถุงพลาสติกที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งอยู่เป็นปกติ

อีกทั้งการผลักดันให้มีการนำขยะพลาสติกเข้าสู่เศรษฐกิจหมุนเวียนโดยการเผาเพื่อทำเป็นพลังงาน อาจก่อให้เกิดมลพิษสู่บรรยากาศได้ ทำให้จำเป็นต้องมีการการประเมินถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมก่อน ทั้งนี้ยังไม่สอดคล้องกับเป้าหมายที่ 13 ของ Sustainable Development Goals (SDGs) ที่ว่าด้วยการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่อาจเกิดขึ้นจากการแปรรูปขยะพลาสติกให้เป็นพลังงาน เป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น และการเผาขยะพลาสติกเพื่อสร้างพลังงานยังขัดแย้งตามความตกลงปารีส (Paris Agreement) ที่ประเทศไทยได้ลงนามไว้ในปี 2559 ที่มุ่งเน้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้ต่ำกว่า 1.5 ℃ และทำให้อากาศเปลี่ยนแปลงน้อยลง (ธีรชัย เกื้อเกตุ, 2560) ดังนั้น วิสัยทัศน์ที่ว่า *“ก้าวสู่การจัดการพลาสติกที่ยั่งยืน ด้วยเศรษฐกิจหมุนเวียน (Moving Towards Sustainable Plastic Management by Circular Economy)”* ยังเป็นแนวทางที่จำเป็นต้องศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากการเลือกจัดการตามแนวทางการหมุนเวียนเพื่อให้ประชาชนทุกภาคส่วนได้มีส่วนร่วมในการลดขยะพลาสติกเข้าสู่สิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 25 Roadmap การจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561 – 2573 (PCD, 2018)

ตามเทรนด์พฤติกรรมออนไลน์ สังคมออนไลน์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ดังนั้นการประชาสัมพันธ์และการรณรงค์ด้านสิ่งแวดล้อมในสังคมออนไลน์จึงเป็นอีกหนึ่งช่องทางที่จะทำให้บุคคลทั่วไปตระหนักปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบันได้ องค์กรที่มีการรณรงค์ผู้คนตระหนักถึงปัญหาขยะพลาสติกผ่านสังคมออนไลน์ เช่น องค์กรขับเคลื่อนสังคม “4Ocean” ได้ผลิตกำไลข้อมือจากขยะทะเล 100% ซึ่งการซื้อกำไลทุก ๆ ชิ้น จะนำรายได้ไปบริจาคให้องค์กรเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทั่วโลก โดยอ้างอิงจากเว็บไซต์ 4Ocean ตั้งแต่ปี 2560 4Ocean นำขยะออกจากมหาสมุทรไปได้แล้ว 25,581,901 ปอนด์ หรือประมาณ 11,603,755 กิโลกรัม ซึ่งองค์กรนี้กำลังขยายผลเพื่อลดปริมาณขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อมและสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของธรรมชาติและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงได้มากขึ้น นอกจากนี้อ้างอิงจากเว็บไซต์ CLEAR OCEAN ยังมีองค์กร “CLEAR OCEAN” เป็นองค์กรที่ใช้สังคมออนไลน์รณรงค์ให้มีการเก็บขยะพลาสติกที่ผิวน้ำ โดยใช้อวนลากที่ราคาไม่แพง และสามารถปรับใช้ได้ทั้งการเก็บขยะบริเวณคูคลอง แม่น้ำ และทะเล

ส่วนการเก็บขยะในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ในปี 2564 กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (ทช.) ได้ร่วมมือกับองค์กร “The Ocean Cleanup” องค์กรสิ่งแวดล้อมด้านวิศวกรรมที่ไม่แสวงหาผลกำไรสัญชาติเนเธอร์แลนด์ ที่เห็นว่าการเก็บขยะพลาสติกในทะเลนั้นยังไม่เพียงพอในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แก้ไขปัญหา เนื่องจากขยะพลาสติกส่วนใหญ่มีแหล่งที่มาจากบนบก ดังนั้นจึงได้ติดตั้งเครื่อง Interceptor ที่ทำงานโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และอาศัยกระแสน้ำให้ช่วยพัดพาขยะเข้าสู่เครื่องดักจับขยะ โดยเริ่มต้นติดตั้งที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ 3 จุด ซึ่งแต่ละเครื่องสามารถเก็บขยะได้มากถึง 3–4 ตัน/วัน ขึ้นอยู่กับปริมาณขยะในพื้นที่ เพื่อลดปริมาณขยะพลาสติกที่จะเข้าสู่ทะเลอ่าวไทย และขยะที่ได้จะนำมาเพิ่มมูลค่าโดยการเปลี่ยนให้เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งจะพัฒนาต่อไปในอนาคต

การแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการลดปริมาณขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นปลายทางของปัญหา และเป็นเพียงการลดการเกิดไมโครพลาสติกทุติภูมิ แต่ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาขยะไมโครพลาสติกที่ต้นทางได้โดยตรง เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กและกำจัดได้ยาก อีกทั้งไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยที่มีที่มาจากการซักล้างของชุมชน และอุปกรณ์การประมงและการเกษตร ดังนั้นการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติกมากขึ้นยังเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยลดปริมาณไมโครพลาสติกที่จะเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้ อีกทั้งยังต้องอาศัยกับร่วมมือกันระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน ที่จะออกนโยบายเพื่อผลักดันให้การลดปริมาณไมโครพลาสติกที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ เช่น การลดหย่อนภาษีให้โรงงานขนาดใหญ่ที่มีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เทคโนโลยี membrane filtration ซึ่งเป็นที่ช่วยลดปริมาณไมโครพลาสติกเข้าสู่สิ่งแวดล้อม รณรงค์ให้ใช้พลาสติกอย่างคุ้มค่า เสริมสร้างความตระหนักและให้ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อระบบนิเวศ และการผลักดันให้นำน้ำเสียจากแหล่งชุมชนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียมากขึ้น นอกจากนี้ภาคธุรกิจยังควรพัฒนาระบบเติมสินค้าใส่บรรจุภัณฑ์เพื่อผู้บริโภคจะได้ไม่ต้องซื้อบรรจุภัณฑ์ใหม่ทุกครั้งที่ต้องซื้อสินค้า เช่น การมีเครื่องจำหน่ายน้ำยาซักผ้าอัตโนมัติ โดยให้ผู้บริโภคนำภาชนะมาเติมเอง เพื่อลดปริมาณขยะจากบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งทั้งหมดนี้ต้องอาศัยหน่วยงานมาดำเนินการตรวจสอบและประเมินผลในระยะยาว รวมทั้งต้องได้รับการสนับสนุนงบประมาณที่เพียงพอเพื่อให้การแก้ไขปัญหาไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นจุดเริ่มต้นในการหาความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกจากโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่งของกรุงเทพมหานครและแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลาก และฤดูแล้ง ที่จะไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทย ที่ศึกษาเฉพาะในส่วนของกรุงเทพมหานคร จึงควรมีการขยายผลการศึกษา

ไปยังแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตจังหวัดอื่นเพื่อเปรียบเทียบกันทางภูมิศาสตร์ และความหนาแน่นของประชากร รวมทั้งการขยายตัวของชุมชนเมือง

ในส่วนของวิธีการทดลอง ปริมาณน้ำตัวอย่างของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ และแม่น้ำเจ้าพระยาในแต่ละสถานี อาจต้องใช้น้ำมากกว่า 5 ลิตร 10 ลิตร และ 100 ลิตร ตามลำดับ เพื่อเพิ่มโอกาสการสุ่มเจอไมโครพลาสติก นอกจากนี้วิธีการศึกษาไมโคร-พลาสติกยังไม่มีวิธีที่เป็นมาตรฐานสากล ดังนั้นการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองแยกไมโครพลาสติกจากน้ำตัวอย่างจึงสำคัญ เนื่องจากขนาดของไมโครพลาสติกที่พบจะขึ้นกับขนาดรูเปิดของอุปกรณ์ในการกรองแยกไมโครพลาสติกและน้ำตัวอย่าง และในขั้นตอนการย่อยสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำตัวอย่างควรเลือกใช้สารละลายและอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบต่อไมโครพลาสติกน้อยที่สุด และควรมีการควบคุมคุณภาพโดยการกรองสารละลายทุกชนิดก่อนนำมาใช้ในการทำการทดลอง การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ไมโครพลาสติกอาจมีการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีอื่น ๆ เปรียบเทียบกัน เช่น เปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบในการเก็บตัวอย่างโดยการใช้ manta trawl และถุงลากแพลงก์ตอนพืช อีกทั้งในงานวิจัยนี้เห็นสมควรที่จะไม่ใช้สารละลายในการสกัดไมโครพลาสติกโดยอาศัยความหนาแน่น (density separation) แต่จะกรองตัวอย่างน้ำทั้งหมดแทน เนื่องจากต้องการเพิ่มความมั่นใจว่าไมโครพลาสติกทั้งหมดในตัวอย่างจะถูกกรองแยกระหว่างการใช้ชุดกรองแก้วแบบสุญญากาศ ดังนั้นจึงควรศึกษาความหนาแน่นของสารละลายและไมโครพลาสติกก่อนการเลือกใช้สารละลายเพื่อสกัดแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวอย่าง และการเลือกวิธีวิเคราะห์ชนิดพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับขนาดไมโครพลาสติกในตัวอย่าง เนื่องจากการใช้ FTIR spectrometer ยังมีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของตัวอย่างที่จะสามารถวิเคราะห์ได้ ในการศึกษานี้จึงไม่ได้นำไมโคร-พลาสติกทุกชิ้นที่พบไปวิเคราะห์ชนิดของพอลิเมอร์ด้วย FTIR spectrometer ทำให้อาจเป็นการยากที่จะรายงานว่าไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนไร้รูปแบบ และเส้นใยส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกชนิดใด อีกทั้งการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกจากการเทียบกับรูปภาพตัวอย่างที่ทราบชนิดอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ นอกจากนี้ปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น ลม กระแสน้ำ และคลื่น ยังส่งผลต่อการศึกษาไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นควรศึกษาข้อมูลทางอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยาร่วมด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการศึกษานี้ ใช้หน่วย ชิ้น/ลบ.ม. ในการรายงานผลปริมาณไมโครพลาสติกที่ถูกส่งผ่านจากแม่น้ำเจ้าพระยาสู่อ่าวไทย และพบว่าในฤดูน้ำแล้งมีปริมาณไมโครพลาสติกลงสู่อ่าวไทยมากกว่าในฤดูน้ำหลาก ทั้งนี้หากคำนึงถึงปริมาตรน้ำทั้งหมดที่ไหลจากแม่น้ำเจ้าพระยาลงสู่อ่าวไทยในแต่ละวัน ที่ใน

ฤดูน้ำหลากจะมีปริมาตรน้ำมากกว่าฤดูแล้ง อาจทำให้ปริมาณไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ในหน่วย ชิ้น/วัน ที่พบในฤดูน้ำหลากมากกว่าฤดูน้ำแล้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Abidli, S., Lahbib, Y., & Menif, N. T. E. (2019). Microplastics in commercial molluscs from the lagoon of Bizerte (Northern T Tunisia). *Marine Pollution Bulletin*, 142, 243-252. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.048

Alam, F. C., Sembiring, E., Muntalif, B. S., & Suendo, V. (2019). Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area (case study: Ciwalengke River, Majalaya district, Indonesia). *Chemosphere*, 224, 637-645. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.188

Albertsson, A.-C., Andersson, S. O., & Karlsson, S. (1987). The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability*, 18(1), 73-87.

Amin, R. M., Sohaimi, E. S., Anuar, S. T., & Bachok, Z. (2020). Microplastic ingestion by zooplankton in Terengganu coastal waters, T southern South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 150(110616). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110616

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596-1605. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030

Arifwidodo, S. D., & Tanaka, T. (2015). The Characteristics of Urban Heat Island in Bangkok, Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 423-428. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.484

Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165-176. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013

Baechler, B. R., Stienbarger, C. D., Horn, D. A., Joseph, J., Taylor, A. R., Granek, E. F., & Brander, S. M. (2020). Microplastic occurrence and effects in commercially harvested North American finfish and shellfish: current knowledge and future directions. *Limnology and Oceanography Letters*, 5(1), 113-136.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Barrett, J., Chase, Z., Zhang, J., Holl, M. M. B., Willis, K., Williams, A., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2020). Microplastic pollution in deep-sea sediments from the Great Australian Bight. *Frontiers in Marine Science*, 808.

Barrows, A. P., Christiansen, K. S., Bode, E. T., & Hoellein, T. J. (2018). A watershed-scale, citizen science approach to quantifying microplastic concentration in a mixed land-use river. *Water Research*, 147, 382-392.

Belzagui, F., Crespi, M., Alvarez, A., Gutierrez-Bouzan, C., & Vilaseca, M. (2019). Microplastics' emissions: Microfibers' detachment from textile garments. *Environmental Pollution*, 248, 1028-1035. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.059

Bhattacharya, P., Lin, S., Turner, J. P., & Ke, P. C. (2010). Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis. *The journal of physical chemistry C*, 114(39), 16556-16561.

Bissen, R., & Chawchai, S. (2020). Microplastics on beaches along the eastern Gulf of Thailand – A preliminary study. *Marine Pollution Bulletin*, 157(111345). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111345

Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., & Moore, C. J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 2275–2278. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007

Bordós, G., Urbányi, B., Micsinai, A., Kriszt, B., Palotai, Z., Szabó, I., Hantosi, Z., & Szoboszlay, S. (2019). Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. *Chemosphere*, 216, 110-116.

Boucher, J., & Friot, D. (2017). *Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources*. IUCN. https://doi.org/dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en

Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., Caçador, I., & Canning-Clode, J. (2016). Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 189-195.

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45, 9175–9179. https://doi.org/10.1021/es201811s

Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., & Thompson, R. C. (2008). Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, Mytilus edulis (L.). *Environmental Science & Technology*, 42, 5026–5031. https://doi.org/10.1021/es800249a

Browne, M. A., Galloway, T. S., & Thompson, R. C. (2010). Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines. *Environmental Science and Technology*, 44(9), 3404–3409. https://doi.org/10.1021/es903784e

Burkhardt-Holm, P., & N'Guyen, A. (2019). Ingestion of microplastics by fish and other prey organisms of cetaceans, T exemplified for two large baleen whale species. *Marine Pollution Bulletin*, 144, 224-234. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.068

Cai, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X., & Chen, Q. (2017). Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 24928–24935. https://doi.org/10.1007/s11356-017-0116-x

Campanale, C., Stock, F., Massarelli, C., Kochleus, C., Bagnuolo, G., Reifferscheid, G., & Uricchio, V. F. (2020). Microplastics and their possible sources: The example of Ofanto river in southeast Italy. *Environmental Pollution*, 258, 113284.

Cao, Y., Wang, Q., Ruan, Y., Wu, R., Chena, L., Zhang, K., & Lam, P. K. S. (2020). Intra-day microplastic variations in wastewater: A case study of a sewage T treatment plant in Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111535. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111535

Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P., & Peck, B. B. (1972). Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*, 178(4062). https://doi.org/10.1126/science.178.4062.749

Carr, S. A., Liu, J., & Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, 91, 174-182. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Chang, M. (2015). Reducing microplastics from facial exfoliating cleansers in wastewater through treatment versus consumer product decisions. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 330-333. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.074

Chen, Y., Wen, D., Pei, J., Fei, Y., Ouyang, D., Zhang, H., & Luo, Y. (2020). Identification and quantification of microplastics using Fourier-transform infrared spectroscopy: current status and future prospects. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 18, 14-19.

Chen, Y., Zou, C., Mastalerz, M., Hu, S., Gasaway, C., & Tao, X. (2015). Applications of micro-fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) in the geological sciences—a review. *International journal of molecular sciences*, 16(12), 30223-30250.

Cheung, P. K., Fok, L., Hung, P. L., & Cheung, L. T. (2018). Spatio-temporal comparison of neustonic microplastic density in Hong Kong waters under the influence of the Pearl River Estuary. *Science of the Total Environment*, 628, 731-739.

Chinfak, N., Sompongchaiyakul, P., Charoenpong, C., Shi, H., Yeemin, T., & Zhang, J. (2021). Abundance, composition, and fate of microplastics in water, sediment, and shellfish in the Tapi-Phumduang River system and Bandon Bay, Thailand. *Science of the Total Environment*, 781, 146700. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146700

Choong, W. S., Hadibarata, T., Yuniarto, A., Tang, K. H. D., Abdullah, F., Syafrudin, M., Al Farraj, D. A., & Al-Mohaimeed, A. M. (2021). Characterization of microplastics in the water and sediment of Baram River estuary, Borneo Island. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112880.

Chouchene, K., Prata, J. C., Costa, J., Duarte, A. C., Pocha-Santos, T., & Ksibi, M. (2021). Microplastics on Barra beach sediments in Aveiro, Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, 167, 112264. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112264

Chubarenko, I., Zobkov, A. B. M., & Esiukova, E. (2016). On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 108, 105–112. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.048

Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, M. B., & Janssen, C. R. (2013). New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1-2), 227-233.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2588-2597.

Conley, K., Clum, A., Deepe, J., Lane, H., & Beckingham, B. (2019). Wastewater treatment plants as a source of microplastics to an urban estuary: Removal efficiencies and loading per capita over one year. *Water research X*, 3, 100030.

Cordova, M. R., & Wahyudi, A. a. J. (2016). Microplastic in the deep-sea sediment of Southwestern Sumatran Waters. *Marine Research in Indonesia*, 41(1), 27-35.

Courtene-Jones, W., Quinn, B., Ewins, C., Gary, S. F., & Narayanaswamy, B. E. (2020). Microplastic accumulation in deep-sea sediments from the Rockall Trough. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111092.

Cunningham, E. M., Ehlers, S. M., Dick, J. T., Sigwart, J. D., Linse, K., Dick, J. J., & Kiriakoulakis, K. (2020). High abundances of microplastic pollution in deep-sea sediments: evidence from Antarctica and the Southern Ocean. *Environmental Science & Technology*, 54(21), 13661-13671.

Daniel, D. B., Ashraf, P. M., Thomas, S. N., & Thomson, K. (2021). Microplastics in the edible tissues of shellfishes sold for human consumption. *Chemosphere*, 264, 128554.

Della Ventura, G., Bellatreccia, F., Marcelli, A., Cestelli Guidi, M., Piccinini, M., Cavallo, A., & Piochi, M. (2010). Application of micro-FTIR imaging in the Earth sciences. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397(6), 2039-2049.

Di, X., & Wang, J. (2018). Microplastics in surface waters and sediments of the Three Gorges Reservoir, China. *Science of the Total Environment*, 616–617(1620–1627). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.150

Do, M. V., Le, T. X. T., Vu, N. D. V., & Dang, T. T. (2022). Distribution and occurrence of microplastics in wastewater treatment plants. *Environmental Technology & Innovation*, 26(102286). https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102286

Ebewele, R. O. (2000). *Polymer Science and Technology* (1st ed.).

Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63-82.

Eo, S., Hong, S. H., Song, Y. K., Han, G. M., & Shim, W. J. (2019). Spatiotemporal distribution and annual load of microplastics in the Nakdong River, South Korea. *Water Research*, 160, 228-237.

Falco, F. D., Gentile, G., Pace, E. D., Avella, M., & Cocca, M. (2018). Quantification of microfibres released during washing of synthetic clothes in real conditions and at lab scale. *The European Physical Journal Plus*, 133, 257. https://doi.org/10.1140/epjp/i2018-12123-x

Figueiredo, G. M., & Vianna, T. M. P. (2018). Suspended microplastics in a highly polluted bay: Abundance, size, and T availability for mesozooplankton. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 256–265. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.020

Fossi, M. C., Marsili, L., Baini, M., Giannetti, M., Coppola, D., Guerranti, C., Caliani, I., Minutoli, R., Lauriano, G., Grazia Finoia, M., Rubegni, F., Panigada, S., Berube, M., Ramírez, J. U., & Panti, C. (2016). Fin whales and microplastics: The Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios. *Environmental Pollution*, 209, 68-78. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.11.022

Gao, X., & Wang, H.-S. (2014). Impact of Bisphenol A on the Cardiovascular System — Epidemiological and Experimental Evidence and Molecular Mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 8399-8413. https://doi.org/10.3390/ijerph110808399

GESAMP. (2016). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment*.

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782

Gray, A. D., Wertz, H., Lead, R. R., & Weinstein, J. E. (2018). Microplastic in two South Carolina Estuaries: Occurrence, distribution, and composition. *Marine Pollution Bulletin*, 223–233. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.030

Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., & Faggio, C. (2018). Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 64, 164-171. https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.10.009

Han, M., Niu, X., Tang, M., Zhang, B. T., Wang, G., Yue, W., Kong, X., & Zhu, J. (2020). Distribution of microplastics in surface water of the lower Yellow River near

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

estuary. *Science of the Total Environment*, 707, 135601. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135601

Harvey, F., & Watts, J. (2018). Microplastics found in human stools for the first time. *The Guardian*.

Henry, B., Laitala, K., & Klepp, I. G. (2019). Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment. *Science of the Total Environment*, 652, 483-494. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060-3075.

Hidayaturrahman, H., & Lee, T.-G. (2019). A study on characteristics of microplastic in wastewater of South Korea: Identification, quantification, and fate of microplastics during treatment process. *Marine Polltuion Bulletin*, 146, 696-702. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.071

Hongprasith, N., Kittimethawong, C., Lertluksanaporn, R., Eamchotchawalit, T., Kittipongvises, S., & Lohwacharin, J. (2020). IR microspectroscopic identification of microplastics in municipal wastewater treatment plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 18557-18564. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08265-7

Horton, A. A., & Dixon, S. J. (2017). Microplastics: An introduction to environmental transport processes. *WIREs Water*, 5(1268). https://doi.org/10.1002/wat2.1268

Huang, D., Li, X., Ouyang, Z., Zhao, X., Wu, R., Zhang, C., Lin, C., Li, Y., & Guo, X. (2021). The occurrence and abundance of microplastics in surface water and sediment of the West River downstream, in the south of China. *Science of the Total Environment*, 756, 143857. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143857

Hungspreug, S., Khao-uppatum, W., & Thanopanuwat, S. (2000). Flood management in Chao Phraya River basin. The Chao Phraya Delta : Historical Development1 Dynamics and Challenges of Thailand1s Rice Bowl,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185, 352-364. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). lastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.1260352

Jayasekara, R., Harding, I., Bowater, I., & Lonergan, G. (2005). Biodegradability of a Selected Range of Polymers and Polymer Blends and Standard Methods for Assessment of Biodegradation. *Journal of Polymers and the Environment*, 13(3), 231-250. https://doi.org/10.1007/s10924-005-4758-2

Jeyasanta, K. I., Sathish, N., Patterson, J., & Edward, J. K. P. (2020). Macro-, meso- and microplastic debris in the beaches of Tuticorin district, Southeast coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111055. https://doi.org/ https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111055

Jiwarungrueangkul, T., Phaksopa, J., Sompongchaiyakul, P., & Tipmanee, D. (2021). Seasonal microplastic variations in estuarine sediments from urban canal on the west coast of Thailand: A case study in Phuket province. *Marine Pollution Bulletin*, 168(112452). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112452

Kang, J.-H., Kwon, O.-Y., & Shim, W. J. (2015). Potential Threat of Microplastics to Zooplanktivores in the Surface Waters of the Southern Sea of Korea. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 69, 340–351. https://doi.org/10.1007/s00244-015-0210-3

Kannan, P., Biernacki, J. J., & Visco Jr., D. P. A. r. o. p. a. k. m. o. t. d. o. e. p. f. a. t. a. (2007). A review of physical and kinetic models of thermal degradation of expanded polystyrene foam and their application. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 78(1), 162-171. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2006.06.005

Käppler, A., Windrich, F., Löder, M. G., Malanin, M., Fischer, D., Labrenz, M., Eichhorn, K.-J., & Voit, B. (2015). Identification of microplastics by FTIR and Raman microscopy: a novel silicon filter substrate opens the important spectral range below 1300 cm− 1 for FTIR transmission measurements. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407(22), 6791-6801.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C. K., Romano, N., Ho, Y. B., & Salamatinia, B. (2017). A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. *Science of the Total Environment*, 578, 485-494. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.213

Karbalaei, S., Hanachi, P., Walker, T. R., & Cole, M. (2018). Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(36), 36046-36063.

Kasamesiri, P., & Thaimuangphol, W. (2020). Microplastics ingestion by freshwater fish in the Chi River, Thailand. *GEOMATE Journal*, 18(67), 114-119.

Kataoka, T., Nihei, Y., Kudou, K., & Hinata, H. (2019). Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan. *Environmental Pollution*, 244, 958-965. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.111

Klein, S., Worch, E., & Knepper, T. P. (2015). Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environmental Science & Technology*, 49(10), 6070-6076.

Klemes, J. J., Fan, Y. V., Tan, R. R., & Jiang, P. (2020). Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127(109883). https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109883

Kole, P., Löhr, A. J., Belleghem, F. G. A. J. V., & Ragas, A. M. J. (2017). Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1265. https://doi.org/10.3390/ijerph14101265

Lebreton, L. C. M., Zwet, J. V. D., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*. https://doi.org/10.1038/ncomms15611

Leslie, H. A., Brandsma, S. H., Velzen, M. J. M. V., & Vethaak, A. D. (2017). Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. *Environment International*, 101, 133-142. https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.01.018

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Wijaya, B. A., Yunus, K. A., & Firdaus, M. (2020). Distribution of microplastics in Surabaya River, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 726, 138560. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138560

Li, J., Lusher, A. L., Rotchell, J. M., Deudero, S., Turra, A., Bråte, I. L. N., Sun, C., Hossain, M. S., Li, Q., Kolandhasamy, P., & Shi, H. (2019). Using mussel as a global bioindicator of coastal microplastic pollution. *Environmental Pollution*, 244, 522-533. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.032

Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, 207, 190-195. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.09.018

Li, R., Zhang, L., Xue, B., & Wang, Y. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in the mangrove sediment of the semi-enclosed Maowei Sea of the south China sea: New implications for location, rhizosphere, and sediment compositionsv. *Environmental Pollution*, 244, 685-692. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.089

Liu, R.-P., Li, Z.-Z., Liu, F., Dong, Y., Jiao, J.-G., Sun, P.-P., & RM, E.-W. (2021). Microplastic pollution in Yellow River, China: Current status and research progress of biotoxicological effects. *China Geology*, 4, 585-592. https://doi.org/10.31035/cg2021081

Liu, X., Yuan, W., Di, M., Li, Z., & Wang, J. a. C. E. J., 362, 176-182. https://doi.org/. (2019). Transfer and fate of microplastics during the conventional activated sludge process in one wastewater treatment plant of China. *Chemical Engineering Journal*, 362(15), 176-182. https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.01.033

Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ding, L., & Rn, H. (2016). Uptake and Accumulation of Polystyrene Microplastics in Zebrafish (Danio rerio) and Toxic Effects in Liver. *Environmental Science & Technology*, 50, 4054-4060. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00183

Lusher, A. L., Tirelli, V., O'Connor, I., & Officer, R. (2015). Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific Reports*, 5(1), 1-9.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lv, X., Dong, Q., Zuo, Z., Liu, Y., Huang, X., & Wu, W.-M. (2019). Microplastics in a municipal wastewater treatment plant: Fate, dynamic distribution, removal ef!ciencies, and control strategies. *Journal of Cleaner Production*, 225(18), 579-586. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.321

Mai, L., Bao, L.-J., Shi, L., Wong, C. S., & Zeng, E. Y. (2018). A review of methods for measuring microplastics in aquatic environments. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(12), 11319-11332.

Mao, R., Hu, Y., Zhang, S., Wu, R., & Guo, X. (2020). Microplastics in the surface water of Wuliangsuhai Lake, northern China. *Science of the Total Environment*, 723, 137820. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137820

Martin, J., Lusher, A., Thompson, R. C., & Morley, A. (2017). The Deposition and Accumulation of Microplastics in Marine Sediments and Bottom Water from the Irish Continental Shelf. *Scientific Reports*, 7(10772). https://doi.org/10.1038/s41598-017-11079-2

Mason, S. A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barners, J., Fink, P., Papazissimos, D., & Rogers, D. L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution*, 218, 1045-1054. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.056

Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.* (NOAA Marine Debris Division) https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/noaa_microplastics_methods_manual.pdf

Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science & Technology*, 35(2), 318-324.

Mattsson, K., Ekvall, M. T., Hansson, L.-A., Linse, S., Malmendal, A., & Cedervall, T. (2014). Altered Behavior, Physiology, and Metabolism in Fish Exposed to Polystyrene Nanoparticles. *Environmental Science & Technology*, 49, 553-561. https://doi.org/10.1021/es5053655

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Mendoza, L. M., & Balcer, M. (2019). Microplastics in freshwater environments: A review of quantification assessment. *Trends in Analytical Chemistry*, 113, 402-408. https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.020

Mistri, M., Sfriso, A. A., Casoni, E., Nicoli, M., Vaccaro, C., & Munari, C. (2022). Microplastic accumulation in commercial fish from the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 174(113279). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113279

Mitrano, D. M., & Wohlleben, W. (2020). Microplastic regulation should be more precise to incentivize both innovation and environmental safety. *Nature Communications*, 11(1), 1-12.

Mizraj, R., Ahrendt, C., Perez-Venegas, D., Vargas, J., Pulgar, J., Aldana, M., Ojeda, F. P., Duarte, C., & Galbán-Malagón, C. (2017). Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut? *Marine Pollution Bulletin*, 116, 498–500. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.008

Molle, F. (2007). Scales and power in river basin management: the Chao Phraya River in Thailand. *The Geographicla Journal*, 173(4), 358-373.

Moon, D., Amasawa, E., & Hirao, M. (2019). Laundry habits in Bangkok: Use patterns of products and services. *Sustainability*, 11(16), 4486.

Moore, R. C., Loseto, L., Noel, M., Etemadifar, A., Brewster, J. D., MacPhee, S., Bendell, L., & Ross, P. S. (2020). Microplastics in beluga whales (Delphinapterus leucas) from the Eastern T Beaufort Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 150(110723). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110723

Munno, K., Helm, P. A., Jackson, D. A., Rochman, C., & Sims, A. (2018). Impacts of temperature and selected chemical digestion methods on microplastic particles. *Environmental toxicology and chemistry*, 37(1), 91-98.

Murakami, A., Zain, A. M., Takeuchi, K., Tsunekawa, A., & Yokota, S. (2003). Trends in urbanization and patterns of land use in the Asian mega cities Jakarta, Bangkok, and Metro Manila. *Landscape and Urban Planning*, 70, 251–259. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.021

Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., & Quinn, B. E. S. T., 50, 5800-5808. . (2016). Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Aquatic Environment. *Environmental Science & Technology*, 50, 5800-5808. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05416

Napper, I. E., Baroth, A., Barrett, A. C., Bhola, S., Chowdhury, G. W., Davies, B. F., Duncan, E. M., Kumar, S., Nelms, S. E., & Niloy, M. N. H. (2021). The abundance and characteristics of microplastics in surface water in the transboundary Ganges River. *Environmental Pollution*, 274, 116348.

Negrete Velasco, A. d. J., Rard, L., Blois, W., Lebrun, D., Lebrun, F., Pothe, F., & Stoll, S. (2020). Microplastic and fibre contamination in a remote mountain lake in Switzerland. *Water*, 12(9), 2410.

Nelms, S. E., Galloway, T. S., Godley., B. J., Jarvis, D. S., & Lindeque, P. K. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution*, 238, 999-1007. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016

Ngo, P. L., Pramanik, B. K., Shah, K., & Roychand, R. (2019). Pathway, classification and removal efficiency of microplastics in wastewater treatment plants. *Environmental Pollution*, 225, 113326. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113326

Nuelle, M.-T., Dekiff, J. H., Remy, D., & Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental Pollution*, 184, 161-169.

Oktavilia, S., Hapsari, M., Firmansyah, Setyadharma, A., & Wahyuningsum, I. F. S. (2020). *Plastic Industry and World Environmental Problems* E3S Web of Conferences 202,

Oo, P. Z., Boontanon, S. K., Boontanon, N., Tanaka, S., & Fujii, S. (2021). Horizontal variation of microplastics with tidal fluctuation in the Chao Phraya River Estuary, Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112933. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112933

Ounjai, K., Boontanon, S. K., Piyaviriyakul, P., Tanaka, S., & Fujii, S. (2022). Assessment of microplastic contamination in the urban lower Chao Phraya River of Bangkok city, Thailand. *Water & Health*, 20(8), 1243–1254. https://doi.org/10.2166/wh.2022.130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Parikh, S. J., & Chorover, J. (2005). FTIR spectroscopic study of biogenic Mn-oxide formation by Pseudomonas putida GB-1. *Geomicrobiology Journal*, 22(5), 207-218.

Payton, T. G., Beckingham, B. A., & Dustan, P. (2020). Microplastic exposure to zooplankton at tidal fronts in Charleston Harbor, SC USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 232, 106510.

Pfeiffer, F., & Fischer, E. K. (2020). Various digestion protocols within microplastic sample processing—evaluating the resistance of different synthetic polymers and the efficiency of biogenic organic matter destruction. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 572424.

Phuprasert, T., Kanokkantapong, V., & Srithongouthai, S. (2021). The abundance and characteristics of microplastics in central industrial wastewater treatment plants 26th Int'l Conference on "Biological, Environmental, Medical & Veterinary Sciences" (PCBEM-21-Pattaya), Pattaya (Thailand).

Pitt, J. A., Trevisan, R., Massarsky, A., Kozal , J. S., Levin, E. D., & Giulio, R. T. D. (2018). Maternal transfer of nanoplastics to offspring in zebrafish (Danio rerio): A case study with nanopolystyrene. *Science of the Total Environment*, 643, 324-334. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.186

PlasticsEurope. (2013). *Plastics – the Facts* 2013 *An analysis of European latest plastics production, demand and waste data.* . https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2013-Plastics-the-facts.pdf

PlasticsEurope. (2017). *Plastics – the Facts* 2017 *An analysis of European plastics production, demand and waste data*. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2017-Plastics-the-facts.pdf

PlasticsEurope. (2019). *Plastics – the Facts* 2019 *An analysis of European plastics production, demand and waste data.* . https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2019-Plastics-the-facts.pdf

Pollution Control Department (PCD) of Ministry of Natural Resources and Environment. (2018). Thailand's Roadmap on Plastic Waste Management 2018 – 2030. https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2021/10/pcdnew-2021-10-19_08-59-54_995414.pdf.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Pradit, S., Noppradit, P., Goh, B. P., Sornplang, K., Ong, M. C., & Towatana, P. (2021). Occurrence of microplastics and trace metals in fish and shrimp from Songkhla Lake, Thailand during the Covid-19 pandemic. *pplied Ecology and Environmental Research*, 19, 1085-1106. https://doi.org/10.15666/aeer/1902_10851106

Pradit, S., Puttapreecha, R., Noppradit, P., Buranapratheprat, A., & Sompongchaiyakul, P. (2022). The first evidence of microplastic presence in pumice stone along the coast of Thailand: A preliminary study [Brief Research Report]. *Frontiers in Marine Science*, 9. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.961729

Prarat, P., & Hongsawat, P. (2022). Microplastic pollution in surface seawater and beach sand from the shore of Rayong province, Thailand: Distribution, characterization, and ecological risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113200.

Prata, J. C., Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental status of (micro)plastics contamination in Portugal. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 200(110753). https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110753

Remy, F., Collard, F., Gilbert, B., Compère, P., Eppe, G., & Lepoint, G. (2015). When Microplastic Is Not Plastic: The Ingestion of Artificial Cellulose Fibers by Macrofauna Living in Seagrass Macrophytodetritus. *Environmental Science & Technology*, 49, 11158–11166. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02005

Rezania, S., Park, J., Din, M. F. M. D., Taib, S. M., Talaiekhozani, A. T., Yadav, K. K., & Kamyab, H. (2018). Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: T A review of recent studies. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 191-208. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.022

Rodrigues, M., Abrantes, N., Gonçalves, F., Nogueira, H., Marques, J., & Gonçalves, A. (2018). Spatial and temporal distribution of microplastics in water and sediments of a freshwater system (Antuã River, Portugal). *Science of the Total Environment*, 633, 1549-1559.

Ruiz-Orejón, L. F., Sardá, R., & Ramis-Pujol, J. (2016). Floating plastic debris in the Central and Western Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 120, 136-144. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.08.001.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sadri, S. S., & Thompson, R. C. (2014). On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Marine Pollution Bulletin*, 81, 55–60. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.020

Saha, A., Khalkho, B. R., & Deb, M. K. (2021). Au–Ag core–shell composite nanoparticles as a selective and sensitive plasmonic chemical probe for L-cysteine detection in Lens culinaris (lentils). *Royal Society of Chemistry*, 11(20380). https://doi.org/10.1039/d1ra01824h

Sankoda, K., & Yamada, Y. (2021). Occurrence, distribution, and possible sources of microplastics in the surface river water in the Arakawa River watershed. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 27474–27480. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-021-12459-y

Sembiring, E., Fareza, A. A., Suendo, V., & Reza, M. (2020). The Presence of Microplastics in Water, Sediment, and Milkfish (Chanos chanos) at the Downstream Area of Citarum River, Indonesia. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231, 355. https://doi.org/10.1007/s11270-020-04710-y

Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, 77-83. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.013

Sharma, A., Aloysius, V., & Visvanathan, C. (2019). Recovery of plastics from dumpsites and landfills to prevent marine plastic pollution in Thailand. *Waste Disposal & Sustainable Energy* 1, 237–249. https://doi.org/10.1007/s42768-019-00027-7

Shaw, D. G., & Day, R. H. (1994). Colour-and form-dependent loss of plastic micro-debris from the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 28(1), 39-43.

Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G., & Y., Z. (2020). (Micro)plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change. *Journal of Cleaner Production*, 254(120138). https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120138

Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G., & Zhang, Y. (2020). (Micro)plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

change. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120138. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120138

Shim, W. J., Hong, S. H., & Eo, S. E. (2017). Identification methods in microplastic analysis: a review. *Analytical methods*, 9(9), 1384-1391.

Singh, N., Mondal, A., Bagri, A., Tiwari, E., Khandelwal, N., Monikh, F. A., & Darbha, G. K. (2021). Characteristics and spatial distribution of microplastics in the lower Ganga River water and sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111960. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111960

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2016). *Principles of Instrumental Analysis* (Seventh Edition ed.). Cengage Learning.

Soe, K. K., Hajisamae, S., Sompongchaiyakul, P., Towatana, P., & Pradit, S. (2022). Feeding Habits and the Occurrence of Anthropogenic Debris in the Stomach Content of Marine Fish from Pattani Bay, Gulf of Thailand. *Biology*, 11(331). https://doi.org/10.3390/biology11020331

Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J., & Shim, W. J. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93, 202-209. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.015

Sukhsangchan, R., Keawsang, R., Worachananant, S., Thamrongnawasawat, T., & Phaksopa, J. (2020). Suspended microplastics during a tidal cycle in sea-surface waters around Chao Phraya River mouth, Thailand. *Science Asia*, 46, 724-733. https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2020.091

Sun, J., Dai, X., Wang, Q., Loosdrecht, M. C. M. V., & Ni, B.-J. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Research*, 152, 21-37. https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.050

Sun, X., Li, Q., Zhu, M., Liang, J., Zheng, S., & Zhao, Y. (2017). Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 115, 217-224. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.004

Suteja, Y., Atmadipoera, A. S., Riani, E., Nurjaya, I. W., Nugroho, D., & Cordova, M. R. (2021). Spatial and temporal distribution of microplastic in surface water of

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

tropical estuary: Case study in Benoa Bay, Bali, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111979.

Ta, A. T., & Babel, S. (2020). Microplastics pollution with heavy metals in the aquaculture zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111747. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111747

Ta, A. T., Babel, S., & Haarstrick, A. (2020). Microplastics Contamination in a High Population Density Area of the Chao Phraya River, Bangkok. *Journal of Engineering & Technological Sciences*, 52(4).

Tadsuwan, K., & Babel, S. (2021). Microplastic contamination in a conventional wastewater treatment plant in Thailand. *Waste Management and Research*, 39(5). https://doi.org/10.1177/0734242X20982055

Tadsuwan, K., & Babel, S. (2022). Microplastic abundance and removal via an ultrafiltration system cuopled to a conventional municipal wastewater treatment plant in Thailand. *Journal of Environment Chemical Engineering*, 10(2), 107142. https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107142

Tagg, A. S., Sapp, M., Harrison, J. P., & Ojeda, J. s. J. (2015). Identification and quantification of microplastics in wastewater using focal plane array-based reflectance micro-FT-IR imaging. *Analytical chemistry*, 87(12), 6032-6040.

Talang, R. P. N., Sirivithayapakorn, S., & Polruang, S. (2020). Environmental impacts and cost-effectiveness of Thailand's centralized municipal wastewater treatment plants with different nutrient removal processes. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120433.

Talvitie, J., Mikola, A., Setala, O., Heinonen, M., & Koistinen, A. (2017). ow well is microlitter purified from wastewater? e A detailed study on the stepwise removal of microlitter in a tertiary level wastewater treatment plant. *Water Research*, 109, 164-172. https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.046

Tang, N., Liu, X., & Xing, W. (2020). Microplastics in wastewater treatment plants of Wuhan, Central China: Abundance, removal, and potential source in household wastewater. *Science of the Total Environment*, 745(25), 141026. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141026.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Thermo, N. (2001). Introduction to Fourier transform infrared spectrometry. *Thermo Nicolet Corporation: Madison-USA*.

Ugwu, K., Herrera, A., & Go´mez, M. (2021). Microplastics in marine biota: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 169(112540). https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112540

UNEP. (2003). *Bangkok State of the Environment* 2003. D. o. t. P. S. f. t. B. M. A. B. Environmental Quality Management and Control Division.

Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*, 182, 495-499. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013

Velasco, A. J. N., Rard, L., Blois, W., Lebrun, D., Lebrun, F., Pothe, F., & Stoll, S. (2020). Microplastic and Fibre Contamination in a Remote Mountain Lake in Switzerland. *Water*, 12, 2410. https://doi.org/10.3390/w12092410

Vroom, R. J. E., Koelmans, A. A., Besseling, E., & Halsband, C. (2017). Aging of microplastics promotes their ingestion by marine zooplankton. *Environmental Pollution*, 231, 987-996. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.088

Wang, F., Wong, C. S., Chen, D., Lu, X., Wang, F., & Zeng, E. Y. (2018). Interaction of toxic chemicals with microplastics: a critical review. *Water Research*, 139, 208-219.

Watts, A. J., Lewis, C., Goodhead, R. M., Beckett, S. J., Moger, J., Tyler, C. R., & Galloway, T. S. (2014). Uptake and retention of microplastics by the shore crab Carcinus maenas. *Environmental Science & Technology*, 48(15), 8823-8830.

Wessel, C. C., Lockridge, G. R., Battiste, D., & Cebrian, J. (2016). Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: Insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 178-183. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.002

Wicaksono, E. A., Werorilangi, S., Galloway, T. S., & Tahir, A. (2021). Distribution and Seasonal Variation of Microplastics in Tallo River, Makassar, Eastern Indonesia. *Toxics*, 9, 129. https://doi.org/10.3390/toxics9060129

Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A. D., Narayanaswamy, B. E., & Thompson, R. C. (2014). The

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), 140317.

Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031

Wu, J., Lai, M., Zhang, Y., Li, J., Zhou, H., Jiang, R., & Zhang, C. (2020). Microplastics in the digestive tracts of commercial fish from the marine ranching in east China sea, China. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100066. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100066.

Wu, Y., Guo, P., Zhang, X., Zhang, Y., Xie, S., & Deng, J. (2019). Effect of microplastics exposure on the photosynthesis system of freshwater algae. *Journal of Hazardous Materials*, 374, 219-227. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.04.039

Wu, Y., Wang, S., Wu, L., Yang, Y., Yu, X., Liu, Q., Liu, X., Li, Y., & Wang, X. (2022). Vertical distribution and river-sea transport of microplastics with tidal fluctuation in a subtropical estuary, China. *Science of the Total Environment*, 822, 153603.

Yan, M., Nie, H., Xu, K., He, Y., Hu, Y., Huang, Y., & Wang, J. (2019). Microplastic abundance, distribution and composition in the Pearl River along Guangzhou city and Pearl River estuary, China. *Chemosphere*, 217. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.093

Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K., & Kolandhasamy, P. (2015). Microplastic pollution in table salts from China. *Environmental Science & Technology*, 49(22), 13622-13627.

Yang, L., Li, K., Cui, S., Kang, Y., An, L., & Lei, K. (2019). Removal of microplastics in municipal sewage from China's largest water reclamation plant. *Water Research*, 155, 175-181. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.046

Zambrano, M. C., Pawlak, J. J., Daystar, J., Ankeny, M., Cheng, J. J., & Venditti, R. C. (2019). Microfibers generated from the laundering of cotton, rayon and polyester T based fabrics and their aquatic biodegradation. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 394-407. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.062

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Zhang, Chen, J., & Li, J. (2020). The removal of microplastics in the wastewater treatment process and their potential impact on anaerobic digestion due to pollutants association. *Chemosphere*, 251, 126360. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126360

Zhang, B., Wu, D., Yang, X., Teng, J., Liu, Y., Zhang, C., Zhao, J., Yin, X., You, L., Liu, Y., & Wang, Q. (2019). Microplastic pollution in the surface sediments collected from Sishili Bay, North Yellow Sea, China. *Marine Pollution Bulletin*, 141, 9-15. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.021

Zhang, C., Chen, X., Wang, J., & Tan, L. (2017). Toxic effects of microplastic on marine microalgae Skeletonema costatum: Interactions between microplastic and algae. *Environmental Pollution*, 220, 1282-1288. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.005

Zhang, D., Liu, X., Huang, W., Li, J., Wang, C., Zhang, D., & Zhang, C. (2020). Microplastic pollution in deep-sea sediments and organisms of the Western Pacific Ocean. *Environmental Pollution*, 259, 113948.

Zhao, S., Zhu, L., & Li, D. (2015). Microplastic in three urban estuaries, China. *Environmental Pollution*, 206, 597-604.

Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., & Li, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: first observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 86(1-2), 562-568.

Zhong, X., Zhao, X., Qian, Y., & Zou, Y. (2018). Polyethylene plastic production process. *Insight - Material Science*, 1(1). https://doi.org/10.18282/ims.v1i1.104

กรมประมง. (2563). ผลผลิตการประมงไทย ปี 2563. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20200922100212_1_file.pdf

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2565). สมุทรศาสตร์: อุทกศาสตร์ชายฝั่งทะเล. https://km.dmcr.go.th/c_263/d_1130

การประปานครหลวง. (2565) แม่น้ำเจ้าพระยา. https://web.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=132&filename=index

การประปานครหลวง. (2565). โรงงานผลิตน้ำ. https://web.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=1913

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธีรชัย เกื้อเกตุ. (2562). ความตกลงปารีส (Paris Agreement): โครงสร้างใหม่ทางกฎหมายในการจัดการกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ. วารสารรามคำแหง ฉบับนิติศาสตร์.

นันทวุฒิ จำปางาม. (2563). ไมโครพลาสติก: ปัญหาในระบบนิเวศแหล่งน้ำ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 14 ฉบับที่ 2.

จารุกานต์ เตมียกุล. (2564). การหาไมโครพลาสติกในแม่น ้าและตะกอนดินบริเวณภาคกลางของประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย [มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]

ปิ่นมนัส บูชา. (2562). ชนิดและการกระจายของไมโครพลาสติกในพื้นผิวดินตะกอน บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย. คณะวิทยาศาสตร์ [จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]

พรนภา แซ่ลี้, มนพร วงศ์สุนทรชัย และ นิตย์ตะยา ผาสุขพันธุ์. (2564). การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรม กรณีศึกษาตลาดประมง จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. ฉบับที่ 26 ปีที่ 3.

พัชญทัศห์ กิณเรศ, ชนิดา ยุบลไสย์ และ ธารารัตน์ โมทยกุล. (2562). คู่มือการบริหารจัดการขยะที่เหมาะสมกับประชาชนจังหวัดนครพนม. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ธนิษฐา ภูลวรรณ (2559). การจำแนกประเภทของพลาสติก. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, *64*(200). http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_J/2559_64_200_P-14-15.pdf

ศิรินิตย์ ธารธาดา และ ปฐมาพร อำนาจอนันต์. (2561). เทคโนโลยี Fourier Transform Infrared Spectroscopy: ทฤษฏีและการประยุกต์ใช้. วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์และเทคโนโลยี, *2*(1).

ศรีสิทธิ์ วงศ์วรจรรย์. (2565, 7 มิถุนายน 2565). *10* อันดับประเทศ “ขยะพลาสติก” ในทะเลสูงสุด ประเทศไทยอยู่อันดับเท่าไรของโลก https://www.bangkokbiznews.com/social/1008711

ศุลีพร แสงกระจ่าง, ปัทมา พลอยสว่าง และ ปริณตา พรหมติตาธร. (2556). ผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. สารพิษวิทยาไทย. ฉบับที่ 28 ปีที่ 1.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) . (2555). การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง ลุ่มน้ำเจ้าพระยา. https://tiwrm.hii.or.th/web/attachments/25basins/10-chaopraya.pdf

สำนักการระบายน้ำ. (2563). ข่าวประชาสัมพันธ์ และข้อมูลเผยแพร่ขององค์กร. https://dds.bangkok.go.th

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำนักการระบายน้ำ. (2565). แผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร เนื่องจากน้ำฝนและน้ำหนุน ประจำปี 2563. https://dds.bangkok.go.th/public_content/files/001/0004870_1.html

สำนักการระบายน้ำ. (2565). ชุมชนคนรักษ์คลอง ระยะที่ 2. http://dds.bangkok.go.th/

สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2565). สรุปผลที่สำคัญ ประชากรแฝงในประเทศไทย พ.ศ. 2564. https://www.nso.go.th/sites/2014en/Survey/social/domographic/non_registered/2021/pocketbook_nonpop64.pdf

อัจฉริยา สัมพันธ์พร. (2564). ไมโครพลาสติกในหอยสองฝาที่เพาะเลี้ยงตามชายฝั่งอ่าวไทย. บัณฑิตวิทยาลัย [จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

การจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียด้วย FTIR spectrum

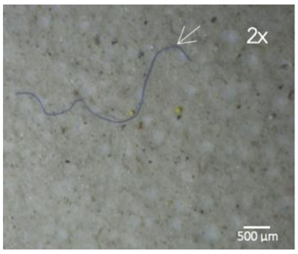
เครื่อง FTIR spectrometer ที่ใช้ในการศึกษานี้ มี 3 เครื่อง ได้แก่ Bruker’s LUMOS II FT-IR Microscope, Nicolet^{TM} iS50 Analytical ATR FTIR Spectrometer and Software* และ PerkinElmer Spectrum™ 3 FT-IR spectrometer** โดยจะระบุ * และ ** สำหรับไมโครพลาสติกที่วิเคราะห์ชนิดพอลิเมอร์โดยเครื่อง Nicolet^{TM} iS50 Analytical ATR FTIR Spectrometer and Software และ PerkinElmer Spectrum™ 3 FT-IR spectrometer ตามลำดับ

การจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 8 แห่ง ของกรุงเทพมหานคร ด้วย FTIR spectroscopy ได้สุ่มตัวอย่างไมโครพลาสติกจำนวน 84 ชิ้น จากทั้งหมดที่พบในระบบจำนวน725 ชิ้น คิดเป็น 11.59% โดยมีรายละเอียด ดังนี้

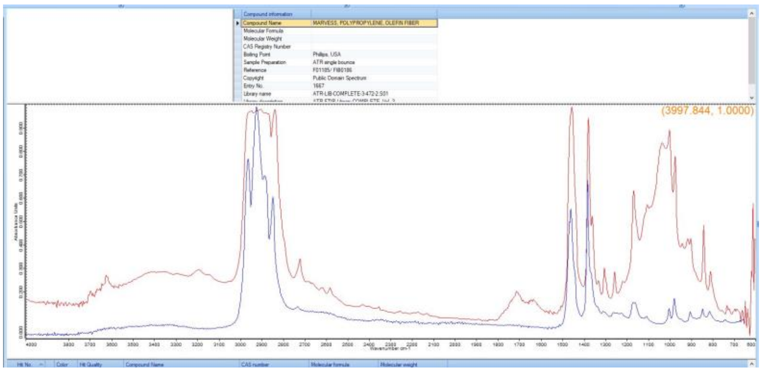
1. ศูนย์การศึกษาและอนุรักษ์บางซื่อ (โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ)

จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างเสียจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ ในวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564 พบไมโครพลาสติกใน “น้ำเข้าระบบ” 101 ชิ้น และใน “น้ำออกจากระบบ” 55 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy จาก “น้ำเข้าระบบ” 21 ชิ้น (20.79%) และจาก “น้ำออกจากระบบ” 6 ชิ้น (10.91%)

รูปภาคผนวก ก-1 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” และ “น้ำออก” ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ

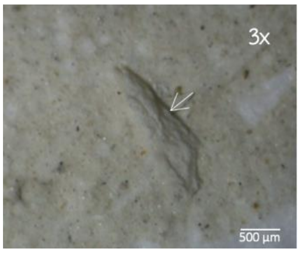


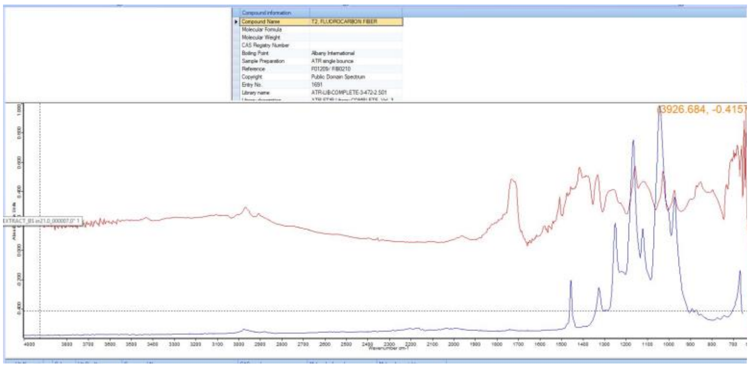
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
21-6-2021



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปภาคผนวก ก-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ (ต่อ)



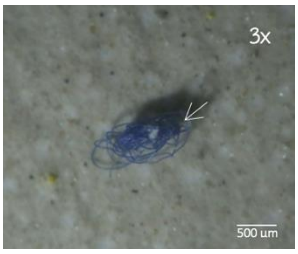


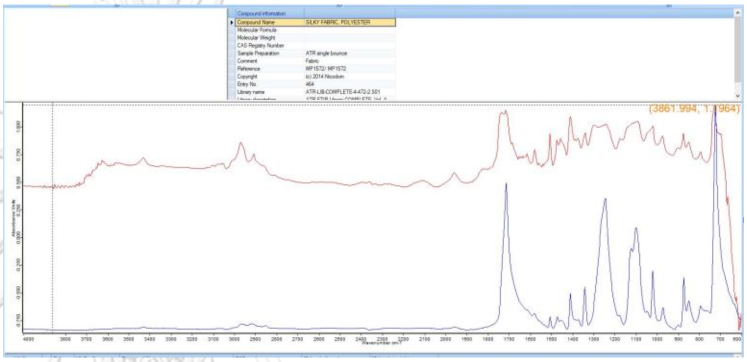
fragment / white

T2 fluorocarbon fiber

Influent – Bang Sue

21-6-2021



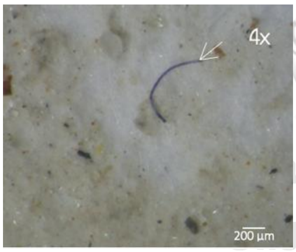


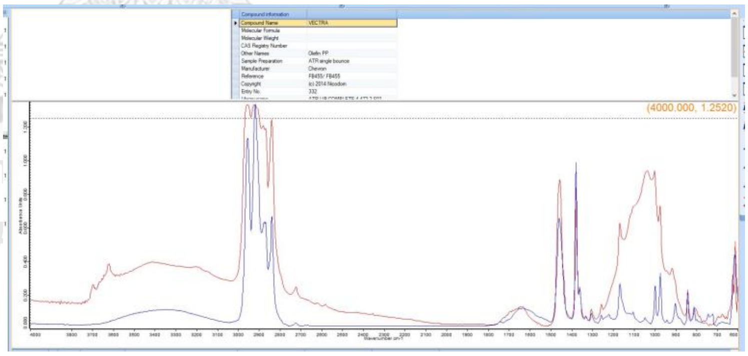
fiber / blue

polyester (PL)

Influent – Bang Sue

21-6-2021



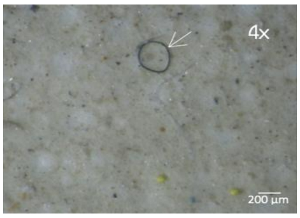


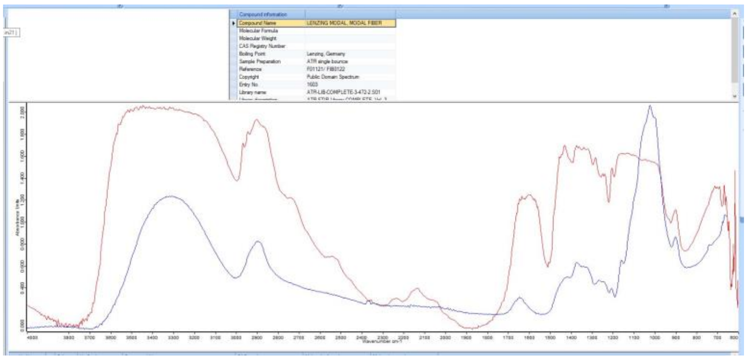
fiber / blue

polypropylene (PP)

Influent – Bang Sue

21-6-2021





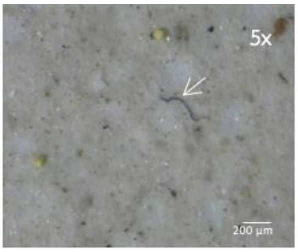
fiber / black

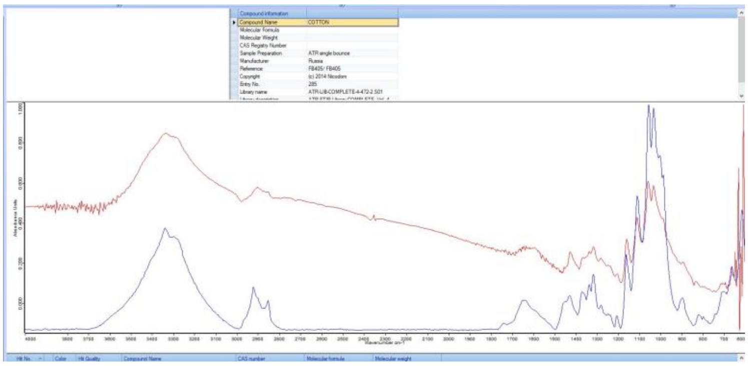
modal fiber

Influent – Bang Sue

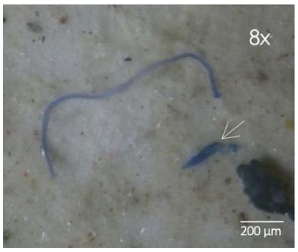
21-6-2021

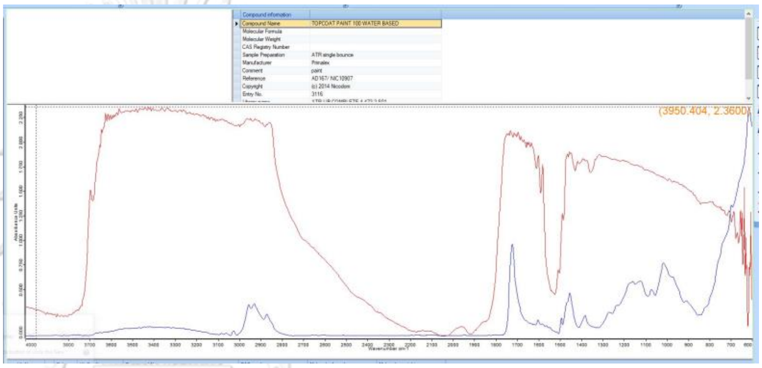
รูปภาคผนวก ก-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ (ต่อ)



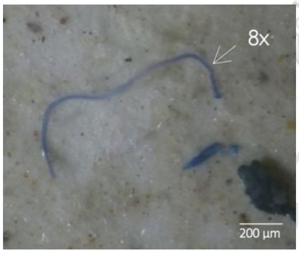


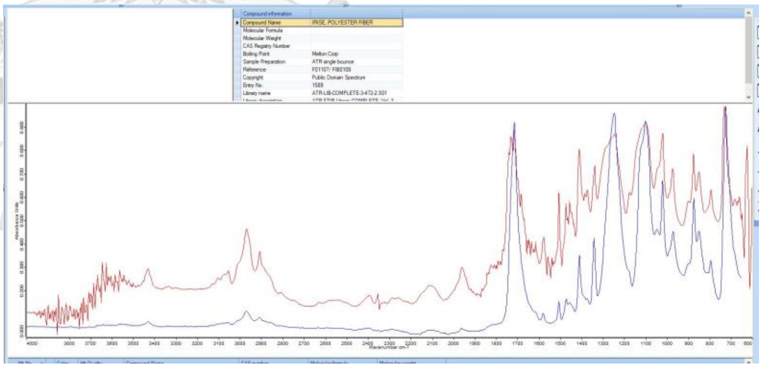
fiber / blue
cotton
Influent – Bang Sue
21-6-2021



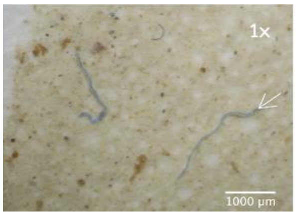


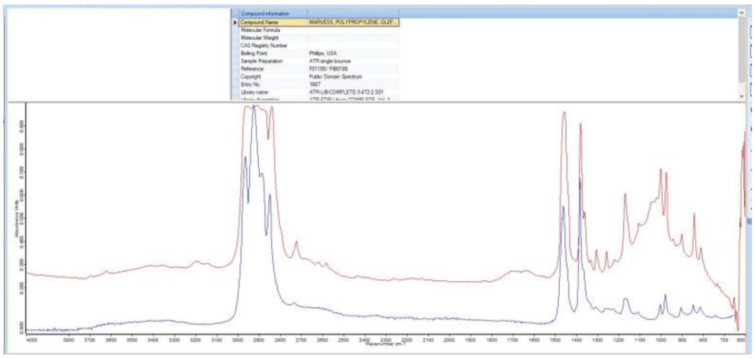
fragment / blue
topcoat paint
Influent – Bang Sue
21-6-2021





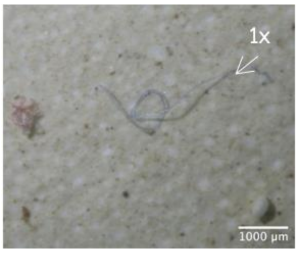
fiber / blue
polyester (PL)
Influent – Bang Sue
21-6-2021

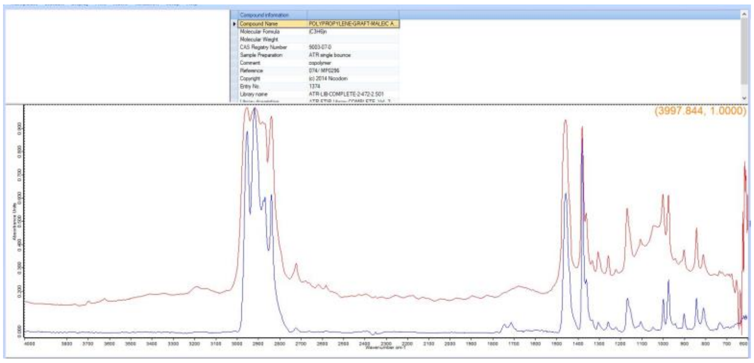




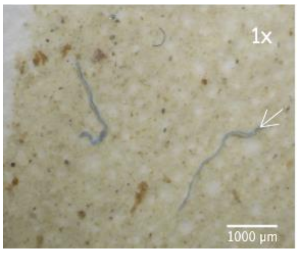
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
21-6-2021

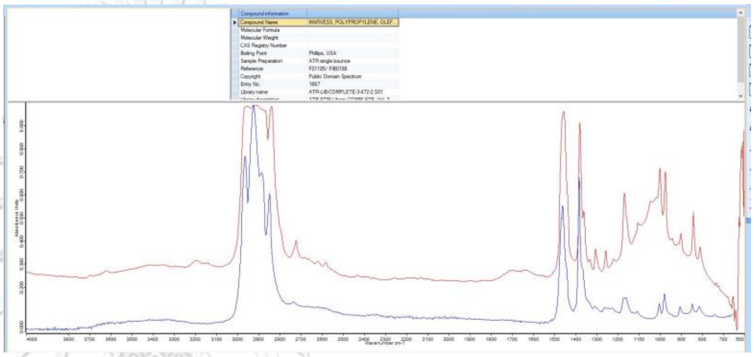
รูปภาคผนวก ก-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ (ต่อ)



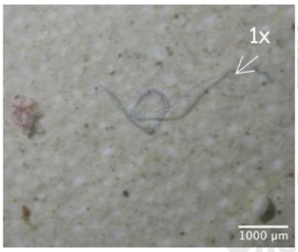


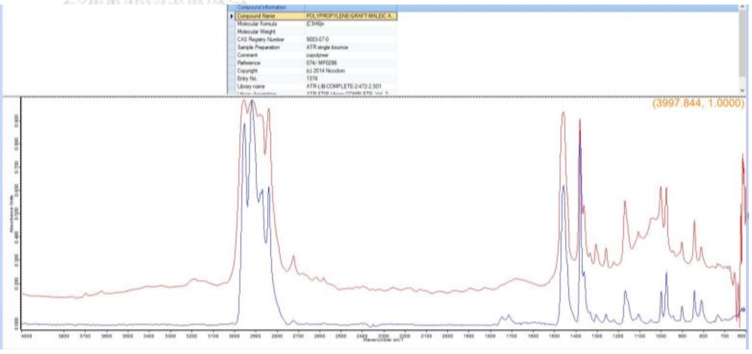
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
21-6-2021



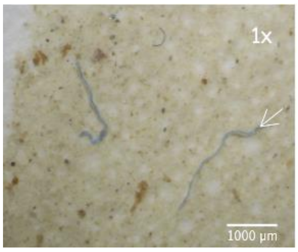


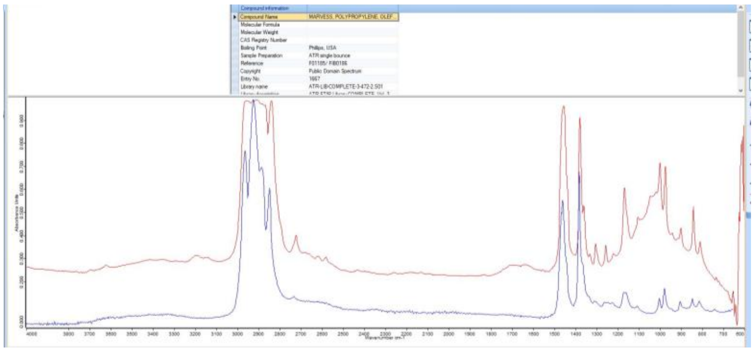
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
23-6-2021





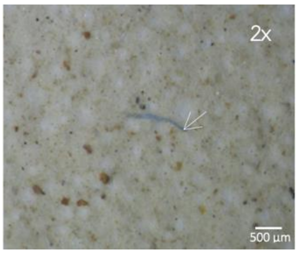
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
23-6-2021

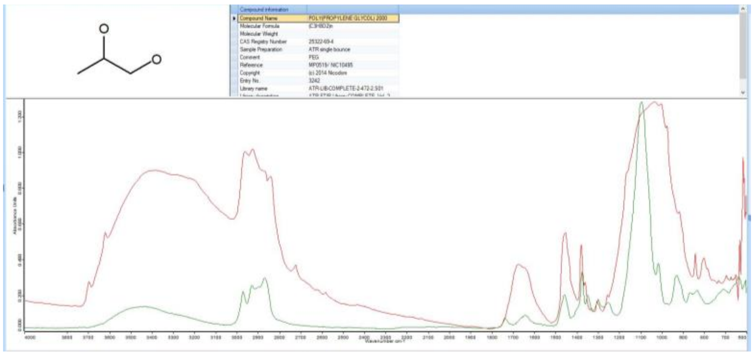




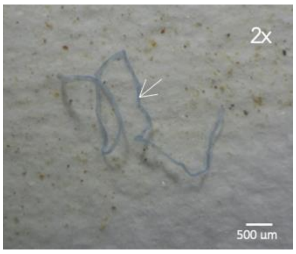
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
23-6-2021

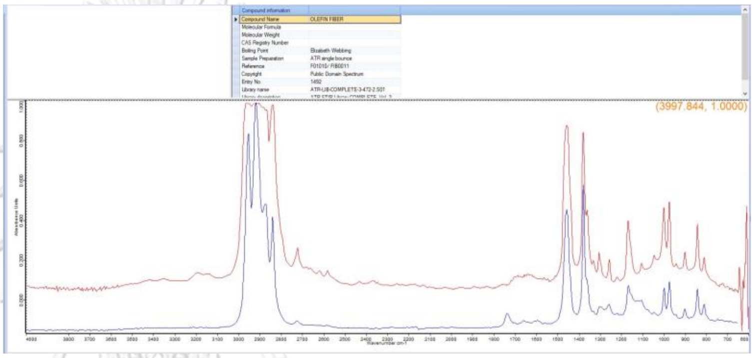
รูปภาคผนวก ก-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ (ต่อ)



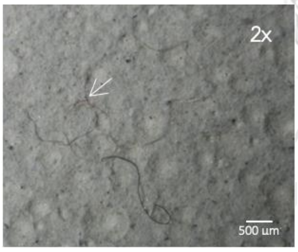


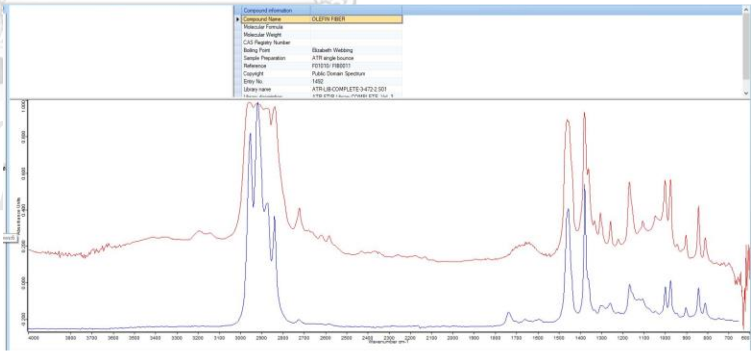
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
23-6-2021





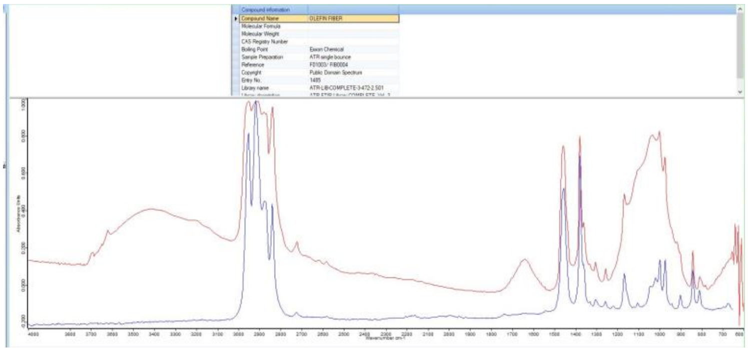
fiber / blue
olefin fiber
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
25-6-2021





fiber / red
olefin fiber
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
23-6-2021

รูปภาคผนวก ก-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ (ต่อ)



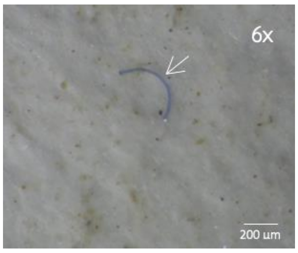
fiber / blue

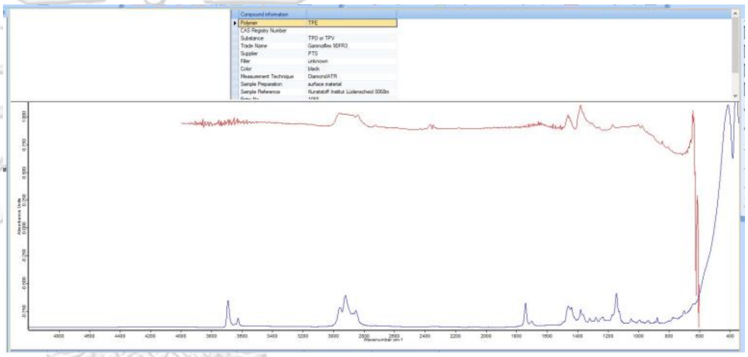
olefin fiber

polypropylene (PP)

Influent – Bang Sue

23-6-2021



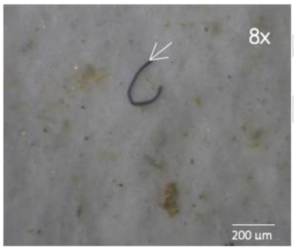


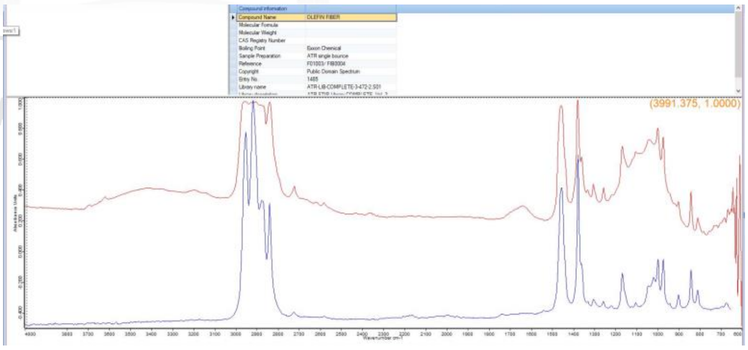
fiber / blue

thermoplastic elastomer (TPE)

Influent – Bang Sue

25-6-2021





fiber / black

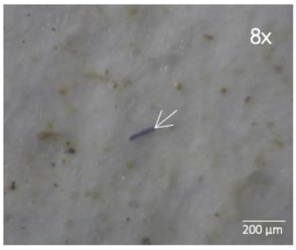
olefin fiber

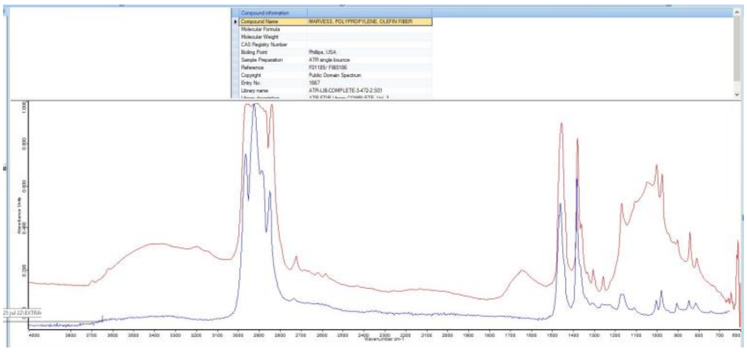
polypropylene (PP)

Influent – Bang Sue

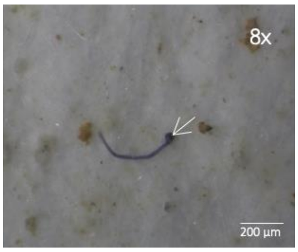
25-6-2021

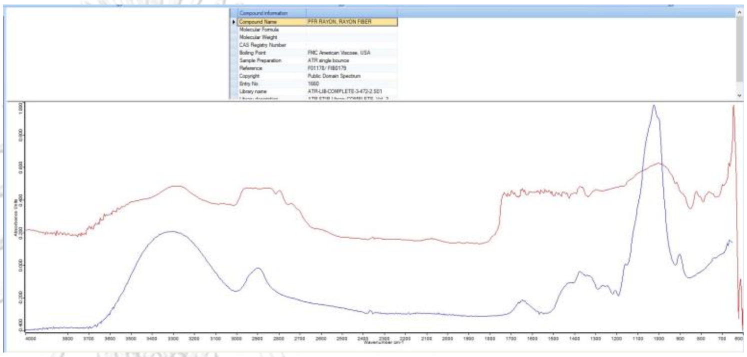
รูปภาคผนวก ก-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ (ต่อ)



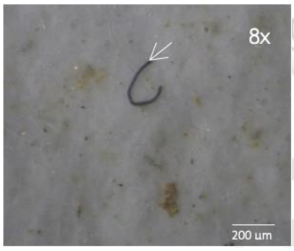


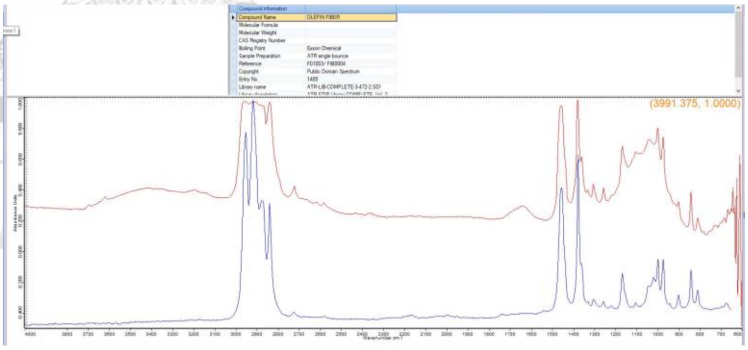
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
25-6-2021



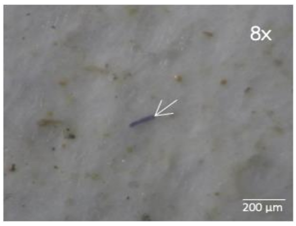


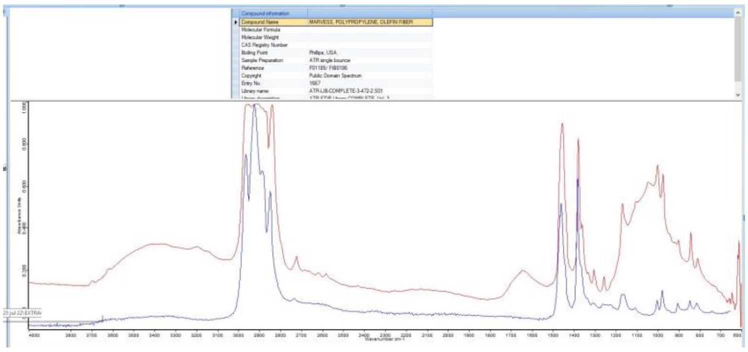
fiber / blue
rayon (RY)
Influent – Bang Sue
25-6-2021





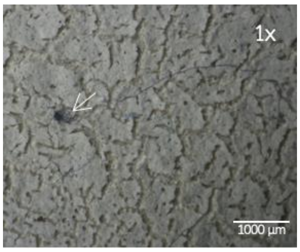
fiber / black
olefin fiber
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
25-6-2021

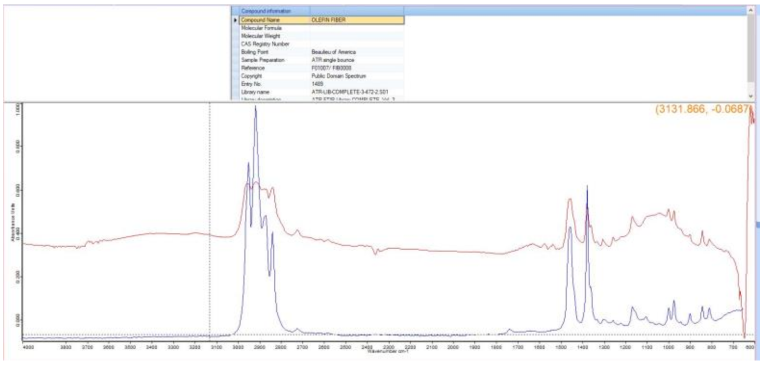




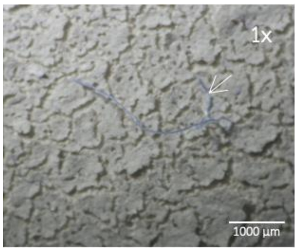
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Bang Sue
25-6-2021

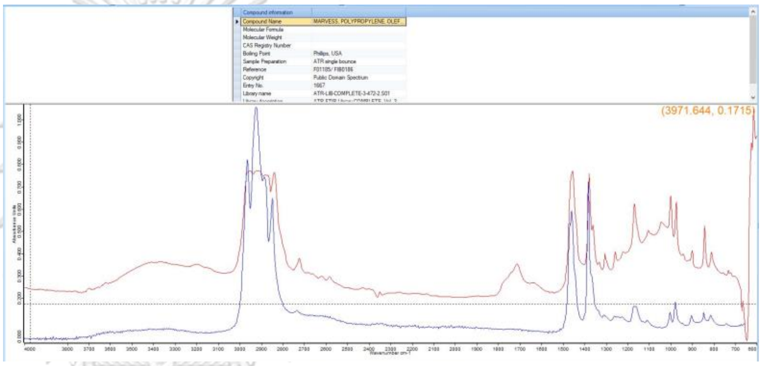
รูปภาคผนวก ก-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ (ต่อ)



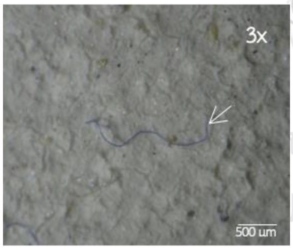


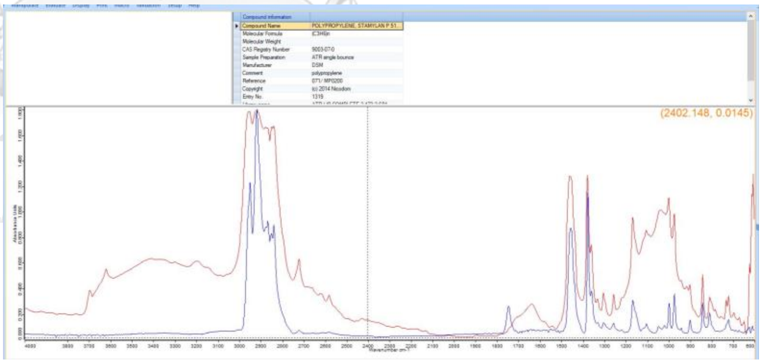
fiber / blue
olefin fiber
polypropylene (PP)
Effluent – Bang Sue
21-6-2021





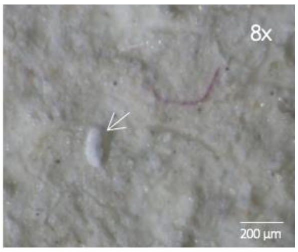
fiber / blue
polypropylene (PP)
Effluent – Bang Sue
21-6-2021

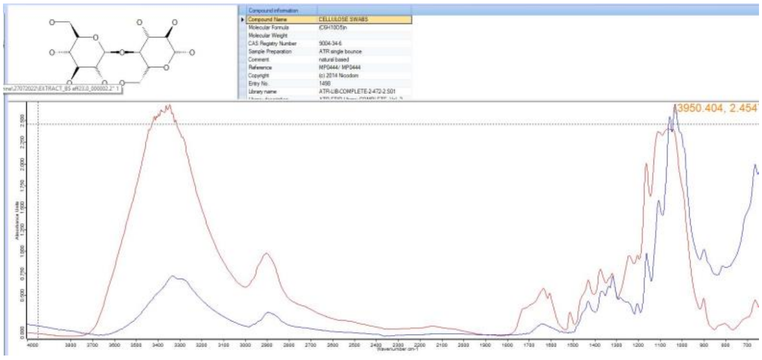




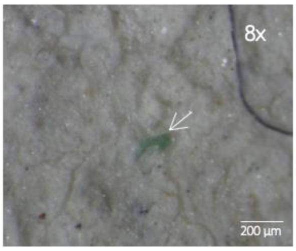
fiber / blue
polypropylene (PP)
Effluent – Bang Sue
23-6-2021

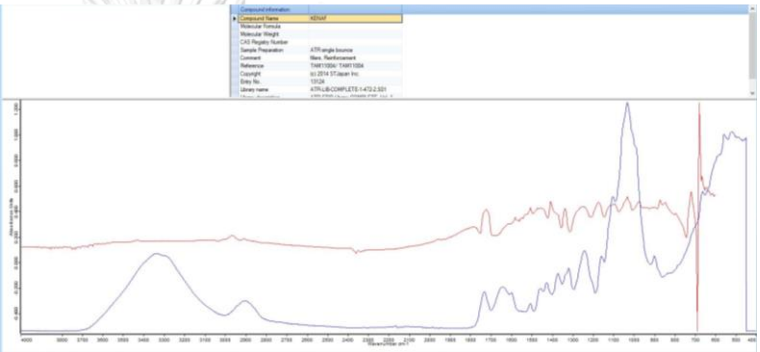
รูปภาคผนวก ก-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ (ต่อ)



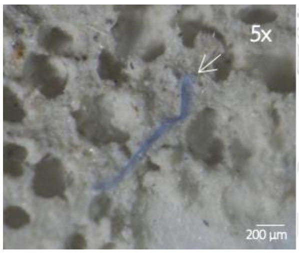


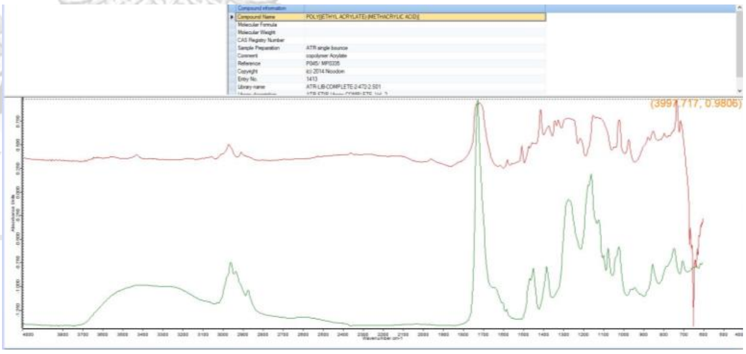
fragment / white
cellulose swabs
Effluent – Bang Sue
23-6-2021





fragment / green
KENAF
Effluent – Bang Sue
23-6-2021





fiber / blue
Poly[(Ethyl Acrylate):
(Methacrylic Acid)]
Effluent – Bang Sue
25-6-2021

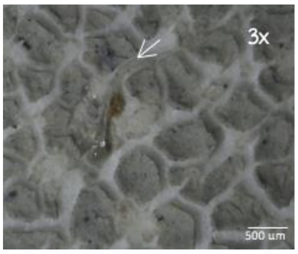
ตาราง ก-1 รูปร่าง ชนิด ขนาด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบใน "น้ำเข้า" (In) และ "น้ำออก" (Out) ของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ วันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

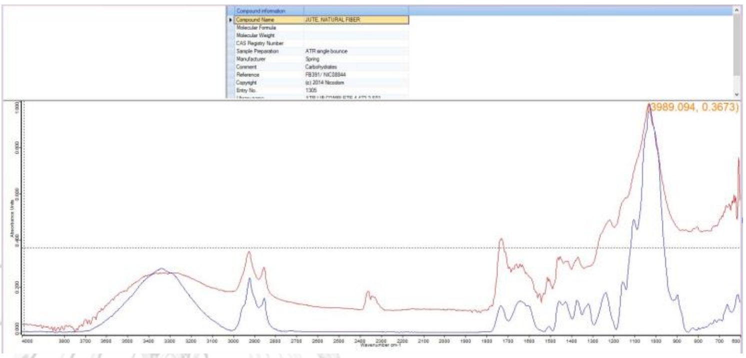
Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)					
		21-06-2021		23-06-2021		25-06-2021	
		In	Out	In	Out	In	Out
fragment	polypropylene (PP)	5	5	1	3	4	3
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	acrylic (AC)	1	1	–	–	–	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	1	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	others	3	–	–	2	–	1
	unidentified	3	–	–	2	–	–
fiber	polypropylene (PP)	11	9	9	4	13	2
	polyethylene (PE)	12	–	–	–	–	–
	polyester (PL)	10	6	5	5	1	–
	rayon (RY)	1	1	–	3	1	3
	acrylic (AC)	–	–	–	4	1	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	3	–	–	–	1	1
	unidentified	2	–	2	–	–	–
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	11	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
TOTAL		63	22	17	23	21	10

2. โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

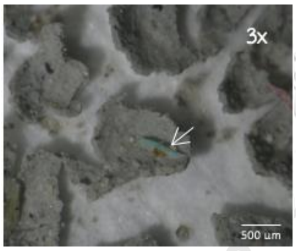
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างเสียจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร ในวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564 พบไมโครพลาสติกใน “น้ำเข้าระบบ” 60 ชิ้น และใน “น้ำออกจากระบบ” 143 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy จาก “น้ำเข้าระบบ” 8 ชิ้น (13.33%) และจาก “น้ำออกจากระบบ” 14 ชิ้น (9.79%)

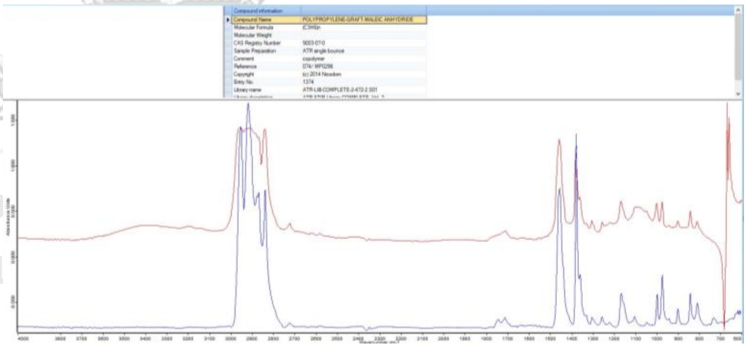
รูปภาคผนวก ก-2 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” และ “น้ำออก” ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร



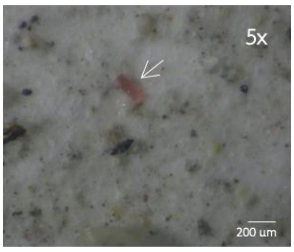


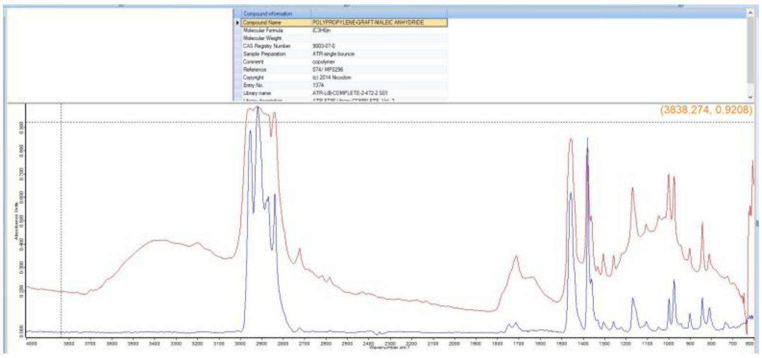
fragment / transparent
natural fiber
Influent – Jatujak
21-6-2021





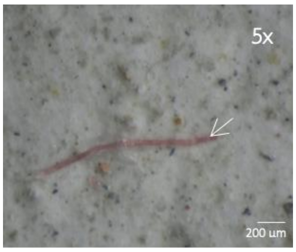
fragment / green
polypropylene (PP)
Influent – Jatujak
21-6-2021

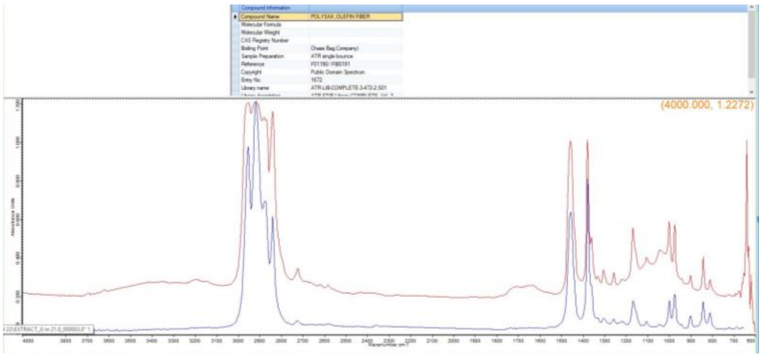




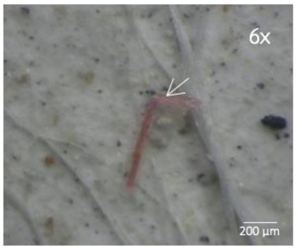
fragment / red
polypropylene (PP)
Influent – Jatujak
21-6-2021

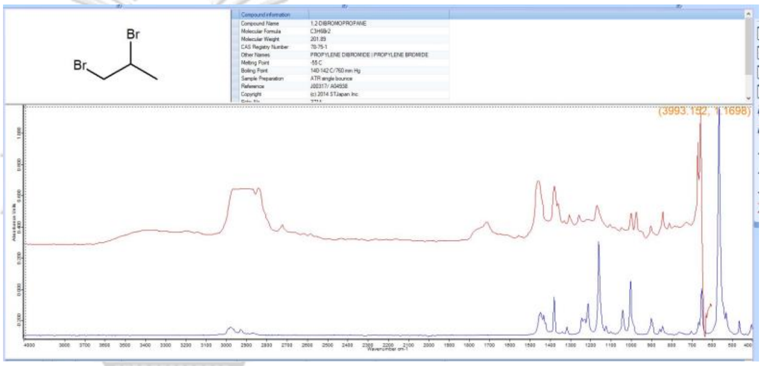
รูปภาคผนวก ก-2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (ต่อ)



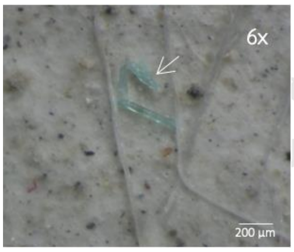


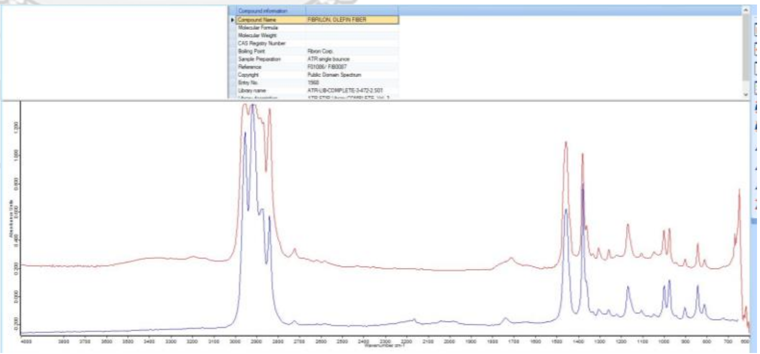
fiber / red
olefin fiber
polypropylene (PP)
Influent – Jatujak
25-6-2021





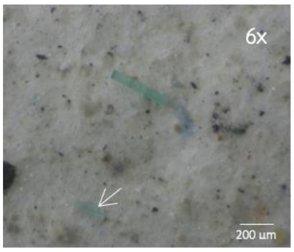
fragment / red
1,2-dibromopropane
polypropylene (PP)
Influent – Jatujak
25-6-2021

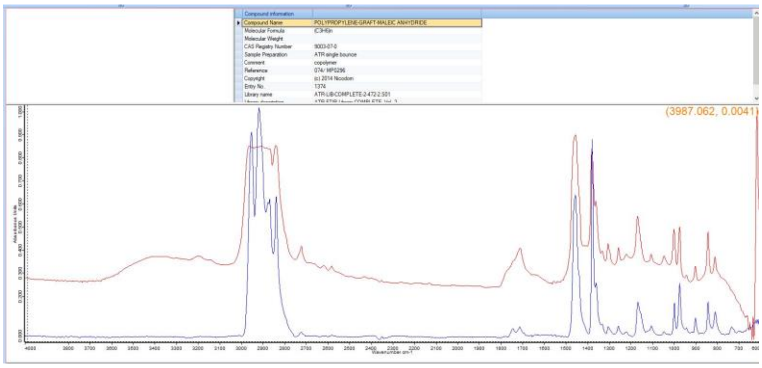




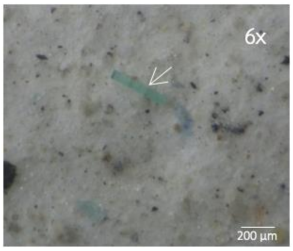
fragment / green
olefin fiber
polypropylene (PP)
Influent – Jatujak
25-6-2021

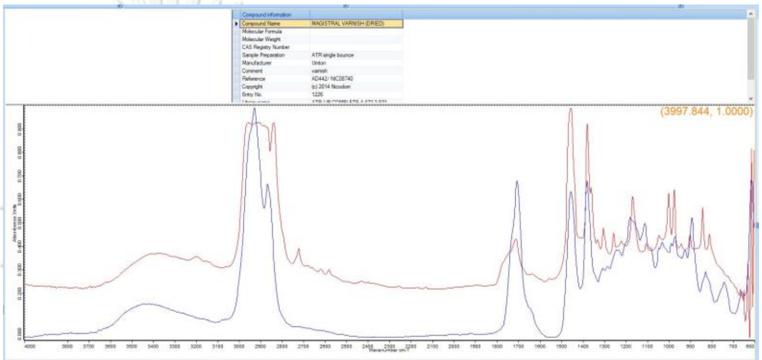
รูปภาคผนวก ก-2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (ต่อ)



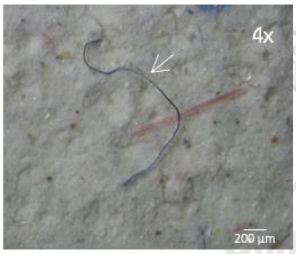


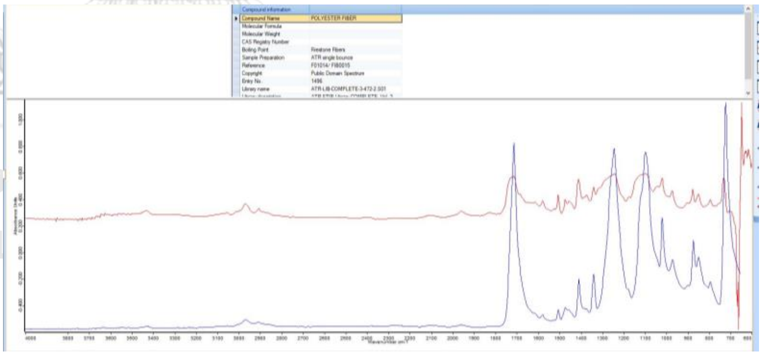
fragment / green
polypropylene (PP)
Influent – Jatujak
25-6-2021



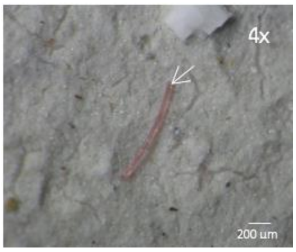


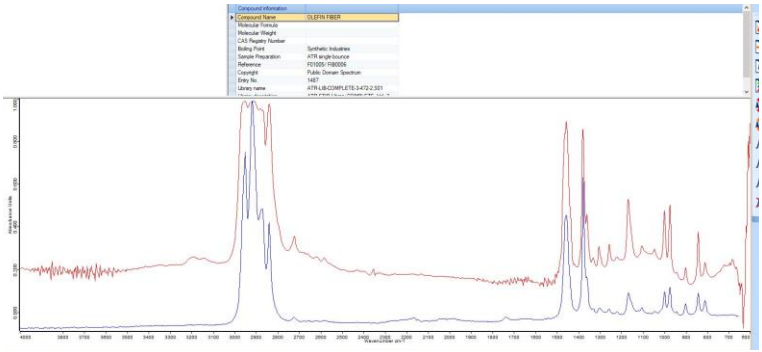
fragment / green
polypropylene (PP)
Influent – Jatujak
25-6-2021





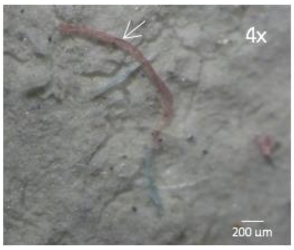
fiber / blue
polyester (PL)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

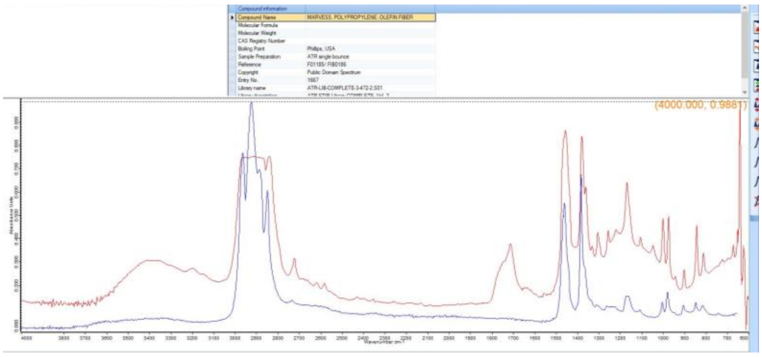




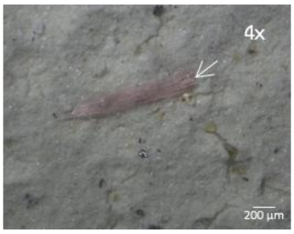
fragment / red
polypropylene (PP)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

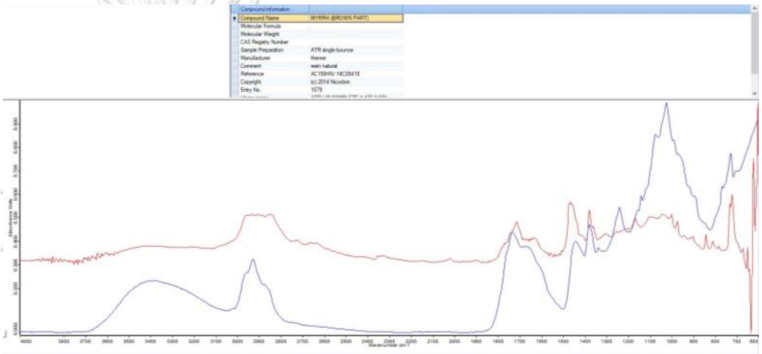
รูปภาคผนวก ก-2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (ต่อ)



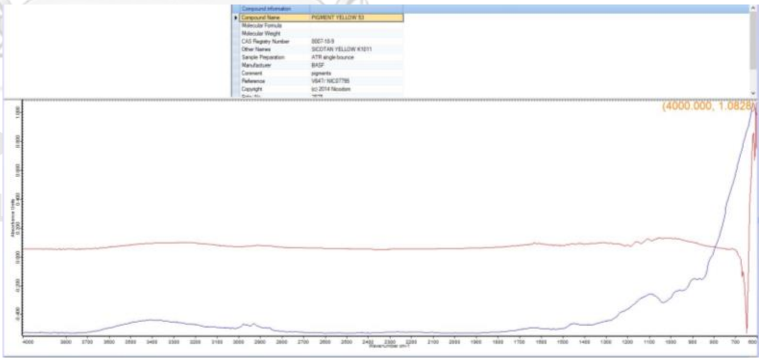


fragment / red
polypropylene (PP)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

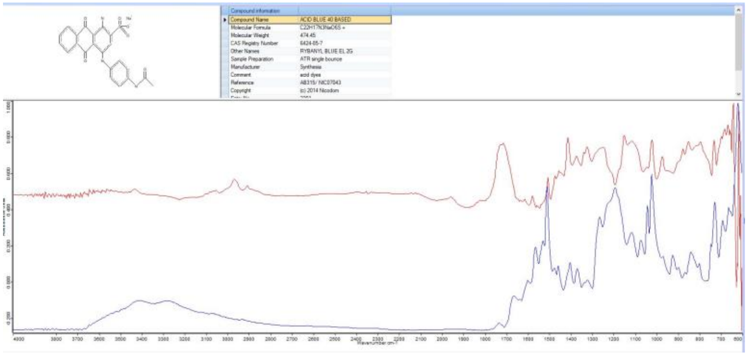




fragment / red
Phenol – Formaldehyde (PF)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

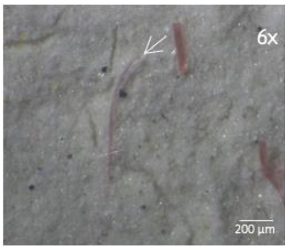


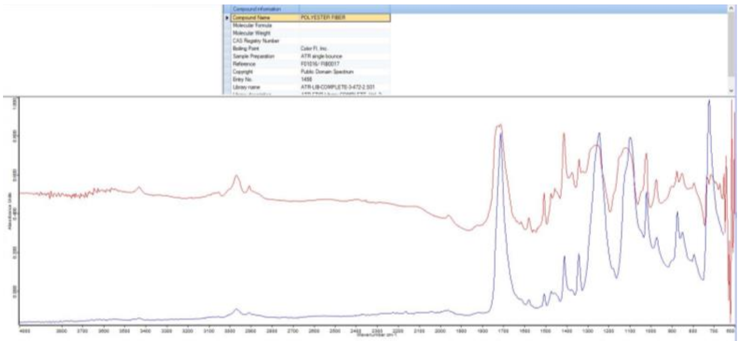
fragment / green
pigment yellow 53
Effluent – Jatujak
25-6-2021



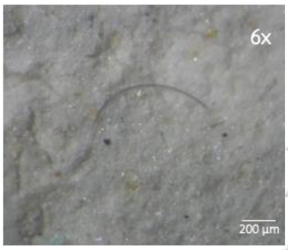
fiber / blue
thermoplastic polyurethane (TPU)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

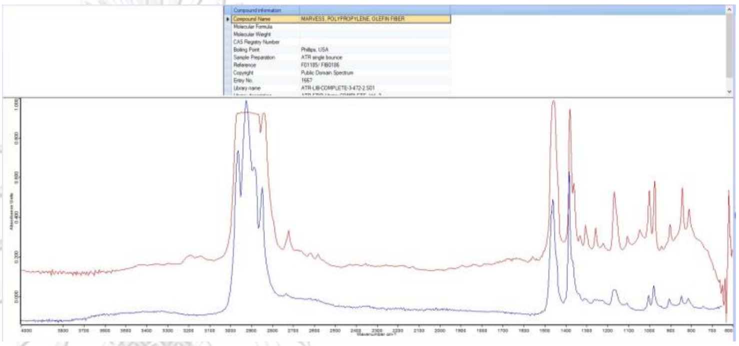
รูปภาคผนวก ก-2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (ต่อ)



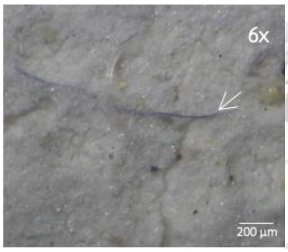


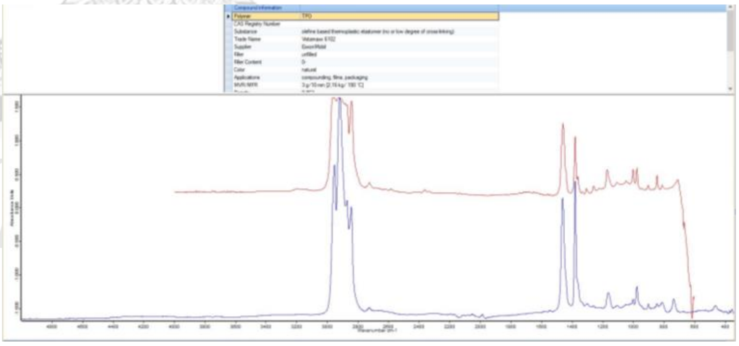
fiber / red
polyester (PL)
Effluent – Jatujak
25-6-2021





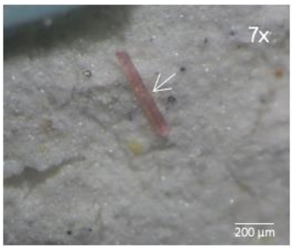
fiber / blue
polypropylene (PP)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

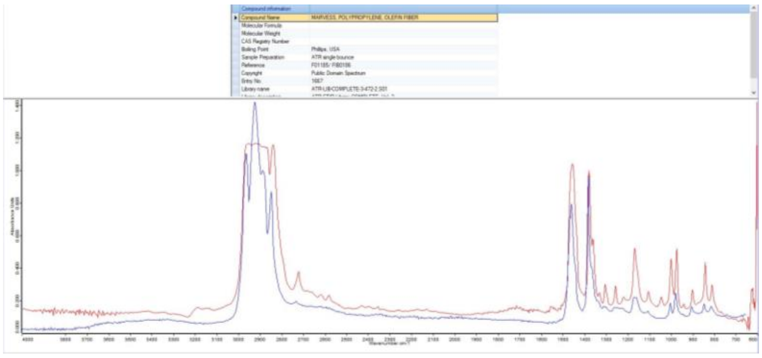




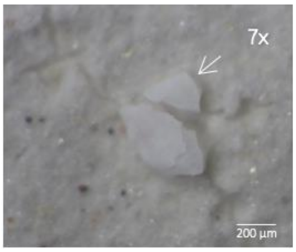
fiber / blue
thermoplastic poly-olefin (TPO)
polypropylene (PP)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

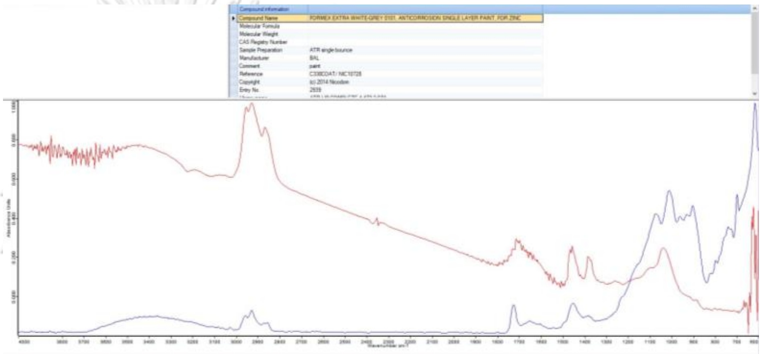
รูปภาคผนวก ก-2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (ต่อ)



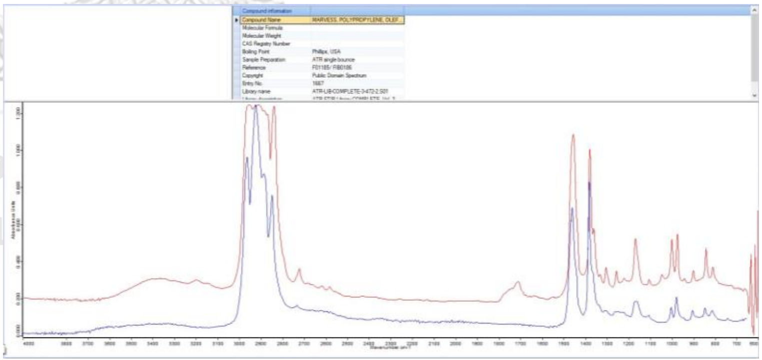


fragment / red
polypropylene (PP)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

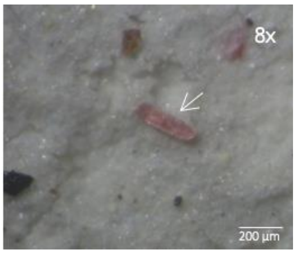


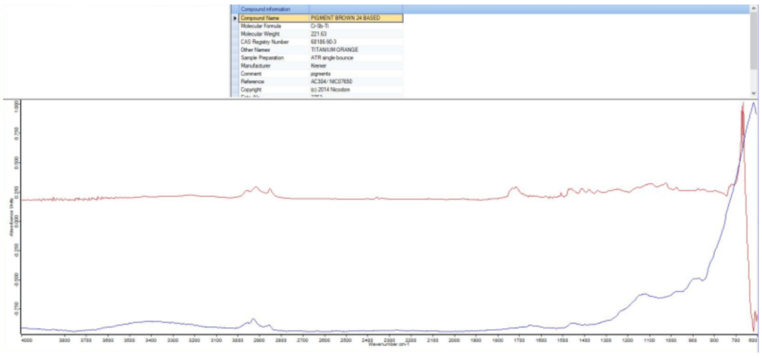


fragment / white
layer paint
Effluent – Jatujak
25-6-2021



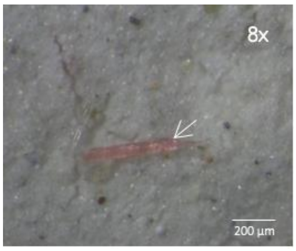
fragment / green
polypropylene (PP)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

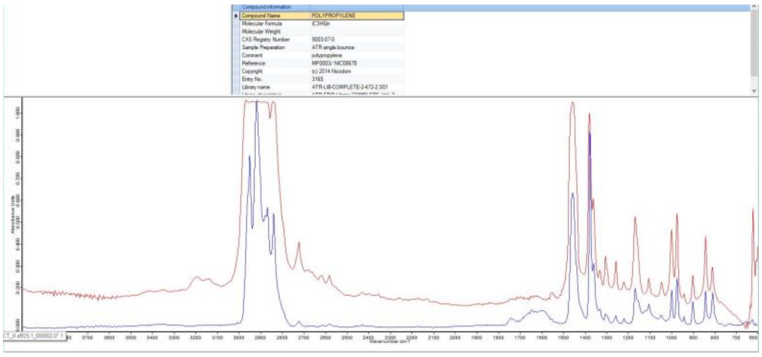




fragment / red
pigment brown
Effluent – Jatujak
25-6-2021

รูปภาคผนวก ก-2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร (ต่อ)





fragment / red
polypropylene (PP)
Effluent – Jatujak
25-6-2021

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

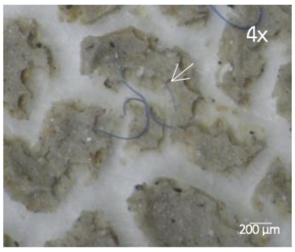
ตาราง ก-2 รูปร่าง ชนิด ขนาด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” (In) และ “น้ำออก” (Out) ของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร วันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

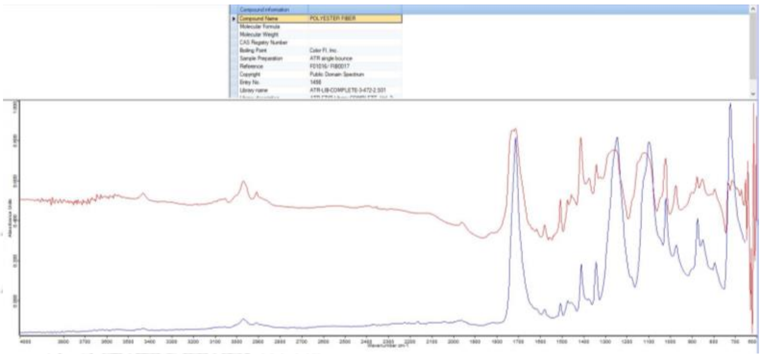
Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)					
		21-6-2021		23-6-2021		25-6-2021	
		In	Out	In	Out	In	Out
fragment	polypropylene (PP)	6	25	1	13	18	26
	polyethylene (PE)	–	–	–	1	1	–
	acrylic (AC)	–	21	–	14	6	2
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	1
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	others	1	–	–	–	–	3
	unidentified	1	1	–	–	–	2
fiber	polypropylene (PP)	3	5	1	1	9	3
	polyethylene (PE)	–	–	–	1	1	–
	polyester (PL)	2	4	–	5	2	2
	rayon (RY)	1	–	–	3	2	–
	acrylic (AC)	–	5	–	2	1	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	1
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	1	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	1	–	–	1	–
	unidentified	1	1	–	–	–	–
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	1	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
TOTAL		16	63	2	40	42	40

3. โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

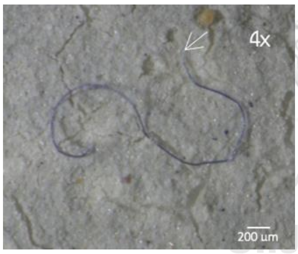
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างเสียจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง ในวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564 พบไมโครพลาสติกใน “น้ำเข้าระบบ” 30 ชิ้น และใน “น้ำออกจากระบบ” 37 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy จาก “น้ำเข้าระบบ” 1 ชิ้น (3.33%) และจาก “น้ำออกจากระบบ” 3 ชิ้น (8.11%)

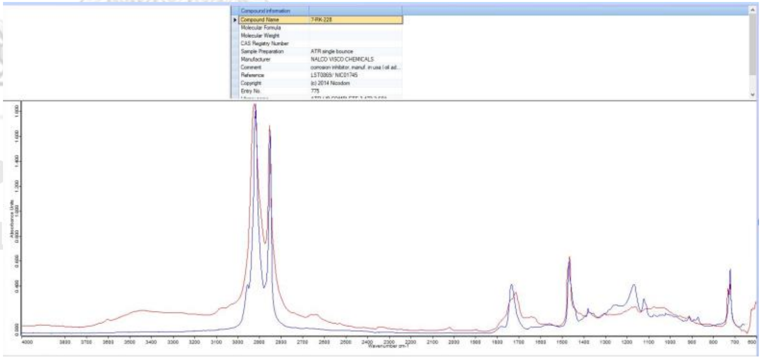
รูปภาคผนวก ก-3 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” และ “น้ำออก” ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง



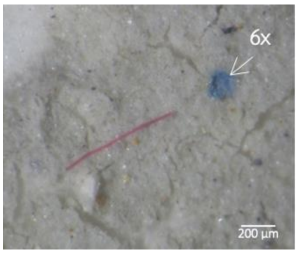


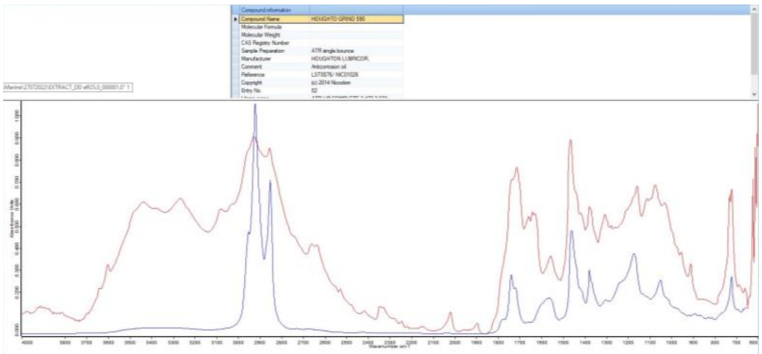
fiber / blue
polyester (PL)
Influent – Din Daeng
25-6-2021





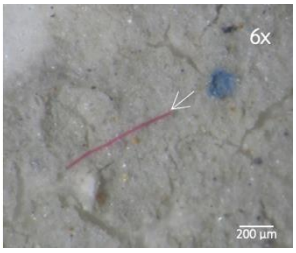
fiber / blue
polyethylene (PE)
Effluent – Din Daeng
25-6-2021



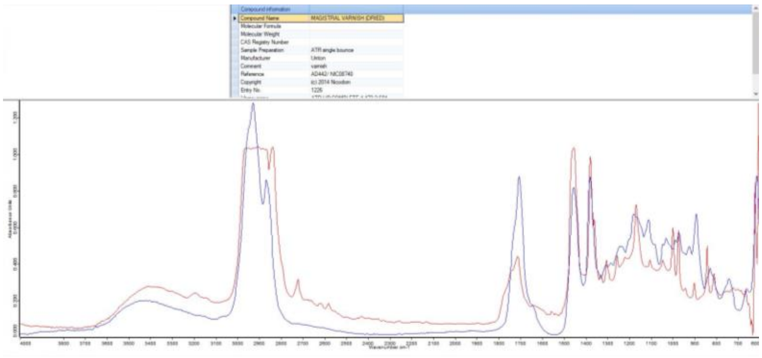


fragment / blue
Houghto grind 590
Effluent – Din Daeng
25-6-2021

รูปภาคผนวก ก-3 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง (ต่อ)



fiber / red
**magistral varnish –
polypropylene (PP)**
Effluent – Din Daeng
25-6-2021



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

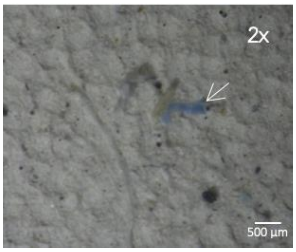
ตาราง ก-3 รูปร่าง ชนิด ขนาด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” (In) และ “น้ำออก” (Out) ของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง วันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

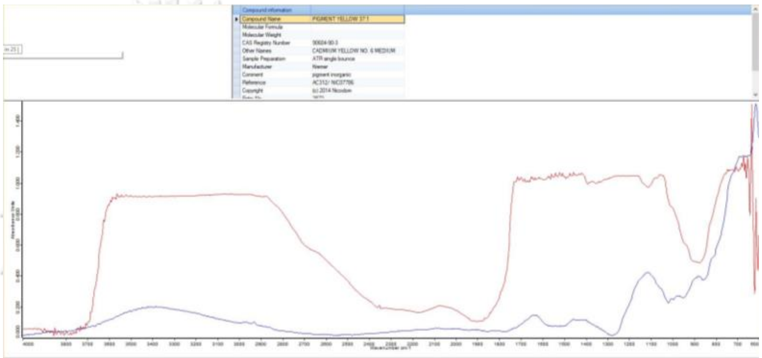
Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)					
		21-6-2021		23-6-2021		25-6-2021	
		In	Out	In	Out	In	Out
fragment	polypropylene (PP)	2	7	1	–	5	–
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	acrylic (AC)	–	–	–	–	–	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	1	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	–	–	1
	unidentified	1	2	–	–	–	–
fiber	polypropylene (PP)	–	4	1	–	–	2
	polyethylene (PE)	–	1	–	–	1	1
	polyester (PL)	–	2	7	–	4	10
	rayon (RY)	–	–	1	1	4	2
	acrylic (AC)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	1
	polyamide (PA)	–	1	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	1	1	–	–	1	–
	polyamide (PA)	–	–	–	1	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
TOTAL		4	18	10	2	16	17

4. โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

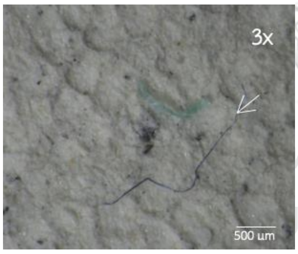
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างเสียจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ในวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564 พบไมโครพลาสติกใน “น้ำเข้าระบบ” 14 ชิ้น และใน “น้ำออกจากระบบ” 35 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy จาก “น้ำเข้าระบบ” 3 ชิ้น (21.43%) และจาก “น้ำออกจากระบบ” 4 ชิ้น (11.43%)

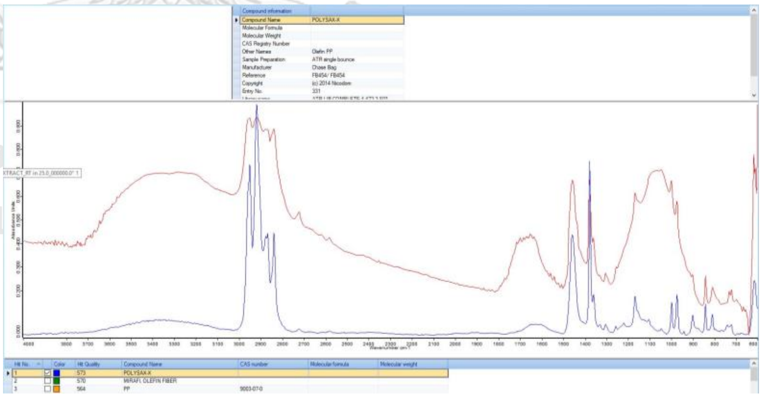
รูปภาคผนวก ก-4 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” และ “น้ำออก” ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์





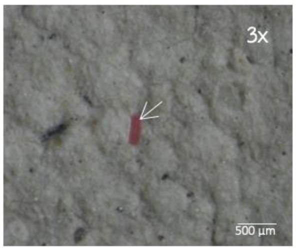
fragment / blue
pigment yellow 37:1
Influent – Rattanakosin
25-6-2021

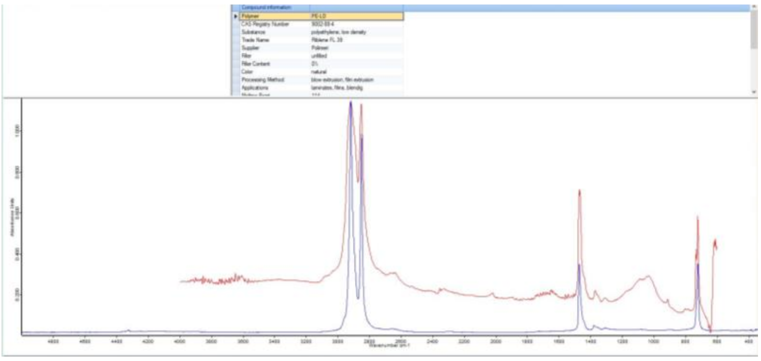




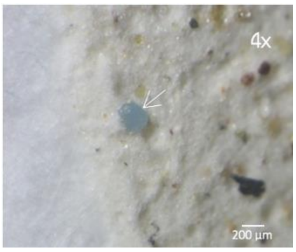
fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Rattanakosin
25-6-2021

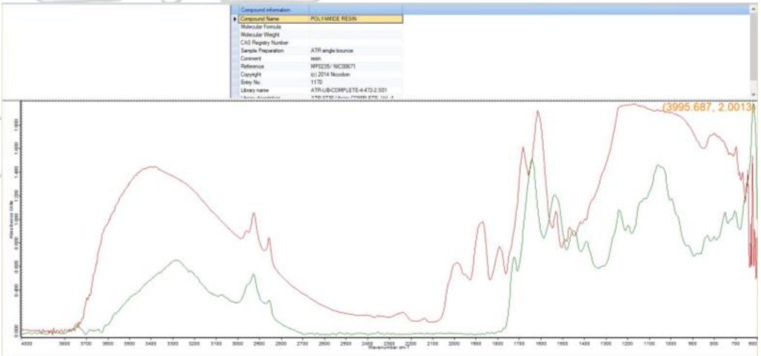
รูปภาคผนวก ก-4 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ (ต่อ)



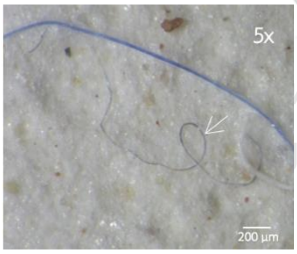


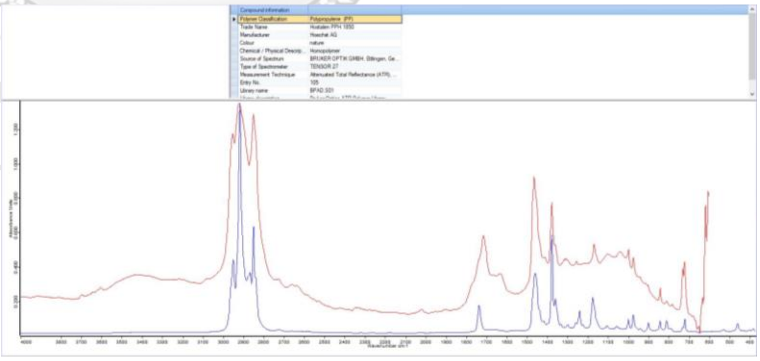
fragment / red
low density polyethylene (LDPE)
Influent – Rattanakosin
25-6-2021





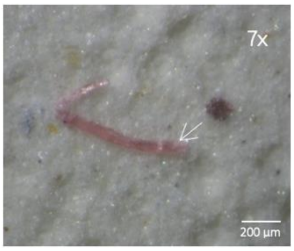
pellet / blue
polyamide resin (PA)
Effluent – Rattanakosin
25-6-2021

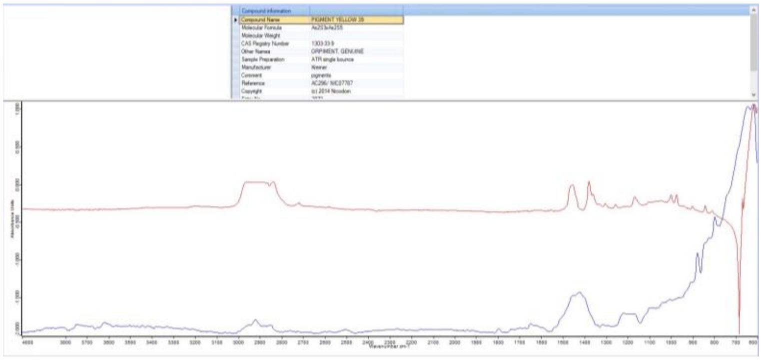




fiber / blue
polypropylene (PP)
Effluent – Rattanakosin
25-6-2021

รูปภาคผนวก ก-4 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ (ต่อ)



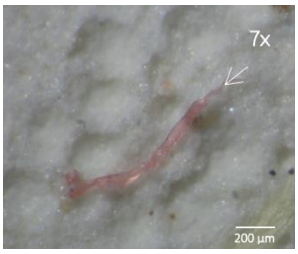


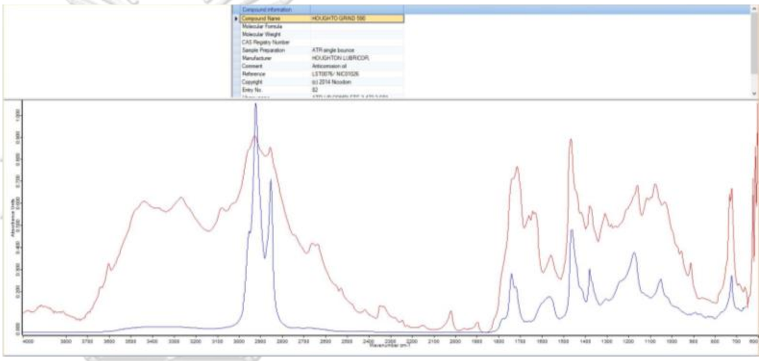
fiber / red

Phenol–Formaldehyde (PF)

Effluent – Rattanakosin

25-6-2021





fragment / red

Houghto Grind 590

Effluent – Rattanakosin

25-6-2021

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

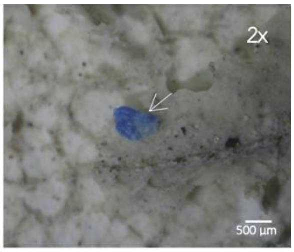
ตาราง ก-4 รูปร่าง ชนิด ขนาด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” (In) และ “น้ำออก” (Out) ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์ วันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

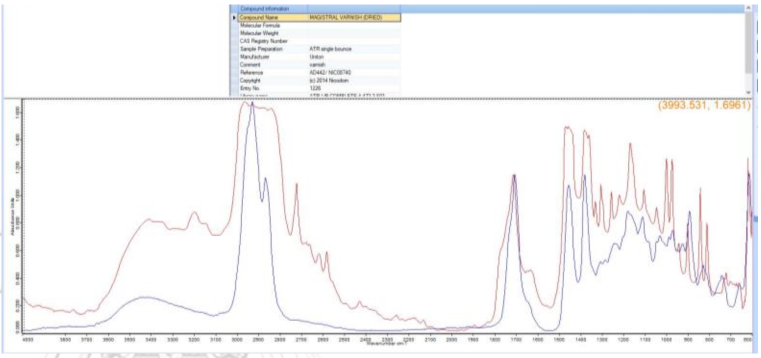
Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)					
		21-6-2021		23-6-2021		25-6-2021	
		In	Out	In	Out	In	Out
fragment	polypropylene (PP)	–	1	1	1	1	9
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	1	–
	acrylic (AC)	–	–	–	2	–	2
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	1
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	–	1	1
	unidentified	2	–	–	–	2	1
fiber	polypropylene (PP)	–	–	–	1	2	3
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	2
	polyester (PL)	–	–	–	1	–	4
	rayon (RY)	–	–	–	–	2	1
	acrylic (AC)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	1	2
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	2
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	1
	unidentified	–	–	–	–	–	–
TOTAL		2	1	1	5	10	29

5. โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

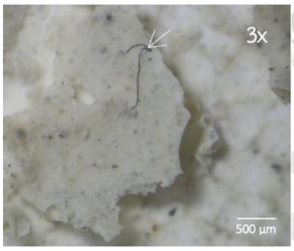
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างเสียจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา ในวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564 พบไมโครพลาสติกใน “น้ำเข้าระบบ” 20 ชิ้น และใน “น้ำออกจากระบบ” 20 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy จาก “น้ำเข้าระบบ” 3 ชิ้น (15.00%) และจาก “น้ำออกจากระบบ” 1 ชิ้น (5.00%)

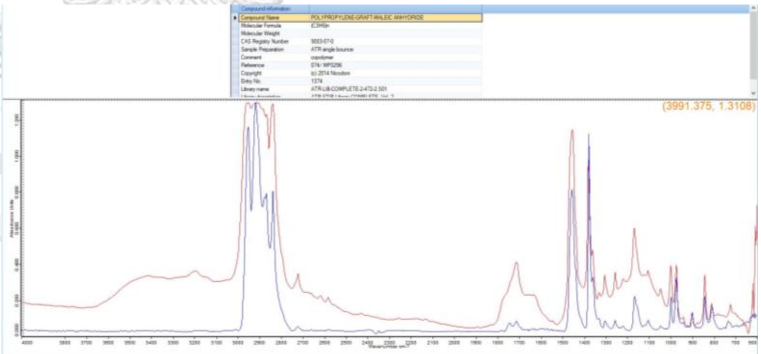
รูปภาคผนวก ก-5 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” และ “น้ำออก” ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา



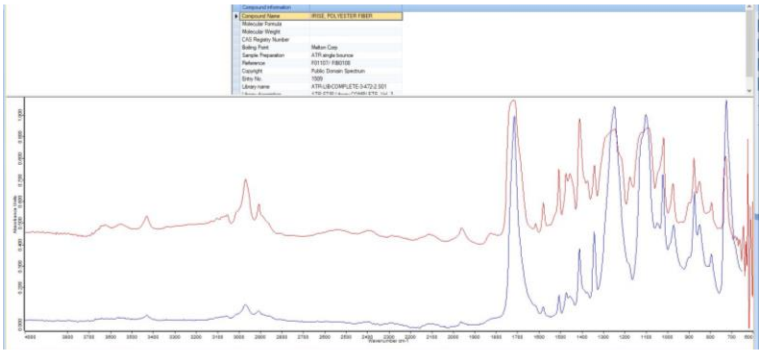


fragment / blue
Magistral vanish – polypropylene (PP)
Influent – Si Phraya
23-6-2021



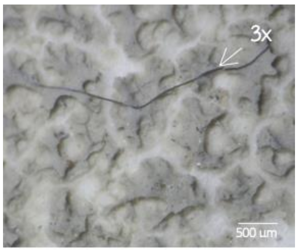


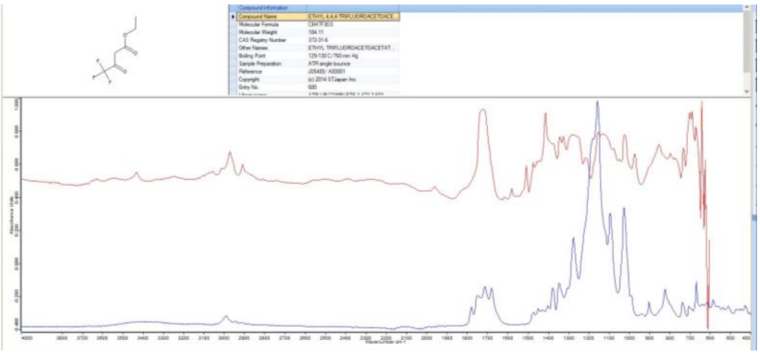
fiber / black
polypropylene (PP)
Influent – Si Phraya
23-6-2021



fiber / black
polyester (PL)
Influent – Si Phraya
23-6-2021

รูปภาคผนวก ก-5 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา (ต่อ)





fiber / black
ethyl 4,4,4-trifluoroacetate
Influent – Si Phraya
23-6-2021

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

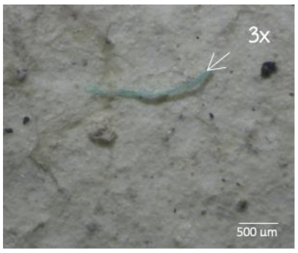
ตาราง ก-5 รูปร่าง ชนิด ขนาด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” (In) และ “น้ำออก” (Out) ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา วันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

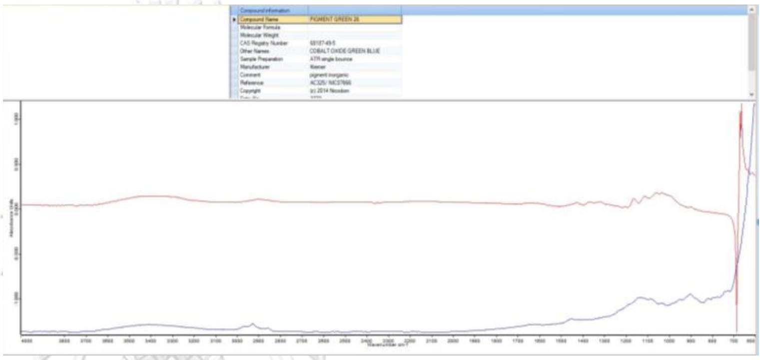
Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)					
		21-6-2021		23-6-2021		25-6-2021	
		In	Out	In	Out	In	Out
fragment	polypropylene (PP)	4	5	4	1	1	–
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	acrylic (AC)	–	1	–	–	–	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	1	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	–	–	–
	unidentified	1	–	–	–	2	–
fiber	polypropylene (PP)	1	–	1	–	–	–
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	polyester (PL)	1	2	1	–	1	–
	rayon (RY)	1	–	–	–	1	2
	acrylic (AC)	–	–	1	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	1	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
TOTAL		8	8	7	3	5	2

6. โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

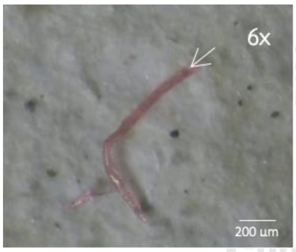
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างเสียจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี ในวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564 พบไมโครพลาสติกใน “น้ำเข้าระบบ” 40 ชิ้น และใน “น้ำออกจากระบบ” 38 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy จาก “น้ำเข้าระบบ” 2 ชิ้น (5.00%) และจาก “น้ำออกจากระบบ” 5 ชิ้น (13.16%)

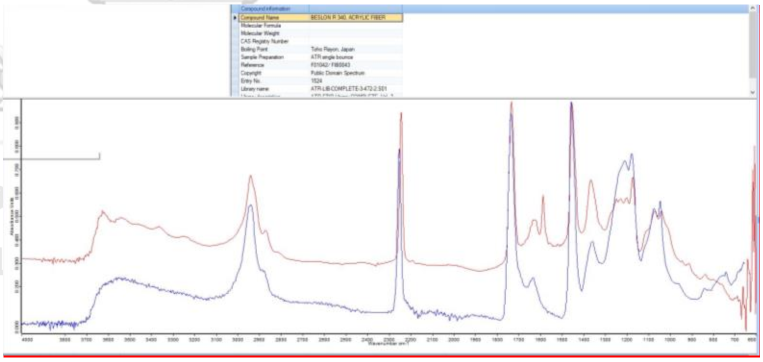
รูปภาคผนวก ก-6 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” และ “น้ำออก” ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี



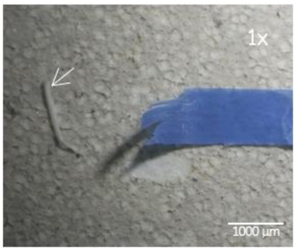


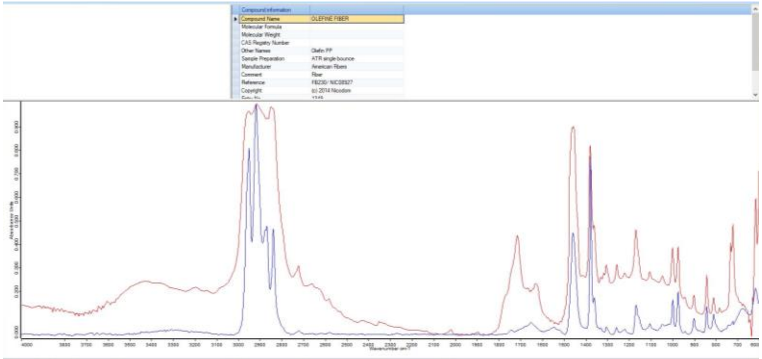
fiber / green
pigment green 26
Influent – Chong Nonsi
25-6-2021





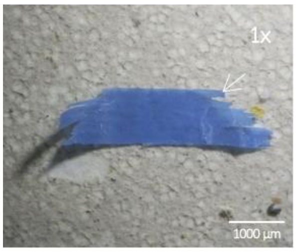
fiber / red
acrylic (AC)
Influent – Chong Nonsi
25-6-2021

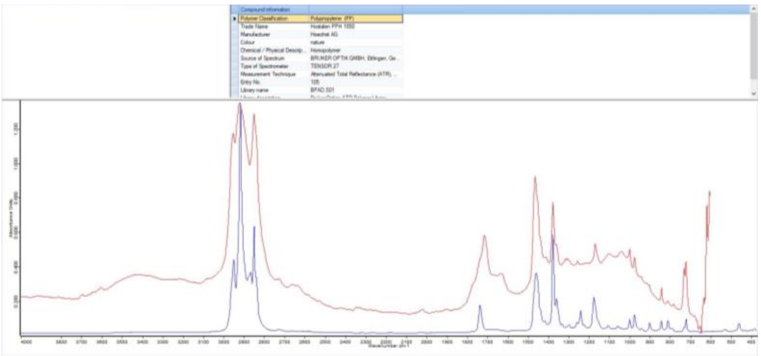




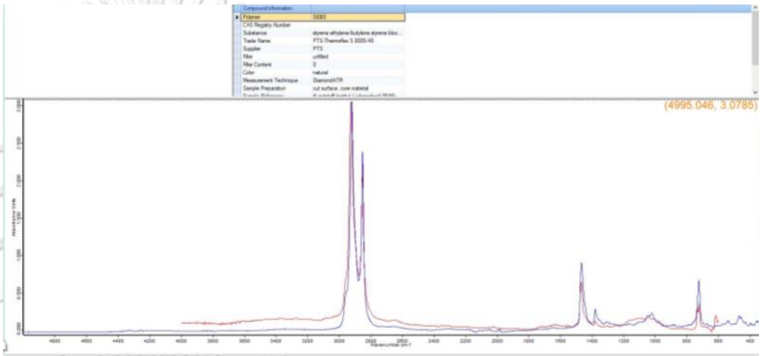
fragment / white
Olefin fiber – polypropylene (PP)
Effluent – Chong Nonsi
23-6-2021

รูปภาคผนวก ก-6 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี (ต่อ)

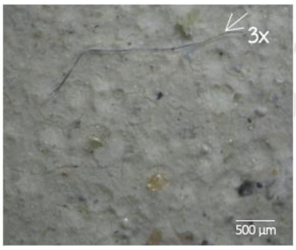


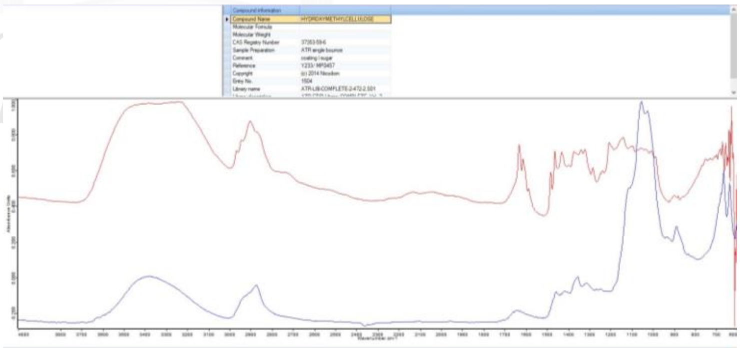


fragment / blue
polypropylene (PP)
Effluent – Chong Nonsi
23-6-2021



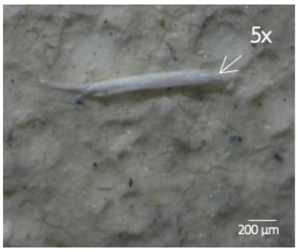
fragment / red
styrene ethylene/butylene styrene (SEBS)
Effluent – Chong Nonsi
23-6-2021



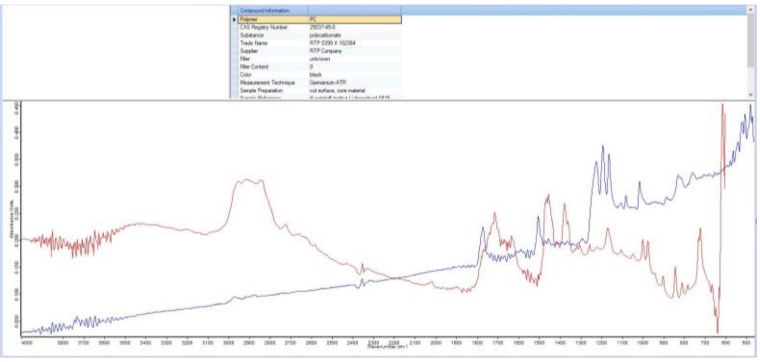


fiber / blue
hydroxymethyl cellulose
Effluent – Chong Nonsi
23-6-2021

รูปภาคผนวก ก-6 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี (ต่อ)



fragment / white
polycarbonate (PC)
Effluent – Chong Nonsi
23-6-2021



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

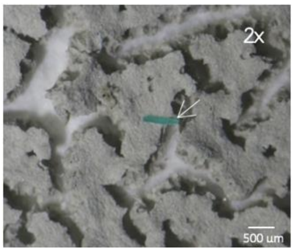
ตาราง ก-6 รูปร่าง ชนิด ขนาด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” (In) และ “น้ำออก” (Out) ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี วันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

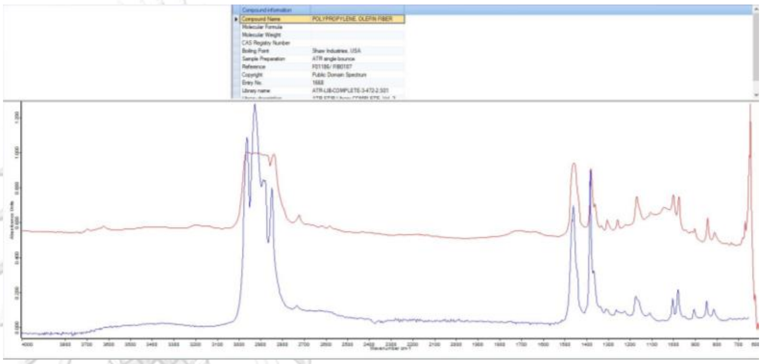
Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)					
		21-6-2021		23-6-2021		25-6-2021	
		In	Out	In	Out	In	Out
fragment	polypropylene (PP)	1	9	–	3	3	2
	polyethylene (PE)	–	1	–	–	–	–
	acrylic (AC)	–	–	1	–	1	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	2	–	–
	polyamide (PA)		–	–	–	–	2
	others	–	–	–	1	–	–
	unidentified	1	–	–	–	–	–
fiber	polypropylene (PP)	–	1	3	2	4	1
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	2	–
	polyester (PL)	2	2	2	2	5	4
	rayon (RY)	1	2	4	1	5	1
	acrylic (AC)	–	1	1	–	2	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	1	1	–
	unidentified	1	–	–	–	–	1
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
TOTAL		6	16	11	12	23	11

7. โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

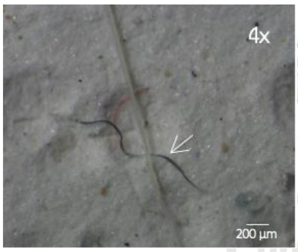
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างเสียจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม ในวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564 พบไมโครพลาสติกใน “น้ำเข้าระบบ” 17 ชิ้น และใน “น้ำออกจากระบบ” 40 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy จาก “น้ำเข้าระบบ” 1 ชิ้น (5.88%) และจาก “น้ำออกจากระบบ” 3 ชิ้น (7.50%)

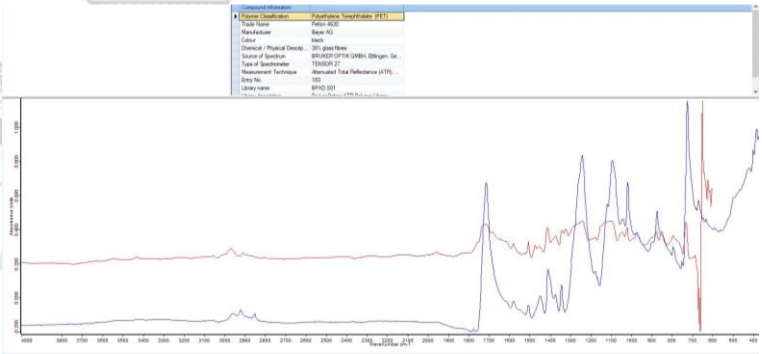
รูปภาคผนวก ก-7 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” และ “น้ำออก” ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม





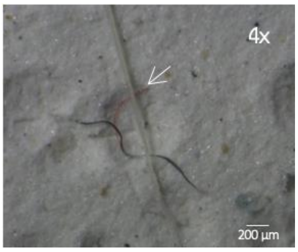
fragment / green
polypropylene (PP)
Influent – Nong Kheam
21-6-2021

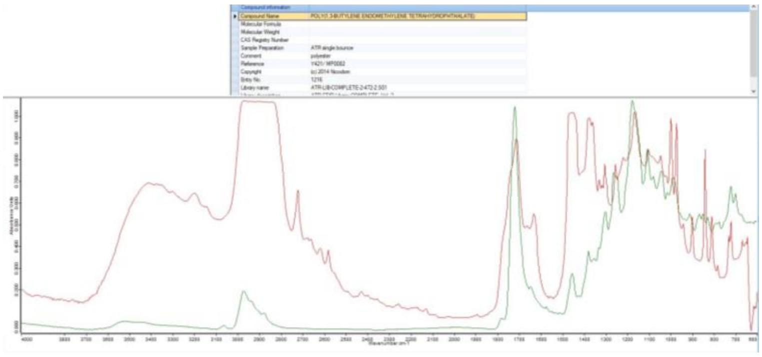




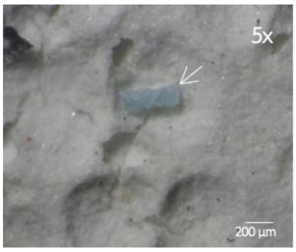
fiber / black
polyethylene terephthalate (PET)
Effluent – Nong Kheam
23-6-2021

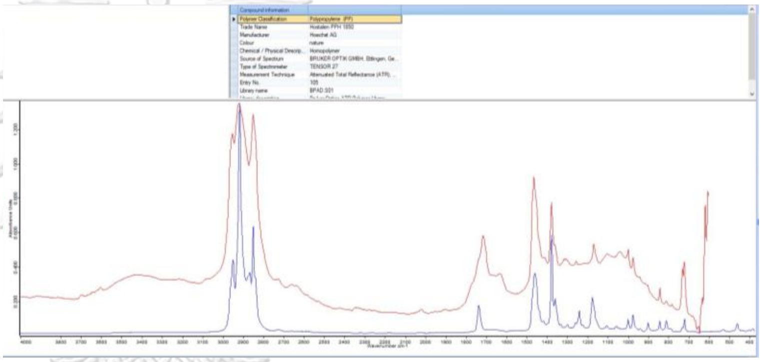
รูปภาคผนวก ก-7 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม (ต่อ)





fiber / red
poly 1,3-butylene endomethylene tetrahydrophthalate
Effluent – Nong Kheam
23-6-2021





fragment / green
polypropylene (PP)
Effluent – Nong Kheam
23-6-2021

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก-7 รูปร่าง ชนิด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบใน "น้ำเข้า" (In) และ "น้ำออก" (Out) ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม วันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

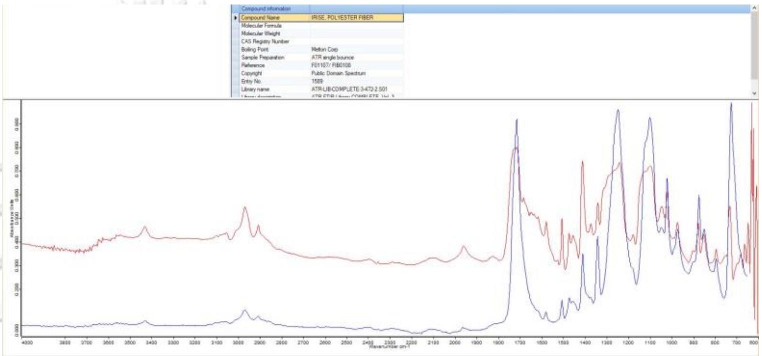
Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)					
		21-6-2021		23-6-2021		25-6-2021	
		In	Out	In	Out	In	Out
fragment	polypropylene (PP)	4	6	–	4	3	7
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	acrylic (AC)	–	1	–	–	–	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	2
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	–	–	–
	unidentified	1	1	–	–	–	–
fiber	polypropylene (PP)	–	2	–	–	–	–
	polyethylene (PE)	2	–	–	–	–	–
	polyester (PL)	4	3	–	2	2	5
	rayon (RY)	–	1	–	–	1	2
	acrylic (AC)	–	–	–	–	–	1
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	1	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	1	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	1	–	–	–	–
TOTAL		11	15	–	8	6	17

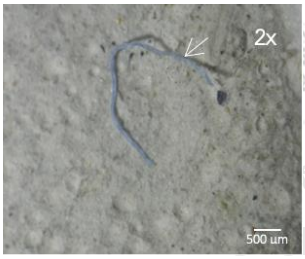
8. โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างเสียจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ ในวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564 พบไมโครพลาสติกใน “น้ำเข้าระบบ” 23 ชิ้น และใน “น้ำออกจากระบบ” 59 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy จาก “น้ำเข้าระบบ” 2 ชิ้น (8.70%) และจาก “น้ำออกจากระบบ” 7 ชิ้น (11.86%)

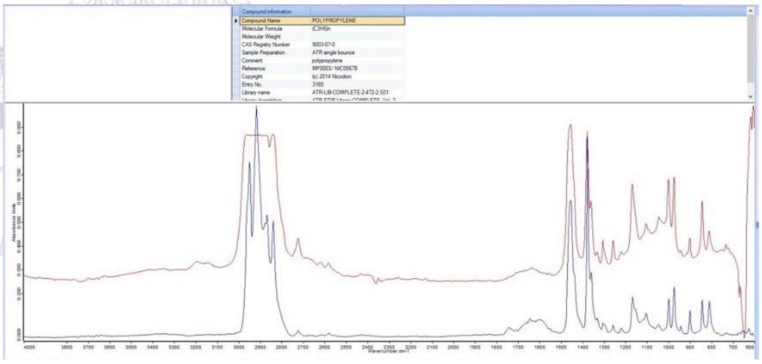
รูปภาคผนวก ก-8 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบใน “น้ำเข้า” และ “น้ำออก” ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

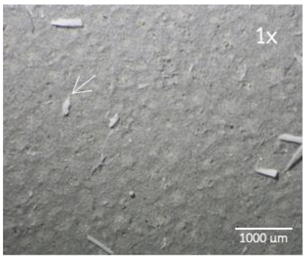
fiber / black
polyester (PL)
Influent – Thung Khru
25-6-2021



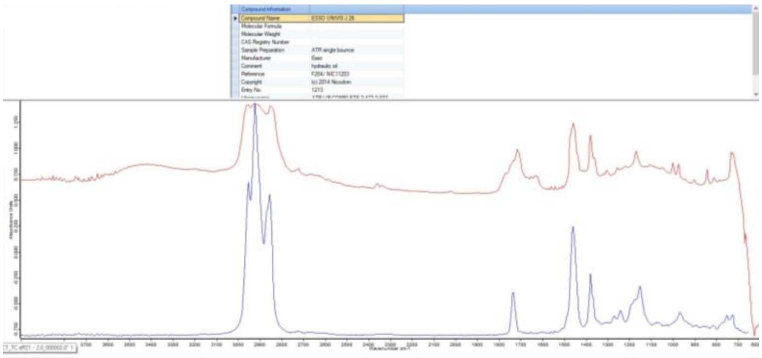


fiber / blue
polypropylene (PP)
Influent – Thung Khru
25-6-2021

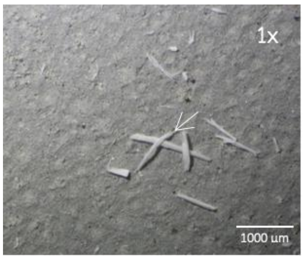


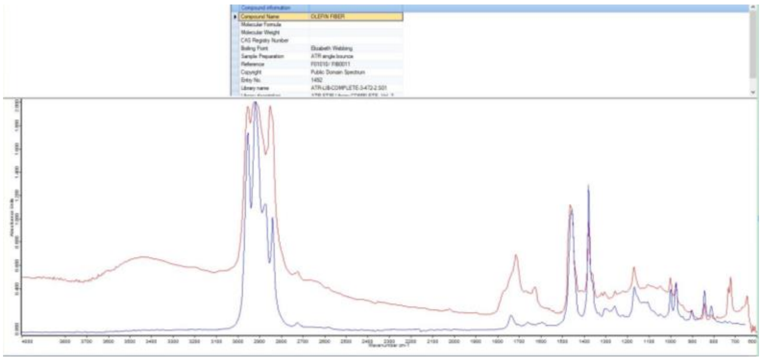


fragment / white
ESSO UNIVIS J 26
Effluent – Thung Khru
21-6-2021

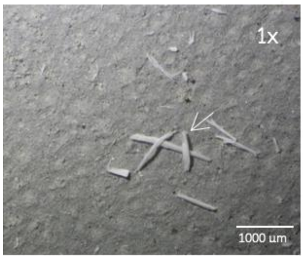


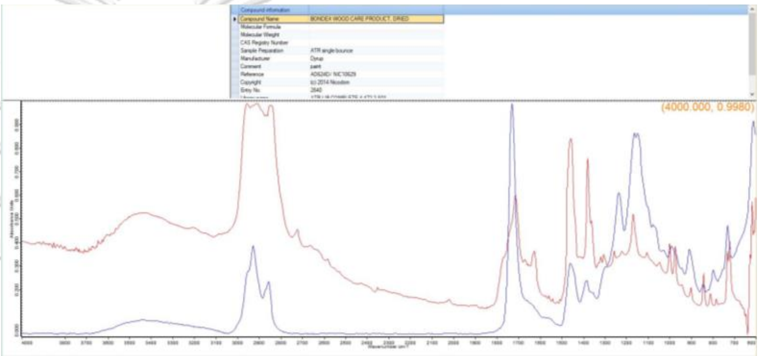
รูปภาคผนวก ก-8 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ (ต่อ)



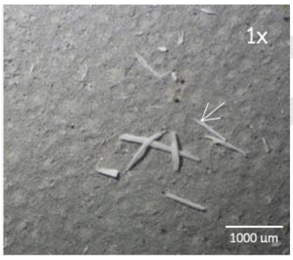


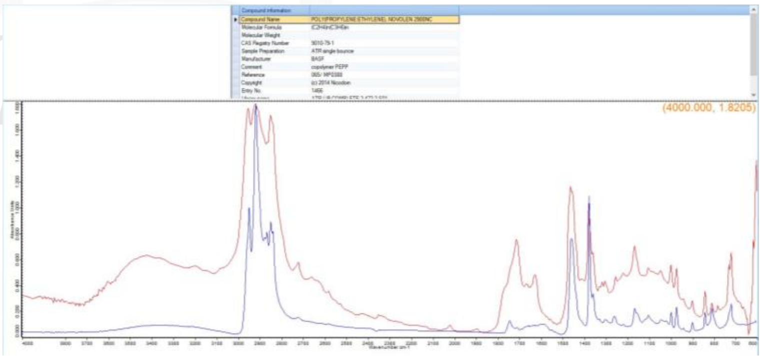
fragment / white
olefin fiber
polypropylene (PP)
Effluent – Thung Khru
21-6-2021





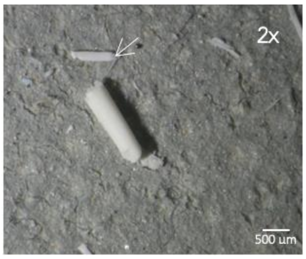
fragment / white
Bondex wood care product – polypropylene (PP)
Effluent – Thung Khru
21-6-2021

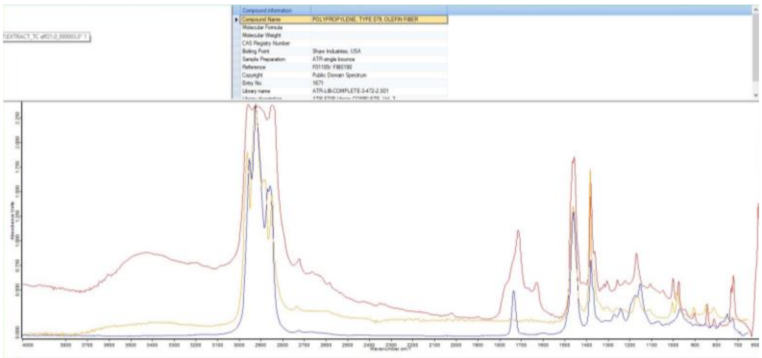




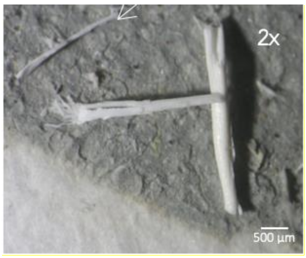
fragment / white
polypropylene (PP)
Effluent – Thung Khru
21-6-2021

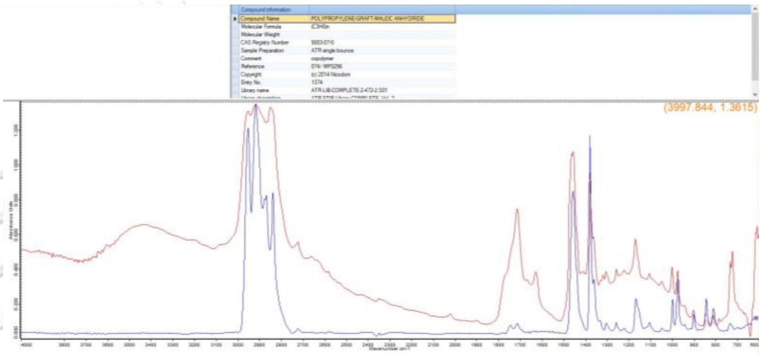
รูปภาคผนวก ก-8 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ (ต่อ)



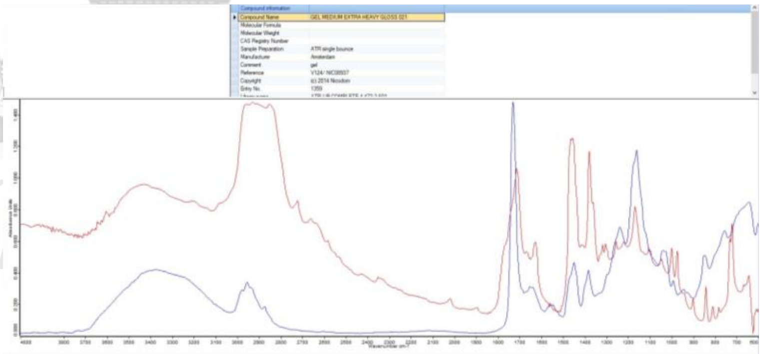


fragment / white
polypropylene (PP)
Effluent – Thung Khru
21-6-2021





fragment / white
polypropylene (PP)
Effluent – Thung Khru
21-6-2021



fragment / white
gel medium extra heavy gloss 021
Effluent – Thung Khru
21-6-2021

ตาราง ก-8 รูปร่าง ชนิด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบใน "น้ำเข้า" (In) และ "น้ำออก" (Out) ของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ วันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)					
		21-6-2021		23-6-2021		25-6-2021	
		In	Out	In	Out	In	Out
fragment	polypropylene (PP)	1	27	1	4	1	6
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	acrylic (AC)	–	–	–	–	–	1
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	1	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	1	–	–	–
	others	–	7	–	–	–	–
	unidentified	–	1	–	–	–	–
fiber	polypropylene (PP)	–	2	–	1	2	1
	polyethylene (PE)	–	–	–	1	–	–
	polyester (PL)	1	–	3	3	8	1
	rayon (RY)	–	–	–	–	–	–
	acrylic (AC)	–	1	–	1	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	–	–	–
	unidentified	1	–	–	–	–	–
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	1	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	2	–	1	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	1	–	–	–	–
TOTAL		3	40	8	10	12	9

ภาคผนวก ข

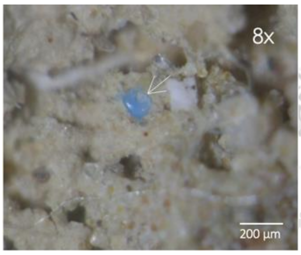
การจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยาด้วย FTIR spectrum

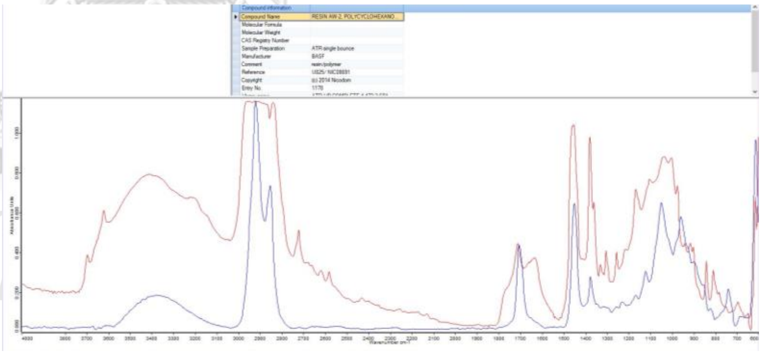
การจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา 12 สถานี ด้วย FTIR spectroscopy ได้สุ่มตัวอย่างไมโครพลาสติกจำนวน 60 ชิ้น จากทั้งหมดที่พบในระบบจำนวน 325 ชิ้น คิดเป็น 18.46% โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีของแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลาก

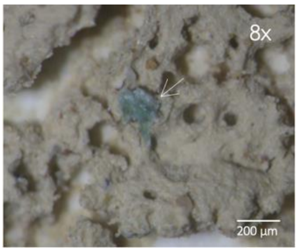
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยาใน “ฤดูน้ำหลาก” (11 พฤศจิกายน 2564) พบไมโครพลาสติกใน 159 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy 39 ชิ้น (24.52%)

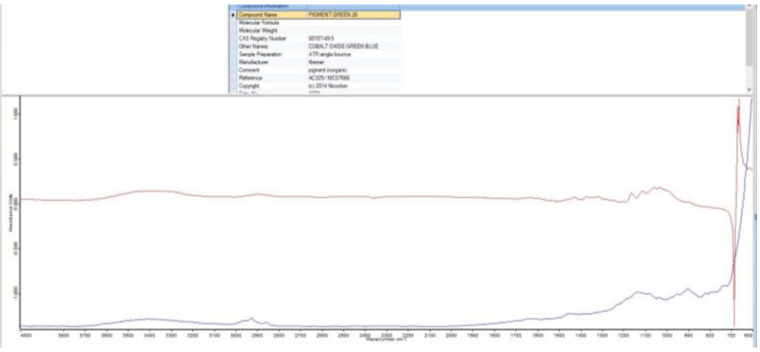
รูปภาคผนวก ข-1 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาใน“ฤดูน้ำหลาก” (11 พฤศจิกายน 2564)





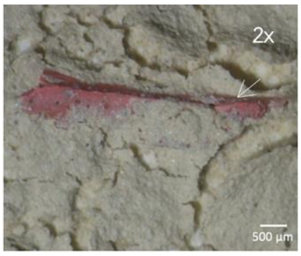
fragment / blue
polycyclohexanone resin based
Station CPY1
wet season

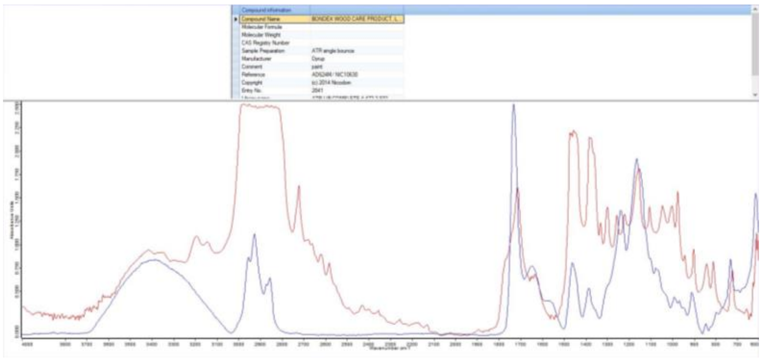




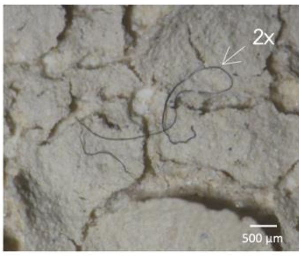
fragment / green
pigment green 26
Station CPY1
wet season

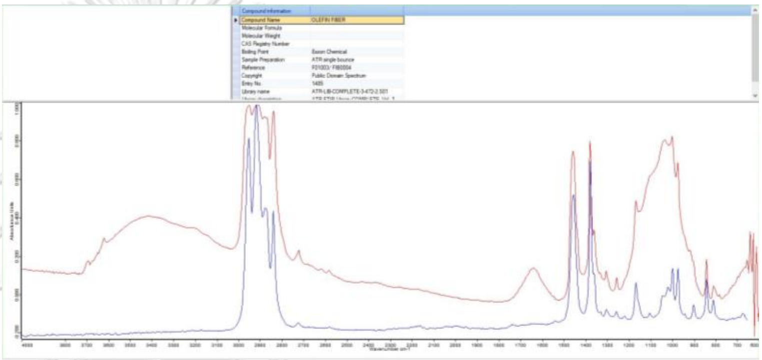
รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



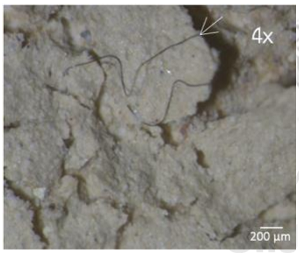


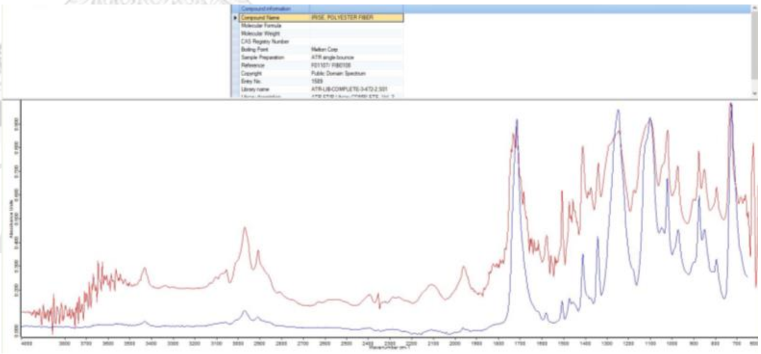
fragment / red
Bondex wood care product
Station CPY2
wet season



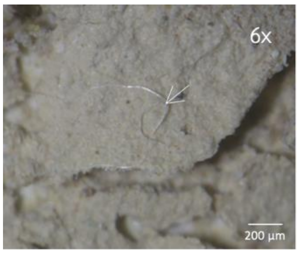


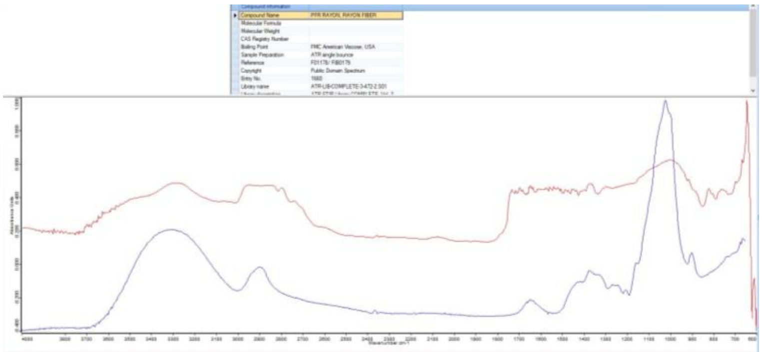
fiber / black
polypropylene (PP)
Station CPY2
wet season





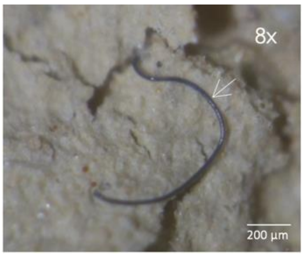
fiber / black
polyester (PL)
Station CPY2
wet season

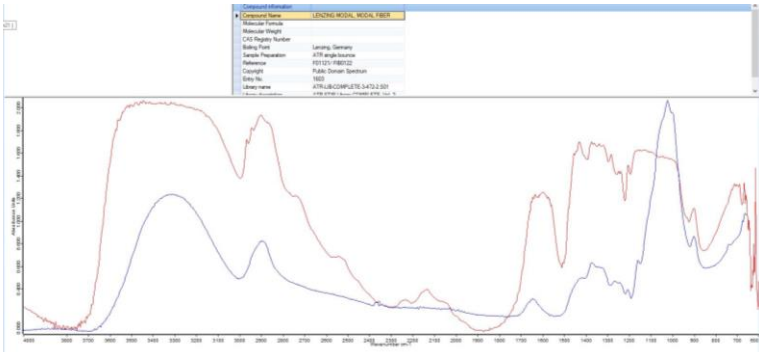




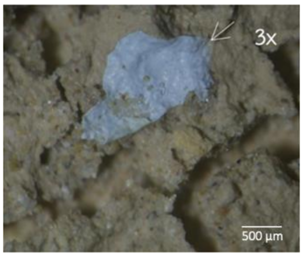
fiber / white
rayon (RY)
Station CPY2
wet season

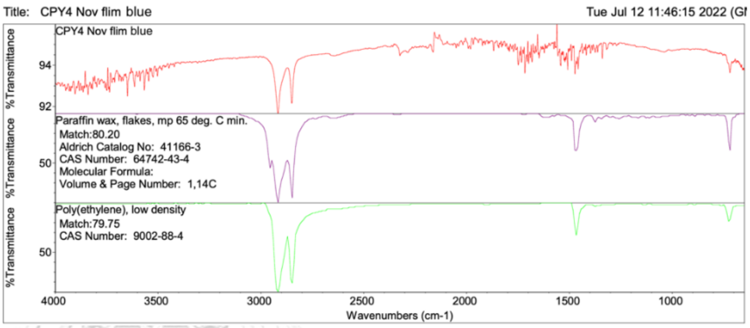
รูปภาคผนวก ข-1 ในฤดู“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



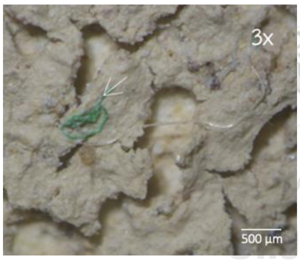


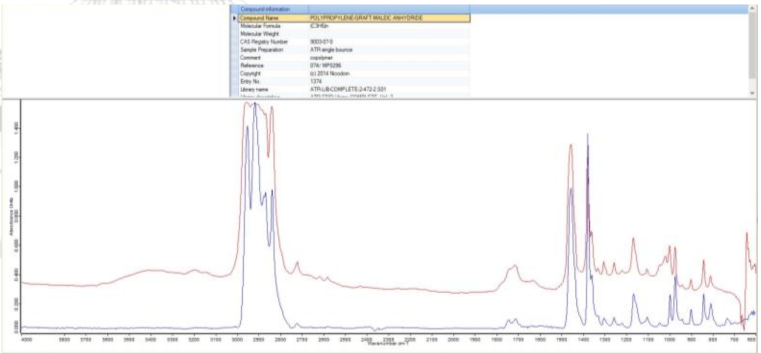
fiber / black
modal fiber
Station CPY2
wet season



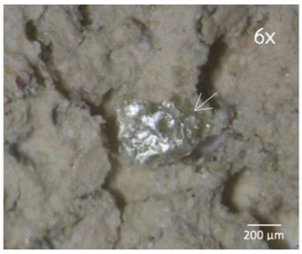


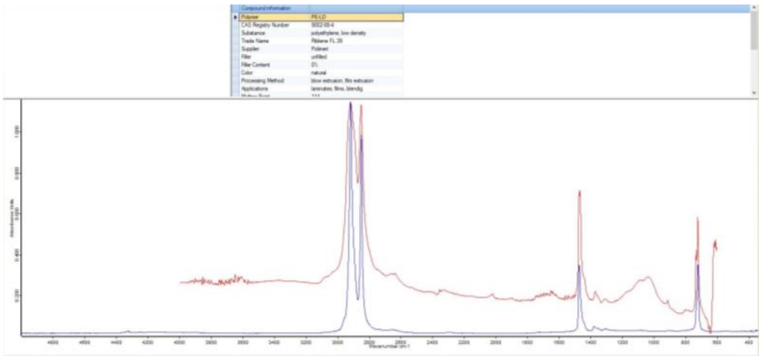
film / blue
polyethylene (PE)*
Station CPY4
wet season





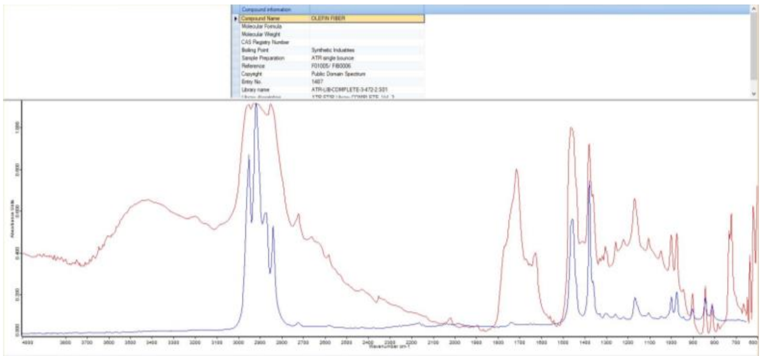
fiber / green
polypropylene (PP)
Station CPY4
wet season



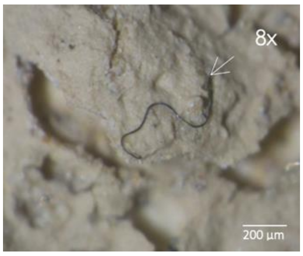


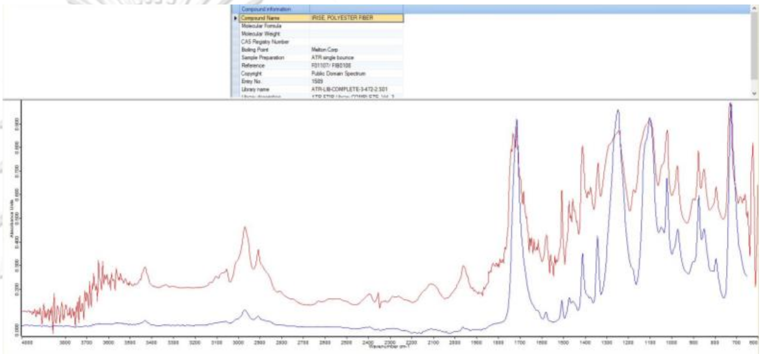
film / transparent
polyethylene (PE)
Station CPY4
wet season

รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)

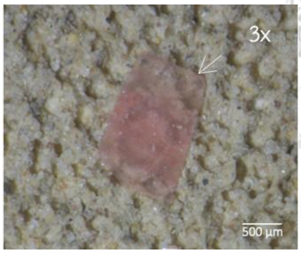


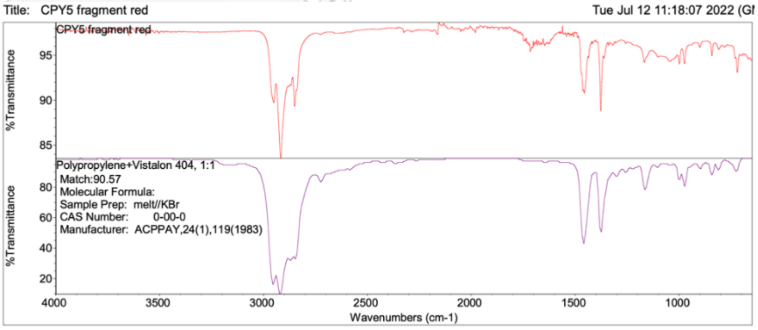
fiber / black
olefin fiber
polypropylene (PP)
Station CPY4
wet season





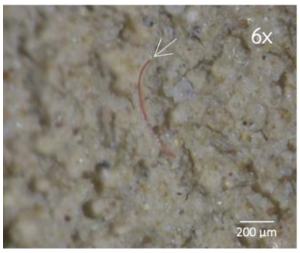
fiber / black
polyester (PL)
Station CPY4
wet season

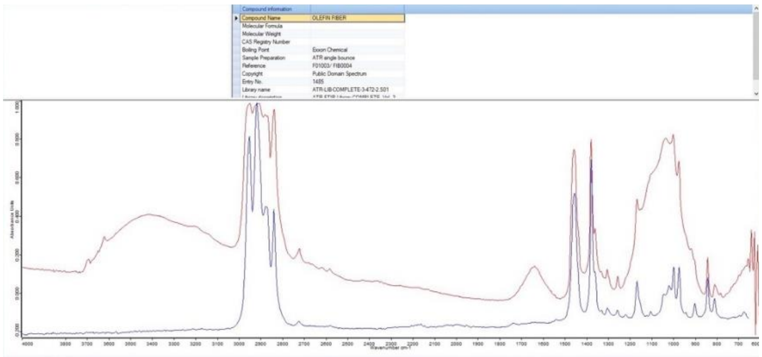




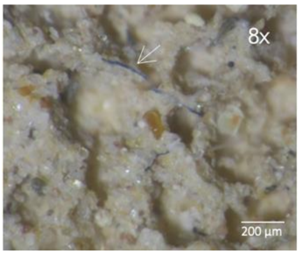
fragment / red
polypropylene (PP)*
Station CPY5
wet season

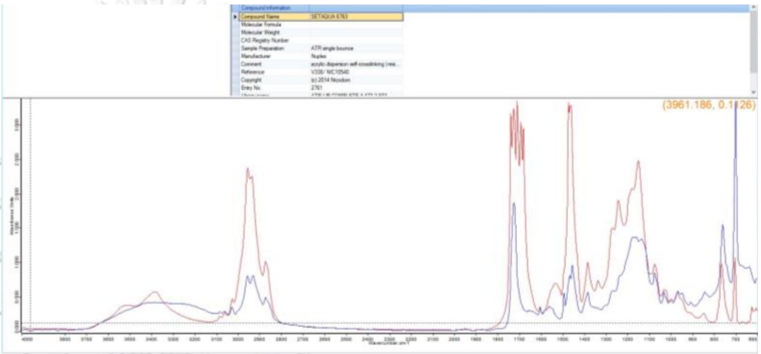
รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



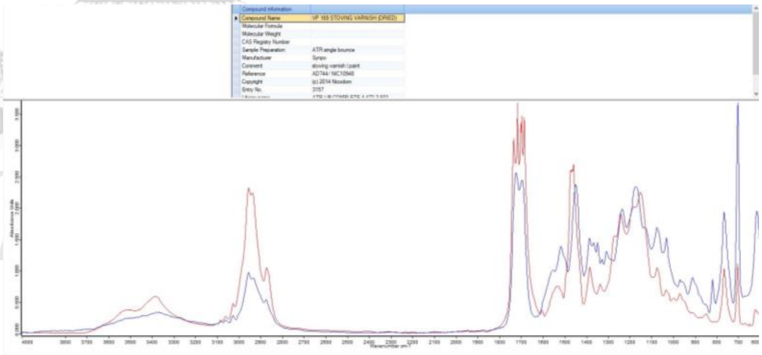


fiber / red
polypropylene (PP)
Station CPY5
wet season

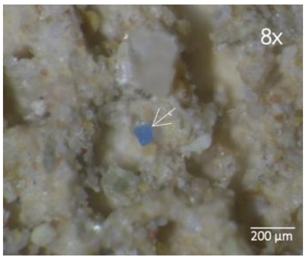


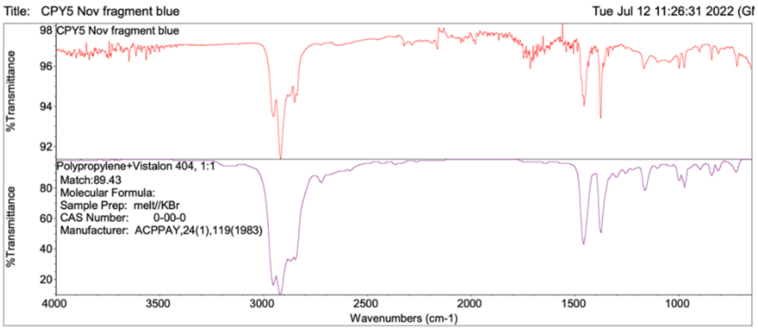


fiber / blue
polypropylene (PP)
Station CPY5
wet season



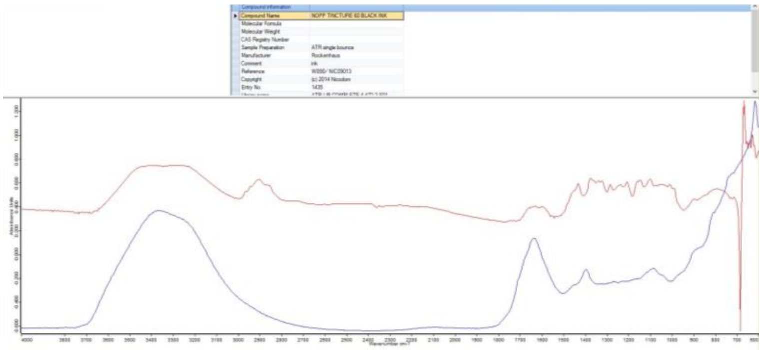
fiber / red
VP169 Stoving Vanish
Station CPY5
wet season



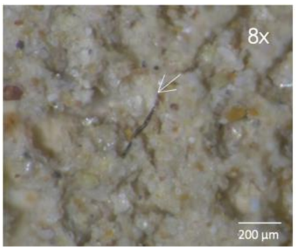


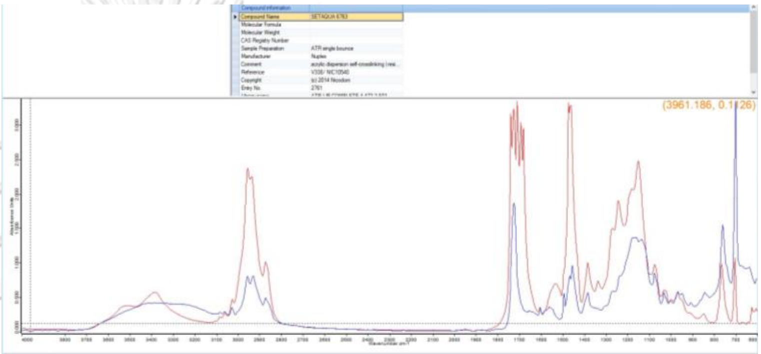
fragment / blue
polypropylene (PP)*
Station CPY5
wet season

รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)

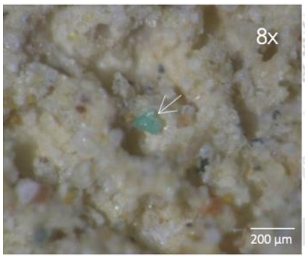


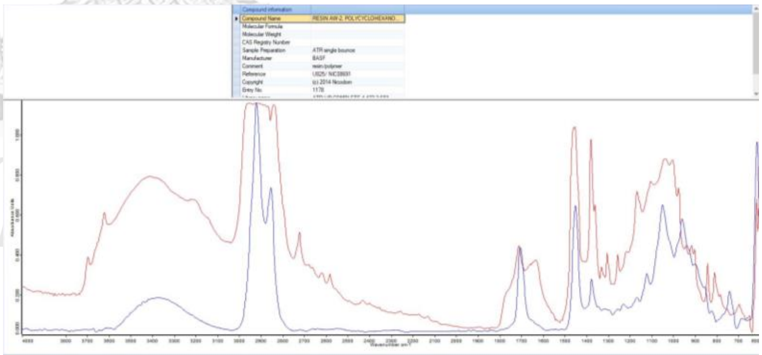
fragment / black
NOPP Tincture
Station CPY5
wet season



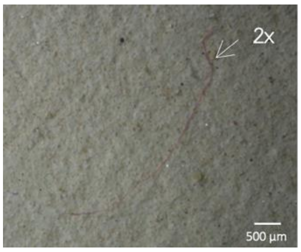


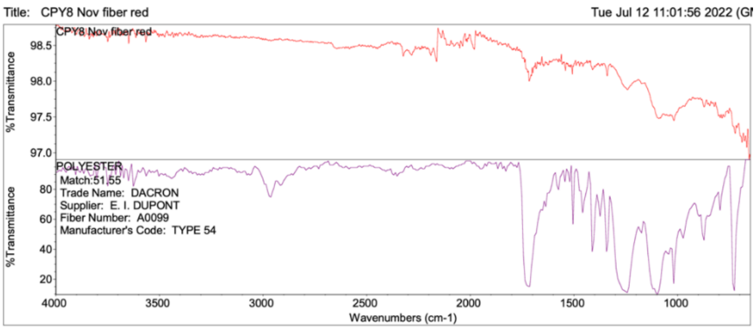
fiber / black
SERAQUA 6763
Station CPY5
wet season





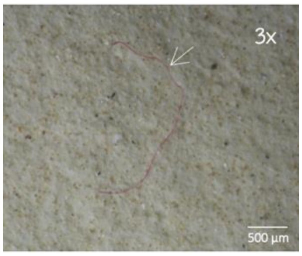
fragment / green
resin polylohexane
Station CPY5
wet season

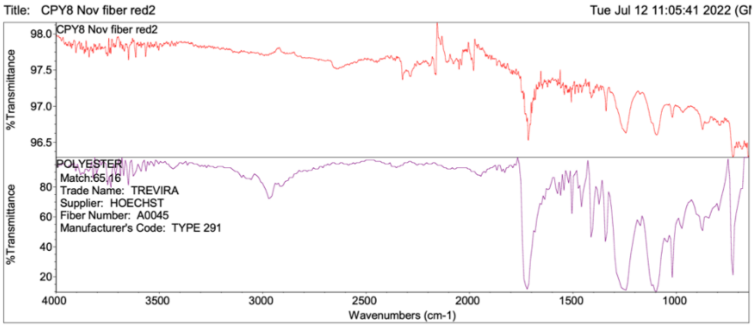




fiber / red
polyester (PL)*
Station CPY8
wet season

รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



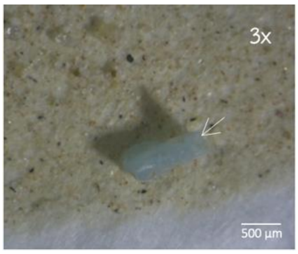


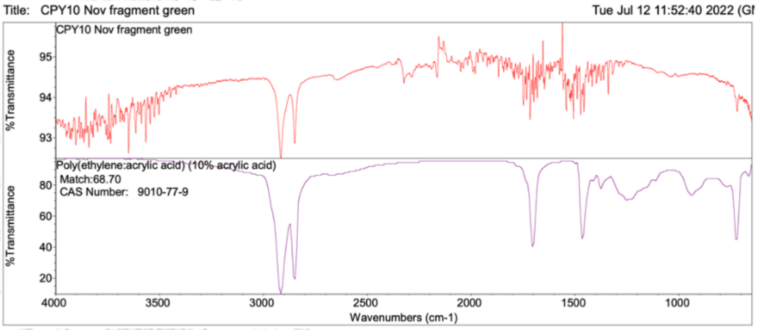
fiber / red

polyester (PL)*

Station CPY8

wet season



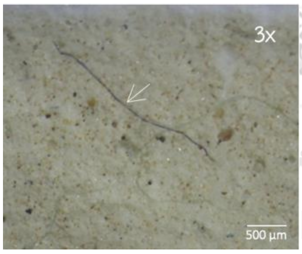


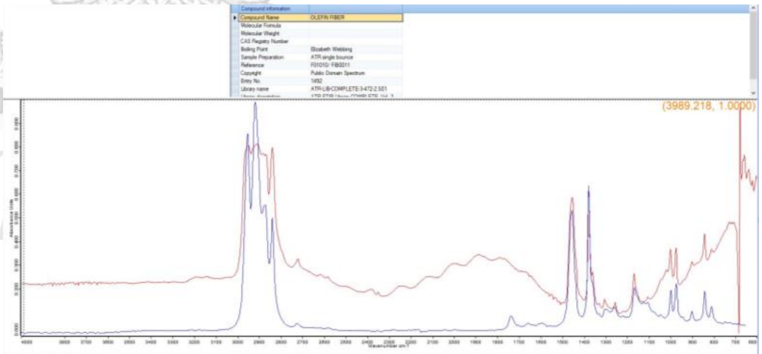
fragment / green

polyethylene (PE)*

Station CPY10

wet season





fiber / blue

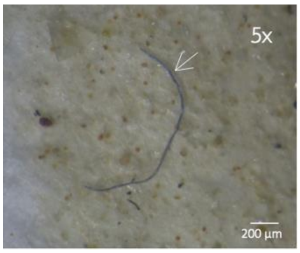
olefin fiber

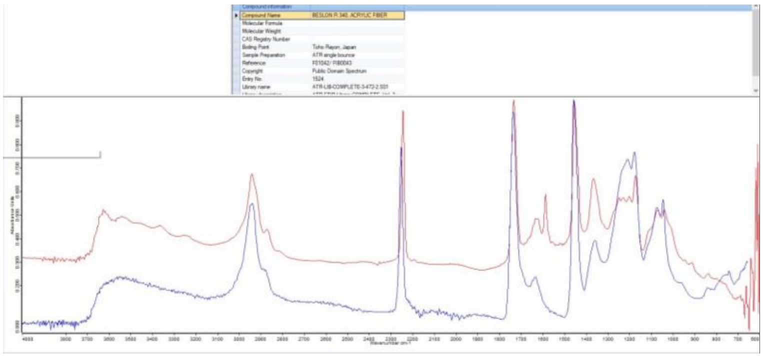
polypropylene (PP)

Station CPY11

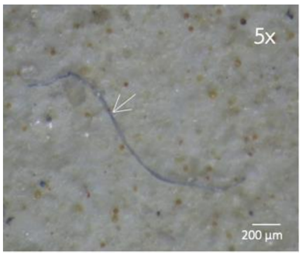
wet season

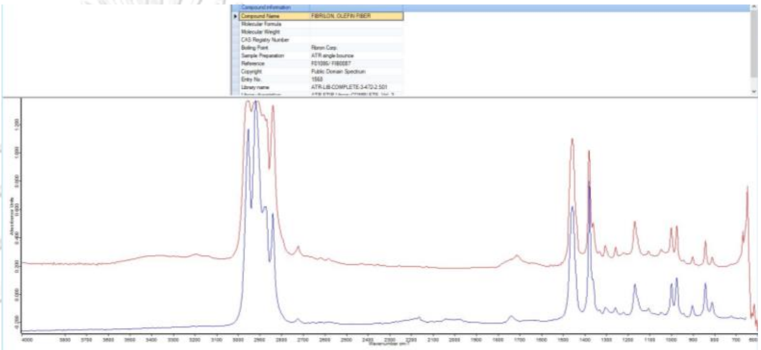
รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



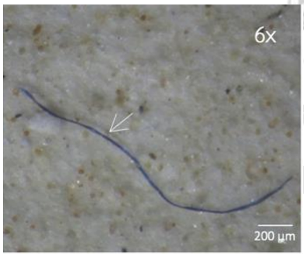


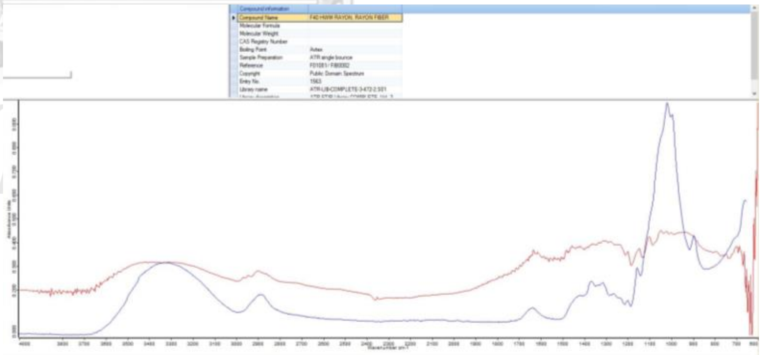
fiber / blue
acrylic (AC)
Station CPY11
wet season





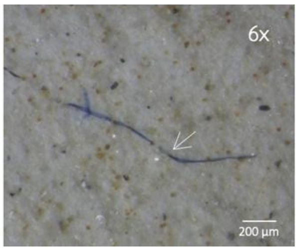
fiber / blue
olefin fiber
polypropylene (PP)
Station CPY11
wet season

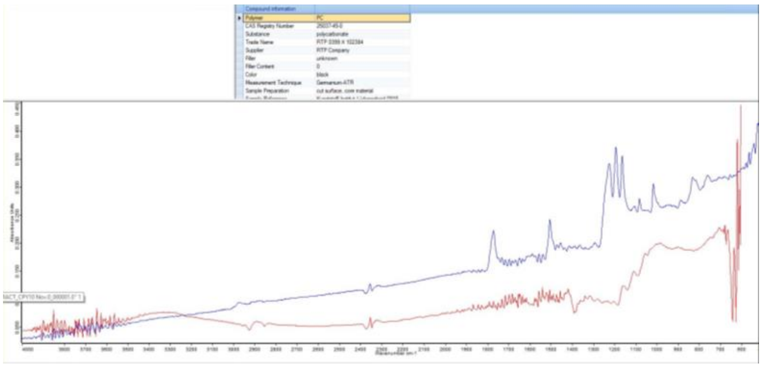




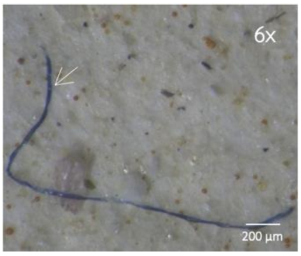
fiber / blue
rayon (RY)
Station CPY11
wet season

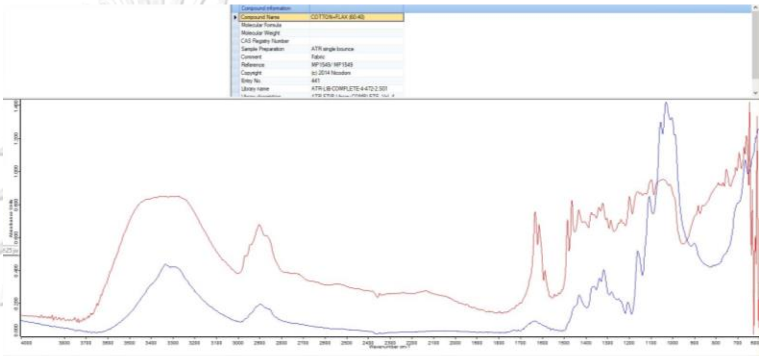
รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



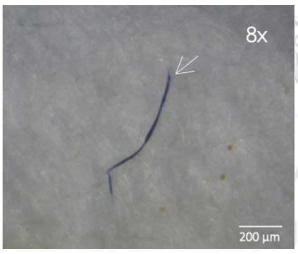


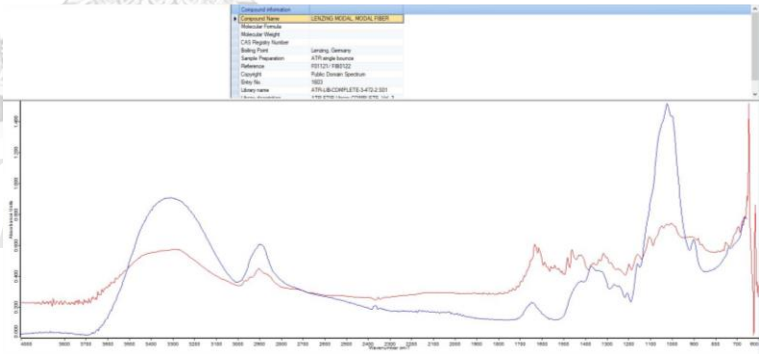
fiber / blue
polycarbonate (PC)
Station CPY11
wet season





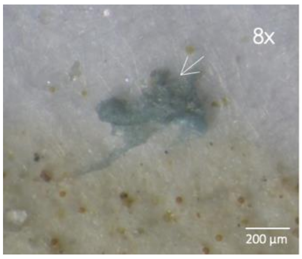
fiber / blue
cotton+flax (60:40)
Station CPY11
wet season

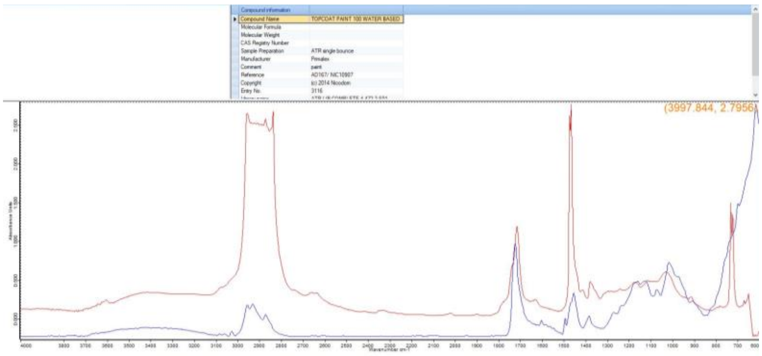




fiber / black
modal fiber
Station CPY11
wet season

รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



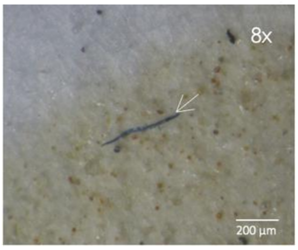


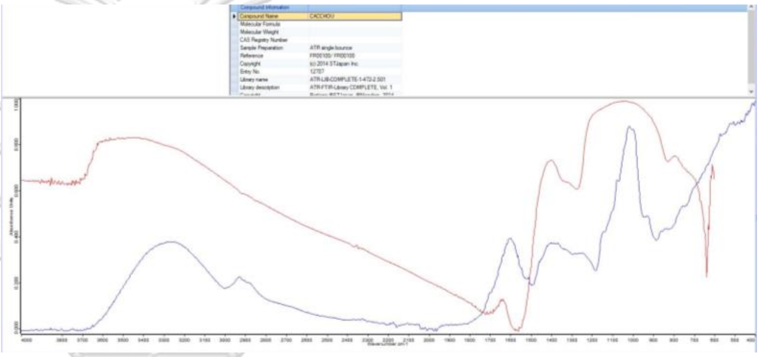
fragment / green

Topcoat paint water based

Station CPY11

wet season



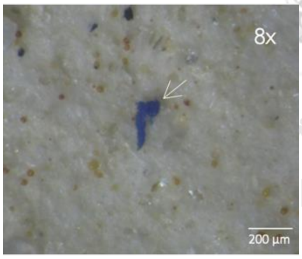


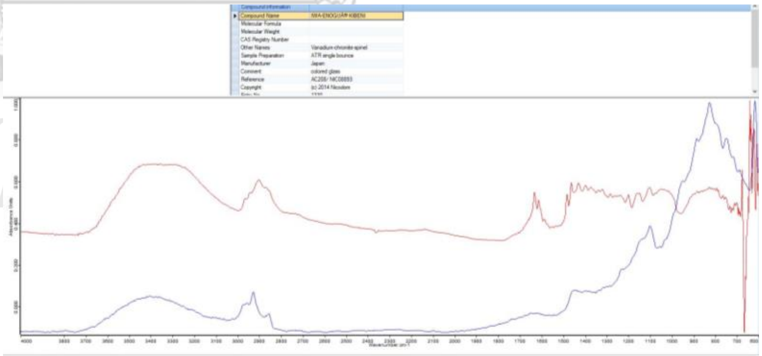
fiber / blue

cacchou

Station CPY11

wet season





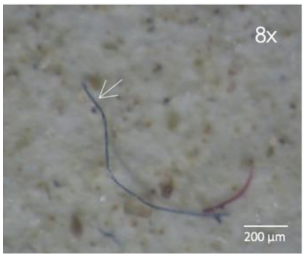
fragment / blue

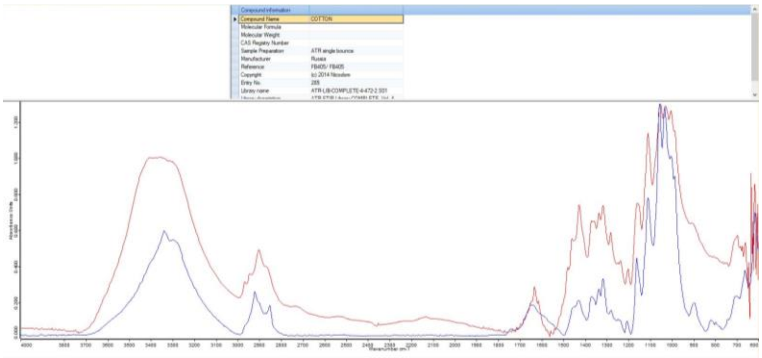
IWA-ENOGUA® KIBENI

Station CPY11

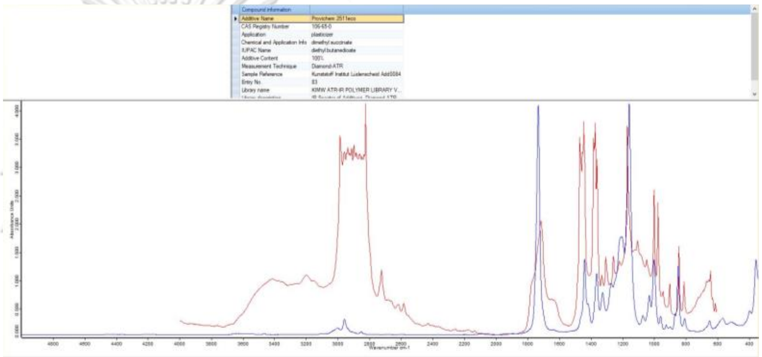
wet season

รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)

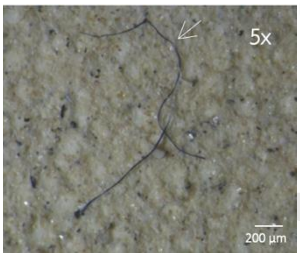


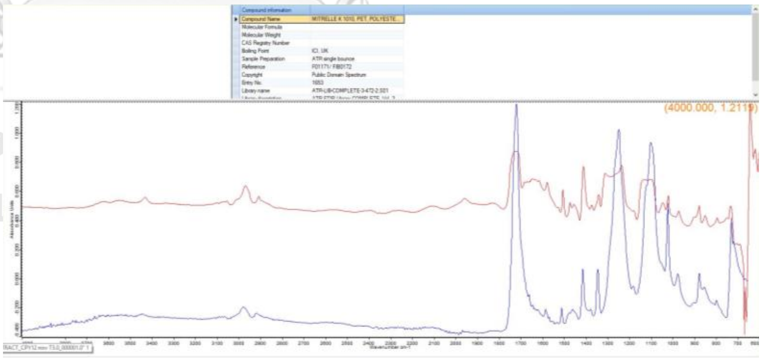


fiber / blue
cotton
Station CPY11
wet season



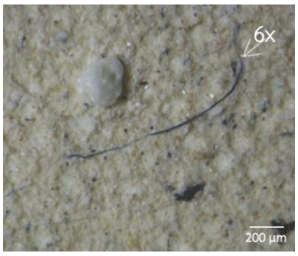
fragment / green
provichem 2511eco
Station CPY12
wet season

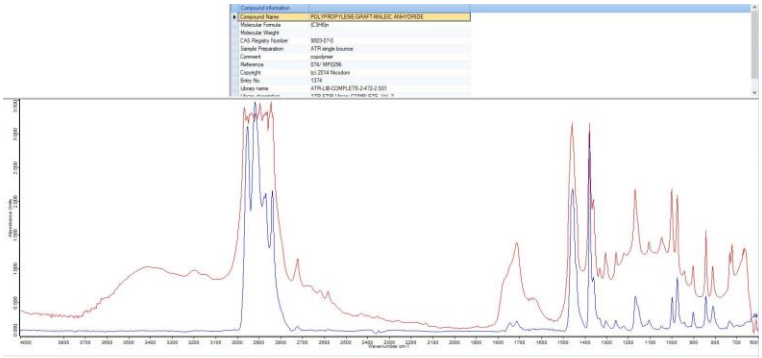




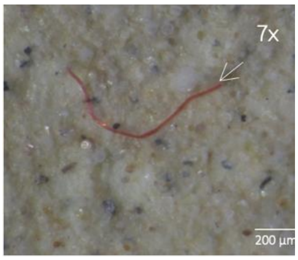
fiber / black
polyester (PL)
Station CPY12
wet season

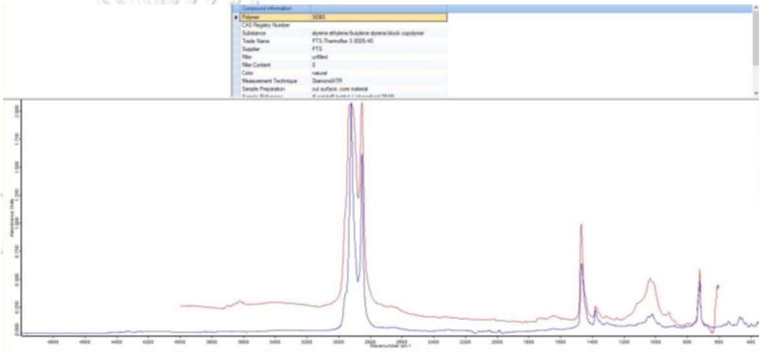
รูปภาคผนวก ข-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



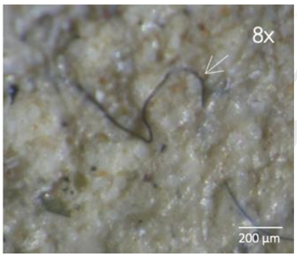


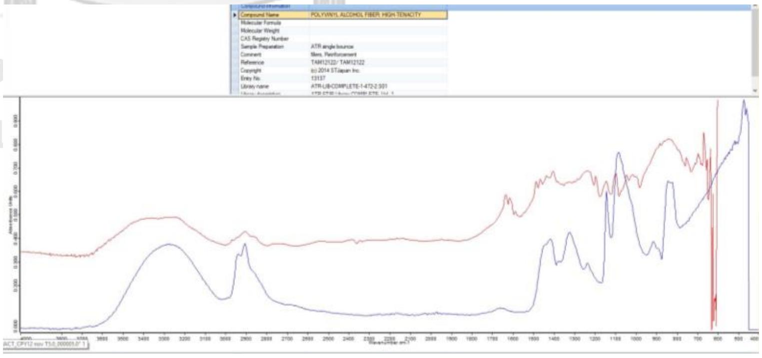
fiber / blue
polypropylene (PP)
Station CPY12
wet season





fiber / red
styrene ethylene/butylene styrene (SEBS)
Station CPY12
wet season





fiber / black
polyvinyl alcohol (PVA)
Station CPY12
wet season

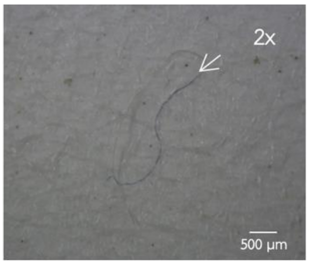
ตาราง ข-1 รูปร่าง ชนิด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ใน "ฤดูน้ำหลาก" วันที่ 11 พฤศจิกายน 2564

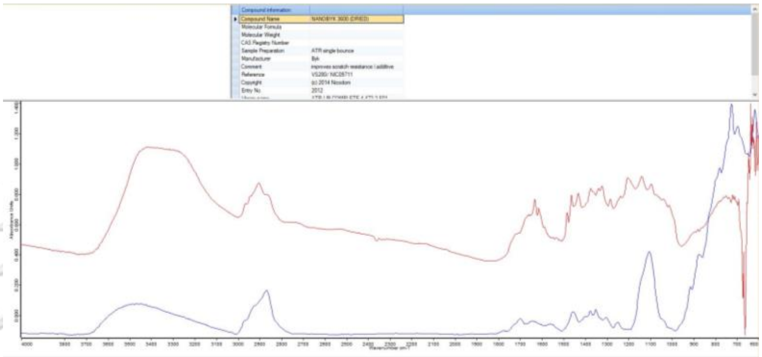
Shape	**Type of Microplastics**	**Abundance(items)**											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
fragment	polypropylene (PP)	–	–	–	–	3	3	16	–	–	–	1	–
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
	acrylic (AC)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	others	3	1	–	–	2	–	1	1	–	–	2	1
	unidentified	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
fiber	polypropylene (PP)	–	2	1	4	4	5	5	4	1	5	4	6
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–	5	2	2	1	1	–
	polyester (PL)	–	1	2	1	1	–	2	3	3	3	1	2
	rayon (RY)	–	3	–	1	–	–	9	3	2	9	2	1
	acrylic (AC)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
	others	–	1	–	–	2	–	–	–	–	–	4	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	–
film	polyethylene (PE)	–	–	–	6	–	–	2	–	–	1	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
TOTAL		3	8	3	12	12	8	40	14	8	20	19	12

2. ไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีของแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำแล้ง

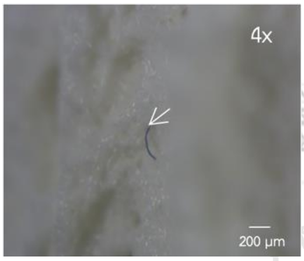
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยา 12 สถานี ใน “ฤดูแล้ง” (6 เมษายน 2564) พบไมโครพลาสติกใน 166 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy 21 ชิ้น (12.65%)

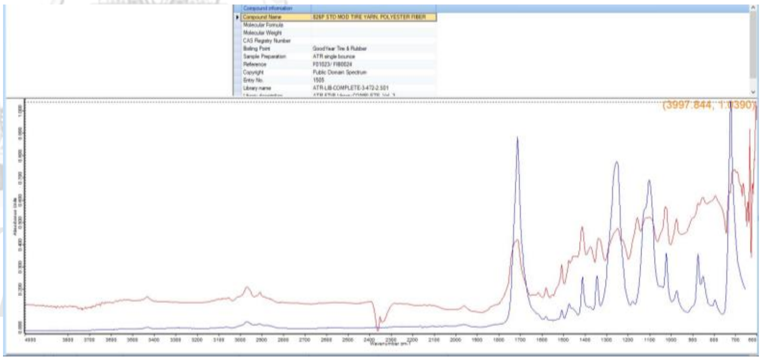
รูปภาคผนวก ข-2 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาใน“ฤดูแล้ง” (6 เมษายน 2564)



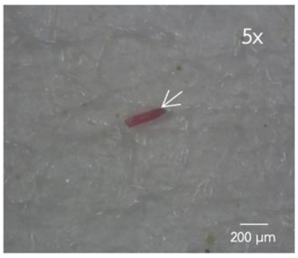


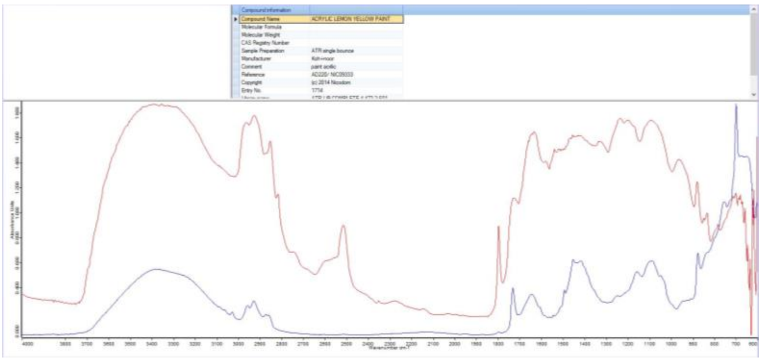
fiber / blue
Nanobyk 3600
Station CPY3
dry season





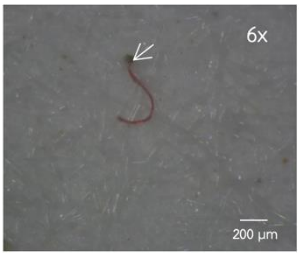
fiber / black
polyester (PL)
Station CPY3
dry season

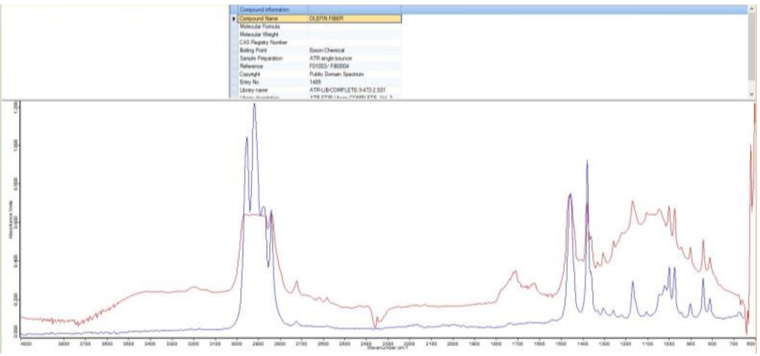




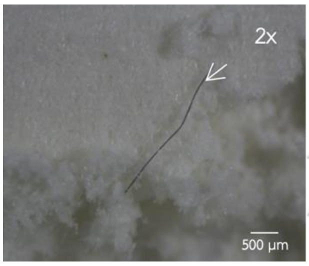
fragment / red
acrylic (AC)
Station CPY3
dry season

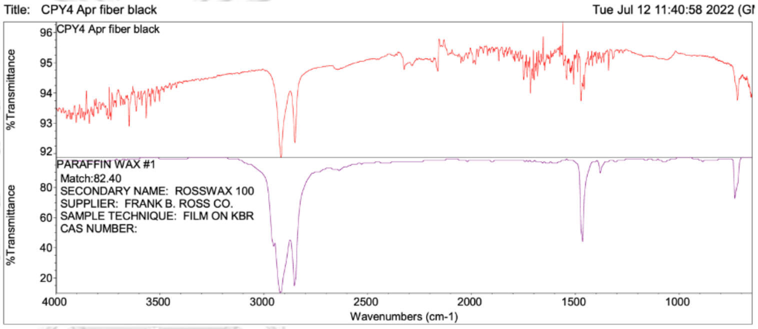
รูปภาคผนวก ข-2 ใน“ฤดูแล้ง” (ต่อ)



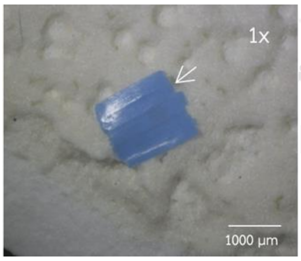


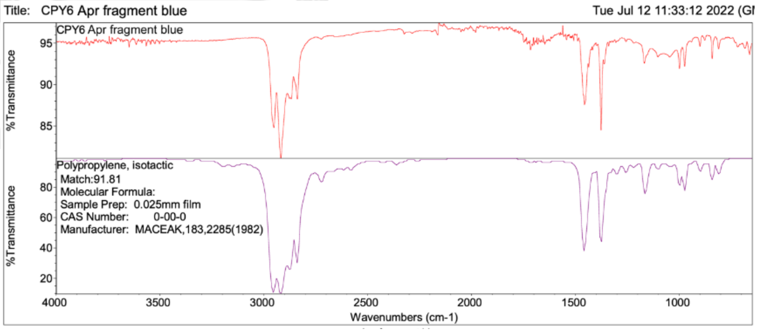
fiber / red
olefin fiber
polypropylene (PP)
Station CPY3
dry season





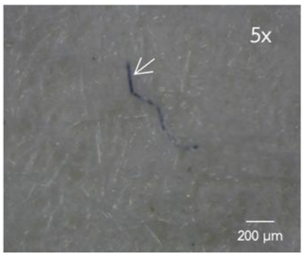
fiber / black
parrafin wax*
Station CPY4
dry season

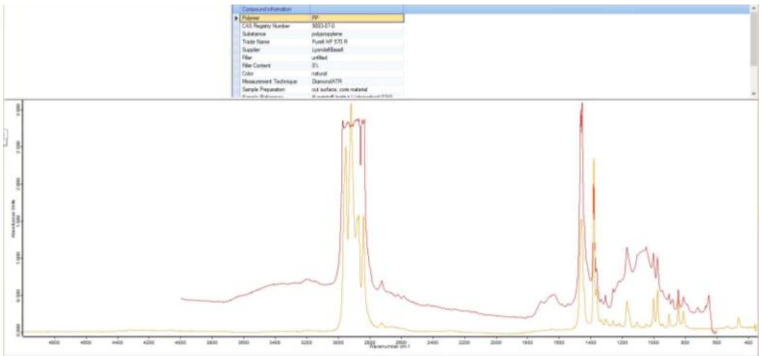




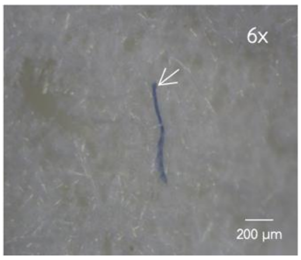
fragment / blue
polypropylene (PP)*
Station CPY6
dry season

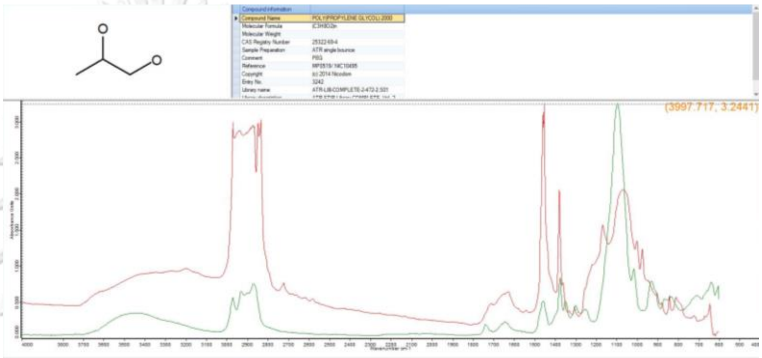
รูปภาคผนวก ข-2 ใน“ฤดูแล้ง” (ต่อ)



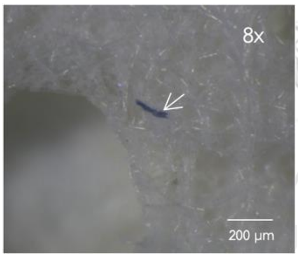


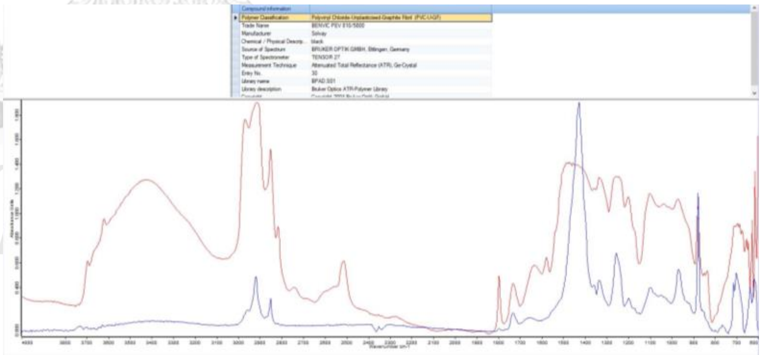
fiber / blue
polypropylene (PP)
Station CPY6
dry season



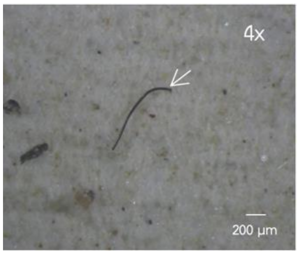


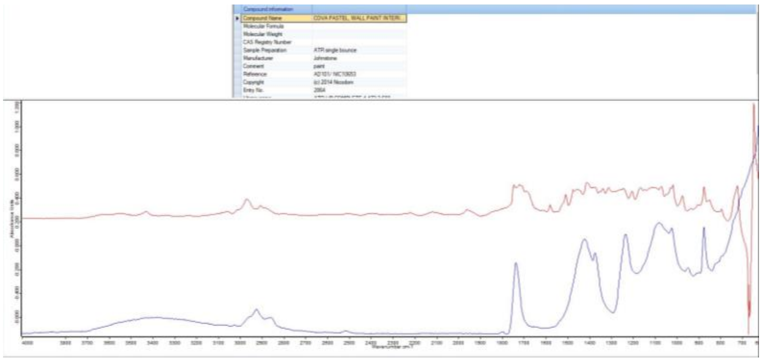
fiber / blue
polypropylene (PP)
Station CPY6
dry season





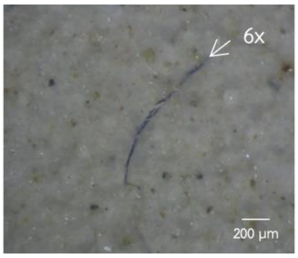
fiber / blue
polyvinylchloride (PVC)
Station CPY6
dry season

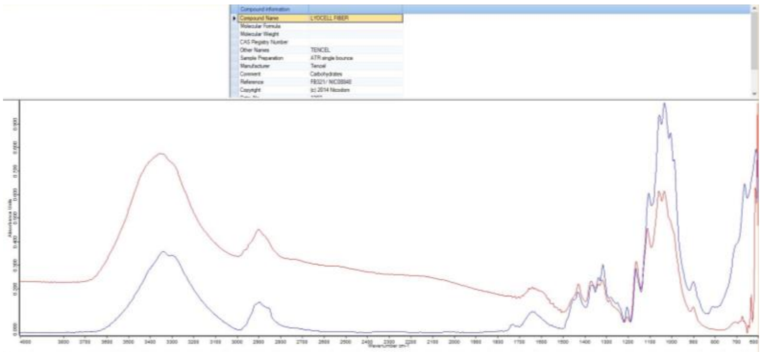




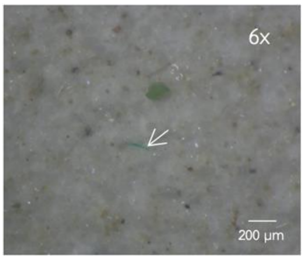
fiber / black
wall paint interior
Station CPY8
dry season

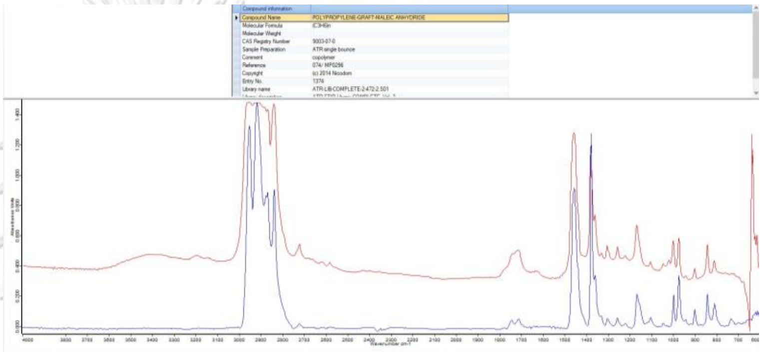
รูปภาคผนวก ข-2   ใน“ฤดูแล้ง” (ต่อ)



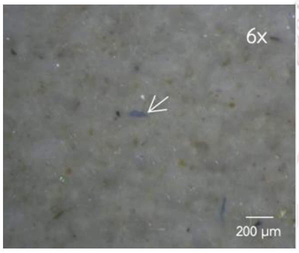


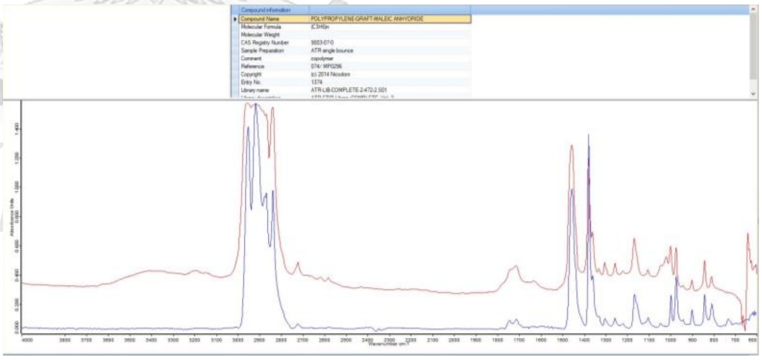
fiber / blue
lyocell fiber
Station CPY8
dry season





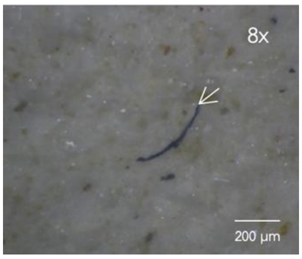
fiber / green
polypropylene (PP)
Station CPY8
dry season

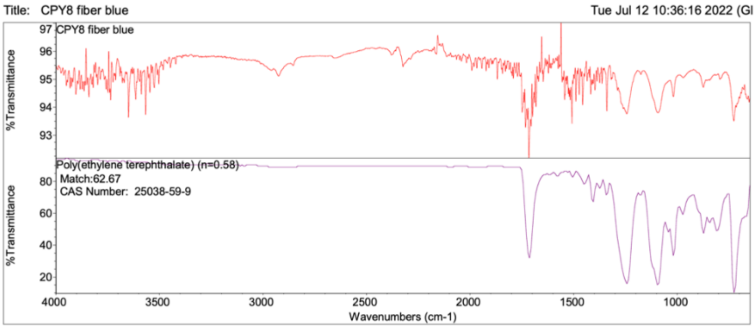




fragment / blue
polypropylene (PP)
Station CPY8
dry season

รูปภาคผนวก ข-2 ใน“ฤดูแล้ง” (ต่อ)



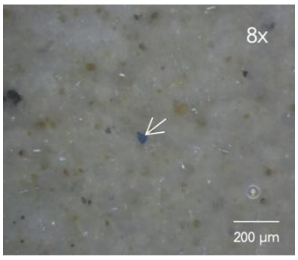


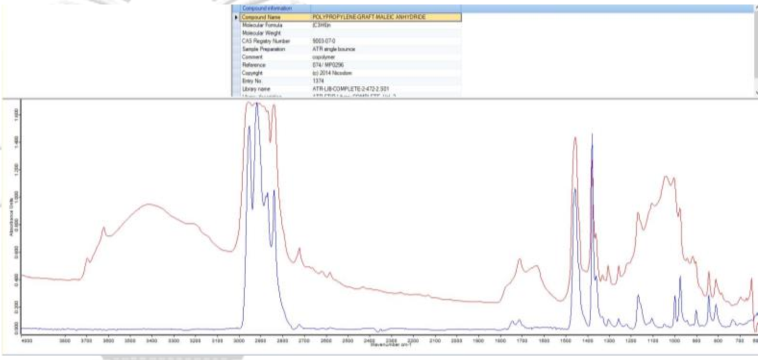
fiber / blue

polyethylene terephthalate (PET)

Station CPY8

dry season



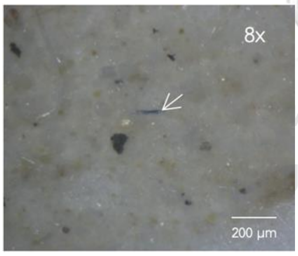


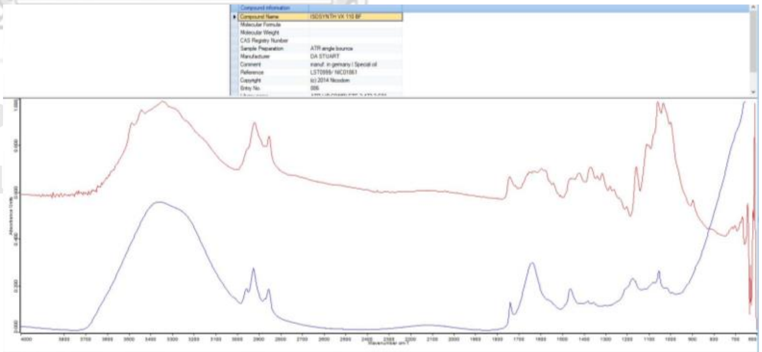
fragment / blue

polypropylene (PP)

Station CPY8

dry season





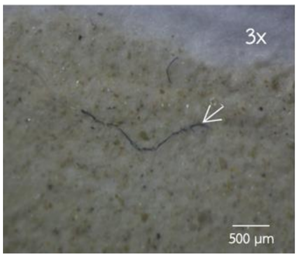
fiber / blue

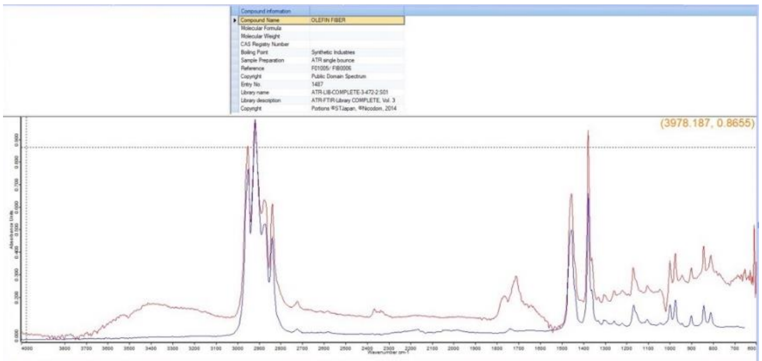
Isosynth VX 100 BF

Station CPY8

dry season

รูปภาคผนวก ข-2 ใน“ฤดูแล้ง” (ต่อ)





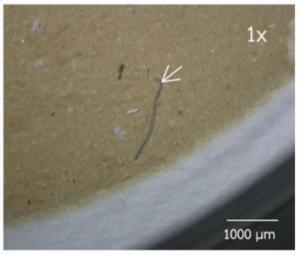
fiber / blue

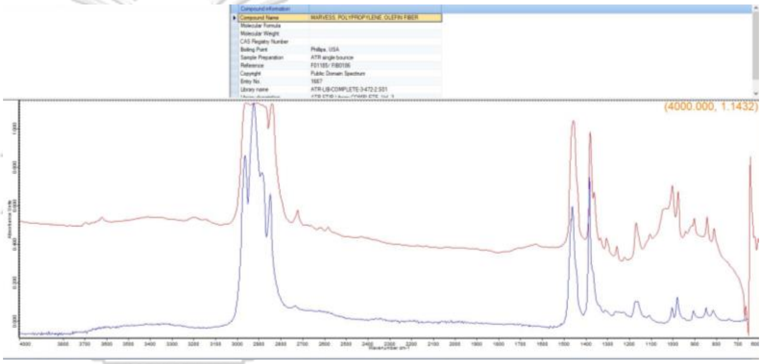
olefin fiber

polypropylene (PP)

Station CPY9

dry season



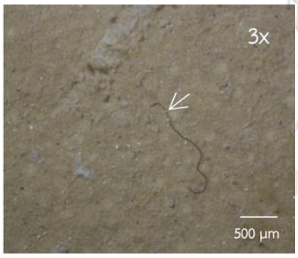


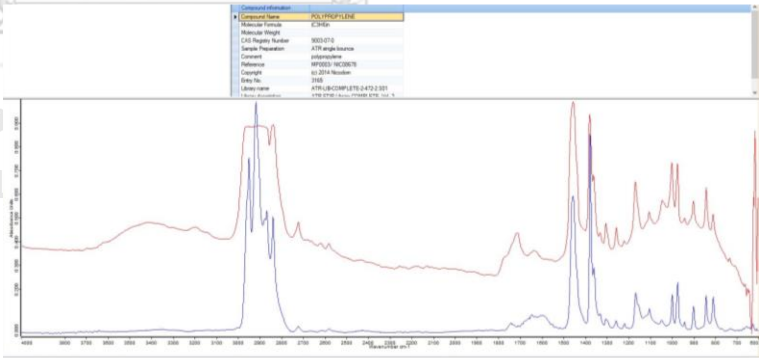
fiber / blue

polypropylene (PP)

Station CPY9

dry season





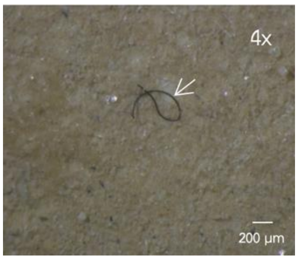
fiber / black

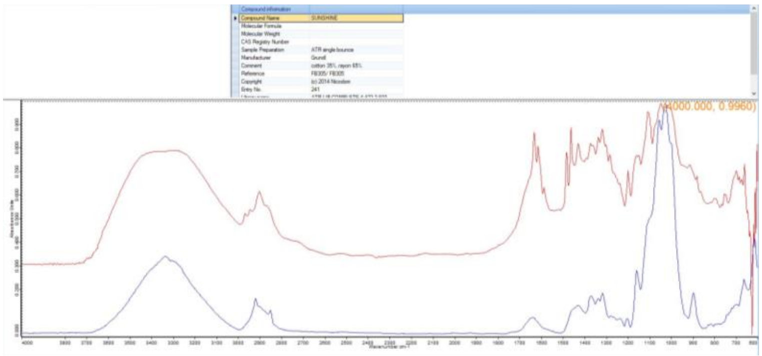
polypropylene (PP)

Station CPY9

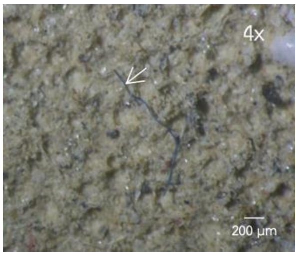
dry season

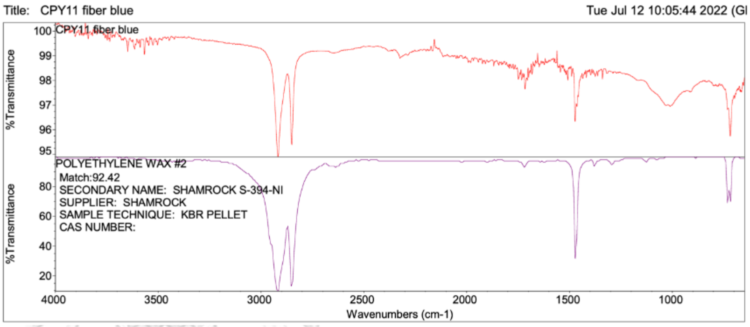
รูปภาคผนวก ข-2 ใน“ฤดูแล้ง” (ต่อ)





fiber / blue
sunshine fiber
Station CPY10
dry season





fiber / blue
polyethylene (PE)*
Station CPY11
dry season

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ข-2 รูปร่าง ชนิด และปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ใน “ฤดูน้ำแล้ง” วันที่ 6 เมษายน 2565

Shape	Type of Microplastics	Abundance (items)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
fragment	polypropylene (PP)	3	1	–	1	1	1	–	6	1	4	2	–
	polyethylene (PE)	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	acrylic (AC)	–	–	1	–	–	–	–	1	3	2	–	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
	others	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–
fiber	polypropylene (PP)	4	4	13	5	8	17	8	12	13	3	1	5
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	1	3
	polyester (PL)	2	–	4	–	–	–	–	2	–	–	1	4
	rayon (RY)	–	2	–	1	–	1	1	1	1	–	–	3
	acrylic (AC)	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	1	1	–	–	–	4	–	1	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
TOTAL		9	7	19	9	9	19	9	27	22	10	8	17

ภาคผนวก ค

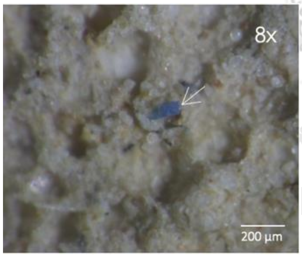
การจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกที่สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยาด้วย FTIR spectrum

ไมโครพลาสติกที่พบ ณ สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ตามพลวัตรน้ำขึ้นน้ำลง ได้เก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง ในช่วงเวลาที่น้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุดของ 1 รอบน้ำขึ้นน้ำลง พบตัวอย่างไมโครพลาสติกจำนวน 207 ชิ้น และสุ่มมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy 25 ชิ้น คิดเป็น 12.08%

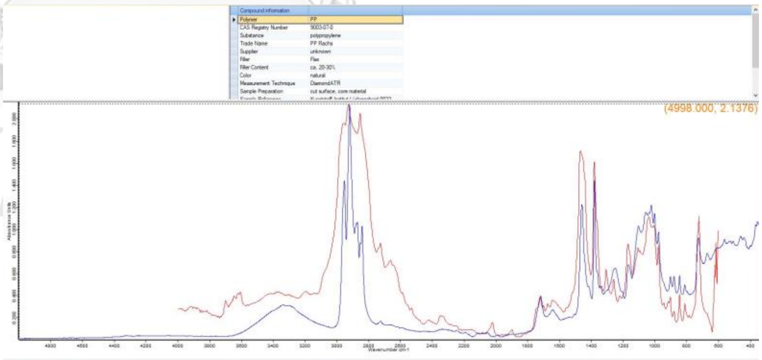
1. ไมโครพลาสติกในแต่ละช่วงเวลาของสถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลาก

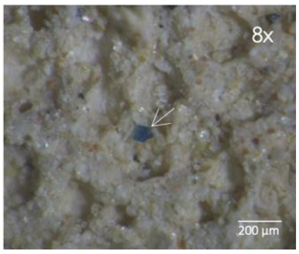
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวหน้าของสถานนีปากแม่น้ำเจ้าพระยา 6 ครั้ง ในช่วงเวลาที่น้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุดของ 1 รอบน้ำขึ้นน้ำลง ของ“ฤดูน้ำหลาก” (7–8 พฤศจิกายน 2564) พบไมโครพลาสติก 97 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy 17 ชิ้น (12.65%)

รูปภาคผนวก ค-1 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ใน“ฤดูน้ำหลาก” (7–8 พฤศจิกายน 2564)

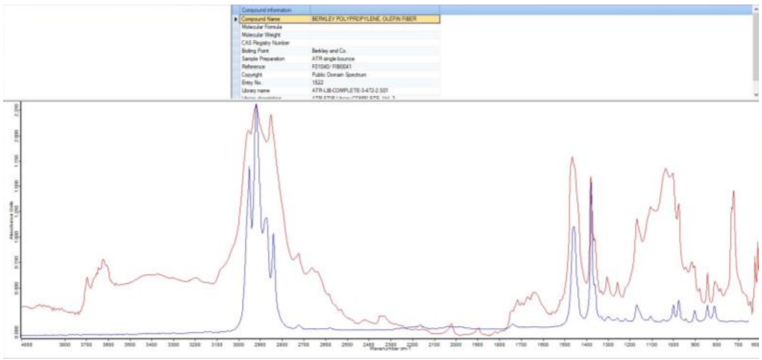


fragment / blue
polypropylene (PP)
7-11-64 / 1:00 PM

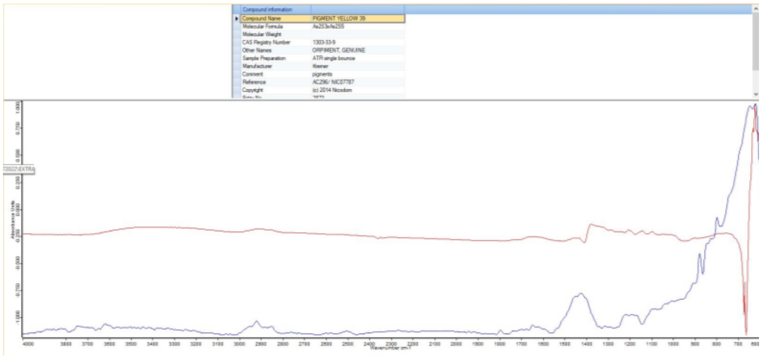




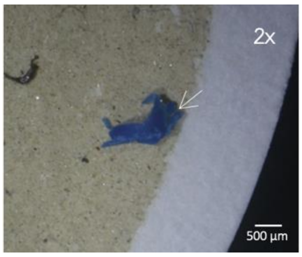
fragment / blue
polypropylene (PP)
7-11-64 / 1:00 PM

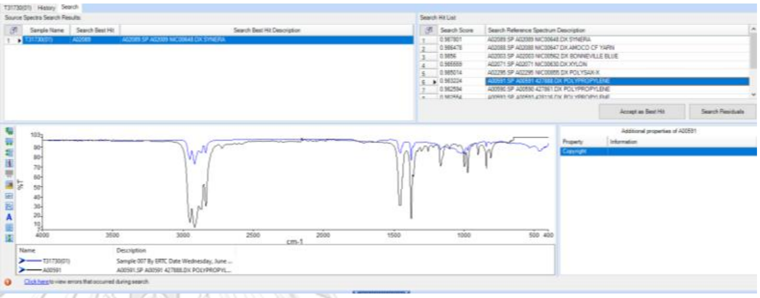


รูปภาคผนวก ค-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)

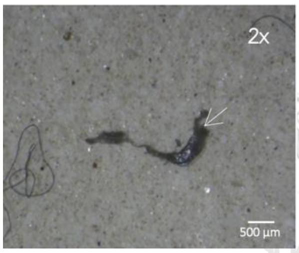


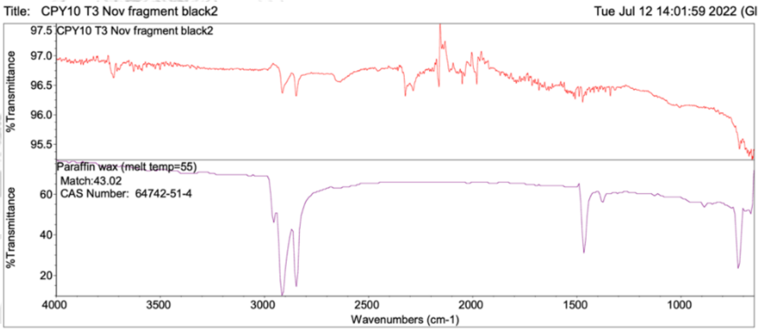
fiber / red
pigment yellow 39
7-11-64 / 1:00 PM



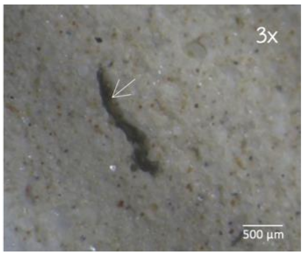


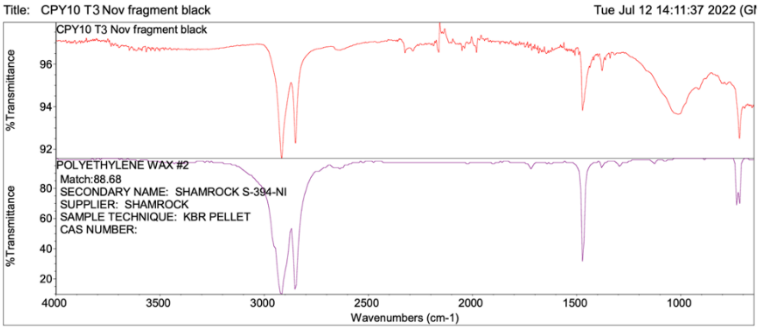
fragment / blue
polypropylene (PP)
7-11-64 / 5:30 PM





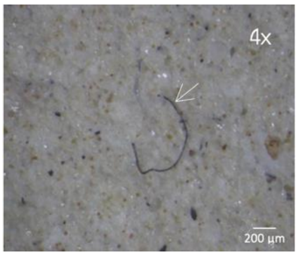
fragment / black
polyethylene (PE)*
7-11-64 / 5:30 PM

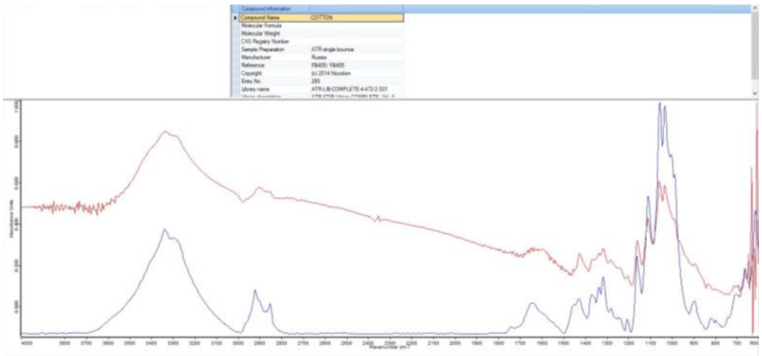




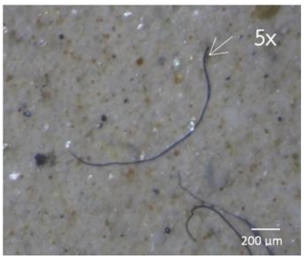
fragment / black
polyethylene (PE)*
7-11-64 / 5:30 PM

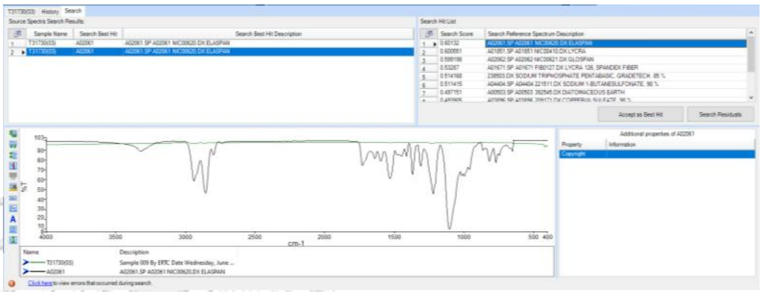
รูปภาคผนวก ค-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



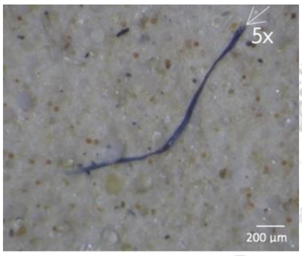


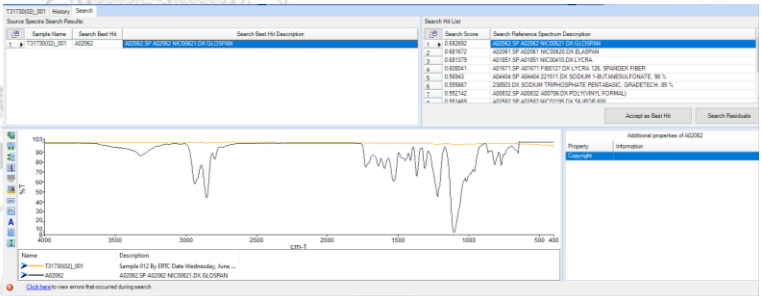
fiber / black
cotton
7-11-64 / 5:30 PM



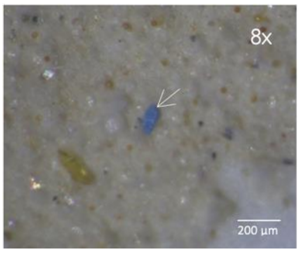


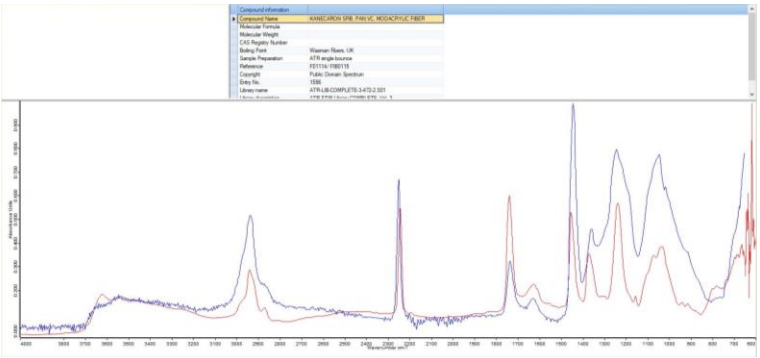
fiber / blue
elaspan – spandex fiber**
7-11-64 / 5:30 PM





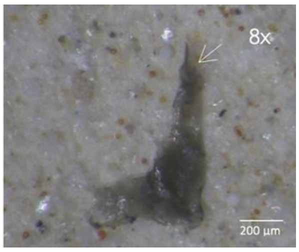
fiber / blue
Glospan – spandex fiber**
7-11-64 / 5:30 PM

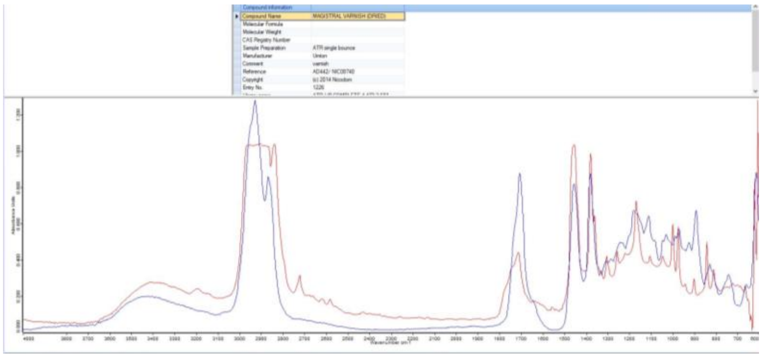




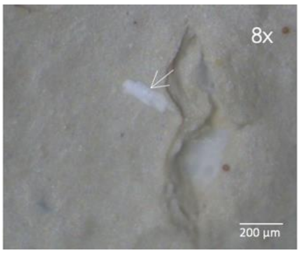
fragment / blue
acrylic (AC)
7-11-64 / 5:30 PM

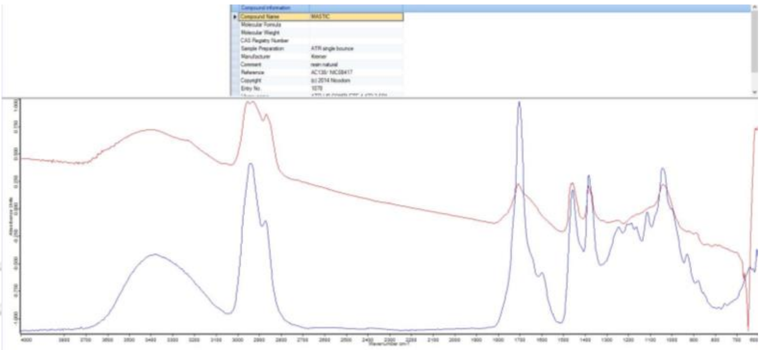
รูปภาคผนวก ค-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



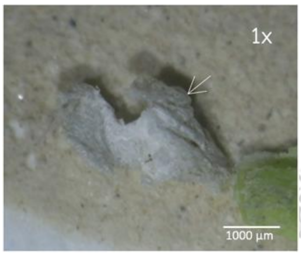


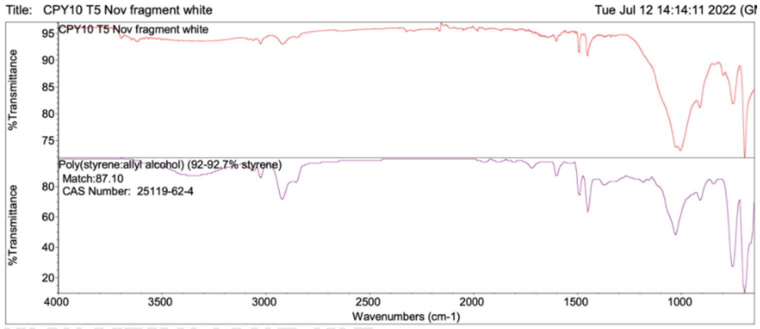
fragment / black
polypropylene (PP)
7-11-64 / 5:30 PM





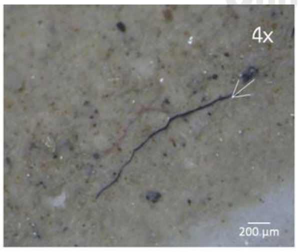
fragment / white
mastic
8-11-64 / 1:30 AM

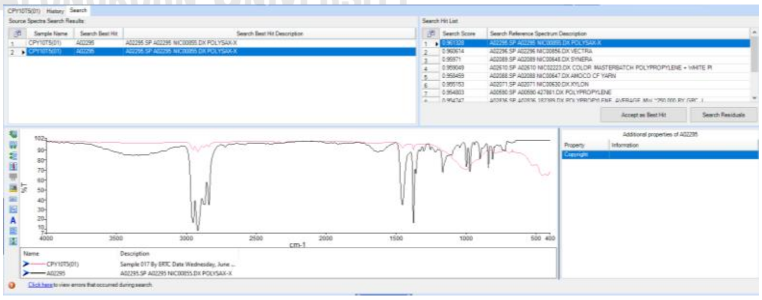




fragment / white
polystyrene (PS)*
8-11-64 / 8:30 AM

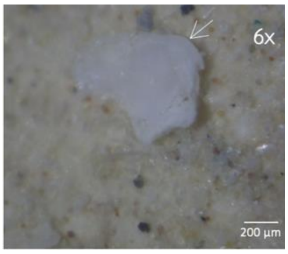
CHULALONGKORN UNIVERSITY

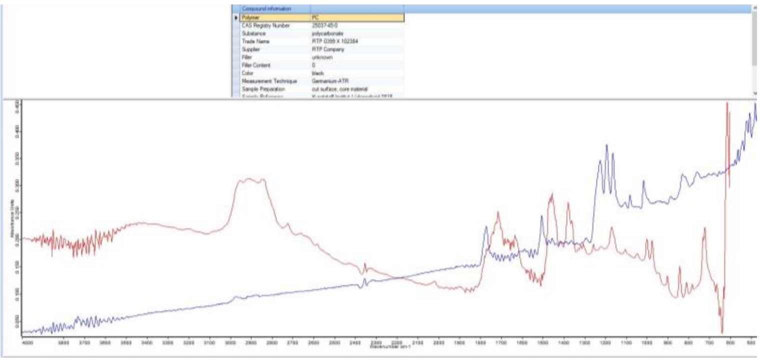




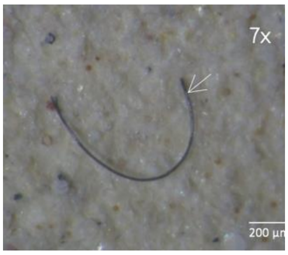
fiber / black
olefin fiber
polypropylene (PP)**
8-11-64 / 8:30 AM

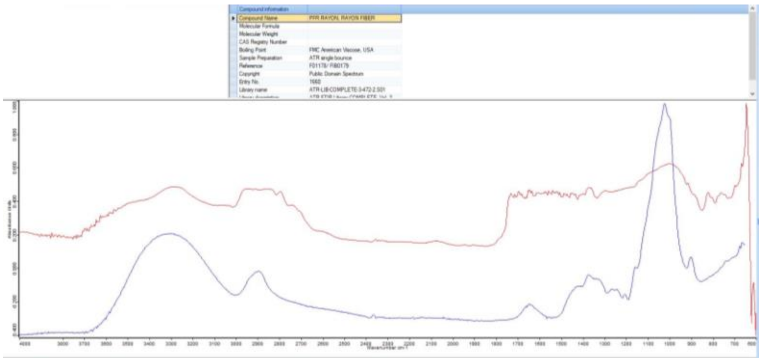
รูปภาคผนวก ค-1 ใน“ฤดูน้ำหลาก” (ต่อ)



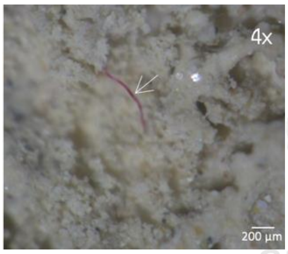


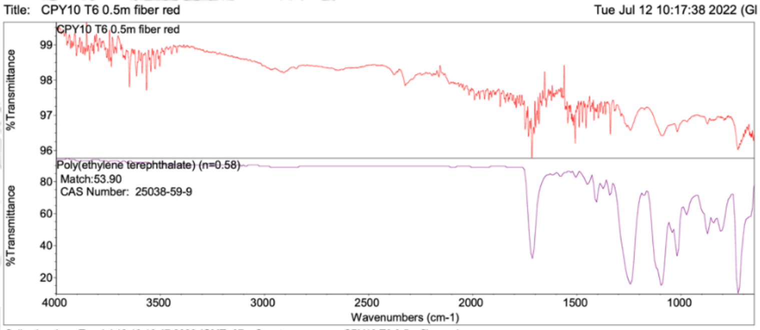
fragment / white
polycarbonate (PC)
8-11-64 / 8:30 AM





fiber / black
rayon (RY)
8-11-64 / 8:30 AM





fiber / red
polyethylene terephthalate (PET)*
8-11-64 / 1:30 AM

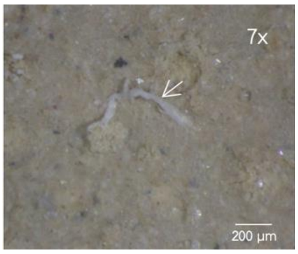
ตาราง ค-1 รูปร่าง ชนิด และปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำผิวหน้าของปากแม่น้ำเจ้าพระยา ใน 1 รอบน้ำขึ้น-น้ำลง ใน“ฤดูน้ำหลาก” วันที่ 7–8 พฤศจิกายน 2564

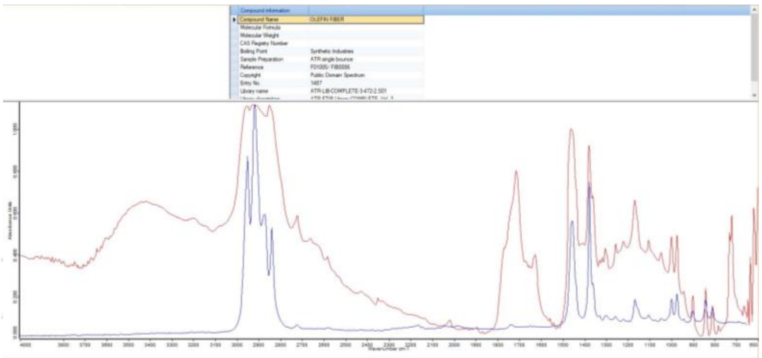
Shape	Type of Microplastics	Abundance(items)					
		7 November 2021			8 November 2021		
		7:30 AM	1:00 PM	5:30 PM	1:30AM	8:30 AM	1:30 PM
fragment	polypropylene (PP)	4	3	3	2	5	–
	polyethylene (PE)	–	–	3	–	–	–
	acrylic (AC)	–	–	3	–	–	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	1	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	1	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	1	–	–
	unidentified	–	–	1	–	1	–
fiber	polypropylene (PP)	1	–	19	7	10	2
	polyethylene (PE)	3	–	–	–	–	–
	polyester (PL)	2	–	–	–	1	–
	rayon (RY)	2	–	2	–	4	–
	acrylic (AC)	1	–	1	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	1
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	1	7	–	–	–
	unidentified	2	–	–	2	–	1
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
TOTAL		15	4	39	12	23	4

2. ไมโครพลาสติกในแต่ละช่วงเวลาของสถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง

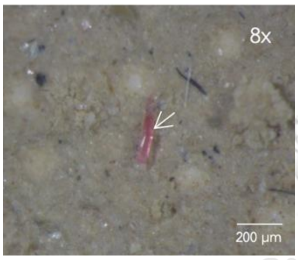
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวหน้าของแม่น้ำเจ้าพระยา ใน 1 รอบน้ำขึ้น-น้ำลง ในวันที่ 2-3 เมษายน 2565 (2022) ซึ่งเป็นตัวแทนของ “ฤดูน้ำแล้ง” พบไมโครพลาสติก 110 ชิ้น สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR spectroscopy 8 ชิ้น คิดเป็น 7.27%

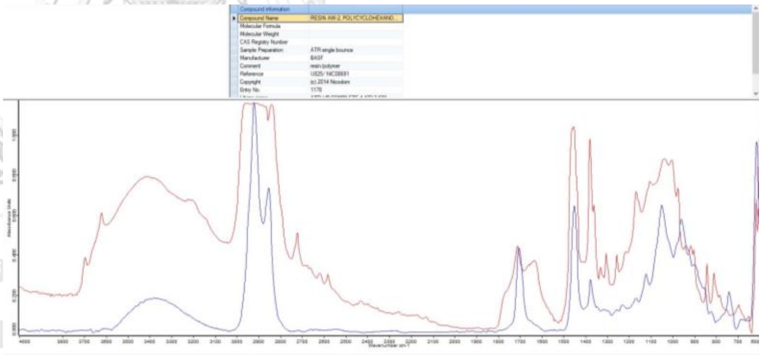
รูป ค-2 รูปและ FTIR spectrum ของตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานี CPY10) ใน“ฤดูน้ำแล้ง” (2–3 เมษายน 2565)



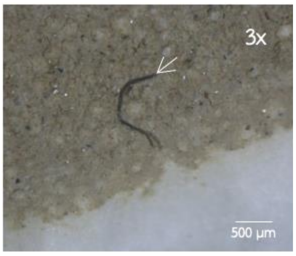


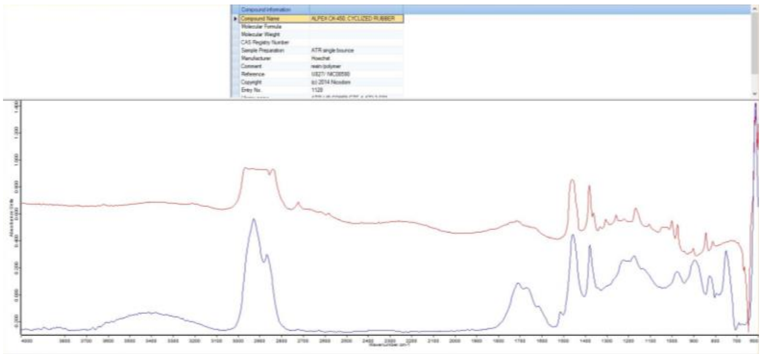
fragment / white
polypropylene (PP)
2-4-64 / 12:00 PM





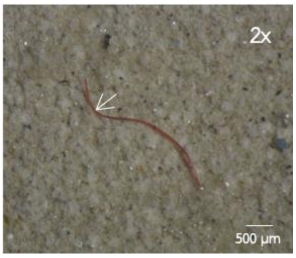
fragment / red
polyamide (PA)
2-4-64 / 12:00 PM

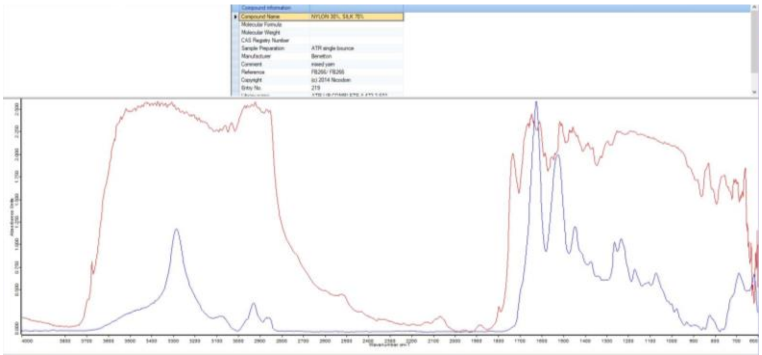




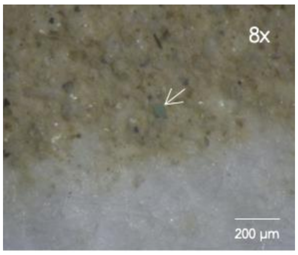
fiber / black
cyclized rubber
3-4-64 / 0:30 AM

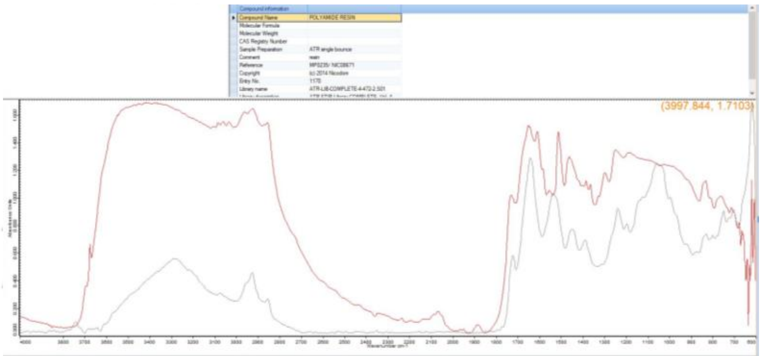
รูปภาคผนวก ค-2 ใน“ฤดูแล้ง” (ต่อ)



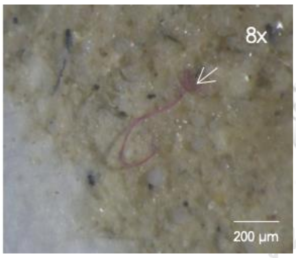


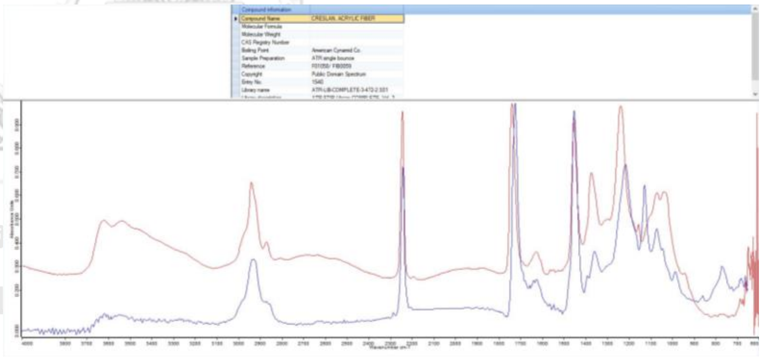
fiber / red
nylon+silk (30:70)
3-4-64 / 7:00 AM



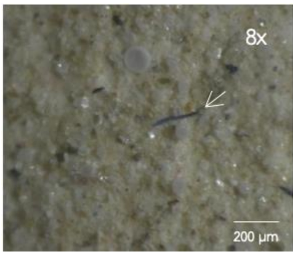


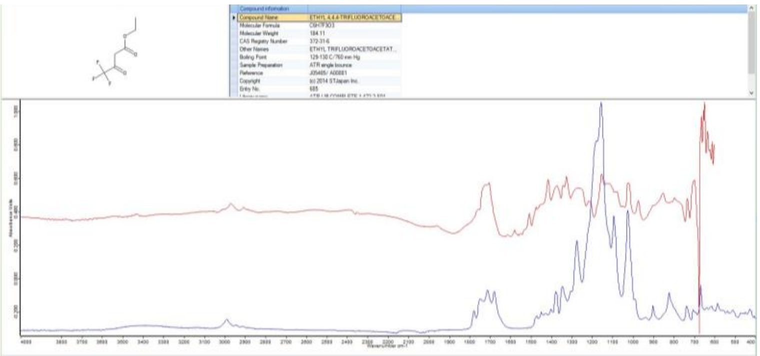
fragment / green
polyamide (PA)
3-4-64 / 7:00 AM





fiber / red
acrylic (AC)
3-4-64 / 7:00 AM





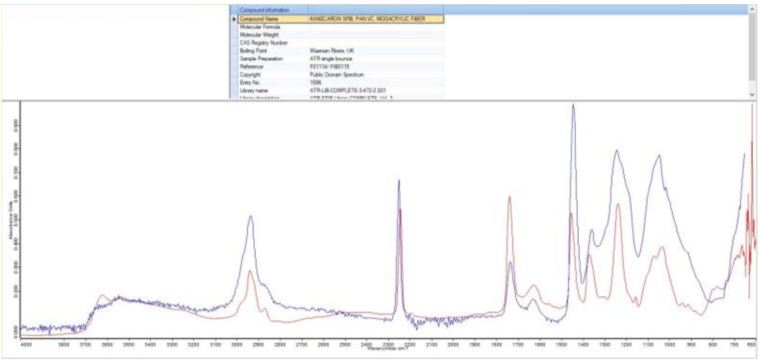
fiber / blue
ethyl 4,4,4-trifluoroacetate
3-4-64 / 7:00 AM

รูปภาคผนวก ค-2 ใน“ฤดูแล้ง” (ต่อ)

fiber / blue

acrylic (AC)

3-4-64 / 7:00 AM



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ค-2 รูปร่าง ชนิด และปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำผิวหน้าของปากแม่น้ำเจ้าพระยา ใน 1 รอบน้ำขึ้น-น้ำลง ใน“ฤดูแล้ง” วันที่ 2–3 เมษายน 2565

Shape	Type of Microplastics	Abundance(items)					
		2 April 2022			3 April 2022		
		6:15 AM	12:00 PM	6:30 PM	1:30AM	8:30 AM	1:30 PM
fragment	polypropylene (PP)	2	9	1	4	4	2
	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	acrylic (AC)	–	1	–	–	–	–
	phenol formaldehyde (PF)	–	–	–	–	–	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	1	–	–	2	–
	others	–	–	–	–	1	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
fiber	polypropylene (PP)	–	8	4	5	3	5
	polyethylene (PE)	1	2	1	–	2	–
	polyester (PL)	2	10	2	3	7	1
	rayon (RY)	1	7	3	1	2	2
	acrylic (AC)	–	–	–	1	3	–
	polycarbonate (PC)	–	–	–	–	–	–
	thermoplastic polyurethane (TPU)	–	–	–	–	–	–
	polyethylene terephthalate (PET)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	styrene-ethylene-butylene-styrene (SEBS)	–	–	–	–	–	–
	others	–	–	–	1	2	–
	unidentified	–	1	–	–	–	1
film	polyethylene (PE)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
pellet	polypropylene (PP)	–	1	–	–	1	–
	polystyrene (PS)	–	–	–	–	–	–
	polyamide (PA)	–	–	–	–	–	–
	unidentified	–	–	–	–	–	–
TOTAL		6	40	11	15	27	11

ภาคผนวก ง จำนวนไมโครพลาสติกจำแนกตามขนาด รูปร่าง สี และชนิด

ง.1 จำนวนไมโครพลาสติกจำแนกตามขนาด

จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเข้าสู่ระบบและออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานครทั้ง 8 แห่ง และไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา เจ้าพระยา ได้กรองแยกไมโครพลาสติกโดยใช้แผ่นกรอง GF/B 1.0 µm นำแผ่นกรองไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ถ่ายรูปด้วยกล้องที่ต่อกับกล้องจุลทรรศน์ นำรูปไปวัดขนาดไมโครพลาสติกผ่านโปรแกรม ImageJ และแบ่งช่วงขนาดของไมโครพลาสติกที่พบเป็น 20 ช่วง ตั้งแต่ 20–5,000 µm ได้บันทึกข้อมูลมาแสดงดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ง.1-1 จำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) “จำแนกตามขนาด” ที่พบในตัวอย่าง “น้ำเสียเข้าสู่ระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร

Date	Plant	size (µm)																			
		0-250	251-500	501-750	751-1,000	1,001-1,250	1,251-1,500	1,501-1,750	1,751-2,000	2,001-2,250	2,251-2,500	2,501-2,750	2,751-3,000	3,001-3,250	3,251-3,500	3,501-3,750	3,751-4,000	4,001-4,250	4,251-4,500	4,501-4,750	4,751-5,000
21.06.64	BS	30	10	4	6	1	1	2	1	1	1	1	3	–	2	–	–	–	–	–	–
	JJ	4	2	2	2	1	1	1	1	1	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–
	DD	–	1	2	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	RT	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	5	1	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CNS	2	1	1	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	NK	2	1	3	1	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
	TC	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–
23.06.64	BS	2	6	2	3	–	1	–	1	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–
	JJ	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	DD	–	5	4	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	RT	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	2	–	3	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CNS	3	2	2	1	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	NK	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TC	4	2	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25.06.64	BS	8	9	1	1	–	1	–	–	1	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–
	JJ	30	7	2	1	1	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	DD	5	6	3	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–
	RT	4	1	2	–	1	–	1	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	1	–	–	–	–	1	–	–	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CNS	10	2	6	–	5	–	–	–	–	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	NK	1	1	2	1	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TC	5	2	1	3	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตาราง ง.1-2 จำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) “จำแนกตามขนาด” ที่พบในตัวอย่าง “น้ำทิ้งออกจากระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร

Date	Plant	size (μm)																			
		0-250	251-500	501-750	751-1,000	1,001-1,250	1,251-1,500	1,501-1,750	1,751-2,000	2,001-2,250	2,251-2,500	2,501-2,750	2,751-3,000	3,001-3,250	3,251-3,500	3,501-3,750	3,751-4,000	4,001-4,250	4,251-4,500	4,501-4,750	4,751-5,000
21.06.64	BS	5	4	2	3	1	2	1	–	–	–	1	–	–	–	–	1	1	–	1	–
	JJ	35	15	6	1	2	–	2	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
	DD	5	8	4	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	RT	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	5	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CNS	6	5	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
	NK	2	7	2	2	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TC	13	12	5	2	5	1	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23.06.64	BS	15	4	1	1	2	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	JJ	22	5	6	4	1	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	DD	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	RT	3	–	–	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	–	–	–	1	–	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CNS	4	2	2	1	–	1	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	NK	2	1	1	2	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TC	2	4	2	1	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25.06.64	BS	5	1	2	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	JJ	12	9	6	3	5	4	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	DD	–	3	4	5	–	–	1	–	–	1	–	–	1	–	1	–	–	–	–	–
	RT	6	4	7	7	3	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	–	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CNS	5	–	2	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–
	NK	3	6	3	4	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TC	1	1	3	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	–

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตาราง ง.1-3 จำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) “จำแนกตามขนาด” พบในตัวอย่างแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครและปากแม่น้ำเจ้าพระยา “ฤดูน้ำหลาก”

Date	station	size (µm)																			
		0-250	251-500	501-750	751-1,000	1,001-1,250	1,251-1,500	1,501-1,750	1,751-2,000	2,001-2,250	2,251-2,500	2,501-2,750	2,751-3,000	3,001-3,250	3,251-3,500	3,501-3,750	3,751-4,000	4,001-4,250	4,251-4,500	4,501-4,750	4,751-5,000
07.11.21	T1	5	3	2	3	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CPY10	T2	3	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	T3	10	9	8	2	3	4	1	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–
08.11.21	T4	6	1	3	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CPY10	T5	3	2	12	4	1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	T6	2	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.11.21	CPY1	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY2	–	2	1	1	2	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
	CPY3	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY4	3	5	1	1	–	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY5	4	4	3	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY6	4	2	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY7	24	6	4	1	2	–	1	–	–	–	1	–	–	–	1	1	–	–	–	–
	CPY8	4	1	2	2	1	2	–	–	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–
	CPY9	1	–	2	2	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
	CPY10	6	1	2	5	2	1	1	–	–	–	–	1	–	–	–	1	–	–	–	–
	CPY11	6	5	2	5	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY12	3	1	4	2	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ตาราง ง.1-4 จำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) "จำแนกตามขนาด" พบในตัวอย่างแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครและปากแม่น้ำเจ้าพระยา "ฤดูแล้ง"

Sampling date	Wastewater treatment plant	size (µm)																			
		0-250	251-500	501-750	751-1,000	1,001-1,250	1,251-1,500	1,501-1,750	1,751-2,000	2,001-2,250	2,251-2,500	2,501-2,750	2,751-3,000	3,001-3,250	3,251-3,500	3,501-3,750	3,751-4,000	4,001-4,250	4,251-4,500	4,501-4,750	4,751-5,000
07.11.21	T1	1	2	1	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CPY10	T2	18	11	5	1	2	1	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	T3	2	4	1	–	3	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
08.11.21	T4	6	3	3	2	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CPY10	T5	10	5	4	–	1	2	–	–	2	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	T6	4	2	1	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.11.21	CPY1	4	2	1	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY2	1	4	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY3	1	8	1	3	1	1	–	2	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–
	CPY4	–	2	1	1	–	1	1	1	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY5	2	1	3	1		1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY6	3	4	6	–	1	1	1	–	–	–	–	–	1	1	1	–	1	–	–	–
	CPY7	4	1	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1	–	–	–
	CPY8	12	7	2	4	–	–	1	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–
	CPY9	5	2	2	2	2	3	1	1	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
	CPY10	5	2	1	–	1	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY11	4	1	1	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY12	1	4	3	2	1	2	1	1	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	1	–

หมายเหตุ "–" ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้อง

ง.2 จำนวนไมโครพลาสติกจำแนกตามรูปร่าง สี และชนิด

จากการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเข้าสู่ระบบและออกจากระบบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานครทั้ง 8 แห่ง และไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา ได้กรองแยกไมโครพลาสติกโดยใช้แผ่นกรอง GF/B 1.0 µm นำแผ่นกรองไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ เพื่อระบุรูปร่าง และสี และนำไมโครพลาสติกบนแผ่นกรองไปวิเคราะห์ชนิดด้วยเครื่อง FTIR spectrometer ซึ่งได้บันทึกข้อมูลมาแสดงดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ง.2-1 จำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) จำแนกตามรูปร่าง สี และชนิด ที่พบในตัวอย่าง “น้ำเข้าสู่ระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร เก็บตัวอย่างวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

		shape				color						type													
Date	Plant	fragment	fiber	film	pellet	transparent	white	black	red	green	blue	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	PF	TPU	SEBS	others	unidentified
21.06.21	BS	11	41	–	11	2	3	7	4	15	32	16	12	1	12	10	1	–	–	–	–	–	–	6	5
	JJ	8	7	1	–	1	1	1	5	3	5	9	–	–	–	2	1	–	–	–	–	–	–	1	3
	DD	3	–	–	1	–	3	–	–	1	–	2	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
	RT	2	–	–	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2
	SPY	5	3	–	–	–	1	–	2	1	4	5	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	1
	CNS	2	4	–	–	2	–	2	1	–	1	1	–	–	–	2	1	–	–	–	–	–	–	–	2
	NK	6	5	–	–	1	1	2	–	1	6	4	2	–	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	1
	TC	1	2	–	–	–	–	–	1	1	1	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1
23.06.21	BS	1	16	–	–	1	–	1	2	–	13	10	–	–	–	5	–	–	–	–	–	–	–	–	2
	JJ	1	1	–	–	–	–	–	1	–	1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	DD	1	9	–	–	–	–	–	1	–	9	2	–	–	–	7	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	RT	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	4	3	–	–	–	–	2	–	2	3	5	–	–	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–
	CNS	1	10	–	–	–	–	2	4	1	4	3	–	2	–	2	4	–	–	–	–	–	–	–	–
	NK	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	TC	3	3	–	2	–	3	–	–	2	3	1	–	–	2	3	–	1	1	–	–	–	–	–	–
25.06.21	BS	5	16	–	–	–	–	2	1	1	17	17	–	1	–	1	1	–	–	–	–	–	–	1	–
	JJ	25	17	–	–	–	–	1	23	11	7	27	2	7	–	2	2	–	–	1	–	–	–	1	–
	DD	6	9	–	1	2	3	1	1	1	8	5	1	–	1	4	4	1	–	–	–	–	–	–	–
	RT	5	6	–	–	–	1	–	2	2	6	4	1	–	–	–	2	–	–	1	–	–	–	1	2
	SPY	3	2	–	–	–	–	–	4	–	1	1	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	2
	CNS	4	19	–	–	–	1	5	5	3	9	7	2	3	–	5	5	–	–	–	–	–	–	1	–
	NK	3	3	–	–	–	–	2	1	1	2	3	–	–	–	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	TC	1	10	–	1	–	–	5	2	2	3	3	–	–	1	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้องและไม่พบไมโครพลาสติกชนิดดังกล่าวจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy

ตาราง ง.2-2 จำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) จำแนกตามรูปร่าง สี และชนิด ที่พบในตัวอย่าง “น้ำออกจากระบบ” ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร เก็บตัวอย่างวันที่ 21, 23 และ 25 มิถุนายน 2564

		shape				color						type													
Date	Plant	fragment	fiber	film	pellet	transparent	white	black	red	green	blue	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	PF	TPU	SEBS	others	unidentified
21.06.21	BS	6	16	–	–	–	–	3	3	5	11	14	–	1	–	6	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	JJ	47	16	–	–	3	3	3	26	24	4	30	–	26	–	4	–	–	–	–	–	–	–	1	2
	DD	7	10	–	1	–	3	2	1	3	9	11	1	–	1	2	–	–	1	–	–	–	–	–	2
	RT	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	6	2	–	–	–	–	–	3	2	3	5	–	1	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CNS	10	6	–	–	1	–	2	–	9	4	9	1	1	–	2	2	–	–	–	–	–	–	–	–
	NK	8	6	–	1	1	1	2	1	7	3	8	–	1	–	3	1	–	–	–	–	–	–	–	2
	TC	35	3	–	2	–	34	–	2	2	2	30	–	1	–			–	–	–	–	–	–	7	2
23.06.21	BS	7	16	–	–	–	3	4	5	2	9	7	–	4	–	5	3	–	–	–	–	–	–	2	2
	JJ	27	13	–	–	1	–	1	22	9	7	14	2	16	–	5	3	–	–	–	–	–	–	–	–
	DD	–	1	–	1	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–
	RT	3	2	–	–	–	–	–	2	2	1	2	–	2	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	SPY	2	1	–	–	–	1	1	1	–	–	1	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	1	–
	CNS	6	6	–	–	–	3	2	2	–	5	5	–	2	–	2		2	–	–	–	–	–	1	–
	NK	4	4	–	–	1	–	1	1	3	2	4	–	–	–	2	–	–	–	1	–	–	–	1	–
	TC	4	6	–	–	–	3	1	4	–	2	5	1	1	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25.06.21	BS	4	6	–	–	–	–	–	2	–	8	5	–	–	–	–	3	–	–	–	–	–	–	2	–
	JJ	34	6	–	–	1	5	–	16	13	5	29	–	2	–	2	–	–	–	–	1	1		3	2
	DD	1	16	–	–	1	–	7	1	–	8	2	1	–	–	10	2	–	–	1	–	–	–	1	–
	RT	15	13	–	1	1	3	2	12	2	9	12	2	2	–	4	1		1	2	1	–	–	1	3
	SPY	–	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–
	CNS	3	7	–	–	1	1	2	2	1	3	3	–	2	–	4	1	–	–	–	–	–	–	–	1
	NK	9	8	–	–	–	3	1	2	5	6	7	–	1	–	5	2	2	–	–	–	–	–	–	–
	TC	7	2	–	–	–	5	1	1	1	1	7	–	1	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้องและไม่พบไมโครพลาสติกชนิดดังกล่าวจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy

ตาราง ง.2-3 จำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) จำแนกตามรูปร่าง สี และชนิด ที่พบในตัวอย่างแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครและปากแม่น้ำเจ้าพระยา “ฤดูน้ำหลาก” เก็บตัวอย่างวันที่ 7–8 และ 11 พฤศจิกายน 2564

		shape				color						type													
Date	station	fragment	fiber	film	pellet	transparent	white	black	red	green	blue	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	PF	TPU	SEBS	others	unidentified
07.11.21 CPY10	T1	4	11	–	–	2	–	1	–	2	10	5	3	1	–	2	2	–	–	–	–	–	–	2	–
	T2	1	3	–	–	–	–	–	1	–	3	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
	T3	11	28	–	–	1	1	14	2	2	19	22	3	4	–	–	2	–	–	–	–	–	–	7	1
08.11.21 CPY10	T4	3	9	–	–	1	3	4	–	–	4	9	–	–	–	–		–	–	–	–	–	–	1	2
	T5	7	16	–	–	–	3	1	5	3	11	15	–	–	1	1	4	1	–	–	–	–	–	–	1
	T6	–	4	–	–	–	–	1	3	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	1
11.11.21	CPY1	3	–	–	–	–	–	–	–	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	–
	CPY2	1	7	–	–	2	1	3	1	–	1	2	–	–	–	1	3	–	–	–	–	–	–	2	–
	CPY3	–	3	–	–	–	–	3	–	–	–	1	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY4	–	6	6	–	4	1	5	–	1	1	4	6	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY5	4	8	–	–	–	–	3	3	2	4	7	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	4	–
	CPY6	3	5	–	–	–	–	4	–	1	3	8	–	–	–		–	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY7	17	21	2	–	6	1	2	5	8	18	21	7	–	–	2	9	–	–	–	–	–	–	1	–
	CPY8	1	13	–	–	1	–	–	6	–	7	4	2	–	–	3	3	–	–	–	–	–	–	1	1
	CPY9	–	8	–	–	–	–	2	2	–	4	1	2	–	–	3	2	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY10	1	18	1	–	1	–	2	2	1	14	5	3	–	–	3	9	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY11	3	16	–	–	1	–	2	3	2	11	5	1	2	–	1	2	1	–	–	–	–	–	6	1
	CPY12	1	11	–	–	–	–	4	2	1	5	6	–	–	–	2	1		1	–	–	–	1	1	–

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้องและไม่พบไมโครพลาสติกชนิดดังกล่าวจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy

ตาราง ง.2-4 จำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) จำแนกตามรูปร่าง สี และชนิด ที่พบในตัวอย่างแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครและปากแม่น้ำเจ้าพรพยา “ฤดูน้ำแล้ง” เก็บตัวอย่างวันที่ 2–3 และ 6 เมษายน 2565

		shape				color						type													
Date	station	fragment	fiber	film	pellet	transparent	white	black	red	green	blue	PP	PE	AC	PS	PL	RY	PC	PA	PET	PF	TPU	SEBS	others	unidentified
02.04.22 CPY10	T1	2	4	–	–	1	–	2	–	1	2	2	1	–	–	2	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	T2	11	28	–	1	–	1	6	6	4	23	18	2	1	–	10	7	–	1	–	–	–	–	–	1
	T3	1	10	–	–	–	–	4	2	–	5	5	1	–	–	2	3	–	–	–	–	–	–	–	–
03.04.22 CPY10	T4	4	11	–	–	–	–	2	5	1	7	9	–	1	–	3	1	–	–	–	–	–	–	1	–
	T5	7	19	–	1	1	–	6	9	2	9	8	2	3	–	7	2		2	–	–	–	–	3	–
	T6	2	9	–	–	–	–	3	–	–	8	7	–	–	–	1	2			–	–	–	–	1	–
06.04.22	CPY1	3	6	–	–	–	–	1	2	2	4	7	–	–	–	2		–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY2	1	6	–	–	–	–	1	2	–	4	5	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY3	1	18	–	–	1	–	1	3	1	13	13	–	1	–	4		–	–	–	–	–	–	1	–
	CPY4	2	7	–	–	–	–	2	2	–	5	6	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	1	–
	CPY5	1	8	–	–	–	–	2	1	1	5	9	–	–	–	–		–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY6	1	19	–	–	–	–	5	–	–	15	18	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY7	–	9	–	–	–	–	1	1	–	7	8	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	CPY8	7	20	–	–	–	–	4	2	5	16	18	–	1	–	2	1	–	–	1	–	–	–	4	–
	CPY9	5	17	–	–	–	–	–	9	–	13	14	2	4	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1
	CPY10	6	4	–	–	–	–	2	1	3	4	7	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–
	CPY11	5	3	–	–	–	–	1	4	–	3	3	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	3	–
																									1

หมายเหตุ “–” ไม่พบตัวอย่างจากการส่องกล้องและไม่พบไมโครพลาสติกชนิดดังกล่าวจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR spectroscopy

ภาคผนวก จ ส่วนประกอบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำกรุงเทพมหานคร

จ.1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ

สถานีสูบน้ำเสียเข้าระบบ

ตะแกรงดักขยะขนาดใหญ่

ตะแกรงดักขยะขนาดเล็ก

ถังเลี้ยงเชื้อแบบไร้ออกซิเจน

ถังเลี้ยงเชื้อแบบมีออกซิเจน

ถังตกตะกอน

Membrane Filtration

เครื่องรีดตะกอน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ จ-1 ส่วนประกอบของโรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ

จ.2 โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

สถานีสูบน้ำ

ตะแกรงดักขยะหยาบ

ตะแกรงดักขยะละเอียด

ถังดักกรวดทราย

สถานีสูบน้ำ CASS

บ่อบำบัดแบบ CASS

outfall cascade

รูปที่ จ-2 ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จ.3 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

ตะแกรงดักขยะละเอียด

บ่อดักกรวดทราย

ถังเติมอากาศ

ถังดักตะกอน

ถังเติมอากาศของระบบกำจัดตะกอน

ถังตกตะกอน

Scrubber กำจัดกลิ่น

ถังเก็บสารเคมีสำหรับระบบกำจัดกลิ่น

รูปที่ จ-3 ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จ.4 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

ตะแกรงดักขยะหยาบ

ตะแกรงดักขยะละเอียด
และบ่อดักกรวดทราย

ถังเติมอากาศขั้นแรก

ถังตกตะกอนขั้นแรก

ถังเติมอากาศขั้นที่สอง

ถังตกตะกอนขั้นที่สอง

ถังเพิ่มความเข้มข้นของ
ตะกอน

เครื่องรีดตะกอนแบบสายพาน

รูปที่ จ-4 ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

จ.5 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

ตะแกรงดักขยะหยาบ

ตะแกรงดักขยะละเอียด

บ่อรวบรวมน้ำเสีย และเครื่องสูบน้ำเสีย

บ่อดักกรวดทราย

บ่อสัมผัส และบ่อย่อยสลาย

ถังตกตะกอน

ถังเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน

เครื่องรีดตะกอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ จ-5 ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

จ.6 โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

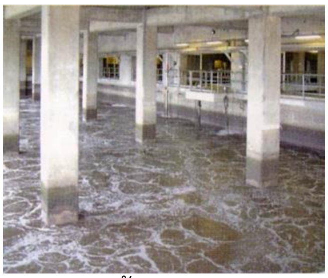
สถานีสูบน้ำเข้าระบบ

Storm Pumping Station

Dynamic Separator

ตะแกรงดักขยะละเอียด

สถานีสูบน้ำเข้าระบบแบบ CASS


บ่อบำบัดน้ำเสียแบบ CASS

Outfall cascade

ชุดเตรียมสารเคมีสำหรับเครื่องรีดตะกอน

เครื่องผสมตะกอนกับปูนมาร์ล

รูปที่ จ-6 ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จ.7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

สถานีสูบน้ำเสียเข้าระบบ

ตะแกรงดักขยะละเอียด

บ่อดักกรวดทราย

ถังเติมอากาศ

ถังตกตะกอน

เครื่องรีดตะกอนแบบ

สายพาน

ถังย่อย

ระบบกำจัดกลิ่น

ตะกอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ จ-7 ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

จ.8 โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

ตะแกรงดักขยะหยาบ

สถานีสูบน้ำเสียเข้าระบบ

ตะแกรงดักขยะละเอียด

บ่อกำจัดกรวดทราย

ถังเติมอากาศ

ถังตกตะกอน

เครื่องรีดตะกอน

ชุดอุปกรณ์เตรียมโพลิเมอร์

ระบบกำจัดกลิ่น

รูปที่ จ-8 ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ทางสถิติ

ฉ.1 เปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำเข้าเสียสู่ระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบ ของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ ทั้ง 8 แห่ง

ตาราง ฉ.1-1 โรงควบคุมคุณภาพน้ำบางซื่อ

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
BS 21	2	14800	7400	54080000
BS 23	2	5700	2850	605000
BS 25	2	5200	2600	5120000

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	29203333.33	2	14601666.7	0.73246384	0.55075727	9.5520945
Within Groups	59805000	3	19935000			
Total	89008333.33	5				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ฉ.1-2 โรงควบคุมคุณภาพน้ำจตุจักร

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
JJ 21	2	9500	4750	4805000
JJ 23	2	4400	2200	6480000
JJ 25	2	12400	6200	9680000

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	16403333.33	2	8201666.67	1.1736227	0.420229666	9.5520945
Within Groups	20965000	3	6988333.33			
Total	37368333.33	5				

ตาราง ฉ.1-3 โรงควบคุมคุณภาพน้ำดินแดง

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
DD 21	2	2600	1300	500000
DD 23	2	2200	1100	1620000
DD 25	2	4900	2450	1125000

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2123333.333	2	1061666.67	0.98151002	0.469962105	9.5520945
Within Groups	3245000	3	1081666.67			
Total	5368333.333	5				

ตาราง ฉ.1-4 โรงควบคุมคุณภาพน้ำรัตนโกสินทร์

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
RT 21	2	500	250	45000
RT 23	2	700	350	45000
RT 25	2	5100	2550	245000

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	6760000	2	3380000	30.2686567	0.010259793	9.5520945
Within Groups	335000	3	111666.667			
Total	7095000	5				

ตาราง ฉ.1-5 โรงควบคุมคุณภาพน้ำสี่พระยา

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
SPY 21	2	2400	1200	320000
SPY 23	2	1700	850	605000
SPY 25	2	1200	600	320000

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	363333.333	2	181666.667	0.437751	0.68106715	9.5520945
Within Groups	1245000	3	415000			
Total	1608333.33	5				

ตาราง ฉ.1-6 โรงควบคุมคุณภาพน้ำช่องนนทรี

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
CNS 21	2	2800	1400	80000
CNS 23	2	3400	1700	500000
CNS 25	2	5600	2800	6480000

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2173333.33	2	1086666.67	0.46175637	0.66860448	9.5520945
Within Groups	7060000	3	2353333.33			
Total	9233333.33	5				

ตาราง ฉ.1-7 โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
NK 21	2	3700	1850	245000
NK 23	2	800	400	320000
MK 25	2	2900	1450	125000

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	2243333.33	2	1121666.67	4.87681159	0.11408578	9.5520945
Within Groups	690000	3	230000			
Total	2933333.33	5				

ตาราง ฉ.1-8 โรงควบคุมคุณภาพน้ำทุ่งครุ

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
TC 21	2	4600	2300	5780000
TC 23	2	2600	1300	180000
TC 25	2	3300	1650	1125000

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1030000	2	515000	0.21806634	0.8157874	9.5520945
Within Groups	7085000	3	2361666.67			
Total	8115000	5				

ฉ.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกของโรงควบคุมคุณภาพน้ำทั้ง 8 แห่ง

ตาราง ฉ.2-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดไมโครพลาสติกของโรงควบคุมคุณภาพน้ำ ทั้ง 8 แห่ง

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
21	8	-582.51714	-72.81464196	45823.7724
23	8	-769.06226	-96.13278266	111025.542
25	8	321.997586	40.24969822	2446.24607

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	85139.8981	2	42569.94906	0.8017163	0.46181861	3.46680011
Within Groups	1115068.92	21	53098.52007			
Total	1200208.82	23				

ฉ.3 เปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง

ตาราง ฉ.3-1 เปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่เกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี จนถึงปากน้ำ จังหวัดสมุทรปราการ ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
wet	12	1590	132.5	9929.545455
dry	12	1660	138.3333333	4578.787879

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	204.166667	1	204.1666667	0.028144744	0.868301615	4.3009495
Within Groups	159591.667	22	7254.166667			
Total	159795.833	23				

ตาราง ฉ.3-2 เปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง ณ สถานี CPY10 ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
wet	6	970	161.666667	17656.6667
dry	6	1100	183.333333	16306.6667

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1408.33333	1	1408.33333	0.08293257	0.77924216	4.96460274
Within Groups	169816.667	10	16981.6667			
Total	171225	11				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปิ่นมนัส บูชา
วัน เดือน ปี เกิด	3 เมษายน 2541
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	185 ม.2 ถ.บางบอน 5 ซอย 10 แขวงบางบอนเหนือ เขตบางบอน กทม. 10150
ผลงานตีพิมพ์	B., Pinmanas. (2022). Microplastic and its removal efficiency via activated sludge process in the conventional wastewater treatment plants in Bangkok in The 7th International Conference on Environmental Development Administration 2022 “The Nexus between Environment and Sustainability for the Next Decade” (pp. 14-23). MS Team Online Meeting.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY