การศึกษาปริมาณและสัณฐานของไมโครพลาสติกในทรายชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี

วิชญาพร ผลมาตย์[1*], ปุนรดา สุขศรี [1], อลิสา เทียมสกุล[2] และทิฆัมพร กรรเจียก[2]

[1]โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี
[2]สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี
*Corresponding author: praewapony2007@gmail.com

บทคัดย่อ

ชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี เป็นแหล่งท่องเที่ยวยอดนิยมในประเทศไทยที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวจำนวนมากตลอดทั้งปี กิจกรรมการท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการสะสมของขยะพลาสติกซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ โดยเฉพาะไมโครพลาสติกที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเล งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปริมาณและสัณฐานของไมโครพลาสติกจากตัวอย่างทรายชายหาดบางแสนในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่าง 3 สถานี ได้แก่ ชายหาดด้านหน้าโรงแรมเอสทู ศาลเจ้าพ่อแสนและวงเวียนบางแสน โดยเก็บตัวอย่างทรายแบบตารางสุ่มที่ระดับความลึก 0-15 เซ็นติเมตร จากนั้นนำตัวอย่างทรายไปสกัดแยกอนุภาคไมโครพลาสติกด้วยวิธี Wet peroxide oxidation และศึกษาลักษณะของไมโครพลาสติก ได้แก่ ปริมาณ รูปร่าง และสี ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่าชายหาดด้านหน้าวงเวียนบางแสนมีปริมาณไมโครพลาสติกสูงสูดเท่ากับ 178 ชิ้นต่อตารางเมตร รองลงมาคือศาลเจ้าพ่อแสน 175 ชิ้นต่อตาราเมตร และโรงแรมเอสทู 150 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ จากการจำแนกรูปร่าง พบว่าส่วนใหญ่มีรูปร่างแบบไร้รูปแบบมากที่สุด รองลงมา คือรูปร่างแบบเม็ด แบบแผ่นฟิล์มและแบบเส้นใย คิดเป็นร้อยละ 53.08, 20.87, 18.87 และ 7.16 ตามลำดับ ส่วนสี พบสีเหลือง-น้ำตาลมากที่สุด รองลงมา คือสีดำ สีเทา สีแดง สีเขียว และสีฟ้า โดยคิดเป็นร้อยละ 44.93, 30.02, 10.13, 10.13, 2.98 และ 1.79 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในทรายชายหาดบางแสน ซึ่งสะท้อนถึงผลกระทบจากพฤติกรรมการท่องเที่ยวและการจัดการขยะพลาสติกที่ไม่เพียงพอในพื้นที่ ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนามาตรการลดการสะสมของขยะพลาสติกและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณชายฝั่งทะเลนี้

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก / ชายหาดบางแสน / เดือนสิงหาคม / ปัญหาสิ่งแวดล้อม / ขยะพลาสติก

Study on the Quantity and Morphology of Microplastics in Bang Saen Beach, Chonburi Province

Witchayaporn Phonmat[1*], Poonrada Suksri[1], Alisa Thiamsakul[2] and Tikumporn Kunjiek[2]

[1] Piboonbumpen Demonstration School, Burapha University, Chonburi, Thailand.
[2] Institute of Marine Science, Burapha University, Chonburi, Thailand.
**Corresponding author: praewapony2007@gmail.com*

Abstract

Bang Saen Beach, located in Chonburi Province, is a popular tourist destination in Thailand that attracts a large number of visitors throughout the year. The increasing tourism activities have led to the accumulation of plastic waste, which poses a significant environmental concern, particularly microplastics that may affect the marine ecosystem. This study aimed to assess the quantity and morphological characteristics of microplastics in beach sand samples collected from Bang Saen Beach in August 2024. We conducted sampling at three designated stations: the S2 Hotel, San Chao Pho Saen, and the Bang Saen Roundabout. Sand samples were randomly collected using a quadrat method at a depth of 0–15 centimeters. The microplastic particles were extracted using the wet peroxide oxidation (WPO) method and analyzed for quantity, shape, and color using a stereomicroscope. Results showed that the highest microplastic quality was observed at the Bang Saen Roundabout (178 pieces/m²), followed by San Chao Pho Saen (175 pieces/m²) and S2 Hotel (150 pieces/m²). In terms of shape, the majority were irregular fragments (53.08%), followed by pellets (20.87%), film-like particles (18.87%), and fibers (7.16%). Regarding color, yellow-brown particles were the most common (44.93%), followed by black (30.02%), gray (10.13%), red (10.13%), green (2.98%), and blue (1.79%). These findings indicate microplastic contamination in Bang Saen Beach, reflecting the environmental impacts of tourism-related activities and insufficient plastic waste management. This underscores the urgent need for effective measures to reduce plastic debris accumulation and mitigate its effects on the coastal environment.

Keywords: Microplastic / Bang Saen Beach / August / Environmental problem / Plastic waste

1. บทนำ

ปัญหามลพิษจากพลาสติกในระบบนิเวศทางทะเลได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งไมโครพลาสติก (microplastics) ซึ่งหมายถึงชิ้นส่วนพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร [1] แหล่งที่มาของไมโครพลาสติกแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (primary microplastics) ซึ่งผลิตขึ้นโดยตรง เช่น เม็ดไมโครบีดส์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (secondary microplastics) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะพลาสติกขนาดใหญ่ผ่านกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ [2] ไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กและมีอายุการย่อยสลายที่นาน จึงเป็นภัยคุกคามต่อระบบนิเวศทางทะเลในระยะยาวและสามารถเข้าไปปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตทางทะเลได้ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาจจะบริโภคไมโครพลาสติกโดยไม่ได้ตั้งใจเพราะเข้าใจผิดคิดว่าเป็นอาหาร จากการรายงานของ Thushari et al. [3] พบว่าหอยกาบและหอยสองฝาบริเวณอ่างศิลา บางแสนและแสมสารมีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกหลากหลายรูปร่างและสี ซึ่งมนุษย์มีโอกาสที่จะนำไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายผ่านการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกและอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ [4]

“ชายหาดบางแสน” ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี เป็นแหล่งท่องเที่ยวยอดนิยมของประเทศไทย มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากมาเยือนตลอดทั้งปีและทุกปี ปัญหาจากการขยายตัวของนักท่องเที่ยว คือ ขยะพลาสติกที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจนเกิดการสะสมสะสม อาจเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลได้ [5] ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในชายหาดบางแสนในอนาคต จึงได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในชายหาดบางแสน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้เพื่อประเมินระดับมลพิษและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศชายฝั่งได้

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในทรายชายหาดบางแสน ณ จุดเก็บตัวอย่าง 3 สถานี ได้แก่ บริเวณโรงแรมเอสทู ศาลเจ้าพ่อแสนและวงเวียนบางแสน
2. เพื่อจำแนกลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติกตามรูปร่าง (เช่น เม็ด เส้นใย แผ่น และไร้รูปแบบ) และสีของไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างทราย

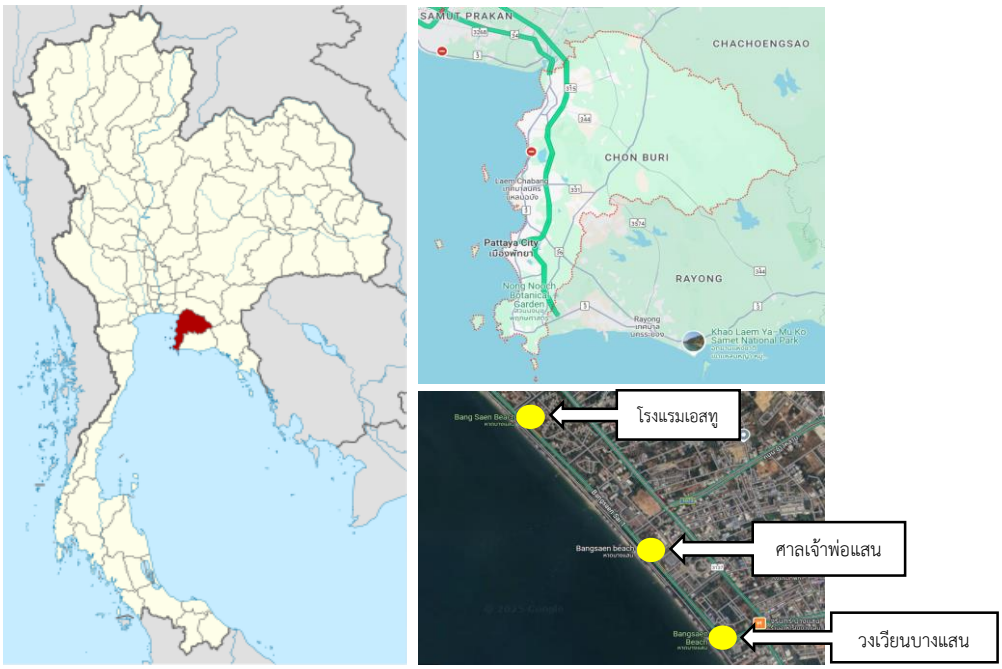
3. ขอบเขตของการศึกษา

เก็บตัวอย่างทรายจากชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 3 สถานี ได้แก่ บริเวณหน้าโรงแรมเอสทู ศาลเจ้าพ่อแสนและวงเวียนบางแสน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบตาราง (grid sampling) ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 สกัดไมโครพลาสติกจากตัวอย่างทรายโดยใช้ Wet Peroxide Oxidation (WPO) และนำมาวิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติก (จำนวนชิ้น/กรัมของทราย) และจำแนกสัณฐานของไมโครพลาสติก ได้แก่ รูปร่าง (เม็ด, เส้นใย, แผ่น, ไร้รูปแบบ) และสีของไมโครพลาสติกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

4. วิธีการศึกษา

4.1 พื้นที่ศึกษา การศึกษานี้ดำเนินการที่ชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 3 สถานี ได้แก่ 1) โรงแรมเอสทู 2) ศาลเจ้าพ่อแสน และ 3) วงเวียนบางแสน (รูปที่ 1)

4.2 การเก็บตัวอย่าง ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างทรายแบบ random sampling โดยกำหนดตารางสุ่มขนาด 1x1 เมตร และเก็บตัวอย่างทรายในแต่ละสถานีจากระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ปริมาณตัวอย่างทรายที่เก็บจากแต่ละสถานีประมาณ 1 กิโลกรัม จำนวน 3 ซ้ำ และนำกลับไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณชายหาดบางแสน

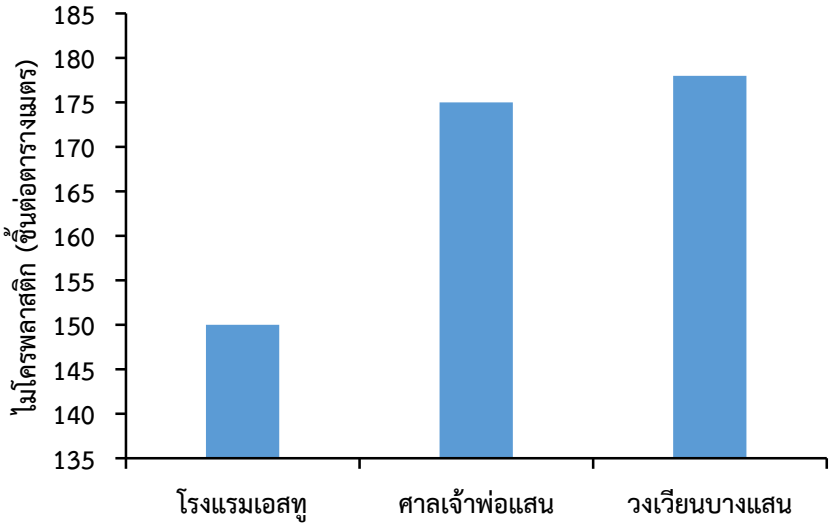
4.3 การสกัดไมโครพลาสติกจากตัวอย่างทราย โดยใช้กระบวนการ Wet Peroxide Oxidation (WPO) ตามวิธีของ Masura et al. [6] ตัวอย่างทรายน้ำหนัก 200 กรัม ที่ผ่านการอบแห้งและเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปริมาตร 400 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง แล้วนำส่วนใสมาผสมกับสารละลายเฟอรัสออกไซด์ (Fe(II)) เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้นร้อยละ 30 โดยปริมาตร (v/v) 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วนำส่วนในด้านบนไปกรองด้วยกระดาษกรอง GC/F ขนาด 45 ไมครอน ไมโครพลาสติกจะติดอยู่ด้านบนกระดาษกรอง

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณและสัณฐานของไมโครพลาสติก ตัวอย่างไมโครพลาสติกถูกวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (OLYMPUS CX21) ที่กำลังขยาย 40 เทา เพื่อจำแนกรูปร่างและสี โดยจำแนกตามเกณฑ์ของ Hidalgo-Ruz et al. [7] เป็น 4 ประเภท ได้แก่ เม็ด (Pellets) เส้นใย (Fibers) แผ่นฟิล์ม (Films) และไร้รูปแบบ (Fragments) การระบุสีของไมโครพลาสติกใช้เกณฑ์พื้นฐานของ Frias et al. [8] โดยจำแนกเป็นสีหลัก เช่น ดำ เหลือง-น้ำตาล แดง เทา เขียวและฟ้า

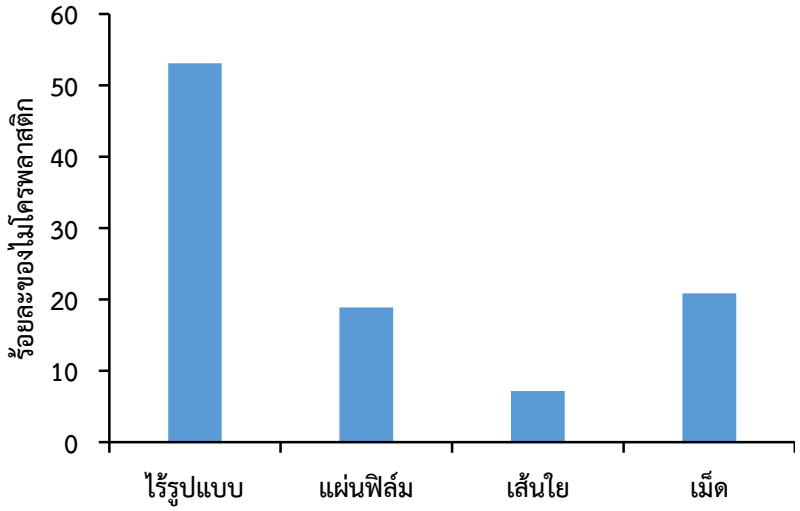
5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างทรายที่ชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 จากจุดเก็บตัวอย่าง 3 สถานี ได้แก่ 1) บริเวณโรงแรม S2 2) บริเวณศาลเจ้าพ่อแสน และ 3) บริเวณวงเวียนบางแสน พบว่าทรายในชายหาดบางแสนมีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกทุกสถานี ปริมาณไมโครพลาสติกรวมเท่ากับ 503 ชิ้นต่อตารางเมตร โดยบริเวณวงเวียนบางแสนพบปริมาณไมโครพลาสติกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 178 ชิ้นต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ศาลเจ้าพ่อแสนเท่ากับ 175 ชิ้นต่อตารางเมตร และโรงแรมเอสทูท่ากับ 150 ชิ้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 2 สำหรับลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติก พบว่าไมโครพลาสติกชนิดไร้รูปแบบมากที่สุดในทุกสถานี 267 ชิ้น รองลงมาคือ เม็ด 105 ชิ้นต่อตารางเมตร แผ่นฟิล์ม 95 ชิ้นต่อตารางเมตร และเส้นใย 36 ชิ้นต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 53.08, 20.87, 18.87 และ 7.16 ตามลำดับ

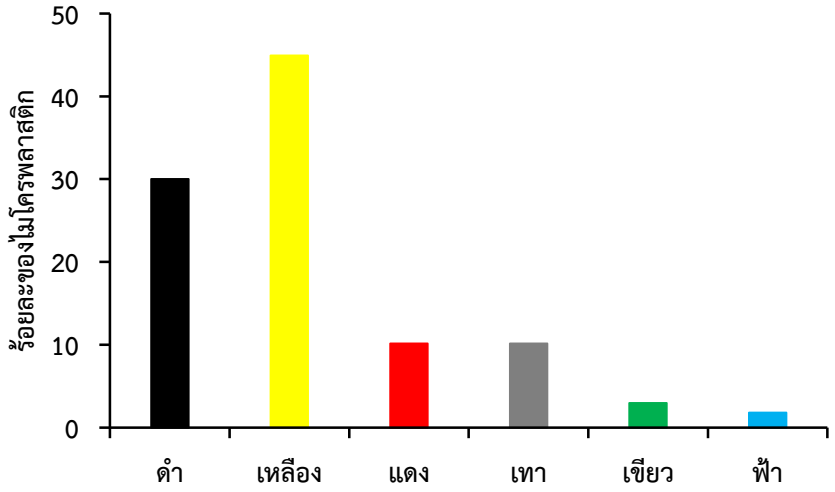
ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3 ส่วนสีของไมโครพลาสติก พบสีเหลือง-น้ำตาลมากที่สุด 226 ชิ้นต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 44.93 รองลงมาคือ สีดำ 150 ชิ้นต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 30.02 สีเทาและสีแดง 51 ชิ้นต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.13 สีเขียว 15 ชิ้นต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.98 และสีฟ้า 9 ชิ้นต่อตารางเมาตร คิดเป็นร้อยละ 1.79 ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 2 แสดงปริมาณไมโครพลาสติกที่พบบริเวณชายหาดบางแสน



รูปที่ 3 แสดงร้อยละของรูปร่างไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างทรายที่เก็บจากชายหาดบางแสน



รูปที่ 4 แสดงร้อยละของสีไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างทรายที่เก็บจากชายหาดบางแสน

จากผลการศึกษา พบไมโครพลาสติกปนเปื้อนในทรายชายหาดบางแสนทุกสถานี โดยบริเวณวงเวียนบางแสนมีปริมาณไมโครพลาสติกสูงสุด รองลงมาคือศาลเจ้าพ่อแสนและบริเวณโรงแรมเอสทู ไมโครพลาสติกที่พบอาจเป็นผลมาจากปัจจัยด้านกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ความหนาแน่นของนักท่องเที่ยวและกระแสน้ำที่พัดพาไมโครพลาสติกเข้าสู่พื้นที่ชายหาด สอดคล้องกับการรายงานของสุดารัตน์ ทองหนองหิน [9] ได้ประเมินการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในตะกอนชายหาดจังหวัดภูเก็ต พบว่าไมโครพลาสติกมีการปนเปื้อนในทุกพื้นที่ที่สำรวจ โดยมีปัจจัยจากกิจกรรมการท่องเที่ยวและการประมงที่ส่งผลต่อปริมาณไมโครพลาสติก ขยะพลาสติกจากกิจกรรมท่องเที่ยวมีโอกาสแตกตัวเป็นไมโครพลาสติกได้ง่ายขึ้น ส่วนลักษณะสัณฐานของไมโครพลาสติก พบว่าไมโครพลาสติกชนิดไร้รูปแบบเป็นประเภทที่พบมากที่สุดในทุกสถานี รองลงมาคือ ชนิดเม็ด แผ่นฟิล์มและเส้นใย ซึ่งอาจสะท้อนถึงแหล่งกำเนิดของไมโครพลาสติกจากพลาสติกประเภทบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงพลาสติกและฟิล์มพลาสติกที่เสื่อมสภาพอาจเกิดการแตกตัวจากกระบวนการสึกกร่อนทางกายภาพและเคมีกลายเป็นชิ้นที่มีขนาดเล็กลงได้ [10] สอดคล้องกับการรายงานของเพ็ญศิริ เอกจินต์ และสิริวรรณ รวมแก้ว [11] พบไมโครพลาสติกชนิดไร้รูปแบบมากที่สุดบริเวณชายหาดป่าตอง สำหรับสีของไมโครพลาสติก สีเหลือง-น้ำตาลเป็นสีที่พบมากที่สุด รองลงมาคือ สีดำ สีเทา สีแดง สีเขียวและสีฟ้า ตามลำดับ สำหรับสีของไมโครพลาสติก สีดำเป็นสีที่พบมากที่สุด (73.16%) รองลงมาคือสีเหลือง-น้ำตาล (13.45%) และสีอื่น ๆ (13.39%) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับพลาสติกที่ผ่านกระบวนการเผาไหม้หรือเสื่อมสภาพจากแสงแดด จากการรายงานของ Fries et al. [12] ระบุว่าไมโครพลาสติกสีดำมักเป็นพลาสติกที่มีอายุการใช้งานยาวนานและมีแนวโน้มปนเปื้อนโลหะหนักมากกว่าสีอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทางทะเล จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงสถานการณ์การปนเปื้อนและความเป็นไปได้ของแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกในทรายชายหาดบางแสนอาจมาจากกิจกรรมการท่องเที่ยว การทิ้งขยะพลาสติกที่ไม่ถูกต้องและการเสื่อมสลายของผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น ถุงพลาสติก ขวดน้ำพลาสติก และเส้นใยจากเสื้อผ้า การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ที่มีนักท่องเที่ยวหนาแน่น เช่น วงเวียนบางแสนแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของมนุษย์และการสะสมของไมโครพลาสติก ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการเฝ้าระวังและแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกของชายหาดบางแสนต่อไป

6. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษากปริมาณและสัณฐานของไมโครพลาสติกในทรายชายหาดบางแสน โดยเก็บตัวอย่างทรายในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 จาก 3 สถานี ได้แก่ บริเวณโรงแรมเอสทู ศาลเจ้าพ่อแสนและวงเวียนบางแสน ตัวอย่างทรายนำมาวิเคราะห์ปริมาณ

และลักษณะของไมโครพลาสติก โดยใช้เทคนิค Wet Peroxide Oxidation (WPO) และศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบไมโครพลาสติกในทุกจุดเก็บตัวอย่าง โดยพบปริมาณสูงสุดที่วงเวียนบางแสน 178 ชิ้นต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ศาลเจ้าพ่อแสน 175 ชิ้นต่อตารางเมตร และโรงแรมเอสทู 150 ชิ้นต่อตารางเมตร สัณฐานของไมโครพลาสติกพบไมโครพลาสติกแบบไร้รูปแบบสูงที่สุดร้อยละ 77.65 แผ่นฟิล์มร้อยละ 73.22 เม็ดร้อยละ 14.27 และเส้นใยร้อยละ ตามลำดับ สีของไมโครพลาสติกพบว่าสีดำเป็นสีที่พบมากที่สุดร้อยละ 73.16 รองลงมาคือ สีเหลือง-น้ำตาล (ร้อยละ 13.45) ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

[1] Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin, 62(8), 1596-1605.

[2] Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Marine Pollution Bulletin, 62(12), 2588-2597.

[3] Thushari, G. G. N., Seneviratha, J. D. M., Yakupitiyage, A., & Chvanich, S. (2017). Effect of microplastics on sessile invertebrates in the eastern coast of Thailand: An approach to coastal zone conservation. Marine Pollution Bulletin, 124(1), 349-355.

[4] Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V. and Uricchio, V.F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. IJERPH 17, 1212. https://doi.org/10.3390/ijerph17041212.

[5] Jang, Y. C., Hong, S., Choi, H. W., Shim, W. J., & Han, S. Y. (2015). Estimating the global inflow and stock of plastic marine debris using material flow analysis: a preliminary approach. Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy, 18(4), 263-273.

[6] 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 Technical Memorandum NOS-OR&R-48.

[7] 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.

[8] Frias, J. P. G. L., Otero, V., & Sobral, P. (2014). Evidence of microplastics in samples of zooplankton from Portuguese coastal waters. *Marine Environmental Research,* DOI: 10.1016/j.marenvres.2014.01.001

[9] สุดารัตน์ ทองหนองหิน. (2563). การประเมินไมโครพลาสติกในตะกอนชายหาดบริเวณชายฝั่ง จังหวัดภูเก็ต. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[10] Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2020). The behaviors of microplastics in the marine environment. Marine Environmental Research, 113, 7-17. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.1051

[11] เพ็ญศิริ เอกจิตต์ และสิริวรรณ รวมแก้ว. (2562). ขยะไมโครพลาติกบริเวณชายหาดฝั่งตะวันตก จังหวัดภูเก็ต. วารสารสิ่งแวดล้อม, 23(2).

[12] Fries, E., Dekiff, J. H., Willmeyer, J., Nuelle, M. T., Ebert, M., & Remy, D. (2013). Identification of polymer types and additives in marine microplastic particles using pyrolysis-GC/MS and scanning electron microscopy. Environmental Science & Technology, 47(6), 3137-3146. https://doi.org/10.1021/es305307b