

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของขยะพลาสติกบนหาดทราย 3 หาด ในจังหวัดระยอง

Size Relationships of Plastic Debris on 3 Sandy Beaches in Rayong Province

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์* กชกร อมาตยกุล และ วริศรา สุรภักดิ์

Puntip Wisespongpanđ*, Kochakorn Amatayakul and Warissara Surapakdee

Received: 15 April 2022, Revised: 20 November 2022, Accepted: 28 December 2022

บทคัดย่อ

หาดทรายเป็นพื้นที่รองรับขยะจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ และจากการพัดพาโดยคลื่นลมและกระแสน้ำ โดยขยะพลาสติกเป็นขยะกลุ่มหลักที่มีการสะสมบนชายหาด สามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่มตามขนาดที่แตกต่าง คือ macroplastic : MAP (>25 มิลลิเมตร) mesoplastic : MEP (5-25 มิลลิเมตร) large microplastic : LMP (1-5 มิลลิเมตร) และ small microplastic : SMP (<1 มิลลิเมตร) ในการศึกษานี้ได้หาปริมาณขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ ที่พบในเขตน้ำขึ้นน้ำลง 2 เขตบนหาดทราย 3 หาดจากจังหวัดระยอง ได้แก่ หาดอ่าวมะขามป้อม หาดสวนสน และหาดมาบตาพุด พบว่าแต่ละพื้นที่ที่มีปริมาณขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยขยะพลาสติกกลุ่ม MAP, MEP และ SMP พบมากที่สุดที่หาดอ่าวมะขามป้อม มีรูปแบบหลักเป็นพลาสติกที่แตกหักและเส้นใย ในขณะที่ขยะพลาสติกกลุ่ม LMP พบมากที่สุดที่หาดมาบตาพุด ส่วนใหญ่เป็นเม็ดพลาสติกประเภท polypropylene สิ่งที่น่าสนใจ คือ ขยะ LMP ที่มีรูปแบบเส้นใยส่วนใหญ่เป็นประเภท polyethylene จึงน่าจะมีที่มาจากอวนและเชือก ในขณะที่ขยะ SMP ที่มีรูปแบบเส้นใยส่วนใหญ่เป็นประเภท cotton ผสม rayon หรือ nylon จึงน่าจะมาจากเสื้อผ้าและหลุมระหว่างการซักผ้า การศึกษานี้พบความสัมพันธ์ระหว่าง MAP และ SMP ($r = 0.642$) ในหาดทรายทั้ง 3 หาด และในหาดสวนสนพบความสัมพันธ์ระหว่าง MEP และ LMP ($r = 0.719$) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างขยะพลาสติกขนาดใหญ่และไม่โครพลาสติกนั้น อาจใช้ในการคาดคะเนการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหาดทรายได้ง่ายและรวดเร็ว นอกจากนี้ ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไมโครพลาสติกในตะกอนทรายและในกระเพาะปูหนุมาน (*Matuta victor*) ($r = 0.882$) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ปูหนุมานเป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหาดทรายได้

คำสำคัญ: ขยะทะเล, พลาสติก, ไมโครพลาสติก, หาดทราย, ระยอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): ffisptp@ku.ac.th

ABSTRACT

Sandy beaches are hotspots for accumulation of marine debris from direct human activities as well as those transported by the wind and currents. Plastic is the most common type of debris found on beaches, and this plastic debris can be divided into 4 different size classes: macroplastic (MAP, >25 mm), mesoplastic (MEP, 5-25 mm), large microplastic (LMP, 1-5 mm), and small microplastic (SMP, <1 mm). In this study, we analyzed the amount of plastic debris in the intertidal zone of 3 beaches in Rayong Province: Ao Makhampom, Suanson and Maptaphut. The results showed that different areas had significantly different amounts of plastic debris ($p < 0.05$). The greatest amount of MAP, MEP and SMP was found on Ao Makhampom beach; most of which were fragments and fibers. LMP, however, were most commonly found on Maptaphut beach; most of them were polypropylene pellets. Interestingly, the vast majority of fiber type-LMPs were polyethylene and were likely from fishing nets and ropes. On the other hand, most of fiber type-SMPs were made of cotton blended with other synthetic polymers, rayon and nylon. These small fibers were perhaps from clothing and laundry activities. The relationships between MAP and SMP ($r = 0.642$) on all 3 beaches, and between MEP and LMP ($r = 0.719$) for Suanson beach were found. Such relationship between large plastic debris and microplastics could be used for rapid prediction of microplastic contamination on sandy beaches. In addition, a correlation was found between the microplastic content in sand sediments and in stomach of moon crab (*Matuta victor*) ($r = 0.882$), indicating the possibility of using moon crab as a bioindicator of contamination of microplastics on sandy beaches.

Key words: marine debris, plastic, microplastic, sandy beach, Rayong

บทนำ

ขยะทะเล (marine debris) เป็นหนึ่งในปัญหามลพิษทางทะเลที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมทางทะเลตั้งแต่ระดับประเทศ ระดับภูมิภาค ไปจนถึงระดับโลก (GESAMP, 2015; UNEP, 2016) นอกจากนี้ประเทศไทยยังถูกจัดให้เป็นผู้ทิ้งขยะลงสู่ทะเลอันดับ 6 ของโลก (Jambeck *et al.*, 2015) โดยขยะพลาสติกถือว่าเป็นขยะที่มีปริมาณมากที่สุดในกลุ่มขยะทะเลทั้งหมดบนโลก (Derraik, 2002; Li *et al.*, 2016) ขยะทะเลในประเทศไทยที่ถูกทิ้งในอันดับต้น ๆ ก็ล้วนแต่เป็นขยะพลาสติก เช่น ขวดพลาสติก ถุงพลาสติก โฟม ห่อบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ และเศษพลาสติก (Department of Marine and Coastal

Resources, 2022) ขยะพลาสติกเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ยาก เมื่อลงสู่ทะเลแล้วส่วนใหญ่สามารถแตกหักเป็นขนาดที่แตกต่างกันไปจนถึงขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ ไมโครพลาสติก ขยะพลาสติกขนาดใหญ่และไมโครพลาสติกส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลมากมาย ทั้งจากการกินเข้าไปหรือพันเกี่ยวบนลำตัว และจากพิษที่มาจากสารเติมแต่งต่าง ๆ โดยเฉพาะไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กซึ่งยากต่อการรวบรวมและกำจัด และยังแพร่กระจายพบทั้งในน้ำทะเล ตะกอน และในสิ่งมีชีวิต รวมทั้งแพร่กระจายเป็นบริเวณกว้างตั้งแต่ชายฝั่งไปจนถึงทะเลลึก ไมโครพลาสติกส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น ชัดขวาง

ทางเดินอาหาร ทำให้บริโภคอาหารได้น้อยลง ลดภูมิคุ้มกัน ส่งผลต่อระบบการเจริญเติบโตและระบบสืบพันธุ์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางชีวภาพและโครงสร้างของประชาคมในระบบนิเวศทางทะเล นอกจากนี้ไมโครพลาสติกยังสามารถดูดซับ ปลดปล่อย และเคลื่อนย้ายสารพิษจากสิ่งแวดล้อม เช่น PCBs โลหะหนัก รวมทั้งเชื้อโรคต่าง ๆ ด้วย (Derraik, 2002; Browne *et al.*, 2011; Cole *et al.*, 2011; GESAMP, 2015; Li *et al.*, 2016; Auta *et al.*, 2017) และในขณะนี้มีรายงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงผลกระทบของไมโครพลาสติกที่มีต่อมนุษย์โดยตรงด้วย (Campanale *et al.*, 2020) นอกจากนี้ปัญหาขยะทะเลยังส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยว รวมทั้งผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคมอีกมากมาย (UNEP, 2016)

ขยะพลาสติกส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากแผ่นดิน โดยเฉพาะจากการทิ้งโดยชุมชนอุตสาหกรรมต่าง ๆ กิจกรรมประมง และกิจกรรมการท่องเที่ยว จากนั้นไหลมาตามแม่น้ำหรือถูกพัดพาโดยคลื่นลมกระแสน้ำ สุดท้ายลงสู่ทะเล และมักจะไปรวมตัวอยู่ตามหาดทราย การใช้ประโยชน์ของมนุษย์ที่แตกต่างกันบริเวณชายฝั่งทะเล ส่งผลให้หาดทรายเป็นระบบนิเวศทางทะเลที่มีการสะสมและปนเปื้อนของขยะพลาสติกมากที่สุด (Barnes *et al.*, 2009; Browne *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2016; Bozzeda *et al.*, 2021) ขยะพลาสติกที่มาสะสมบนหาดทรายส่วนใหญ่ย่อยสลายได้ยาก มักแตกหักเป็นขนาดเล็กด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น คลื่นลม แสงอัลตราไวโอเลต อุณหภูมิ ความชื้น และจุลชีพ (Barnes *et al.*, 2009) ทำให้ขยะพลาสติกมีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้แก่ ขนาดมากกว่า 25 มิลลิเมตร (macroplastic) ขนาด 5-25 มิลลิเมตร (mesoplastic) ขนาด 1-5 มิลลิเมตร (large microplastic) และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร (small microplastic) (Lee *et al.*,

2015; Bozzeda *et al.*, 2021) พลาสติกที่แตกหักเหล่านี้จะสะสมตัวอยู่ในตะกอนทราย ซึ่งมีขนาดเล็กยิ่งมีความเป็นพิษ ยิ่งดูดซับสารพิษจากสิ่งแวดล้อมยังสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตมากขึ้น และยังเก็บรวบรวมได้ยาก (Browne *et al.*, 2013; Heo *et al.*, 2013) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่บ่งชี้ว่าไมโครพลาสติกที่สะสมในหาดทรายสามารถส่งผ่านไปสะสมในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนหาดทราย เช่น ไข่เดือนทะเล ปูลม และจักจั่นทะเล (Browne *et al.*, 2013; Costa *et al.*, 2019; Horn *et al.*, 2019)

การศึกษาขยะพลาสติกส่วนใหญ่ให้ความสนใจไมโครพลาสติกมากที่สุด เนื่องจากความเป็นพิษที่สามารถถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหารมายังมนุษย์ได้ แต่การศึกษาไมโครพลาสติกซึ่งยากที่จะมองเห็นด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ ต้องมีขั้นตอนการแยกจากตะกอนทรายหรือสิ่งมีชีวิต การสกัดส่วนที่เป็นอินทรีย์สารออก และที่สำคัญ คือ มีการปนเปื้อนในระหว่างขั้นตอนได้ง่าย ในขณะที่การศึกษาพลาสติกขนาดใหญ่ที่แตกหักใช้เพียงตะแกรงร่อน และสามารถใช้ตาเปล่าในการคัดแยกได้ ซึ่งไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ก็มาจากการแตกหักของพลาสติกขนาดใหญ่ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ บนหาดทราย 3 หาดในจังหวัดระยองที่มีการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์แตกต่างกัน โดยศึกษาปริมาณ รูปร่าง สี ขนาด และชนิดของโพลิเมอร์ และที่สำคัญ คือ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพลาสติกขนาดใหญ่และไมโครพลาสติก ซึ่งจะทำให้สามารถระบุหาดทรายที่มีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่ซับซ้อน และคนในท้องถิ่นก็สามารถดำเนินการได้เอง นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของไมโครพลาสติกในตะกอนทรายและในปูหนุมนานที่พบได้ในหาดทราย เพื่อพัฒนาปู

หนูมานในการเป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน (bioindicators) ของไมโครพลาสติกจากสิ่งมีชีวิตที่พบในหาดทราย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ลักษณะของหาดทรายที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างและการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์

ศึกษาชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของขยะทะเลรวมและขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ บนหาดทราย 3 หาดในจังหวัดระยอง (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นหาดที่มีขนาดตะกอนทราย ความลาดชัน และคลื่นลมแตกต่างกัน รวมทั้งมีการเข้าใช้ประโยชน์โดยมนุษย์ที่ต่างต่างกัน ดังนี้ (ภาพที่ 2)

1) หาดอ่าวมะขามป้อม (N 12°38'38" E; 101°38'46") เป็นหาดทรายแบบผสมขนาดใหญ่ ด้านเหนือของอ่าวเป็นหาดทรายปนเลน ความลาดชันต่ำ คลื่นลมน้อย ส่วนด้านใต้ของอ่าวเป็นหาดทรายละเอียด มีความลาดชันปานกลาง คลื่นลมน้อย มีการใช้ประโยชน์เป็นท่าเทียบเรือท่องเที่ยว ท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้าน หมู่บ้านชาวประมง ชุมชนบ้านเรือนตลอดแนวหาด แต่นักท่องเที่ยวน้อย

2) หาดสวนสน (N 12°37'59"; E 101°28'39") เป็นหาดทรายละเอียดตอนบน ตอนล่างเป็นทรายปนเลน มีความลาดชันต่ำ คลื่นลมน้อย มีการใช้ประโยชน์หลักในการท่องเที่ยว บนชายหาดมีเตียงผ้าใบและนักท่องเที่ยวจำนวนมาก มีบ้านพักร้านอาหาร และท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้าน

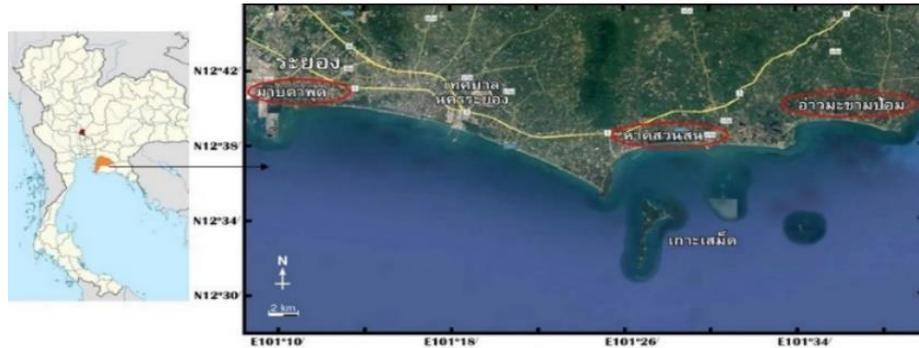
3) หาดมาบตาพุด ตั้งอยู่บริเวณชุมชนประมงบ้านตากวน-อ่าวประดู่ (N 12°40'15"; E 101°09'35") เป็น หาดทรายตอนบนเป็นทรายละเอียด ตอนกลางเป็นทรายหยาบ ความลาดชันสูง คลื่นลมค่อนข้างแรง มีการใช้ประโยชน์ในด้านประมงเป็นหลัก มีเรือประมงพื้นบ้าน ชุมชนบ้านเรือนที่อยู่อาศัย และนักท่องเที่ยวน้อย สิ่งที่แตกต่างกันอีกสองหาดที่ทำการศึกษา คือ มีนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

2. การกำหนดจุดสำรวจและเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ

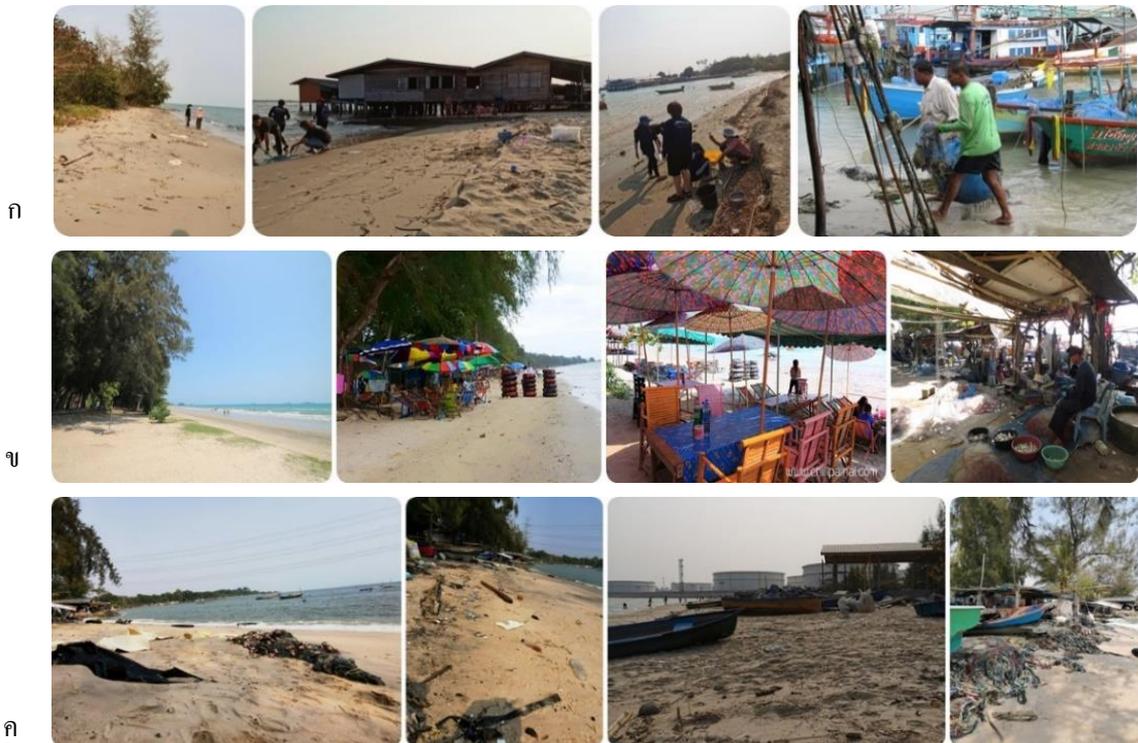
วางแนวเก็บตัวอย่าง (line transect) แต่ละหาดทรายเป็น 2 แนว ซึ่งเป็นแนวที่มีการสะสมตัวของขยะทะเล คือ ตอนบนหาดในเขตนํ้าขึ้นสูงสุด และแนวสูงสุดที่เป็นแนวซัดของคลื่นในเขตนํ้าขึ้นน้ำลง ซึ่งทั้งสองแนวห่างกันประมาณ 3 เมตร แต่ละแนวทำการเก็บตัวอย่าง 5 จุด แต่ละจุดห่างกัน 20 เมตร ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในแต่ละหาดรวม 10 จุดเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 3)

3. การศึกษาชนิด ปริมาณ และรูปแบบของขยะทะเลรวมและขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ

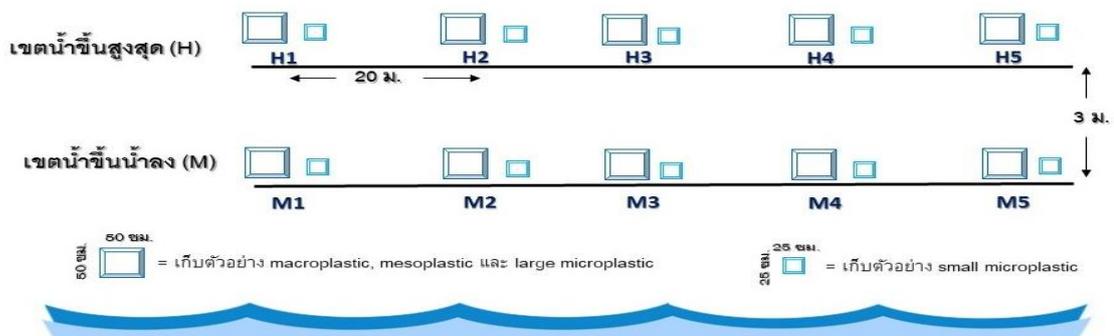
3.1 ศึกษาขยะทะเลรวมกำหนดพื้นที่ขนาด 5x5 เมตรในแต่ละจุดสำรวจนับจำนวนและแยกประเภทขยะทะเลทั้งหมดที่พบบนหาดทรายแต่ละหาด โดยแบ่งเป็น 4 รูปแบบหลัก คือ พลาสติก โฟม เส้นใย และอื่น ๆ (ขวดแก้ว ยาง เหล็ก) ชั่งน้ำหนักรวมของขยะทะเลทั้งหมด และคำนวณปริมาณเป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร



ภาพที่ 1 ที่ตั้งของหาดทรายที่สำรวจและเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกในจังหวัดระยอง ได้แก่ หาดมบาตาพุต หาดสวนสน และหาดอ่าวมะขามป้อม



ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปและการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์ที่แตกต่างกันในหาดทราย 3 หาด ในจังหวัดระยอง ได้แก่ หาดอ่าวมะขามป้อม (ก) หาดสวนสน (ข) และหาดมบาตาพุต (ค)



ภาพที่ 3 การวางแผนสำรวจและเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกแบ่งเป็น 2 แนว คือ เขตน้ำขึ้นสูงสุด และเขตน้ำขึ้นน้ำลง แต่ละเขตทำการเก็บตัวอย่าง 5 จุดเก็บตัวอย่าง

3.2 ศึกษาขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ วาง quadrat ขนาด 50 x 50 เซนติเมตรในแต่ละจุดสำรวจ และเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 3) จากนั้นจุดทรายลงไปลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ร่อนทรายผ่านตะแกรงร่อนขนาด 25, 5 และ 1 มิลลิเมตร จำแนกขยะพลาสติกออกเป็น 3 ขนาด ตามวิธีของ Lee *et al.* (2015) คือ macroplastics (MAP) มีขนาดใหญ่กว่า 25 มิลลิเมตร mesoplastic (MEP) มีขนาดระหว่าง 5-25 มิลลิเมตร และ large microplastics (LMP) มีขนาดระหว่าง 1-5 มิลลิเมตร คัดแยกขยะพลาสติกที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด นำไปจำแนกเป็นรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ intact (เม็ดพลาสติก, เม็ดโฟม) fragment (เศษถุงพลาสติก เศษขวดพลาสติก ชิ้นส่วนพลาสติกที่แตกหัก) foam (ฟองลอย ก้อนโฟม) fiber (เอ็น เชือก อวน เส้นใยเสื่อผ้า) ชั่งน้ำหนักพลาสติกแต่ละขนาด คำนวณปริมาณเป็นกรัมต่อตารางเมตร

3.3 การศึกษาไมโครพลาสติกกลุ่ม small microplastic (SMP) ในตะกอนทรายใช้วิธีที่ดัดแปลงมาจาก Besley *et al.* (2017) ศึกษาขยะ SMP ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร โดยวาง quadrat ขนาด 25x25 เซนติเมตรในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 3) ใช้พลั่วขุดลงไปลึกประมาณ 5 เซนติเมตร นำตะกอนทรายมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักแห้งที่ได้ จากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรง 1 มิลลิเมตร แล้วชั่งทรายที่ผ่านตะแกรงมา 50 กรัม เติมน้ำเกลือเข้มข้น 200 มิลลิลิตร แล้วคนด้วยเครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา 5 นาที ปิดฟอยล์ แล้ววางทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (GF/C) ที่มีขนาดรูพรุน 1.2 ไมครอน วางส่วนที่กรองแล้วทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงแล้วนำมากรองซ้ำอีกครั้ง นำกระดาษกรองไปส่องด้วยกล้องสเตอริโอ นับจำนวน วัดขนาด จำแนกสี และจำแนกรูปแบบของขยะ SMP เป็น 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ เส้นใย (fiber) แผ่นฟิล์ม (film) ชิ้นส่วนขนาด

เล็กที่ไม่มีรูปร่างแน่นอน (fragment) คำนวณปริมาณ SMP เป็นจำนวนชิ้นต่อตารางเมตร ทั้งนี้การวิเคราะห์ SMP ในการศึกษาที่มีการควบคุมการปนเปื้อนจากห้องปฏิบัติการ โดยการใช้น้ำ milli-Q มีการกรองสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ ใช้ฝาปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ และเก็บตัวอย่างในกล่องที่มีฝาปิดตลอดเวลา เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากอากาศ

3.4 การศึกษาไมโครพลาสติกกลุ่ม SMP ในปูหนุมาน ใช้วิธีที่ดัดแปลงมาจาก Kühn *et al.* (2017) โดยเก็บตัวอย่างปูหนุมาน (*Matuta victor*) ซึ่งเป็นปูชนิดเด่นที่พบบริเวณหาดสวนสนจำนวน 10 ตัว วัดขนาดและชั่งน้ำหนัก จากนั้นผ่าเอาส่วนกระเพาะแยกออกมา นำส่วนกระเพาะไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการย่อยสลายอินทรีย์สารโดยการเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H₂O₂) 30% ลงไป 180 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 1% อีก 20 มิลลิลิตร จากนั้นคนด้วยแท่งแก้วคนสารอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 15 นาที และวางทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปกรองบนกระดาษกรอง GF/C เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในตะกอนทราย นับจำนวน วัดขนาด จำแนกสี และรูปแบบของขยะ SMP เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ SMP ในตะกอนทราย คำนวณปริมาณ SMP ในปูหนุมานเป็นจำนวนชิ้นต่อตัว

3.5 ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณระหว่างขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ ทั้ง 4 กลุ่มและในปูหนุมาน ด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson correlation (r) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p<0.05)

4. การวิเคราะห์ประเภทของโพลีเมอร์พลาสติกด้วยวิธี Infrared Spectroscopy

ทำการตรวจสอบประเภทของโพลีเมอร์ในพลาสติกแต่ละขนาด เพื่อยืนยันการเป็นพลาสติกและ

ประเมินแหล่งที่มาด้วย FT-IR spectrometer (Perkin Elmer : Spectrum Two) โดยทำการศึกษาที่ช่วงตำแหน่งเลขคลื่น (wave number) ระหว่าง 400-4000 cm^{-1} สุ่มตัวอย่างจากพลาสติกขนาดต่าง ๆ ที่มีขนาด สี และรูปร่างแตกต่างกันมาตรวจวัดประมาณ 30% ของตัวอย่างทั้งหมด เปรียบเทียบสเปกตรัมที่ได้กับ Reference spectra ของโพลีเมอร์พลาสติกประเภทต่าง ๆ ด้วยซอฟต์แวร์ Spectrum Touch™ ของเครื่อง FT-IR spectrometer

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลปริมาณขยะพลาสติกกลุ่มต่าง ๆ แสดงด้วยค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนพลาสติกขนาดต่าง ๆ ระหว่างหาดทรายแต่ละหาด โดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากนั้นเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ โดยการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tukey Post-Hoc test ความสัมพันธ์ระหว่างพลาสติกแต่ละขนาด ทดสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson correlation (r) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistic Standard V.27

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ปริมาณ รูปแบบ ประเภทโพลีเมอร์ และแหล่งที่มาของขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ

1.1 ขยะทะเลรวม

การใช้ประโยชน์พื้นที่หาดทรายโดยมนุษย์ที่แตกต่างกัน เช่น เป็นชุมชนบ้านเรือนที่อยู่อาศัย เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีกิจการบ้านพักและรีสอร์ท เป็นท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้าน ตลอดจนเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม ทำให้หาดทรายแต่ละแห่งมีการปนเปื้อนของขยะทะเลที่แตกต่างกัน (Browne *et al.*,

2011; Li *et al.*, 2016; Pransilpa *et al.*, 2016; Bantiwivatkul *et al.*, 2018; Bozzeda *et al.*, 2021; Wangritthikrakun *et al.*, 2021) จากการศึกษาพบว่าหาดทราย 3 แห่งที่มีการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์แตกต่างกันใน จ.ระยอง (ภาพที่ 2) มีปริมาณและรูปแบบของขยะทะเลรวมและขยะพลาสติกแต่ละขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 1) โดยขยะทะเลรวมส่วนใหญ่มีรูปแบบหลัก คือ พลาสติกที่แตกหัก (ขวดน้ำ แก้วน้ำ กล่องเครื่องดื่ม ฝาขวดน้ำ) โฟม (กล่องโฟม ฟันลอย) และเส้นใย (อวนและเชือก) ซึ่งล้วนแต่ผลิตมาจากพลาสติก ดังนั้น ขยะพลาสติกจึงเป็นขยะทะเลกลุ่มหลักที่พบในหาดทราย 3 หาดใน จ.ระยอง (ภาพที่ 4 ก) โดยหาดอ่าวมะขามป้อมมีปริมาณขยะทะเลรวมมากที่สุด (0.90 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ในขณะที่หาดสวนสนมีปริมาณขยะทะเลรวมน้อยที่สุด (0.15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) (ตารางที่ 1)

ความแตกต่างของการใช้ประโยชน์หาดทรายทำให้ปริมาณขยะทะเลมีความแตกต่างกัน โดยหาดสวนสนเป็นแหล่งท่องเที่ยว จึงมีการรักษาทัศนียภาพในการจัดการเรื่องขยะ เช่น ไม่ทิ้งขยะลงบนชายหาด มีการเก็บขยะที่ถูกพัดพาโดยหน่วยงานท้องถิ่นทุกวัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาขยะทะเลบริเวณอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า-เกาะเสม็ด ซึ่งผู้วิจัยได้สะท้อนให้เห็นว่าจำนวนนักท่องเที่ยวไม่สะท้อนปริมาณขยะได้อย่างแท้จริง โดยจำนวนขยะบนหาดที่มีการท่องเที่ยวน้อย กลับมีปริมาณขยะมากกว่าบริเวณที่มีการท่องเที่ยวหนาแน่น (Houbnarin *et al.*, 2018) ในขณะที่หาดอ่าวมะขามป้อมซึ่งเป็นหาดขนาดใหญ่มีนักท่องเที่ยวไม่มากนัก และนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางไปเที่ยวตามเกาะต่าง ๆ มากกว่า แต่มีขยะจำนวนมากที่เป็นของอุปโภคบริโภค จึงน่าจะมาจากชุมชนบ้านเรือนจำนวนมากในบริเวณอ่าวมะขามป้อม ซึ่งมี

การตั้งบ้านเรือนลงไปในพื้นที่หาดด้วย (ภาพที่ 2ก) ส่วนหาดมาบตาพุดมีชุมชนชาวประมงอยู่ตลอดแนวหาด และมีการนำกองอวนและเชือกขนาดใหญ่ที่ไม่ใช้งานแล้ว มาถมเป็นเขื่อนกันการทลายของฝั่ง (ภาพที่ 2ค) จึงพบขยะที่เป็นเศษอวนและเชือกจำนวนมาก (ภาพที่ 4ก) นอกจากปริมาณขยะทะเลจะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาแล้ว ยังมีความสัมพันธ์ในทางตรงกับสภาพอากาศ ความเร็ว และทิศทางลม (Bantiwivatkul *et al.*, 2018) และช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณขยะเข้ามาสะสมบริเวณชายหาดมากขึ้น เนื่องจากขยะส่วนใหญ่มาพร้อมน้ำหลาก (Houbnarin *et al.*, 2018)

1.2 ขยะพลาสติกกลุ่ม MAP, MEP และ LMP

ขยะพลาสติกที่สะสมอยู่บนหาดทรายมักมีการแตกหักเป็นขนาดต่าง ๆ ด้วยอิทธิพลของแสงแดด อุณหภูมิ รังสียูวี คลื่นลม รวมทั้งจุลชีพ (Andrady, 2011; Barnes *et al.*, 2009) โดยขยะพลาสติกกลุ่ม MAP, MEP และ LMP เป็นกลุ่มพลาสติกที่ยังสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ขนาด 1-25 มิลลิเมตร) โดยพบว่าหาดทรายทั้ง 3 หาด และในเขตน้ำขึ้นน้ำลง 2 เขต มีปริมาณขยะพลาสติกกลุ่ม MAP และ LMP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นขยะกลุ่ม MEP ที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยขยะพลาสติกทั้ง 3 กลุ่มพบในเขตน้ำขึ้นสูงสุดมากกว่าเขตน้ำขึ้นน้ำลง (ตารางที่ 1 และ 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Heo *et al.* (2013) ที่รายงานว่า ขยะพลาสติกขนาดเล็กมักสะสมในบริเวณตอนบนของหาดในเขตน้ำขึ้นสูงสุดมากกว่าในเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นน้ำลง

ขยะพลาสติกกลุ่ม MAP พบมากที่สุด ในหาดอ่าวมะขามป้อม (9.53 กรัมต่อตารางเมตร) (ตารางที่ 1) ส่วนใหญ่มีรูปแบบเป็น fragment (70.20%) ได้แก่ เศษถุงพลาสติก ขวดและภาชนะพลาสติกที่แตกหัก และเศษโฟมที่เป็นฟุ่นลอย (ภาพ

ที่ 4ข และ 6ก) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกประเภท polyethylene, polypropylene และ polystyrene (ตารางที่ 3) จึงสันนิษฐานว่าแหล่งที่มา คือ ชุมชนการท่องเที่ยว และการประมง ในขณะที่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงใน หาดสวนสนและหาดมาบตาพุดทั้งหมดเป็นขยะรูปแบบ fiber (100%) (ภาพที่ 6ก) และเป็นโพลิเมอร์ประเภท polyethylene และ nylon (ตารางที่ 3) จึงสันนิษฐานว่ามาจากเศษอวนและเชือกที่มาจากท่าเทียบเรือประมงพื้นบ้าน ซึ่งเป็นอาชีพหลักของชุมชนสองพื้นที่นี้ (ภาพที่ 2ข และ 2ค) ขยะพลาสติกที่พบในหาดทรายทั้ง 3 หาดนี้มีรูปแบบและแหล่งที่มาคล้ายคลึงกับที่พบบนหาดแหลมแม่พิมพ์ จ.ระยอง ที่ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกแข็งและเส้นใย และมีแหล่งที่มาจากกิจกรรมชายฝั่ง การพักผ่อน และกิจกรรมทางการประมง (Pransilpa *et al.*, 2016) และคล้ายคลึงกับบริเวณหาดทรายริสวี จ.ชุมพร ที่มีรายงานว่าขยะส่วนใหญ่เป็นประเภทโฟม มีแหล่งที่มาจากกิจกรรมชายฝั่งการพักผ่อน และกิจกรรมทางการประมงเช่นกัน (Bantiwivatkul *et al.*, 2018)

ขยะพลาสติกกลุ่ม MEP ในหาดทรายทั้ง 3 หาดมีปริมาณแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ต่างจากพลาสติกกลุ่มอื่น ๆ โดยมีปริมาณระหว่าง 0.38-1.55 กรัมต่อตารางเมตร (ตารางที่ 1) ส่วนใหญ่เป็นรูปแบบ fragment ที่มาจากการแตกหักของพลาสติก ซึ่งมีสีสันทันทีหลากหลาย (ภาพที่ 4ค และ ภาพที่ 5ก) ส่วนใหญ่เป็นโพลิเมอร์ประเภท polyethylene, polyethylene plasticized #2, polypropylene, nylon และ poly (carbonate urethane) เป็นต้น (ตารางที่ 3) ขยะพลาสติกกลุ่ม MEP น่าจะมาจากการแตกหักของขยะพลาสติกกลุ่ม MAP

ขยะพลาสติกกลุ่ม LMP ซึ่งถือว่าเป็นไมโครพลาสติกขนาดใหญ่ (1-5 มม.) พบในหาดมาบตาพุดในเขตน้ำขึ้นสูงสุด (6.40 กรัมต่อตารางเมตร) สูงกว่า

หาดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยรูปแบบของขยะพลาสติกกลุ่ม LMP ที่น่าสนใจที่สุดในการศึกษานี้ คือ เม็ดพลาสติก (plastic pellet) ประเภท polypropylene (ภาพที่ 4ง, 5ข และ ตารางที่ 3) ซึ่งพบเฉพาะสถานีหาดมาตาพุดทั้งเขตน้้าขึ้นน้ำลงและน้ำขึ้นสูงสุด (ภาพที่ 6ค) โดยพบแพร่กระจายเป็นบริเวณกว้างตามแนวรอยคลื่นซัดของเขตน้้าขึ้นสูงสุดบนหาดมาตาพุด (ภาพที่ 5ค) ซึ่งสันนิษฐานว่าแหล่งที่มา คือ โรงงานผลิตเม็ดพลาสติกที่ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมมาตาพุด ซึ่งอยู่ติดกับหาดมาตาพุดที่ทำการศึกษานี้ (ภาพที่ 2ค) เม็ดพลาสติกจัดเป็นไมโครพลาสติกปฐมภูมิ มีความแข็งและเหนียว ยากต่อการย่อยสลาย เม็ดพลาสติกเหล่านี้อาจถูกบริโภคโดยสัตว์บก เช่น เป็ด ไก่ที่มีการเลี้ยงในบริเวณนั้น หรือถ้าถูกพัดพาไปในน้ำก็จะถูกกินโดยนกและสัตว์ทะเลต่าง ๆ ได้ และจะได้รับพิษจากเม็ดพลาสติก เช่นเดียวกับไมโครพลาสติก และถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหารด้วย (Karlsson *et al.*, 2018) เม็ดพลาสติกยังสามารถดูดซับสารกลุ่ม POPs สูงกว่าในน้ำทะเลถึง 10^7 เท่า (Koelmans *et al.*, 2016) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่า เม็ดพลาสติกมักแพร่กระจายเป็นบริเวณกว้าง โดยมีเม็ดพลาสติก

ปริมาณมหาศาลที่ล่องลอยไปรอบ ๆ บริเวณแหล่งต้นกำเนิด ซึ่งมาจากการรั่วไหลของเม็ดพลาสติกจากกระบวนการผลิต ขนส่ง เก็บรักษา นำไปใช้ประโยชน์ และการทำความสะอาดโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก ซึ่งการปนเปื้อนไม่ได้มีเฉพาะชายหาดในบริเวณใกล้เคียงกับโรงงาน แต่ยังคงพัดพาไปยังชายหาดที่อยู่ห่างไกล ดังนั้น มาตรการในการป้องกันการปนเปื้อนของเม็ดพลาสติกทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติควรอยู่ในระดับสูงและเร่งด่วน (Karlsson *et al.*, 2018) นอกจากนี้ยังพบว่ารูปแบบของขยะพลาสติกกลุ่ม LMP ที่พบบนหาดสวนสนเป็นรูปแบบโฟมประเภท poly (carbonate urethane) ที่แตกหัก ซึ่งมาจากทุ่นลอยที่ใช้ในการทำประมง และในหาดอ่าวมะขามป้อมมีหลายรูปแบบทั้งที่เป็นเศษพลาสติกที่แตกหักและเศษเม็ดโฟมที่เป็นเม็ดเดี่ยว ๆ (ภาพที่ 4ง และ 6ค)

มีรายงานการศึกษาขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ ในประเทศเกาหลีใต้ โดยพบขยะพลาสติกกลุ่ม LMP และ MEP เป็นรูปแบบโฟม (styrofoam) กว่า 90 % ซึ่งมีแหล่งที่มาจากทุ่นลอยที่ใช้ในการทำประมง โฟมที่เป็นทุ่นลอยมักแตกหักได้ง่ายกลายเป็นขยะกลุ่ม MEP และ LMP ได้ ส่วนกลุ่ม MAP ส่วนใหญ่เป็นประเภทเส้นใย (Lee *et al.*, 2015)

ตารางที่ 1 ปริมาณขยะทะเลรวมและขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ 4 กลุ่มบนหาดทราย 3 หาดใน จ.ระยอง

สถานีเก็บตัวอย่าง	ขยะพลาสติก				
	ขยะทะเลรวม (กก./ตร.ม.)	Macroplastic (MAP) (กรัมต่อตาราง เมตร)	Mesoplastic (MEP) (กรัมต่อตาราง เมตร)	Large microplastic (LMP) (กรัมต่อตาราง เมตร)	Small microplastic (SMP) (ชิ้นต่อตารางเมตร)
หาดอ่าว	0.90±0.45 ^a	9.53±8.62 ^a	1.55±3.42 ^{ns}	0.31±0.30 ^b	379.22±19.91 ^a
หาดสวนสน	0.15±0.06 ^b	2.59±3.03 ^b	0.38±0.69 ^{ns}	0.12±0.22 ^b	336.00±165.76 ^a
หาดมาตาพุด	0.45±0.09 ^{ab}	2.24±3.54 ^b	0.89±1.24 ^{ns}	3.24±4.89 ^a	142.47±0.53 ^b

* ตัวอักษร a, b ในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ns = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

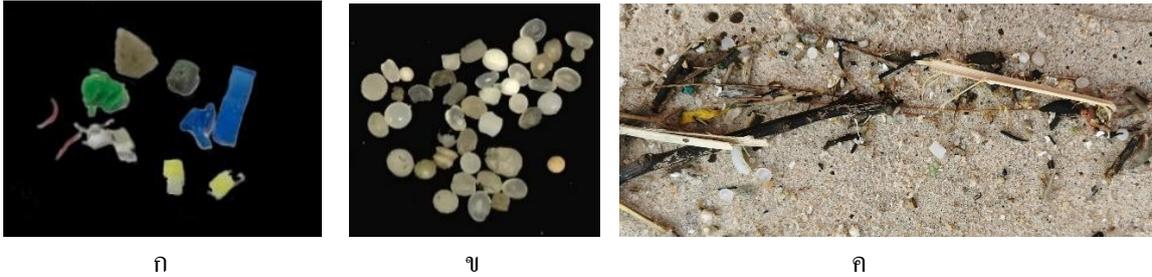
ตารางที่ 2 ปริมาณขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงที่แตกต่างกันบนหาดทราย 3 หาดใน จ.ระยอง

สถานีเก็บตัวอย่าง	เขตน้ำขึ้นน้ำลง	Macroplastic (MAP) (กรัมต่อตารางเมตร)	Mesoplastic (MEP) (กรัมต่อตารางเมตร)	Large microplastic (LMP) (กรัมต่อตารางเมตร)	Small microplastic (SMP) (ชิ้นต่อตารางเมตร)
หาดอ่าวมะขามป้อม	เขตน้ำขึ้นสูงสุด	13.19±9.88 ^a	2.83±4.70 ^{ns}	0.36±0.30 ^b	416.00±228.25 ^a
	เขตน้ำขึ้นน้ำลง	5.88±6.01 ^{ab}	0.27±0.40 ^{ns}	0.26±0.32 ^b	342.42±30.92 ^{ab}
หาดสวนสน	เขตน้ำขึ้นสูงสุด	4.52±3.02 ^{ab}	0.44±0.73 ^{ns}	0.13±0.27 ^b	432.00±168.95 ^a
	เขตน้ำขึ้นน้ำลง	0.67±1.50 ^b	0.33±0.74 ^{ns}	0.11±0.19 ^b	240.00±101.19 ^{ab}
หาดมาบตาพุด	เขตน้ำขึ้นสูงสุด	4.35±4.13 ^{ab}	1.70±1.36 ^{ns}	6.40±5.37 ^a	185.67±6.40 ^{ab}
	เขตน้ำขึ้นน้ำลง	0.13±0.30 ^b	0.09±0.10 ^{ns}	0.08±0.11 ^b	99.22±6.29 ^b

* ตัวอักษร a, b ในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ns = แตกต่างอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 4 ขยะทะเลที่พบในหาดทราย 3 หาดในจังหวัดระยอง ก. ขยะทะเลรวม ข. ขยะพลาสติกกลุ่ม macroplastic ค. ขยะพลาสติกกลุ่ม mesoplastic ง. ขยะพลาสติก กลุ่ม large microplastic



ภาพที่ 5 ก. รูปแบบของขยะพลาสติกกลุ่ม MEP ที่ส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนที่แตกหัก (fragment) และมีหลากสี
ข. รูปแบบของขยะพลาสติกกลุ่ม LMP ที่น่าสนใจคือ รูปแบบที่ไม่บุบสลาย (intact) คือ เม็ดพลาสติก (plastic pellet)
ซึ่งพบแพร่กระจายเป็นแนวยาวตามรอยซัดของคลื่นในเขตน้ำขึ้นสูงสุด (ค)

1.3 ขยะไมโครพลาสติกกลุ่ม SMP ในตะกอนทราย

ไมโครพลาสติกเป็นขยะพลาสติกขนาดเล็กที่มีการศึกษามากที่สุด ด้วยขนาดที่เล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ยากต่อการเก็บรวบรวม และความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล รวมทั้งสามารถส่งผ่านมายังมนุษย์ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ผลการศึกษาพบว่า ไมโครพลาสติกขนาดเล็กกลุ่ม SMP (<1 มิลลิเมตร) ในตะกอนทรายของหาดทราย 3 หาดใน จ.ระยอง และระหว่างเขตน้ำขึ้นสูงสุดและเขตน้ำขึ้นน้ำลง มีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 1 และ 2) และส่วนใหญ่มีรูปแบบ fiber (82.96-99.00%) (ภาพที่ 6ง) โดยในหาดอ่าวมะขามป้อมส่วนใหญ่เป็นเส้นใยสีแดง (58.42%) ในหาดสวนสนส่วนใหญ่เป็นเส้นใยสีใส (33.04%) และเส้นใยสีน้ำเงินพบในปริมาณสูงสุดในหาดมาบตาพุด (50.98%) (ภาพที่ 7ก และ 8ก) ซึ่งแหล่งที่มาของขยะพลาสติกกลุ่ม SMP เหล่านี้น่าจะมาจากอวนและเชือก แต่จากการศึกษาโพลิเมอร์พบว่ากลุ่ม SMP ส่วนใหญ่เป็นประเภท cotton ผสม rayon, elastan หรือ nylon (ตารางที่ 3) ซึ่งน่าจะเป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตเสื้อผ้า แสดงว่า SMP ที่เป็นเส้นใยในการศึกษานี้น่าจะมาจากน้ำทิ้งจากการซักเสื้อผ้าของชุมชนและรีสอร์ตท่องเที่ยวต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่เศษผ้าที่มาจากจากการซักผ้าก็เป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติก

ประเภทเส้นใยได้เช่นเดียวกัน (GESAMP, 2015) โดยมีรายงานว่าเสื้อผ้าต่าง ๆ สามารถผลิตเส้นใยได้มากกว่า 1,900 ชิ้นต่อการซัก แสดงให้เห็นถึงปริมาณของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยจำนวนมากที่มาจากจากการซักเสื้อผ้า (Browne *et al.*, 2011)

สิ่งที่น่าสนใจคือ ขยะไมโครพลาสติกกลุ่ม LMP ที่เป็นไมโครพลาสติกขนาดใหญ่และมีรูปแบบเส้นใย มีแหล่งที่มาแตกต่างจาก SMP โดยส่วนใหญ่กลุ่ม LMP เป็นเส้นใยที่เป็นโพลิเมอร์ polyethylene ที่เป็นส่วนประกอบของอวนและเชือกที่เป็นเครื่องมือประมง ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าเป็นเส้นใยที่เกิดจากการผูกของอวนหรือเชือก ซึ่งอวนและเชือกมีการผลิตในการตีเกลียวถักทอ มีขนาดใหญ่ มีความแข็งแรงกว่า จึงต้องใช้เวลายาวนานในการแตกหักมากกว่าเส้นใยที่มาจากเสื้อผ้า

แหล่งที่มาของไมโครพลาสติกบนหาดทรายในประเทศไทยส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการประมง เช่น บริเวณหาดแหลมสมิหลา จังหวัดสงขลา หาดทรายรีศรี จังหวัดชุมพร และหาดแหลมสนอ่อน จังหวัดสงขลา พบ ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่เป็นรูปแบบเส้นใย ที่มาจากการชำรุดเสียหายหรือเสื่อมสภาพของเครื่องมือประมง (Wangritthirakun *et al.*, 2021; Maneechot *et al.*, 2018; Akkajit and Ruamkaew, 2019) ซึ่งคล้ายคลึงกับพื้นที่การศึกษานี้ ซึ่งทั้ง 3 หาดมีทำขึ้นอวนปูและอวนตักวันน้ำ (ภาพที่

2) ทั้งนี้รูปแบบของไมโครพลาสติกที่มาจากกิจกรรมประมงยังขึ้นอยู่กับประเภทของการทำประมง เช่น ในเกาหลีใต้พบขยะไมโครพลาสติกเป็นรูปแบบชิ้นส่วนใรรูปแบบถึง 96% ซึ่งมาจากการใช้โฟมและฟองน้ำเทียมในการเพาะเลี้ยงหอยนางรมและสาหร่ายเป็นปริมาณมาก (Lee *et al.*, 2015) นอกจากนี้ในการศึกษานี้ยังพบไมโครพลาสติกที่มีรูปแบบชิ้นส่วนใรรูปแบบด้วย (ภาพที่ 7ข) โดยมีการพบโพลีเมอร์ประเภท 5% poly (ethylene terephthalate) (ตารางที่ 3) ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของขวดน้ำดื่มแบบ PET จึงสันนิษฐานว่าแหล่งที่มาน่าจะมาจากกิจกรรมการท่องเที่ยว

นอกจากการใช้ประโยชน์บนหาดทรายโดยมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น การทำประมง การท่องเที่ยว ชุมชนบ้านเรือน ที่มีผลต่อปริมาณไมโครพลาสติกแตกต่างกันแล้ว ปัจจัยที่มาจากธรรมชาติก็ยังมีผลต่อปริมาณไมโครพลาสติก เช่น คลื่นลม กระแสน้ำ ลักษณะรูปร่างหาดทราย และการพัดพามาถึงกับน้ำหลาก จากรายงานการศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณหาดป่าตอง จ.ภูเก็ต มีไมโครพลาสติกรูปแบบเส้นใย น้อยกว่ารูปแบบชิ้นส่วนใรรูปแบบ เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของชายหาดที่มีคลื่นลมแรง (Akkajit and Ruamkaew, 2019) และยังมีรายงานการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าไมโครพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูงมักจะฝังอยู่ในหาดทรายที่มีความลาดชันสูงได้ลึกกว่า และพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ มักลอยตัวไปตามแนวคลื่นหรือฝั่งตัวโดยแรงคลื่น (Kerpen *et al.*, 2020) นอกจากนี้ ขนาด ความหนาแน่น และสี ล้วนมีผลต่อความเป็นพิษของไมโครพลาสติก ขนาดของไมโครพลาสติกยังสามารถบอกได้ว่ายิ่งขนาดเล็กยิ่งปนเปื้อนอยู่ในสิ่งมีชีวิตใน ส่วนต้นของห่วงโซ่อาหาร ยิ่งขนาดเล็กยิ่งดูดซับสารพิษในสิ่งแวดล้อมได้ดี พลาสติกที่มีอายุมากมักจะมีสีคล้ำและมีแนวโน้มที่จะมีความเข้มข้น

ของสารพิษปนเปื้อนในไมโครพลาสติกมากกว่าพลาสติกที่มีสีคล้ำน้อยกว่าด้วย เป็นต้น (Cole *et al.*, 2011; GESAMP, 2015; Auta *et al.*, 2017)

1.4 ขยะไมโครพลาสติกกลุ่ม SMP ในปูหนุมาน

ปัญหาสำคัญของไมโครพลาสติก คือ การถ่ายทอดความเป็นพิษไปตามห่วงโซ่อาหารไปยังสิ่งมีชีวิตในทะเลและในที่สุดมายังมนุษย์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตบนหาดทราย มีพฤติกรรมการกินโดยวิธีการเก็บกินอินทรีย์สารในตะกอนทราย (deposit feeder) และเป็นสิ่งมีชีวิตที่ขุดรูอาศัยอยู่ในตะกอนทราย จึงทำให้มีโอกาสเสี่ยงที่จะมีการสะสมไมโครพลาสติกไว้ในตัวสูงมาก การศึกษานี้จึงทำการศึกษาไมโครพลาสติกกลุ่ม SMP ในปูหนุมาน (*M. victor*) ที่เคลื่อนที่ขึ้นลงตามน้ำขึ้นน้ำลงในหาดสวนสนพบว่าไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มีรูปแบบเส้นใย (99%) เช่นเดียวกับที่พบในตะกอนทราย และส่วนใหญ่เป็นสีน้ำเงิน (ภาพที่ 7ค และ 8ข) ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Wisespongpan *et al.* (2020) ที่พบว่าไมโครพลาสติกที่พบในปูที่เป็นอาหาร เช่น ปูม้า ปูทะเล มีรูปแบบเป็นเส้นใยและมีสีฟ้า ซึ่งคาดว่าแหล่งที่มาน่าจะมาจากอวนในลอนที่ใช้ในการทำประมงอวนจมปู ซึ่งมักมีสีน้ำเงินอ่อน

มีรายงานการศึกษาว่าปูหลากหลายชนิดในหาดทรายมีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก เช่น ปูลม (*Ocypode quadrata*) ที่พบไมโครพลาสติกหลักรูปแบบเส้นใยมีสีฟ้าและดำ (Costa *et al.*, 2019) คล้ายคลึงกับที่พบในปูหนุมานในหาดสวนสนที่ทำการศึกษานี้ และในจักจั่นทะเล (*Emerita analoga*) พบไมโครพลาสติกที่คาดว่ามีการสะสมผ่านทางห่วงโซ่อาหารไปยังปลาและนกในหาดทรายด้วย ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งข้อสันนิษฐานว่าการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตะกอนทรายชายฝั่ง แสดงถึงความเสี่ยงของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นที่ น่าจะกลืนกินไมโครพลาสติก ซึ่งไม่เพียงแต่มีความ

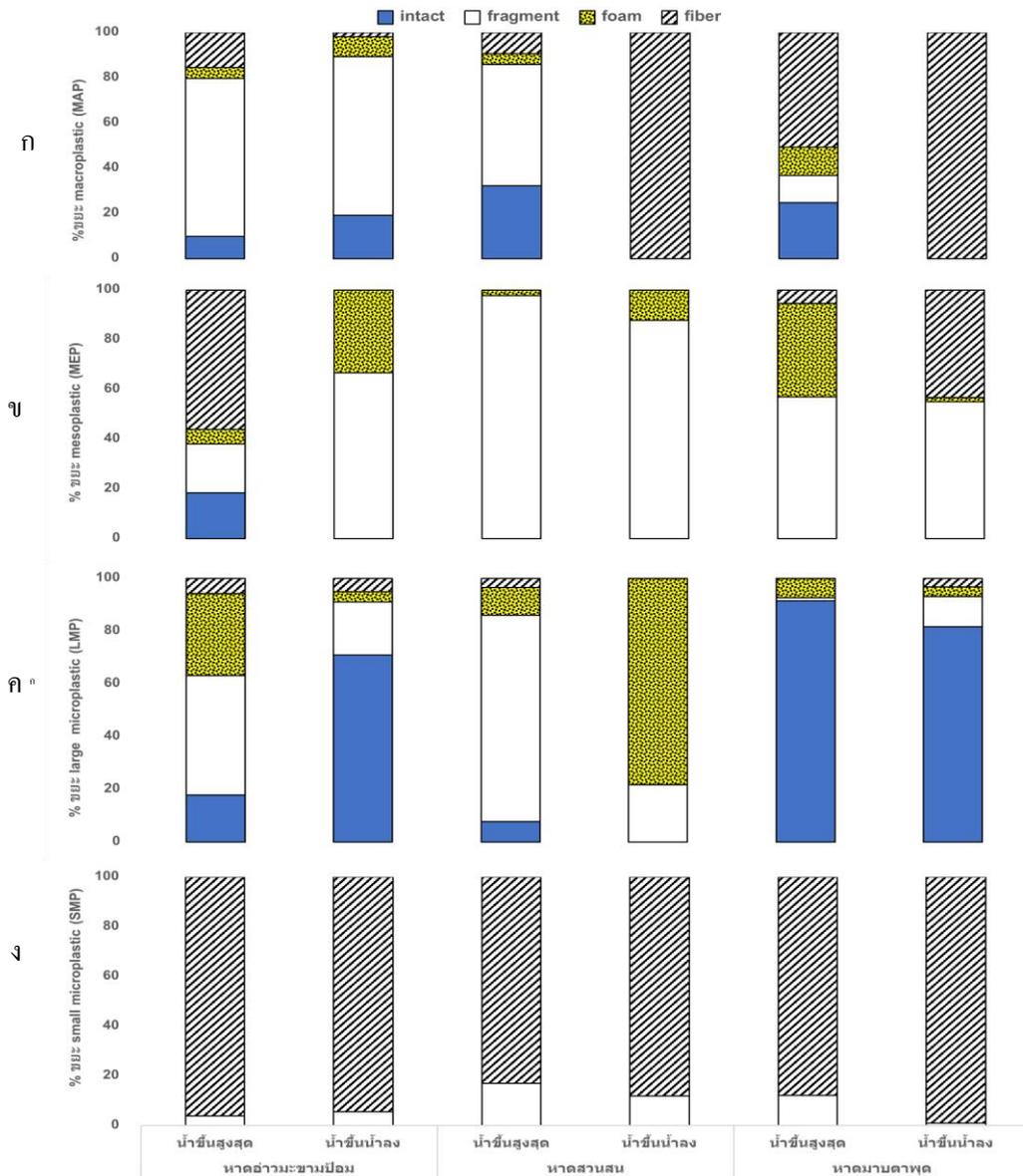
เสี่ยงต่อความหลากหลายทางชีวภาพ แต่ยังคงรวมถึง การเปลี่ยนแปลงของการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหารด้วย (Horn *et al.*, 2019)

2. ประเภทโพลิเมอร์พลาสติกขนาดต่าง ๆ

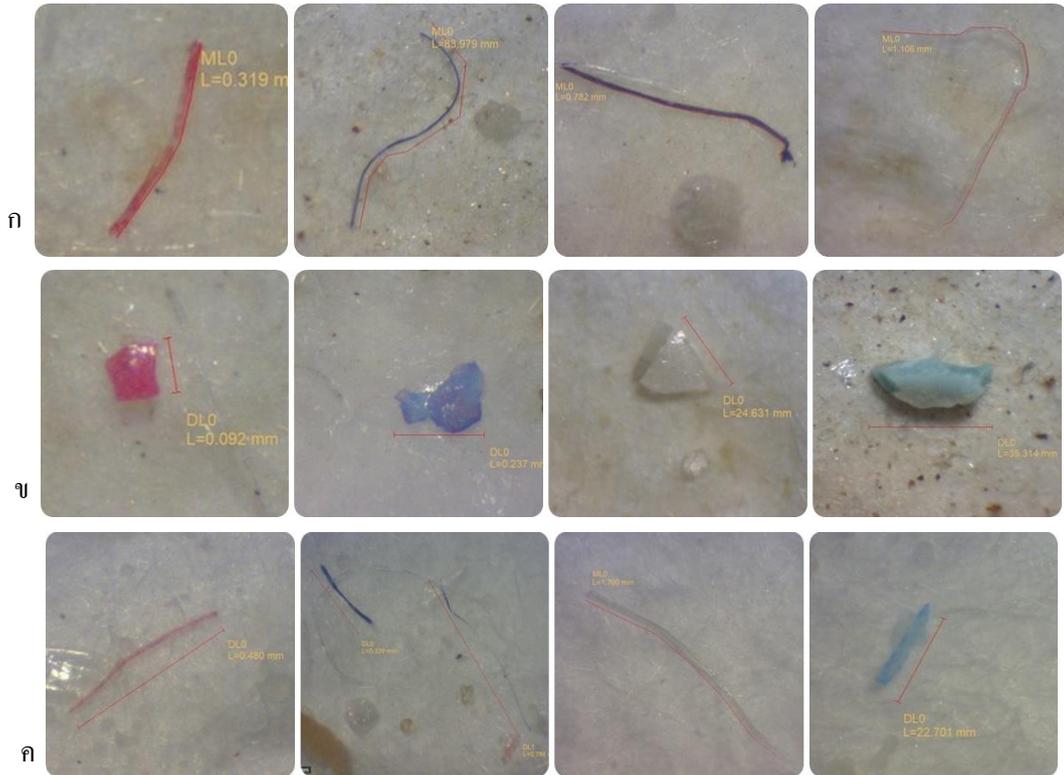
การศึกษานี้พบว่าพลาสติกกลุ่มต่าง ๆ ที่พบในแต่ละหาคามีโพลิเมอร์ที่หลากหลายมาก (ตารางที่ 3) โดยกลุ่มโพลิเมอร์หลักที่พบเป็นประเภท polyethylene และ polypropylene ซึ่งเป็นวัสดุหลักในการผลิตถุง ขวด ท่อน้ำ ถัง และหลอด แต่ยังพบพลาสติกที่เป็นโพลิเมอร์ผสมและโพลิเมอร์ประเภทอื่น ๆ รวมทั้งสารเติมแต่ง (plasticizer) ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตโพลิเมอร์พลาสติกอีกหลายชนิด โดยกลุ่ม LMP มีความหลากหลายของโพลิเมอร์มากที่สุด และกลุ่ม SMP มีรูปแบบเป็นเส้นใยและเป็นโพลิเมอร์กลุ่ม cotton ผสมเส้นใยพลาสติกหลายประเภท เช่น rayon, nylon, elastan และ fabric polyethylene (ตารางที่ 3) ซึ่งหมายความว่าไมโครพลาสติกเหล่านี้ น่าจะมาจากน้ำทิ้งจากการซักเสื้อผ้า ซึ่งกำลังเป็นแหล่งของไมโครพลาสติกที่ควรจับตามอง

เนื่องจากกิจกรรมการซักเสื้อผ้าจากทุกครัวเรือน และทุกกิจกรรมการใช้ประโยชน์ของมนุษย์

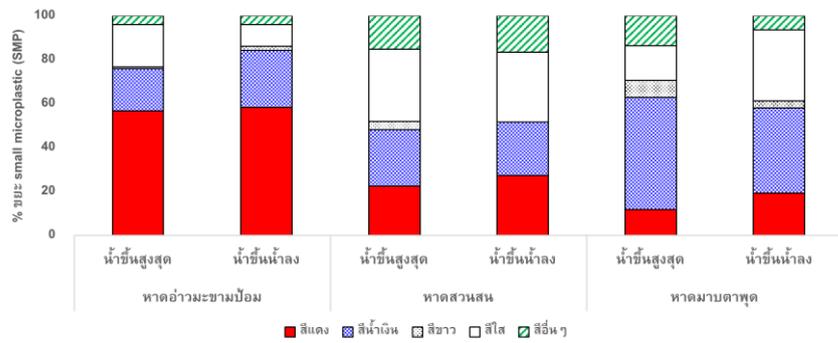
หาคทรายที่มีการปนเปื้อนของขยะขนาดต่าง ๆ มากที่สุด คือ หาคอ่วมะขามป้อม ก็พบชนิดของโพลิเมอร์ที่หลากหลาย (ตารางที่ 3) สะท้อนให้เห็นถึงแหล่งที่มาของพลาสติกที่น่าจะมาจากหลายแหล่ง ความน่าสนใจในเรื่องของความหลากหลายของโพลิเมอร์พลาสติกที่ปนเปื้อนในหาคทราย สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการผลิตพลาสติกในปัจจุบันนี้ ที่มีการใช้โพลิเมอร์ดัดแปลงและส่วนประกอบเติมแต่งมากมาย ซึ่งน่าจะส่งผลให้ยังมีสารปนเปื้อนมากขึ้น ความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตก็จะยิ่งมากขึ้น (Sangrajrang *et al.*, 2013) และที่สำคัญความหลากหลายของโพลิเมอร์ คือ ปัญหาต่อกระบวนการกำจัดหรือการแยกประเภทก่อนนำไปรีไซเคิล ดังนั้นการแก้ปัญหาขยะพลาสติกควรแก้ไขตั้งแต่ต้นทางการผลิต คือ การจำกัดชนิดของวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกรวมทั้งสารเติมแต่งต่าง ๆ ให้มีความหลากหลายลดลง



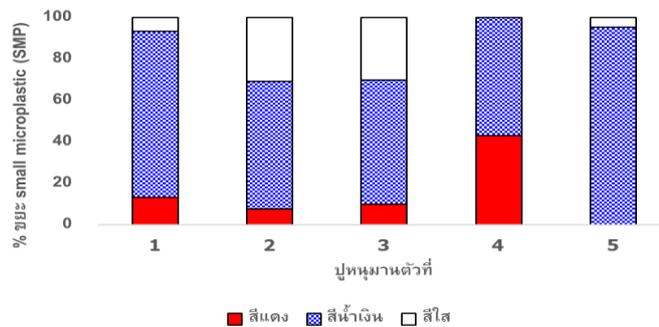
ภาพที่ 6 ร้อยละของรูปแบบต่างๆ ของขยะพลาสติกขนาดต่างๆ ก. กลุ่ม Macroplastic (MAP) ข. กลุ่ม Mesoplastic (MEP) ค. กลุ่ม Large microplastic (LMP) และ ง. กลุ่ม Small microplastic (SMP)



ภาพที่ 7 ขยะพลาสติกกลุ่ม Small microplastic (SMP) ที่พบในตะกอนทรายส่วนใหญ่เป็นประเภทเส้นใย (ก) และเศษแตกหัก (ข) และที่พบในปูหนุมนส่วนใหญ่เป็นประเภทเส้นใย (ค)



ก



ข

ภาพที่ 8 ร้อยละของสีของขยะกลุ่ม Small microplastic (SMP) ที่พบในตะกอนทราย (ก) และในปูหนุมน (ข)

ตารางที่ 3 ประเภทของโพลิเมอร์ที่พบในขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ บนหาดทราย 3 หาดในจังหวัดระยอง

กลุ่มพลาสติก	หาดทราย	ประเภทโพลิเมอร์
Macroplastic	หาดอ่าวมะขามป้อม	polyethylene plasticized #2, polyethylenimine, poly (styrene-co-divinylbenzene), thymolphthalein, polypropylene, polypropylene+poly (ethylene:propylene)
	หาดสวนสน	poly (ethylene:propylene:diene), polypropylene+poly (ethylene:propylene), poly (styrene-co-divinylbenzene), thymolphthalein, polypropylene+poly (ethylene:propylene), polypropylene
	หาดมาบตาพุด	polyethylene medium density, thymolphthalein, poly (dimer acid-co-alkyl polyamine), nylon > 90% cotton, polypropylene waxes
Mesoplastic	หาดอ่าวมะขามป้อม	polyethylene medium density (2), polyethylene plasticized #2, polypropylene+poly (ethylene:propylene), poly (styrene-co-divinylbenzene), thymolphthalein, polyethylenimine
	หาดสวนสน	polypropylene, polyethylene, thymolphthalein
	หาดมาบตาพุด	nylon > 90% cotton, poly (carbonate urethane), thymolphthalein, polyethylene (3)
Large microplastic	หาดอ่าวมะขามป้อม	Polyethylene wax: low density, polyethylene medium density (3), polyethylene, polypropylene + poly (ethylene:propylene), rubber fiber, polyethylene plasticizer #2, poly (carbonate urethane), poly (propylene:ethylene), novolen
	หาดสวนสน	color masterbatch polypropylene + white pi, polyethylene plasticized #2 (3), polyethylene medium density, (3)
	หาดมาบตาพุด	polyethylene plasticized #2, polyethylene medium density (3), poly (carbonate urethane), poly (styrene-co-divinylbenzene), polypropylene (3), polymer of 2,2,4,4_tetramethyl-7-oxa-3, 20-d, nylon > 90% cotton

ตารางที่ 3 (ต่อ)

กลุ่มพลาสติก	หาคทราย	ประเภทโพลีเมอร์
Small microplastic	หาคอ้วมะขามป้อม	cotton fiber+rayon 95% elastan 5%, cotton 80%, cotton 33% rayon 49% nylon 16% elastan, cotton fiber, cotton
	หาคสวนสน	cotton, cotton/rayon/acrylic, poly (ethylene terephthalate), fabric poly (ethylene terephthalate), cotton, agave (2), cotton 33% rayon 49% nylon, 16% elastan, cotton+polyester
	หาคมาบตาพุด	cotton/rayon/acrylic, cotton 33% rayon 49% nylon 16% elastan, nylon

3. ความสัมพันธ์ของขนาดของขยะพลาสติกในตะกอนทรายและในปูพูนุมา

การศึกษายขยะพลาสติกที่ผ่านมามีส่วนใหญ่นั้นเป็นการศึกษาในรูปของไมโครพลาสติก เนื่องจากความเป็นพิษของไมโครพลาสติกซึ่งยังมีขนาดเล็กจะมียังมีความเป็นพิษเพิ่มขึ้น และยังสามารถถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหารมายังมนุษย์ อย่างไรก็ตามขั้นตอนการศึกษาไมโครพลาสติก ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ มีขั้นตอนในการแยกและกำจัดอินทรีย์สารต่าง ๆ หลายขั้นตอน มีการใช้อุปกรณ์และสารเคมีจำนวนมาก ต้องมีข้อระวังในการปนเปื้อนสูง และต้องใช้เวลาในการศึกษามาก ดังนั้น ถ้าปริมาณขยะพลาสติกกลุ่มที่สามารถมองเห็นได้ไม่ว่าจะเป็น MAP, MEP หรือ LMP มีความสัมพันธ์กับปริมาณขยะไมโครพลาสติกกลุ่ม SMP ก็อาจจะนำมาใช้ในการประเมินระดับการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น การจัดการแก้ปัญหาพื้นที่ที่มีปัญหาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระดับสูง ก็จะทำให้ได้เร็วขึ้น

ในการศึกษานี้พบความสัมพันธ์ในระดับสูงระหว่างขยะพลาสติกกลุ่ม MEP กับ LMP ($r = 0.719$) ที่พบในหาคสวนสน ซึ่งขยะทั้งสองกลุ่มมีรูปแบบหลักเป็น fragment และ foam โดยที่โฟมที่แตกหักเป็นขนาด

เล็ก ๆ และเป็นเม็ดโฟม จะจัดไว้ในกลุ่ม fragment ในขณะที่หาคอ้วมะขามป้อมก็พบความสัมพันธ์ระหว่างขยะพลาสติกกลุ่ม MEP กับ LMP ($r=0.550$) ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีรูปแบบหลักเป็น fragment ส่วนหาคมาบตาพุดพบความสัมพันธ์ระหว่างขยะพลาสติกกลุ่ม MAP กับ SMP ($r=0.549$) และทั้งสองกลุ่มมีรูปแบบหลักเป็น fiber และในภาพรวมพบว่าในพื้นที่หาคทั้ง 3 หาคใน จ.ระยอง มีความสัมพันธ์ของขยะพลาสติกกลุ่ม MAP และขยะกลุ่ม SMP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.642$) (ตารางที่ 4) ซึ่งความสัมพันธ์ของขนาดต่าง ๆ ของขยะพลาสติก ซึ่งให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ปริมาณขยะกลุ่ม MAP ในการคาดคะเนการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกกลุ่ม SMP บนหาคทรายได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันในแต่ละหาคอาจจะขึ้นอยู่กับชนิดและรูปแบบของขยะพลาสติกแต่ละกลุ่มด้วย

มีรายงานการศึกษาความสัมพันธ์ของขยะพลาสติกกลุ่มต่าง ๆ ในประเทศเกาหลีใต้ โดยขยะพลาสติกกลุ่ม MEP มีความสัมพันธ์กับทั้งกลุ่ม MAP และ LMP ดังนั้น การใช้ MEP ในการคาดคะเนการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก LMP ซึ่งสามารถใช้เพียงตะแกรงร่อนขนาด 5 มิลลิเมตร จึงเป็นการลดขั้นตอน

ได้ผลรวดเร็วที่จะนำไปใช้ในการกำหนดหาทรายที่มีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในระดับวิกฤตได้รวดเร็วขึ้น (Lee *et al.*, 2015) และมีการศึกษาขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ ในทะเลสาบ Victoria ที่อยู่ระหว่างประเทศแคนาดาและยูกันดา พบปริมาณขยะต่าง ๆ ในหาดที่มีท่าเทียบเรือประมงมากกว่าในหาดท่องเที่ยว และพบความสัมพันธ์ระหว่าง macroplastic และ microplastic ในตะกอนที่ชายฝั่งและในทะเลสาบด้วย ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษานี้ (Egessa *et al.*, 2020)

ในการศึกษานี้ยังพบความสัมพันธ์ของปริมาณไมโครพลาสติกในตะกอนทรายและในปูหนุมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.882$) และยังมีรูปแบบเป็นเส้นใยสีฟ้าเหมือนกันอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการปนเปื้อนและการสะสมของไมโครพลาสติกในตะกอนทราย จะส่งผลทำให้พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ใน

ตะกอนทรายตามไปด้วย โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตที่หากินอาหารในหาดทรายดังเช่นปูหนุมา จากผลการศึกษาเบื้องต้นนี้แสดงให้เห็นว่าปูหนุมามีศักยภาพในการใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน (bioindicator) ของไมโครพลาสติกบนหาดทรายด้วย ทั้งนี้มีการศึกษาไมโครพลาสติกในปูลม (*Ocypode quadrata*) พบว่ารูปแบบเส้นใยและสีฟ้าและคำของไมโครพลาสติกในปูลมมีความสัมพันธ์กับไมโครพลาสติกที่พบในตะกอนทราย แต่ปริมาณไม่มีความสัมพันธ์กับในตะกอนทราย ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าไมโครพลาสติกในปูลมไม่ได้มีแหล่งที่มาจากตะกอนทรายเพียงอย่างเดียว ซึ่งนำมาจากความสามารรถในการกินอาหารที่หลากหลายของปูลม รวมทั้งการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกมาจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้สิ่งมีชีวิตมาเป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกด้วย (Costa *et al.*, 2019)

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ 4 กลุ่มในหาดทราย 3 หาดใน จ.ระยอง

หาดทราย	กลุ่มพลาสติก	Macroplastic (MAP)	Mesoplastic (MEP)	Large microplastic (LMP)	Small microplastic (SMP)
หาดอ่าว	Macroplastic	1	.137	.115	.442
	Mesoplastic	.137	1	.550*	-.503
	Large microplastic	.115	.550	1	-.213
	Small microplastic	.442	-.503	-.213	1
หาดสวนสน	Macroplastic	1	-.091	-.060	.236
	Mesoplastic	-.091	1	.719*	-.313
	Large microplastic	-.060	.719*	1	-.435
	Small microplastic	.236	-.313	-.435	1
หาดมาบตาพุด	Macroplastic	1	-.162	.158	.549*
	Mesoplastic	-.162	1	-.271	-.424
	Large microplastic	.158	-.271	1	.140
	Small microplastic	.549*	-.424	.140	1
รวม	Macroplastic	1	.226	.011	.642*
	Mesoplastic	.226	1	.237	-.167
	Large microplastic	.011	.237	1	-.237
	Small microplastic	.642*	-.167	-.237	1

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สรุป

ขยะพลาสติกขนาดต่าง ๆ ได้แก่ MAP, LMP และ SMP ในหาดทรายทั้ง 3 หาดในจังหวัดระยอง และในเขตน้ำขึ้นสูงสุดและเขตน้ำขึ้นน้ำลง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นขยะพลาสติกกลุ่ม MEP ที่แตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหาดอ่าวมะขามป้อมมีปริมาณขยะพลาสติกกลุ่ม MAP, MEP และ SMP (9.53 กรัมต่อตารางเมตร, 1.55 กรัมต่อตารางเมตร และ 379.22 ชิ้นต่อตารางเมตร) สูงกว่าหาดสวนสนและหาดมาบตาพุด โดยขยะพลาสติกกลุ่ม MAP และ MEP มีรูปแบบหลักเป็นชิ้นส่วนที่แตกหัก และขยะพลาสติกกลุ่ม SMP ส่วนใหญ่มีรูปแบบเป็นเส้นใย ในขณะที่หาดมาบตาพุดมีปริมาณขยะพลาสติกกลุ่ม LMP มากที่สุด (3.24 กรัมต่อตารางเมตร) และมีรูปแบบเป็นเม็ดพลาสติก ซึ่งพบเฉพาะในหาดมาบตาพุดเท่านั้น โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณขยะขนาดต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน คือ การใช้ประโยชน์หาดทรายแตกต่างกัน ซึ่งแหล่งที่มาหลักของขยะในการศึกษานี้มาจากชุมชน แหล่งประมง และการท่องเที่ยว ซึ่งการปนเปื้อนของเม็ดพลาสติกบนหาดมาบตาพุดจำเป็นต้องมีมาตรการการจัดการการทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอย่างชัดเจน จากการตรวจสอบประเภทโพลีเมอร์ของกลุ่มไมโครพลาสติกที่มีรูปแบบเป็นเส้นใยของขยะกลุ่ม LMP และ SMP คาดว่ามีแหล่งที่มาแตกต่างกัน โดยกลุ่ม LMP จากการสูฟุ้งของอวนและเชือกในการประมง แต่กลุ่ม SMP มาจากน้ำทิ้งจากการซักผ้า ซึ่งมีแนวโน้มเป็นแหล่งสำคัญของไมโครพลาสติกในขณะนี้ ดังนั้นจึงควรต้องมีมาตรการในการจัดการเรื่องน้ำทิ้งจากการซักผ้าสำหรับการใช้ความสัมพันธ์ของขนาดของขยะพลาสติกขนาดใหญ่กับไมโครพลาสติกนั้น จำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ทั้งในเรื่องของปริมาณและรูปแบบของขยะพลาสติกด้วย รวมทั้งพัฒนา

การศึกษาให้ครอบคลุมหาดทรายในบริเวณต่าง ๆ ให้มากขึ้น เพื่อสร้างเกณฑ์มาตรฐานในการใช้พลาสติกขนาดใหญ่ชี้วัดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก ซึ่งจะใช้อุปกรณ์และขั้นตอนศึกษาที่ง่ายและรวดเร็วกว่ามาก ผู้ที่ทำการศึกษາสามารถเป็นเพียงเยาวชนหรือผู้นำในท้องถิ่นได้ และอีกประเด็นที่น่าสนใจ คือ ความหลากหลายของประเภทโพลีเมอร์ที่พบในการศึกษานี้ ซึ่งจะเป็นปัญหาสำคัญต่อการจัดการคัดแยกขยะเพื่อหมุนเวียน ซึ่งจะทำให้ยากมากขึ้น จึงควรมีการกำหนดมาตรการในการจำกัดองค์ประกอบของการผลิตพลาสติก และที่สำคัญ คือ การรณรงค์ให้มีการใช้พลาสติกซ้ำไม่ใช้ครั้งเดียว

เอกสารอ้างอิง

- Akkajit, P. and Ruamkaew, S. 2019. Microplastic on sandy beach of western coast of Phuket. **Environmental Journal** 23(2): 1-8. (in Thai)
- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin** 62(8): 1596-1605.
- Auta, H.S., Emenike, C.U. and 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.
- Bantiwivatkul, N., Pechsri, P., Polpayu, S., Rachaderm, C. and Ruekadee, P. 2018. Classification and quantification of marine debris on Sairee-Sawi Beach, Chumphon Province during 2015-2016, pp.863-870. **In Proceeding of the 6th Marine Science Conference**. Burapha University, Chonburi. (in Thai)
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C. and Barlaz, M. 2009. Accumulation and

- fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B** 364(1526): 1985-1998.
- Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P. and Bosker, T. 2017. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. **Marine Pollution Bulletin** 114(1): 77-83.
- Bozzeda, F., Zangaro, F., Colangelo, M.A. and Pinna, M. 2021. Relationships between size and abundance in beach plastics: A power-law approach. **Marine Pollution Bulletin** 173(Part A): 113005.
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. and Thompson, R. 2011. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. **Environmental Science & Technology** 45(21): 9175-9179.
- Browne, M.A., Niven, S.J., Galloway, T.S., Rowland, S.J. and Thompson, R.C. 2013. Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity. **Current Biology** 23(23): 2388-2392.
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V. and Uricchio, V.T. 2020. A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 17(4): 1212-1238.
- Cole, M., Lindequea, P., Halsband, C. and Galloway, T.S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin** 62(12): 2588-2597.
- Costa, L.L., Arueira, V.F., Costa, M.F., Di Benedetto, A.P.M. and Zalmona, I.R. 2019. Can the Atlantic ghost crab be a potential biomonitor of microplastic pollution of sandy beaches sediment? **Marine Pollution Bulletin** 145: 5-13.
- Department of Marine and Coastal Resources. 2022. **Top ten beach trash of the year 2021.** Available source: <https://www.dmcr.go.th/detailAll/57352/nws/191>, March, 7, 2022. (in Thai)
- Derraik, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. **Marine Pollution Bulletin** 44(9): 842-852.
- Egessa, R., Nankabirwa, A., Basooma, R. and Nabwire, R. 2020. Occurrence, distribution and size relationships of plastic debris along shores and sediment of northern Lake Victoria. **Environment Pollution** 257: 113442.
- GESAMP. 2015. **Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment.** Reprint Study GESAMP No. 90, International Maritime Organization (IMO), United Kingdom.
- Heo, N.W., Hong, S.H., Han, G.M, Song, Y.K., Jang, M. and Shim, W.J. 2013. Distribution of small plastic debris in cross-section and high strandline on Heungnam beach, South Korea. **Ocean Science Journal** 48: 225-233.
- Horn, D., Granek, E.F. and Steele, C.L. 2019. Effects of environmentally relevant concentrations of

- microplastic fibers on Pacific mole crab (*Emerita analoga*) mortality and reproduction. **Limnology and Oceanography Letters** 5(1): 74-83.
- Houbnarin, K., Pitaksintorn, S., Khunchairak, V. and PhongPhan, P. 2018. Type and amount of marine debris at Mu Ko Chang National Park and Khao Leam Ya - Mu Ko Samet National Park in 2018, pp. 305-312. *In Proceeding of the 6th Marine Science Conference*. Burapha University, Chonburi. (in Thai)
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. and Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science** 347(6223): 768-771.
- Karlsson, T.M., Arneborg, L., Broström, G., Almroth, B.C., Gipperth, L. and Hassellöv, M. 2018. The unaccountability case of plastic pellet pollution. **Marine Pollution Bulletin** 129(1): 52-60.
- Kerpen, N.B., Schlurmann, T., Schendel, A., Gundlach, J., Marquard, D. and Hüpgen, M. 2020. Wave-induced distribution of microplastic in the surf zone. **Frontiers in Marine Science** 7(2020): 590565.
- Koelmans, A.A., Bakir, A., Burton, G.A. and Janssen, C.R. 2016. Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment: Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies. **Environment Science Technology** 50(7): 3315-3326.
- Kühn, S., Werven., B., Oyen, A., Meijboom, A., Bravo Rebolledo, E.L. and van Franeker, J.A. 2017. The use of potassium hydroxide (KOH) solution as a suitable approach to isolate plastics ingested by marine organisms. **Marine Pollution Bulletin** 115(1-2): 86-90.
- Lee, J., Lee, J.S., Jang, Y.C., Hong, S.Y., Shim, W.J., Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, M., Han, G.M., Kang, D. and Hong, S. 2015. Distribution and Size Relationships of Plastic Marine Debris on Beaches in South Korea. **Archives of environmental contamination and toxicology** 69(3): 288-298.
- Li, W.C., Tse, H.F. and Fok, L. 2016. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. **Science of the Total Environment** 566-567: 333-349.
- Maneechot, B., Buajan, K., Chaichana, S. and Borrirukwisitsak, S. 2018. Quantification survey of microplastics in beach sand of Laem Samila, Bo Yang Subdistrict, Mueang District, Songkhla Province, pp. 796-802. *In Proceeding of the 6th Marine Science Conference*. Burapha University, Chonburi. (in Thai)
- Pransilpa, M., Arsiranant, I., Chankong, A. and Junchompoo, C. 2016. Quantification and Classification of Marine litter on Laem Maepim Beaches, Rayong Province during 2014-2015, pp. 588-596. *In Proceeding of the 5th Marine Science Conference*. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Sangrajrang, S., Ploysawang, P. and Promhithatron, P. 2013. Impact of Plastics on Human

Health and Environment. **Thai Journal Toxicology** 28(1): 39-50.

UNEP. 2016. **Marine Plastic Debris and Microplastics Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change.** United Nations Environment Program, Nairobi.

Wangritthikrakun, K., Thepwilai, S., Chawchai, S. and Bissen, R. 2021. Microplastic in sediment on sandy beach of Thailand. **Environmental Journal** 25(4): 1-9. (in Thai)

Wispongpan, P., Chataweesuk, A. and Jaingam, W. 2020. Microplastic contamination in marine animals used as seafood, pp. 397-407. *In Proceeding of 58th Kasetsart University Annual Conference.* Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)