

# การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาว และชายหาดคู้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี

## Contamination of microplastic in bivalve at Chaolao and Kungwiman beach Chanthaburi province

ปิติพงษ์ ธาระมนต์<sup>1</sup>, สุหทัย ไพรสานท์กุล<sup>2</sup> และ นภาพร เลียดประถม<sup>1\*</sup>

Pitipong Tharamon<sup>1</sup>, Suhatai Praisankul<sup>2</sup> and Napaporn Leadprathom<sup>1\*</sup>

**บทคัดย่อ:** การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบการปนเปื้อนของขยะประเภทไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้งวิมาน จากการศึกษาในหอยสองฝา 2 ชนิด คือหอยเสียบ (*Donax* sp.) และหอยกระปุก (*Paphia* sp.) พบว่ามีขยะประเภทไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในหอยเสียบบริเวณชายหาดเจ้าหลาว  $3.13 \pm 2.75$  ชิ้น/ตัว โดยมีค่าใกล้เคียงกับชายหาดคู้งวิมานที่พบ  $2.98 \pm 3.12$  ชิ้น/ตัว ( $P > 0.05$ ) และมีการปนเปื้อนในหอยกระปุกบริเวณชายหาดเจ้าหลาว  $11.31 \pm 2.03$  ชิ้น/ตัว เมื่อจำแนกตามรูปร่างของขยะประเภทไมโครพลาสติก พบว่ารูปร่างที่พบมากที่สุดคือ เส้นใย ทั้งชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้งวิมาน โดยพบที่ 82.3% และ 78.9% ตามลำดับ ส่วนสีของขยะประเภทไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด在海滩เจ้าหลาวคือ สีดำ (23.12%) ส่วนชายหาดคู้งวิมาน คือ สีฟ้า (25.29%) ส่วนขนาดความกว้างและความยาวเฉลี่ยของขยะประเภทไมโครพลาสติก บริเวณชายหาดเจ้าหลาวมีค่าความกว้างเฉลี่ย  $44.3 \pm 95.7$  ไมโครเมตร และความยาวเฉลี่ย  $1809.1 \pm 1273.1$  ไมโครเมตร ส่วนบริเวณชายหาดคู้งวิมานมีความกว้างเฉลี่ย  $63.3 \pm 104.4$  ไมโครเมตร และความยาวเฉลี่ย  $1513.7 \pm 1045.0$  ไมโครเมตร

**คำสำคัญ:** ไมโครพลาสติก, ชายหาด, หอยสองฝา

**ABSTRACT:** The study is conducted to determine the contamination of microplastic in bivalve at Chaolao and Kungwiman beach in Chanthaburi province. There were two types of bivalve in this study: *Danax* sp. and *Paphia* sp. The results showed that microplastic contamination in *Danax* sp. in Chaolao beach was quite similar with Kungwiman beach which were  $3.13 \pm 2.75$  particle/individual and  $2.98 \pm 3.12$  particle/individual, respectively ( $P > 0.05$ ). The density of microplastic in *Paphia* sp. Chaolao beach was  $11.31 \pm 2.03$  particle/individual. The most prevalence type of microplastic was fiber both in Chaolao beach (82.3%) and Kungwiman beach (78.9%). The most microplastic color in this study was black (23.12%) in Chaolao beach and blue (25.29%) in Kungwiman beach. The average size of microplastic in Chaolao beach was  $44.3 \pm 95.7$   $\mu$ m in width and  $1809.1 \pm 1273.1$   $\mu$ m n length. Meanwhile in Kungwiman beach was  $63.3 \pm 104.4$   $\mu$ m in width and  $1510 \pm 1045.0$   $\mu$ m in length.

**Keywords:** microplastic, beach, bivalve

<sup>1</sup> คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพาวิทยาเขตจันทบุรี ต.โขมง อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี 22170

Faculty of Marine Technology Burapha University Chanthaburi Campus Kamong Tamai Chanthaburi 22170

<sup>2</sup> กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรุงเทพฯ

Department of Marine and Coastal Resources Bangkok

\* Corresponding author: napapornlead@gmail.com

## บทนำ

ไมโครพลาสติกเป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ที่เกิดจากการแตกหัก หรือ ย่อยสลายของขยะพลาสติกขนาดใหญ่ หรือเกิดจากพลาสติกที่มีการสร้างให้มีขนาดเล็ก เพื่อให้เหมาะกับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น เม็ดพลาสติกขนาดเล็กในโฟมล้างหน้าหรือเม็ดพลาสติกตั้งต้นเพื่อการผลิตชิ้นงานพลาสติก (Barnes et al., 2009) โดยไมโครพลาสติกเหล่านี้จะสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่าย แต่การจัดการในการทำความสะอาดหรือกำจัดได้ยาก มีรายงานการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม เช่น ชายหาด ตะกอนดินในปากแม่น้ำ ชายฝั่ง และในมวลน้ำ รวมถึงมีรายงานการปนเปื้อนในสัตว์ทะเลหลายชนิด เช่น หอยแมลงภู่ ใต้เดือนทะเล และปลิงทะเล (Teuten et al., 2007; Browne et al., 2008; Graham and Thomson, 2009) ผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลมีหลายประการ เช่น การกินไมโครพลาสติกของสิ่งมีชีวิตในทะเล การเป็นวัสดุตัวกลางในการสะสมสารพิษอินทรีย์ในห่วงโซ่อาหาร หรือการปลดปล่อยพลาสติกไฮดรอกซีที่มีอยู่ในไมโครพลาสติกเองสู่สิ่งแวดล้อมเป็นต้น (Cole et al., 2011) จากปัญหาขยะในชายหาดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยมีการรายงานการสำรวจขยะชายหาดและขยะหน้าดินซึ่งพบว่าขยะพลาสติกเป็นขยะชนิดเด่น (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2555) แต่การรายงานสถานการณ์การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยมีค่อนข้างจำกัด ดังนั้นการศึกษาข้อมูลการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเลของประเทศไทยจึงมีความจำเป็น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในการศึกษาค้นคว้าวิจัยได้สำรวจการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดกรองกินทำให้มีโอกาสในการปนเปื้อนไมโครพลาสติกได้โดยบริเวณที่ทำการสำรวจคือชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคั้งวิมานจังหวัดจันทบุรีซึ่งเป็นชายหาดที่มีกิจกรรมต่างๆ ของ

มนุษย์ไม่ว่าจะเป็นการท่องเที่ยวและการทำการประมงพื้นบ้าน และมีรายงานการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในหอยสองฝา (อรรชรอน, 2556) โดยผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาถึงผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นต่อไป

## วิธีการศึกษา

### การเก็บตัวอย่างหอยสองฝา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำการสำรวจไมโครพลาสติกในชายหาด 2 บริเวณ คือ ชายหาดเจ้าหลาวและคั้งวิมานทำการสำรวจเพื่อเก็บตัวอย่างหอยสองฝา 2 ครั้ง เฉพาะในฤดูฝนในเดือนสิงหาคมและกันยายน 2557 โดยทำการเก็บตัวอย่างชายหาดละ 3 จุด ซึ่งแต่ละจุดจะเก็บจากบริเวณแนวน้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุดโดยใช้กรอบตัวอย่างขนาด 100x100 เซนติเมตร วางลงบนชายหาด เก็บดินลึก 15 เซนติเมตร จากนั้นร่อนทรายด้วยตะแกรงขนาด 2x2 มิลลิเมตร เพื่อแยกหอยสองฝาทำการจำแนกชนิด วัดขนาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างหอยที่ได้ และนำหอยสองฝาไปแยกไมโครพลาสติกต่อไป

### การแยกไมโครพลาสติกจากหอยสองฝา

การเตรียมตัวอย่างเพื่อหาไมโครพลาสติกโดยดัดแปลงวิธีการจาก Mathahon and Hill (2014) ทำโดยนำหอยตัวอย่างมาทำการผ่าเอาเนื้อกายออกแล้วนำไปล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำตัวอย่างไปใส่ในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% ( $H_2O_2$ ) และให้ความร้อน 55-65 องศาเซลเซียส ล้างตัวอย่างจนกระทั่งสารละลายระเหยออกหมด จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปเติมโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายอิ่มตัว (250 กรัม/ลิตร) และกวนตัวอย่าง จากนั้นทิ้งตัวอย่างให้ตกตะกอน นำส่วนใสไปกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 1.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกต่อไป โดยนำแผ่นกระดาษกรองที่ได้

มาวิเคราะห์เพื่อจำแนกไมโคร-พลาสติกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลกำลังขยาย 200 เท่า โดยถ่ายรูปเพื่อเก็บข้อมูลและวัดขนาดของพลาสติกแต่ละชิ้นที่พบ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาของแต่ละสถานีและจำแนกชนิดของ ไมโครพลาสติกตามรูปร่าง สี และวัดขนาดของไมโครพลาสติก และทำการเปรียบเทียบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาจากชายหาดและระดับน้ำขึ้นลงที่ต่างกันทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two way ANOVA)

### ผลการศึกษา

#### ข้อมูลทั่วไปของหอยสองฝาที่พบ ในบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้งวิมาน

จากการสำรวจพบว่ามีหอยสองฝาจำนวน 2 ชนิด คือ หอยเสียบ (*Donax* sp.) และหอยกระปุก (*Paphia*

sp.) หลาว โดยพบหอยสองฝาเพียง 2 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างในชายหาดสองแห่ง โดยบริเวณที่ไม่พบหอยสองฝาที่ชายหาดเจ้าหลาวคือที่พิกัด N 12°31'57.46" E 101°56'37" และชายหาดคู้งวิมานที่พิกัด N 12°36'04.75" E 100°53'53.5" โดยพบหอยเสียบทั้งในบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้งวิมาน ส่วนหอยกระปุกพบเฉพาะชายหาดเจ้าหลาว ความหนาแน่นของหอยเสียบบริเวณชายหาดเจ้าหลาวอยู่ที่ 52.75±45.6 ตัว/ตรม. ซึ่งมากกว่าบริเวณคู้งวิมาน 41.4±32.0 ตัว/ตรม. และในแนวน้ำขึ้นมีความหนาแน่นของหอยมากกว่าในแนวน้ำลงทั้งสองชายหาด ในขณะที่หอยกระปุก (*Paphia* sp.) พบเพียง 1 จุดคือ บริเวณสะพานปลาของชายหาดเจ้าหลาวในแนวน้ำลง โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 11±3.0 ตัว/ตรม. โดยหอยกระปุกมีขนาดใหญ่กว่าหอยเสียบค่อนข้างมาก (Table 1)

Table 1 Density and size of bivalve from beach

Station/ coordinate	Tide	Density (ind./sqm)	Width (cm)	Length (cm)	Weight (g)
Chaolao ( <i>Donax</i> sp.)	high	84.5±82.0	0.75±0.12	1.48±0.29	0.342±0.334
N 12°33'16.01" E 101°55'02" (J1)	low	20.0±13.0	0.75±0.78	2.28±0.63	3.460±3.921
N 12°32'11.39" E 101°55'43" (J2)	Average	52.75±45.6	0.75±0.01	1.88±0.56	1.900±2.205
Kungwiman ( <i>Donax</i> sp.)	High	64.0±34.0	0.96±0.13	1.57±0.12	0.558±0.431
N 12°33'16.01" E 101°55'02" (K1)	Low	18.8±10.8	0.96±0.01	1.60±0.14	0.515±0.466
N 12°32'11.39" E 101°55'43" (K2)	average	41.4±32.0	0.980±0.02	1.59±0.01	0.540±0.030
Chaolao ( <i>Paphia</i> sp.)		11.0±3.0	2.25±0.15	2.82±0.12	6.480±2.192
N 12°33'16.01" E 101°55'02" (J1)					

#### ปริมาณไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้งวิมาน

จากการวิเคราะห์ปริมาณของขยะประเภทไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในหอยเสียบบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้งวิมาน พบว่าบริเวณชายหาดเจ้าหลาวมีการปนเปื้อนของขยะประเภทไมโครพลาสติกขึ้น/ตัว ใกล้เคียงกับชายหาดคู้งวิมาน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) โดยชายหาดเจ้า

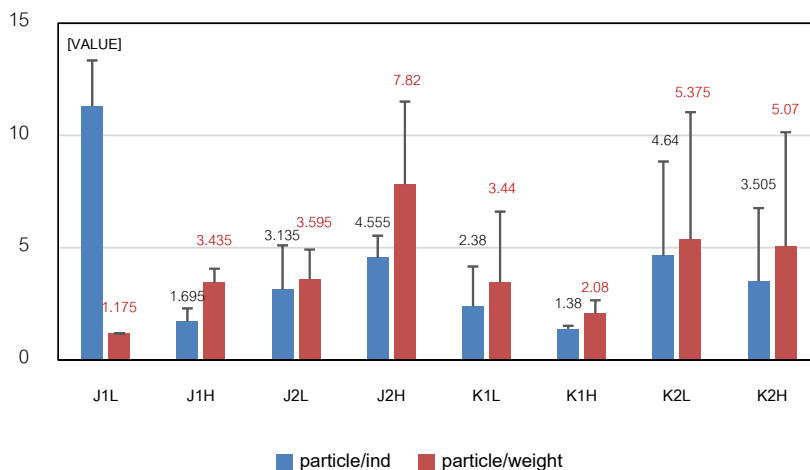
หลาวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13±4.68 ขึ้น/ตัว และบริเวณชายหาดคู้งวิมาน 2.98±2.12 ขึ้น/ตัว ในเดือน สิงหาคม มีปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยมากกว่าเดือนกันยายน ทั้งสองบริเวณ ส่วนในหอยกระปุกที่พบเฉพาะบริเวณชายหาดเจ้าหลาวมีปริมาณไมโครพลาสติกในเดือน สิงหาคมที่ 12.75 และเดือนกันยายนที่ 9.87 ขึ้น/ตัว โดยมีค่าเฉลี่ย 11.31±2.03 ขึ้น/ตัว (Table 2)

**Table 2** Density of microplastic in bivalve

Type/ Station	Density of microplastic (particle/individual)		
	August	September	Average
<i>Donax</i> sp. Chaolao	3.97±1.64	2.29±1.37	3.13±2.75
<i>Donax</i> sp. Kungwiman	4.63±2.66	1.32±3.14	2.98±2.12
<i>Paphia</i> sp	12.75	9.87	11.31±2.03

จากนั้นทำการเปรียบเทียบการคำนวณไมโครพลาสติกทั้งต่อน้ำหนักและต่อจำนวนตัวของหอย พบว่า ความหนาแน่นของการปนเปื้อนในหอยเสียบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่ในหอยกระปุกพบว่า การคำนวณเป็นชิ้นต่อตัวทำให้มีความหนาแน่นของ

ไมโครพลาสติกสูงกว่าการคำนวณเป็นชิ้นต่อกรัมมาก เนื่องจากหอยมีขนาดตัวใหญ่ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณไมโครพลาสติกในหอยที่เก็บตัวอย่างจากแนวน้ำขึ้นและแนวน้ำลงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ )

**Figure 1** Contamination of microplastic in bivalve (J=Chaolao K=Kungwiman H=High tide L=Low tide)

### รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝา

ในการศึกษาครั้งนี้พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 6 รูปร่าง ได้แก่ (1) เส้นใย (2) ชิ้นส่วนไม่มีรูปแบบ (3) แผ่นฟิล์ม (4) แผ่นแข็ง (5) ทรงกลม (6) แท่ง (Figure 2) รูปร่างของขยะประเภทไมโครพลาสติกที่พบมาก

ที่สุดบริเวณชายหาดเจ้าหลาว และคั้งวิมานคือไมโครพลาสติกชนิดเส้นใย โดยพบมากถึง 82.3% และ 78.9% ตามลำดับ รูปร่างของขยะที่พบบรองจากเส้นใยคือ ชิ้นส่วนไม่มีรูปแบบ (fragment) คิดเป็น 9.7% และ 12.6% ตามลำดับ (Figure 3)

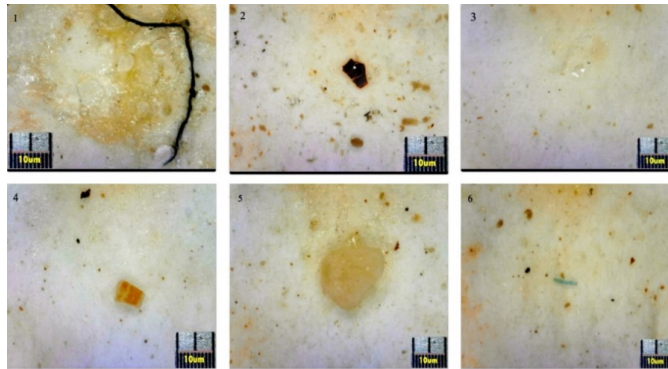


Figure 2 Type of microplastic in bivalve: (1) Fiber (2) Fragment (3) Film (4) hard plastic (5) round (6) rod

**สีของไมโครพลาสติกในหอยสองฝา**

การจำแนกตัวอย่าง สามารถจำแนกสีของขยะประเภทไมโครพลาสติก ออกเป็น 10 สี ได้แก่ ขาว ขุ่น ขาวใส แดง ดำ น้ำเงิน ฟ้า เขียว เทา และ น้ำตาล โดยสีของขยะประเภทไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดคือ สี

ดำ ทั้งในชายหาดเจ้าหลาวคั้งวิมานและโดยพบที่ 22.2 และ 22.1% ตามลำดับ โดยชายหาดเจ้าหลาวสีของไมโครพลาสติกที่พบรองลงมา คือ สีฟ้า 21.3% ส่วนชายหาดคั้งวิมานเป็นสีขาวใส 17.5% (Figure 4)

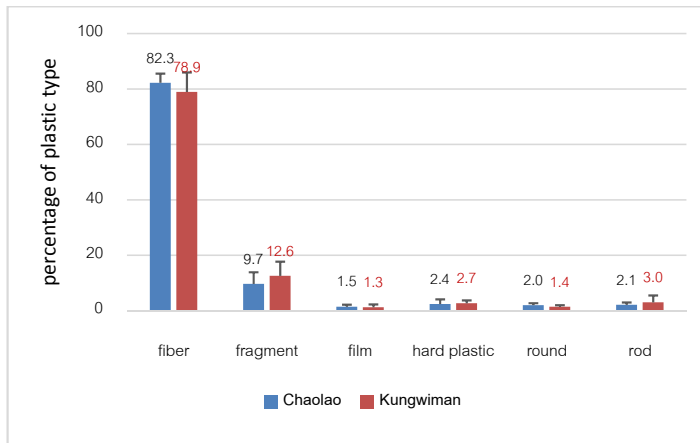


Figure 3 Type of Microplastic in bivalve

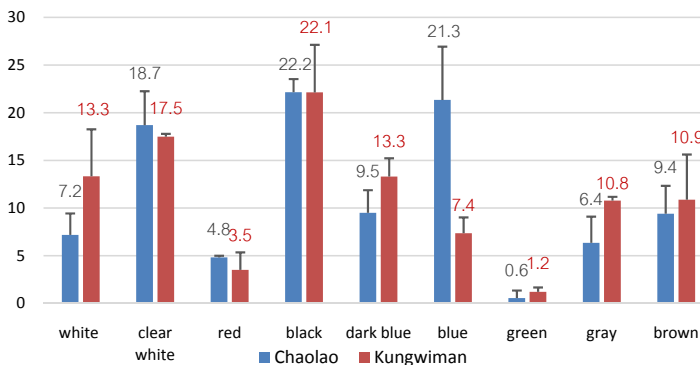


Figure 4 Color of Microplastic in bivalve

## ขนาดของไมโครพลาสติก

จากการศึกษาพบว่าขนาดของไมโครพลาสติกทั้งจากบริเวณหาดเจ้าหลาวและคั้งวิมานมีขนาดค่อนข้าง

ใกล้เคียงกันทั้งในเดือนสิงหาคมและกันยายน (Table 2)

Table 2 Size of microplastic in bivalve

Station	Width (µm)		Length (µm)	
	Aug	Sep	Aug	Sep
Chalao	40.7±8.7	32.6±15.1	956.6±55.5	1457.9±305.3
Kungwiman	31.4±9.9	52.0±8.7	971.5±2777.1	1372.4±159.7

## สรุปและวิจารณ์

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการรายงานการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตทางทะเลครั้งแรกในประเทศไทย โดยและเมื่อเปรียบเทียบกับกับการศึกษาอื่นพบว่าการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกทั้งในหอยเสียบและหอยกระปุก โดยการปนเปื้อนของหอยเสียบในหาดเจ้าหลาวอยู่ที่  $3.13 \pm 2.75$  ชิ้น/ตัว ชายหาดคั้งวิมานอยู่ที่  $2.98 \pm 3.12$  ชิ้น/ตัว และในหอยกระปุกบริเวณชายหาดเจ้าหลาว  $11.31 \pm 2.03$  ชิ้น/ตัว ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาของ Mathalon and Hill (2014) ที่พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ประเทศแคนาดา โดยการปนเปื้อนของหอยในธรรมชาติอยู่ที่ 34 ชิ้น/ตัว ส่วนที่เพาะเลี้ยงในฟาร์มพบที่ 75 ชิ้น/ตัว ในการศึกษาครั้งนี้พบเส้นใยเป็นชนิดของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด อาจเนื่องมาจากพื้นที่ที่ทำการศึกษามีการทำประมง ซึ่งอาจเป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกชนิดเส้นใยจากอุปกรณ์จำพวกอวนตาข่าย เอ็น เชือก และยังมีรายงานว่าผ้าเป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยได้เช่นเดียวกัน (Brown et al., 2011) นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในทรายนบนชายหาดคั้งวิมานและเจ้าหลาวที่พบว่าไมโครพลาสติกที่มากที่สุดคือรูปร่างเส้นใย (อรรชรณ แก้วทอง, 2556) การศึกษารูปร่างและสีของ

พลาสติกอาจทำให้เข้าใจแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกและนำไปสู่การจัดการได้ อย่างไรก็ตามในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นเพียงการรายงานการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยสองฝา แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการสะสมของไมโครพลาสติกจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์หรือระบบนิเวศ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเสี่ยงในการสะสมของสารพิษ และการถ่ายทอดของสารผ่านไมโครพลาสติกสู่มนุษย์ นอกจากนี้ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อมนุษย์แล้วสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือผลกระทบของ ไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิตที่มีการกินไมโครพลาสติกว่าจะมีผลต่อการดำรงชีวิตหรือไม่ โดยมีผลการศึกษาอื่นที่พบผลกระทบหลายอย่างในสัตว์ที่ได้รับไมโครพลาสติก เช่น ผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันในหอยแมลงภู่ (Browne et al., 2008) เป็นต้น แต่ในขณะเดียวกันในบางการศึกษาพบว่าสิ่งมีชีวิตมีความสามารถในการกำจัดไมโครพลาสติกออกจากร่างกายได้ (Andrady, 2011) และในการทำการทดสอบผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อตัวอ่อนของสัตว์ทะเล เช่น เม่นทะเล พบว่าไมโครพลาสติกไม่มีผลกระทบต่อให้เห็นอย่างเด่นชัด (Kaposi et al., 2014)

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

## เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2555. ขยะทะเล. แหล่งข้อมูล: <http://61.19.55.253/Thailandcoastalcleanup/.php>. ค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2556.
- อรรธรณ แก้วทอง. 2556. การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและคั้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี. ปัญหาพิเศษ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 1596–1605.
- Barnes, D.K.A., F. Galgani, R.C Thompson, and M. Barlaz. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 364: 1985–1998.
- Browne, M. A., A. Dissanayake, T. S. Galloway, D. M. Lowe, and C. R. Thompson. 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L). *Envi. Sci. Tech.* 42: 5026-5031.
- Browne, A. M., P. Crump, S.J. Niven, M. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway, and R. Thompson. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Envi. Sci. Tech.* 45: 9175–9179.
- Cole, M., P. Lindeque, C. Halsband, and T.S. Galloway. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review *Mar. Pollut. Bull.* 62: 2588–2597.
- Graham, E.R., and J.T. Thompson. 2009. Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. *J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol.* 368: 22-29.
- Kaposi, K.L., B. Mos, B.P. Kelaher, and S.A. Dworjanyn. 2014. Ingestion of microplastic has limited impact on a marine larva. *Envi. Sci. Tech.* 48: 1638-1645.
- Mathalon, A., and Hill P. 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor Nova Scotia, *Mar. Pollut. Bull.* 81: 69-79.
- Teuten, E. L., S. J. Rowland, T. S. Galloway, and R. C. Thompson. 2007. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Envi. Sci. Tech.* 41: 7759-7764.