วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2564
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.3) September – December 2021

การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรม กรณีศึกษาตลาดประมง จังหวัดชลบุรี

The Contamination of Microplastics in Mussel (*Mytilus edulis*), and Oyster (*Crassostrea gigas*): A Case Study from a Fish Market, Chonburi Province

พรนภา แซ่ลี้, มนพร วงศ์สุนทรชัย* และ นิตย์ตะยา ผาสุขพันธุ์

Pornnapa Saelee, Manaporn Wongsoonthornchai* and Nittaya Phasukphan

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Faculty of Public Health, Thammasat University

Received : 4 January 2021

Revised : 6 April 2021

Accepted : 7 April 2021

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของชิ้นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร หรือไมโครพลาสติก ถือเป็นปัญหาสำคัญของทั่วโลก เนื่องจากการปนเปื้อนไมโครพลาสติกอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ ปัจจุบันพบว่าไมโครพลาสติกสามารถปนเปื้อนในอาหารทะเลโดยเฉพาะหอยที่เป็นสัตว์น้ำที่คนนิยมนำมาบริโภคทั้งตัว ไมโครพลาสติกจึงปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารและสามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้ แม้ว่าจะพบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยในหลายประเทศทั่วโลก แต่ในประเทศไทยข้อมูลการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยที่จำหน่ายในตลาดประมงขนาดใหญ่ยังมีไม่มากนัก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรมซึ่งเป็นหอยที่คนไทยนิยมบริโภค ที่จำหน่ายในตลาดประมงแห่งใหญ่ของประเทศไทย ผลการศึกษาพบไมโครพลาสติกปนเปื้อนในหอยแมลงภู่ จำนวน 9±3.55 ชิ้น/กรัม หรือ 46.60±15.70 ชิ้น/ตัว และหอยนางรม จำนวน 9.5±0.71 ชิ้น/กรัม หรือ 49.60±10 ชิ้น/ตัว และขนาดของชิ้นส่วนไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ เท่ากับ 0.64±0.36 มิลลิเมตร และในหอยนางรม เท่ากับ 0.28±0.22 มิลลิเมตร รูปร่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยทั้งสองชนิด คือ เป็นแบบชิ้นส่วน ร้อยละ 66.67 ซึ่งพบในหอยแมลงภู่และหอยนางรม และแบบเส้นใยพบเฉพาะในหอยนางรม คิดเป็นร้อยละ 33.33 โดยสีที่พบ ได้แก่ สีดำ สีขาว และสีฟ้า สำหรับชนิดไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด ได้แก่ ชนิด Polyethylene (PE) และ Poly tetrafluoroethylene (Teflon: PTFE) พบในหอยนางรม คิดเป็นร้อยละ 50 และพบในหอยแมลงภู่ คิดเป็นร้อยละ 25 และชนิด Styrene (SAN) และ Polystyrene (PS) พบเฉพาะในหอยแมลงภู่ คิดเป็นร้อยละ 25 ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่าหอยแมลงภู่และหอยนางรมที่วางจำหน่ายในตลาดประมงแห่งใหญ่ของประเทศไทยมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในปริมาณสูง และข้อมูลจากงานวิจัยสามารถใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการได้รับสัมผัสและประเมินค่าความเสี่ยงจากการรับสัมผัสไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในหอยที่คนไทยนิยมบริโภคต่อไป

คำสำคัญ : ไมโครพลาสติก ; การปนเปื้อน ; ตลาดประมง ; หอยแมลงภู่ ; หอยนางรม

Abstract

Contamination of plastic fragments smaller than 5 millimeters, known as microplastics, is a crucial global issue due to its possible negative impacts on the environment and human health. Currently, microplastics are found in seafood, especially in bivalves usually eaten whole without gut removal; hence, microplastics can enter the human body through the food chain. Although microplastic contamination in bivalves has been found in many countries worldwide, the information on microplastic contamination in bivalves sold in big fish markets in Thailand is still limited. Therefore, this study was conducted to gain a better understanding of microplastic contamination in domestic oysters (*Crassostrea gigas*) and mussels (*Mytilus edulis*) which are widely consumed by Thai people and sold in a major fish market in Thailand. The results revealed that the microplastic contamination in the mussels was approximately 9±3.55 particles/g or 46.60±15.70 particles/individual, and in the oysters was approximately 9.5±0.71 particles/g or 49.60±10 particles/individual. The average sizes of microplastics were 0.64±0.36 mm in the mussels and 0.28±0.22 mm in the oysters. The dominant shape of microplastics was the fragments found in both bivalves, accounting for 66.67% while another 33.33% was fiber found only in oysters. The microplastics found were black, white, and blue. Polyethylene (PE) and Polytetrafluoroethylene (Teflon: PTFE), two of the most detected microplastics, were found for about 50% in oysters and 25% in mussels. Additionally, Styrene (SAN), Polystyrene (PS) were found only in mussels for about 25%. In conclusion, this study indicated that the oysters and mussels sold in the top fish market in Thailand were highly contaminated with microplastics. Accordingly, the results from this study can be used to support further studies on exposure assessment and health risk assessment from ingestion of microplastics contaminated in the bivalves commonly consumed in Thailand.

Keywords : contamination ; fish market ; microplastic ; mussel ; oyster

***Corresponding author. E-mail:** manaporn.w@fph.tu.ac.th

บทนำ

ไมโครพลาสติกคือพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ซึ่งการปนเปื้อนไมโครพลาสติกเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก เนื่องจากอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ (Eriksson & Burton, 2003; OSPAR, 2009; Anthony, 2011; Wright *et al*., 2013) โดยพบว่าในแต่ละปีมีปริมาณไมโครพลาสติกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำทั่วโลกประมาณ 4.8 ถึง 12.7 ล้านตัน (UNEP, 2016) ซึ่งไมโครพลาสติกดังกล่าวมีแหล่งกำเนิดจากหลากหลายกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของไมโครพลาสติกทำให้ไมโครพลาสติกปนเปื้อนสู่ระบบบำบัดน้ำเสียและปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ การจัดการขยะประเภทพลาสติกที่ไม่ถูกต้องและทิ้งขยะพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำ โดยประเทศไทยทิ้งขยะพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมากเป็นอันดับที่ 6 ของโลก (Plastic Waste Management Subcommittee, 2018) และการย่อยสลายตัวตามธรรมชาติของพลาสติก กิจกรรมในครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม กิจกรรมการท่องเที่ยวบริเวณชายหาดและชายฝั่ง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการทำประมง เป็นต้น (U.S.EPA., 2012; Department of Marine and Coastal Resources, 2014, 2018; Khemsawat, 2016) โดยสาเหตุเหล่านี้ส่งผลให้แหล่งน้ำและทะเลมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติก ซึ่งการปนเปื้อนดังกล่าวจะทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำบริโภคไมโครพลาสติกเข้าไป ทำให้ไมโครพลาสติกเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ในที่สุด โดยเฉพาะหอยที่เป็นสัตว์น้ำที่คนไทยนิยมนำมาบริโภค เนื่องจากหอยจะกินอาหารผ่านการกรองทำให้ไมโครพลาสติกสามารถผ่านเข้าสู่หอยและเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์จากการบริโภคหอยทั้งตัว

ปัจจุบันพบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยหลายชนิดในหลายประเทศทั่วโลก เช่น ประเทศไนจีเรียและประเทศอิตาลีพบไมโครพลาสติกในหอยฝาเดียวน้ำจืดและหอยทาก (Akindele *et al*., 2019; Panebianco *et al*., 2019) ประเทศแคนาดา สหรัฐอเมริกา จีน และอินโดนีเซีย พบไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ (Browne *et al*., 2008; Mathalon & Hill, 2014; Li *et al*., 2015; Rochman *et al*., 2015) ประเทศฝรั่งเศสและจีน พบไมโครพลาสติกในหอยนางรม (Cauwenberghe & Janssen, 2014; Fang *et al*., 2019) และประเทศเกาหลีใต้และจีน พบไมโครพลาสติกในหอยสองฝาในตลาดประมง (Feng *et al*., 2018; Cho *et al*., 2019) สำหรับในประเทศไทยพบไมโครพลาสติกในหอยเสียบและหอยกระปุก ในบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคุ้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี (Coastal and Mangrove Forest Resources Research and Development Institute & Faculty of Marine Technology Burapha University, 2014) นอกจากนี้ ยังพบไมโครพลาสติกในหอยนางรมบริเวณชายหาดอ่างศิลา บางแสน และแสมสาร จังหวัดชลบุรี (Thushari *et al*., 2017) รวมถึงพบไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ที่จำหน่ายในตลาดประมง จังหวัดสงขลา (Goh *et al*., 2019) อย่างไรก็ตามข้อมูลการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยที่จำหน่ายในตลาดประมงขนาดใหญ่ยังมีไม่มากนัก จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจสถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกของหอยในตลาดประมงซึ่งถือเป็นเส้นทางสำคัญในการได้รับสัมผัสไมโครพลาสติกของผู้บริโภค

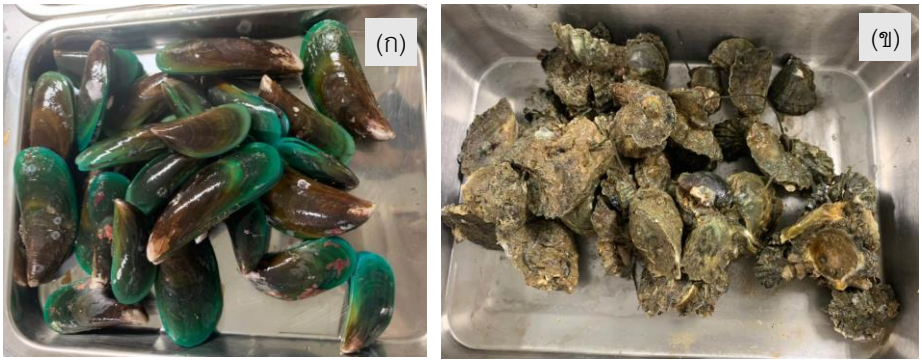
งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติก ประกอบด้วย จำนวน ขนาด รูปร่างลักษณะ สี และชนิดของไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรมซึ่งเป็นหอยที่ประชาชนไทยนิยมบริโภค (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2016) และเปรียบเทียบจำนวนไมโครพลาสติกที่พบในหอยทั้งสองชนิด ซึ่งมีแหล่งที่มาและระยะเวลาการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยเก็บตัวอย่างหอยที่จำหน่ายในตลาดประมงในจังหวัดชลบุรีซึ่งเป็นตลาดประมงขนาดใหญ่และเป็นแหล่งรวมหอยที่มาจากทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทยที่มีจำนวนผู้ใช้บริการจำนวนมาก

ทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบสถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรม ซึ่งจะนำไปสู่การจัดทำข้อเสนอต่อการเฝ้าระวังการบริโภคอาหารทะเลประเภทหอย แมลงภู่และหอยนางรมที่มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

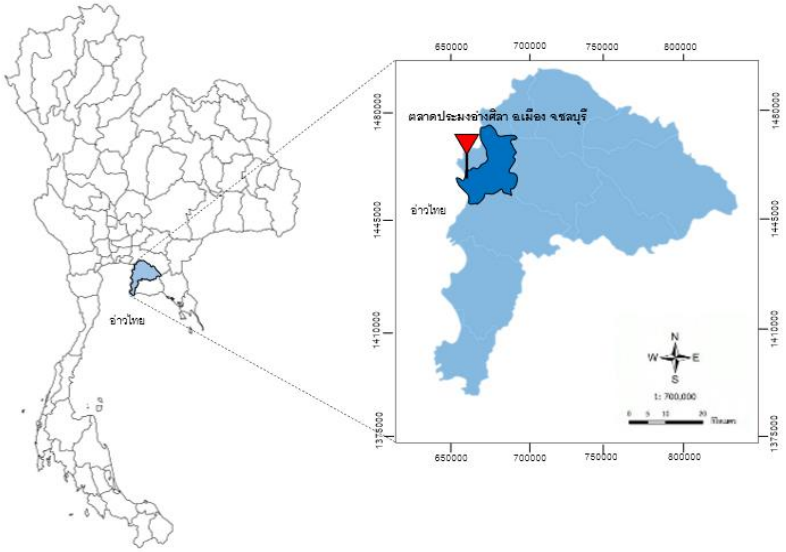
1. การสุ่มตัวอย่างและการเก็บตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*) และหอยนางรม (*Crassostrea gigas*) (ภาพที่ 1) ที่จำหน่ายในตลาดประมงบริเวณใกล้กับท่าเทียบเรือประมง จังหวัดชลบุรี (ภาพที่ 2) ในช่วงเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2563 โดยหอยส่วนใหญ่มาจากทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย และหอยทั้งสองชนิดเป็นหอยที่คนไทยนิยมบริโภคตามข้อมูลของ National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (2016) เก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่และหอยนางรมโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)จากร้านที่มีการจำหน่ายหอยในชนิดที่ต้องการทุกร้าน ซึ่งได้คัดเลือกหอยที่มีการทำประมงจากธรรมชาติและหอยจากฟาร์มเพาะเลี้ยงในประเทศไทยเท่านั้น โดยทำการบันทึกข้อมูลแหล่งที่มาของหอยทั้งสองชนิดจากการสอบถามผู้ประกอบกิจการในแต่ละร้านและสอบถามข้อมูลจากองค์การสะพานปลา จังหวัดชลบุรี ดังนั้น จึงเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ จำนวน 4 ร้าน และหอยนางรม จำนวน 2 ร้าน โดยเก็บตัวอย่างแบบคละขนาด จำนวนประมาณ 1-2 กิโลกรัม/ชนิดหรือประมาณ 50 ตัว/ชนิด อ้างอิงวิธีการเก็บตัวอย่างจาก GESAMP (2019) โดยมีลักษณะดังตารางที่ 1 ดังนั้น จะมีตัวอย่างหอยแมลงภู่ รวมจำนวน 200 ตัว และหอยนางรมรวมจำนวน 100 ตัว รวมจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 300 ตัว จากนั้นใส่กล่องแก้วและนำมาเก็บรักษาด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์



ภาพที่ 1 ชนิดของหอยที่นำมาศึกษา (ก) หอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis*)

(ข) หอยนางรม (*Crassostrea gigas*)



ภาพที่ 2 จุดเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่และหอยนางรม บริเวณอำเภออ่างศิลา จังหวัดชลบุรี (พิกัดองศาที่ 13.34°N, 100.92°E)

หอยแมลงภู่และหอยนางรมที่นำมาวิเคราะห์นั้นมีความกว้างเฉลี่ย เท่ากับ 3.01±0.47 ซม. และ 3.96±0.74 ซม. ตามลำดับ และมีความยาวเฉลี่ย เท่ากับ 7.11±1.36 ซม. และ 6.12±1.31 ซม. ตามลำดับ โดยน้ำหนักเปียกต่อตัว ไม่รวมเปลือกของหอยแมลงภู่ เท่ากับ 5.25±0.71 กรัม และหอยนางรม เท่ากับ 5.18±0.78 กรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของหอยแมลงภู่และหอยนางรม

ลักษณะทั่วไป	ชนิดของหอย	
	หอยแมลงภู่	หอยนางรม
จำนวน (ตัว)	200	100
ความกว้างเฉลี่ย (ซม.)	3.01±0.47	3.96±0.74
ความยาวเฉลี่ย (ซม.)	7.11±1.36	6.12±1.31
น้ำหนักตัว (กรัม)	23.32±6.39	39.60±3.89
น้ำหนักเปียก (กรัม)	5.25±0.71	5.18±0.78

2. การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างเพื่อหาไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรม ดัดแปลงวิธีการจาก Mathalon & Hill (2014) และ GESAMP (2019) โดยมีวิธีการดังนี้ นำตัวอย่างหอยที่แช่แข็งไว้ออกมาละลายที่อุณหภูมิห้อง แล่หรือแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกจากเปลือก จากนั้นนำเนื้อหอยทั้งสองชนิด แยกจำนวน 50 ตัว/ชนิด/ร้าน มาบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบดไฟฟ้า แล้วนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นและสุ่มเก็บตัวอย่างส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อที่บดละเอียดแล้วประมาณ 1 กรัม เติมสาร

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10% KOH จำนวน 200 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 60 องศาเซลเซียส อุ่นตัวอย่างจนกระทั่งสารละลายระเหยออกหมดหรือประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้น เติมโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายอิ่มตัว (NaCl) (250 กรัม/ลิตร) จำนวน 100 มิลลิลิตร และกวนตัวอย่างโดยใช้ magnetic stirrer เป็นเวลา 1 - 2 นาที ทิ้งตัวอย่างให้ตกตะกอน ใช้ปิเปตดูดส่วนที่ใสไปกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 1.2 ไมโครเมตร และนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกต่อไป จากนั้นนำแผ่นกระดาษกรองที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อจำแนกลักษณะทางกายภาพไมโครพลาสติก ได้แก่ ขนาด จำนวน รูปร่างลักษณะ และสีที่พบ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereo microscope) และจำแนกลักษณะทางเคมีของไมโครพลาสติก โดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Microscope (μ-FTIR) รุ่นของเครื่อง Nicolet iN10 MX, Thermo Scientific, USA ซอฟต์แวร์ OMNIC ซึ่งสามารถวัดตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กได้โดยใช้ช่วงคลื่นอินฟาเรด สารเคมีแต่ละชนิดมีสเปกตรัมที่มีลักษณะเฉพาะเพื่อบ่งชี้ชนิดของไมโครพลาสติกโดยใช้การวัดแบบ ATR และเทียบสเปกตรัมกับฐานข้อมูล (IR Library) ของโพลิเมอร์ (Polymer) จำนวน 6 กลุ่ม เช่น HR Hummel Polymer and Additives, HR Polymer Additives and Plasticizers, Hummel Polymer Sample Library เป็นต้น ซึ่งสามารถวัดชนิดพลาสติกได้มากกว่า 1,000 สเปกตรัม

เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ไมโครพลาสติก ดังนั้น ขั้นตอนการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรมเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก ซึ่งในขั้นตอนการย่อยผู้วิจัยเลือกใช้สารเคมี 10% KOH ในการย่อยเนื้อเยื่อของหอย เนื่องจากการใช้สารเคมี KOH ในการย่อยเนื้อเยื่อของหอย สามารถรักษาคุณภาพไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อของหอยสองฝาได้เป็นอย่างดี อีกทั้ง การย่อยในอุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะช่วยให้สารอินทรีย์ย่อยสลายได้ดียิ่งขึ้น (Rochman *et al*., 2015; Feng *et al*., 2018; Fang *et al*., 2019; Cho *et al*., 2019; Akindele *et al*., 2019; GESAMP, 2019) อย่างไรก็ตามมีหลายงานวิจัยที่ใช้สารเคมีอื่น ๆ ในการย่อย เช่น H_2O_2 (Masura *et al*., 2015; Munno *et al*., 2018; Hurley *et al*., 2018) HNO_3 และ H_2SO_4 (Claessens *et al*., 2013; Cole *et al*., 2014; Enders *et al*., 2017; Lusher *et al*., 2017) ส่วนการบ่งชี้ลักษณะทางเคมีของไมโครพลาสติกใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Microscope (μ-FTIR) สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับพันธะเคมีและโพลีเมอร์พลาสติกแต่ละชนิดได้อย่างจำเพาะเจาะจง เนื่องจากองค์ประกอบหรือพันธะทางเคมีที่แตกต่างกันจะแสดงผลสเปกตรัมที่แตกต่างกันทำให้สามารถแยกชนิดของไมโครพลาสติกได้ (Li *et al*., 2015; Akindele *et al*., 2019; GESAMP, 2019)

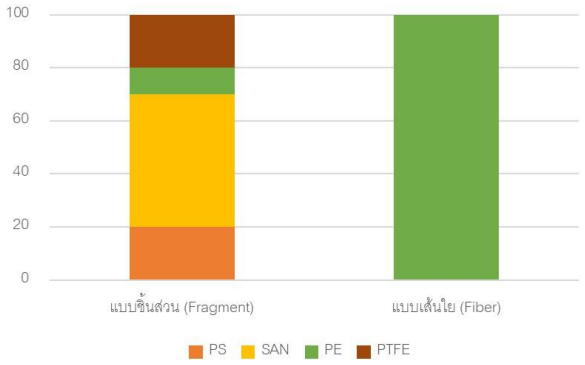
3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแตกต่างของจำนวนไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่และหอยนางรม โดยใช้โปรแกรม SPSS version 18 สำหรับ windows (PASW Serial no.5082357) (SPSS Inc., Chicago, IL) ในการวิเคราะห์ข้อมูลและใช้สถิติ Two Sample independent t-test ที่ Level of Sig (P) $\leq$ 0.05

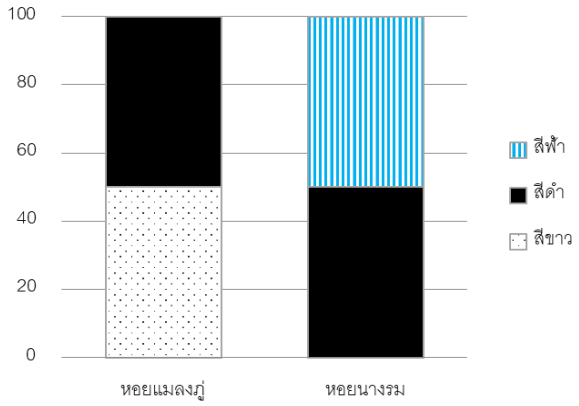
ผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่า จำนวนของไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ จำนวน 9±3.55 ชิ้น/กรัม หรือ 46.60±15.70 ชิ้น/ตัว และหอยนางรม จำนวน 9.5±0.71 ชิ้น/กรัม หรือ

49.60±10 ชิ้น/ตัว และขนาดของชิ้นส่วนไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ เท่ากับ 0.64±0.36 มิลลิเมตร และในหอยนางรม เท่ากับ 0.28±0.22 มิลลิเมตร และเมื่อจำแนกรูปร่างไมโครพลาสติก พบว่า มีลักษณะเป็นแบบชิ้นส่วน ร้อยละ 66.67 พบทั้งในหอยแมลงภู่และหอยนางรม และแบบเส้นใย ร้อยละ 33.33 พบเฉพาะในหอยนางรม โดยไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบชิ้นส่วนพบไมโครพลาสติกชนิด Styrene (SAN) สูงสุด คิดเป็นร้อยละ 50 และรูปร่างแบบเส้นใย พบไมโครพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) อย่างเดียว คิดเป็นร้อยละ 100 (ภาพที่ 3) โดยสีที่พบ ได้แก่ สีดำ สีขาว และสีฟ้า (ภาพที่ 4) โดยพบว่าจำนวนไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่และหอยนางรมในงานวิจัยนี้มีปริมาณสูงกว่าไมโครพลาสติกที่พบในประเทศเยอรมนีและประเทศเกาหลีใต้ แต่มีปริมาณใกล้เคียงกับประเทศจีนโดยมีจำนวนไมโครพลาสติกเฉลี่ย 2 - 12 ชิ้น/กรัม (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 3 ร้อยละของชนิดไมโครพลาสติกที่พบในแต่ละรูปร่าง



ภาพที่ 4 ร้อยละของสีไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่และหอยนางรม

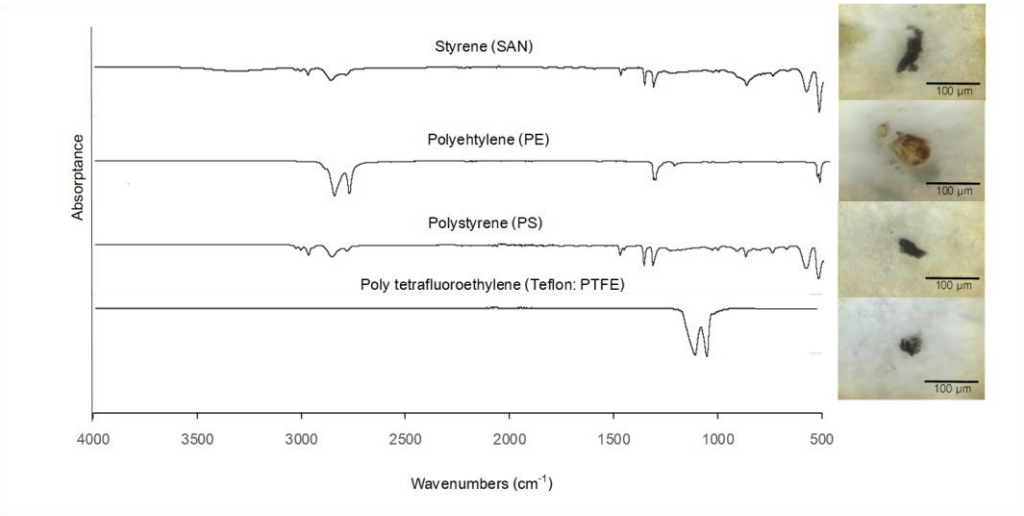
ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่และหอยนางรม

ชนิดของหอยและแหล่งกำเนิด	วิธีการย่อย	วิธีการบ่งชี้ไมโครพลาสติก	จำนวนไมโครพลาสติก	ลักษณะไมโครพลาสติก	ขนาดไมโครพลาสติก	ชนิดของไมโครพลาสติก	สีไมโครพลาสติก	อ้างอิง
หอยแมลงภู่ ประเทศไทย	10% KOH	Stereo microscope และ μ-FTIR	9±3.55 ชิ้น/กรัม 46.60±15.70 ชิ้น/ตัว	ชิ้นส่วน	0.64±0.36 มม.	SAN, PS, PE, PTFE	ดำ ขาว	การศึกษานี้
หอยนางรม ประเทศไทย	10% KOH	Stereo microscope และ μ-FTIR	9.5±0.71 ชิ้น/กรัม 49.60±10 ชิ้น/ตัว	ชิ้นส่วนและเส้นใย	0.28±0.22 มม.	PE, PTFE	ฟ้า ดำ	การศึกษานี้
หอยนางรม ประเทศไทย	69% HNO_3	stereo microscope และ Raman spectroscopy	0.37 - 0.57 ชิ้น/กรัม	เส้นใย แท่ง รูปร่างไม่แน่นอน	0.01 มม.	PET, PS, PA	แดง น้ำเงิน น้ำตาล และไม่มีสี	Thushari *et al.*, 2017
หอยแมลงภู่ ประเทศ แคนาดา	30% H_2O_2	microscope	34 - 178 ชิ้น/ตัว	เส้นใย	-	-	-	Mathalon & Hill, 2014
หอยแมลงภู่และหอยนางรม ประเทศ เยอรมนี	69% HNO_3	micro-Raman spectrometer	0.36 ± 0.07 ชิ้น/กรัม และ 0.47 ± 0.16 ชิ้น/กรัม	อนุภาค	5 - 25 ไมโครเมตร	-	แดง เขียว	Cauwenberghe & Janssen, 2014
หอยแมลงภู่ ประเทศจีน	30% H_2O_2	Stereo microscope และ μ-FTIR	2.10 - 10.50 ชิ้น/กรัม หรือ 4.30 - 57.20 ชิ้น/ตัว	เส้นใยชิ้นส่วนและเม็ดกลม	250 ไมโครเมตร	PE, PET, PA	ดำ แดง น้ำเงิน ขาว และโปร่งแสง	Li *et al.*, 2015

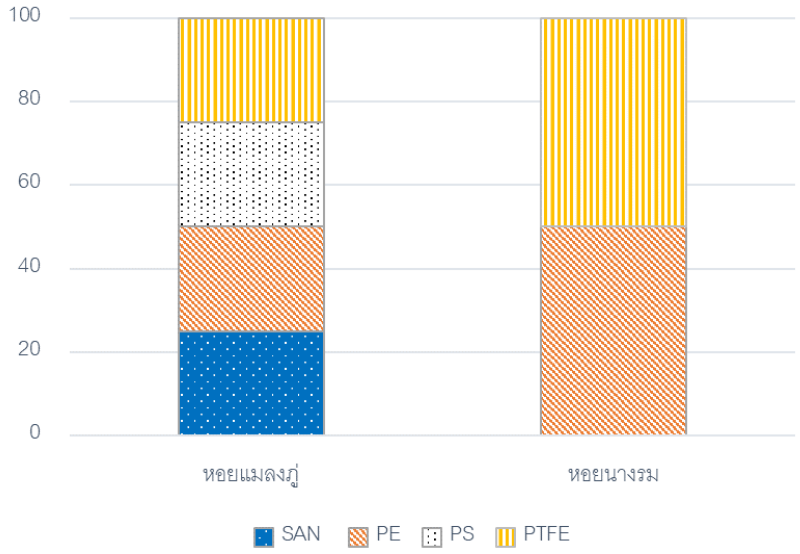
ชนิดของหอยและแหล่งกำเนิด	วิธีการย่อย	วิธีการบ่งชี้ไมโครพลาสติก	จำนวนไมโครพลาสติก	ลักษณะไมโครพลาสติก	ขนาดไมโครพลาสติก	ชนิดของไมโครพลาสติก	สีไมโครพลาสติก	อ้างอิง
หอยแมลงภู่ประเทศจีน	10% KOH	Stereo microscope และ μ-FTIR	2.0 - 12.8 ชิ้น/กรัม หรือ 1.9 - 9.6 ชิ้น/ตัว	เส้นใยชิ้นส่วน และเม็ดกลม	0.66 ± 0.70 มม.	PP, PE, PS, PVC	ดำ น้ำเงิน และเขียว	Feng *et al*., 2018
หอยแมลงภู่ประเทศจีน	10% KOH	μ-Raman	0.3 ชิ้น/กรัม หรือ 1.3 - 2.6 ชิ้น/ตัว	เส้นใย และฟิล์ม	0.1 - 5 มม.	PA, PS, PET, PAN	แดง เขียว น้ำเงิน ดำ และโปร่งแสง	Fang *et al*., 2019
หอยแมลงภู่และหอยนางรมประเทศเกาหลีใต้	10% KOH	μ-FTIR	0.12 ± 0.11 ชิ้น/กรัม และ 0.07 ± 0.06 ชิ้น/กรัม	เส้นใยชิ้นส่วน และฟิล์ม	100 - 200 ไมโครเมตร	PE, PP, PS	ขาว	Cho *et al*., 2019

หมายเหตุ : Styrene (SAN), Polystyrene (PS), Polyethylene (PE), Poly tetrafluoroethylene (Teflon: PTFE), Polyethylene terephthalate (PET), Polyamide (PA), Polypropylene (PP), Polyvinylchloride (PVC), Polyacrylonitrile (PAN)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไมโครพลาสติกโดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Microscope (μ-FTIR) ซึ่งคิดค่าตรงกับ (match) คุณลักษณะทางเคมีของไมโครพลาสติกที่อยู่ในช่วงร้อยละ 70 ขึ้นไป (MSFD, 2013) เพื่อความแม่นยำในการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก โดยผลจากเครื่อง μ-FTIR พบว่าชนิดไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรม ได้แก่ ชนิด Polyethylene (PE) และ Poly tetrafluoroethylene (Teflon: PTFE) ซึ่งพบในสัดส่วนเท่ากันคือร้อยละ 50 และหอยแมลงภู่พบไมโครพลาสติกชนิด PE, PTFE, Styrene (SAN) และ Polystyrene (PS) เท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 25 โดยชิ้นส่วนหรืออนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตรนั้น จะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง μ-FTIR และอนุภาคที่มีค่าตรงกับลักษณะทางเคมีของไมโครพลาสติก (match) ต่ำกว่าร้อยละ 70 จะไม่นำมารายงานผลในงานวิจัยนี้ โดยผลจากการวิเคราะห์โดยเครื่อง μ-FTIR และสัดส่วนการจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกแสดงดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 การบ่งชี้ลักษณะทางเคมีของไมโครพลาสติกโดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Microscope (µ-FTIR)



ภาพที่ 6 ร้อยละของชนิดไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่และหอยนางรม

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของจำนวนไมโครพลาสติกที่พบระหว่างกลุ่มหอยแมลงภู่และหอยนางรม โดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้น จึงเลือกใช้สถิติ Two Sample independent t-test พบว่า จำนวนไมโครพลาสติกเฉลี่ยระหว่างหอยแมลงภู่และหอยแครงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.826) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 จำนวนไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่และหอยนางรม

จำนวน	ชนิดของหอย		t	df	*p*-value
	หอยแมลงภู่	หอยนางรม			
ไมโครพลาสติก (ชิ้น/กรัม)	9±3.55	9.5±0.71	0.226	10	0.826[1]

[1] *p*-value จาก Two Sample independent t-test

วิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกจากผลการศึกษานี้กับงานวิจัยอื่นๆ พบว่าปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในการศึกษานี้มีปริมาณสูงกว่าประเทศเยอรมนีและประเทศเกาหลีใต้ แต่มีปริมาณใกล้เคียงกับประเทศจีนที่เฉลี่ย 2 - 12 ชิ้น/กรัม อีกทั้งขนาดของชิ้นส่วนไมโครพลาสติกที่พบยังใกล้เคียงกับประเทศจีน เฉลี่ย 0.1 - 5 มิลลิเมตร (Cauwenberghe & Janssen, 2014; Li *et al*., 2015; Feng *et al*., 2018; Fang *et al*., 2019; Cho *et al*., 2019) สำหรับในประเทศไทยพบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ที่ตลาดประมง อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา เฉลี่ย 21.10±0.15 ชิ้น/กรัม (Goh *et al*., 2019) และพบไมโครพลาสติกในหอยนางรมบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทย เฉลี่ย 0.37- 0.57 ชิ้น/กรัม (Thushari *et al*., 2017) จึงชี้ให้เห็นว่าปัจจุบันมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรมทั้งในตลาดประมงและบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย สำหรับลักษณะทางกายภาพที่พบนั้น สีของไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่และหอยนางรมส่วนใหญ่ ได้แก่ สีดำพบในรูปร่างแบบชิ้นส่วน รองลงมา ได้แก่ สีขาวพบในรูปร่างแบบชิ้นส่วน และสีฟ้า พบในรูปร่างแบบเส้นใย ซึ่งสีที่พบสอดคล้องกับประเทศจีนและประเทศเกาหลีใต้ที่พบไมโครพลาสติกสีดำสูงในหอยแมลงภู่และหอยนางรม (Li *et al*., 2015; Feng *et al*., 2018; Fang *et al*., 2019; Cho *et al*., 2019) โดยสีของไมโครพลาสติกอาจบ่งบอกถึงสารเคมีบางชนิด อย่างไรก็ตามสีของไมโครพลาสติกสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลานาน (GESAMP, 2019) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของจำนวนไมโครพลาสติกที่พบในหอยทั้งสองชนิดพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (*p*-value = 0.826) อาจเนื่องจากหอยทั้งสองชนิดที่นำมาวิเคราะห์ถูกเพาะเลี้ยงตามธรรมชาติ เช่น มีการเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเล การเพาะเลี้ยงโดยเชือกที่ห้อยลงมาจากแพหรือใช้โครงสร้างที่สร้างขึ้นมาจากพื้นดิน และหอยจะกินสาหร่ายตามธรรมชาติและกรองกินอาหารจากน้ำทะเล จึงอาจสะสมสารพิษและไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนอยู่ในตะกอนดินและน้ำทะเลในปริมาณที่ใกล้เคียงกันได้ (Scott *et al*., 2019; Phuong *et al*., 2018)

เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางเคมีนั้น ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในหอยทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ Polyethylene (PE), Styrene (SAN), Polystyrene (PS) และ Poly tetrafluoroethylene (Teflon: PTFE) ไมโครพลาสติกเหล่านี้อาจจะมีแหล่งกำเนิดจากวัสดุ เช่น ตาข่าย เอ็น และเชือก ซึ่งใช้ในการทำประมงที่พบตลอดพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทย โดยพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) มักถูกใช้ผลิตเป็นอุปกรณ์ประมงดังกล่าวและใช้ผลิตเป็นถุงและกระสอบพลาสติกอีกด้วย (Tangchaiwattana, 2017) นอกจากนี้ยังพบพลาสติกชนิด Styrene (SAN) และ Polystyrene (PS) ที่ถูกนำมาใช้ผลิตเป็นถังหรือถุงบรรจุผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์บางชนิด (Thitithanakorn, 2000) อีกทั้งยังพบพลาสติกชนิด Poly tetrafluoroethylene

(Teflon: PTFE) ซึ่งเป็นพลาสติกที่สามารถทนต่อความร้อนสูง จึงถูกนำมาผลิตเป็นสายไฟฟ้าสายเคเบิ้ล ฉนวนกันความร้อน เป็นต้น โดยไมโครพลาสติกชนิด PE, PS ที่พบในหอยแมลงภู่และหอยนางรมมีความสอดคล้องกับหอยสองฝาตามแนวชายฝั่งทะเลของประเทศจีน (Li *et al*., 2015) หอยนางรมบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทย (Thushari *et al*., 2017) และหอยจากฟาร์มเลี้ยงและหอยจากธรรมชาติของประเทศจีน (Fang *et al*., 2019) และชนิด PE, PS, SAN และ PTFE ยังสอดคล้องกับหอยสองฝาจากตลาดพื้นบ้านและหอยจากธรรมชาติในประเทศจีน (Feng *et al*., 2018) และหอยสองฝาที่จำหน่ายในตลาดประมงของประเทศเกาหลีใต้อีกด้วย (Cho *et al.,* 2019)

การสะสมไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรมนั้น ส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อ ระบบไหลเวียนโลหิต และทางเดินอาหาร โดยการสะสมของไมโครพลาสติกจะขึ้นอยู่กับขนาดของไมโครพลาสติก ซึ่งไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็ก (ประมาณ 3 ไมโครเมตร) จะมีอัตราการสะสมและระยะเวลาการสะสมในหอยสูงกว่าขนาดใหญ่ (Cauwenberghe & Janssen, 2014; Mathalon & Hill, 2014) และไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กสามารถส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน ความเครียด และระบบการกรองอาหารของหอยแมลงภู่และหอยนางรมได้มากกว่าไมโครพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ จึงทำให้หอยตายได้ ดังนั้นไมโครพลาสติกจึงถือเป็นอีกหนึ่งสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วโลก (Detree & Escarate, 2018; Walkinshaw *et al*., 2020; Thomas *et al*., 2020; Provenza *et al*., 2020) ถึงแม้ว่าผลจากการศึกษาพบว่าขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในหอยทั้ง 2 ชนิดนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 - 1.24 มิลลิเมตร ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดใหญ่ แต่การปนเปื้อนดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ได้

แม้ว่าในปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับการได้รับสัมผัสไมโครพลาสติกที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ยังมีไม่มากนัก (Leslie & Depledge, 2020) แต่พบว่าไมโครพลาสติกสามารถเคลื่อนย้ายจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้โดย Ragusa *et al*. (2021) ตรวจพบไมโครพลาสติกในครรภ์และเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดขาวของมนุษย์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหากได้รับสัมผัสไมโครพลาสติกในปริมาณสูงไม่ว่าจะทางการกิน การหายใจ หรือการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกก็สามารถสะสมในร่างกายมนุษย์ได้เช่นเดียวกัน (WHO, 2019) โดยไมโครพลาสติกชนิด Polystyrene (PS) สามารถเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิตและสะสมในตับ ไต และลำไส้ของหนูทดลอง และส่งผลต่อการอักเสบของเซลล์ซึ่งอาจก่อให้เกิดเซลล์มะเร็งในระบบทางเดินอาหารได้ (Prata *et al*., 2020; Rahman *et al*., 2021) อีกทั้ง ไมโครพลาสติกชนิด Polystyrene (PS) และ Polyethylene (PE) ยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสะสมและเคลื่อนย้ายสารพิษจากสิ่งแวดล้อมได้ (Napper *et al*., 2015) เช่น ยาฆ่าแมลงดีดีที (Dichlorodiphenyltrichloroethane, DDT) สารเคมีที่ตกค้างยาวนาน (POPs) สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) และสารโพลีคลอริเนตไบฟีนิล (PCBs) ซึ่งสารเคมีต่าง ๆ เหล่านี้ถือเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Crawford & Quinn, 2017; Huang *et al*., 2021) และไมโครพลาสติกยังสามารถสะสมสารโลหะหนักได้ เช่น ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แมงกานีส (Mn) เป็นต้น โดยสารโลหะหนักส่งผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน ระบบสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น สาหร่าย ปลา หอย เป็นต้น (Huang *et al*., 2021) นอกจากไมโครพลาสติกจะสามารถดูดซับสารพิษจากสิ่งแวดล้อมแล้ว ไมโครพลาสติกยังประกอบด้วยสารพิษที่เป็นส่วนประกอบหรือสารเติมแต่งของโพลีเมอร์ไมโครพลาสติก เช่น สาร Phthalate และสาร Bisphenol A สารเหล่านี้สามารถทำลายต่อมไร้ท่อ ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์ การทำงานของฮอร์โมนและก่อให้เกิดมะเร็งเต้านมในมนุษย์ได้ (Cole *et al*., 2011; Senathirajah *et al*., 2021)

แม้ว่าจะมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยทั้ง 2 ชนิดที่พบ แต่ผู้บริโภคสามารถลดปริมาณการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยได้ โดย Birnstiel *et al*. (2019) ได้แนะนำให้นำหอยไปแช่น้ำอย่างน้อย 93 ชั่วโมงก่อนบริโภคหรือนำไปปรุงอาหาร เพื่อให้หอยคายสิ่งปนเปื้อนหรือไมโครพลาสติกออกมา นอกจากนี้แล้ว Farady (2019) ยังได้เสนอแนะแนวทางการเฝ้าระวังการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในอาหารทะเลที่อาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค ดังนี้ (1) ควรมีการพัฒนารูปแบบหรือวิธีการในการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในอาหารทะเล (2) ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในอาหารทะเลของสัตว์น้ำแต่ละสายพันธุ์และในแต่ละแหล่งประมง และ (3) ควรศึกษาความเป็นอันตรายของไมโครพลาสติกที่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค เพื่อจัดทำคำแนะนำสำหรับผู้บริโภคต่อไป ทั้งนี้ควรมีแนวทางในการจัดการขยะพลาสติกในแหล่งสำคัญด้วย เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรม ในตลาดประมง จังหวัดชลบุรี พบไมโครพลาสติกปนเปื้อนในหอยแมลงภู่และหอยนางรมเฉลี่ย 9 – 9.5 ชิ้น/กรัม ซึ่งมีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศเกาหลีใต้และประเทศเยอรมนี และขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในหอยทั้งสองชนิด เฉลี่ย 0.28 – 0.64 มิลลิเมตร ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ โดยรูปร่างไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดคือแบบชิ้นส่วน พบในหอยทั้งสองชนิด และแบบเส้นใย พบเฉพาะในหอยนางรม เมื่อเปรียบเทียบจำนวนไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในหอยทั้งสองชนิดพบว่ามีจำนวนใกล้เคียงกัน โดยสีของไมโครพลาสติกที่พบในหอยทั้งสองชนิด ได้แก่ สีดำ และพบไมโครพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) และ Poly tetrafluoroethylene (Teflon: PTFE) มากที่สุด ซึ่งอาจมาจากส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์พลาสติก อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนอยู่ในทะเลซึ่งเป็นแหล่งอาหารของหอย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหอยนางรมซึ่งเป็นหอยที่คนไทยนิยมบริโภค และวางจำหน่ายในตลาดประมงแห่งใหญ่ของประเทศไทย ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้บริโภคมีโอกาสได้รับสัมผัสไมโครพลาสติกจากการบริโภคหอยได้ และข้อมูลที่ได้อาจนำไปใช้ในการประเมินปริมาณการได้รับสัมผัสและประเมินค่าความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในหอยที่คนไทยนิยมบริโภค และใช้เป็นข้อเสนอต่อการเฝ้าระวังการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในอาหารทะเลในตลาดประมงของหน่วยงานรัฐและเอกชนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Akindele, E.O., Ehlers, S.M., & Koop, J.H.E. (2019). First empirical study of freshwater microplastics in West Africa using gastropods from Nigeria as bioindicators. *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters, 78*, 125708.

Anthony, A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin, 62*(8), 1596-1605.

Birnstiel, S., Soares-Gomes, A. & Gama, B.A.P.da. (2019). Depuration reduces microplastic content in wild and farmed mussels. *Marine Pollution Bulletin*, 1*40*, 241 - 247.

Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M. & Thompson, C.R. (2008). Ingested microscopic plastic translocate to the circulatory system of the mussel, Mytilusedulis (L). *Environmental Science and Technology, 42*(13), 5026-5031.

Cauwenberghe, L.V. & Janssen, C.R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution, 193*, 65-70.

Cho, Y., Joon, W.J., Jang, M., Han, G.M. & Hong, S.H. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. Environmental Pollution, *245,* 1107-1116.

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

Coastal and Mangrove Forest Resources Research and Development Institute & Faculty of Marine Technology Burapha University. (2014). *Survey and classification of Marine Waste samples in the category of Micro-Plastics*. Chon Buri: Department of Marine and Coastal Resources. (in Thai)

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.

Cole, M., H. Webb, P. K. Lindeque, E. S. Fileman, C. Halsband & T. S. Galloway. (2014). Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. *Scientific Reports, 4,* 4528-4536.

Crawford, C.B. & Quinn, B. (2017). The interactions of microplastics and chemical pollutants. *Elsevier*, 131 - 157.

Department of Marine and Coastal Resources. (2014). *Guide to Marine Debris and International Coastal Cleanup*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)

Department of Marine and Coastal Resources. (2018). *Chonburi marine and coastal resources information*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)

Detree, C. & Escarate, C. G. (2018). Single and repetitive microplastics exposures induce immune system modulation and homeostasis alteration in the edible mussel Mytilus galloprovincialis. Fish and Shellfish Immunology, *83*, 52-60.

Enders, K., R. Lenz, S. Beer & C. A. Stedmon. (2017). Extraction of microplastic from biota: recommended acidic digestion destroys common plastic polymers. *ICES Journal of Marine Science, 74,* 326-331.

Eriksson, C. & Burton, H. (2003). Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *Ambio, 32*(6), 380-384.

Fang, C., Zheng, R., Chen, H., Hong, F., Lin, L., Lin, H., Guo, H., Bailey, C., Segnerc, H., Mu, J., & Bo, J. (2019). Comparison of microplastic contamination in fish and bivalves from two major cities in Fujian province, China and the implications for human health. *Aquaculture, 512*, 734322.

Farady, S. E. (2019). Microplastics as a new, ubiquitous pollutant: Strategies to anticipate management and advise seafood consumers. *Marine Policy, 104,* 103-107.

Feng, D. J., Xi, L. J., Jun, S. C., Fei, H. C., Hua, J. F., Lei, G. F., & Li, Z. (2018). Separation and Identification of Microplastics in Digestive System of Bivalves. *Chinese Journal of Analytical Chemistry, 46*, 690 - 697.

GESAMP. (2019). Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean. London: GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.

Goh, P.B., Pradit, S., Towatana, P., Khokkiatiwong, S. & Azad , S.M.O. (2019). Microplastics in green mussel Perna viridis from Singhanakorn District, Songkhla Province, Thailand. *In Proceeding the 34th ANAP Annual Conference 2019 on "Climate Change Adaptation – The Challenging Role of Higher Education Institutions". November 10 - 14 2019, Naresuan University, Thailand.*

Huang, W., Song, B., Liang, J., Niu, Q., Zeng, G., Shen, M., Deng, J., Luo, Y., Wen, X. & Zhang, Y. (2021). Microplastics and associated contaminants in the aquatic environment: A review on their ecotoxicological effects, trophic transfer, and potential impacts to human health. *Journal of Hazardous Materials*, 405, 124187.

Hurley, R. R., Lusher, A. L., Olsen, M., & Nizzetto, L. (2018). Validation of a method for extracting microplastics from complex, organic-rich, environmental matrices. *Environmental Science and Technology, 52,* 7409-7417.

Khemsawat W. (2016). Microplastics from cosmetics to food contaminants. *Thai Journal of Toxicology*, *31*(1), 50-61. (in Thai)

Leslie, H.A. & Depledge M.H. (2020). Where is the evidence that human exposure to microplastics is safe?. *Environment International, 142,*105807.

Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution, 207,* 190-195.

Lusher, A. L., N. A. Welden, P. Sobral & M. Cole. (2017). Sampling, isolation and identifying microplastic ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods, 9,* 1346-1360.

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.

Mathalon, A., & Hill P. (2014). Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor Nova Scotia. *Marine Pollution Bulletin, 81*(1), 69-79.

MSFD. (2013). *Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

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 Chemistry, 37,* 91-98.

Napper, I.E., Bakir, A., Rowland S.J. & Thompson, R.C. (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Marine Pollution Bulletin*.

National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (2016). *Food Consumption Data of Thailand*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

OSPAR. (2009). Marine litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and priorities for response. London: OSPAR Commission.

Panebianco, A., Nalbone, L., Girratana, F.& Ziino, G. (2019). First discoveries of microplastics in terrestrial snails. *Food control, 106*, 106722.

Phuong, N. N., Poirier, L., Pham, Q.T., Lagarde, F. & Vergnoux, A.Z. (2018). Factors influencing the microplastic contamination of bivalves from the French Atlantic coast: Location, season and/or mode of life?. *Marine Pollution Bulletin, 129,* 664-674.

Plastic Waste Management Subcommittee. (2018). *Draft action plan for plastic waste management (2018-2037).* Retrieved December 20, 2019, from http://nscr.nesdb.go.th/wp-content/uploads/2019/10/National-Strategy-Eng-Final-25-OCT-2019.pdf

Prata, J.C., Costa J.P.da., Lopes, I., Duarte, A.C. & Santos T.R. (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of the Total Environment*, *702*, 134455.

Provenza, F., Piccardo, M., Terlizzi, A. & Renzi, M. (2020). Exposure to pet-made microplastics: Particle size and pH effects on biomolecular responses in mussels. *Marine Pollution Bulletin, 156,* 111228.

Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M.C.A., Baiocco, F., Drafhi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M. & Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International, 146,* 106274.

Rahman, A., Sarkar, A., Yadav, O.P., Achari, G. & Slobodnik, J. (2021). Potential human health risks due to environmental exposure to nano and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. *Science of the Total Environment*, *757*, 143872.

Rochman, C.M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F. C., Werorilangi, S., & The, S. J. (2015). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Article in Scientific Reports, 5*(1), 1-10.

Scott, N., Porter, A., Santillo, D., Simpson, H., Williams, S.L., & Lewis, C. (2019). Particle characteristics of microplastics contaminating the mussel Mytilus edulis and their surrounding environments. *Marine Pollution Bulletin, 146,* 125-133.

Senathirajah, K., Attwood, S., Bhagwat, G., Carbery, M., Wilson, S. & Palanisami, T. (2021). Estimation of the mass of microplastics ingested - A pivotal first step towards human health risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*, *404,* 124004.

Tangchaiwattana, S. (2017). *Type of Plastic*. Bangkok: Physics and Engineering Project Department of Science Service. (in Thai)

Thitithanakorn, S. (2000). *Plastic waste is waiting for the recycling industry*. *53 Interesting mechanical techniques that set 7*. Bangkok: M&E. (in Thai)

Thomas, M., Jon, B., Craig, S., Edward, R., Ruth, H., John, B., Dick, V.A., Heather, L.H., & Matthew, S. (2020). The world is your oyster: low-dose, long-term microplastic exposure of juvenile oysters. *Heliyon, 6*(1), e03103.

Thushari, G.G.N., Senevirathna, J.D.M., Yakupitiyage, A. & Chavanich, S. (2017). Effects of microplastics on sessile invertebrates in the eastern coast of Thailand: An approach to coastal zone conservation. *Marine Pollution Bulletin, 124*, 349-355.

U.S.EPA . (2012). *Marine Debris Sources. U.S. EPA.* Retrieved July 15, 2019, from http://water.epa.gov/type /oceb/marinedebris/md_sources.

UNEP. (2016). *UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging Issues of Environmental Concern.* Nairobi : United Nations Environment Programme.

Walkinshaw, C., Lindeque, P.K., Thompson, R., Tolhurst, T. & Cole, M. (2020). Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 190,* 110066.

WHO. (2019). *Microplastics in drinking-water*. Geneva: World Health Organization.

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.