



การพัฒนาวิธีการหาและลดปริมาณไมโครพลาสติกปนเปื้อน ในผลิตภัณฑ์น้ำแข็งที่ผลิตจากแหล่งน้ำดิบเชิงพื้นที่ อำเภอเมืองชัยภูมิ

Estimation and Reduction Development of Microplastic Contaminated in Ice Produced from Chaiyaphum's Water Resources

สุรวุฒิ สุดหา^{*,1} และ ดุษฎีพร หิรัญ²

Surawut Sudha^{*,1} and Dussadeeporn Hirun²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและระบบราง คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

²สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จ.ชัยภูมิ 36000

¹ Department of Construction and Railway System Engineering

² Department of General Science, Faculty of Education

Chaiyaphum Rajabhat University, Chaiyaphum 36000

*E-mail yimwow@hotmail.com, 091-827-9710, 044-815126

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาและหาแนวทางลดไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในน้ำแข็งสำหรับบริโภค กรณีศึกษา น้ำแข็งที่ผลิตในพื้นที่อำเภอเมืองชัยภูมิ จากผู้ประกอบการผลิตทั้งหมด 5 ราย โดยแบ่งตัวอย่างเป็น กลุ่มที่ 1 แหล่งน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำแข็ง กลุ่มที่ 2 น้ำแข็งที่ผลิตจากผู้ประกอบการโดยตรง และกลุ่มที่ 3 แข็งที่ถูกจัดจำหน่ายตามร้านค้าแบบสุ่ม ผู้วิจัยเลือกกระบวนการตรวจวิเคราะห์โดยเลือกวิธีการและมาตรฐาน ตามวิธีการของ Masura, Baker, Foster, Arthur, & Herring (2015) [14] ที่จัดทำไว้เป็นคู่มือเฉพาะและได้รับการยอมรับให้เป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์ไมโครพลาสติกขององค์การบริหารมหาสมุทรและบรรยากาศโลก สหรัฐอเมริกา (NOAA) รวมถึงวิธีการกวนร่อน เนตรสิ่งแสง (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563) [1] เพื่อให้รู้ถึงปริมาณ สี ลักษณะสีมาตรฐาน และขนาดของไมโครพลาสติกเทียบกับตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร ผลการวิจัย พบปริมาณไมโครพลาสติกในกลุ่มที่ 1 เฉลี่ย 224 ชิ้น กลุ่มที่ 2 เฉลี่ย 28 ชิ้น กลุ่มที่ 3 เฉลี่ย 323 ชิ้น สีของไมโครพลาสติก กลุ่มที่ 1 พบสีดำเฉลี่ย 232 ชิ้น สีน้ำตาลแดงเฉลี่ย 33 ชิ้น กลุ่มที่ 2 พบสีดำเฉลี่ย 23 ชิ้น สีน้ำตาลแดงเฉลี่ย 5 ชิ้น กลุ่มที่ 3 สีดำเฉลี่ย 310 ชิ้น สีน้ำตาลแดงเฉลี่ย 14 ชิ้น สีฐาน ไมโครพลาสติก กลุ่มที่ 1 พบแบบชิ้นส่วนเฉลี่ย 201 ชิ้น แบบเส้นใยเฉลี่ย 19 ชิ้น แบบฟิล์มเฉลี่ย 4 ชิ้น กลุ่มที่ 2 แบบชิ้นส่วนเฉลี่ย 27 ชิ้น แบบเส้นใยเฉลี่ย 1 ชิ้น แบบฟิล์มเฉลี่ย 1 ชิ้น กลุ่มที่ 3 แบบชิ้นส่วนเฉลี่ย

306 ชิ้น แบบเส้นใยเฉลี่ย 11 ชิ้น แบบฟิล์มเฉลี่ย 7 ชิ้น ขนาดของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 1,000 ไมโครเมตร มีเพียงร้อยละ 0.005 ที่พบมีขนาดใหญ่กว่า สรุปผล ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำแข็งที่พบ 28 ชิ้นต่อลิตร มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปนเปื้อนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ Niall McCarthy (2018) [11] ที่มีค่าเฉลี่ย 325 ชิ้นต่อลิตร ส่วนไมโครพลาสติกที่พบปริมาณสูงมากคือกลุ่มที่ 3 ที่พบในน้ำแข็งที่จำหน่ายตามร้านค้าปลีก การพัฒนานวัตกรรมเพื่อลดปริมาณสามารถเปลี่ยนวัสดุบรรจุภัณฑ์น้ำแข็งจากกระสอบพลาสติกเป็นผ้ากั้นน้ำยังไม่คุ้มค่าเชิงต้นทุนในปัจจุบัน และยังต้องมีการศึกษาการปนเปื้อนในส่วนร้านค้าปลีกที่พบปริมาณสูงที่สุดในกลุ่มตัวอย่างต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก; การปนเปื้อน; น้ำแข็ง; ผู้ประกอบการ; แหล่งน้ำดิบ

ABSTRACT

The objective of this research is to find microplastics contaminated in ice products for consumption. A case study was ice-produced in Muang Chaiyaphum district. There are 5 manufacturers in total. The samples are divided into 3 groups: group 1 water samples from raw water used for ice production, group 2 ice samples produced directly from operators, and group 3 ice samples that are distributed by random. The researcher collected the samples from December 2021 to April 2022 and brought them into the analytical process by selecting methods and standards according to the methods of Masura, Baker, Foster, Arthur, & Herring (2015) [14] that constructed as a specialized manual for NOAA. And the methods developed by Kanokwan Netsingsaeng (Naresuan University, 2020) [1]. To analysis categories were quantity, color, morphology and size of microplastics compared to 1 liter of water sample. The results showed that the average amount of microplastics in group 1 was 224 pieces, group 2 was 28 pieces, group 3 was 323 pieces. Microplastics color was found in Group 1 were 232 black, and 33 russet, in group 2 were 23 black and 5 russet, and group 3 were 310 black and 14 mean russet. Microplastic morphology was found that Group 1 were 201 fragments, 19 fibers and 4 films, Group 2 were 27 fragments, 1 fiber and 1 film, Group 3 were 306 fragments, 11 fibers and 7 films. The size of most microplastics is smaller than 1,000 micrometers, with only 0.005% found larger. The conclusion is the amount of microplastics in ice found 28 pcs/L was less contaminated compared to the Niall McCarthy (2018) average of 325 pcs/L [11]. The highest levels of microplastics were the Group 3 which is beyond this research and needs to study the factors affecting in the future. Innovative developments to reduce the amount of ice packaging materials can be changed from plastic sacks to waterproof fabrics. But still not worth the cost at present. and further study of the factors that affect it in the future.

Keywords: microplastics; contaminated; ice; operator; raw water.

1. บทนำ

ปัจจุบัน ภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยมีการใช้พลาสติกเป็นสารตั้งต้นการผลิตในเกือบทุกสาขาผลิตภัณฑ์ อาทิ บรรจุภัณฑ์ ชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้าง ขนส่งยานยนต์

เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ในครัวเรือน เป็นต้น จากข้อมูลรายงานสถิติการผลิตพลาสติกของประเทศพบว่าการใช้ประโยชน์พลาสติกเป็นวัสดุสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ (Packaging) มีสัดส่วนสูงสุดและเป็นสาเหตุ

ที่ก่อให้เกิดขยะมากที่สุด [6] โดยสถาบันพลาสติกรายงานข้อมูลการใช้พลาสติกเพื่อผลิตบรรจุภัณฑ์ ในปี พ.ศ. 2565 สูงถึง 2 ล้านตัน ในจำนวนนี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทถุง 0.476 ล้านตัน [2], [5] โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่าขยะพลาสติกเกิดขึ้นในประเทศทั้งสิ้นร้อยละ 12 ของปริมาณขยะทั้งหมด หรือประมาณปีละ 2 ล้านตัน โดยตัวอย่างขยะพลาสติกที่พบส่วนใหญ่ในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ถุงพลาสติกประเภทถุงร้อน ถุงเย็น ถุงหูหิ้วที่ทำจากพลาสติกประเภท Polypropylene High-Density-Polyethylene และ Low-Density-Polyethylene มีการคาดการณ์อัตราการทิ้งของเสียประเภทไมโครพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำประมาณ 40.5-215 มก.ต่อคน-วัน หรือ 16-86 ตันต่อปี (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2565) [5] ด้วยคุณสมบัติของพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นสูง หลอมขึ้นรูปต่าง ๆ ได้มากมาย และยังไม่เป็นสนิมเหมือนวัสดุประเภทเหล็ก จึงเป็นวัสดุที่มีความนิยมใช้ในภาชนะบรรจุอาหารอย่างหลากหลายทุกภูมิภาคทั่วโลก ในปี 2561 มูลค่าการตลาดในส่วนของประเทศอาเซียนอุตสาหกรรมพลาสติกมีมูลค่าสูงถึง 51,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Siriluck A., 2020)

ในประเทศไทยนั้นพลาสติกก็เป็นวัสดุอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการตลาดสูงทั้งผลิตภายในประเทศและส่งออกในเดือนกุมภาพันธ์ 2564 ที่ผ่านมา ประเทศไทยมีอัตราการผลิตพลาสติกรวมสูงถึง 136,737 ตันต่อเดือน และมีมูลค่าการส่งออกมากถึง 3,288 ล้านบาทในเดือนเดียวกัน (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2564) นอกจากนี้ ในช่วงวิกฤติการณ์ไวรัสโคโรนา (COVID-19) ระบาดในประเทศไทยตั้งแต่เดือนเมษายน 2561 เป็นต้นมา ความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยเฉพาะอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ มีความต้องการเพิ่มขึ้นจากตัวเลขปกติถึงร้อยละ 15 (Greenpeace Thailand, 2020) [15]

ด้วยความต้องการผลิตภัณฑ์ประเภทพลาสติกมีเพิ่มมากขึ้น ขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นจากการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นตามมาด้วยเช่นกัน ปัจจุบัน ขยะพลาสติกนั้นเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมประเภทขยะที่กำลังเป็นปัญหาใหญ่ที่หลายประเทศหลายภูมิภาคทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ สาเหตุที่ขยะ

พลาสติกก่อปัญหาให้สิ่งแวดล้อมมากกว่าวัสดุหลายประเภทอื่นๆ นั้น เพราะว่า พลาสติกมีอายุการย่อยสลายตัวเองตามธรรมชาติยาวนานมากถึง 450 ปี (ภาควิชา วนิชาต; หอสมุด ม.ธ., 2019) [1], [9] ถ้ามองเฉพาะขยะพลาสติกประเภทเดียวนั้น ในระดับทั่วโลกมีการทิ้งขยะพลาสติกรวมกันมีปริมาณสูงมากถึง 1.2 หมื่นล้านตันในปี 2562 (Greenpeace USA, 2020) [15] ในบรรดาขยะพลาสติกในประเทศไทยทั้งหมดนั้น ยังพบข้อมูลว่า มีเพียงร้อยละ 9 ที่ถูกนำไปเข้ากระบวนการรีไซเคิล ร้อยละ 12 ถูกนำไปกำจัดโดยวิธีเผาซึ่งก่อปัญหามลพิษในอากาศเพิ่มขึ้น ที่เหลือร้อยละ 79 ยังตกค้างในสิ่งแวดล้อมและก่อมลพิษสะสม (Greenpeace Thailand, 2021) [15] เมื่อพลาสติกถูกทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมก็จะแตกตัวจนมีขนาดเล็กจนกลายเป็นขยะพลาสติกขนาดเล็กที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าที่เรียกว่า ไมโครพลาสติก (Microplastic)

ไมโครพลาสติก เป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกกล่าวถึงและได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เพราะมีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร (Horton et al., 2017; Horton and Dixon, 2018; Jiang, 2018) มีน้ำหนักเบา ไม่สามารถย่อยสลายได้อีกในระยะเวลานาน และยังสามารถสามารถถูกพัดพาไปไกลจากแหล่งกำเนิดได้มาก สามารถถูกสะสมโดยสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และสามารถเป็นวัสดุตัวกลางที่สะสมสารพิษอื่นๆ (สีลาวัธ ดำรงค์ศิริ, 2562) [9] องค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (IUCN) ได้เผยแพร่การศึกษา Primary Microplastics ในคลอง แม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทรในปี 2560 พบว่า มีปริมาณถึง 0.8-2.5 ล้านตันต่อปี โดยร้อยละ 98 มาจากครีวเรือนและสิ่งปลูกสร้างบนบก (สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561) ในปี 2561-2562 ปัญหาเรื่องไมโครพลาสติกทำให้มนุษย์ทั่วโลกเริ่มต้นตัวและเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว อีกทั้งยังมีข้อมูลที่น่าตกใจมากมาย อาทิเช่น การค้นพบไมโครพลาสติกสะสมในร่างกายสิ่งมีชีวิตในทะเลหลายชนิด เช่น ปลา หอย กุ้ง เป็นต้น การพบซากปลาวาฬเกยตื้นเสียชีวิต จากการผ่าท้องปลาวาฬพบขยะพลาสติกในท้องกว่า 100 กิโลกรัม (องค์การอนามัยโลก, 2562) ในสถานที่ที่ห่างไกลมนุษย์ยังพบขยะไมโครพลาสติกอย่าง

น่าตกใจ เช่น บนหิมะและลำธาร 8 สายที่ไหลลงมาจากเทือกเขาเอเวอร์เรสต์ พบไมโครพลาสติก 79 อนุภาคต่อหิมะหนึ่งลิตร (The Guardian; Damian Carrington, 2020) [12] แม้กระทั่งในจุดที่ลึกที่สุดในมหาสมุทรของโลก ในบริเวณที่เรียกว่า ร่องลึกก้นสมุทรมารีนา (Mariana Trench) ที่มีความลึกมากถึงกว่า 11 กิโลเมตร ก็มีการถ่ายภาพพลาสติกลอยอยู่ที่ระดับความลึก 10,898 เมตร (Marine Policy; BBC News Thai, 2018) แต่ข้อมูลที่น่าตกใจไม่เท่านั้น มีการตรวจพบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 20 อนุภาคต่ออูจาระมนุษย์ 10 กรัม (Philipp Schwabl, 2019) [16] ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การบริโภคอาหารหรือน้ำของมนุษย์มีการนำไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนมา เข้าไปสะสมในร่างกายได้ในชีวิตประจำวันปกติ โดยที่เราไม่อาจรู้ตัวได้ นักวิจัยทั่วโลกจึงได้ตื่นตัวทำการศึกษการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในอาหาร แหล่งอาหาร แหล่งน้ำจืด-เค็มมากมายทั่วโลก มีงานวิจัยหนึ่งได้ศึกษการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำดื่มบรรจุขวด PET 11 ยี่ห้อ ที่วางจำหน่ายกว่า 9 ประเทศ มาตรวจหาไมโครพลาสติก และพบว่าร้อยละ 93 ของตัวอย่างทั้งหมด พบไมโครพลาสติกปนเปื้อนอยู่ เฉลี่ยมีจำนวน 325 อนุภาคต่อขวด (Clean Water Action Organization, 2020)

สถานการณ์ของไมโครพลาสติกในประเทศไทยยังมีการศึกษาน้อย ส่วนใหญ่ยังศึกษาอยู่ในพื้นที่ชายทะเล จากการศึกษาการปนเปื้อนในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคังวิมาน จังหวัดจันทบุรี พบว่ามีขยะไมโครพลาสติกปนเปื้อนประมาณ 3.13 ± 2.75 ชิ้น/ตัว ทำให้ประเทศไทยเริ่มต้นตัวเรื่องไมโครพลาสติกมากขึ้น (ปิติพงษ์ธาระมนต์, 2559) [8] รวมถึงการหาไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำจืด เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำพิงบอระเพ็ด จ.นครสวรรค์ ที่ตรวจพบ 0.90 ± 1.40 ชิ้น/ตารางเมตร (กนกวรรณ เนตรสิงแสง, 2563) [1] เป็นต้น สาเหตุที่ประเทศไทยมีการศึกษาเรื่องไมโครพลาสติกน้อยมาก อาจเนื่องมาจากว่า ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง และการตรวจวัดไมโครพลาสติกที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน อีกทั้งงานวิจัยในต่างประเทศก็ใช้วิธีที่ยังแตกต่างกัน (สลิลวรรณ เครือเทศน์, 2559) [3], [7] งานวิจัยแต่ละ

ชิ้นจึงเป็นการเลือกใช้วิธีการที่พัฒนามาจากงานวิจัยของต่างประเทศที่แตกต่างกันไป จึงส่งผลให้ยังขาดเทคนิคและวิธีการตรวจสอบ ติดตามและเฝ้าระวังการปนเปื้อนของมลสารดังกล่าว รวมไปถึงการศึกษาและพัฒนางานวิจัยที่นำไปสู่การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปนเปื้อนจริงในประเทศไทยได้

ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มนุษย์ใช้บริโภค ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากน้ำประเภทหนึ่งนอกจากน้ำดื่มที่ได้มีการศึกษาวิจัยไปแล้ว และอยู่ใกล้ตัวมนุษย์เกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทย เป็นที่นิยมบริโภคสูงมาก คือ ผลิตภัณฑ์ “น้ำแข็ง” ที่มีการบริโภคอยู่ทั่วไปในทุกภูมิภาคทุกพื้นที่ชุมชนของประเทศไทย อัตราการผลิตน้ำแข็งของผู้ผลิตโดยทั่วไปมีมากถึงกว่า 30-150 ตัน/วัน (ศิริมิตร, 2563) จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในเบื้องต้นทั้งในและต่างประเทศ พบว่ายังไม่มียานวิจัยเผยแพร่ มีเพียงน้ำแข็งจากธารน้ำแข็งเท่านั้น

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การหาไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์น้ำแข็งสำหรับบริโภค ที่ผลิตจากแหล่งน้ำดิบเชิงพื้นที่ โดยแหล่งน้ำดิบที่อาจเป็นแหล่งปนเปื้อนไมโครพลาสติกโดยตรง กรณีศึกษา น้ำแข็งที่ผลิตในพื้นที่อำเภอเมืองชัยภูมิเป็นหลัก สาเหตุเพราะสัดส่วนประชากรของอำเภอเมืองชัยภูมินั้นคิดเป็นร้อยละ 16.67 ของประชากรทั้งหมดของชัยภูมิ (สำนักงานจังหวัดชัยภูมิ, 2564) ซึ่งถือเป็นข้อมูลกลุ่มใหญ่ของพื้นที่ที่มีความสำคัญทางสถิติในประชากรทั้งหมด ส่วนกระบวนการตรวจวิเคราะห์จำแนกคุณลักษณะ รวมไปถึงระบุแหล่งกำเนิดของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบได้ โดยเลือกวิธีการและมาตรฐานที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ (Analytical methods) ตามวิธีการของ Masura, Baker, Foster, Arthur, & Herring (2015) [14] ที่ได้มีการจัดทำไว้เป็นคู่มือเฉพาะและได้รับการยอมรับให้เป็นวิธีการตรวจวัดไมโครพลาสติกขององค์การบริหารมหาสมุทรและบรรยากาศโลก สหรัฐอเมริกา (NOAA) รวมถึงวิธีการที่พัฒนาต่อยอดมาใช้ในประเทศไทยของกนกวรรณ เนตรสิงแสง (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563) [1] เพื่อให้รู้ถึงลักษณะพื้นฐาน สี ปริมาณ ขนาด เพื่อหาแนวทางหรือวันตรวจวัดที่สามารถลดปริมาณไมโครพลาสติก

ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์น้ำแข็งสำหรับบริโภคได้ และนำเสนอต่อผู้ประกอบการให้มีความตระหนักรู้ถึงการปนเปื้อนที่ได้จากงานวิจัยนี้ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ปลอดภัยจากไมโครพลาสติกได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษาวิจัยความ

2.1 ประชากรผู้ผลิตน้ำแข็ง

งานวิจัยนี้จะดำเนินการเก็บข้อมูลจากประชากรโรงงานผู้ผลิตน้ำแข็งในพื้นที่เขตอำเภอเมืองชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ ที่เป็นกิจการขออนุญาตจัดตั้งเป็นผู้ผลิตหรือจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำแข็งทั้งหมด จากข้อมูลในเบื้องต้นมีจำนวนทั้งหมด 5 ราย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2564) ซึ่งในเอกสารผลการวิจัยทั้งหมดจะไม่ระบุเป็นชื่อผู้ประกอบการหรือชื่อโรงงานโดยตรง แต่จะใช้สัญลักษณ์อักษรภาษาอังกฤษแทนผู้ประกอบการแต่ละรายแบบสุ่มไม่เรียงลำดับ และผู้วิจัยจะทำการจัดเก็บรหัสชื่อภาษาอังกฤษกับเอกสารงานวิจัยไว้อย่างเป็นความลับแยกตู้เอกสารกัน โดยมีการล็อกกุญแจ ซึ่งจะไม่สามารถสืบค้นโดยผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องได้อย่างเด็ดขาด โดยกำหนดสัญลักษณ์ให้ผู้ประกอบการผลิตน้ำแข็งทั้ง 5 รายประกอบด้วยผู้ประกอบการ A, B, C, D และ E

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง “น้ำ” ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำแข็งที่ผลิตเพื่อเป็นสินค้าสำหรับการ “บริโภค” เป็นหลัก ทั้งในรูปแบบน้ำของเหลวที่เป็นแหล่งน้ำผิวดินที่ป้อนสู่ระบบการผลิต และน้ำในรูปแบบน้ำแข็งที่ได้จากกระบวนการผลิตและจัดจำหน่าย เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านระยะเวลาการทำวิจัยที่เป็นทุนสัญญา 1 ปี ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบแผนงานวิจัยในขั้นตอนการเก็บตัวอย่างไว้ 5 เดือน ซึ่งจะมีการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง รวมทั้งหมด 5 ครั้ง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-กันยายน 2564 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนที่มีโอกาสเกิดจากพัดพาน้ำที่มีคุณลักษณะหลากหลายไปยังแหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำแข็งได้มากที่สุดในรอบปี

ในแต่ละเดือน (แต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่าง) จะทำการเก็บตัวอย่างจากผู้ประกอบการให้ครบทั้ง 5 ราย โดยจะทำการเก็บตัวอย่างรายละ 3 กลุ่มตัวอย่างดังนี้

กลุ่มที่ 1 ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบที่ใช้ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำแข็งของ รายละ 3 ตัวอย่างต่อการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง

กลุ่มที่ 2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำแข็งที่ได้จากผู้ประกอบการโดยตรง รายละ 3 ตัวอย่างต่อการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง

กลุ่มที่ 3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำแข็งสุ่มจากร้านค้ารับจำหน่ายจากผู้ประกอบการผลิตน้ำแข็งเพื่อจำหน่าย รายละ 3 ตัวอย่าง (3 ร้าน) ต่อการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง

โดยตัวอย่างที่เก็บทุกครั้ง ทั้งกลุ่มที่ 1–3 จะทำการเก็บตัวอย่างใส่ขวดเก็บตัวอย่างขวดละอย่างน้อย 0.2 ลิตรโดยใช้น้ำหนักของตัวอย่างที่จะเท่ากันทุกตัวอย่าง โดยจะเก็บด้วยขวดเก็บตัวอย่างที่ปราศจากวัสดุประเภทพลาสติก เช่น ขวดแก้ว เพื่อไม่ให้เกิดโอกาสการปนเปื้อนจากอุปกรณ์ของผู้วิจัยเอง ติดด้วยฉลากที่ระบุรายละเอียดของตัวอย่าง เช่น อักษรภาษาอังกฤษแสดงแหล่งที่ได้มา วันเวลา ตัวอย่างที่ เป็นต้น จากนั้นจะนำตัวอย่างที่เก็บในพื้นที่ที่เก็บได้ ทำการเก็บใส่อุปกรณ์ภาชนะที่สามารถเก็บความเย็นได้และมีความมิดชิดป้องกันการรั่วไหลจากภายนอกได้ดี เพื่อไม่ให้ตัวอย่างมีการละลายและเกิดการปนเปื้อนจากภายนอกระหว่างการเก็บตัวอย่าง เมื่อได้ตัวอย่างแล้วก็นำมาแช่ตัวอย่างไว้ในตู้แช่เย็นที่มีอุณหภูมิภายในต่ำกว่า 2-3 องศาเซลเซียสเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

3. การเก็บตัวอย่างและรักษาตัวอย่าง

3.1 ตัวอย่างกลุ่มที่ 1

การเก็บตัวอย่างและการรักษาสภาพของตัวอย่างน้ำผิวดิน ที่เป็นตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ผู้วิจัยจะทำการเก็บน้ำผิวดินจากแหล่งน้ำใกล้โรงสูบน้ำของผู้ประกอบการ ในระยะระหว่างระดับผิวน้ำจนถึงน้ำถึงความลึก 30 เซนติเมตร ด้วยการลาก Plankton net ขนาด 330 mesh ลากที่ความเร็วประมาณ

2 km/h เป็นเวลา 1–30 min โดยให้ขอบด้านบนสุดของ Plankton net อยู่ผิวหน้าน้ำ เพื่อนำน้ำมาตรวจวิเคราะห์หาไมโครพลาสติก (Su et al., 2016; กนกวรรณ เนตรสิงแสง, 2563) [1], [3] จากนั้นจะนำตัวอย่างที่ได้ใส่ขวดเก็บตัวอย่าง ปิดฉลากระบุตัวอย่าง แล้วเก็บใส่อุปกรณ์มิดชิด นำตัวอย่างไปเก็บในตู้แช่แข็งตัวอย่างที่อุณหภูมิต่ำกว่า 2-3 องศาเซลเซียสเพื่อรักษาสภาพและคุณสมบัติตัวอย่างทั้งหมด

3.2 ตัวอย่างกลุ่มที่ 2

ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ผู้วิจัยจะทำการเก็บตัวอย่างจากการจัดซื้อน้ำแข็งจากผู้ประกอบการแต่ละรายโดยตรง ณ โรงงานที่ผลิต โดยเลือกซื้อจากน้ำแข็งในกระสอบที่จะทำการจัดจำหน่ายจริง ผู้วิจัยไม่ได้เก็บข้อมูลในกระบวนการทำน้ำสะอาดก่อนเข้าระบบผลิตน้ำแข็ง เนื่องจากผู้ประกอบการไม่สะดวกให้เข้าเก็บข้อมูล ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษางานวิจัยนี้ไปที่ผลิตภัณฑ์น้ำแข็งที่มีการบรรจุพร้อมจัดจำหน่ายเท่านั้น จากนั้น นำตัวอย่างใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่ปราศจากวัสดุพลาสติก ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง เก็บในภาชนะเก็บอุณหภูมิอย่างมิดชิดทันที นำตัวอย่างไปเก็บในตู้แช่เย็นเดียวกับ 3.1

3.3 ตัวอย่างกลุ่มที่ 3

ตัวอย่างกลุ่มที่ 3 เป็นตัวอย่างของน้ำในรูปแบบของแข็ง (น้ำแข็ง) จากร้านค้าปลีกที่จัดซื้อน้ำแข็งจากผู้ประกอบการและนำมาเก็บไว้จัดจำหน่ายในร้านค้าชุมชนของตนเอง ผู้วิจัยจะทำสุ่มเข้าพื้นที่ใกล้เคียงโรงงานผู้ประกอบการแต่ละราย ที่มีการซื้อน้ำแข็งจากผู้ประกอบการรายนั้นๆ โดยจะสุ่มเปลี่ยนร้านค้าในทุกเดือนที่ลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง จากนั้นเก็บตัวอย่างและนำไปแช่เย็นดัง 3.1 และ 3.2

4. เครื่องมือในการวิจัย

4.1 เครื่องมือในการเก็บตัวอย่าง

(1) ขวดเก็บตัวอย่างพร้อมฉลาก ชนิดขวดแก้ว ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 300 ml ที่มีฝาเป็นโลหะ จำนวนอย่างน้อย 30 ชุด

(2) กล่องโฟมขนาด 25 กิโลกรัม ขนาดภายนอก 46.0X61.0X25.5cm. จำนวน 2 ชุด

(3) ตู้แช่เย็น จำนวน 1 ตู้

(4) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลแบบพกพา จำนวน 1 เครื่อง

(5) Plankton net ขนาด 330 mesh 1 ชุด

4.2 เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูล

(1) กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโคร สโคป (Stereo Microscope) ที่มีกำลังขยายสูง 40X

(2) คอมพิวเตอร์ จอแสดงผล จำนวน 1 ชุด

4.3 สารเคมีและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ได้แก่ iron(II) (Fe_2), Hydrogen Peroxide (H_2O_2 30%), Sodium Chloride (NaCl), Analytical Balance (4 points), Hotplate magnetic stirrers, Hotplate, ฝากรองขนาด 300 μm เป็นต้น

5. การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ดำเนินการโดยดัดแปลงมาจากวิธีการของ Masura, Baker, Foster, Arthur, & Herring (2015) [14] และวิธีการของกนกวรรณ เนตรสิงแสง (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563) [1] ดังนี้

1) นำตัวอย่างที่เก็บไว้ในตู้แช่เย็น มาออกมาตั้งไว้ให้โดยไม่เปิดฝา ตั้งไว้ 1 ชั่วโมงเพื่อให้อุณหภูมิของตัวอย่างเท่ากับอุณหภูมิห้องปกติ จากนั้นเปิดฝาขวดที่ละตัวอย่าง และนำตัวอย่างมากรองผ่านฝากรองที่มีรูพรุนขนาด 300 μm จากนั้นใช้น้ำกลั่นฉีดล้างตัวอย่างที่ติดอยู่บนฝากรอง ใส่ลงในบีกเกอร์

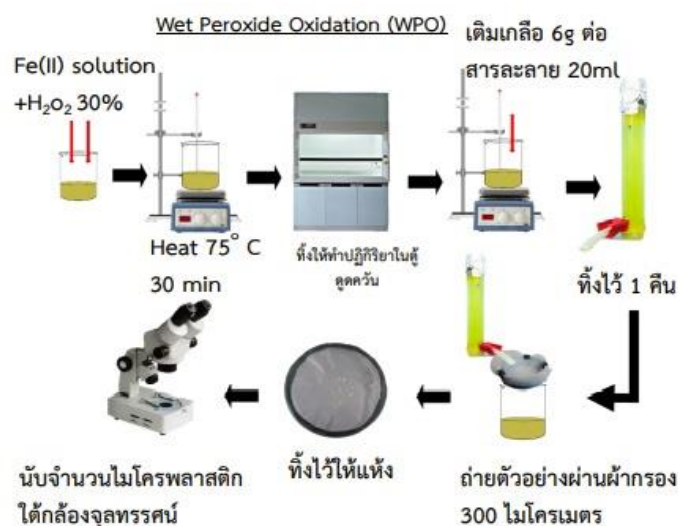
2) จะต้องนำส่วนกรองติดอยู่บนฝากรองมาย่อยตามกระบวนการ Wet Peroxide Oxidation (WPO) เพื่อกำจัดอนุภาคสารอินทรีย์ที่ปนอยู่ในตัวอย่างออกให้หมด โดยเติม Fe_2 (II) 20 ml และ 30% H_2O_2 20 ml ลงในบีกเกอร์ เขย่าให้เข้ากัน ตั้งไว้ 15 นาที ที่อุณหภูมิห้องเช่นเดิม จากนั้นนำตัวอย่างไปให้ความร้อนพร้อมกวน ที่อุณหภูมิไม่เกิน 75 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างตั้งในตู้ดูดควันเพื่อให้อุณหภูมิลดลง จากนั้นเติม 30% H_2O_2 ครึ่งละ 20 ml และให้ความ

ร้อนพร้อมกวนไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสารอินทรีย์ในตัวอย่างย่อยหมด (เฉพาะตัวอย่างกลุ่มที่ 1)

3) นำตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาเติมเกลือ โดยใช้เกลือจำนวน 6 กรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 20 ml เพื่อกำจัดสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาจยังหลงเหลือปะปนในตัวอย่าง (เฉพาะตัวอย่างกลุ่มที่ 1)

4) นำตัวอย่างที่ได้ เทใส่กระบอกตวงขนาด 500 ml ตั้งทิ้งไว้หนึ่งคืน

5) กรองตัวอย่างผ่านผ้ากรองขนาด 300 μm ผึ่งผ้าให้แห้งในที่มืดสนิท เตรียมไว้สำหรับการวิเคราะห์



รูปที่ 1 Wet Peroxide Oxidation (WPO)

(Masura, Baker, Foster, Arthur, & Herring, 2015 ; กนกวรรณ เนตรสิงแสง, 2563)

6. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ผู้วิจัยจะนำตัวอย่างที่กรองผ่านผ้ากรองที่ผึ่งแห้งแล้ว มาส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ สังเกต และจดบันทึกข้อมูล ลักษณะรูปร่าง (shape) ขนาด (size) และสี (color) ของไมโครพลาสติกที่พบปรากฏทั้งหมดบนกล้องจุลทรรศน์ทั้งหมด โดยการนับจะเป็นการนับแบบจำนวนทั้งหมด เปรียบเทียบกับน้ำ 1 ลิตรที่ผ่านผ้ากรอง

6.1 ผลการศึกษา

6.1.1 ลักษณะพื้นฐานของไมโครพลาสติก

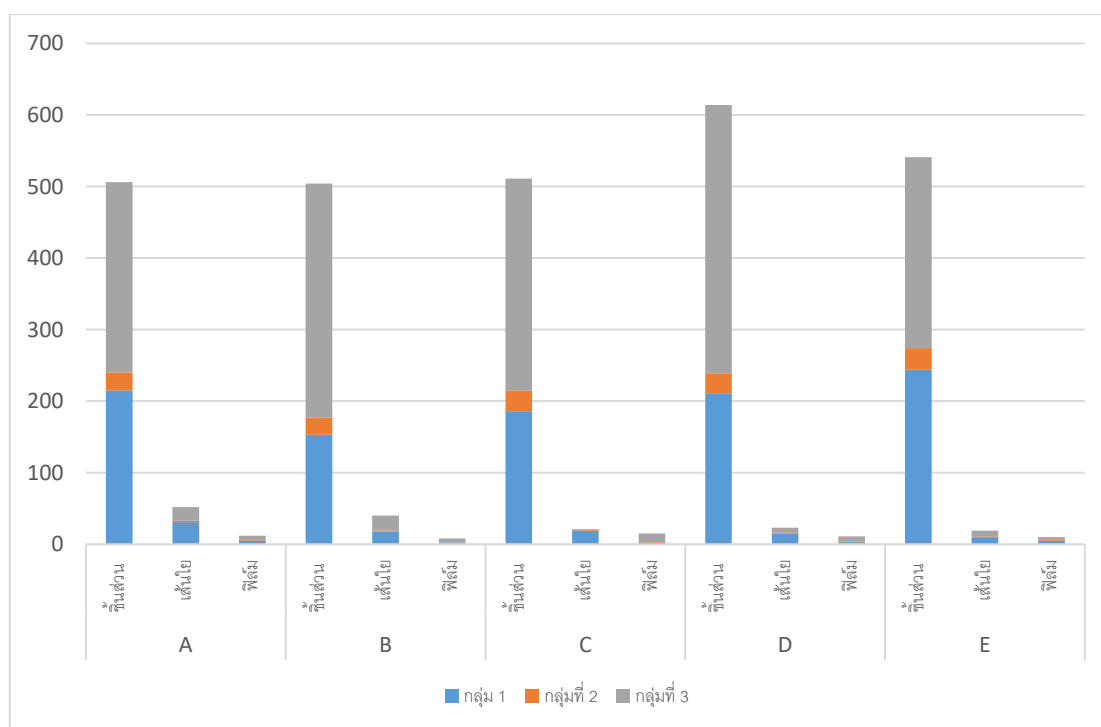
ลักษณะพื้นฐานของตัวอย่างไมโครพลาสติก (ชิ้น) ที่ตรวจวิเคราะห์ได้จากตัวอย่างทั้งหมดโดยไม่จำแนกระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง มี 3 ลักษณะ คือ แบบชิ้นส่วน (Fragment) ที่มีลักษณะเป็นก้อนได้หลายขนาด แบบเส้นใย (Fiber) ที่มีลักษณะเป็นเส้นหรือรูปทรงยาว และแบบฟิล์ม (Film) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางหรือใส ผลวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ลักษณะพื้นฐานและจำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) จำแนกตามผู้ประกอบการทั้ง 5 ราย เปรียบเทียบกับน้ำ 1 ลิตร

ที่	ผู้ประกอบการ	ลักษณะพื้นฐาน	กลุ่ม 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
1	A	ชิ้นส่วน	215	25	266
		เส้นใย	36	2	19
		ฟิล์ม	5	2	5

ตารางที่ 1 (ต่อ) ลักษณะสัณฐานและจำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) จำแนกตามผู้ประกอบการทั้ง 5 ราย เปรียบเทียบกับน้ำ 1 ลิตร

ที่	ผู้ประกอบการ	ลักษณะพื้นฐาน	กลุ่ม 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
2	B	ชิ้นส่วน	153	24	327
		เส้นใย	18	1	21
		ฟิล์ม	2	0	6
3	C	ชิ้นส่วน	186	29	296
		เส้นใย	19	1	1
		ฟิล์ม	2	1	12
4	D	ชิ้นส่วน	211	28	375
		เส้นใย	15	1	7
		ฟิล์ม	3	1	7
5	E	ชิ้นส่วน	244	30	267
		เส้นใย	10	1	8
		ฟิล์ม	5	1	4
เฉลี่ย		ชิ้นส่วน	201	27	306
		เส้นใย	19	1	11
		ฟิล์ม	4	1	7



รูปที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย จำแนกตามลักษณะสัณฐาน แยกตามกลุ่มตัวอย่างและผู้ประกอบการ

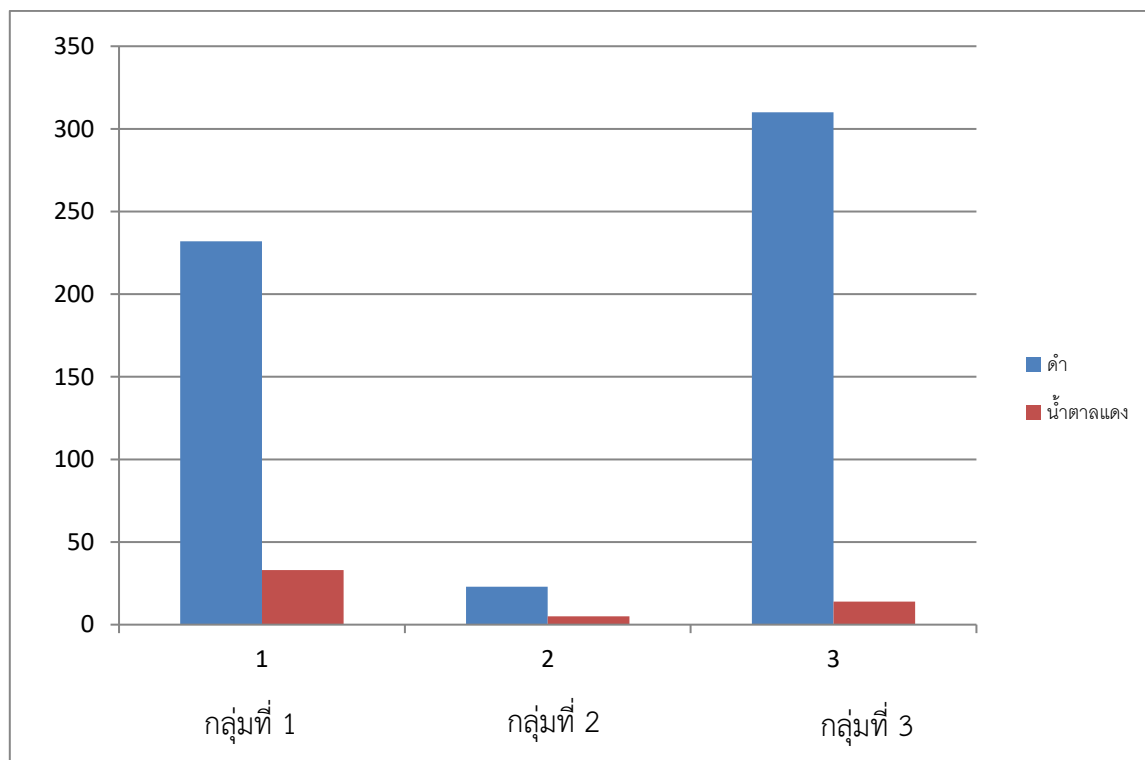
6.1.2 สีของไมโครพลาสติก

การจำแนกสีของตัวอย่างไมโครพลาสติก (ชิ้น) โดยไม่
จำแนกลักษณะสัณฐาน ที่ได้จากตัวอย่างที่เก็บ พบว่ามีเพียง

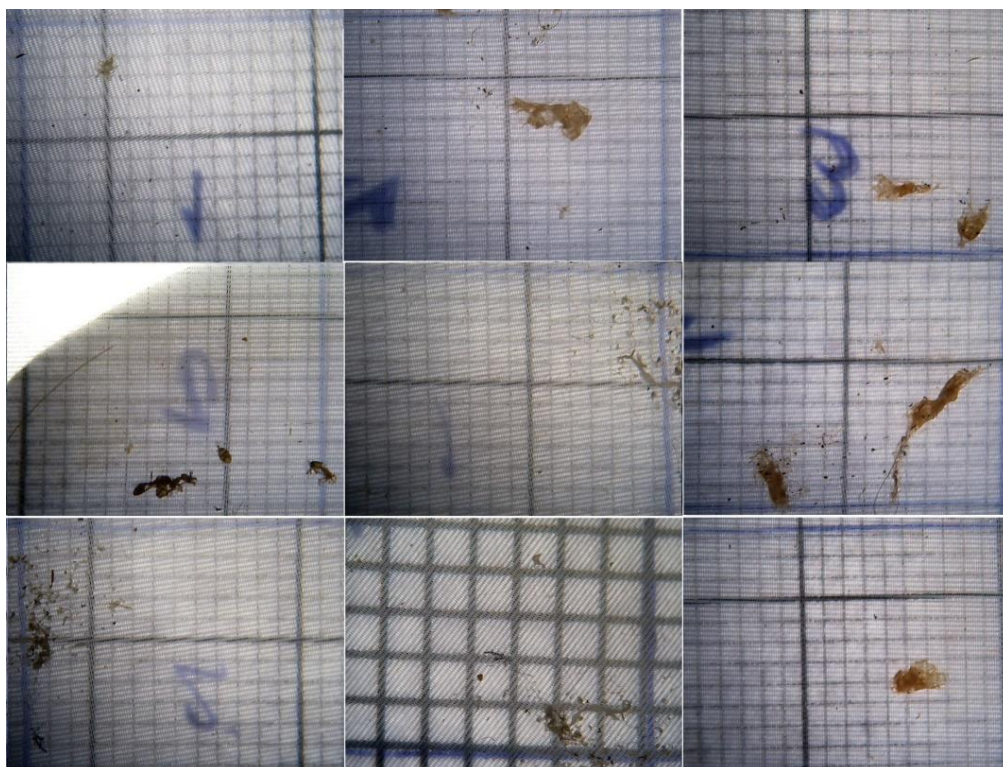
2 สี คือ สีดำ และสีน้ำตาลแดง แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยรวม
ทั้งหมดโดยไม่จำแนกเดือนที่เก็บข้อมูลได้ผลสรุป ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 สีและจำนวนไมโครพลาสติก (ชิ้น) จำแนกตามผู้ประกอบการทั้ง 5 ราย เปรียบเทียบกับน้ำ 1 ลิตร

ที่	ผู้ประกอบการ	สี	กลุ่ม 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
1	A	ดำ	236	23	284
		น้ำตาลแดง	20	6	6
2	B	ดำ	257	19	322
		น้ำตาลแดง	15	5	31
3	C	ดำ	259	24	301
		น้ำตาลแดง	48	5	8
4	D	ดำ	180	23	371
		น้ำตาลแดง	49	6	17
5	E	ดำ	227	27	270
		น้ำตาลแดง	31	4	9
	เฉลี่ย	ดำ	232	23	310
		น้ำตาลแดง	33	5	14



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย จำแนกตามสี



รูปที่ 4 ตัวอย่างบางส่วนของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบลักษณะสีและสีแตกต่างกัน

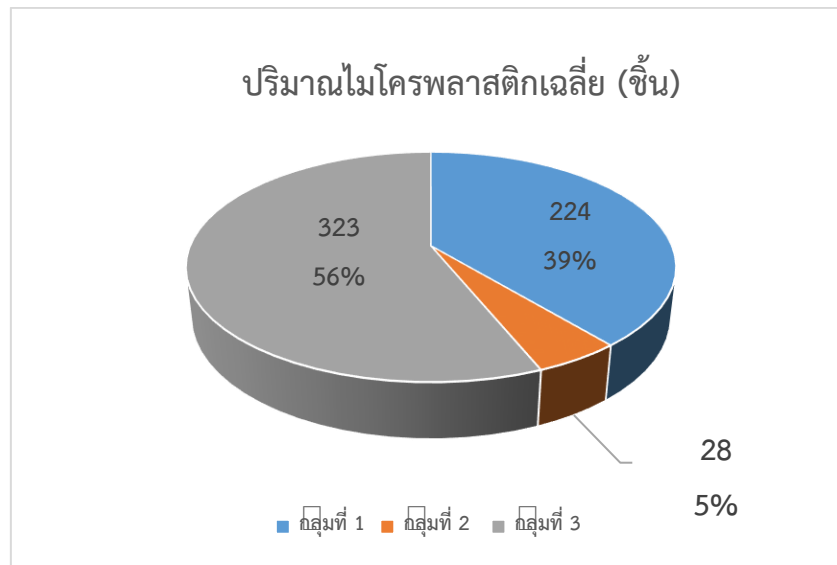
6.1.3 ปริมาณไมโครพลาสติก

ปริมาณไมโครพลาสติก (ชิ้น) โดยไม่จำแนกลักษณะ
สีและสี ที่ได้จากตัวอย่างที่เก็บทุกผู้ประกอบการทั้ง 5
ราย แยกตามกลุ่ม 3 กลุ่ม และระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 5

ครั้ง ที่ตรวจนับจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ศึกษา ได้ผลตรวจ
วิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 3 สรุปปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยรวม (ชิ้น) จำแนกตามผู้ประกอบการทั้ง 5 ราย เปรียบเทียบกับน้ำ 1 ลิตร

ที่	ผู้ประกอบการ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	หมายเหตุ
1	A	256	28	289	ปกติ
2	B	172	25	353	ทั้งหมดเป็น
3	C	207	29	308	จำนวนเต็ม
4	D	229	29	388	
5	E	258	30	279	
	เฉลี่ย	224	28	323	



รูปที่ 4 ปริมาณและร้อยละของไมโครพลาสติกเฉลี่ย จำแนกตามกลุ่มตัวอย่าง

6.1.4 ขนาดของไมโครพลาสติก

ขนาดของตัวอย่างไมโครพลาสติก จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มที่มีขนาดใหญ่กว่า 1,000 ไมโครเมตร (หรือ 1 มิลลิเมตร) และกลุ่มที่มีขนาดเล็กกว่า 1,000 ไมโครเมตร (หรือ 1 มิลลิเมตร) โดยจำแนกจากการใช้ตาข่ายขนาด 1,000 ไมครอน ติดบนผ้ากรองแล้วทำการตรวจจำแนกจากสายตาผ่านกล้อง พบว่า ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ในงานวิจัยนี้มีขนาดเล็กกว่า 1,000 ไมโครเมตรแทบทั้งหมด มีเพียง 20 ชิ้นเท่านั้น ที่มีขนาดใหญ่กว่า 1,000 ไมโครเมตร (ไม่นับรวมไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย) คิดเป็นร้อยละ 0.005 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่ตรวจพบในงานวิจัยนี้ ซึ่งถือเป็นสัดส่วนที่น้อยมาก

7. สรุปผลการวิจัย

7.1 ลักษณะพื้นฐานของไมโครพลาสติก

จำนวนไมโครพลาสติกจำแนกตามสีของ ผู้ประกอบการทั้ง 5 ราย พบว่ามี 3 ลักษณะ คือ แบบชิ้นส่วน (Fragment) แบบเส้นใย (Fiber) และแบบฟิล์ม (Film) ได้ผลสรุปคือ ตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มีไมโครพลาสติกแบบชิ้นส่วน (Fragment) เฉลี่ย 201 ชิ้นต่อปริมาณน้ำดิบ 1 ลิตร แบบเส้นใย (Fiber) เฉลี่ย 19 ชิ้นต่อปริมาณน้ำดิบ 1 ลิตร แบบฟิล์ม (Film) เฉลี่ย 4 ชิ้นต่อปริมาณน้ำดิบ 1 ลิตร

ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 มีไมโครพลาสติกแบบชิ้นส่วน (Fragment) เฉลี่ย 27 ชิ้นต่อปริมาณน้ำแข็งตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร แบบเส้นใย (Fiber) และแบบฟิล์ม (Film) มีค่าเฉลี่ยเท่ากันคือ 1 ชิ้นต่อปริมาณน้ำแข็งตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร และตัวอย่างกลุ่มที่ 3 มีไมโครพลาสติกแบบชิ้นส่วน (Fragment) เฉลี่ย 306 ชิ้นต่อปริมาณน้ำแข็งตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร แบบเส้นใย (Fiber) เฉลี่ย 11 ชิ้นต่อปริมาณน้ำแข็งตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร แบบฟิล์ม (Film) มีค่าเฉลี่ย 7 ชิ้นต่อปริมาณน้ำแข็งตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร จากข้อมูลพบว่า พบว่า ปริมาณไมโครพลาสติกปนเปื้อน จำแนกตามสี โดยเฉพาะสีดำนั้นมีมากที่สุดในตัวอย่งกลุ่มที่ 3 รองลงมาคือกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งในตัวอย่งกลุ่มที่ 1-3 พบว่ามีสีฐานแบบชิ้นส่วน (Fragment) เป็นจำนวนมากที่สุด มีสีฐานแบบเส้นใย (Fiber) เพียงเฉลี่ยร้อยละ 8.48, 3.45 และ 3.39 ตามลำดับ มีสีฐานแบบฟิล์มเพียงเฉลี่ยร้อยละ 1.79, 3.45 และ 2.16 ตามลำดับเท่านั้น

7.2 สีของไมโครพลาสติก

จำนวนไมโครพลาสติกจำแนกตามสีของ ผู้ประกอบการทั้ง 5 ราย มีผลสรุปคือ ตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มีไมโครพลาสติกสีดำเฉลี่ย 232 ชิ้นต่อปริมาณน้ำดิบ 1 ลิตร

มีสีน้ำตาลแดงเฉลี่ย 33 ขึ้นต่อปริมาณน้ำดิบ 1 ลิตร ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 มีสีดำเฉลี่ย 23 ขึ้นต่อปริมาณน้ำแข็ง ตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร มีสีน้ำตาลแดงเฉลี่ยเพียง 5 ขึ้นต่อปริมาณน้ำแข็ง ตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร และตัวอย่างกลุ่มที่ 3 มีสีดำเฉลี่ย 310 ขึ้นต่อปริมาณน้ำแข็ง ตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร มีสีน้ำตาลแดงเฉลี่ย 14 ขึ้นต่อปริมาณน้ำแข็ง ตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร จากข้อมูลพบว่า ปริมาณไมโครพลาสติกสีดำนั้น มีมากที่สุดในกลุ่มที่ 3 คือ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำแข็งส่มจากร้านค้ารับจำหน่ายจากผู้ประกอบการผลิตน้ำแข็งเพื่อจำหน่าย รองลงมาคือกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ แต่สีของไมโครพลาสติกที่พบในงานวิจัยนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไมโครพลาสติกสีด้อย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนสีน้ำตาลแดงจะพบบ้างเป็นประปราย บางตัวอย่างก็ไม่มีการตรวจพบสีน้ำตาลแดง

7.3 ปริมาณไมโครพลาสติก

ปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยของผู้ประกอบการทั้ง 5 ราย พบว่า ตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 224 ขึ้นต่อปริมาณน้ำดิบ 1 ลิตร ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 28 ขึ้นต่อปริมาณน้ำแข็ง ตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร และตัวอย่างกลุ่มที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 323 ขึ้นต่อปริมาณน้ำแข็ง ตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร จากข้อมูลพบว่า ปริมาณไมโครพลาสติกปนเปื้อนมากที่สุดในกลุ่มที่ 3 รองลงมาคือกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ ประเมินการได้ว่า ไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำดิบถูกกำจัดลดลงในกระบวนการผลิตน้ำแข็ง เหลือเพียงประมาณร้อยละ 12.5 แต่ปริมาณไมโครพลาสติกกลับเพิ่มขึ้นในขั้นตอนการจัดจำหน่ายของร้านค้าเฉลี่ยถึง 11.54 เท่า และมีปริมาณเฉลี่ยมากกว่าที่พบในแหล่งน้ำดิบ

7.4 ขนาดของไมโครพลาสติก

การตรวจวิเคราะห์และนับจำนวนไมโครพลาสติกจำแนกตามขนาดนั้น ด้วยข้อจำกัดความแม่นยำในกำลังขยายและมาตราในการวัดของอุปกรณ์ที่มี ผู้วิจัยจึงจำแนกไมโครพลาสติกจากขนาดที่พบไว้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ขนาดใหญ่กว่า 1,000 ไมโครเมตร (ไม่นับแบบเส้นใย) และกลุ่มที่มีขนาดเล็กกว่า 1,000 ไมโครเมตร โดยใช้

แผ่นกระดาษตาราง (Grid Table) ขนาดตาราง 1x1 มิลลิเมตร (1,000x1,000 ไมโครเมตร) แบบใส ติดรองใต้แผ่นกรองตัวอย่างเพื่อให้เห็นมาตราส่วนกว้างยาวในกล้องจุลทรรศน์ และสามารถตรวจนับจำแนกตามขนาดข้างต้นได้จากข้อมูลพบว่า พบว่าไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในงานวิจัยนี้ส่วนใหญ่แทบทั้งหมดมีขนาดเล็กกว่า 1,000 ไมโครเมตร มีเพียงร้อยละ 0.005 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่ตรวจพบที่มีขนาดใหญ่กว่า 1,000 ไมโครเมตร ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่น้อยมาก

8. อภิปรายผล

สามารถอภิปรายแบ่งตามกลุ่มตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

(1) ตัวอย่างกลุ่มที่ 1 พบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 224 ขึ้นต่อปริมาณน้ำดิบ 1 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำดิบอื่น ๆ อาทิ น้ำดิบจากคลองอัมสเตอร์ดัม (Amsterdam Canal) ประเทศเนเธอร์แลนด์ ที่พบไมโครพลาสติกประมาณ 47–187 ขึ้นต่อน้ำหนึ่งลิตร (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2017), แหล่งน้ำจืดทะเลน้อย พัทลุง พบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 94 ± 55 ขึ้นต่อน้ำหนึ่งลิตร (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563) เป็นต้น พบว่า ปริมาณการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำดิบพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดชัยภูมิ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำแข็งของผู้ประกอบการทั้ง 5 ราย มีการปนเปื้อนในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่ค่อนข้างมีปริมาณสูงกว่าเล็กน้อย อาจเพราะแหล่งน้ำที่ทำการศึกษาทั้งหมดในงานวิจัยนี้ ล้วนเป็นแหล่งน้ำที่ผ่านชุมชนหมู่บ้าน จึงอาจมีการปนเปื้อนมากกว่าการศึกษาแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

(2) ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 พบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 28 ขึ้นต่อปริมาณน้ำแข็งตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตร เมื่อจะพิจารณาคุณภาพของน้ำแข็ง พบว่า ข้อมูลวิจัยของประเทศไทยและต่างประเทศยังขาดแคลนงานวิจัยเกี่ยวกับไมโครพลาสติกที่ศึกษาในน้ำแข็งที่ผลิตและจัดจำหน่ายเพื่อการบริโภค แต่เนื่องด้วยกฎหมายที่ประเทศไทยใช้ควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้ผลิตน้ำแข็งนั้น ใช้ค่ามาตรฐาน

เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพการผลิตน้ำดื่มเพื่อการบริโภคทั้งหมด ผู้วิจัยจึงได้นำประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 78 (พ.ศ.2527) เรื่องน้ำแข็ง ข้อ 3 และ 4 ที่ระบุกำหนดคุณภาพของน้ำแข็งที่ผลิตจะต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานของ น้ำสะอาด สำหรับบริโภค มาเทียบเคียงกับการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำดื่มบรรจุขวดที่ผลิตเพื่อจัดจำหน่าย โดยงานศึกษาวิจัยต่างประเทศเกี่ยวกับปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำดื่มบรรจุขวด 11 ยี่ห้อ ใน 9 ประเทศที่เผยแพร่ในวารสาร Forbes พบว่า มีไมโครพลาสติกปนเปื้อนเฉลี่ยที่ 325 ชิ้นต่อปริมาณน้ำ 1 ลิตร โดยมีปริมาณต่ำสุดอยู่ที่ 0-74 ชิ้นต่อน้ำดื่มบรรจุหนึ่งลิตร และปริมาณสูงสุดอยู่ที่ 6-10,390 ชิ้นต่อน้ำดื่มบรรจุหนึ่งลิตร (Statista, 2018; Clean Water Action Organization, 2020) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไมโครพลาสติกในงานวิจัยนี้ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์น้ำแข็งมีปริมาณน้อยคิดเป็นเพียงร้อยละ 8.62 ของค่าเฉลี่ยข้างต้นกล่าวได้ว่า ผลิตภัณฑ์น้ำแข็งในงานวิจัยนี้มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกที่น้อยมาก

(3) ตัวอย่างกลุ่มที่ 3 มีปริมาณเฉลี่ย 323 ชิ้นต่อปริมาณน้ำแข็งตัวอย่างที่ละลายเป็นปริมาณน้ำ 1 ลิตรนั้น ในส่วนนี้ยังไม่มีผลการศึกษาหรือวิจัยนำมาเทียบเคียงได้ เห็นได้ชัดว่า ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำแข็งของร้านค้าที่ซื้อจากผู้ประกอบการไว้จัดจำหน่ายนั้น มีปริมาณการปนเปื้อนไมโครพลาสติกเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าในกลุ่มที่ 2 ถึง 11.54 เท่า สาเหตุที่ผู้วิจัยคาดว่า สาเหตุนี้้นอาจเกิดจากปัจจัยที่หลากหลายร่วมกัน อาทิ

- ความสะอาดของถังน้ำแข็งของร้านค้าที่อาจจะไม่สะอาดเพียงพอ
- การนำวัตถุดิบประกอบอาหาร หรือของอื่นๆ มาแช่รวมกับน้ำแข็งในร้านค้า
- สถานที่ตั้งร้านค้าที่มีพื้นที่ติดกับถนนชุมชนที่พลุกพล่าน มีผู้คนคว้นมาก
- การเปิดภาชนะเก็บน้ำแข็งบ่อยครั้ง หรืออาจเปิดค้างไว้นานบ่อย ๆ
- ภาชนะตักน้ำแข็ง บ่อยครั้งมักพบเป็นภาชนะประเภทพลาสติก

- การแต่งกายของบุคลากรในร้านค้าตามปกติ ทำให้เกิดการนำพาได้ง่าย เป็นต้น

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนในส่วนนี้ยังมีอีกหลายปัจจัย อาทิ พฤติกรรมการส่งผลิตภัณฑ์ ระยะทางระยะเวลาการเก็บ ลักษณะการเก็บ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บ พฤติกรรมการของผู้ค้าหรือลูกค้า ฯลฯ ซึ่งมีความหลากหลายและแตกต่างกันไปตามผู้ประกอบการ ผู้จัดส่งและผู้ค้าปลีก ซึ่งจะต้องมีการดำเนินการวิจัยเก็บข้อมูลในส่วนนี้อีกมาก งานวิจัยนี้จึงยังไม่มีรายละเอียดการศึกษาลงลึกเพียงพอที่จะทำให้ทราบได้ว่าปัจจัยใดที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกเพิ่มขึ้นสูงมากตามผลวิจัยข้างต้นในกลุ่มที่ 3 ดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไปอีกในอนาคต

การพัฒนาแนวทางเพื่อออกแบบนวัตกรรมหรือวิธีการเพื่อลดปริมาณไมโครพลาสติกในงานวิจัยนี้้น ผู้วิจัยขออภิปรายว่า

1. ตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มีปริมาณไมโครพลาสติกในระดับที่ยังไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลการศึกษาในแหล่งน้ำธรรมชาติอื่นหลายแห่งในโลก แต่ในกลุ่มตัวอย่างนี้หากจะลดปริมาณไมโครพลาสติก สามารถทำได้ด้วยการเพิ่มระบบการกรองน้ำดิบด้วยระบบคาร์บอนปกติเพิ่มเติม ก่อนที่จะนำน้ำดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำแข็งได้ ซึ่งถือว่าเป็นต้นทุนที่เพิ่มเติม (Wongnai, 2020) แต่หากผู้ประกอบการมีระบบคาร์บอนในการกรองปกติอยู่แล้ว การเพิ่มเติมระบบคาร์บอนเข้าไปอีกขั้นตอนหนึ่งซ้ำซ้อน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไมโครพลาสติกที่พบปริมาณน้อย อาจยังไม่คุ้มค่ากับต้นทุนในขณะนี้

2. ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 มีปริมาณไมโครพลาสติกที่น้อยมากเพียง 28 ชิ้นต่อปริมาณน้ำเทียบเท่า 1 ลิตร ในกระบวนการผลิตน้ำแข็ง ขั้นตอนที่มีวัสดุประเภทพลาสติกเข้ามาสัมผัสเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นั้น พบว่า มีเพียงขั้นตอนบรรจุภัณฑ์ที่มีการใช้กระสอบพลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์น้ำแข็ง ดังนั้น การเปลี่ยนวัสดุถุงบรรจุภัณฑ์เป็นชนิดอื่น เช่น ผ้าฝ้าย ผ้าลินิน เป็นต้น น่าจะเป็นการลดปริมาณการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในกระบวนการผลิตได้ แต่ผ้าฝ้ายมีคุณสมบัติที่ซึมน้ำได้ดี และมีข้อเสียคือ

เป็นเราได้ง่ายจึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้บรรจุภัณฑ์ น้ำแข็ง ผ้าลินินก็จะมีคุณสมบัติที่คล้ายกันกับผ้าฝ้าย ส่วน ผ้าสปันปอนด์ ผ้าแคนวาส ผ้ากระสอบ ถือเป็นผ้าสำหรับ บรรจุภัณฑ์แพคเกจที่มีราคาสูงกว่ากระสอบพลาสติกมากและ ไม่กันน้ำ เมื่อพิจารณาวัสดุผ้าที่กันน้ำ จะมีผ้า 2 ชนิดคือ ผ้าเคลือบ PVC (Polyvinyl chloride) และผ้าเคลือบ PU (Polyurethane) ที่เป็นวัสดุผ้าสมัยใหม่ที่ใช้สำหรับ ออกแบบผลิตภัณฑ์ชีวิตประจำวัน เช่น กระเป๋ เสื้อผ้า กัน น้ำ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาสูงกว่ากระสอบพลาสติกมาก ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไมโครพลาสติกที่พบน้อยมาก การใช้วัสดุผ้าชนิดต่างๆ แทนกระสอบพลาสติกใส่น้ำแข็ง สามารถทำได้ แต่ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับผู้ประกอบการ ในขณะที่ต้นทุนกระสอบพลาสติกบรรจุภัณฑ์ น้ำแข็งนั้นมีราคาเพียง 11 บาทต่อขนาด 50 กิโลกรัม (ซีพี, 2022) หรือคิดเป็น 0.22 บาทต่อน้ำแข็ง 1 กิโลกรัมเท่านั้น ดังนั้น นวัตกรรมหรือแนวทางในส่วนนี้จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยในเชิงวัสดุศาสตร์ต่อไปในอนาคต

3. ตัวอย่างกลุ่มที่ 3 ซึ่งพบไมโครพลาสติกสูงมากที่สุดใน การวิจัยนี้ แต่เนื่องด้วย ปัจจัยที่อาจเกี่ยวข้องยังมีอีก จำนวนมาก และอยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยนี้ จึงยัง ไม่ได้มีการออกแบบการเก็บข้อมูลที่มีรายละเอียดลึกลงไป ถึง พฤติกรรมการส่งผลิตภัณฑ์ ระยะทาง ระยะเวลาการเก็บ ลักษณะการเก็บ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บ พฤติกรรมการของผู้ค้า หรือลูกค้า ฯลฯ ซึ่งมีความหลากหลายและแตกต่างกันไป ตามผู้ประกอบการ ผู้จัดส่ง และผู้ค้าปลีก ผู้วิจัยจึงยังไม่ สามารถระบุแนวทางการลดหรือนวัตกรรมเพื่อลดปริมาณ ไมโครพลาสติกในส่วนนี้ได้ และสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องมีการ วิจัยต่อเนื่องในอนาคตต่อไป

4. ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยนี้ต่อผู้ประกอบการ ผลิตน้ำแข็งในพื้นที่วิจัยทุกราย รวมถึงสำนักงานจังหวัด ชัยภูมิ และสำนักงานอำเภอเมืองชัยภูมิที่ดูแลพื้นที่ที่อยู่ใน งานวิจัยนี้ ให้ได้รับข้อมูลเพื่อประกอบการกำหนดนโยบาย การจัดการคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำแข็ง และการพัฒนาการ บริหารจัดการของหน่วยย่อยที่เกี่ยวข้องได้ต่อไป และผู้วิจัย

ได้เสนอการเป็นวิทยากรถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยนี้ ให้ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องข้างต้น เพื่อเป็น ทางเลือกในการพัฒนาองค์ความรู้ของพื้นที่ในอนาคตได้ ต่อไป

9. ข้อเสนอแนะ

1. ชุมชนหรือหน่วยงานในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำ ที่มีการใช้อุปโภคหรือบริโภค ควรมีการตรวจวิเคราะห์ ปริมาณไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำดิบอยู่อย่างสม่ำเสมอ และบันทึกเป็นฐานข้อมูลสถิติ

2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยควรเล็งเห็น ความสำคัญเรื่องการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม และเพิ่มข้อบัญญัติในกฎหมายที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดคู่มือ และวิธีการในการตรวจวัดหาปริมาณไมโครพลาสติกใน สิ่งแวดล้อม รวมถึงการจำแนกต่างๆ ให้เป็นระเบียบวิธีที่เป็น มาตรฐานสากลที่ใช้ร่วมกันได้โดยเร็ว

3. อาจมีการศึกษา กำหนดแนวทาง หรือระเบียบ วิธีการในการควบคุม ตรวจสอบ คุณภาพของน้ำแข็งที่เก็บ รักษาเพื่อการจำหน่ายของร้านค้าเพื่อลดปริมาณการ ปนเปื้อนไมโครพลาสติกให้เป็นมาตรฐานสากล

10. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้ ความ และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากหลายฝ่าย อาทิ คณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผู้พิจารณาให้ทุนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาที่ สนับสนุนข้อมูลที่จำเป็นและการสนับสนุนในทุกด้านที่ เกี่ยวข้องสำหรับการวิจัย ผู้ประกอบการเอกชนผู้ผลิตและ จัดจำหน่ายน้ำแข็งในพื้นที่อำเภอเมืองชัยภูมิ ที่ได้กรุณาให้ ข้อมูลต่างๆ เป็นต้น จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

เอกสารอ้างอิง

- [1] กนกวรรณ เนตรสิงแสง. “การปนเปื้อนไมโครพลาสติก และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์,” วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563.
- [2] กรณิศ ตันอังสนากุล, “ทางออกของขยะที่มองไม่เห็น,” ตุลาคม 2560. [Online] <https://www.the101.world/life/solution-from-microplasticpollution/>. [สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2561].
- [3] กรมควบคุมมลพิษ, คู่มือการติดตามตรวจสอบและประเมิน คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดิน. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 2546.
- [4] กรมควบคุมมลพิษ, รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2560. กรุงเทพฯ: วงศ์สว่างพับลิชชิ่ง แอนด์ พรินต์ติ้ง จำกัด, 2561.
- [5] เกรียงศักดิ์ วงศ์พร้อมรัตน์, รอบรู้เรื่องพลาสติก. กรุงเทพฯ: สถาบันพลาสติก, 2556.
- [6] ทานตะวันวรรณ เด็กขึ้น, นิรันดร์ จันรสมิ และ อติศักดิ์ แก้วใส, พลาสติก 1. กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์, 2544.
- [7] บุญมาส พิมพ์พรรณชาติ, “ดัชนีคุณภาพน้ำ,” วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, ปีที่ 20, ฉบับที่ 1, หน้า 70-82, 2554.
- [8] ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพโรสานท์กุล และ นภาพร เลียดประถม, “การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้วิมาน จังหวัดจันทบุรี,” วารสารแก่นเกษตร 44 ฉบับพิเศษ, หน้า 738-744, 2559.
- [9] ศีลาวุธ ดำรงศิริ และ เพ็ญรติ จันทรวิวัฒน์, “ไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค,” วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 23, ฉบับที่ 2, หน้า 1-11, 2562.
- [10] R. N. Cable, D. Beletsky, R. Beletsky, K. Wigginton, B. W. Locke, and M. B. Duhaime, "Distribution and modeled transport of plastic pollution in the Great Lakes, the world's largest freshwater resource," *Frontiers in Environmental Science*, vol. 5, no. Jul., pp. 45, 2017.
- [11] N. Mc Carthy, "Study Finds Microplastics In 93% Of Bottled Water [Infographic]," *forbes.com*, Mar. 16, 2018. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/>. [Accessed Aug. 10, 2022].
- [12] R. Dris, H. K. Imhof, M. G. J. Löder, J. Gasperi, C. Laforsch and B. Tassin, “Microplastic contamination in freshwater systems: methodological challenges, occurrence and sources,” *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*, pp. 51-93, 2018.
- [13] L. Lahens, E. Stradyb, T. C. Kieu-Le, R. Dris, K. Boukerma, E. Rinnert, J. Gasperi and B. Tassina, "Macroplastic and microplastic contamination assessment of a tropical river (Saigon River, Vietnam) transversed by a developing megacity," *Environmental Pollution*, vol. 236, May., pp. 661-671, 2018.
- [14] J. Masura et al., *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*. NOAA Marine Debris Division, 2015.
- [15] Greenpeace Thailand. “เมื่อพลาสติกย้อนกลับมาในห่วงโซ่อาหารและซ่อนอยู่ในวัตถุดิบที่เรากิน,” [greenpeace.org](https://www.greenpeace.org/thailand/story/17717/plastic-3-everyday-food-that-contain-microplastic/), [Online]. Available: <https://www.greenpeace.org/thailand/story/17717/plastic-3-everyday-food-that-contain-microplastic/> [Accessed Aug. 10, 2022].
- [16] P. Schwabl et al., “Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series,” *Annals of Internal Medicine*, vol. 171, no. 7, Oct., pp. 453–457, 2019.