การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

กนกวรรณ เนตรสิงแสง

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

กนกวรรณ เนตรสิงแสง

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์"

ของ กนกวรรณ เนตรสิงแสง

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัททิรา เกษมศิริ)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรูญ สารินทร์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ อัมพรสถิร)

อนุมัติ

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล มุณีสว่าง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

ผู้วิจัย กนกวรรณ เนตรสิงแสง

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก

กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรูญ สารินทร์

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563

คำสำคัญ ไมโครพลาสติก, น้ำผิวดิน,ปลา, พื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปริมาณและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติก ในน้ำผิวดินและปลา และ 2) อิทธิพลของลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และฤดูกาล ต่อปริมาณ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินและปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ดำเนินการศึกษาในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน ในปี 2562 กำหนดพื้นที่ศึกษาเป็น 3 เขต ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ ตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำภาคสนาม และวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ และเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับ 0-30 cm ด้วยถุงลากแพลงก์ตอน ขนาด 333 mesh และเก็บตัวอย่างปลาฉลาด (*Notopterus notopterus*) ปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) และปลาช่อน (*Channa striata*) จากแต่ละเขตพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกในน้ำและในกระเพาะของปลา โดยย่อยตัวอย่างด้วยกระบวนการ Wet peroxide oxidation แล้วนำไปวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และวิเคราะห์ชนิดพอลิเมอร์ของพลาสติกด้วย Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR) ผลการศึกษาพบน้ำมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำ มีค่าเฉลี่ย 0.90±1.40 items/m^2 หรือ 3.8±6.40 items/m^3, 0.33±0.81 items/m^2 หรือ 1.44±3.49 items/m^3 และ 0.56±1.18 items/m^2 หรือ 2.50±5.56 items/m^3 ตามลำดับ พบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในน้ำจากพื้นที่ชุมชน และในน้ำช่วงฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม ปริมาณไมโครพลาสติกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ใช้ประโยชน์ และระหว่างฤดูกาล ไมโครพลสติกส่วนใหญ่เป็นอนุภาคขนาดเล็กที่มีขนาดระหว่าง 0.355 – 0.999 mm มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก ร้อยละ 93.8 และ 6.2 ตามลำดับ พบจำนวน 4 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง สีใส และสีฟ้า พบสีดำและแดง ถึงร้อยละ 37.5 และ 37.5 ตามลำดับ โดยพบเป็นพอลิเอสเตอร์ พอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน เทเรฟ

ทาเลต ร้อยละ 37.5, 37.5 และ 25.5 ตามลำดับ ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา มีค่าเฉลี่ย 4.16±2.79, 2.27±3.59 และ 1.88±3.28 items/individual ตามลำดับ ไมโครพลาสติกมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในปลาจากเขตชุมชน ปลาจากช่วงฤดูแล้ง และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาช่อน อย่างไรก็ตาม ปริมาณไมโครพลาสติกในปลาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ใช้ประโยชน์ ฤดูกาล และชนิดปลา ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่เป็นอนุภาคขนาดเล็ก และพบแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว โดยพบเป็นสีดำ และสีแดง ร้อยละะ 82.9 และ 17.1 โดยเป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์ พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต ดราลอน และเรยอน ร้อยละ 48.7, 17.1, 17.1 และ 17.1 ตามลำดับ ทั้งนี้ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินและในปลา รวมถึงสารมลพิษที่ไมโครพลาสติกได้ดูดซับไว้อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดโดยผ่านทางห่วงโซ่อาหารของระบบได้

Title MICROPLASTIC CONTAMINATION IN SURFACE WATER AND FISH OF BUENG BORAPHET WETLAND, NAKHON SAWAN PROVINCE

Author KANOKWAN NEATSINGSANG

Advisor Assistant Professor Pantip Klomjek, Ph.D.

Co-Advisor Assistant Professor Charoon Sarin, Ph.D.

Academic Paper Thesis M.S. in Environmental Science, Naresuan University, 2020

Keywords Microplastic Surface waterFish Bueng Boraphet Wetland

ABSTRACT

The objectives of this research were to study 1) quantity and morphology of microplastic in surface water and fish and 2) influence of land use and season on quantity and morphology of microplastic in surface water and fish in Bueng Boraphet wetland. This investigation was conducted during dry and wet period in 2019. Three study zones of urban area, agricultural area and natural area were determined. For each study zone, water quality were examined on site and suspended solid in surface water was analyzed. Water samples were collected at 0-30 cm of water surface level using 333 mesh plankton net for microplastic analysis. Three fish species which were Grey featherback (*Notoptirus notopterus*), Silver barb (*Barbonymus gonionotus*) and Striped snakehead (*Channa striata*) were also collected for analysis of microplastic in their stomach. Samples were digested using wet peroxide oxidation process prior to morphology analysis and fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR) was used for polymer of plastic analysis. The results showed that quality of surface water was in the criteria of surface water quality standard type 3. Microparticle, microplastic and non-microplastic in surface water were found to be 0.90±1.40 items/m^2 or 3.80±6.40 items/m^3, 0.33±0.81 items/m^2 or 1.44±3.49 items/m^3 and 0.56±1.18 items/m^2 or 2.50±5.56 items /m^3, respectively. The highest microplastic was found in water sample from community area and water sample from dry period. However, the microplastic in

water sample was not significant different between land use and between study period. Most of the microplastic was classified to be small particle with size of 0.355-0.999 mm. Shapes of the microplastic were 93.8% for fiber and 6.2% for fragment. Colors of the microplastic were black, red, transparent and blue in which 37.5% and 37.5% of them were black and red, respectively. Types of polymer were polystyrene, polypropylene and polyethylene terephthalate at 37.5, 37.5 and 25.5%, respectively. Microparticle, microplastic and non-microplastic in fish stomach were 4.16±2.79, 2.27±3.59 and 1.88±3.28 items/individual, respectively. The highest microplastic was found in fish sample from community area, fish sample from dry season and sample of snakehead. However, microplastic in fish was not significantly different between land use, study period and fish species. Most of microplastic in fish was small particle and only one shape of fiber was found. They were black and red for 82.9 and 17.1%, respectively. Types of polymer in fish were polystyrene, polyethylene terephthalate, dralon and rayon at 48.7, 17.1, 17.1 and 17.1%, respectively. Microplastics found in surface water and fish including absorbed pollutants may induce effect on Bueng Boraphet wetland ecosystem through food chain of the ecosystem.

ประกาศคุณูปการ

การที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ สมบูรณ์ได้ด้วยดีนั้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผศ.ดร. จรูญ สารินทร์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้ความกรุณาชี้แนะ และช่วยเหลืออย่างดียิ่งมาโดยตลอด พร้อมทั้งขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.ภัททิรา เกษมศิริ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และ ผศ.ดร. ชนินทร์ อัมพรสถิร กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณา คำชี้แนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงลงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณ คุณจิระเดช บุญมาก หัวหน้าเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงบอระเพ็ด รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของหน่วยงาน ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัยในการเข้าศึกษาในพื้นที่ รวมทั้งขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามัน จังหวัดภูเก็ต และภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ฝึกสอน และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์ตลอดจนให้ ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่าง และกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อุดหนุนการวิจัย งบประมาณรายได้ สำหรับนิสิตบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2562 ในการสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ของผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา ขอบพระคุณ คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร สถาบันอันเป็นที่รักและภาคภูมิใจยิ่ง ขอขอบพระคุณอย่างสูง

กนกวรรณ เนตรสิงแสง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
ประกาศคุณูปการ ..... ช
สารบัญ ..... ซ
สารบัญตาราง ..... ด
สารบัญรูปภาพ ..... ถ
บทที่ 1 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย 3
ขอบเขตการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 4
สมมติฐานของการวิจัย 6
กรอบแนวคิดการวิจัย 6
บทที่ 2 7
2.1 พลาสติก 7
2.2 ไมโครพลาสติก 15
2.3 ผลกระทบจากไมโครพลาสติก 20
2.4 การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศแหล่งน้ำ 23
2.5 บึงบอระเพ็ด 25

2.6. น้ำผิวดิน 29
2.7 ปลา 33
2.8 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR) 36
2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 37
บทที่ 3 41
3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 41
3.2 การเก็บตัวอย่างและการรักษาตัวอย่าง 42
3.2.1 ตัวอย่างน้ำผิวดิน 42
3.2.2 ตัวอย่างปลา 45
3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง 45
3.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดิน 45
1) การวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดด้วยวิธี Glass fiber filter disc 46
2) การวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน 47
3.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างปลา 48
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 49
บทที่ 4 50
4.1 คุณภาพน้ำผิวดิน 50
4.1.1 อุณหภูมิของน้ำ (Temperature) 50
4.1.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 52
4.1.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen: DO) 52

4.1.4 ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity)..... 53
4.1.5 ค่าความโปร่งแสง (Transparency) 53
4.1.6 ค่าความขุ่น (Turbidity)..... 54
4.1.7 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid: TSS)..... 55
4.1.8 ของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solid: TDS)..... 55
4.2 อนุภาคของแข็งในน้ำผิวดิน 56
4.2.1 ปริมาณ 56
1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในน้ำผิวดิน 56
2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในน้ำผิวดิน 59
3) อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Non- Microplastic) ในน้ำผิวดิน. 60
4.2.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา..... 60
1) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน . 60
1.1) รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิล..... 60
1.2) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิล..... 62
1.3) สีของไมโครพาร์ทิเคิล 65
2) ลักษณะทางกายภาพของของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน..... 67
2.1) รูปร่างของไมโครพลาสติก..... 67
2.2) ขนาดของไมโครพลาสติก..... 69
2.3) สีของไมโครพลาสติก 72
2.4) ประเภทของไมโครพลาสติก..... 75

3) ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน 78
3.1) รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 78
3.2) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 80
3.3) สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 83
3.4) ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 85
4.3 อนุภาคของแข็งในปลา 88
4.3.1 ปริมาณ 88
1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในปลา 88
2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา 92
3) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา 92
4.3.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 94
1) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา 94
1.1) รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิล 94
1.2) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิล 96
1.3) สีของไมโครพาร์ทิเคิล 101
2) ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกในปลา 103
2.1) รูปร่างของไมโครพลาสติก 103
2.2) ขนาดของไมโครพลาสติก 106
2.3) สีของไมโครพลาสติก 111
2.4) ประเภทของไมโครพลาสติก 114

3) ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา 118
3.1) รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 118
3.2) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 121
3.3) สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 126
3.4) ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 128
บทที่ 5 133
สรุปผลการวิจัย 133
5.1 คุณภาพน้ำผิวดิน 133
5.2 อนุภาคของแข็งในน้ำผิวดิน 134
5.2.1 ปริมาณ 134
1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล 134
2) ปริมาณไมโครพลาสติก 134
3) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 134
5.2.2 ลักษณะทางกายภาพ 135
1) ลักษณะของไมโครพาร์ทิเคิล 135
2) ลักษณะของไมโครพลาสติก 136
3) ลักษณะของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 137
5.3 อนุภาคของแข็งในปลา 138
5.3.1 ปริมาณ 138
1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในปลา 138
2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา 139

3) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา.. 139
5.3.2 ลักษณะทางกายภาพ 140
1) ลักษณะของไมโครพาร์ทิเคิล 140
2) ลักษณะของไมโครพลาสติก 141
3) ลักษณะของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 143
อภิปรายผล 145
5.1 คุณภาพน้ำผิวดิน 145
5.1.1 อุณหภูมิของน้ำ (Temperature) 145
5.1.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 145
5.1.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen: DO) 145
5.1.4 ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) 146
5.1.5 ค่าความโปร่งแสง (Transparency) 146
5.1.6 ค่าความขุ่น (Turbidity) 147
5.1.7 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid: TSS) 147
5.1.8 ของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solid: TDS) 147
5.2 อนุภาคของแข็งในน้ำผิวดิน 148
5.2.1 ปริมาณ 148
1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในน้ำผิวดิน 148
2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในน้ำผิวดิน 148
3) อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Non- Microplastic) ในน้ำผิวดิน
..... 150

5.2.2 ลักษณะทางกายภาพ 154
1) ลักษณะทางกายภาพของของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน 154
1.1) รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิล 154
1.2) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิล 154
1.3) สีของไมโครพาร์ทิเคิล 155
2) ลักษณะทางกายภาพของของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน 155
2.1) รูปร่างของไมโครพลาสติก 155
2.2) ขนาดของไมโครพลาสติก 156
2.3) สีของไมโครพลาสติก 158
2.4) ประเภทของไมโครพลาสติก 158
3) ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน 159
3.1) รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 159
3.2) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 160
3.3) สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 160
3.4) ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 160
5.3 อนุภาคของแข็งในปลา 161
5.3.1 ปริมาณ 161
1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในปลา 161
2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา 163
3) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Non- Microplastic) ในปลา 167

5.3.2 ลักษณะทางกายภาพ 167
1) ลักษณะทางกายภาพของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา 167
1.1) รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิล 167
1.2) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิล 168
1.3) สีของไมโครพาร์ทิเคิล 168
2) ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกในปลา 169
2.1) รูปร่างของไมโครพลาสติก 169
2.2) ขนาดของไมโครพลาสติก 170
2.3) สีของไมโครพลาสติก 170
2.4) ประเภทของไมโครพลาสติก 171
3) ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา 172
3.1) รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 172
3.2) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 173
3.3) สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 173
3.4) ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก 173
5.4 คุณลักษณะของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน 175
5.5 คุณลักษณะของไมโครพลาสติกในปลา 176
5.6 แนวโน้มของผลกระทบจากไมโครพลาสติก 177
ข้อเสนอแนะ 179
บรรณานุกรม 200
ประวัติผู้วิจัย 202

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 คุณสมบัติและลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก 9

ตารางที่ 2 คุณสมบัติและลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติ้ง..... 12

ตารางที่ 3 การจัดจำแนกประเภทตามขนาดของไมโครพลาสติก 16

ตารางที่ 4 การจัดแบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน 29

ตารางที่ 5 แสดงช่วงคลื่นอินฟราเรด..... 37

ตารางที่ 6 แสดงเขตพื้นที่การใช้ประโยน์ที่ดิน และจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์..... 42

ตารางที่ 7 การตรวจวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและวิธีการตรวจวิเคราะห์ 46

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จำแนกตามฤดูกาล 51

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 51

ตารางที่ 10 ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 57

ตารางที่ 11 ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 58

ตารางที่ 12 ปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 89

ตารางที่ 13 ปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 90

ตารางที่ 14 ปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา..... 91

ตาราง ที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกในน้ำ (items/m^3) 152

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกในปลา (items/individual) 165

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของพอลิเมอร์ในพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก ...8

ภาพที่ 2 ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของพอลิเมอร์ในพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติ้ง 11

ภาพที่ 3 การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศแหล่งน้ำ 24

ภาพที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในปี 2553..... 28

ภาพที่ 5 แสดงชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่บึงบอระเพ็ด..... 28

ภาพที่ 6 ลักษณะของปลาตะเพียนขาว (Barbonymus gonionotus)..... 34

ภาพที่ 7 ลักษณะของปลาฉลาด (Notopterus notopterus) 35

ภาพที่ 8 ลักษณะของปลาช่อน (Channa striata)..... 36

ภาพที่ 9 จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์..... 43

ภาพที่ 10 จุดเก็บตัวอย่างปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์..... 44

ภาพที่ 11 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 61

ภาพที่ 12 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 62

ภาพที่ 13 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 63

ภาพที่ 14 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 63

ภาพที่ 15 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 64

ภาพที่ 16 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 65

ภาพที่ 17 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 66

ภาพที่ 18 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 67

ภาพที่ 19 ลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน 68

ภาพที่ 20 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 68

ภาพที่ 21 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 69

ภาพที่ 22 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 70

ภาพที่ 23 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 70

ภาพที่ 24 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 71

ภาพที่ 25 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 72

ภาพที่ 26 สีของไมโครพลาสติก ในน้ำผิวดิน 73

ภาพที่ 27 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 74

ภาพที่ 28 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 74

ภาพ 29 สเปกตรัมจากการจัดจำแนกตัวอย่างพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน 76

ภาพ 30 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 77

ภาพ 31 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 77

ภาพที่ 32 ร้อยละของรูปร่างอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 79

ภาพ 33 ร้อยละของรูปร่างอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 79

ภาพที่ 34 ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 80

ภาพที่ 35 ร้อยละของขนาดอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 81

ภาพที่ 36 ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 82

ภาพที่ 37 ร้อยละของขนาดอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 82

ภาพที่ 38 ร้อยละของสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 84

ภาพที่ 39 ร้อยละของสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 84

ภาพ 40 สเปกตรัมจากการจัดจำแนกพอลิเมอร์ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก ในน้ำผิวดิน 86

ภาพ 41 ร้อยละประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 87

ภาพ 42 ร้อยละประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 87

ภาพที่ 43 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 94

ภาพที่ 44 รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 95

ภาพที่ 45 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา..... 96

ภาพที่ 46 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 97

ภาพที่ 47 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 97

ภาพที่ 48 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 98

ภาพที่ 49 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 99

ภาพที่ 50 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 100

ภาพที่ 51 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา..... 100

ภาพที่ 52 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 101

ภาพที่ 53 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 102

ภาพที่ 54 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 103

ภาพที่ 55 ลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา 104

ภาพที่ 56 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 105

ภาพที่ 57 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 105

ภาพที่ 58 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา..... 106

ภาพที่ 59 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 107

ภาพที่ 60 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 107

ภาพที่ 61 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 108

ภาพที่ 62 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 109

ภาพที่ 63 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 110

ภาพที่ 64 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 110

ภาพที่ 65 สีของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด .. 112

ภาพที่ 66 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 112

ภาพที่ 67 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะประโยชน์การใช้ที่ดิน..... 113

ภาพที่ 68 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 113

ภาพที่ 69 สเปกตรัมการจัดจำแนกพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบในปลา..... 115

ภาพที่ 70 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 256 จำแนกตามฤดูกาล..... 116

ภาพที่ 71 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 117

ภาพที่ 72 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในของปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา..... 118

ภาพที่ 73 ร้อยละของรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 119

ภาพที่ 74 ร้อยละของรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 120

ภาพที่ 75 ร้อยละของรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 120

ภาพที่ 76 ขนาดเฉลี่ยอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 122

ภาพที่ 77 ร้อยละของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 122

ภาพที่ 78 ขนาดเฉลี่ยอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 123

ภาพที่ 79 ร้อยละของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 124

ภาพที่ 80 ขนาดเฉลี่ยอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา..... 125

ภาพที่ 81 ร้อยละของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 125

ภาพที่ 82 ร้อยละของสีอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล..... 127

ภาพที่ 83 ร้อยละของสีอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน..... 127

ภาพที่ 84 ร้อยละของสีอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 128

ภาพที่ 85 สเปกตรัมจากการจัดจำแนกพอลิเมอร์ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา 130

ภาพที่ 86 ร้อยละของประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล 131

ภาพที่ 87 ร้อยละของประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 131

ภาพที่ 88 ร้อยละของประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา 132

ภาพที่ 89 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนาม..... 196

ภาพที่ 90 การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินโดยใช้ Plankton net..... 196

ภาพที่ 91 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) 196
ภาพที่ 92 การวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลา 197
ภาพที่ 93 การจำแนกตัวอย่างไมโครพลาสติกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 197
ภาพที่ 94 ลักษณะของไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใย 198
ภาพที่ 95 ลักษณะของไมโครพลาสติกรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก 199

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานการณ์ปัญหาขยะกำลังเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญและตระหนักถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัญหาขยะมีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรงสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยเฉพาะปัญหาขยะพลาสติก เพราะพลาสติกมีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยมีการนำพลาสติกมาใช้งานเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ เนื่องจากพลาสติกมีคุณสมบัติในด้านราคาถูก มีน้ำหนักเบา และมีความทนทาน (Thompson et al., 2004) ทำให้พลาสติกกลายเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายและส่งผลให้มีการผลิตพลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี 2556 มีการผลิตพลาสติกเป็นจำนวน 299 ล้านตัน เมื่อเทียบกับการผลิตในปี 2555 พบว่ามีการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 3.9 ของการผลิตพลาสติกทั้งหมด (Gourmelon, 2015) จากปริมาณหรือความต้องการใช้งานพลาสติกที่เพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลเสียด้านของการจัดเก็บและการทำลาย โดยเฉพาะพลาสติกบางชนิดที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้และพลาสติกที่ถูกย่อยสลายได้ยากหรือใช้ระยะเวลายาวนานในการย่อยสลาย จากการวิเคราะห์ขยะพลาสติกทั่วโลก ในปี 2558 พบว่าในจำนวนพลาสติกทั้งหมด 8.3 พันล้านตัน ซึ่งจะกลายเป็นขยะถึง 6.3 พันล้านต้น แต่มีขยะพลาสติกเพียงร้อยละ 9 เท่านั้นที่จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่และประมาณร้อยละ 79 ของขยะพลาสติกทั้งหมดจะถูกกำจัดลงหลุมฝังกลบหรือลงสู่สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (Geyer, Jambeck, & Law, 2017) เป็นผลทำให้ขยะพลาสติกดังกล่าวเกิดการสะสมกันเป็นระยะเวลายาวนาน และเกิดการแตกหักจากพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ด้วยกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ (Wang, Tan, Peng, Qiu, & Li, 2016) โดยเกิดจากกระบวนการย่อยสลายด้วยแสง (Photodegradation) การย่อยสลายด้วยความร้อนที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Thermooxidative degradation) การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic degradation) และการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ (Biodegradation by microorganism) กลายเป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กหรือเรียกว่าไมโครพลาสติก (Microplastic) (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559) นอกจากนี้ไมโครพลาสติกยังสามารถเกิดขึ้นจากความต้องการใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมที่หลากหลายโดยมีการผลิตเป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กหรือไมโครพลาสติกมาตั้งแต่ต้น เพื่อสะดวกต่อวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เช่น นำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ในการชำระล้างหรือผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้าและผลัดเซลล์ผิวหรือที่เรียกว่าไมโครบีดส์ นำมาเป็นส่วนผสมของครีมอาบน้ำและเครื่องสำอาง (Plastic scrub) และนำมาใช้ในการผลิตเสื้อผ้าใยสังเคราะห์หรือ

หีบห่อบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารและเครื่องดื่ม เป็นต้น (กรณิศ ตันอังสนากุล, 2560) จากการใช้งานพลาสติกเป็นจำนวนมากนี้ เมื่อมีการย่อยสลายของพลาสติกเป็นไมโครพลาสติก รวมถึงไมโครพลาสติกจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ จึงมีแนวโน้มทำให้เกิดการปนเปื้อนหรือแพร่กระจายของไมโครพลาสติกเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันมีการตระหนักถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากปัญหาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไมโครพลาสติกเป็นพลาสติกที่มีขนาด 1 μm ถึง 5 mm ซึ่งมีขนาดเล็กและกำจัดได้ยาก (ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพรสานต์กุล, และนภาพร เลียดประถม, 2559) นอกจากนี้ยังสามารถหลุดรอดออกจากระบบบำบัดน้ำเสียและส่งผลให้มีการปะปนไปกับน้ำเสียที่ผ่านจากการบำบัดแล้วซึ่งถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ จากรายงานของสถาบันวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศสวีเดน พบว่าไมโครพลาสติกในน้ำเสียสามารถผ่านการดักด้วยตะแกรงกรองของระบบบำบัดน้ำเสียไปได้ ซึ่งส่งผลให้ปัญหาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำตามธรรมชาติมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Magnusson & Norén, 2014) ทั้งนี้ในปัจจุบันได้มีการตรวจพบถึงการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม เช่น การปนเปื้อนในบริเวณชาดหาดปากแม่น้ำ ในน้ำผิวดินและตะกอนดิน รวมถึงพบไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น พบในหอย ปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังต่างๆ (Peng et al., 2017; Su et al., 2018; Silva-Cavalcanti, Silva, França, Araújo, & Gusmao, 2017) ไมโครพลาสติกสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เนื่องจากไมโครพลาสติกมีความหนาแน่นต่ำทำให้มีน้ำหนักเบาสามารถลอยอยู่เหนือ ผิวน้ำได้ จึงมีการปะปนหรือยึดเกาะกับแพลงก์ตอนที่เป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ เมื่อสัตว์น้ำกลืนกินไมโครพลาสติกเข้าไปไมโครพลาสติกจะสามารถหลุดรอดเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำได้ง่าย ทำให้ไมโครพลาสติกเข้าสู่สายใยอาหารและสามารถถ่ายทอดไปตามลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหารจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคได้ (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559) และด้วยคุณสมบัติของไมโครพลาสติกที่เป็นไฮโดรโฟบิค (Hydrophobic) จึงทำให้สามารถดูดซับสารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายได้ด้วย โดย Frias, Sobral, and Ferreira (2010) พบว่าไมโครพลาสติกมีความสามารถในการดูดซับและปลดปล่อยสารอินทรีย์กลุ่มที่เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants: POPs) ซึ่งเป็นสารพิษที่ย่อยสลายได้ยาก สามารถเคลื่อนย้ายไปได้ในระยะทางไกลๆ และมีความเป็นพิษทั้งต่อมนุษย์และสัตว์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) จึงสามารถเกิดการตกค้างหรือสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังคงพบว่ารายงานสถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยยังมีค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะในแหล่งน้ำจืด ซึ่งมีความสำคัญและมีบทบาทในการรองรับน้ำที่อาจมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกหรือรองรับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์

พื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยและเป็นระบบนิเวศน้ำจืดที่มีความสำคัญและมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ซึ่งบึงบอระเพ็ดได้รองรับน้ำจากลำน้ำหลายสายและหลายทิศทาง ทั้งแม่น้ำปิง แม่น้ำน่าน คลองบอระเพ็ด คลองบอน คลองขุด คลองตะโก คลองใยไหม คลองสายลำโพง ห้วยหิน ห้วยสา ห้วยลาด คลองลำเจ็ดคา และห้วยขรัว (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546) นอกจากนี้บริเวณพื้นที่โดยรอบของบึงบอระเพ็ด ยังเป็นที่ตั้งถิ่นฐานของชุมชนและมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์จากพื้นที่บึงบอระเพ็ด เช่น กิจกรรมด้านนันทนาการหรือใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกจากการทิ้งขยะของนักท่องเที่ยวลงสู่แหล่งน้ำ การใช้บึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค เช่น การซักล้างทำความสะอาดเสื้อผ้า ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกจำนวนมากจากเศษเสื้อผ้าใยสังเคราะห์หลุดมาจากขั้นตอนการซักหรือมาจากพลาสติกที่เป็นส่วนผสมในน้ำยาซักผ้าหรือจากการประมงในพื้นที่บึงบอระเพ็ดที่มีการใช้เชือก หรืออวนในการดักจับปลา ซึ่งอาจเกิดการหลุดร่วงและผุกร่อนลงสู่แหล่งน้ำได้ เป็นต้น (ศันสนีย์ ชูแวว, 2557)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปสู่การใช้ประโยชน์ในการกำหนดแนวทางในการป้องกันและลดผลกระทบจากการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำและสิ่งมีชีวิตในระบบห่วงโซ่อาหารอื่นต่อไป

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของลักษณะกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาลต่อปริมาณและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย มีขอบเขตงานวิจัยหลักแบ่งออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตเชิงเนื้อหา ขอบเขตเชิงพื้นที่ และขอบเขตด้านเวลา ซึ่งแสดงรายละเอียดของการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตเชิงเนื้อหา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ของภาคเหนือตอนล่างและเป็นระบบนิเวศน้ำจืดที่มีความสำคัญและมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยทำการศึกษาปริมาณ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติก ได้แก่ ขนาด รูปร่าง สี และประเภทของพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในน้ำผิวดิน ปลากินพืช และปลากินสัตว์

2. ขอบเขตเชิงพื้นที่

ทำการศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ โดยแบ่งบริเวณที่ศึกษาออกเป็น 3 เขตพื้นที่ (Zone) ซึ่งพิจารณาจากแหล่งกำเนิดมลสารที่ไหลลงสู่ระบบนิเวศบึงบอระเพ็ดหรือกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บึงบอระเพ็ด ซึ่งประกอบไปด้วย บริเวณเขตพื้นที่ชุมชน บริเวณเขตพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติบริเวณกลางบึง (พื้นที่อ้างอิง)

3. ขอบเขตด้านเวลา

ทำการศึกษา สำรวจ และเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูแล้ง (Dry period) และช่วงฤดูฝน (Wet period)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไมโครพลาสติก (Microplastic) คือ ชิ้นส่วนของเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็กหรือเม็ดพลาสติกที่มีขนาด 1 μm ถึง 5 mm ซึ่งไมโครพลาสติกสามารถแบ่งประเภทตามแหล่งที่มาได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ Primary microplastic เป็นไมโครพลาสติกที่มีการผลิตเป็นพลาสติกขนาดเล็กมาตั้งแต่ต้นเพื่อสะดวกต่อวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เช่น เม็ดพลาสติกที่อยู่ในเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้า เป็นต้น และ Secondary microplastic ซึ่งเดิมเป็นพลาสติกขนาดใหญ่ที่เกิดการแตกหักด้วยกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพกลายเป็นพลาสติกขนาดเล็กหรือไมโครพลาสติก ซึ่งพลาสติกประเภทนี้เป็นพลาสติกที่มีการใช้งานทั่วไป เช่น ถุงพลาสติก หลอดพลาสติก และบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

2. ตัวอย่างน้ำผิวดินแบบ Plankton net sample คือ ตัวอย่างของน้ำผิวดิน (Surface water) ที่ทำการเก็บจากน้ำในแหล่งน้ำจืดหรือน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำด้วย Plankton net

3. ปลา (Fish) เป็นสัตว์เลือดเย็น จัดอยู่ในไฟลัมสัตว์มีกระดูกสันหลัง (Vertebrate) อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ หายใจด้วยเหงือก สามารถเคลื่อนไหวไปมาด้วยครีบและกล้ามเนื้อของลำตัว ปลาบางชนิดมีเกล็ดปกคลุมทั่วตัวและบางชนิดไม่มีเกล็ดแต่ปกคลุมด้วยเมือกลื่นๆ หรือแผ่นกระดูก มีหัวใจสองห้อง มีขากรรไกร และมีลักษณะการกินอาหารหรือมีแหล่งที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาครั้งนี้แบ่งประเภทของปลาออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ประกอบด้วย 1) ปลากินพืช คือ ตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) ซึ่งหากินบริเวณกลางน้ำ และ 2) ปลากินสัตว์ คือ ปลาฉลาด (*Notopterus notopterus*) ซึ่งหากินบริเวณกลางน้ำ และปลาช่อน (*Channa striata*) ซึ่งหากินบริเวณพื้นท้องน้ำ

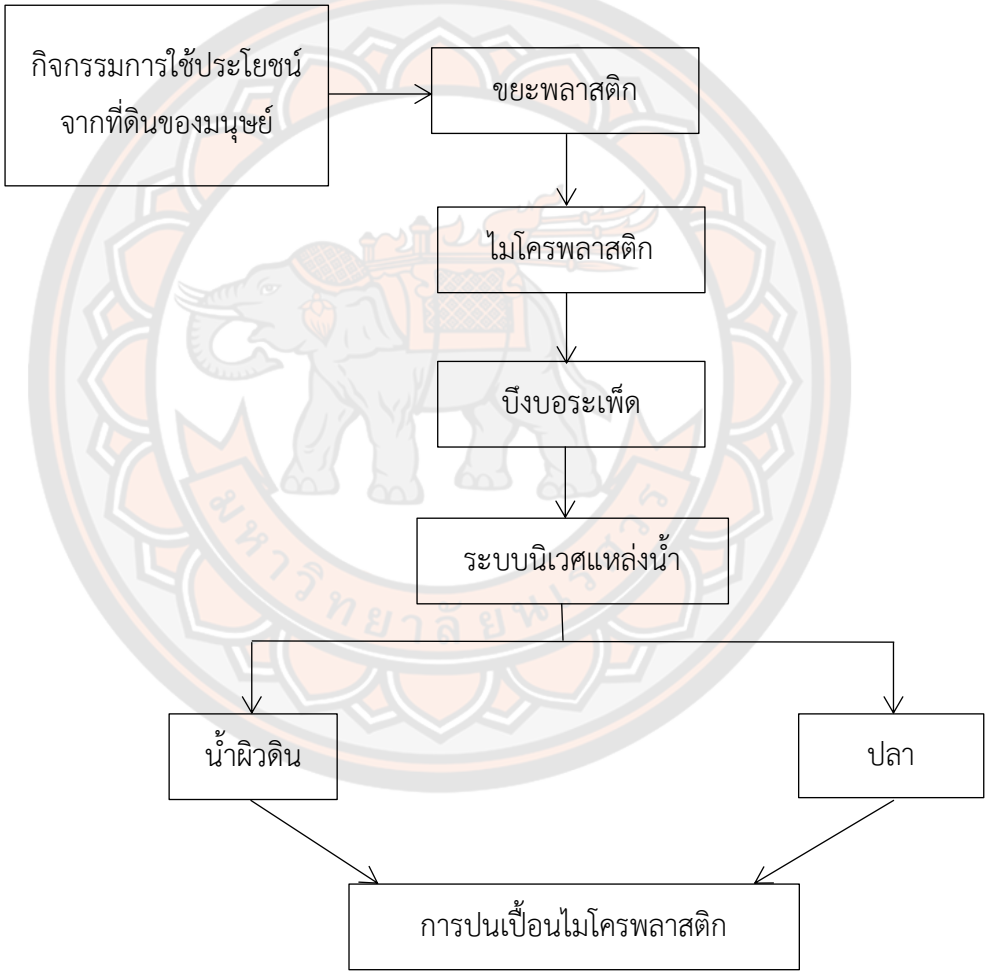
4. การปนเปื้อน (Contamination) เป็นการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้แหล่งน้ำด้านการอุปโภคบริโภคหรือน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งผลจากกิจกรรมดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำได้ ทั้งนี้การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยสามารถทำให้เกิดการอุดตันหรือเกิดการสะสมอยู่ในตัวของสิ่งมีชีวิตและก่อเกิดการถ่ายทอดในระบบห่วงโซ่อาหารและก่อผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำได้

สมมติฐานของการวิจัย

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และฤดูกาลมีอิทธิพลต่อการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลา ในบึงบอระเพ็ด

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเรื่อง การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งมีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเรื่อง การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้

2.1 พลาสติก
2.2 ไมโครพลาสติก
2.3 ผลกระทบจากไมโครพลาสติก
2.4 การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศแหล่งน้ำ
2.5 บึงบอระเพ็ด
2.6 น้ำผิวดิน
2.7 ปลา
2.8 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR)
2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลาสติก

พลาสติก (Plastic) คือ สารอินทรีย์ที่เกิดจากการสังเคราะห์โดยกรรมวิธีทางเคมี โดยการนำสารเคมีที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เรียกว่า โมโนเมอร์ (Monomer) มารวมตัวกันด้วยปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีการสังเคราะห์ให้เป็นสารเคมีขนาดใหญ่หรือมาโครโมเลกุลที่เกาะตัวต่อเนื่องกันเรียกว่า พอลิเมอร์ (Polymer) หรือพลาสติก จากนั้นทำให้เกิดการเกาะตัวของโมเลกุลเป็นจำนวนมากๆ ซึ่งจะทำให้มีคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ มีความแข็งแรง มีความเหนียว ทนต่อการกัดกร่อน และเป็นฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น (ทานตวรรณ เต็กชื่น, นิรันดร์ จันรัสมี, และอดิศักดิ์ แก้วใส, 2544) ซึ่งพลาสติกสามารถแบ่งออกตามลักษณะการยึดเกาะตัวของโครงสร้างโมเลกุลได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกประเภทคืนรูปหรือเป็นพลาสติกชนิดอ่อน มีโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยพอลิเมอร์เป็นแบบเส้นตรง (Linear shape) หรือเป็นแบบกิ่งสั้น (Branched shape) แสดงดังภาพที่ 1 สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายบางชนิด เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและหลอมเหลวเป็นของเหลวหนืด (Viscous liquid) เนื่องจากโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่พันกันอยู่จะสามารถเคลื่อนที่ผ่านกันไปมาได้ง่ายขึ้นเมื่อได้รับความร้อนและเมื่อเย็นตัวลงก็จะเกิดการแข็งตัว ซึ่งการหลอมเหลวและเย็นตัวนี้ สามารถเกิดกลับไปกลับมาได้โดยไม่ทำให้

สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ หรือโครงสร้างของโพลิเมอร์เปลี่ยนไปมากนัก ดังนั้น พลาสติกประเภทนี้จึงสามารถนำกลับมาใช้งานได้ใหม่ (ทานตวรรณ และคณะ, 2544) แต่พลาสติกประเภทนี้มีข้อเสียและขีดจำกัดของการใช้งาน คือ ไม่สามารถนำมาใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ เพราะอาจเกิดการบิดเบี้ยวหรือเสียรูปทรงไปได้ สำหรับตัวอย่างของคุณสมบัติและลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก แสดงได้ดังตารางที่ 1

ก. พอลิเมอร์แบบเส้นตรง (Linear Shape) ข. พอลิเมอร์แบบกิ่ง (Branched Shape)

ภาพที่ 1 ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของพอลิเมอร์ในพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก

ที่มา: ทรู ปลูกปัญญา (2559)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติและลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก

ชนิดพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	คุณสมบัติ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
1. พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High density polyethylene: HDPE)	เม็ดสีทึบแสง (สีขาวขุ่น)	มีความแข็งแรงสูง ทนอุณหภูมิสูง และคงรูป	เครื่องใช้ในบ้าน ขวด ถัง กล่อง ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์
2. พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene: LDPE)	เป็นเม็ด โปร่งแสง (ขุ่นนิดๆ)	โก่งตัวได้มาก ทนความร้อนสูง ผิวไม่แข็ง	เครื่องใช้ในบ้าน เช่น กระจาด ถัง ของเล่นเด็ก ถุงพลาสติกและเครื่องมือแพทย์
3. พลาสติกพอลิพรอพิลีน (Polypropylene: PP)	เป็นเม็ด โปร่งแสง	ทนต่อการแปรรูปด้วยความร้อน ทนต่อแรงดึง แรงกระแทก ผิวแข็งไม่มีแนวโน้มของการสึกกร่อน ไม่ดูดซึมน้ำ เปราะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C	เครื่องใช้ในบ้าน เช่น ถัง อ่างตะกร้า ขวด ถุงพลาสติกร้อน ของเล่นเด็ก ชิ้นส่วนทางไฟฟ้า
4. พลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC)	เป็นผงละเอียด หรือเป็นเม็ด	มีความแข็งแรงสูง แข็งเปราะ ติดไฟยาก	ท่อน้ำ แผ่นเสียง ฉนวนไฟฟ้า ชิ้นส่วนเครื่องใช้ในบ้าน

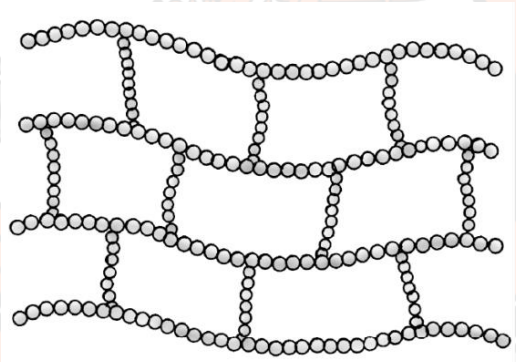
ที่มา: เกรียงศักดิ์ วงศ์พร้อมรัตน์ (2556)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติและลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก (ต่อ)

ชนิดพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	คุณสมบัติ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
5. พลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลท (Polyethylene terephthalate: PET)	เป็นเม็ด โปร่งแสง	ใส มีความยืดหยุ่นสูง และป้องกันการซึมผ่านได้	ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำมัน ขวดน้ำอัดลม ฟิล์มใสบรรจุอาหาร เส้นใยสังเคราะห์
6. พลาสติกพอลิสไตรีน (Polystyrene: PS)	เป็นเม็ดลักษณะทรงกระบอก เม็ดคล้ายไข่มุก ใสเหมือนแก้ว	มีความแข็งมาก เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนต่อความชื้นและน้ำ	ชิ้นส่วนก่อสร้าง ฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องเขียน
7. ไนลอน 66 (Nylon 66)	เป็นเม็ด สีธรรมชาติ (ขาว ขุ่น เหลือง)	ผสมผสานระหว่างความแข็ง ความเหนียว และความแข็งแรง	ใบพัดเรือ ใบพัดลม ชิ้นส่วนงานท่อ เครื่องมือแพทย์
8. พลาสติกอะคริโลไนไตรล์บิวทาไดอีน สไตรีน (Acrylonitrile butadiene styrene: ABS)	เม็ดสีเหลืองออกน้ำตาล	เหนียว ทนการกระแทก มีความแข็งแรงสูง ทนต่อดินฟ้าอากาศ ไม่เสื่อมสภาพ	ส่วนประกอบภายในรถยนต์ เครื่องใช้ในบ้านและครัวเรือน โทรทัศน์ เครื่องเสียง
9. พอลิเมทิล เมทาคริเลต (Polymethyl methacrylate: PMMA)	เม็ดใส	มีความแข็งแรงเชิงกลสูง ผิวแข็ง ทนต่อดินฟ้าอากาศ มีความใส	ชิ้นส่วนของแว่นตา เลนส์ หน้าปัดนาฬิกา

ที่มา: เกรียงศักดิ์ วงศ์พร้อมรัตน์ (2556)

2.1.2 เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting) เป็นพลาสติกประเภทคงรูปหรือรู้จักกันทั่วไปว่า พลาสติกแข็ง มีโครงสร้างเป็นร่างแหหรือเกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุล (Cross-linked or Network shape) แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งโครงสร้างที่เป็นร่างแหสามารถหลอมเหลวได้ในขั้นตอนการขึ้นรูปครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ทำให้พอลิเมอร์มีรูปร่างที่ถาวร ไม่สามารถหลอมเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน (Heat) หรือแรงอัด (Pressure) ดังนั้นพลาสติกประเภทนี้จึงไม่สามารถนำมาหลอมขึ้นรูปได้ใหม่ แม้จะให้ความร้อนซ้ำอีกครั้ง สายโซ่พลาสติกก็จะไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ เนื่องจากโครงสร้างเกิดการจับกันเป็นร่างแหแล้ว จึงทำให้พลาสติกไม่สามารถอ่อนตัวหรือหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ ทำให้พันธะระหว่างอะตอมในโมเลกุลแตกออก ได้สารที่ไม่มีสมบัติของความเป็นพอลิเมอร์อีกต่อไป (เกรียงศักดิ์ วงศ์พร้อมรัตน์, 2556) สำหรับตัวอย่างของคุณสมบัติและลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติ้ง แสดงได้ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของพอลิเมอร์ในพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติ้ง

ที่มา: ทรู ปลูกปัญญา (2559)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติและลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติ้ง

ชื่อพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	คุณสมบัติ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
1. เมลามีน ฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine formaldehyde)	มีทั้งเป็นผงและเป็นเม็ด มีสีขุ่นทึบ	มีเนื้อแข็งมาก ทนทานต่อการขีดข่วน เหนียวไม่แตกง่าย ผสมสีได้ดี ทนทานต่อน้ำยาฟอกสี ไม่ติดไฟ ไม่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน แต่เมื่อถูกความร้อนสูงจะไหม้เกรียม	ใช้ทำจาน ชาม เครื่องใช้ภายในครัว เครื่องประดับบ้าน ทำสวิตช์ไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า กาวในอุตสาหกรรมไม้อัด เคลือบไม้ ผ้าและกระดาษ
2. ฟีนอลฟอร์มาดีไฮด์ (Phenol formaldehyde)	ของเหลวใสและแบบผงมีสีน้ำตาล	เนื้อแข็งคงตัว แต่เปราะ ทนทานต่อการผุกร่อน เป็นฉนวนไฟฟ้าทนความร้อนได้สูง	ด้ามเครื่องมือช่าง หูหม้อ หูกระทะ ด้ามมีด กาว สารเคลือบผิว สารเติมแต่งในอุตสาหกรรมยาง
3. อีพ็อกซี (Epoxy)	ของเหลวใส	การยึดเกาะสูงและทนต่อแรงดึงมาก มีความทนทานต่อการใช้	ใช้เคลือบผิวของอุปกรณ์ภายในบ้านเรือน ใช้ใส่ในส่วนประกอบของอุปกรณ์ไฟฟ้า เส้นใยของท่อ

ที่มา: เกรียงศักดิ์ วงศ์พร้อมรัตน์ (2556)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติและลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติ้ง (ต่อ)

ชนิดพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	คุณสมบัติ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
4. พอลิเอสเตอร์ (Polyester)	ของเหลวใส	การยืดเกาะสูงและทนต่อแรงดึงมาก มีความทนทานต่อการใช้	ใช้ทำพลาสติกสำหรับเคลือบผิว หล่อพลาสติกในแม่พิมพ์ งานหล่อพลาสติก เส้นใย ฟิล์มและยาง
5. พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	ของเหลวใส	การยืดเกาะสูงและทนต่อแรงดึงมาก มีความทนทานต่อการใช้	เส้นใยสแปนเด็กซ์ในเครื่องแต่งกาย มีความทนทานและยืดหยุ่นได้ดี
6. ซิลิโคน (Silicone)	ของเหลวใส	น้ำจะไม่จับผิว ติดกาวไม่ได้ มีสถานะเป็นกลางทางเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้าและค่อนข้างจะทนความร้อนได้สูง	เป็นวัสดุสังเคราะห์สารพัดประโยชน์ ใช้ในการติดกระจก ใช้อุดรอยรั่วซึมต่างๆ ยาแนวอ่างน้ำ

ที่มา: เกรียงศักดิ์ วงศ์พร้อมรัตน์ (2556)

จากสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีความต้องการใช้งานพลาสติกเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้พลาสติกกลายเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายและมีการผลิตพลาสติกเป็นจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Gourmelon, 2015) โดยพลาสติกเหล่านี้ส่วนใหญ่เมื่อถูกใช้งานแล้วจะกลายเป็นขยะพลาสติกในอนาคต ซึ่งขยะพลาสติกจะเป็นพลาสติกที่ใช้แล้วถูกทิ้งให้กลายเป็นขยะพลาสติก ส่วนหนึ่งสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ (Recycle) และอีกส่วนหนึ่งถูกนำไปกำจัดทิ้งโดยวิธีการต่างๆ เช่น การฝังกลบ การหลอม และการเผาทำลาย เป็นต้น (สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2558) จากรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปี 2560 เกิดขึ้นประมาณ 27 ล้านตัน เมื่อเทียบกับปริมาณขยะมูลฝอยของปี 2559 พบว่ามีปริมาณขยะเพิ่มขึ้นจากเดิม คิดเป็นร้อยละ 1.15 ของปริมาณขยะทั้งหมด ซึ่งเป็นปริมาณขยะพลาสติก ประมาณ 2 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 12 ของปริมาณขยะทั้งหมด ทั้งนี้ เป็นขยะพลาสติกที่สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ได้หรือสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ปีละประมาณ 0.5 ล้านตัน และส่วนที่เหลือประมาณ 1.5 ล้านตัน จะถูกนำไปกำจัดด้วยวิธีฝังกลบหรือเตาเผา ขณะที่บางส่วนตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) ทั้งนี้รายงานการวิจัยของ Ellen MacArthur Foundation ในปี 2016 ได้คาดการณ์ว่าภายในปี 2593 จะมีปริมาณขยะพลาสติกในมหาสมุทรจำนวนมากกว่าจำนวนปลาที่มีอยู่ในทะเล เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้ถุงพลาสติกเพิ่มขึ้นเป็น 20 เท่า ภายในช่วงระยะเวลา 50 ปีที่ผ่านมา โดยบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากพลาสติกส่วนใหญ่จะมีการใช้งานเพียงครั้งเดียวแล้วทิ้งหรือไม่มีการนำกลับมารีไซเคิล ซึ่งคาดว่าร้อยละ 32 ของขยะพลาสติกที่ไม่ได้มีการจัดการที่ถูกวิธีหรือมีการกำจัดที่ไม่เหมาะสมได้ถูกปล่อยทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติรวมถึงในแหล่งน้ำต่างๆ (Aljazeera, 2016) เมื่อขยะพลาสติกดังกล่าวถูกทิ้งอยู่ในสิ่งแวดล้อมและมีการสะสมกันเป็นระยะเวลายาวนานจะเกิดการแตกหักจากพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ด้วยกระบวนการย่อยสลายทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ (Wang et al., 2016) โดยเกิดจากกระบวนการย่อยสลายด้วยแสง (Photodegradation) การย่อยสลายด้วยความร้อนมีเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Thermooxidative degradation) การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic degradation) และการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ (Biodegradation by microorganism) กลายเป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กหรือเรียกว่าไมโครพลาสติก (Microplastic) (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559)

2.2 ไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกเป็นเศษพลาสติกขนาด 1 μm ถึง 5 mm สามารถพบได้ในสิ่งแวดล้อม โดยจะถูกพัดพาและเกิดการแพร่กระจายสะสมอยู่ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติทั้งในแหล่งน้ำเค็มและแหล่งน้ำจืด (Castañeda, Avlijas, Simard, & Ricciardi, 2014) ไมโครพลาสติกเกิดจากพลาสติกขนาดใหญ่ที่มีการสะสมกันอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นระยะเวลายาวนานและเกิดการแตกหักหรือเกิดการย่อยสลายกลายเป็นพลาสติกขนาดเล็กหรือเกิดจากพลาสติกที่มีการสร้างให้มีขนาดเล็กมาตั้งแต่ต้นเพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ไมโครพลาสติกสามารถแบ่งประเภทตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท คือ

2.2.1 ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ

ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (Primary microplastic) คือ ไมโครพลาสติกที่มีการผลิตเป็นพลาสติกขนาดเล็ก มาตั้งแต่ต้นเพื่อสะดวกต่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานประเภทต่างๆ เช่น เม็ดพลาสติกที่อยู่ในโฟมทำความสะอาดผิวหน้า หรือเครื่องสำอาง (Plastic scrub) เม็ดพลาสติกที่เป็นวัสดุตั้งต้นของการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plasic pellet) ในกรณีของพลาสติกที่ใช้เป็นสครับหน้าในไมโครพลาสติกถูกใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางที่เกิดจากการเปลี่ยนจากส่วนผสมจากธรรมชาติ เช่น การใช้อัลมอนด์บด ข้าวโอ๊ต และหินภูเขาไฟ ในช่วงปี 1980 มาเป็นการใช้พลาสติกสครับแทน โดยเม็ดพลาสติกเหล่านี้จะมีรูปร่าง ขนาด และองค์ประกอบแตกต่างกันออกไป เช่น พลาสติกที่เป็นเอทิลีน โพรพิลีน (Ethylene-Propylene) และพลาสติกทรงกลมที่เป็นพอลิสไตรีน (Polystyrene) โดยรูปทรงปกติของพลาสติกที่มาจากเครื่องสำอางจะมีขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร และอาจเล็กกว่า 0.1 มิลลิเมตร (Cole, Lindeque, Halsband, & Galloway, 2011) ในเครื่องสำอางบางชนิดไมโครพลาสติกประเภทนี้สามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมตามแหล่งน้ำได้ โดยการทิ้งของเสียโดยตรงจากบ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติและไหลลงสู่ทะเล เช่น กรณีการใช้สครับที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดหน้า หรือในไมโครพลาสติกจากใยสังเคราะห์จากการทิ้งน้ำที่ใช้ในการซักผ้าที่มีเศษผ้าใยสังเคราะห์หลุดร่วงมากับน้ำระหว่างการซัก เป็นต้น

2.2.2 ไมโครพลาสติกทุติยภูมิ

ไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (Secondary microplastic) เป็นพลาสติกที่เกิดจากพลาสติกที่มีขนาดใหญ่หรือพลาสติกที่นำมาใช้งานทั่วไปหรือเรียกว่า มาโครพลาสติก (Macroplastic) โดยเกิดจากการสะสมของพลาสติกในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน เมื่อเวลาผ่านไปพลาสติกได้รับรังสีอัลตราไวโอเลต(Ultraviolet radiation: UV) ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการแตกหักพังทลายหรือย่อยสลายของพลาสติกขนาดใหญ่ เช่น ถุงพลาสติก หลอดพลาสติก และบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งทั้งจากการย่อยสลายด้วยรังสีข้างต้น และจากกระบวนการย่อยสลายทางเคมี ชีวภาพ และกระบวนการทางกายภาพอื่นๆ จึงเกิดเป็นพลาสติกขนาดเล็กหรือเรียกว่าไมโครพลาสติก (Microplastic) (Wang et al., 2016)

และจากกระบวนการย่อยสลายเกิดในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น อาจทำให้ไมโครพลาสติกดังกล่าวกลายเป็นนาโนพลาสติกและเสี่ยงต่อการเข้าไปปะปนหรือสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสะสมทางชีวภาพ (Bioaccumulation)

2.2.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติก

1) ขนาด

การจัดแบ่งประเภทตามขนาดของพลาสติกที่พบในการศึกษาเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการใช้เป็นเกณฑ์การจัดจำแนกขนาดของพลาสติก เนื่องจากขนาดของพลาสติกเป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สำคัญที่ส่งผลต่อการก่อให้เกิดผลกระทบของพลาสติก โดยพลาสติกที่พบในสิ่งแวดล้อมอาจจำแนกตามขนาดได้เป็น 5 กลุ่ม (Eriksen et al., 2013) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจัดจำแนกประเภทตามขนาดของไมโครพลาสติก

ประเภท	ขนาด
1. ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก	0.355 – 0.999 mm
2. ไมโครพลาสติกขนาดกลาง	1.000 – 4.749 mm
3. ไมโครพลาสติกขนาดใหญ่	> 4.75 mm – 5 mm

ที่มา: Eriksen et al. (2013)

จากการศึกษาของ Jabeen et al. (2017) ที่ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกและเมโสพลาสติกในลำไส้และกระเพาะของปลาจากบริเวณชายฝั่งทะเลและแม่น้ำแยงซีของประเทศจีน ผลการศึกษาจากตัวอย่างปลาทะเล จำนวน 21 ชนิด และปลาน้ำจืด จำนวน 6 ชนิด พบว่ามีความหนาแน่นของเมโสพลาสติกเฉลี่ยระหว่าง 0.2 – 3.0 ชิ้น/ตัว หรือ 0.1 – 3.9 ชิ้น/กรัม และพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกจากปลา 27 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 55.9 – 92.3 ของจำนวนพลาสติกทั้งหมดในปลาแต่ละชนิด และจากการศึกษาของ Baldwin, Corsi, & Mason (2016) ที่ได้ทำการศึกษาเศษพลาสติกใน 29 Great Lakes Tributaries ซึ่งเป็นกลุ่มทะเลสาบน้ำจืดใน 6 รัฐ ของประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ผลการศึกษาจากตัวอย่างทั้งหมด 107 ตัวอย่าง พบทั้งไมโครพลาสติก และมาโครพลาสติก ซึ่ง ร้อยละ 98 ของอนุภาคพลาสติกที่พบทั้งหมด มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 4.75 mm หรือเรียกได้ว่าเป็นไมโครพลาสติกและพบอนุภาคของมาโครพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 2 ของอนุภาคไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมด ซึ่งเป็นการปนเปื้อนหลักมาจากน้ำทิ้งจากการเกษตรบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งน้ำหรือน้ำทิ้งจากชุมชน นอกจากนี้

ช่วงที่เกิดน้ำไหลบ่าก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลทำให้มีจำนวนไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการพัดพาของน้ำที่อาจนำพาเศษพลาสติกหรือ ไมโครพลาสติกจากแหล่งอื่นมาด้วย

2) รูปร่าง

รูปร่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกมีลักษณะที่แตกต่างกันและไมโครพลาสติกแต่ละรูปร่างจะมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

2.1) รูปร่างลักษณะเป็นชิ้นเล็กๆ (Fragment) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกเป็นแบบโค้งมน (rounded) หรือมีรูปร่างกึ่งกลม (subrounded) และมีรูปร่างลักษณะค่อนข้างเหลี่ยม (subangular) (Wagner et al., 2014) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากแตกหักหรือการย่อยสลายหรือเกิดจากการกระจายตัวของพลาสติกแข็ง

2.2) รูปร่างลักษณะเป็นแท่งยาวกลม (Pellet) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกเป็นรูปร่างคล้ายทรงกระบอก (cylindrical) หรือมีรูปทรงเป็นแผ่นกลมและแบน (disks) หรือแบนเรียบ (flat) นอกจากนี้มีรูปร่างลักษณะเป็นแบบกลมรีหรือมีลักษณะคล้ายกับไข่ (ovoid) (Wagner et al., 2014) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากการปล่อยน้ำทิ้งของเขตชุมชนเมืองที่มีการซักผ้าหรือหลุดรอดมาจากระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Plants: WWTP) หรือมาจากน้ำไหลบ่า (Baldwin et al., 2016)

2.3) รูปร่างลักษณะเป็นแบบเส้นใย (Filaments) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกเป็นเส้นยาวเรียว (fibers) (Wagner et al., 2014) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากการขาดหลุดร่วงของผ้าใยสังเคราะห์ ตาข่ายสำหรับดักปลาหรืออวนที่ใช้ดักจับปลาและเชือกเนื่องจากมีระยะการใช้งานที่ยาวนาน (Li, Yang, Li, Jabeen, & Shi, 2015)

2.4) รูปร่างลักษณะเป็นแบบเม็ด (Granules) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกเป็นทรงกลมด้านข้างเป็นผิวโค้งเรียบหรือมีลักษณะเป็นแบบเม็ดเล็กๆ รูปทรงคล้ายลูกปัด (Wagner et al., 2014) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและเขตชุมชนที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือมาจากกิจกรรมการเดินเรือต่างๆ (Zhao, Zhu, Wang, & Li, 2014)

จากการศึกษาของ Lahens et al. (2018) ที่ได้ทำการประเมินการปนเปื้อนของมาโครพลาสติกและไมโครพลาสติกในแม่น้ำไซง่อนของประเทศเวียดนาม ผลการศึกษาพบว่ารูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบมีเป็นลักษณะเป็นแบบเส้นใยและเป็นแบบแผ่น ซึ่งเป็นการปนเปื้อนมาจากอุตสาหกรรมสิ่งทอหรืออุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก รวมถึงมีการ หลุดรอดจากระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศเวียดนาม ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับการศึกษาของ Su et al. (2016) ที่ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในทะเลสาบไท่หูของประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่ารูปร่างของ

ไมโครพลาสติกที่พบมีเป็นลักษณะเป็นแบบเส้นใย แบบแผ่น แบบฟิล์ม และแบบทรงกลม ซึ่งเป็นการปนเปื้อนมาจากชุมชนหรือในเขตเมือง เนื่องจากทะเลสาบไท่หูเป็นทะเลสาบที่มีขนาดใหญ่เป็นลำดับที่สามของประเทศจีน ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีการพัฒนามากที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศจีน และการศึกษาของ Zhang, Su, Xiong, Wu, and Liu (2016) ที่ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซีของประเทศ พบว่ารูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบมีเป็นลักษณะเป็นแบบเส้นใย แบบแผ่น และแบบโฟม เป็นการปนเปื้อนมาจากปัญหาการจัดการขยะที่ไม่เหมาะสมหรือไม่ถูกสุขลักษณะเป็นผลให้พลาสติกมีการหลุดรอดไหลลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะเกิดการสะสมกันเป็นระยะเวลายาวนานและมีการแตกหักของพลาสติกเกิดเป็นไมโครพลาสติกปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

3) สี

สีของไมโครพลาสติกถือว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเลือกกินอาหารของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากไมโครพลาสติกบางชนิดมีสีที่คล้ายคลึงหรือมีความกลมกลืนกันกับอาหารของสิ่งมีชีวิตทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถแยกระหว่างอาหารกับไมโครพลาสติกได้ ซึ่งการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่จะพบสีที่แตกต่างกันประกอบไปด้วย สีโปร่งใสหรือไม่มีสี สีขาว สีดำ สีแดง สีเหลือง สีเขียว สีฟ้า (Su et al., 2016) สีน้ำตาล และสีชมพู (Jabeen et al., 2017)

จากรายงานของ Su et al. (2016) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในทะเลสาบไท่หูของประเทศจีน พบว่ามีความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอน น้ำผิวดิน ตะกอนดิน และหอยเอเชีย (*Corbicula fluminea*) โดยสามารถระบุได้ว่าไมโครพลาสติกที่ได้จากการศึกษาโดยการเก็บตัวอย่างน้ำด้วย Plankton net และไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นสีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 60.0 และ 50.0 ตามลำดับ ส่วนไมโครพลาสติกที่พบในตะกอนดินส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นสีขาว คิดเป็นร้อยละ 50.0 ของไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมดและในการศึกษาไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิต โดยการเก็บตัวอย่างในเดือนสิงหาคมและเดือนพฤศจิกายน จะพบไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีลักษณะโปร่งใสหรือไม่มีสีในทั้ง 2 เดือนที่ทำการศึกษา ซึ่งพบในอัตราส่วนที่เท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 40.0 ของไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมด และพบประเภทของพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตเป็นแบบเส้นใยและเซลโลเฟนหรือกระดาษแก้ว (Cellophane) เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีการปนเปื้อนหลักมาจากการรับน้ำเสียจากชุมชนหรือเขตเมือง และมีการพัดพาหรือมีการแพร่กระจายไมโครพลาสติกโดยกระแสลม ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Peng et al. (2017) ที่ศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตะกอนดินของปากแม่น้ำแยงซีของประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 58.0 ของไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมดและมีลักษณะโปร่งใสหรือไม่มีสีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.0 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด รองลงมาคือ สีฟ้า สีดำ สีเหลือง สีแดง และสีขาว คิดเป็นร้อยละ 25.0, 16.0, 7.0, 6.0 และ 4.0 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีรูปร่างลักษณะเป็นแบบเส้นใย

คิดเป็นร้อยละ 93 ของไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมด ซึ่งมีสาเหตุการปนเปื้อนหลักมาจากการซักผ้าเป็นส่วนใหญ่

4) ประเภทของพอลิเมอร์

4.1) เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกประเภทคืนรูปหรือเป็นพลาสติกชนิดอ่อนซึ่งประกอบไปด้วย พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High density polyethylene: HDPE) พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene: LDPE) พอลิพรอพิลีน (Polypropylene: PP) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC) พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลท (Polyethylene terephthalate: PET) พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) ไนลอน 66 (Nylon 66) อะคริโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน (Acrylonitrile butadiene styrene: ABS) และพอลิเมทิล เมทาคริเลต (Polymethyl methacrylate: PMMA) แสดงดังตารางที่ 1

4.2) เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting) เป็นพลาสติกประเภทคงรูปหลังการผ่านความร้อนหรือแรงดันเพียงครั้งเดียวหรือไม่สามารถนำมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ ประกอบไปด้วยเมลามีน ฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine formaldehyde) ฟีนอล ฟอร์มาดีไฮด์ (Phenol formaldehyde) อีพ็อกซี (Epoxy) พอลิเอสเตอร์ (Polyester) พอลิยูรีเทน (Polyurethane) และซิลิโคน (Silicone) แสดงดังตารางที่ 2 (เกรียงศักดิ์ วงศ์พร้อมรัตน์, 2556)

จากรายงานของ Zhang et al. (2017) ที่ศึกษาการเกิดและลักษณะของมลพิษที่เกิดขึ้นจากไมโครพลาสติกในเจียงซือของเขื่อนซานเสียต้าป้า ประเทศจีน โดยทำการตรวจวัดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน ผลการศึกษาพบว่าประเภทพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบส่วนใหญ่ประกอบด้วย พอลิเอธิลีน (PE) รองลงมา คือ พอลิพรอพิลีน (PP) และพอลิสไตรีน (PS) ซึ่งเป็นการปนเปื้อนหลักมาจากแหล่งมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน (Non-Point source) เช่น มาจากน้ำฝนที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำไหลบ่าในบริเวณพื้นที่ ซึ่งอาจเป็นเส้นทางหลักในการนำพาเอาไมโครพลาสติกจากแหล่งอื่นหรือจากแหล่งที่มีการจัดการน้ำเสียที่ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่ถูกสุขลักษณะเข้ามาปนเปื้อนในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Su et al. (2016) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในทะเลสาบไท่หู ประเทศจีน โดยทำการตรวจวัดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน ผลการศึกษาพบประเภทของพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วยพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลท (PET) กระดาษแก้ว (CP) พอลิเอทิลีน (PE) พอลิโพรไพลีน (PP) พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอไมด์ (PA) พอลิอีเทอร์ซัลโฟน (PES) และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลท (PET) ซึ่งเป็นการปนเปื้อนหลักมาจากการรับน้ำเสียจากชุมชนหรือเขตเมือง กิจการด้านอุตสาหกรรมบริเวณริมทะเลสาบ และจากการพัดพาหรือการแพร่กระจายไมโครพลาสติกโดยกระแสลม และจากการรายงานของ Eriksen et al. (2013) ที่ศึกษามลพิษของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของ Laurentian Great Lakes ประเทศสหรัฐอเมริกา

ผลการศึกษาพบประเภทของพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วย อะคริลิค (Acrylic) พอลิสไตรีน (PS) เมลามีน (Melamine) พอลิเอสเตอร์ (Polyester) อัลลิล ไดไกลคอล คาร์บอเนต (Allyl diglycol carbonate) อะมิโน เทอร์โมเซต พลาสติก (Amino thermoset plastic) และยูเรีย พลาสติก (Urea plastic) ซึ่งมีการปนเปื้อนหลักมาจากการใช้และปล่อยน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำในเมืองและโรงไฟฟ้า ถ่านหินบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งน้ำ ซึ่งคล้ายคลึงกับรายงานของ Phillips & Bonner (2015) ที่ศึกษาการเกิดและปริมาณการกลืนกินไมโครพลาสติกของปลาในแหล่งต้นน้ำของอ่าวเม็กซิโก ผลการศึกษาจากตัวอย่างปลาน้ำจืด 419 ตัวอย่าง พบประเภทของพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกมีลักษณะที่แตกต่างกัน ได้แก่ พอลิโพรไพลีน (PP) พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลท (PET) พอลิเมทิล เมทาคริเลต (PMMA) พอลิสไตรีน (PS) และไนลอน (เส้นใยสังเคราะห์) โดยมีการปนเปื้อนหลักมาจากการระบายน้ำทิ้งหรือน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านระบบบำบัดหรือมีการบำบัดแต่ไม่ได้มาตรฐานจากหมู่บ้านหรือเมืองที่ตั้งอยู่บริเวณแหล่งน้ำ

2.3 ผลกระทบจากไมโครพลาสติก

พลาสติกโดยทั่วไปมีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิค (hydrophobic) ที่มีความสามารถในการดูดซับและปลดปล่อยสารอินทรีย์ได้ ดังนั้น จึงทำให้ไมโครพลาสติกซึ่งเป็นส่วนประกอบที่แตกหักหรือย่อยสลายมาจากพลาสติกมีแนวโน้มที่จะมีการปนเปื้อนสารมลพิษประเภทสารอินทรีย์ได้มาก ทั้งนี้จากรายงานของ Frias et al. (2010) พบว่าไมโครพลาสติกมีความสามารถในการดูดซับและปลดปล่อยสารอินทรีย์ในกลุ่มของสารอินทรีย์ที่เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants: POPs) ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถสะสมและคงอยู่ได้นานในสิ่งแวดล้อม และเนื่องจากเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่รวมตัวกับน้ำหรือมีระดับการละลายน้ำที่ต่ำ ส่วนใหญ่มีระดับการละลายในไขมัน (Fat) หรือน้ำมัน (Oil) สูง จึงมีความสามารถในการเข้าจับหรือสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นได้ ซึ่งสารอินทรีย์ที่เป็นพิษที่ตกค้างยาวนานนี้จะมีความเป็นพิษต่อทั้งมนุษย์และสัตว์

ไมโครพลาสติกมีโอกาสที่จะพบร่วมกับสารอินทรีย์ที่เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (POPs) ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เนื่องจากแหล่งที่มาของมลพิษดังกล่าวส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ ทั้งแหล่งที่มีจุดกำเนิดแน่นอน (Point source) และแหล่งกำเนิดไม่แน่นอน (Non-Point source) เช่น มาจากสารเคมีที่ตกค้างจากการทำการเกษตร ทั้งนี้เมื่อมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชหรือยาฆ่าแมลงในปริมาณที่มากเกินไป อาจทำให้เกิดการตกค้างหรือเกิดการปนเปื้อนและสะสมลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดยการชะของฝนอาจก่อให้เกิดน้ำไหลบ่า (runoff) ที่นำพามลสารและรวมถึงไมโครพลาสติกที่ตกค้างให้มีการแพร่กระจายและเคลื่อนที่ลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้หรืออาจเกิดการพัดพาโดยกระแสลมและตกลงสู่สิ่งแวดล้อมที่อยู่ด้านล่าง เป็นต้น ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการทำ

การเกษตรบางชนิดในปัจจุบันยังมีสารอินทรีย์ที่เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเป็นส่วนประกอบด้วย โดยสารอินทรีย์ที่เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานจะมีทั้งหมด 12 ชนิด ได้แก่ อัลดริน คลอเดน ดีดีที ดิลดริน เอนดริน เฮปตาคลอร์ เฮกซะคลอโรเบนซีน ไมเร็ก ทอกซาฟีน พีซีบี ไดออกซิน และฟูแรน สำหรับในประเทศไทยมีการตรวจสอบพบสารมลพิษที่ตกค้างอยู่ในยาฆ่าแมลง ได้แก่ อัลดริน คลอเดน ดีดีที ดิลดริน เอนดริน เฮปตาคลอร์ เฮกซะคลอโรเบนซีน ไมเร็กและเทกซาฟีน ซึ่งสารเคมีเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดการสะสมแบบทวีคูณในห่วงโซ่อาหารได้ (รัตนา อัศวศิลป์โสภณ, 2547) ทั้งนี้เมื่อสารมลพิษดังกล่าวตกค้างอยู่ในแหล่งน้ำจะทำให้เกิดการสัมผัสหรือดูดซับยึดเกาะกับไมโครพลาสติก ก่อให้เกิดการสะสมสารพิษในไมโครพลาสติก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำได้ เนื่องจากการกลืนกินไมโครพลาสติกเข้าไปจะทำให้สามารถเกิดการสะสมสารพิษนั้น ๆ ในระบบห่วงโซ่อาหาร

2.3.1 ผลกระทบจากไมโครพลาสติกต่อมนุษย์

ผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนไมโครพลาสติกต่อมนุษย์ส่วนใหญ่เกิดมาจากคุณสมบัติของไมโครพลาสติกที่เป็นไฮโดรโฟบิค (hydrophobic) ซึ่งมีลักษณะที่ไม่ชอบน้ำทำให้มีความสามารถในการดูดซับและปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ (Frias et al., 2010) เมื่อไมโครพลาสติกถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติแล้ว ไมโครพลาสติกอาจมีการดูดซับสารต่างๆ ที่ปะปนอยู่ในแหล่งน้ำได้ เช่น กลุ่มของมลพิษอินทรีย์ที่คงอยู่ได้นานในสิ่งแวดล้อม (Persistent Organic Pollutants: POPs) หรือสารปราบศัตรูพืช (Dichlorodiphenyl trichloroethane: DDT) และสารตกค้างที่มาจากการชะของน้ำฝนหรือน้ำไหลบ่า (Polychlorinated biphenyls: PCBs) (Law & Thompson, 2014) ที่นำพาสารเคมีตกค้างลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งทำให้ไมโครพลาสติกเหล่านี้เกิดการดูดซึมสารพิษตกค้างและมีการสะสมพิษจากมลสารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ นอกจากนี้ไมโครพลาสติกมีความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา สามารถลอยอยู่เหนือผิวน้ำได้ จึงมีการปะปนยึดเกาะกับแพลงก์ตอนหรือแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ เมื่อสิ่งมีชีวิตหรือสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำกลืนกินไมโครพลาสติกเข้าไปจะก่อให้เกิดการสะสมสารพิษอยู่ในสัตว์น้ำ ซึ่งสารพิษหรือสารเคมีที่ปะปนอยู่ในไมโครพลาสติกเหล่านี้ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำหรือสัตว์น้ำและเกิดการสะสมสารพิษแบบทวีคูณในห่วงโซ่อาหารได้ (รัตนา อัศวศิลป์โสภณ, 2547) ทั้งนี้ทั้งนั้นมนุษย์จะเป็นผู้บริโภค (Consumer) ลำดับสุดท้าย โดยการกินต่อกันเป็นทอดๆ ผ่านห่วงโซ่อาหารหรือสายใยอาหารหรือมนุษย์จะเป็นแหล่งที่รองรับสารพิษที่สะสมมากที่สุด ซึ่งสารพิษบางชนิดที่สะสมอยู่ใน ไมโครพลาสติกอาจเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ซึ่งอาจเกิดเป็นผลกระทบต่อสุขภาพส่งผลให้เป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ เนื่องจากมีความสามารถละลายในไขมันได้สูง (high fat solubility) จึงทำให้ง่ายต่อการเข้าไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันของมนุษย์ (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559)

2.3.2 ผลกระทบจากไมโครพลาสติกต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ระบบนิเวศแหล่งน้ำ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำหรือสัตว์น้ำกับสิ่งแวดล้อม โดยการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำในแหล่งน้ำจะอยู่โดยมีความสัมพันธ์กันในลักษณะต่างๆ รวมถึงความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยและเกื้อกูลกัน ทั้งนี้ระบบนิเวศแหล่งน้ำจะประกอบด้วยปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ คือ สภาพแวดล้อมที่อยู่ในแหล่งน้ำ เช่น อุณหภูมิ กระแสน้ำ ความขุ่น-ใสของน้ำ เป็นต้น และปัจจัยทางชีวภาพ เช่น ความหลากหลายของชนิดหรือสายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต (Species) ที่ดำรงชีวิตหรืออาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น กลุ่มผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย (บัญญัติ มนเทียรอาสน์, 2553) ถ้าแหล่งน้ำได้รับของเสียหรือ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดหรือมีการบำบัดแต่ไม่ได้มาตรฐานหรือเป็นแหล่งน้ำที่ถูกใช้เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากเขตชุมชนหรือเขตเมืองที่อาศัยอยู่บริเวณรอบๆ ซึ่งจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลทำให้มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำ และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งไม่มีชีวิตและสิ่งมีชีวิตที่อยู่อาศัยในระบบนิเวศของแหล่งน้ำนั้นๆ ได้ทั้งในทางตรงและทางอ้อม

ผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตในทางตรงสามารถเกิดได้โดยการกลืนกินไมโครพลาสติกของสัตว์น้ำ เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กและมีความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีความสามารถในการลอยตัวอยู่เหนือผิวน้ำและสามารถรวมตัวยึดเกาะหรือปะปนกับแพลงก์ตอนที่เป็นแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตหรือสัตว์น้ำ และเมื่อสัตว์น้ำกลืนกินไมโครพลาสติกเข้าไปไมโครพลาสติกจะสามารถหลุดรอดเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำได้ง่ายและอาจก่อให้เกิดการอุดตัน ขัดขวางหรือรบกวนการทำงานของระบบภายในร่างกายของสัตว์น้ำได้ และในทางอ้อมไมโครพลาสติกที่ถูกสัตว์น้ำกลืนกินเข้าไปในร่างกายจะมีการสะสมสารพิษอยู่ทำให้สารพิษเข้าสู่สายใยอาหารและถ่ายทอดไปตามลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหาร (Food chain) ซึ่งการถ่ายทอดในห่วงโซ่อาหารนี้ เป็นการถ่ายทอดสารพิษแบบทวีคูณ คือ สารพิษจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับชั้นของการบริโภค (Trophic level) จากผู้ผลิตขั้นต้นสู่ผู้บริโภคลำดับสุดท้ายหรือมนุษย์ ซึ่งผลกระทบทางอ้อมจากการกลืนกินไมโครพลาสติกของสัตว์น้ำก็ คือ การสะสมของสารมลพิษประเภทสารอินทรีย์ในร่างกาย เช่น การสะสมของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (POPs) (Frias et al., 2010) และสารก่อมะเร็งที่มีปนเปื้อนอยู่ในไมโครพลาสติก เช่น สารกลุ่มพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) (Ma et al., 2016) ซึ่งสามารถจะก่อให้เกิดผลกระทบทั้งต่อระบบนิเวศและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดได้ (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559)

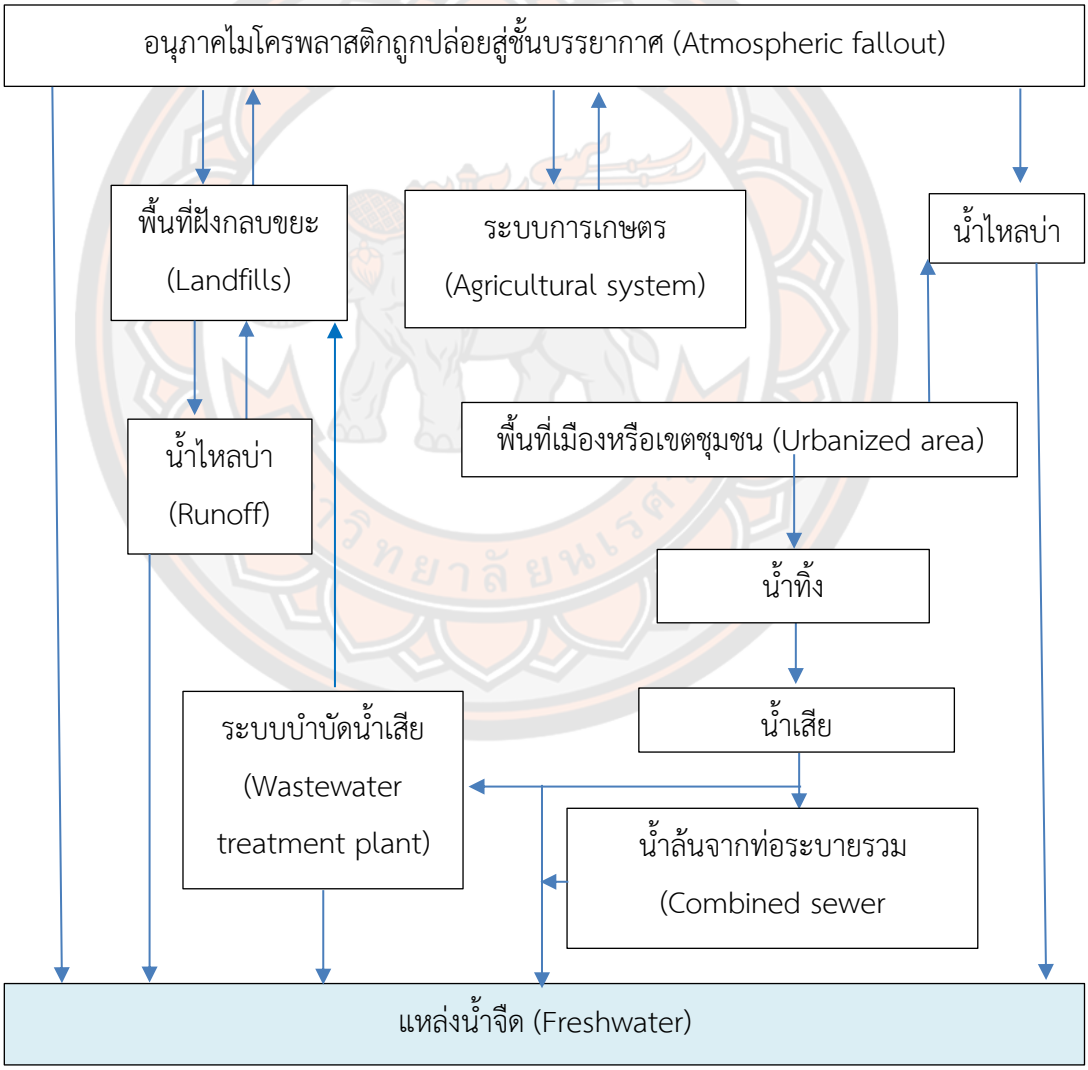
ในกรณีนี้ผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมประเภทสิ่งไม่มีชีวิตนั้นสามารถแบ่งกลุ่มสิ่งไม่มีชีวิต ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ น้ำผิวดินและวัสดุพื้นท้องน้ำ โดยผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินและวัสดุพื้นท้องน้ำสามารถเกิดขึ้นได้จากการสะสมของไมโครพลาสติกจากการปล่อยน้ำทิ้งของเขตชุมชนและเขตเมือง

หรือเกิดจากการย่อยสลายพลาสติกขนาดใหญ่กลายเป็นพลาสติกขนาดเล็ก (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559) เมื่อไมโครพลาสติกถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะมีการปะปนอยู่ในน้ำผิวดินและวัสดุพื้นท้องน้ำ มีผลทำให้คุณสมบัติและคุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไป เช่น สี (Color) ของน้ำจะเกิดการสะท้อนแสงของสารแขวนลอยในน้ำ ซึ่งสีน้ำตามธรรมชาติจะมีสีเหลือง ถ้าในน้ำมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกการสะท้อนของน้ำอาจมีสีที่เข้มมากขึ้นต่างไปจากเดิม หรือความขุ่น (Turbidity) ของน้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีความขุ่นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีไมโครพลาสติกปะปนอยู่เป็นตะกอนแขวนลอยอยู่ในน้ำ (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2522) เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติของน้ำเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยและอาจส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตหรือสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ ได้ ขณะที่การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในวัสดุพื้นท้องน้ำจะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุพื้นท้องน้ำเปลี่ยนแปลงไปและอาจก่อผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้

2.4 การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศแหล่งน้ำ

การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกสามารถเกิดขึ้นได้จากหลากหลายปัจจัย โดยไมโครพลาสติกเกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ การขยายตัวของประชากรทำให้มีการตั้งถิ่นฐานอาคารบ้านเรือนกลายเป็นชุมชน (Urbanized area) และเมื่อมนุษย์มีความต้องการในการอุปโภคบริโภคเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้มีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะขยะพลาสติก ซึ่งขยะพลาสติกเหล่านี้บางส่วนจะถูกนำไปกำจัดไว้ในพื้นที่ฝังกลบขยะ (Landfills) เมื่อขยะพลาสติกมีการสะสมกันเป็นระยะเวลายาวนาน จะเกิดการแตกหักจากขยะพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ด้วยกระบวนการย่อยสลายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพกลายเป็นพลาสติกขนาดเล็กหรือไมโครพลาสติก (Wang et al., 2016) เมื่อพลาสติกเหล่านี้ถูกย่อยสลายกลายเป็นไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กแล้ว การเคลื่อนย้ายหรือการแพร่กระจายของพลาสติกจะสามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย โดยไมโครพลาสติกจากพื้นที่ฝังกลบขยะอาจมีการหลุดรอดออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดยปะปนไปกับแหล่งน้ำใต้ดิน และเมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากอาจทำให้ไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดินสามารถไหลปะปนไปกับน้ำผิวดินได้ ขณะที่ไมโครพลาสติกที่ปะปนอยู่ในพื้นที่ฝังกลบขยะยังสามารถลอยตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ ไปกับตะกอนหรือฝุ่นออกสู่ชั้นบรรยากาศได้ นอกจากนี้ไมโครพลาสติกในน้ำทิ้ง (Greywater) หรือน้ำเสีย (Wastewater) อาจเกิดได้จากการหลุดรอดจากระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Plant: WWTP) ของชุมชนได้ เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กกว่าตะแกรงกรองของระบบ ทำให้น้ำที่ผ่านระบบบำบัดแล้วสามารถนำไมโครพลาสติกออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ หรือไมโครพลาสติกอาจมาจากการทำการเกษตร เช่น มาจากขวดหรือถุงพลาสติกที่ใช้ในบรรจุภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 3

ไมโครพลาสติกสามารถปะปนอยู่ในกระแสน้ำหรือในชั้นน้ำ (Water column) ที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำได้ (Cole et al., 2016) ด้วยเหตุนี้ไมโครพลาสติกจึงกลายเป็นพาหะในการแพร่กระจายของมลสารจากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่ง จากการกินต่อกันเป็นทอดๆ ผ่านทางห่วงโซ่อาหารหรือสายใยอาหาร โดยเริ่มจากไมโครพลาสติกที่มีการยึดเกาะกับแพลงก์ตอน ซึ่งเป็นผู้ผลิตและเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เมื่อแพลงก์ตอนถูกกลืนกินโดยสัตว์น้ำซึ่งเป็นผู้บริโภคจะเกิดการสะสมของสารพิษ ขณะที่การกินต่อกันเป็นทอดๆ ของสิ่งมีชีวิตจะก่อให้เกิดการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกจากสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งไปสู่สิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง ทำให้เกิดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกจากสิ่งแวดล้อมไปสู่สิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศแหล่งน้ำได้ในที่สุด



ภาพที่ 3 การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ที่มา: Dris et al. (2018)

2.5 บึงบอระเพ็ด

บึงบอระเพ็ด เป็นบึงน้ำจืดที่ใหญ่ที่สุดของภาคเหนือตอนล่าง ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง อำเภอชุมแสง และอำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ มีตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ คือ ละติจูด 15 องศา 50 ลิปดา ถึง 15 องศา 45 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 100 องศา 10 ลิปดา ถึง 100 องศา 23 ลิปดาตะวันออก มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 212.38 ตารางกิโลเมตร (ประมาณ 132,732.14 ไร่) เป็นบึงน้ำที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2470

บริเวณพื้นที่บึงบอระเพ็ดและบริเวณโดยรอบมีพื้นที่ชุ่มน้ำ 5 ประเภท ได้แก่ ที่ลุ่มชื้นแฉะ บึง บริเวณเกาะ บริเวณป่าพรุและป่าละเมาะ และบริเวณทุ่งนา ทำให้บึงบอระเพ็ดเป็นบึงที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และเป็นแหล่งรองรับ ดักและกักเก็บตะกอนดิน (ไพริน สุดทัง, สรัญญา วัชโรทัย, ศรีสม สุวรรณวงศ์, และณัฏฐา เสนีวาส, 2553) ระดับความลึกเฉลี่ยของน้ำในบึงประมาณ 1.6 เมตร บริเวณที่ลึกที่สุดประมาณ 5 เมตร ในบึงมีเกาะเล็กๆ อยู่ราว 10 เกาะ เนื้อที่ของเกาะทั้งหมดรวมประมาณ 1.44 ตารางกิโลเมตร (900 ไร่) ซึ่งบึงบอระเพ็ดสามารถรองรับน้ำได้ประมาณ 4,498.5 ตารางกิโลเมตร หรือ 2.75 ล้านไร่ บึงบอระเพ็ดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติของประเทศไทย มีอาณาเขตติดต่อ ได้แก่

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ตำบลทับกฤช อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ตำบลหนองปลิง ตำบลพระนอน อำเภอเมือง และตำบล วังมหากร อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ตำบลเขาพนมเศษ ตำบลพนมรอก อำเภอท่าตะโก จังหวัด นครสวรรค์
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	ตำบลบางพระหลวง ตำบลเกรียงไกร ตำบลนครสวรรค์ อำเภอเมือง นครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

2.5.1 ลักษณะทางอุทกวิทยา

บึงบอระเพ็ดมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 2.75 ล้านไร่ หรือ 4,498.5 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 1,506 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี (ศันสนีย์ ชูแวว, 2557) ด้านทิศตะวันออกของบึงมีพื้นที่น้ำจรดถึงเขาพนมเศษ น้ำไหลเข้าบึงโดยมีลำธารเล็กๆ ที่เชื่อมถึงกันหลายสาย โดยเฉพาะในฤดูฝนน้ำจะไหลหลากเข้าบึงบอระเพ็ดในปริมาณมากจากทุกทิศทาง ทั้งจากแม่น้ำปิง แม่น้ำน่าน คลองบอระเพ็ด คลองบอน คลองขุด คลองตะโก คลองใยไหม คลองสายลำโพง ห้วยหิน ห้วยสา ห้วยลาด คลองลำเจ็ดคา และห้วยขรัว ส่วนด้านทิศเหนือของบึงในเขตตำบลแควใหญ่ ตำบลเกรียงไกร และตำบลทับกฤช มีแม่น้ำน่านไหลผ่านน้ำในบึงบอระเพ็ดจะไหลออกจากบึงลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาผ่านทางช่องระบายน้ำทางตะวันตกของบึงบอระเพ็ด บางส่วนไหลออกสู่แม่น้ำน่านทางคลองบอระเพ็ดด้านเหนือ ซึ่งน้ำที่ไหลมาจากทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกของบึงบอระเพ็ดจะไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา นอกจากนี้ทางทิศใต้ของบึงบอระเพ็ดยังมีลำน้ำที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำน่าน คลองบอน คลองลำเจ็ดคา คลองท่าตะโก ห้วยหิน หัวเสา และห้วยหรัง และด้านทิศใต้ของบึงมีลำห้วยเล็กๆ ไหลลงบึง เช่น คลองวังมหากร คลองขุด (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546)

2.5.2 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ด้วยลักษณะของพื้นที่ภูมิประเทศที่เป็นหนองน้ำขนาดใหญ่ เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่เป็นที่ราบน้ำท่วมถึงอยู่โดยรอบบึง พื้นที่เหล่านี้เกิดจากการทับถมของตะกอนที่มาจากลำน้ำน่าน คลองบอระเพ็ด และคลองน้อยใหญ่ต่างๆ เช่น ห้วยลาว ห้วยหิน และอื่นๆ บึงบอระเพ็ดเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งบนบกและในน้ำ จึงส่งผลดีต่อระบบเศรษฐกิจของชุมชนโดยรอบบึงบอระเพ็ด โดยเฉพาะทางด้านอาชีพเกษตรกรรม เช่น การทำนา ทำไร่ เลี้ยงสัตว์ การเพาะพันธุ์สัตว์น้ำหรือตัวอ่อนของสัตว์น้ำหรือการทำประมง และการนันทนาการหรือการใช้พื้นที่บึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้เป็นกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกับลักษณะของแหล่งธรรมชาติที่นอกจากจะให้ความสวยงามแล้ว ยังมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและต่อชุมชนโดยรอบด้วย จึงเป็นผลให้บริเวณโดยรอบของบึงบอระเพ็ดมีประชากรตั้งถิ่นฐานอาศัยอยู่ จากการแปลและตีความภาพข้อมูลจากดาวเทียม และผลการสำรวจภาคสนาม ในปี 2553 สามารถจำแนกลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาตามสภาพความเป็นจริง ออกได้เป็น 8 ประเภท แสดงดังภาพที่ 4 และสามารถจำแนกชุมชนในพื้นที่บึงบอระเพ็ด แสดงดังภาพที่ 5 โดยมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณบึงบอระเพ็ด ดังนี้

1) พื้นที่เกษตรกรรม

มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่บึงบอระเพ็ดทางด้านเกษตรกรรม ประมาณ 76,662 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 57.76 ของพื้นที่บึงบอระเพ็ด โดยมีการจัดแบ่งหรือปรับปรุงพื้นที่ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและการใช้ประโยชน์จากที่ดิน ทั้งนี้การใช้ประโยชน์จากที่ดินสามารถแยกประเภททางเกษตรกรรมได้หลายประเภทจะประกอบด้วย

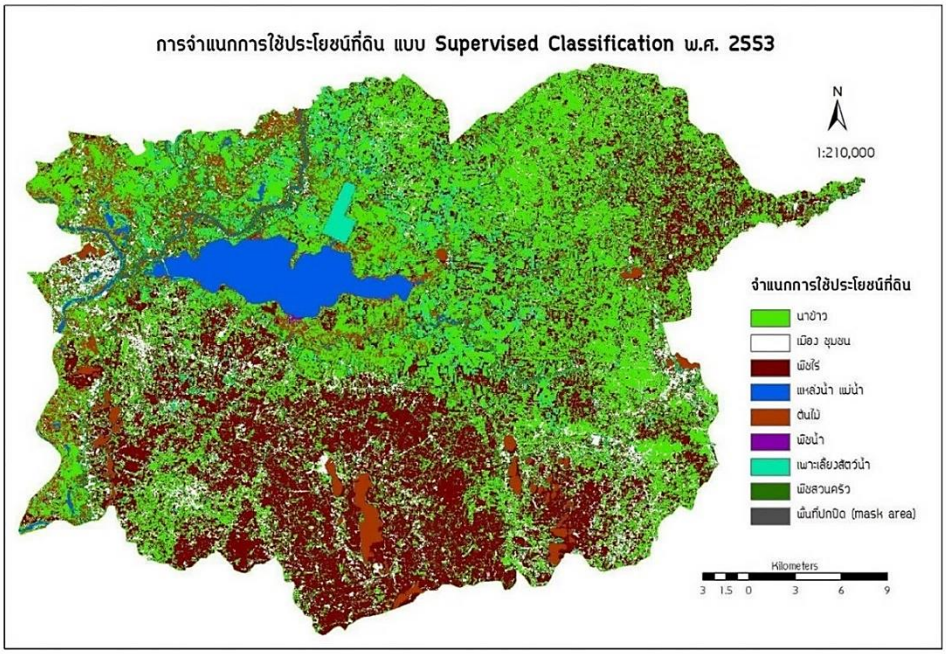
1.1) พื้นที่ปลูกข้าว เป็นพื้นที่ที่ใช้สำหรับปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำตม ประมาณ 76,273 ไร่ หรือ คิดเป็นร้อยละ 57.46 ของพื้นที่บึงบอระเพ็ด ซึ่งพื้นที่บริเวณดังกล่าวนี้จะอยู่บริเวณรอบๆ บึงบอระเพ็ดและพื้นที่แอ่งต่ำ ในฤดูฝนจะมีน้ำจากแม่น้ำไหลหลาก และน้ำจากพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำไหลบ่าลงมาท่วม และแช่ขังเป็นเวลานาน 4-5 เดือน

1.2) พื้นที่พืชไร่ เป็นพื้นที่ที่ใช้สำหรับปลูกพืชไร่ มีพื้นที่ประมาณ 193 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.15 ของพื้นที่ทั้งหมด พืชที่นิยมปลูก ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย และแตงโม

1.3) พื้นที่ที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงปลา ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนเหนือของบึงบอระเพ็ด และบริเวณตะวันออกของบึงบอระเพ็ดมีพื้นที่ที่ใช้สำหรับเลี้ยงปลา ประมาณ 194 ไร่ หรือ คิดเป็นร้อยละ 0.5 ของพื้นที่ บึงบอระเพ็ด สำหรับการเลี้ยงปลานิยมนำลูกปลาหรือพันธุ์ปลามาปล่อยลงสู่บ่อเลี้ยงและให้อาหารสำเร็จรูปหรืออาหารที่ผสมและจัดเตรียมเอง ปลาที่นิยมเลี้ยงได้แก่ ปลานิล ปลาทับทิม ปลาดุก และปลาสลาย เป็นต้น (ศันสนีย์ ชูแวว, 2557)

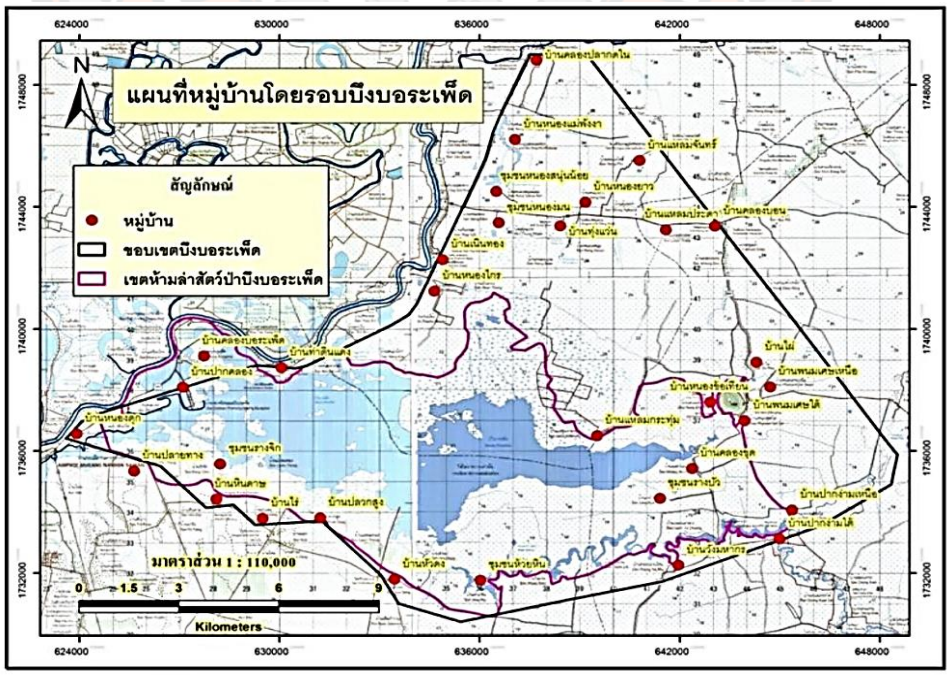
2) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่บึงบอระเพ็ดทางด้านใช้เป็นที่อยู่อาศัย ประมาณ 7,481 ไร่ หรือ คิดเป็นร้อยละ 5.63 ของพื้นที่บึงบอระเพ็ด ประกอบด้วยพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่ที่ใช้สำหรับปลูกพืชไร่หรือไม้ผล ประมาณ 1,944 ไร่ และสถานที่ราชการ ประมาณ 5,537 ไร่ โดยมีการตั้งถิ่นฐานบริเวณรอบๆ บึงบอระเพ็ดเป็นพื้นที่ชุมชนหรือพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างเป็นอาคารพาณิชย์ บ้านพักอาศัย ร้านค้า และสถานที่ราชการ ซึ่งปกติมักจะมีการก่อสร้างอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน หรือมีบ้านเรียงรายไปกับถนน มีขอบเขตเห็นได้ชัดเจน (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546)



ภาพที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในปี 2553

ที่มา: ศันสนีย์ ชูแวว (2557)



ภาพที่ 5 แสดงชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่บึงบอระเพ็ด

ที่มา: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมบึงบอระเพ็ด (2558)

2.6. น้ำผิวดิน

2.6.1 ความหมายของน้ำผิวดิน

น้ำผิวดิน (Surface water) เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมและการอุปโภค บริโภค โดยน้ำในแต่ละแหล่งจะมีคุณภาพแตกต่างกันขึ้นอยู่กับน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นดินแล้วไหลผ่านบริเวณใดหรือชะล้างสิ่งสกปรกอะไร ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งแร่ธาตุ และสารอินทรีย์ เป็นต้น นอกจากนี้น้ำผิวดินถือเป็นน้ำที่ถูกกักเก็บบนผิวดินในลักษณะของน้ำจืดหรือน้ำเค็ม ซึ่งน้ำผิวดินนี้เกิดจากวัฏจักรน้ำ โดยเริ่มจากน้ำในชั้นบรรยากาศรวมตัวกันกลายเป็นเมฆฝน แล้วตกลงสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำและถูกเก็บกักในส่วนของพื้นดินที่เป็นหลุมเป็นแอ่งเกิดเป็นแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งสามารถเกิดเป็นได้ทั้งแหล่งน้ำเค็มและแหล่งน้ำจืด โดยแหล่งน้ำผิวดินที่เป็น น้ำจืดประกอบด้วย ทะเลสาบน้ำจืด แม่น้ำ ลำธาร ห้วย หนอง คลอง และบึง รวมทั้งน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาปะปนด้วย ดังจะเห็นได้จากลำธารหรือลำห้วยที่มีน้ำไหลอยู่ตลอดปี เป็นต้น (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

2.6.2 การแบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน

การกำหนดหรือการจัดแบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดินจะเป็นการจัดประเภทตามลักษณะการใช้ประโยชน์ สามารถจัดแบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดินออกได้เป็น 5 ประเภท แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจัดแบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ 1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน 2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน 3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534)

ตารางที่ 4 การจัดแบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดิน (ต่อ)

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ 1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน 2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ 3) การประมง 4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ 1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน 2) การเกษตร
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ 1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน 2) การอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534)

2.6.3 ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water quality indicator) คือ ดัชนีหรือพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาคุณลักษณะของน้ำหรือใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อบ่งบอกระดับหรือสถานะของคุณภาพน้ำว่ามีองค์ประกอบของสิ่งเจือปนในปริมาณใดหรือเปรียบเทียบกับชนิดและปริมาณที่ควรมีในแต่ละประเภทตามการจัดประเภทของแหล่งน้ำและมีความเหมาะสมกับการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งสามารถทำให้เราทราบว่าแม่น้ำหรือแหล่งน้ำดังกล่าวต้องดำเนินการดูแล ควบคุม และแก้ไขอย่างไร (บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ, 2554) โดยปริมาณการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำสามารถจะส่งผลกระทบต่อค่าดัชนีคุณภาพน้ำและส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำหรือคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำได้

1) คุณสมบัติทางกายภาพ

1.1) อุณหภูมิ (Temperature) เป็นค่าความร้อนเย็นของแหล่งน้ำ ซึ่งจะมีอิทธิพลโดยตรงและโดยอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในด้านอื่นๆ เช่น ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำเกิดได้จากการที่มีแสงส่องผ่านลงไปในแหล่งน้ำต่อมามีการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน โดยอุณหภูมิของน้ำมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำหรือพืชน้ำและการละลายของออกซิเจนในน้ำ โดยปกติแม่น้ำสายสำคัญของประเทศจะมีค่าอุณหภูมิน้ำผันแปรอยู่ในช่วง 23 - 32 °C (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

1.2) ความโปร่งแสง (Transparency) เป็นการวัดความสามารถของแสงที่ส่องผ่านน้ำ สามารถตรวจสอบได้ 2 วิธี คือ วิธีการวัดโดยใช้เครื่องมือที่มีลักษณะเป็นแผ่นกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm ด้านบนแผ่นกลมจะแบ่งออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆ กัน แล้วทาด้วยสีดำและสีขาวสลับกันนั้นคือ บนแผ่นกลมจะมีสีขาว 2 ส่วน และสีดำ 2 ส่วน ส่วนด้านหลังของแผ่นกลมนี้จะติดแผ่นเหล็กเพื่อถ่วงน้ำหนัก เครื่องมือดังกล่าวมีชื่อว่า Secchi disk หรือจานวัดความโปร่งแสง ตรวจวัดโดยการหย่อนเครื่องมือลงน้ำจนมองไม่เห็นเครื่องมือแล้วให้ทำการอ่านระยะของความลึกใช้สำหรับแหล่งน้ำนิ่งหรือน้ำลึก และวิธีการตรวจสอบอีกหนึ่งวิธี คือ การใช้หลอดวัดความโปร่งแสง (Transparency tube) ใช้สำหรับแหล่งน้ำไหลหรือน้ำตื้น โดยส่วนใหญ่จะพบว่าความโปร่งแสงของน้ำธรรมชาติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 – 3 หรือ 4 m ถ้ามีค่าต่ำกว่า 1 m ถือว่าแหล่งน้ำนั้นมีของแข็งแขวนลอยอยู่ในปริมาณสูง

1.3) ความขุ่น (Turbidity) คือ น้ำที่มีสารแขวนลอย ซึ่งขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำนั้น ความขุ่นจะเกิดจากการที่น้ำนั้นมีสารแขวนลอยอยู่ เช่น ดินละเอียด หรืออาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงก์ตอน (Plankton) และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ (Microscopic organism) ก่อให้เกิดการกระจายตัวบนผิวน้ำทำให้แสงไม่สามารถส่องผ่านได้ ดังนั้น

ความขุ่นในน้ำจึงมีสาเหตุมาจากสารแขวนลอย ซึ่งอาจจะมีขนาดคอลลอยด์ (Colloid) ละเอียดมาก ตั้งแต่ 0.2 – 100 µm จนถึงหยาบ 100 – 1,000 µm (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2522)

1.4) การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: EC) คือ ค่าที่แสดงถึงความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อกลางนำไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของปริมาณเกลือหรือสารละลายอนินทรีย์ต่างๆ ในน้ำ หน่วยวัดของค่าการนำไฟฟ้า คือ ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (µS/cm) ค่าการนำไฟฟ้าส่วนใหญ่จะแปรผันโดยตรงกับความเค็มของน้ำ แหล่งน้ำปกติจะมีค่าการนำไฟฟ้า ประมาณ 150 – 300 µS/cm แหล่งน้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าเกิน 1,000 µS/cm จะส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำทำให้น้ำมีรสเค็มหรือมีการปนเปื้อนของสารละลาย (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

2) คุณสมบัติทางเคมี

2.1) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงสภาวะความเป็นกรด-ด่าง หรือเป็นการวัดความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่มีอยู่ ณ เวลานั้น ในน้ำ H^+ นี้เกิดขึ้นจากการแตกตัวเป็นไอออนของกรดในน้ำและอาจถูกทำลายโดยสารละลายด่าง สำหรับน้ำผิวดินที่มีค่าพีเอชที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ มีค่าอยู่ประมาณ 6.5 – 8.5 ถ้าพีเอชสูงหรือต่ำกว่านี้จะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ โดยน้ำที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรดและน้ำที่มีค่าพีเอชสูงกว่า 7 ถือว่าเป็นด่าง (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2522)

2.2) ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen: DO) หรือค่าออกซิเจนละลายน้ำ คือปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำมีหน่วยเป็น mg/l ออกซิเจนมีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและพืช เพราะออกซิเจนจะถูกนำไปใช้ในขบวนการต่างๆ ขบวนการที่ต้องการออกซิเจนเรียกว่า Aerobic process ซึ่งก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศจะมีความสามารถละลายน้ำได้มากหรือน้อยต่างกัน สำหรับก๊าซออกซิเจนจัดได้ว่าละลายน้ำได้น้อยมาก เนื่องจากไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ ดังนั้น การละลายจึงขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศและอุณหภูมิปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามมาตรฐานของน้ำที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไปจะมีค่า DO ระหว่าง 5 – 8 ppm หรือมีปริมาณออกซิเจนละลาย 5 – 8 mg/l

ค่า DO นั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงปฏิกิริยาทางชีววิทยาในน้ำ ถ้าค่า DO ต่ำ หมายถึงระบบมีความต้องการออกซิเจน ทั้งนี้โดยทั่วไปสารอินทรีย์ตามธรรมชาติจะถูกย่อยและสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ โดยจุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนในการย่อยของเสียเหล่านี้ ซึ่งถ้าค่า DO ลดลงมากจะส่งผลให้จุลินทรีย์ตายและไม่ย่อยสลายของเสียต่างๆ ในขณะที่หากค่า DO สูง ก็จะทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ค่า DO ยังมีความสำคัญในการบ่งบอกว่าแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อความต้องการใช้ของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2551)

2.3) ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solid: TDS) คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ทั้งนี้ของแข็งอาจปนอยู่ในน้ำในรูปสารแขวนลอยหรือสารละลาย ซึ่งอาจเป็นทั้งสารอินทรีย์ เช่น ตะกอน แพลงก์ตอน กากของเสียหรือสิ่งปฏิกูล และสารอนินทรีย์ เช่น หินหรือแร่ธาตุอื่นๆ ปริมาณรวมของของแข็งที่ละลายได้ (TDS) เกิดจากสารที่ละลายได้ในน้ำ ขณะที่ของแข็งที่แขวนลอย (SS) คือ สารที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ที่ไม่อาจผ่านรูของกระดาษกรองได้ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อปริมาตรน้ำหรือ mg/l (สัมพันธ์ พลันสังเกตุ, วรากร วิศพันธ์, และวิภา พลันสังเกตุ, 2545) การวัดหาค่า TDS เกี่ยวข้องโดยตรงกับความบริสุทธิ์ของน้ำและคุณภาพของระบบการทำน้ำให้บริสุทธิ์และมีผลกระทบต่อการนำน้ำไปใช้ของมนุษย์หรือกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ

ค่ามาตรฐานของ TDS คือมีค่าสูงสุดของสิ่งเจือปน หรือของแข็งที่ละลายในน้ำ ทั้งนี้ค่า TDS ไม่ควรเกิน 500 mg/l หรือ 500 ppm ซึ่งโดยส่วนใหญ่ในน้ำจะมีค่า TDS เกิน 500 mg/l แต่หากค่า TDS เกิน 1,000 mg/l จะเป็นน้ำที่ไม่เหมาะสำหรับใช้ในชีวิตประจำวัน เพราะค่า TDS ที่สูง จะบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ของสิ่งเจือปนที่อันตรายและต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม โดยส่วนใหญ่ ค่า TDS สูง จะเกิดจากน้ำมีส่วนผสมของโปแทสเซียม (Potassium) คลอไรด์ (Chloride) และโซเดียม (Sodium) ซึ่งหากมีอยู่ไม่มากก็จะไม่มีผลในระยะสั้น แต่ค่า TDS ที่สูงก็อาจมีสารพิษ เช่น ตะกั่ว ไนเตรต และแคดเมียม ละลายอยู่ ซึ่งสารดังกล่าวอาจแสดงผลกระทบในระยะสั้น (สถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบออนไลน์, 2560)

2.7 ปลา

ปลาอยู่ในไฟลัมสัตว์มีกระดูกสันหลัง (Vertebrate) อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ หายใจด้วยเหงือก และมีลักษณะการกินอาหารหรือมีแหล่งที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน สามารถจัดประเภทของปลาออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ ปลากินพืช (Herbivore) และปลากินสัตว์ (Carnivore) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาปลาจำนวน 3 ชนิด คือ 1) ปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) ซึ่งเป็นปลากินพืชที่หากินบริเวณกลางน้ำ 2) คือ ปลาฉลาด (*Notopterus notopterus*) ซึ่งเป็นปลากินสัตว์ที่หากินบริเวณกลางน้ำ และ 3) ปลาช่อน (*Channa striata*) ซึ่งเป็นปลากินสัตว์ที่หากินบริเวณพื้นท้องน้ำ

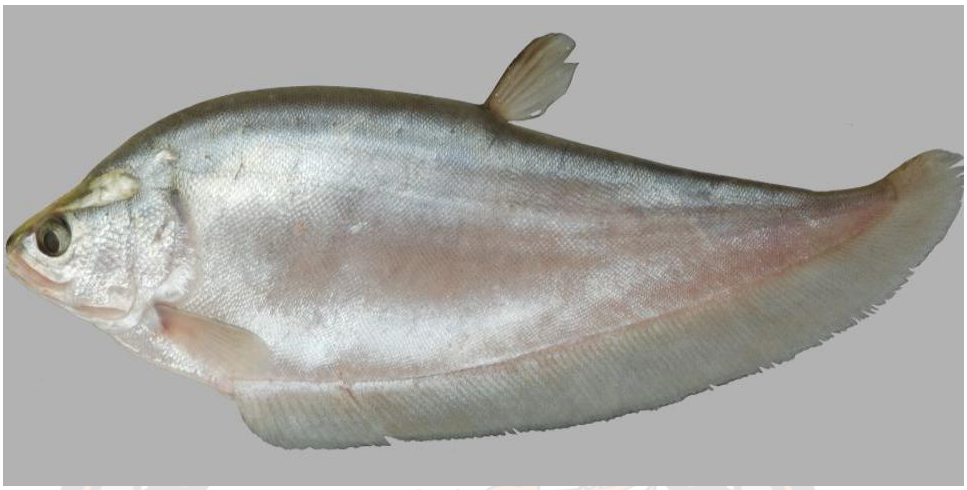
2.7.1 ปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) มีลักษณะลำตัวอ้วนป้อมหัวของปลามีขนาดเล็ก มีเกล็ดใหญ่ ปากเล็ก มีลักษณะที่แตกต่างจากพวกเดียวกัน คือ ปลาตะเพียนขาวมีก้านครีบอ่อนของครีบก้นอยู่ 6 ก้าน ส่วนปลาตะเพียนชนิดอื่นมีก้านครีบอ่อนของครีบก้นอยู่ 5 ก้าน และมีสีข้างลำตัวเป็นสีเขียวอมฟ้า ด้านหลังเป็นสีน้ำตาลปนเทา ท้องมีสีขาว ลักษณะรูปร่างของปลาเป็นปลาที่มีรูปร่างปราดเปรียวว่ายน้ำรวดเร็ว กระโดดได้สูง มีขนาดความยาวประมาณ 8 – 20 cm แสดงดังภาพที่ 6 ลักษณะนิสัยรักสงบ ชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูง นอกจากเวลาสืบพันธุ์หรือวางไข่ มี

ความว่องไวปราดเปรียว ชอบหลบซ่อนตามแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึงที่มีกระแสน้ำไหลอ่อนๆ หรืออาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนิ่ง เป็นปลาที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี สามารถนำมาเลี้ยงและเพาะพันธุ์ได้ง่าย สำหรับถิ่นที่อยู่อาศัยของปลาตะเพียนขาวสามารถพบในแหล่งน้ำไหล และแหล่งน้ำนิ่งในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะอาหารของปลาตะเพียนขาว คือ พืช เมล็ดพืช เมล็ดพืชตระกูลหญ้า สาหร่าย ตะไคร่น้ำ และแพลงตอนพืช เป็นต้น (สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดราชบุรี, 2549)

ภาพที่ 6 ลักษณะของปลาตะเพียนขาว (Barbonymus gonionotus)
ที่มา: Doydee, Hemathulin, Saengsuwan, and Luekaisri (2012)

2.7.2 ปลาฉลาด (*Notopterus notopterus*) มีลักษณะลำตัวแบนและกว้าง บริเวณที่เชื่อมต่อระหว่างกะโหลกและหลังเป็นเส้นตรง ขากรรไกรบนยาวถึงกึ่งกลางตา มุมปากยาวไม่เกินขอบหลังของตา เกล็ดมีขนาดเล็ก เกล็ดบนหัวมีขนาดใหญ่กว่าเกล็ดบนลำตัว เกล็ดบนกระดูก Preopercle มีจำนวน 6 – 8 แถว ฐานครีบหลังสั้นมากและตั้งอยู่ตรงกึ่งกลางลำตัว ท้องมีสันแข็งเป็นคู่ขนานกัน (double serrature) จำนวน 28 – 37 คู่ ครีบหางมีขนาดเล็กและเชื่อมติดกับครีบก้น และลำตัวมีสีเรียบเทาเงินจนถึงสีเงิน ยกเว้นปลาวัยอ่อนจะมีลายบั้งเหมือนปลากราย (*Chitala ornata*) ด้านข้างและด้านท้องของลำตัวมีสีขาวเงิน ครีบหลัง ครีบก้น ครีบหาง มีสีเทาอ่อนหรือใส ครีบอกและครีบท้องมีสีใส (สหัส ราชเมืองขวาง, 2557) แสดงดังภาพที่ 7 มีลักษณะนิสัยก้าวร้าว มักกัดทำร้ายกันเอง สำหรับถิ่นที่อยู่อาศัยของปลาฉลาดสามารถพบได้ตามลำคลอง หนอง บึง ทุกภาค

ของประเทศไทย และลักษณะอาหารของปลาฉลาด คือ ไข่ปลาทุกชนิด ลูกกุ้ง ลูกปลา และแมลงน้ำ เป็นต้น (สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดราชบุรี, 2549)



ภาพที่ 7 ลักษณะของปลาฉลาด (*Notopterus notopterus*)
ที่มา: Doydee et al. (2012)

2.7.3 ปลาช่อน (*Channa striata*) มีลักษณะลำตัวอ้วน กลม และเรียวยาว ส่วนหน้าของลำตัวมีลักษณะคล้ายทรงกระบอก ส่วนท้ายของลำตัวแบนข้างเล็กน้อย ตาอยู่ทางด้านหน้าของหัว มีปากกว้าง ขากรรไกรบนยาวเลยขอบหลังของตา หัวกว้างและแบน มีฟันขนาดเล็กอยู่บนเพดานปาก ด้านบนและด้านข้างของหัวปกคลุมด้วยเกล็ด มีอวัยวะช่วยหายใจอยู่ที่โพรงด้านบนของเหงือกเหมือนปลาในสกุลเดียวกัน ครีบหลังและครีบก้นยาว ฐานของครีบหลังยาวกว่าฐานของครีบก้น ครีบทุกครีบไม่มีก้านครีบแข็ง เกล็ดบนเส้นข้างลำตัวมีจำนวน 42 – 57 เกล็ด ครีบหางกลม และมีลำตัวด้านบนและด้านหลังมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลดำ ลำตัวด้านล่างและส่วนท้องมีสีขาวเหลือง มีแถบสีตามขวางลำตัวในแนวเฉียงขึ้นและเฉียงลงจากหลังครีบอกถึงฐานครีบหาง ครีบทุกครีบมีแถบสีเทากระจายอยู่ทั่วยกเว้นครีบอก โดยทั่วไปพบมีขนาดลำตัวยาว 30 – 40 cm (สหัส ราชเมืองขวาง, 2557) แสดงดังภาพที่ 8 มีลักษณะนิสัยก้าวร้าว ชอบไล่กัดปลาชนิดอื่น โดยเฉพาะในช่วงฤดูผสมพันธุ์ และวางไข่แม่ปลาช่อนจะมีนิสัยดุร้ายมากกว่าปกติ เพื่อป้องกันอันตรายให้แก่ ลูกปลา สำหรับถิ่นที่อยู่อาศัยของปลาช่อนสามารถพบได้ทั่วไปในแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง และทุ่งนาที่มีน้ำขังหรืออาศัยอยู่ในระดับน้ำลึกไม่เกิน 1 m ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย และลักษณะอาหารของปลาช่อน คือ ปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อ (Carnivorous fish) ลูกปลาช่อนขนาดเล็ก มีนิสัยการกินอาหารเช่นเดียวกับปลาช่อนที่มีขนาดโตเต็มวัย จะแตกต่างกันเพียงขนาดของอาหารเท่านั้น ตัวอย่างอาหารของลูกปลาช่อน คือ ไรน้ำ ลูกกุ้ง และลูกปลาขนาดเล็ก เป็นต้น ส่วนปลาช่อนที่มีขนาดโตเต็มวัยจะกินพวกกุ้ง และปลาชนิด

ต่างๆ รวมทั้ง กบ เขียดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามสัดส่วนของลำตัว (สืบสิน สนธิรัตน, ประจิตร วงศ์รัตน์, และเวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2516)

ภาพที่ 8 ลักษณะของปลาช่อน *(Channa striata)*
ที่มา: Doydee et al. (2012)

2.8 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR)

Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลเกี่ยวกับโครงสร้างทางโมเลกุลทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ นิยมใช้วิเคราะห์ทดสอบพันธะเคมีในโมเลกุล สารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ ใช้ได้ดีกับสารตัวอย่างที่มีความบริสุทธิ์สูงทั้งที่อยู่ในรูปของแข็ง (Solid) ของเหลว (Liquid) และก๊าซ (Gas) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้แม้ตัวอย่างมีปริมาณน้อย โดยศึกษาแทรนซิชั่นของการสั่นหรือการหมุนของหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลของสารนั้นๆ ซึ่งเป็นเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงหรือการดูดกลืนรังสีช่วงกลางอินฟราเรด (Middle infrared region) เมื่อแสงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นต่างๆ ผ่านสู่สารอินทรีย์พันธะเคมีในโมเลกุลของสารจะดูดกลืนพลังงานที่ค่าความยาวคลื่นหนึ่ง ซึ่งข้อมูลนี้จะถูกนำไปประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ใช้สมการเชิงอนุพันธ์ที่เรียกว่าฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม (Fourier Transform) ซึ่งจะคำนวณพลังงานของแต่ละความยาวคลื่นและแปรผลออกมาเป็นสเปกตรัม เนื่องจากสารแต่ละชนิดจะมีค่าสเปกตรัมที่มีลักษณะที่เฉพาะ จึงสามารถนำมาเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของสารเพื่อใช้ในการพิสูจน์และบ่งชี้ชนิดของสารตัวอย่างได้ (วรางคณา อนุชิตโอฬาร, 2546)

ช่วงคลื่นอินฟราเรด (0.78 – 1,000 cm^{-1}) อยู่ระหว่างช่วงคลื่นวิสิเบิล (Visible light) และช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) ช่วงคลื่นอินฟราเรดแบ่งย่อยออกเป็น 3 ช่วง แสดงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงช่วงคลื่นอินฟราเรด

ช่วงคลื่น	ช่วงความยาวคลื่น (μm)	เลขคลื่น (cm^{-1})
อินฟราเรดย่านใกล้ (near IR: NIR)	0.78 – 2.5	12,800 – 4,000
อินฟราเรดย่านกลาง (mid IR or fundamental IR)	2.5 – 50	4,000 – 200
อินฟราเรดย่านไกล (far IR)	50 – 1,000	200 – 10

ที่มา: นัฐยา ประมวลทรัพย์ (2557)

ช่วงคลื่นอินฟราเรดที่ถูกนำมาใช้มากอยู่ในช่วง 4,000 – 670 cm-1 สำหรับช่วงอินฟราเรดย่านกลางจะให้แถบการดูดกลืน (Absorption bands) ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของหมู่ฟังก์ชัน และข้อมูลที่เกี่ยวกับโครงสร้างของโมเลกุล ช่วงคลื่นอินฟราเรดมีพลังงานไม่เพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลเกิดการแทรกซิชันได้ แต่ทำให้เกิดการแทรกซิชันที่เกิดจากการสั่น (Vibration) ของพันธะภายในโมเลกุล ช่วงคลื่นอินฟราเรดมีพลังงานไม่เพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลเกิดการแทรกซิชันได้ แต่ทำให้เกิดการแทรนซิชันที่เกิดจากการสั่นของโมเลกุล สเปกตรัมที่ได้มีลักษณะเป็นแถบที่แคบและอยู่ใกล้กันมากหรือมีการซ้อนเหลื่อมกันของสเปกตรัม การเกิดแทรนซิชันจะมีทั้งหารแทรนซิชันระหว่างระดับพลังงานของการสั่นและการหมุนด้วย (Rotational and vibrational energy lenel) (นัฐยา ประมวลทรัพย์, 2557)

2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhao et al. (2014) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซีของประเทศจีน และบริเวณทะเลจีนทางด้านตะวันออก ในช่วงที่น้ำลดลงต่ำสุด โดยใช้วิธีการทำให้ตะกอนลอย (Flotation) และทำการวิเคราะห์รูปร่างและลักษณะของไมโครพลาสติกภายใต้กล้อง Stereomicroscope ผลการศึกษาพบค่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติก เท่ากับ 4,137.3±2,461.5 และ 0.167±0.138 items/m^3 ในตัวอย่างน้ำจากปากแม่น้ำแยงซีและน้ำจากทะเลจีนทางด้านตะวันออก ตามลำดับ ซึ่งความหลากหลายของพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซีจะมีความหลากหลายมากกว่าพลาสติกที่พบในน้ำจากทะเลจีนตะวันออก โดยลักษณะไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซี คือ แบบเส้นใย (Fiber) รองลงมา คือ แบบเม็ดเล็กๆ (Granule) และแบบฟิล์ม (Film) คิดเป็นร้อยละ 79.1, 11.6 และ 9.1 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ตามลำดับ สีของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซีส่วน

ใหญ่เป็นลักษณะโปร่งใสหรือไม่มีสี รองลงมาคือ มีสีทึบ สีขาว และสีดำ คิดเป็นร้อยละ 58.9, 26.1, 8.7 และ 6.2 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซีส่วนใหญ่มีขนาดมากกว่า 0.5 – 1 mm คิดเป็นร้อยละ 67 ของไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมด และลักษณะไมโครพลาสติกที่พบในน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนทางด้านตะวันออกมากที่สุด คือ แบบเส้นใย (Fiber) รองลงมา คือ แบบเม็ดเล็กๆ (Granule) และแบบฟิล์ม (Film) คิดเป็นร้อยละ 83.2, 14.7 และ 2.1 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ตามลำดับ และสีของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนทางด้านตะวันออกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นสีทึบ รองลงมาคือ โปร่งใสหรือไม่มีสี สีดำ และสีขาว คิดเป็นร้อยละ 57.9, 28.8, 10.3 และ 2.9 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนขนาดของไมโครพลาสติกที่พบส่วนใหญ่ในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซีมีขนาดมากกว่า 0.5 – 1 mm คิดเป็นร้อยละ 35.4 ของไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมด โดยมีสาเหตุของการปนเปื้อนไมโครพลาสติกมาจากบริเวณปากแม่น้ำแยงซี ซึ่งเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศจีน จึงส่งผลให้มีประชากรที่หนาแน่นทำให้บริเวณริมแม่น้ำมีกิจกรรมของมนุษย์ที่หลากหลาย รวมถึงมีการปล่อยน้ำทิ้งสู่ลงแหล่งน้ำตามธรรมชาติ และมีกิจกรรมการเดินเรือ ซึ่งทำให้เกิดความเสี่ยงในการสะสมของพลาสติกในแม่น้ำแยงซี

Baldwin et al. (2016) ทำการศึกษาเศษพลาสติกใน 29 Great Lakes Tributaries ซึ่งเป็นกลุ่มทะเลสาบน้ำจืดใน 6 รัฐ ของประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 โซน ประกอบด้วย โซนธรรมชาติ โซนที่อยู่ติดกับเขตชุมชนหรือเขตเมือง และโซนพื้นที่การเกษตรกรรม และพบว่าการปนเปื้อนของเศษพลาสติกในแหล่งน้ำจืดเป็นที่น่ากังวลเพิ่มมากขึ้น โดยผลการศึกษาจากตัวอย่างทั้งหมด 107 ตัวอย่าง พบทั้งไมโครพลาสติก (Microplastic) และมาโครพลาสติก (Macroplastic) ซึ่งไมโครพลาสติกที่พบส่วนใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 4.75 mm หรือเรียกได้ว่าเป็นไมโครพลาสติก คือมีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 mm คิดเป็นร้อยละ 98.0 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ลักษณะไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด คือ แบบเส้นใย (Fiber) รองลงมา คือ แบบชิ้นเล็กๆ (Fragment) แบบโฟม (Foam) แบบฟิล์ม (Film) และเม็ดบีท (Pellet/Bead) คิดเป็นร้อยละ 71.0, 17.0, 8.0, 3.0 และ 2.0 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ตามลำดับ และสำหรับประเภทพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด คือ พอลีเอสเตอร์ เรยอน ไนลอน และเซลลูโลส ซึ่งมีสาเหตุของการปนเปื้อนไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มาจากเขตเมือง น้ำไหลบ่าหรือหลุดรอดมาจากระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Plant: WWTP) เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็ก ทำให้สามารถหลุดรอดจากระบบกรองได้ ส่วนไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเป็นแบบเส้นใยจะมีการปนเปื้อนมาจากน้ำเสียหรือน้ำทิ้งจากชุมชนที่มีการซักผ้าและทิ้งน้ำลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ

Ma et al. (2016) ทำการศึกษาผลกระทบของอนุภาคพลาสติกประเภท ไมโครพลาสติก (Microplastic) และนาโนพลาสติก (Nanoplastics) ต่อความเป็นพิษในการสะสมทางชีวภาพ โดยทำการศึกษาความเป็นพิษร่วมกันกับอนุภาคของพลาสติกกับ Phenanthrene (Phe) ซึ่งเป็นสารประกอบของ Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) ต่อสิ่งมีชีวิตที่ทำการศึกษา คือ ไรน้ำ (*Daphnia magna*) ซึ่งสารพิษที่ทำการศึกษา คือ สารประกอบของ PAHs เป็นสารที่มีความเป็นพิษและเป็นสารก่อมะเร็งหรือก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตได้ โดยเมื่อนำไรน้ำที่มีอายุน้อยกว่า 24 ชั่วโมง ให้ได้รับไมโครพลาสติกที่มีความเข้มข้นขนาดต่างๆ และนำไรน้ำดังกล่าวออกมาหลังจากการฟักตัว 48 ชั่วโมง พบว่าเนื้อเยื่อ (Daphnid tissue) ลำไส้ (Daphnid gut) และเปลือก (Carapace) ของไรน้ำ มีการปนเปื้อนทั้งไมโครพลาสติกและนาโนพลาสติก จากผลการศึกษาทำให้พบว่าสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดสามารถกินอนุภาคของไมโครพลาสติกและนาโนพลาสติกได้ จากนั้นอาจทำให้เกิดการตรึง (Immobilization) ของเซลล์สิ่งมีชีวิตและเกิดความเสียหายทางกายภาพต่อไรน้ำ นอกจากนี้ไมโครพลาสติกยังมีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับสารพิษหรือความเป็นพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น การปนเปื้อนจากการใช้สารกำจัดแมลงในการเกษตรที่อาจตกค้างในแหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ และเนื่องจากพลาสติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) หรือไม่ชอบน้ำจึงเกิดการจับตัวกันกับอนุภาคตะกอนแขวนลอยในน้ำ ซึ่งอาจทำให้เกิดการสะสมทางชีวภาพและก่อผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศแหล่งน้ำได้

Su et al. (2016) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในทะเลสาบไท่หู ซึ่งเป็นทะเลสาบที่ใหญ่เป็นอันดับสามของประเทศจีน ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีการพัฒนามากที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศจีน โดยศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินประเภท Plankton net sample น้ำผิวดิน ตะกอนดิน และหอยเอเชีย (*Corbicula fluminea*) ซึ่งแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 เขตการศึกษา ประกอบไปด้วย เขตรับน้ำเสียจากชุมชนหรือเขตเมือง เขตธรรมชาติ และเขตบริเวณกลางบึง ผลการศึกษาพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำประเภท Plankton net sample ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินด้วย Plankton net โดยครึ่งหนึ่งของตาข่ายให้ลอยเหนือผิวน้ำและจมใต้ผิวน้ำที่ระดับความลึกไม่เกิน 0.3 m ลากตาข่ายด้วยระดับความเร็ว 2 km/hr เป็นเวลา 1 – 30 min ผลพบไมโครพลาสติกใน Plankton net sample มีค่าเท่ากับ 0.01×10^6 – 6.8×10^6 items/km ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน (Surface water) มีค่าเท่ากับ 3.4 – 25.8 items/l ส่วนความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในตัวอย่างตะกอนดิน มีค่าเท่ากับ 11.0 – 234.6 items/kg และความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในตัวอย่างหอยเอเชีย มีค่าเท่ากับ 0.2 – 12.5 items/g ลักษณะของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ แบบเส้นใย (Fiber) คิดเป็นร้อยละ 48 – 84 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดของทุกประเภทตัวอย่าง และสีของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดินที่เก็บด้วย Plankton net sample

และน้ำผิวดิน ที่พบส่วนใหญ่ คือ สีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 50 – 63 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดในน้ำ ส่วนสีของไมโครพลาสติกในตัวอย่างตะกอนดินและสิ่งมีชีวิตที่พบส่วนใหญ่ คือ ลักษณะโปร่งใสหรือไม่มีสีและสีขาว คิดเป็นร้อยละ 29 – 44 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด และประเภทของพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ เซลโลเฟนหรือกระดาษแก้ว (Cellophane) รองลงมาคือ พอลิเอทิลีน (Polyethylene) พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate) พอลิเอสเตอร์ (Polyester) และพอลิโพรไพลีน (Polypropylene) ซึ่งมีการปนเปื้อนหลักมาจากการรับน้ำเสียจากชุมชนหรือเขตเมืองและการพัดพาหรือมีการแพร่กระจายไมโครพลาสติกโดยกระแสลม

Silva-Cavalcanti et al. (2017) ทำการศึกษาถึงการกินไมโครพลาสติกของปลากดเกาะ (*Hoplosternum littorale*) ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดที่มีการนำมาบริโภคในบริเวณเขตภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้งของทวีปอเมริกาใต้ โดยทำการศึกษาบริเวณแม่น้ำ Pajeú ซึ่งตั้งอยู่ในเขตพื้นที่กึ่งแห้งแล้งทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศบราซิล โดยทำการสุ่มตัวอย่างปลาจากชาวประมงที่ทำการประมงในพื้นที่ จำนวน 48 ตัว ผลการศึกษาพบว่าปลากดเกาะมีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในลำไส้จำนวน 40 ตัว คิดเป็นร้อยละ 83 ของตัวอย่างปลาทั้งหมด และจำนวนการกินอนุภาคของพลาสติกของปลาจะมีปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละสถานี ซึ่งสถานีที่พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในปลากดเกาะมากที่สุด คือ สถานีที่ 1 ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการรองรับน้ำจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นอันดับแรก โดยมีจำนวนอนุภาคพลาสติกมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเป็น 8.8 items/individual การศึกษาความหนาแน่นและความหลากหลายของเศษพลาสติกในลำไส้ของปลา พบมีเศษพลาสติกขนาดมากกว่า 5 mm ภายในลำไส้ของปลาถึงร้อยละ 83 ของจำนวนปลาทั้งหมด ถือเป็นความถี่สูงสุดที่พบในรายงานสำหรับปลาชนิดนี้ และพบไมโครพลาสติกขนาด น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 mm ภายในลำไส้ของปลาถึงร้อยละ 88.6 ของจำนวนปลาทั้งหมดไมโครพลาสติกที่พบในลำไส้ปลาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นแบบเส้นใย (Fiber) คิดเป็นร้อยละ 46.6 ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดมีความเสี่ยงที่จะเกิดการปนเปื้อนมลพิษจากไมโครพลาสติกได้ ทั้งนี้แม่น้ำ Pajeú เป็นส่วนหนึ่งของเมือง Serra Talhada ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดที่ตั้งอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำ ทำให้ได้รับน้ำเสียจากชุมชน กิจกรรมการเกษตร การใช้น้ำในเชิงนันทนาการ เช่น ใช้เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจหรือใช้ในกิจกรรมการตกปลา เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเรื่อง การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยในรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ โดยศึกษาข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ การใช้ประโยชน์ที่ดิน การประกอบอาชีพ และทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน และปลา โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 เขต โดยพิจารณาจากแหล่งกำเนิดมลสารที่ไหลลงสู่ระบบนิเวศบึงบอระเพ็ด ลักษณะความหนาแน่นของประชากร และลักษณะการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำบริเวณรอบพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่าง จำนวน 3 เขตพื้นที่ ดังตารางที่ 6 และแสดงรายละเอียดสถานีเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินดังภาพที่ 9 และสถานีเก็บตัวอย่างปลาดังภาพที่ 10 ดังนี้

สถานีเก็บตัวอย่างเขตพื้นที่ 1	เขตพื้นที่ชุมชน (Urban zone: U)
สถานีเก็บตัวอย่างเขตพื้นที่ 2	เขตพื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural zone: A)
สถานีเก็บตัวอย่างเขตพื้นที่ 3	เขตพื้นที่ธรรมชาติ บริเวณกลางบึง (Natural zone: N)

ตารางที่ 6 แสดงเขตพื้นที่การใช้ประโยน์ที่ดิน และจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

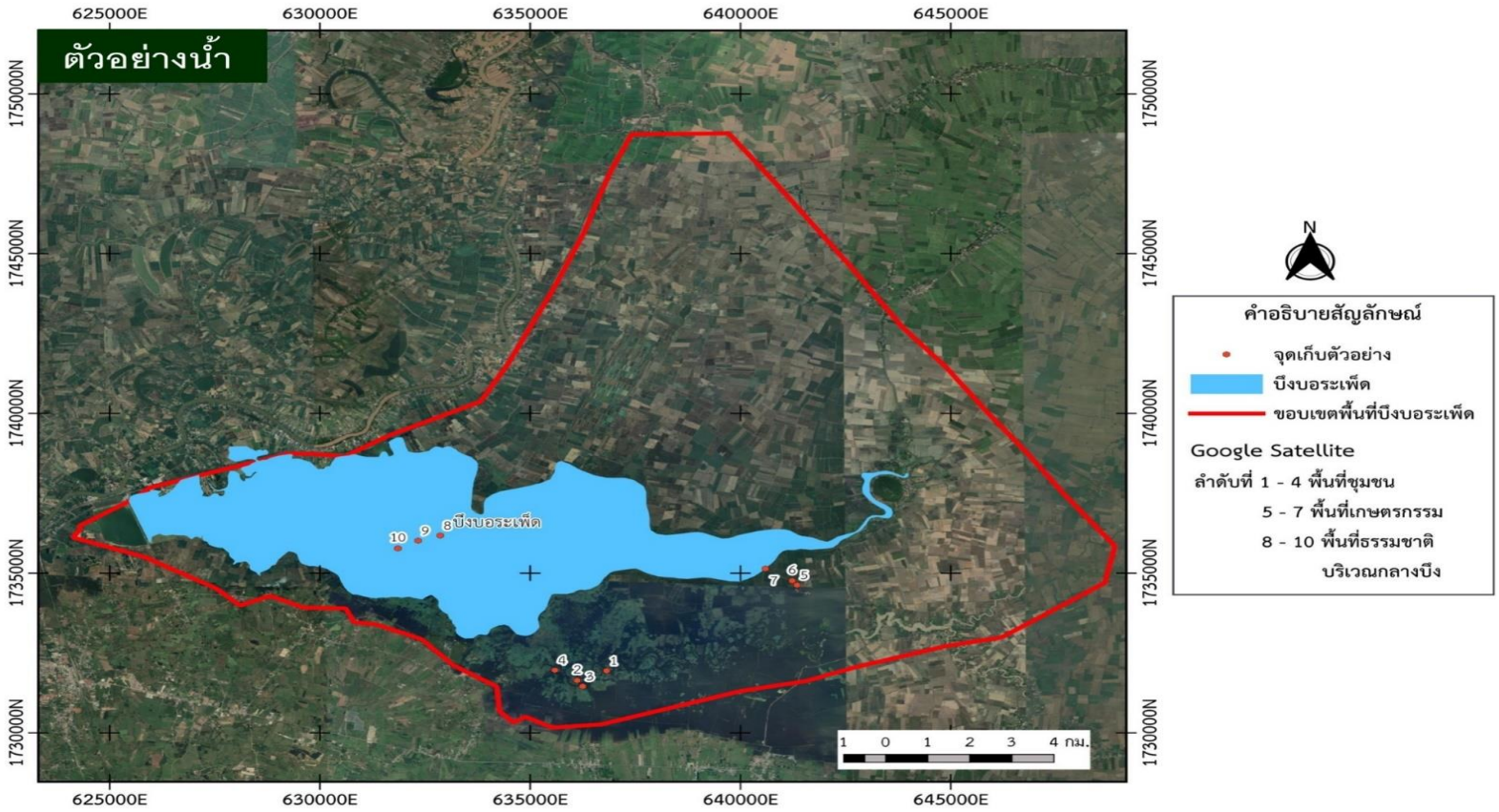
จุดที่	สถานี	เขตพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัญลักษณ์
1.	เหนือบ้านห้วยหิน	พื้นที่ชุมชน	U1
2.	กลางบ้านห้วยหิน จุดที่ 1	พื้นที่ชุมชน	U2
3.	กลางบ้านห้วยหิน จุดที่ 2	พื้นที่ชุมชน	U3
4.	ท้ายบ้านห้วยหิน	พื้นที่ชุมชน	U4
5.	ต้นน้ำคลองรางบัว	พื้นที่เกษตรกรรม	A1
6.	กลางน้ำคลองรางบัว	พื้นที่เกษตรกรรม	A2
7.	ท้ายน้ำคลองรางบัว	พื้นที่เกษตรกรรม	A3
8.	พื้นที่ธรรมชาติบริเวณกลางบึง จุดที่ 1	พื้นที่ธรรมชาติ	N1
9.	พื้นที่ธรรมชาติบริเวณกลางบึง จุดที่ 2	พื้นที่ธรรมชาติ	N2
10.	พื้นที่ธรรมชาติบริเวณกลางบึง จุดที่ 3	พื้นที่ธรรมชาติ	N3

3.2 การเก็บตัวอย่างและการรักษาตัวอย่าง

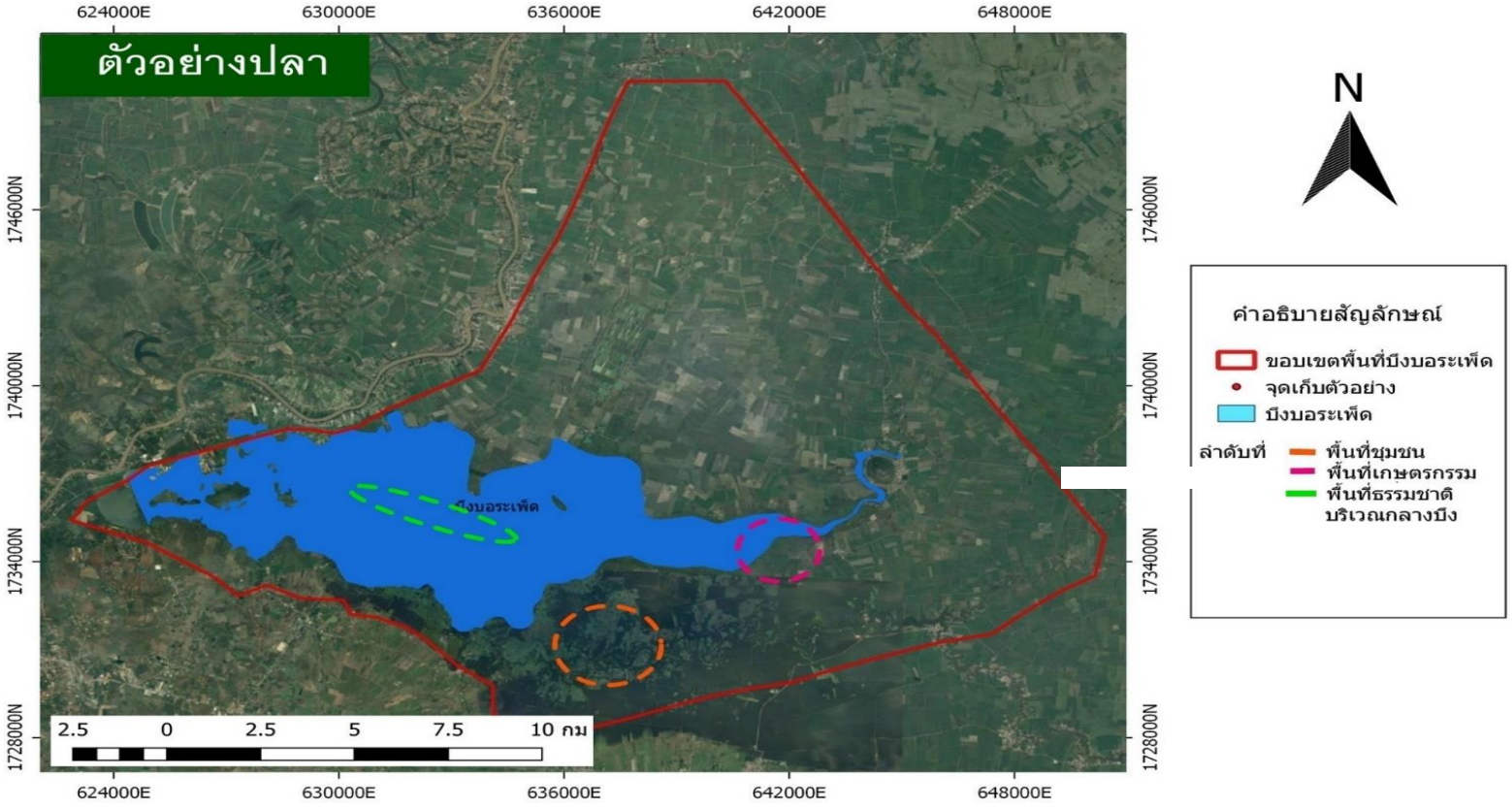
การเก็บตัวอย่างและการรักษาสภาพของตัวอย่างน้ำผิวดิน และปลา ที่ได้จากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ มีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 ตัวอย่างน้ำผิวดิน

การศึกษาตรวจวัดน้ำผิวดินในครั้งนี้ ได้ดำเนินการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำทั่วไปในภาคสนามด้วยเครื่องมือตรวจวัดค่าดัชนีต่างๆ ในภาคสนาม ได้แก่ ค่า Temperature, pH, DO, EC และ TDS ซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่อง Multiprobe analyzer (YSI 556 MPS) ค่า Turbidity ตรวจวัดด้วยเครื่อง Turbidity meter (2100Q) และค่า Transparency ตรวจวัดด้วย Secchi disks และเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ณ จุดเก็บตัวอย่าง 2 ลักษณะ คือ 1) จ้วงเก็บน้ำผิวดินที่ระดับผิวหน้าน้ำถึงความลึก 30 cm เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งละลายน้ำ (TSS) และ 2) เก็บน้ำผิวดินที่ระดับผิวหน้าน้ำถึงความลึก 30 cm ด้วยการลาก Plankton net ขนาด 333 mesh ที่ความเร็ว 2 km/h เป็นเวลา 1 – 30 min โดยการศึกษาครั้งนี้จะทำการลาก Plankton net ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm ที่บริเวณผิวหน้าน้ำ โดยให้ขอบด้านบนสุดของ Plankton net อยู่ผิวหน้าน้ำ เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์หาไมโครพลาสติก ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ Su et al. (2016) ทำการเก็บ



ภาพที่ 9 จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์



ภาพที่ 10 จุดเก็บตัวอย่างปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

ตัวอย่างน้ำผิวดิน จำนวน 3 – 4 จุดต่อเขตพื้นที่ รวมทั้งหมด 10 จุดเก็บตัวอย่าง และทำการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินใน 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง (Dry period) ระหว่างเดือนมีนาคม – พฤษภาคม พ.ศ. 2562 และฤดูฝน (Wet period) ระหว่างเดือนกันยายน – พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินฤดูกาลละ 3 เดือน เดือนละ 1 ครั้ง จากนั้นนำตัวอย่างน้ำที่ได้เก็บไว้ในขวดแก้ว ขนาด 100 ml รักษาตัวอย่างด้วยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ℃

3.2.2 ตัวอย่างปลา

วิธีการเก็บตัวอย่างปลาเพื่อการตรวจวิเคราะห์ไมโครพลาสติก ได้ทำการเก็บตัวอย่างปลา 2 กลุ่มหลัก คือ 1) ปลากินพืช คือ ตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) ซึ่งเป็นปลากินพืชที่หากินบริเวณกลางน้ำ และ 2) ปลากินสัตว์ คือ ปลาฉลาด (*Notopterus notopterus*) ซึ่งเป็นปลากินสัตว์ที่หากินบริเวณกลางน้ำ และปลาช่อน (*Channa striata*) ซึ่งเป็นปลากินสัตว์ที่หากินบริเวณพื้นท้องน้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างปลาที่ได้จากการวางข่ายและวางเบ็ดของชาวประมง ในแต่ละเขตพื้นที่ศึกษาจำนวนรวม 3 เขตพื้นที่ (Zone) คือ เขตพื้นที่ชุมชน เขตพื้นที่เกษตรกรรม และเขตพื้นที่ธรรมชาติ บริเวณกลางบึง ซึ่งเป็นเขตพื้นที่ศึกษาเดียวกับพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน แสดงดังภาพที่ 11 โดยจะใช้ปลาที่มีขนาดโตเต็มวัยที่มีขนาดใกล้เคียงกันเป็นตัวอย่างปลาในการศึกษา ทำการเก็บตัวอย่างปลาใน 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง (Dry period) และฤดูฝน (Wet period) เก็บตัวอย่างปลาฤดูกาลละ 3 เดือน เดือนละ 1 ครั้ง และในแต่ละเขตพื้นที่ทำการเก็บตัวอย่างปลา จำนวน 3 ชนิด ชนิดละ 2 ซ้ำ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ℃ เพื่อรักษาคุณภาพของตัวอย่างปลา

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำผิวดิน และปลา ที่ได้จากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ มีรายละเอียด ดังนี้

3.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดิน

การตรวจวิเคราะห์น้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ มีค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่ทำการศึกษา โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดในภาคสนาม แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การตรวจวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปและวิธีการตรวจวิเคราะห์

ลำดับ	พารามิเตอร์	เครื่องมือ/วิธีวิเคราะห์
1.	อุณหภูมิ (Temperature)	Thermometer
2.	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH meter
3.	ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen: DO)	DO meter
4.	ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: EC)	EC meter
5.	ความโปร่งแสง (Transparency)	Secchi disk
6.	ความขุ่น (Turbidity)	Turbidity meter
7.	ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solid: TDS)	TDS meter

นอกจากการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปในภาคสนามแล้ว ตัวอย่างน้ำผิวดินจะถูกนำมาวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกและค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solid: TSS) ในห้องปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) การวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดด้วยวิธี Glass fiber filter disc

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 1 hr ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก (B) เก็บกระดาษกรองไว้ในเดสิกเคเตอร์จนกว่าจะใช้ทดลอง
2. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศ
3. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกแล้วเปิดเครื่องดูดอากาศ เพื่อให้กระดาษกรองแนบติดกับกรวยบุคเนอร์

4. ตวงปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้ว 100 ml แล้วเทน้ำตัวอย่างลงในกรวยบุคเนอร์และเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนน้ำแห้ง แล้วล้างเครื่องกรองด้วยน้ำกลั่น 10 ml เปิดเครื่องทิ้งไว้ 3 min

5. เมื่อแห้งแล้วนำกระดาษกรองออกวางในภาชนะเดิม (อาจใช้ถ้วยระเหยหรือกระดาษอลูมิเนียมก็ได้) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 hr ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิเสคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก (A)

6. ของแข็งที่กรองได้นี้ สามารถนำไปวิเคราะห์หาค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

การคำนวณค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในตัวอย่างน้ำผิวดิน

จากสมการ

$$\text{ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (mg/l)} = \frac{(A-B) \times 10^6}{Volume\ (ml)}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของกระดาษกรองและของแข็งแขวนลอย (g)

B = น้ำหนักของกระดาษกรอง (g)

2) การวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน

1. การวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน ดำเนินการโดยดัดแปลงมาจากวิธีการของ Masura, Baker, Foster, Arthur, & Herring (2015) โดยนำตัวอย่างน้ำผิวดินมากรองผ่านผ้ากรองที่มีรูพรุนขนาด 300 µm จากนั้นใช้น้ำกลั่นฉีดล้างตัวอย่างที่ติดอยู่บนผ้ากรอง ใส่ลงในบีกเกอร์

2. นำตัวอย่างที่ได้จากการกรองติดอยู่บนผ้ากรองมาย่อยตามกระบวนการ Wet peroxide oxidation (WPO) โดยเติม Fe_2 (II) 20 ml และ 30 % H_2O_2 20 ml ลงในบีกเกอร์และเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 5 min ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปให้ความร้อนพร้อมกวน โดยอุณหภูมิต้องไม่เกิน 75 °C และนำตัวอย่างตั้งในตู้ดูดควันเพื่อให้อุณหภูมิลดลง จากนั้นเติม 30 % H_2O_2 ครั้งละ 20 ml และให้ความร้อนพร้อมกวนไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสารอินทรีย์ในตัวอย่างย่อยหมด

3. นำตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาเติมเกลือ โดยใช้เกลือจำนวน 6 g /ปริมาณตัวอย่าง 20 ml

4. นำตัวอย่างเทใส่กระบอกตวงขนาด 500 ml และตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

5. กรองตัวอย่างผ่านผ้ากรองขนาดตา 300 μm ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผ้ากรองมาส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ หรือสเตอริโอไมโครสโคป (Stereo microscope) สังเกตและจดบันทึกข้อมูลลักษณะรูปร่าง ขนาด และสีของพลาสติกที่พบทั้งหมดในตัวอย่างน้ำผิวดิน

6. ระบุชนิดพอลิเมอร์โดยใช้ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) โดยนำตัวอย่างอนุภาคของแข็งที่พบในน้ำผิวดิน ร้อยละ 20 ของปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด มาระบุชนิดของประเภทพอลิเมอร์ (Su et al., 2016)

3.3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างปลา

ตัวอย่างปลาที่ได้จากพื้นที่ศึกษาจะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไมโครพลาสติกและลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในตัวอย่างปลา โดยวิธีวิเคราะห์ดังนี้

1. การวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในตัวอย่างปลา ดำเนินการโดยดัดแปลงมาจากวิธีการของ Masura et al. (2015) ด้วยการนำตัวอย่างปลามาบันทึกชนิด และชั่งน้ำหนักปลา จากนั้นผ่าท้องปลาแล้วตัดตัวอย่างกระเพาะของปลาเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในบีกเกอร์

2. นำตัวอย่างกระเพาะของปลาในบีกเกอร์มาย่อยตามกระบวนการ Wet peroxide oxidation (WPO) โดยเติม 2 % KOH 20 ml และ 30 % H_2O_2 180 ml (ใช้อัตราส่วน 1: 9) เขย่าให้เข้ากัน

3. นำตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาเติมเกลือ โดยใช้เกลือจำนวน 6 g / ปริมาณตัวอย่าง 20 ml

4. นำตัวอย่างเทใส่กระบอกตวงขนาด 500 ml และตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

5. กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรองที่มีรูพรุนขนาด 20 μm ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำกระดาษกรองมาส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ หรือสเตอริโอไมโครสโคป (Stereo microscope) สังเกตและจดบันทึกข้อมูลลักษณะรูปร่าง ขนาด และสีของพลาสติกที่พบทั้งหมดในกระเพาะของปลา

6. ระบุชนิดพอลิเมอร์โดยใช้ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) โดยนำตัวอย่างอนุภาคของแข็งที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ร้อยละ 10 ของปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด จากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด มาระบุชนิดของประเภทพอลิเมอร์ (Su et al., 2016)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลการปนเปื้อนไมโครพลาสติกของตัวอย่างน้ำผิวดิน และปลา ในห้องปฏิบัติการได้ถูกนำมาทำการวิเคราะห์ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

8.4.1 วิเคราะห์ปริมาณ ประเภท และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน และปลา ในแต่ละลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

8.4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณ ประเภทและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน และปลา จากพื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยใช้สถิติ Kruskal – Wallis test ที่ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05

8.4.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณ ประเภท และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน และปลา จากพื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินเดียวกัน ที่เก็บจากฤดูกาลที่แตกต่างกัน โดยใช้สถิติ Mann – Whitney U test ที่ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเรื่อง การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาเป็น 3 เขตพื้นที่ (Zone) รวมทั้งหมด 10 จุดเก็บตัวอย่าง ทำการศึกษาใน 2 ฤดูกาล ฤดูกาลละ 3 ครั้ง คือ ฤดูแล้ง (Dry period) และฤดูฝน (Wet period) มีผลการศึกษาดังนี้

4.1 คุณภาพน้ำผิวดิน

4.1.1 อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบค่าอุณหภูมิของน้ำ มีค่าระหว่าง 28.1 – 35.9 °C มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.1 °C โดยในช่วงฤดูแล้ง (ระหว่างเดือนมีนาคม – พฤษภาคม) มีค่าระหว่าง 31.3 – 34.1 °C มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.6 °C และในช่วงฤดูฝน (ระหว่างเดือนกันยายน – พฤศจิกายน) มีค่าระหว่าง 28.1 – 35.9 °C มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.5 °C (ตารางที่ 8) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้อุณหภูมิของน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 28.1 – 33.4, 29.1 – 34.4 และ 30.6 – 35.9 °C ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.3, 32.3 และ 32.8 °C ตามลำดับ (ตารางที่ 9) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ

อุณหภูมิที่ตรวจวัดในน้ำผิวดินของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง และในช่วงฤดูฝน ปี 2562 พบว่าทั้งหมดมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ที่กำหนดให้อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติ 3 °C (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) และพบว่าค่าอุณหภูมิของน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝนมีค่าเป็นไปตามอุณหภูมิน้ำของน้ำปกติในแม่น้ำสายสำคัญของประเทศ โดยค่าอุณหภูมิจะผันแปรอยู่ในช่วงระหว่าง 23.0 – 32.0 °C (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534) ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิของน้ำผิวดินในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิน้ำของน้ำปกติในแม่น้ำสายสำคัญของประเทศเล็กน้อย

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จำแนกตามฤดูกาล

พารามิเตอร์	หน่วย	ฤดูกาล	
		ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
Temperature*	℃	32.6±0.7[a]	31.5±1.8[b]
pH*	-	8.2±0.4[a]	7.9±0.5[b]
DO*	mg/l	7.7±0.5[a]	7.1±0.8[b]
EC[ns]	µS/cm	303.4±78.8	337.5±107.6
Transparency*	cm	25.8±9.0[b]	68.0±23.8[a]
Turbidity*	NTU	130.5±127.1[a]	25.1±14.6[b]
TSS*	mg/l	55.3±30.1[b]	89.2±68.1[a]
TDS[ns]	mg/l	157.8±68.7	192.2±57.3

หมายเหตุ: ตารางแสดงค่า Mean±SD

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

พารามิเตอร์	หน่วย	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน		
		พื้นที่ชุมชน	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ธรรมชาติ
Temperature*	℃	31.3±1.4[b]	32.3±1.3[ab]	32.8±1.3[a]
pH*	-	8.3±0.5[a]	7.8±0.3[ab]	7.9±0.4[b]
DO[ns]	mg/l	7.6±0.7	7.1±0.9	7.4±0.5
EC[ns]	µS/cm	292.5±104.5	334.6±86.7	343.6±85.0
Transparency[ns]	cm	50.8±26.1	39.1±24.3	49.4±32.5
Turbidity[ns]	NTU	98.2±146.9	75.5±78.0	52.9±34.4
TSS[ns]	mg/l	71.2±63.4	77.1±45.9	68.7±53.7
TDS[ns]	mg/l	167.9±56.5	173.8±79.2	185.6±62.6

หมายเหตุ: ตารางแสดงค่า Mean±SD

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.1.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ มีค่าระหว่าง 7.0 – 9.8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.1 โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 7.3 – 9.4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.2 และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 7.0 – 9.8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.9 (ตารางที่ 8) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในทั้ง 2 ช่วงฤดูกาล มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 7.5 – 9.8, 7.1 – 8.4 และ 7.0 – 8.5 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.3, 7.8 และ 7.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผิวดินทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้งและในช่วงฤดูฝน ปี 2562 พบว่าทั้งหมดมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพ น้ำผิวดินประเภทที่ 3 และเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ของสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง ที่กำหนดให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ มีค่าระหว่าง 5 – 9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) และพบว่าทั้งหมดมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่กำหนดให้มีค่าระหว่าง 6.5 – 9.0 (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534) ทั้งนี้ในรอบวันค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 หน่วยในรอบวัน (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534; ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

4.1.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen: DO)

ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบค่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าระหว่าง 4.7 – 8.9 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 mg/l โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 6.4 – 8.9 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.7 mg/l และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 4.7 – 8.1 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.1 mg/l (ตารางที่ 8) ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในทั้ง 2 ช่วงฤดูกาล มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ค่าออกซิเจนละลายน้ำจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 5.4 – 8.9, 4.7 – 8.3 และ 5.8 – 8.1 mg/l ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.6, 7.1 และ 7.4 mg/l (ตารางที่ 9) โดยค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำผิวดินจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน

ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้งและในช่วงฤดูฝน ปี 2562 พบว่าทั้งหมดมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ที่กำหนดให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 4.0 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) และพบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำของสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง ที่กำหนดให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าไม่ต่ำกว่า 3.0 mg/l (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศริ, 2528) และจากการรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมประจำปี 2560 พบว่าค่า DO มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6 mg/l ซึ่งจากการรายงานจะพิจารณาคุณภาพของน้ำจากค่า DO ที่กำหนดให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 2.0 mg/l จะถือว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีปัญหาคุณภาพน้ำ ทั้งนี้พบว่าคุณภาพน้ำจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดโดยรวมมีแนวโน้มคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 4, 2560)

4.1.4 ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity)

ผลการตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าของน้ำ ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบค่าความนำไฟฟ้า มีค่าระหว่าง 146.0 – 508.0 µS/cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 320.5 µS/cm โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 187.0 – 419.0 µS/cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 303.4 µS/cm และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 146.0 – 508.0 µS/cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 337.5 µS/cm (ตารางที่ 8) ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในทั้ง 2 ช่วงฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 146.0 – 508.0, 189.0 – 468.0 และ 187.0 – 455.0 µS/cm ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 292.5, 334.6 และ 343.6 µS/cm (ตารางที่ 9) โดยค่าความนำไฟฟ้าของน้ำผิวดินจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ

ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง และในช่วงฤดูฝน ปี 2562 พบว่าทั้งหมดมีค่าเกินกว่ามาตรฐานแหล่งน้ำปกติจะมีค่าการนำไฟฟ้า ประมาณระหว่าง 150 – 300 µS/cm (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) เล็กน้อยและพบว่าทั้งหมดมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเล็กน้อย ที่กำหนดให้มีค่าระหว่าง 150 – 300 µS/cm หรือประมาณ 100 – 200 ppm (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534)

4.1.5 ค่าความโปร่งแสง (Transparency)

ผลการตรวจวัดค่าความโปร่งแสงของน้ำ ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบค่าความโปร่งแสง มีค่าระหว่าง 10 – 100 cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.9 cm โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 10 – 50 cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.8 cm และในช่วงฤดูฝน มีค่า

ระหว่าง 25 – 100 cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.0 cm (ตารางที่ 8) ทั้งนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบค่าความโปร่งแสงเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากช่วงฤดูฝน ค่าความโปร่งแสงของน้ำจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 20 – 100, 10 – 75 และ 20 – 100 cm ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.8, 39.1 และ 49.4 cm (ตารางที่ 9) ทั้งนี้ค่าความโปร่งแสงของน้ำผิวดินจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบค่าความโปร่งแสงเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน

ค่าความโปร่งแสงของผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูฝนมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเล็กน้อย ขณะที่ในช่วงฤดูแล้ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองสัตว์น้ำจืดและเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำของสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง ที่กำหนดให้มีค่าระหว่าง 30 – 60 cm โดยวัดด้วย Secchi disc (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

4.1.6 ค่าความขุ่น (Turbidity)

ผลการตรวจวัดค่าความขุ่นของน้ำ ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบมีค่าระหว่าง 7.5 – 673.0 NTU มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.8 NTU โดยในช่วงฤดูแล้งมีค่าระหว่าง 41.1 – 673.0 NTU มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 130.5 NTU และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 7.5 – 77.4 NTU มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.1 NTU (ตารางที่ 8) ค่าความขุ่นของน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบค่าความขุ่นเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ค่าความขุ่นของน้ำจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 16.1 – 673.0, 16.8 – 313.0 และ 7.5 – 103.0 NTU ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 98.2, 75.5 และ 52.9 NTU ตามลำดับ (ตารางที่ 9) โดยค่าความขุ่นของน้ำจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบค่าความขุ่นเฉลี่ยสูงสุดในน้ำจากพื้นที่ชุมชน

ค่าความขุ่นของน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพของแหล่งน้ำทั่วไป ขณะที่ในช่วงฤดูฝน พบว่าทั้งหมดมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพของแหล่งน้ำทั่วไปที่กำหนดให้แหล่งน้ำโดยทั่วไปไม่ควรมีค่าความขุ่นเกินกว่า 100 NTU (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) และพบว่าค่าความขุ่นของน้ำ ในช่วงฤดูฝนมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ขณะที่ค่าความขุ่นของน้ำในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ของสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง ที่กำหนดให้มีค่าระหว่าง 30 – 60 cm เล็กน้อย (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

4.1.7 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid: TSS)

ผลการตรวจวัดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำ ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบมีค่าระหว่าง 15.0 – 260.0 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.2 mg/l โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 22.0 – 159.0 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.3 mg/l และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 15.0 – 260.0 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.2 mg/l (ตารางที่ 8) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 15.0 – 260.0, 27.0 – 191.0 และ 31.0 – 257.0 mg/l ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.2, 77.1 และ 68.7 mg/l (ตารางที่ 9) ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรม

ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดของน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง และในช่วงฤดูฝน ปี 2562 พบว่าค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำผิวดินจากช่วงฤดูแล้งมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือเป็นแหล่งน้ำเพื่อการประมง ขณะที่ในช่วงฤดูฝนมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพที่กำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 25 – 80 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

4.1.8 ของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solid: TDS)

ผลการตรวจวัดค่าของแข็งละลายทั้งหมดของน้ำ ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบมีค่าระหว่าง 2.0 – 290.0 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 175.0 mg/l โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 2.0 – 235.0 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 157.8 mg/l และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 85.0 – 290.0 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 192.2 mg/l (ตารางที่ 8) ค่าของแข็งละลายทั้งหมดของน้ำจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบค่าของแข็งละลายทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ค่าของแข็งละลายทั้งหมดของน้ำจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 85.0 – 290.0, 2.0 – 265.0 และ 4.0 – 247.0 mg/l ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 167.9, 173.8 และ 185.6 ตามลำดับ (ตารางที่ 9) โดยค่าของแข็งละลายทั้งหมดของน้ำจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ ทั้งนี้พบค่าของละลายทั้งหมดของน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ

ค่าของแข็งละลายทั้งหมดที่ตรวจวัดในน้ำผิวดินของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง และในช่วงฤดูฝน ปี 2562 พบว่าค่าของแข็งละลายทั้งหมดของน้ำในช่วงฤดูแล้ง มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ขณะที่ค่าของแข็ง

ละลายทั้งหมดของน้ำในช่วงฤดูฝน มีค่าสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ที่กำหนดให้มีค่าระหว่าง 100 – 200 mg/l (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534) เล็กน้อย

4.2 อนุภาคของแข็งในน้ำผิวดิน

ผลการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ปี 2562 มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.2.1 ปริมาณ

1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในน้ำผิวดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ซึ่งประกอบด้วยไมโครพลาสติก (Microplastic) และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Non- Microplastic) ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบว่ามีปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิล มีค่าระหว่าง 0 – 8.33 items/m^2 หรือ 0 – 40.00 items/m^3 โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 0 – 8.33 items/m^2 หรือ 0 – 40.00 items/m^3 และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 0 – 1.99 items/m^2 หรือ 0 – 8.57 items/m^3 (ตารางที่ 10) พบมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 0 – 3.45 items/m^2 หรือ 0 – 15.00 items/m^3, 0 – 8.33 items/m^2 หรือ 0 – 40.00 items/m^3 และ 0 – 0.78 items/m^2 หรือ 0 – 3.33 items/m^3 ตามลำดับ (ตารางที่ 11) โดยพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่เกษตรกรรม

ตารางที่ 10 ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

ปริมาณ	หน่วย	ฤดูกาล	
		ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
1. ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล*	ชิ้น	58	27
	Items/m^2	1.42±1.78	0.38±0.52
	Items/m^3	5.97±8.28	1.62±2.24
2. ปริมาณไมโครพลาสติกns	ชิ้น	22	10
	Items/m^2	0.53±1.09	0.13±0.24
	Items/m^3	2.31±4.70	0.57±1.02
3. ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก*	ชิ้น	36	17
	Items/m^2	0.88±1.56	0.24±0.45
	Items/m^3	3.95±7.40	1.05±1.95

หมายเหตุ: ตารางแสดงค่า Mean±SD

1/วิเคราะห์จำแนกจากร้อยละ 20 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในน้ำผิวดิน

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 11 ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปริมาณ	หน่วย	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน		
		พื้นที่ชุมชน	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ธรรมชาติ
1. ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล*	ชิ้น	49	27	9
	Items/m^2	1.15±0.82	1.25±2.26	0.21±0.30
	Items/m^3	4.57±3.55	5.61±10.50	0.95±1.33
2. ปริมาณไมโครพลาสติก*	ชิ้น	26	6	0
	Items/m^2	0.62±0.79	0.29±1.09	0.00±0.00
	Items/m^3	2.66±3.42	1.25±4.69	0.00±0.00
3. ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกns	ชิ้น	23	21	9
	Items/m^2	0.53±0.67	0.96±1.97	0.21±0.30
	Items/m^3	2.27±2.87	4.36±9.39	0.95±1.33

หมายเหตุ: ตารางแสดงค่า Mean±SD

1/วิเคราะห์จำแนกจากร้อยละ 20 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในน้ำผิวดิน

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในน้ำผิวดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 ซึ่งไมโครพลาสติกนี้เป็นส่วนหนึ่งของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดิน โดยวิเคราะห์หาค่าไมโครพลาสติกหรืออนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกปริมาณ ร้อยละ 20 ของจำนวนไมโครพาร์ทิเคิลที่พบทั้งหมดในน้ำผิวดิน พบมีจำนวนไมโครพลาสติกทั้งหมด 32 ชิ้น จากจำนวนไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมด 85 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 37.6 ของจำนวนไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ทั้งนี้พบว่ามีปริมาณของไมโครพลาสติกมีค่าระหว่าง 0 – 4.65 items/m^2 หรือ 0 – 20.00 items/m^3 โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 0 – 4.65 items/m^2 หรือ 0 – 20.00 items/m^3 และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 0 – 0.71 items/m^2 หรือ 0 – 3.03 items/m^3 (ตารางที่ 10) ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม มีค่าระหว่าง 0 – 3.45 items/m^2 หรือ 0 – 15.00 items/m^3 และ 0 – 4.65 items/m^2 หรือ 0 – 20.00 items/m^3 ตามลำดับ ขณะที่ไม่พบไมโครพลาสติกจากพื้นที่ธรรมชาติ (ตารางที่ 11) โดยพบว่าปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ชุมชน

3) อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Non- Microplastic) ในน้ำผิวดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 ซึ่งอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกนี้เป็นส่วนหนึ่งของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดิน พบมีจำนวนอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมด 53 ชิ้น จากจำนวนไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมด 85 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 62.4 ของจำนวนไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบ ทั้งนี้พบว่ามีปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก มีค่าระหว่าง 0 – 8.33 items/m^2 หรือ 0 – 40.0 items/m^3 โดยในช่วงฤดูแล้ง มีค่าระหว่าง 0 – 8.33 items/m^2 หรือ 0 – 40.00 items/m^3 และในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 0 – 1.99 items/m^2 หรือ 0 – 8.57 items/m^3 (ตารางที่ 10) ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 0 – 2.13 items/m^2 หรือ 0 – 9.09 items/m^3, 0 – 8.33 items/m^2 หรือ 0 – 40.00 items/m^3 และ 0 – 0.78 items/m^2 หรือ 0 – 3.33 items/m^3 (ตารางที่ 11) ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่เกษตรกรรม

4.2.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

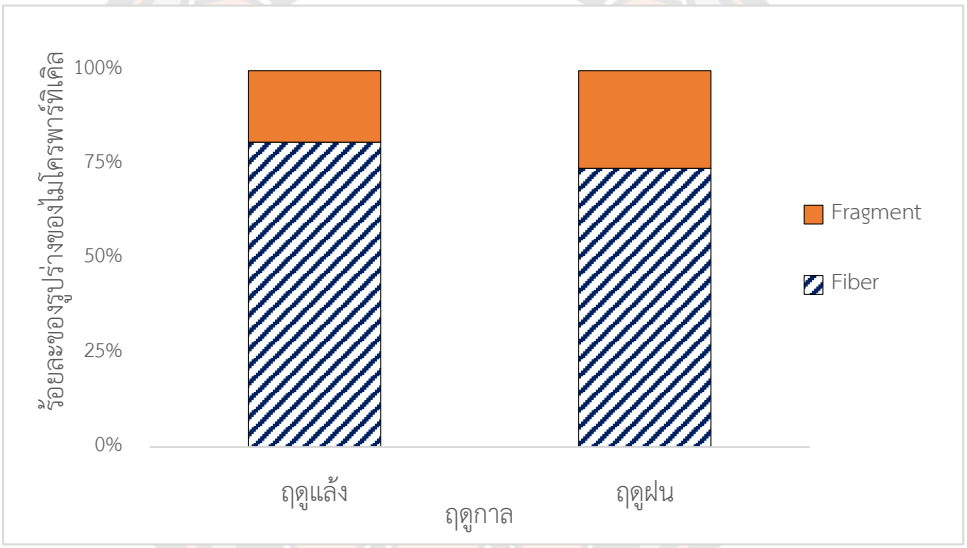
1) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน

1.1) รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิล

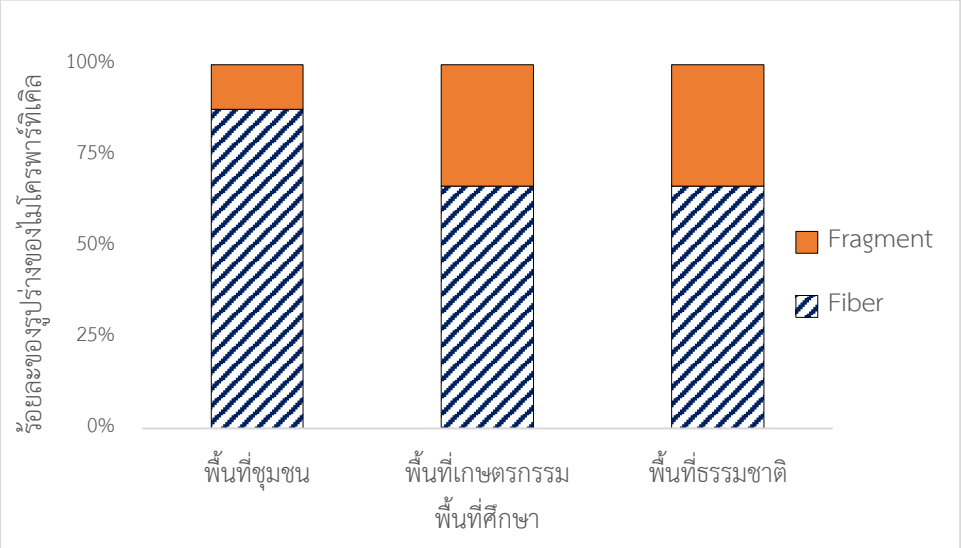
ผลการจำแนกรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 พบจำนวนรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมด 2 รูปร่าง ได้แก่ รูปร่างแบบเส้นใย (Fiber) และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) ทั้งนี้พบไมโครพาร์ทิเคิลแบบเส้นใยมากที่สุด จำนวน 67 ชิ้น จากทั้งหมด 85 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 78.8 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 18 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 21.2

รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 2 รูปร่าง พบเป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 47 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 81.0 และรูปร่างแบบชิ้นแผ่นเล็ก จำนวน 11 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 19.0 (ภาพที่ 11)

และรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 20 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 74.1 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 25.9 (ภาพที่ 11) ทั้งนี้รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 43 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 87.8 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 12.2 (ภาพที่ 12) ส่วนรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรม พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 18 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 9 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 (ภาพที่ 12) และรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 3 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 (ภาพที่ 12)



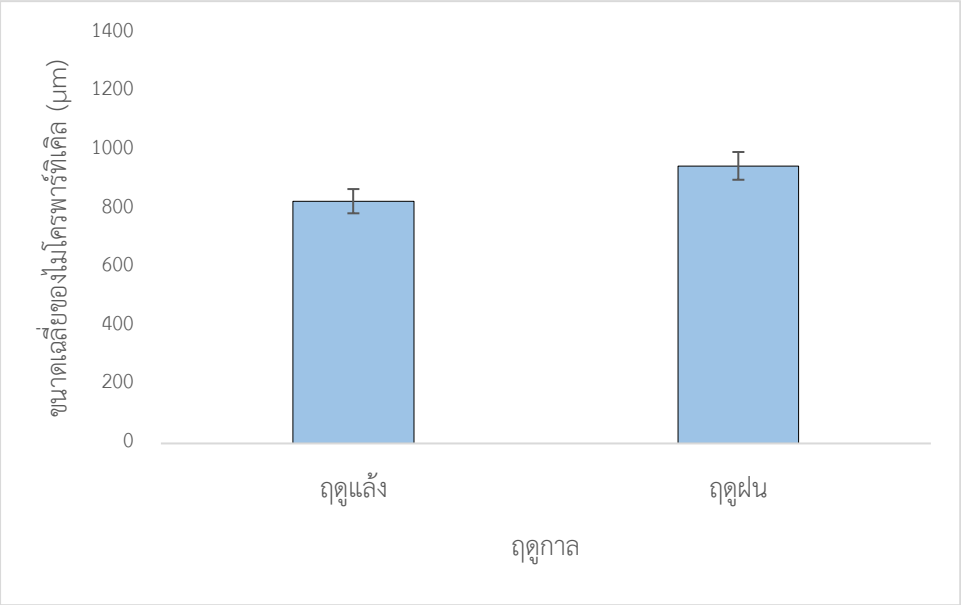
ภาพที่ 11 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



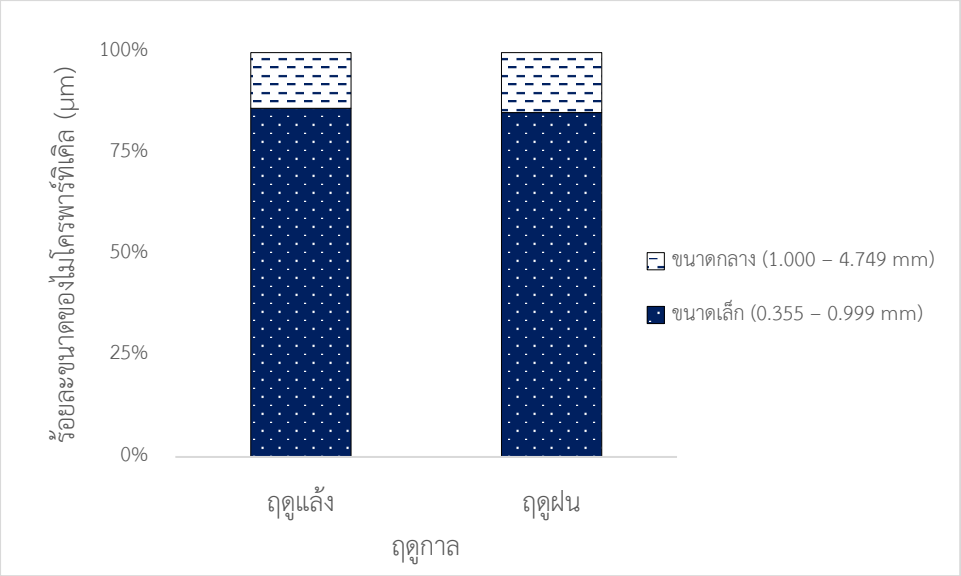
ภาพที่ 12 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.2) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิล

ผลการจำแนกขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบไมโครพาร์ทิเคิลมีขนาดระหว่าง 300 – 3,900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 865.8 µm เป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 73 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 12 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 85.9 และ 14.1 ตามลำดับ ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินมีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 827.5 µm (ภาพที่ 13) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 50 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 86.2 และ 13.8 ตามลำดับ (ภาพที่ 14) และในช่วงฤดูฝน พบไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน มีขนาดระหว่าง 300 – 3,900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 948.1 µm (ภาพที่ 13) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 23 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 85.2 และ 14.8 ตามลำดับ (ภาพที่ 14) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 13)

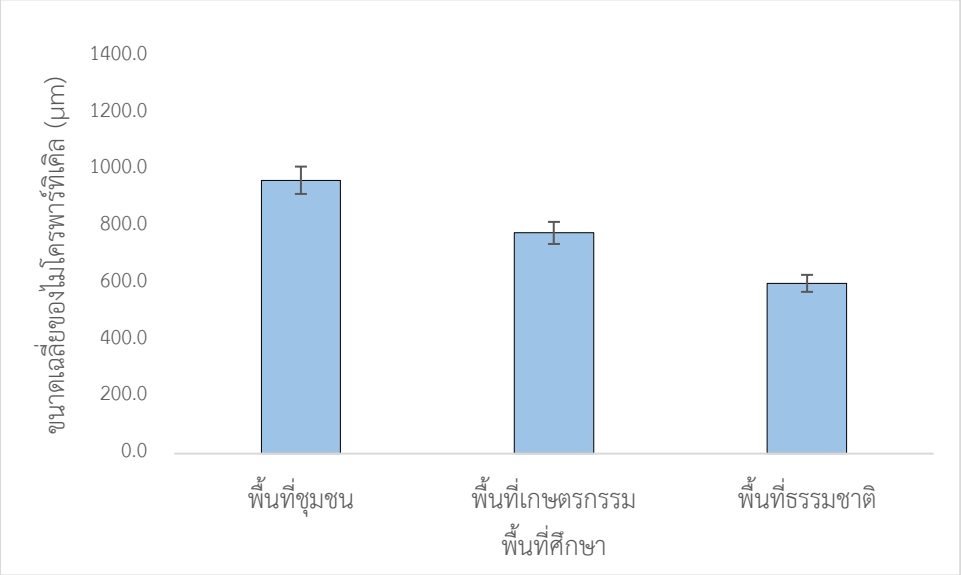


ภาพที่ 13 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

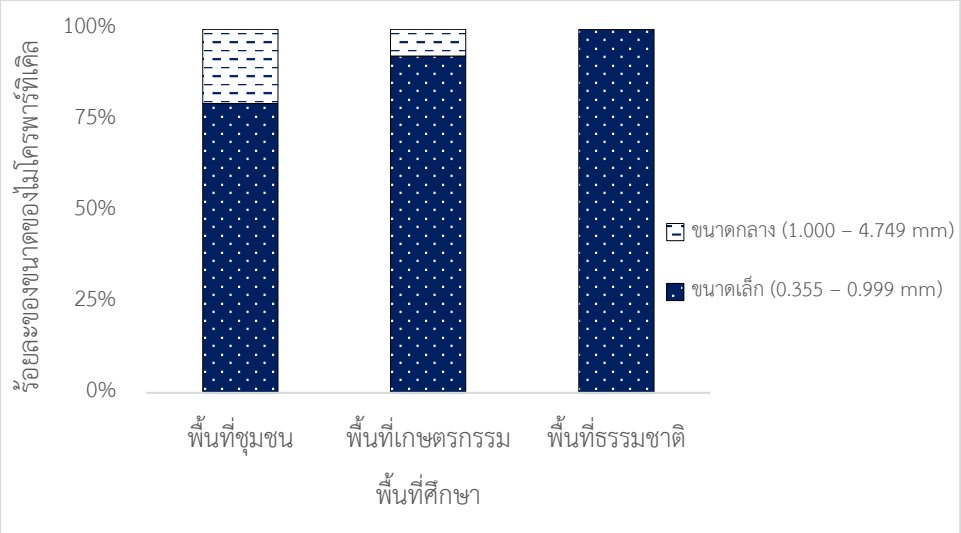


ภาพที่ 14 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน มีขนาดระหว่าง 300 – 3,900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 963.2 µm (ภาพที่ 15) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 39 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 79.6 และ 20.4 ตามลำดับ (ภาพที่ 16) ส่วนขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรมมีขนาดระหว่าง 300 – 1,500 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 777.7 µm (ภาพที่ 15) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 25 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 92.6 และ 7.4 ตามลำดับ (ภาพที่ 16) และขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ มีขนาดระหว่าง 300 – 900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600.0 µm (ภาพที่ 15) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 9 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในน้ำจากพื้นที่ธรรมชาติตามลำดับ (ภาพที่ 16) ทั้งนี้พบขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพบขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่ชุมชน



ภาพที่ 15 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน



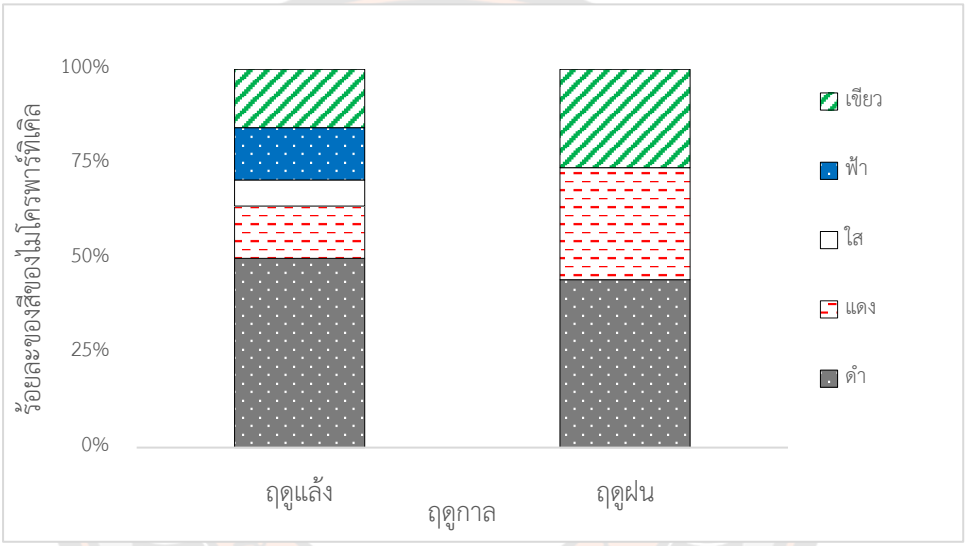
ภาพที่ 16 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.3) สีของไมโครพาร์ทิเคิล

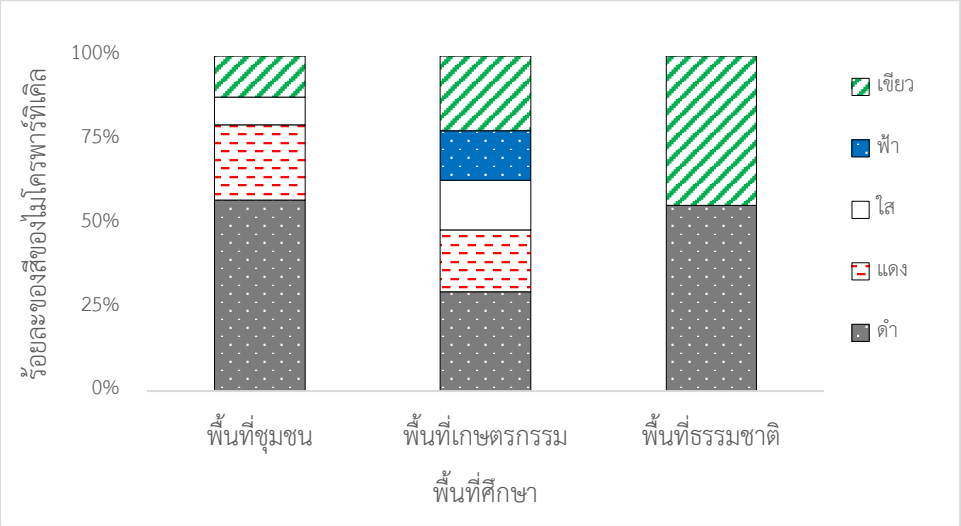
ผลการจำแนกสีของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบสีของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดจำนวน 5 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง สีเขียว สีใสหรือไม่มีสี และสีฟ้า พบเป็นไมโครพาร์ทิเคิลสีดำมากที่สุด จำนวน 41 ชิ้น จากทั้งหมด 85 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 48.2 รองลงมา คือ สีเขียว สีแดง สีใสหรือไม่มีสี และสีฟ้า จำนวน 16, 16, 8 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 18.8, 18.8, 9.4 และ 4.8 ตามลำดับ

สีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบไมโครพาร์ทิเคิล จำนวน 5 สี เป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 29 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 50.0 รองลงมา คือ สีเขียว สีแดง สีฟ้า และสีใสหรือไม่มีสี จำนวน 9, 8, 8 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 15.5, 13.8, 13.8 และ 6.9 ตามลำดับ (ภาพที่ 17) และในช่วงฤดูฝน พบไมโครพาร์ทิเคิล จำนวน 3 สี เป็นไมโครพาร์ทิเคิลสีดำมากที่สุด จำนวน 12 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 44.4 รองลงมา คือ สีแดง จำนวน 8 ชิ้น และสีเขียว จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 29.6 และ 26.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 17) ทั้งนี้สีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบสีของไมโครพาร์ทิเคิล จำนวน 4 สี เป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 28 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 57.1 รองลงมา คือ สีแดง สีเขียว และสีใสหรือไม่มีสี จำนวน 11, 6 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 22.4, 12.3

และ 8.2 ตามลำดับ (ภาพที่ 18) ส่วนสีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรมพบทั้ง 5 สี เป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 29.6 รองลงมา คือ สีเขียว สีแดง สีใสหรือไม่มีสี และสีฟ้า จำนวน 6, 5, 4 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 22.3, 18.5, 14.8 และ 14.8 ตามลำดับ (ภาพที่ 18) และพบสีของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ จำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 5 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 55.6 รองลงมา คือ สีเขียว จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 44.6 (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 17 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

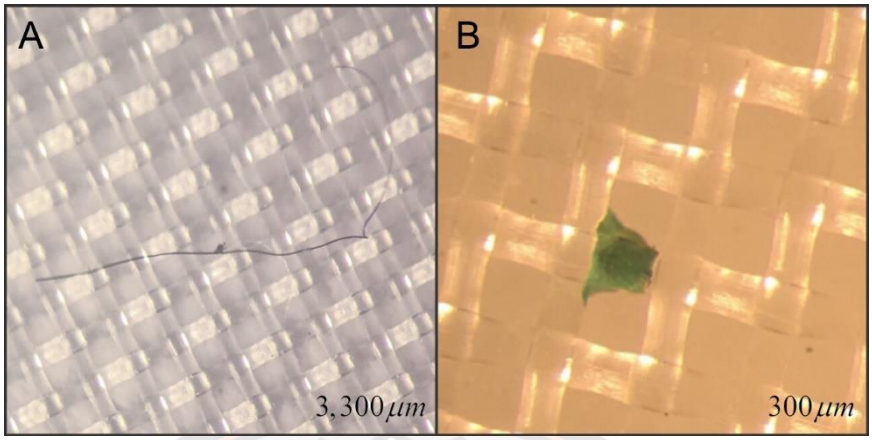


ภาพที่ 18 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

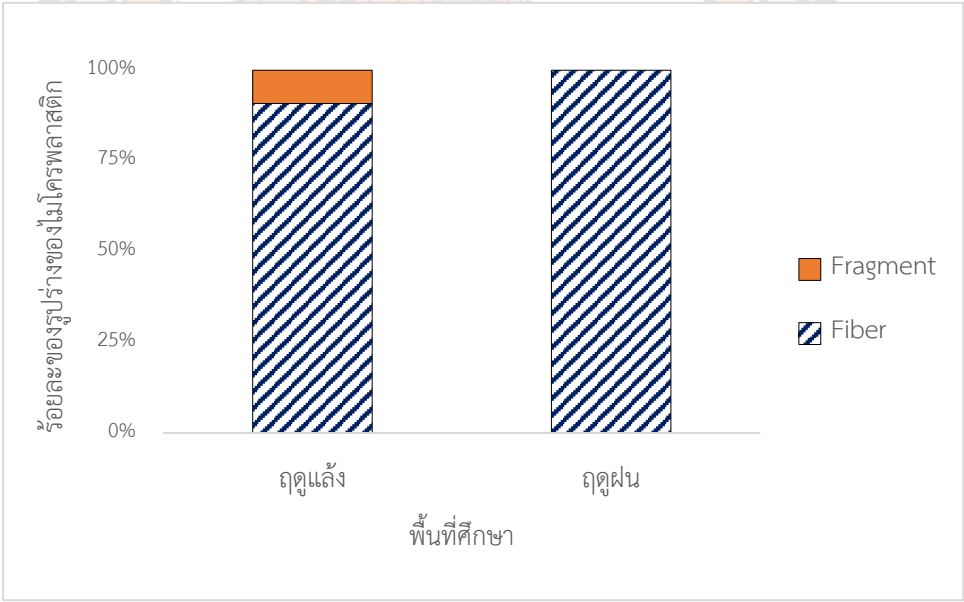
2) ลักษณะทางกายภาพของของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน

2.1) รูปร่างของไมโครพลาสติก

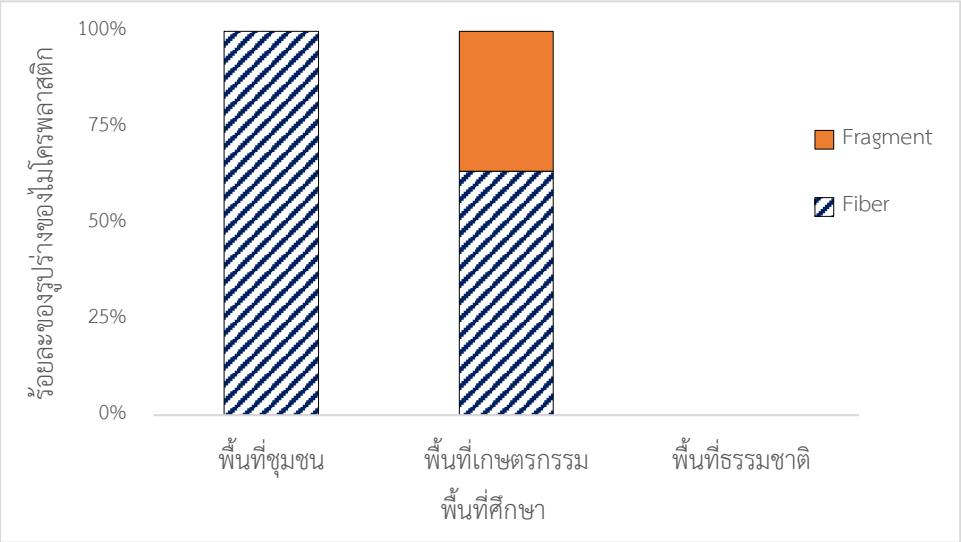
ผลการจำแนกรูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 พบรูปร่างของไมโครพลาสติกจำนวนทั้งหมด 2 รูปร่าง ได้แก่ รูปร่างแบบเส้นใย (Fiber) และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) แสดงดังภาพที่ 19 ทั้งนี้พบไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด จำนวน 30 ชิ้น จากทั้งหมด 32 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 93.8 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 6.2 ทั้งนี้รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 20 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 90.9 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 9.1 (ภาพที่ 20) ขณะที่รูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของรูปร่างของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 20) ทั้งนี้รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 26 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของรูปร่างของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในพื้นที่ชุมชน (ภาพที่ 21) ขณะที่รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรม พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 (ภาพที่ 21) ขณะที่ไม่พบไมโครพลาสติกในพื้นที่ธรรมชาติ



ภาพที่ 19 ลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน
(A) รูปร่างแบบเส้นใย และ (B) รูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก



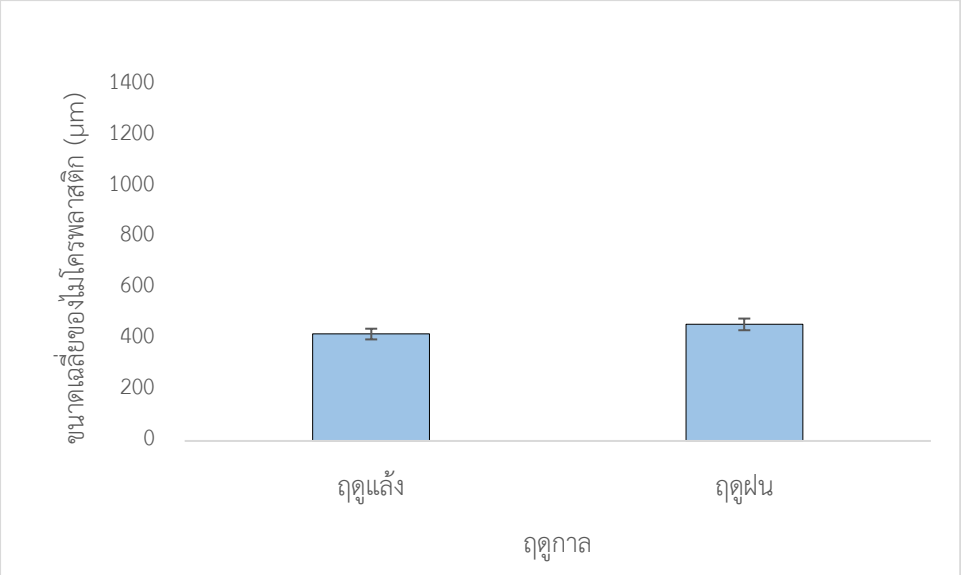
ภาพที่ 20 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



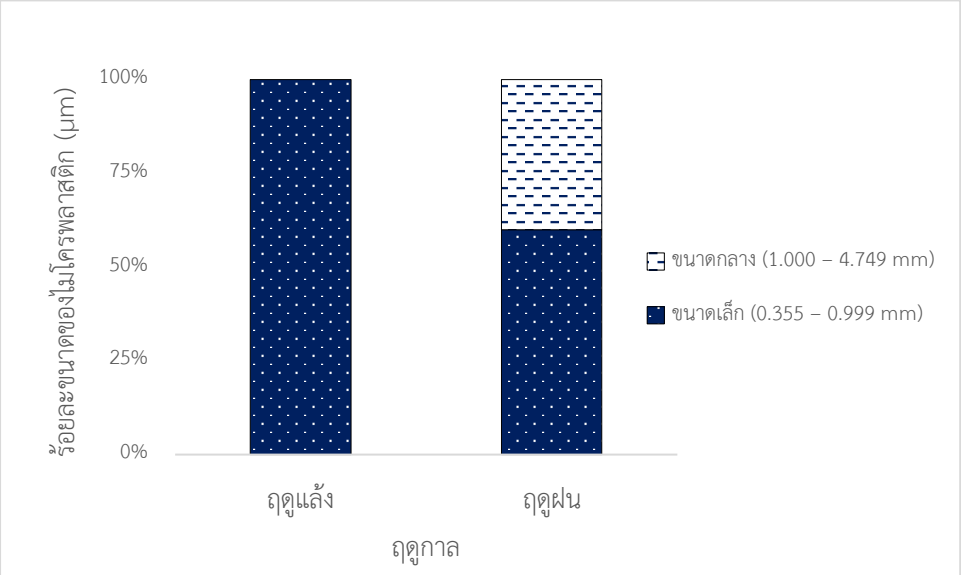
ภาพที่ 21 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.2) ขนาดของไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบไมโครพลาสติกมีขนาดระหว่าง 300 – 1,200 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 562.5 µm ส่วนใหญ่พบเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กที่มีขนาดระหว่าง 355 – 999 µm (Eriksen et al., 2013) จำนวน 28 ชิ้น และพบไมโครพลาสติกขนาดกลาง ซึ่งมีขนาดระหว่าง 1.000 – 4.749 mm (Eriksen et al., 2013) จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 87.5 และ 12.5 ตามลำดับ ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบไมโครพลาสติกในน้ำมีขนาดระหว่าง 300 – 900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 420.0 µm (ภาพที่ 22) ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 22 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของขนาดของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 23) ขณะที่ในช่วงฤดูฝนพบไมโครพลาสติกในน้ำมีขนาดระหว่าง 300 – 1,200 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 458.0 µm (ภาพที่ 22) ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 6 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 60.0 และ 40.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 23) โดยพบว่าขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูฝน

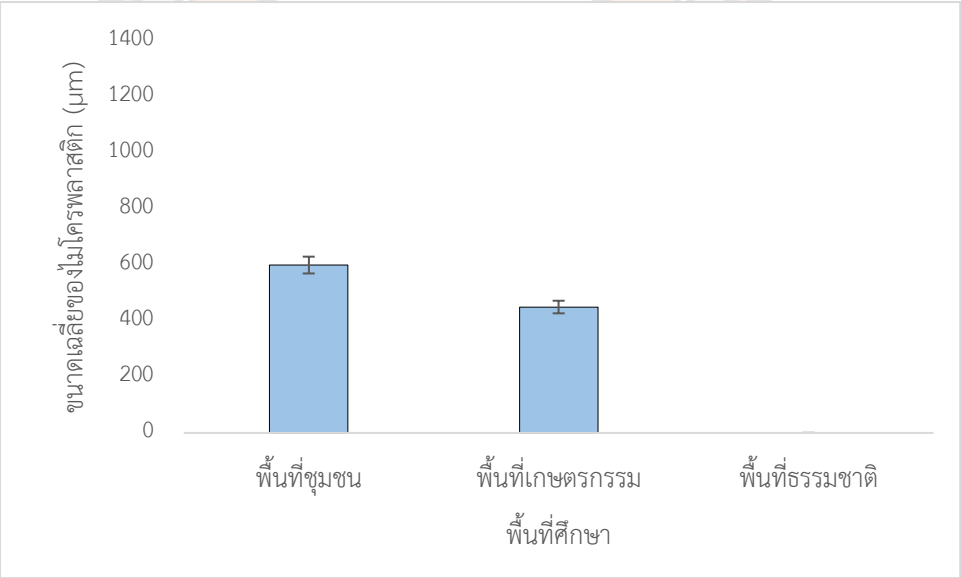


ภาพที่ 22 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

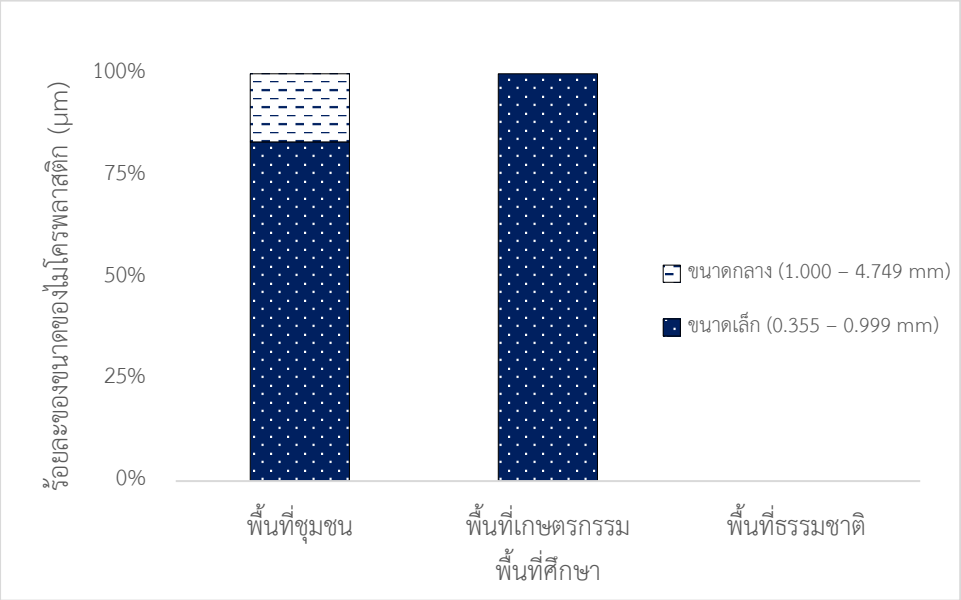


ภาพที่ 23 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

ขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน มีขนาดระหว่าง 300 – 1,200 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600.0 µm (ภาพที่ 24) ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 22 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 84.6 และ 15.4 ตามลำดับ (ภาพที่ 25) ขณะที่ขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรมมีขนาดระหว่าง 300 – 900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 500.0 µm (ภาพที่ 24) ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของขนาดของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในพื้นที่เกษตรกรรม (ภาพที่ 25) ทั้งนี้ไม่พบไมโครพลาสติกในพื้นที่ธรรมชาติ ขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากทั้ง 3 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ศึกษา โดยพบขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่ชุมชน



ภาพที่ 24 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน



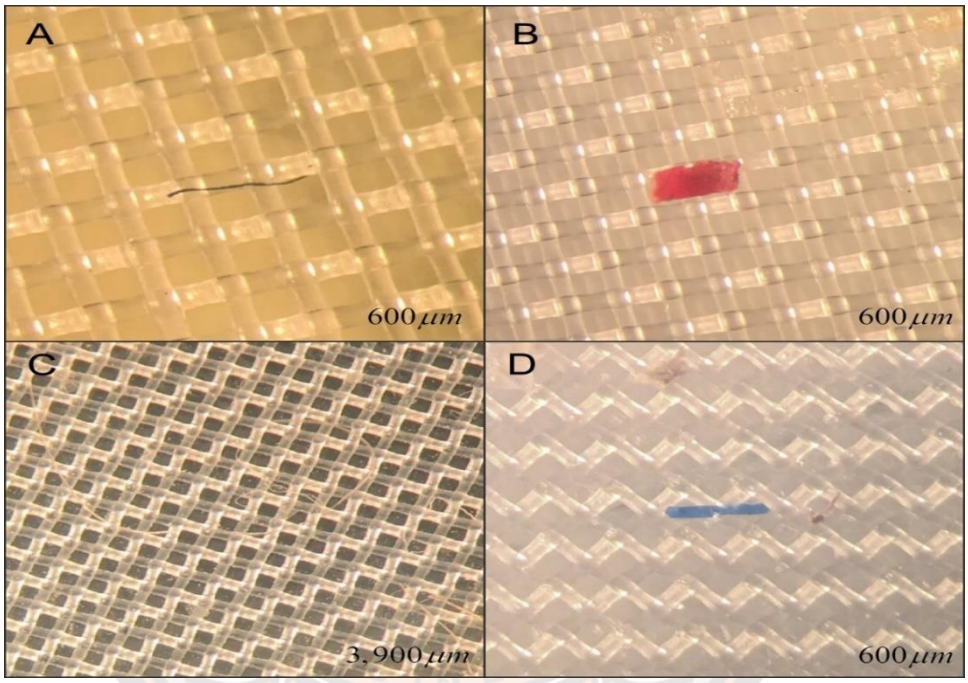
ภาพที่ 25 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.3) สีของไมโครพลาสติก

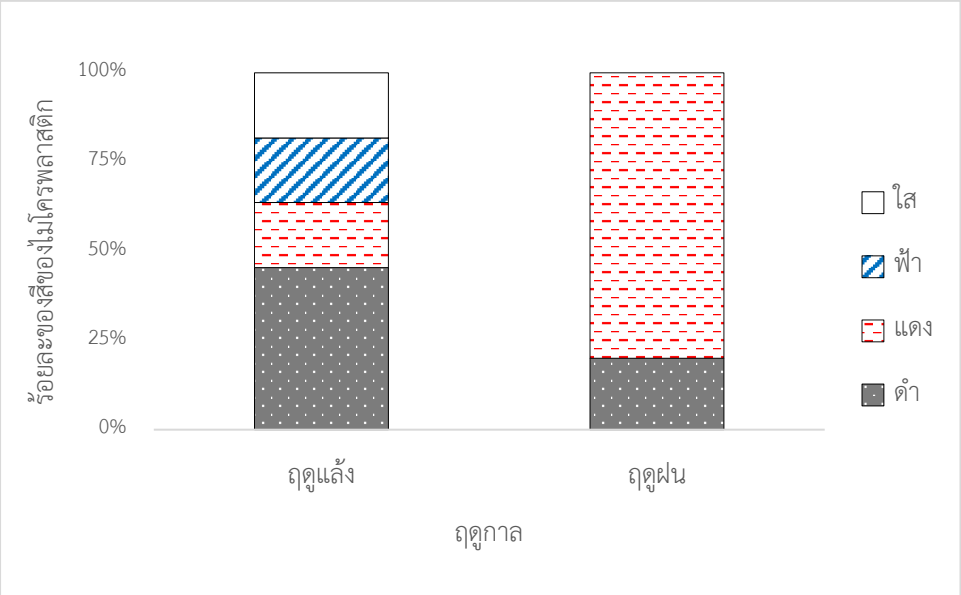
ผลการจำแนกสีของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบสีของไมโครพลาสติกทั้งหมดจำนวน 4 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง สีใสหรือไม่มีสี และสีฟ้า (ภาพที่ 26) ซึ่งพบเป็นไมโครพลาสติกสีดำและสีแดงมากที่สุด จำนวนสีละ 12 ชิ้น รวมเป็น 24 ชิ้น จากทั้งหมด 32 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 37.5 และ 37.5 ตามลำดับ รองลงมา คือ สีใสหรือไม่มีสี และสีฟ้า จำนวนสีละ 4 ชิ้น รวมเป็น 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 12.5 และ 12.5 ตามลำดับ

สีของไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบสีของไมโครพลาสติก จำนวน 4 สี พบเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 45.4 รองลงมา คือ สีแดง สีฟ้า และสีใสหรือไม่มีสี จำนวน 4, 4 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 18.2, 18.2 และ 18.2 ตามลำดับ (ภาพที่ 27) และในช่วงฤดูฝน พบสีของไมโครพลาสติก จำนวน 2 สี พบเป็นสีแดงมากที่สุด จำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 80.0 และสีดำ จำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 20.0 (ภาพที่ 27) ทั้งนี้สีของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชนพบสีของไมโครพลาสติก จำนวน 3 สี พบเป็นสีดำ และสีแดงมากที่สุด จำนวนสีละ 11 ชิ้น รวมเป็น 22 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ

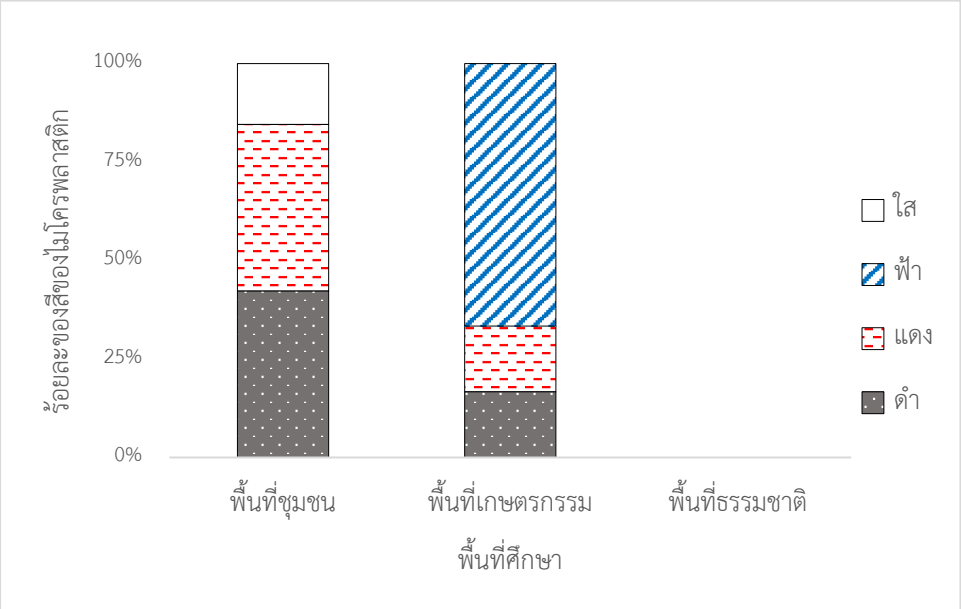
42.3 และ 42.3 ตามลำดับ และสีใสหรือไม่มีสี 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 15.4 (ภาพที่ 28) และสีของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรมพบสีของไมโครพลาสติก จำนวน 3 สี พบเป็นสีฟ้ามากที่สุด จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.6 รองลงมา คือ สีดำ และสีแดง จำนวนสีละ 1 ชิ้น รวมเป็น 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 16.7 และ 16.7 ตามลำดับ (ภาพที่ 28) ขณะที่ไม่พบไมโครพลาสติกในพื้นที่ธรรมชาติ



ภาพที่ 26 สีของไมโครพลาสติก ในน้ำผิวดิน
(A) สีดำ (B) สีแดง (C) สีใสหรือไม่มีสี และ (D) สีฟ้า



ภาพที่ 27 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

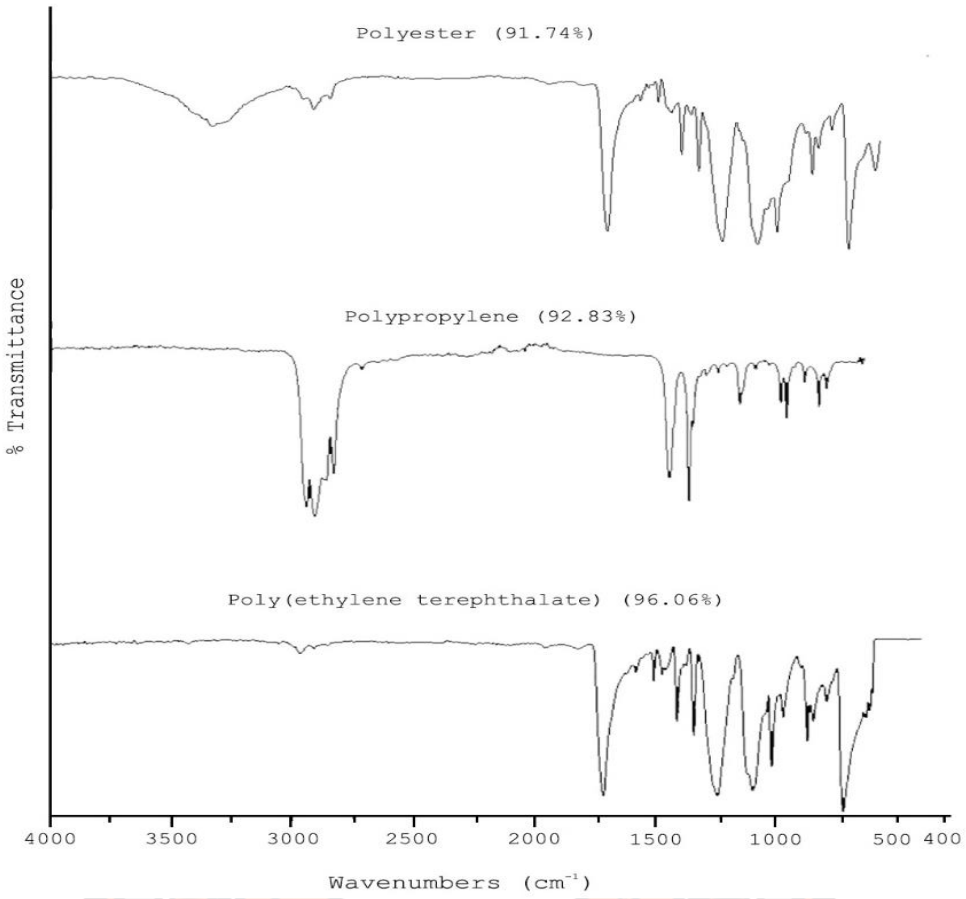


ภาพที่ 28 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

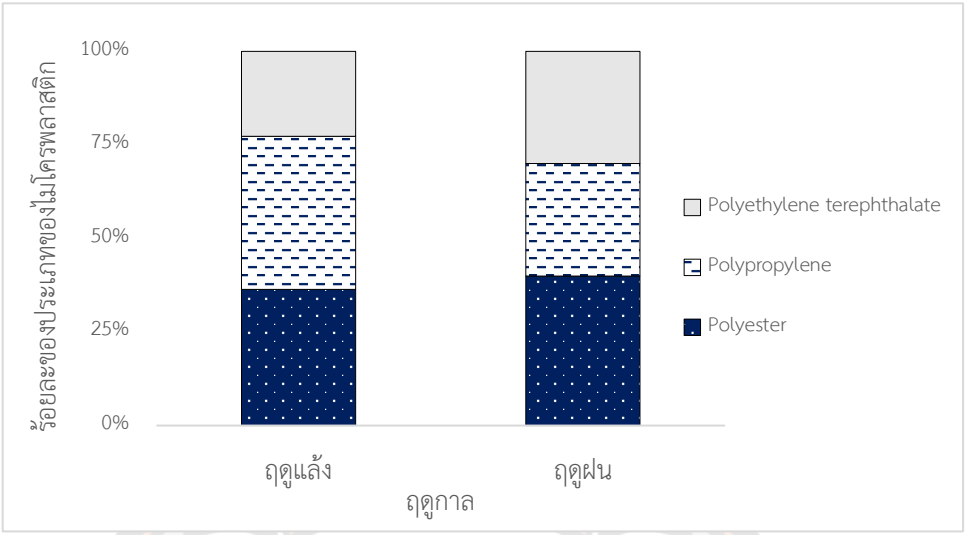
2.4) ประเภทของไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกประเภทของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบประเภทของไมโครพลาสติก จำนวน 3 ประเภท ได้แก่ พอลิเอสเตอร์ (PES) พอลิโพรพิลีน (PP) และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) แสดงดังภาพที่ 29 ซึ่งพบไมโครพลาสติกประเภทพอลิโพรพิลีน และประเภทพอลิเอสเตอร์มากที่สุด จำนวนประเภทละ 12 ชิ้น รวมเป็น 24 ชิ้น จากทั้งหมด 32 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 37.5 และ 37.5 ตามลำดับ รองลงมา คือ ประเภทพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต จำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 25.5

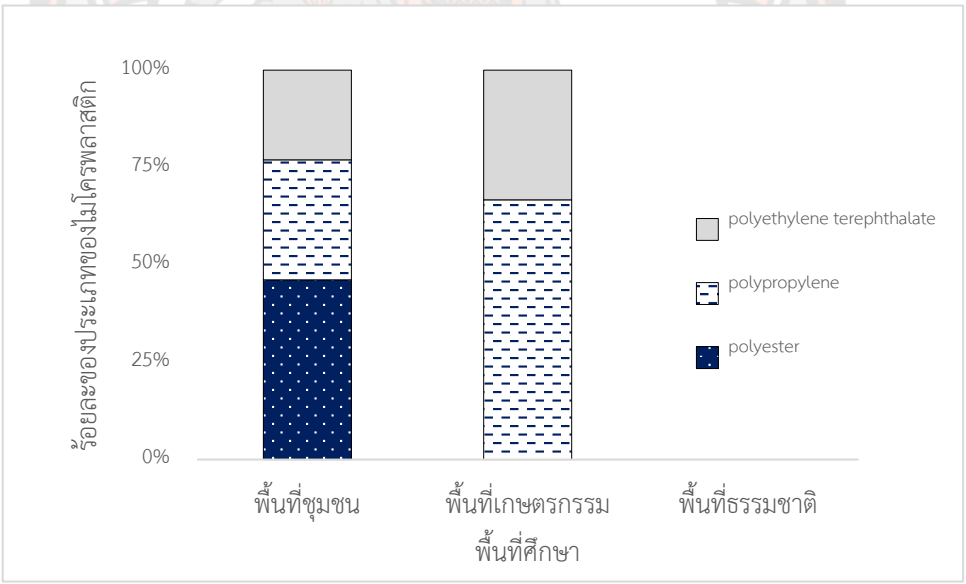
ประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบประเภทของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินทั้ง 3 ประเภท เป็นไมโครพลาสติกประเภทประเภทพอลิโพรพิลีน จำนวน 9 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 40.9 รองลงมา คือ ประเภทพอลิเอสเตอร์ จำนวน 8 ชิ้น และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต จำนวน 5 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 36.4 และ 22.7 ตามลำดับ (ภาพที่ 30) และในช่วงฤดูฝนพบประเภทของไมโครพลาสติก ทั้ง 3 ประเภท เป็นประเภทพอลิเอสเตอร์ จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 40.0 รองลงมา คือ ประเภทพอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต จำนวนประเภทละ 3 ชิ้น รวมเป็น 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 30.0 และ 30.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 30) ทั้งนี้ประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบประเภทของไมโครพลาสติก จำนวน 3 ประเภท เป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์ จำนวน 12 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 46.2 รองลงมา คือ ประเภทพอลิโพรพิลีน จำนวน 8 ชิ้น และประเภทพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 30.8 และ 23.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 31) ขณะที่ประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรม พบไมโครพลาสติก จำนวน 2 ประเภท เป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิโพรพิลีน จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และประเภทพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต จำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 (ภาพที่ 31) ขณะที่ไม่พบไมโครพลาสติกในพื้นที่ธรรมชาติ



ภาพ 29 สเปกตรัมจากการจัดจำแนกตัวอย่างพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน เรียงจากบนลงล่าง โดยแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบพอลิเมอร์ในตัวอย่าง 1) พอลิเอสเทอร์ (91.74%) 2) พอลิพรอพิลีน (92.83%) และ 3) พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (96.06%)



ภาพ 30 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



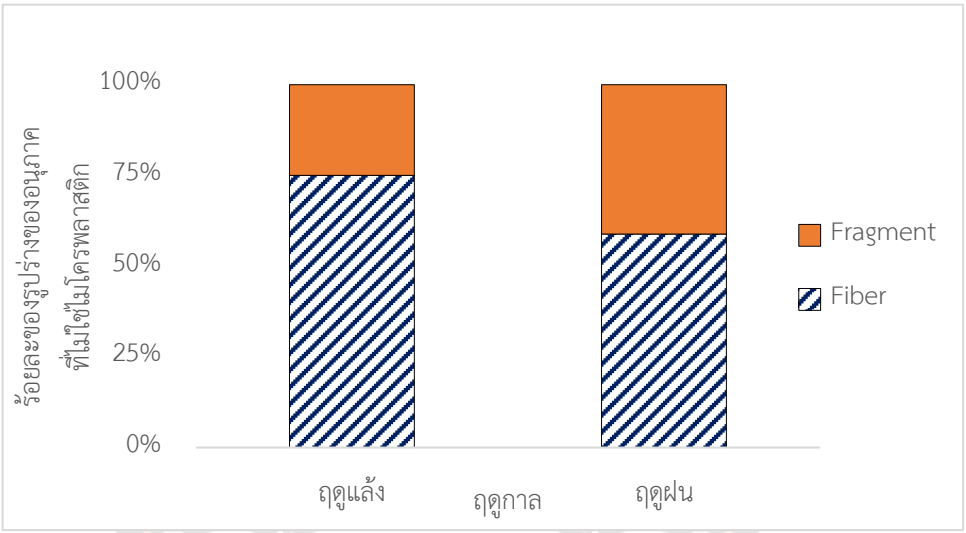
ภาพ 31 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3) ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน

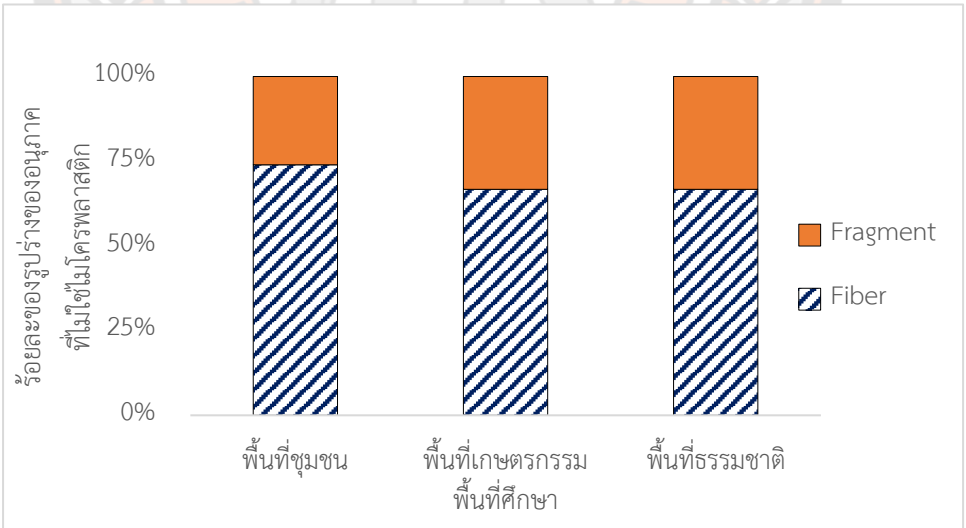
3.1) รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 พบจำนวนอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก ทั้งหมด 2 รูปร่าง ได้แก่ รูปร่างแบบเส้นใย (Fiber) และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) ทั้งนี้พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด จำนวน 37 ชิ้น จากทั้งหมด 53 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 69.8 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 16 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 30.2

รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 2 รูปร่าง พบเป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 27 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 75.0 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 9 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 25.0 (ภาพที่ 32) และรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน พบจำนวน 2 รูปร่างเป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 58.8 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 41.2 (ภาพที่ 32) ทั้งนี้รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบจำนวน 2 รูปร่างเป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 17 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 73.9 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 26.1 (ภาพที่ 33) ส่วนรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรม พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และรูปร่างแบบแผ่นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 (ภาพที่ 33) และรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 3 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 (ภาพที่ 33)



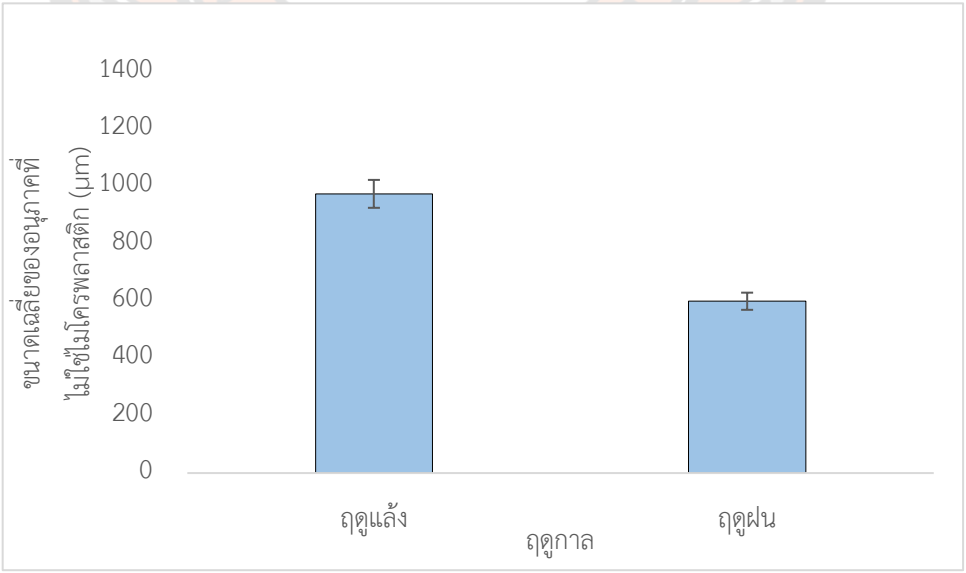
ภาพที่ 32 ร้อยละของรูปร่างอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



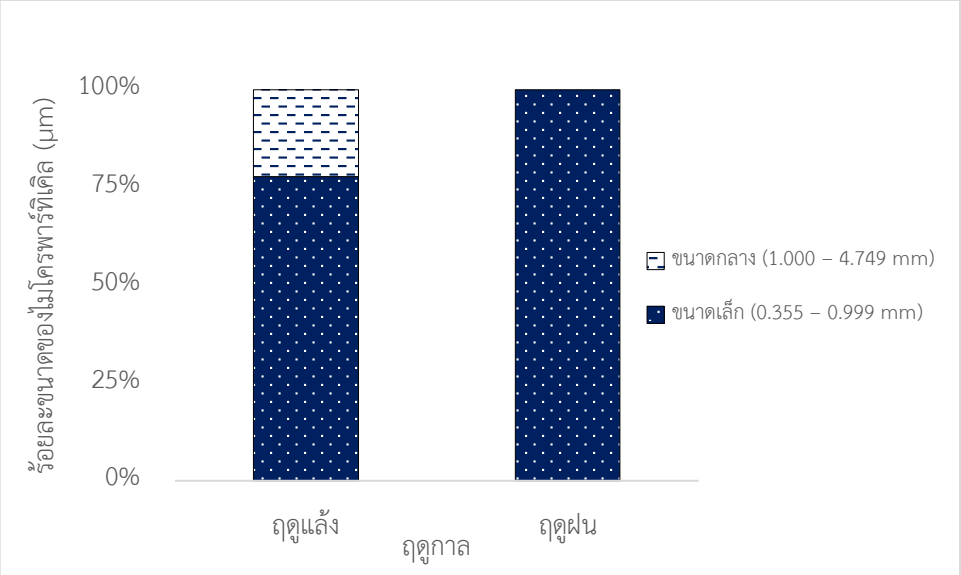
ภาพ 33 ร้อยละของรูปร่างอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.2) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกมีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 830.7 µm ทั้งนี้พบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 45 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 85.0 และ 15.0 ตามลำดับ ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกมีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 975.0 µm (ภาพที่ 34) ซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 28 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 77.8 และ 22.2 ตามลำดับ (ภาพที่ 35) และในช่วงฤดูฝน พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกมีขนาดระหว่าง 300 – 900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600.0 µm (ภาพที่ 34) ซึ่งพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 17 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 35) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกใน น้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง

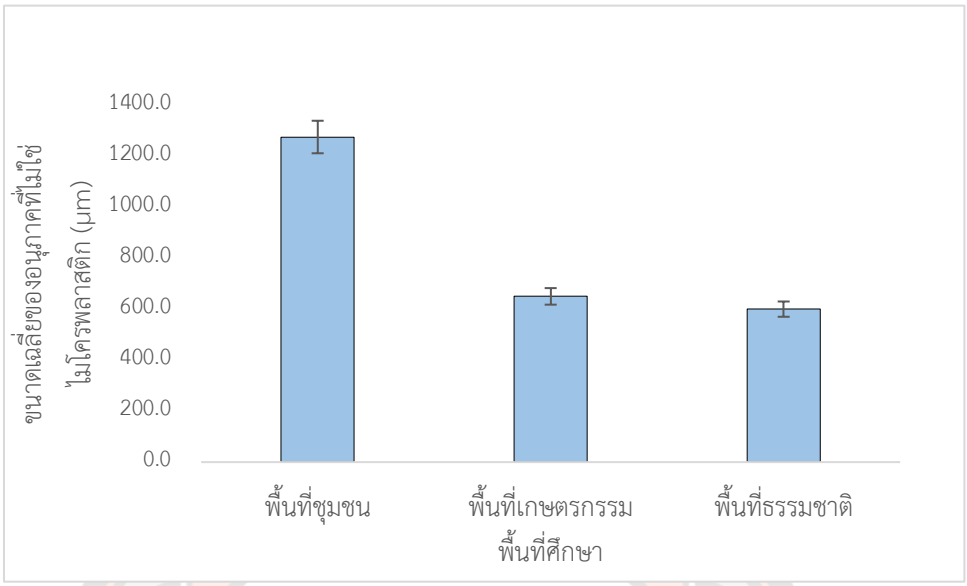


ภาพที่ 34 ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

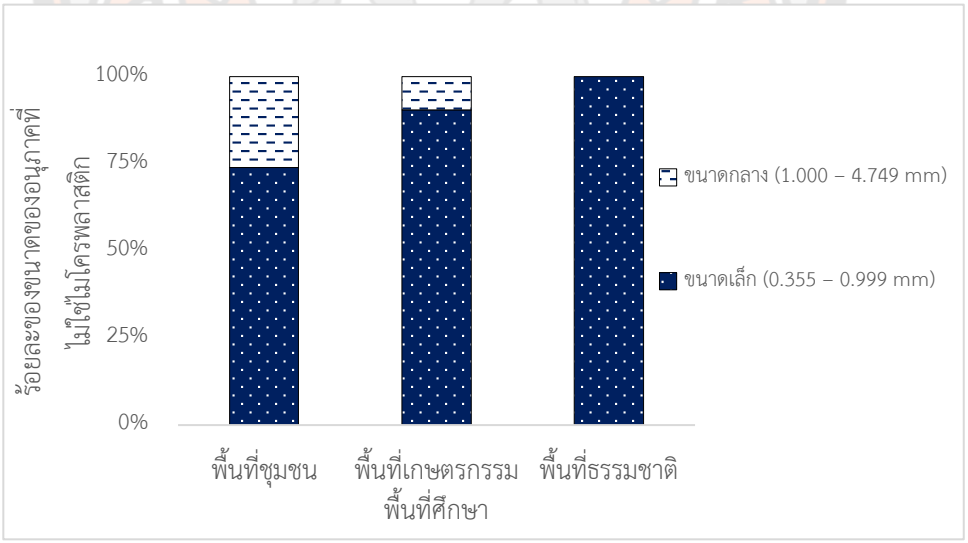


ภาพที่ 35 ร้อยละของขนาดอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน มีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,275.0 µm (ภาพที่ 36) ซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 17 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 73.9 และ 26.1 ตามลำดับ (ภาพที่ 37) และขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรมมีขนาดระหว่าง 600 – 1,200 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 650.0 µm (ภาพที่ 36) ซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 19 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 90.5 และ 9.5 ตามลำดับ (ภาพที่ 37) ขณะที่พบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ มีขนาดระหว่าง 300 – 900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600.0 µm (ภาพที่ 36) ซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 9 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในพื้นที่ธรรมชาติ (ภาพที่ 37) ทั้งนี้พบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่ชุมชน



ภาพที่ 36 ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

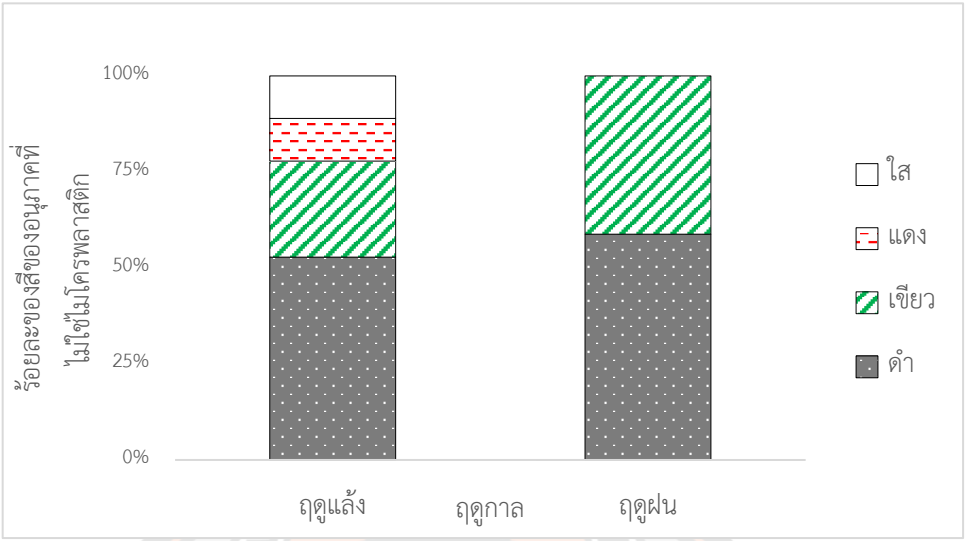


ภาพที่ 37 ร้อยละของขนาดอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

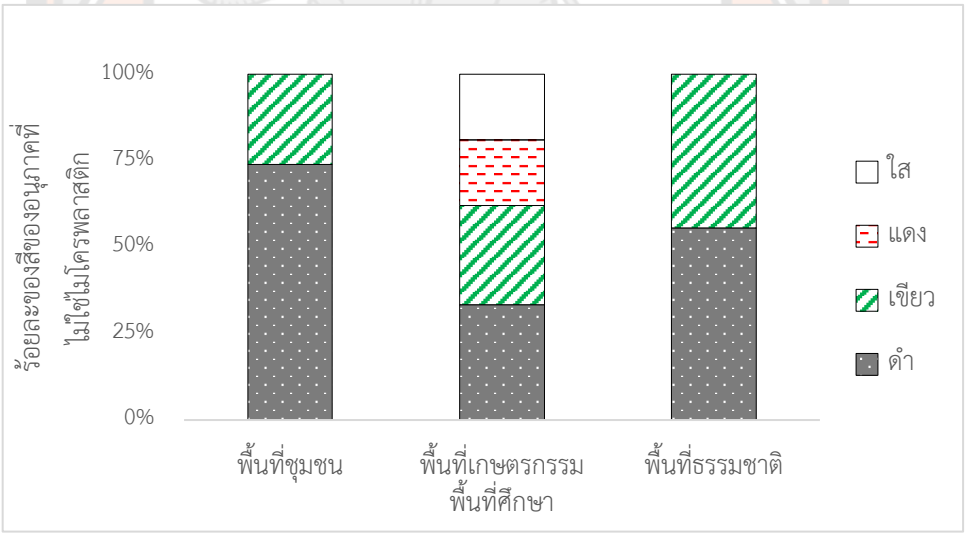
3.3) สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมด จำนวน 4 สี ได้แก่ สีดำ สีเขียว สีใสหรือไม่มีสี และสีแดง ซึ่งพบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกสีดำมากที่สุด จำนวน 29 ชิ้น จากทั้งหมด 53 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 54.7 รองลงมา คือ สีเขียว สีใสหรือไม่มีสี และสีแดง จำนวน 16, 4 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 30.3, 7.5 และ 7.5 ตามลำดับ

สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 4 สี พบเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 19 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 52.8 รองลงมา คือ สีเขียว สีใสหรือไม่มีสี และสีแดง จำนวน 9, 4 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 25.0, 11.1 และ 11.1 ตามลำดับ (ภาพที่ 38) และในช่วงฤดูฝน พบสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 2 สี พบเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 58.8 และพบสีเขียว จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 41.2 (ภาพที่ 38) ทั้งนี้สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 2 สี พบเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 17 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 73.9 และสีเขียว จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 26.1 (ภาพที่ 39) และสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 4 สี พบเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 33.3 รองลงมา คือ สีเขียว สีใสหรือไม่มีสี และสีแดง จำนวน 6, 4 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 28.7, 19.0 และ 19.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 39) และสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 5 ชิ้น และสีเขียว จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 55.6 และ 44.4 ตามลำดับ (ภาพที่ 39)



ภาพที่ 38 ร้อยละของสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



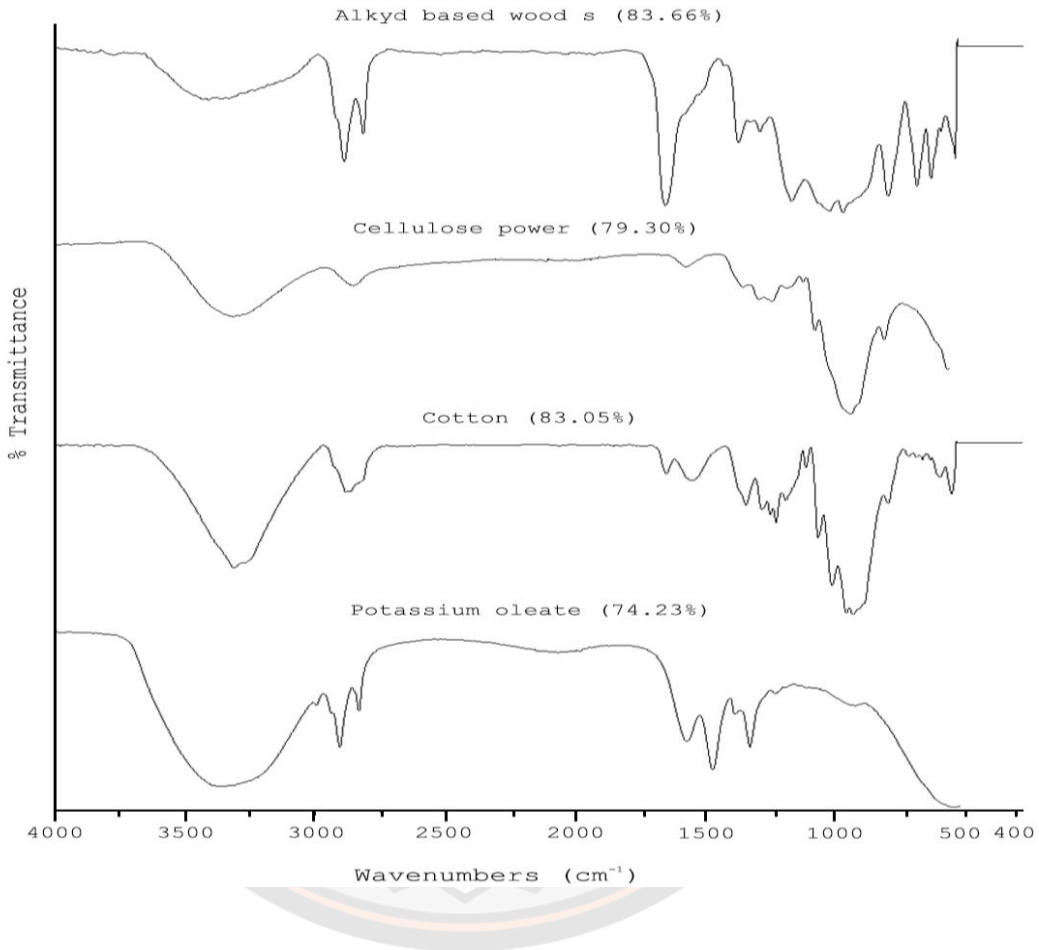
ภาพที่ 39 ร้อยละของสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.4) ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

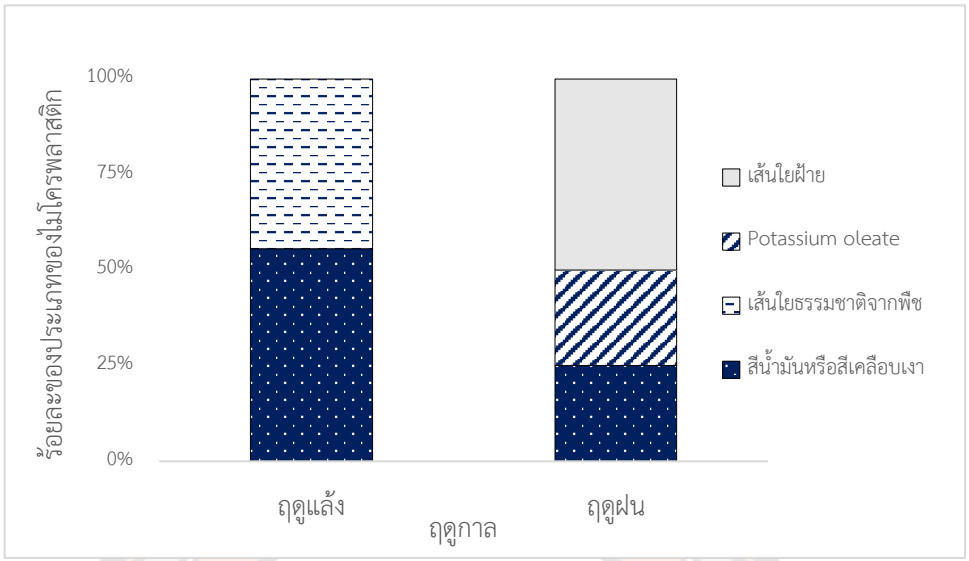
ผลการจำแนกประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 4 ประเภท ได้แก่ สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา เส้นใยธรรมชาติจากพืช เส้นใยฝ้าย และ Potassium oleate แสดงดังภาพที่ 40 ซึ่งพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงามากที่สุด จำนวน 24 ชิ้น จากทั้งหมด 53 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 45.3 รองลงมา คือ เส้นใยธรรมชาติจากพืช เส้นใยฝ้าย และ Potassium oleate จำนวน 16, 9 และ 4 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 30.2, 17.0 และ 7.5 ตามลำดับ ทั้งนี้อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่เป็นประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืช และเส้นใยฝ้าย ซึ่งมีทั้ง 2 ประเภท มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย ทำให้พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด สอดคล้องกับลักษณะของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ซึ่งเส้นใยที่พบเหล่านี้เป็นผลจากกิจกรรมการซักล้างทำความสะอาดเสื้อผ้าของชุมชนบริเวณรอบบึงหรือภายในบึงบอระเพ็ด

ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 2 ประเภท พบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา จำนวน 20 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 55.6 และประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืช จำนวน 16 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 44.4 (ภาพที่ 41) และในช่วงฤดูฝน พบประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 3 ประเภท โดยพบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยฝ้ายมากที่สุด จำนวน 9 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 47.0 รองลงมา คือ สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา และ Potassium oleate จำนวนประเภทละ 4 ชิ้น รวมเป็น 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 23.5 และ 23.5 ตามลำดับ (ภาพที่ 41) ทั้งนี้ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 3 ประเภท พบเป็นประเภทสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา จำนวน 12 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 52.2 รองลงมา คือ ประเภทเส้นใยฝ้าย จำนวน 7 ชิ้น และ Potassium oleate จำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 30.4 และ 17.4 ตามลำดับ (ภาพที่ 42) ส่วนประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่เกษตรกรรม พบประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 2 ประเภท พบเป็นประเภทสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา จำนวน 11 ชิ้น และประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืช จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 52.4 และ 47.6 ตามลำดับ (ภาพที่ 42) และประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ พบประเภท

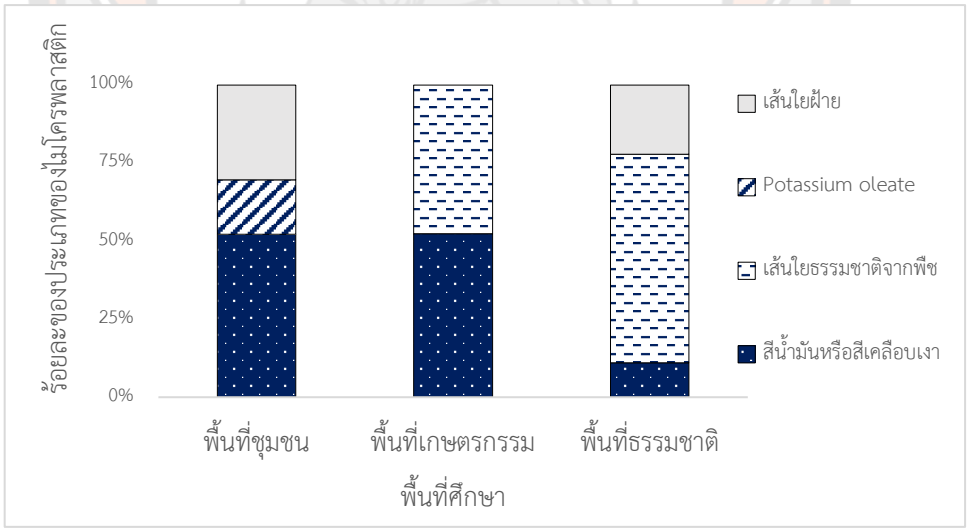
ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 3 ประเภท โดยพบเป็นประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืชมากที่สุด จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 รองลงมา คือ เส้นใยฝ้าย จำนวน 2 ชิ้น และ สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา จำนวน 1 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 22.2 และ 11.1 ตามลำดับ (ภาพที่ 42)



ภาพ 40 สเปกตรัมจากการจัดจำแนกพอลิเมอร์ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก ในน้ำผิวดิน เรียงจากบนลงล่าง โดยแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบพอลิเมอร์ในตัวอย่าง 1) สีน้ำมัน (83.66%) 2) เส้นใยธรรมชาติจากพืช (79.30%) 3) เส้นใยฝ้าย (83.05%) และ4) โพแทสเซียม โอลีเอต (74.23%)



ภาพ 41 ร้อยละประเภทของอนุภาคที่ไมใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



ภาพ 42 ร้อยละประเภทของอนุภาคที่ไมใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4.3 อนุภาคของแข็งในปลา

ผลการวิเคราะห์อนุภาคของแข็งในกระเพาะของปลาที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ปลาฉลาด (*Notopterus notopterus*) ปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) และปลาช่อน (*Channa striata*) ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูฝน ปี 2562 มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.3.1 ปริมาณ

1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในปลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมดที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบมีจำนวนไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมด 75 ชิ้น จากปลาทั้งหมดรวม 108 ตัว ทั้งนี้พบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาระหว่าง 0 – 10 items/individual โดยพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลจากปลาในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน มีค่าระหว่าง 4 – 10 และ 0 – 5 items/individual ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาลที่ศึกษา โดยพบปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิลเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้ง

ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 2 – 10, 0 – 10 และ 1 – 6 items/individual ตามลำดับ (ตารางที่ 13) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ศึกษา โดยพบปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิลเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน

ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาฉลาด ปลาตะเพียนขาว และปลาช่อน มีค่าระหว่าง 0 – 5, 0 – 10 และ 3 – 6 items/individual ตามลำดับ (ตารางที่ 14) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิลเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว

ตารางที่ 12 ปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

ปริมาณ	หน่วย	ฤดูกาล	
		ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
1. ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล*	number	55	20
	items/ individua	6.11±2.26[a]	2.22±1.71[b]
2. ปริมาณไมโครพลาสติก[1/, ns]	number	31	10
	items/ individua	3.44±4.15	1.11±2.66
3. ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก[1/, ns]	number	24	10
	items/ individua	2.66±4.21	1.11±1.96

หมายเหตุ: ตารางแสดงค่า Mean±SD

[1/]วิเคราะห์จำแนกประเภทจากร้อยละ 10 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในปลาแต่ละชนิด

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 13 ปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปริมาณ	หน่วย	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน		
		พื้นที่ชุมชน	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ธรรมชาติ
1. ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล[ns]	number	31	23	21
	items/individual	5.16±2.63	3.83±3.76	3.50±1.87
2. ปริมาณไมโครพลาสติก[1/, ns]	number	22	12	7
	items/individual	3.66±4.45	1.83±3.12	1.33±3.26
3. ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก[1/, ns]	number	9	11	14
	items/individual	1.50±2.34	1.83±4.02	2.33±3.82

หมายเหตุ: ตารางแสดงค่า Mean±SD

[1/]วิเคราะห์จำแนกประเภทจากร้อยละ 10 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในปลาแต่ละชนิด

[ns] ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 14 ปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิล ไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

ปริมาณ	หน่วย	ชนิดปลา		
		ปลาฉลาด	ปลาตะเพียนขาว	ปลาช่อน
1. ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล[ns]	number	21	28	26
	items/individual	3.50±2.34	4.66±4.32	4.33±1.21
2. ปริมาณไมโครพลาสติก[1/, ns]	number	7	8	26
	items/individual	1.16±1.60	1.33±3.26	4.33±4.80
3. ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก[1/, ns]	number	14	20	0
	items/individual	2.33±3.82	3.33±3.88	0.00±0.00

หมายเหตุ: ตารางแสดงค่า Mean±SD

[1/]วิเคราะห์จำแนกประเภทจากร้อยละ 10 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในปลาแต่ละชนิด

[ns] ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 โดยนำร้อยละ 10 ของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด มาวิเคราะห์หาไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Su et al., 2016) พบเป็นไมโครพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 54.7 ของจำนวนไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมด ที่สุ่มมาวิเคราะห์จำแนกประเภท ซึ่งคิดเป็นไมโครพลาสติก จำนวน 41 ชิ้น จากไมโครพาร์ทิเคิลที่พบทั้งหมด 75 ชิ้น โดยพบปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา มีค่าระหว่าง 0 – 10 items/individual โดยพบปริมาณไมโครพลาสติกจากปลาในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน มีค่าระหว่าง 0 – 10 และ 0 – 8 items/individual ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาลที่ศึกษา โดยพบปริมาณของไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้ง

ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 0 – 10, 0 – 8 และ 0 – 8 items/individual ตามลำดับ (ตารางที่ 13) ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ศึกษา โดยพบปริมาณของไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน

ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด ปลาตะเพียนขาว และปลาช่อน มีค่าระหว่าง 0 – 4, 0 – 8 และ 0 – 10 items/individual ตามลำดับ (ตารางที่ 14) ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบปริมาณของไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาช่อน

3) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 โดยนำร้อยละ 10 ของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบทั้งหมดในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด มาวิเคราะห์หาไมโครพลาสติก และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Su et al., 2016) พบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 45.3 ของจำนวนไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดสุ่มมาวิเคราะห์จำแนกประเภท ซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 34 ชิ้น จากไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมด 75 ชิ้น โดยพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาระหว่าง 0 – 10 items/individual โดยพบปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกจากปลาในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน มีค่าระหว่าง 0 – 10 และ 0 – 5

items/individual ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาลที่ศึกษา โดยพบปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้ง

ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 0 – 5, 0 – 10 และ 0 – 9 items/individual ตามลำดับ (ตารางที่ 13) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ศึกษา โดยพบปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ

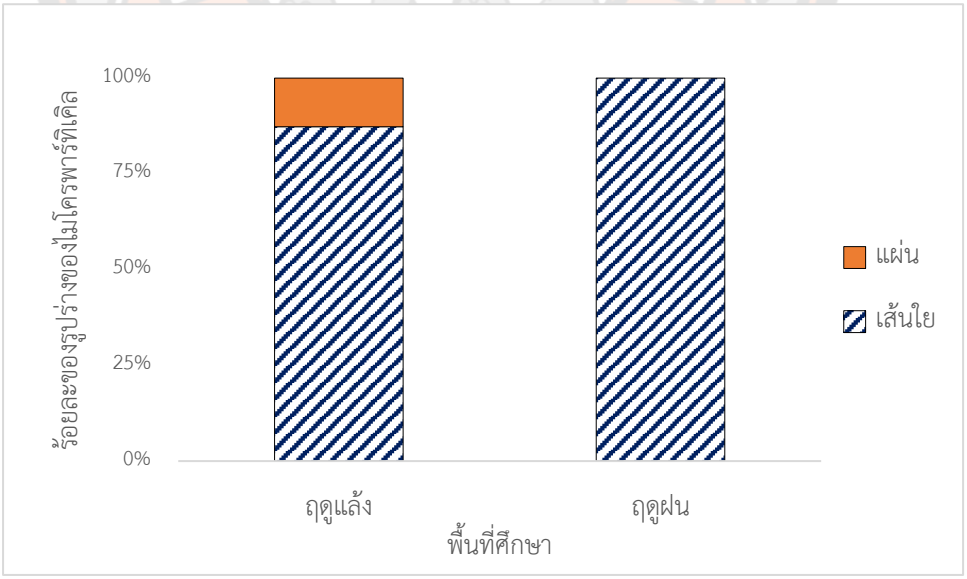
ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาตะเพียนขาว มีค่าระหว่าง 0 – 9 และ 0 – 10 items/individual ตามลำดับ ขณะที่ไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน (ตารางที่ 14) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว

4.3.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

1) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา

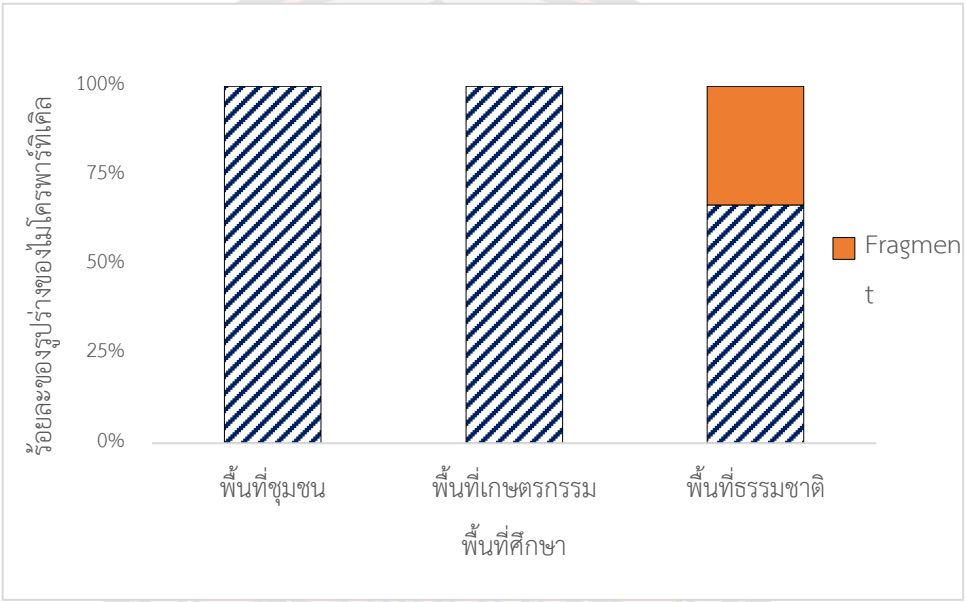
1.1) รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิล

ผลการจำแนกรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 พบจำนวนรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมด 2 รูปร่าง ได้แก่ รูปร่างแบบเส้นใย (Fiber) และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) โดยพบไมโครพาร์ทิเคิลแบบเส้นใยมากที่สุด จำนวน 68 ชิ้น จากทั้งหมด 75 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 90.7 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 9.3 ทั้งนี้รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 2 รูปร่าง พบเป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 48 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 87.3 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 12.7 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 43) ขณะที่รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ในช่วงฤดูฝน พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 20 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 43)



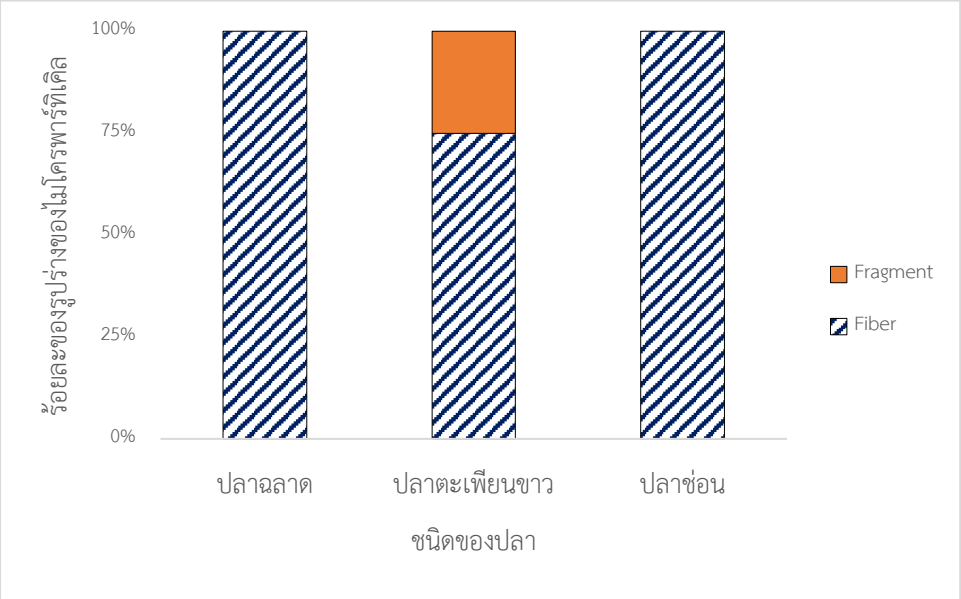
ภาพที่ 43 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 31 และ 23 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 44) ขณะที่รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ พบจำนวน 2 รูปร่าง พบเป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 14 ชิ้น และแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และ 33.3 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ ตามลำดับ (ภาพที่ 44)



ภาพที่ 44 รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาช่อน พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 21 และ 26 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 2 ชนิด (ภาพที่ 45) ขณะที่รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 21 ชิ้น และแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 75.0 และ 25.0 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวตามลำดับ (ภาพที่ 45)

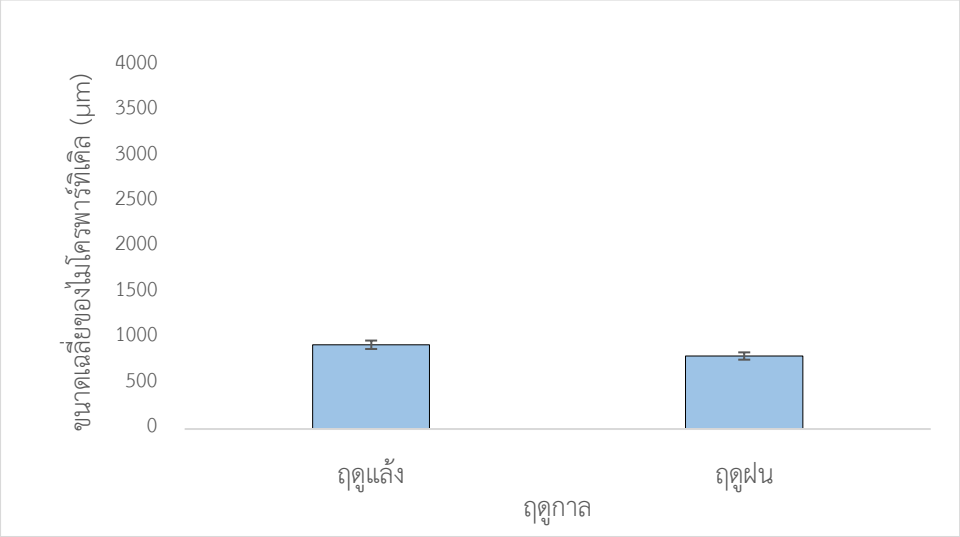


ภาพที่ 45 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

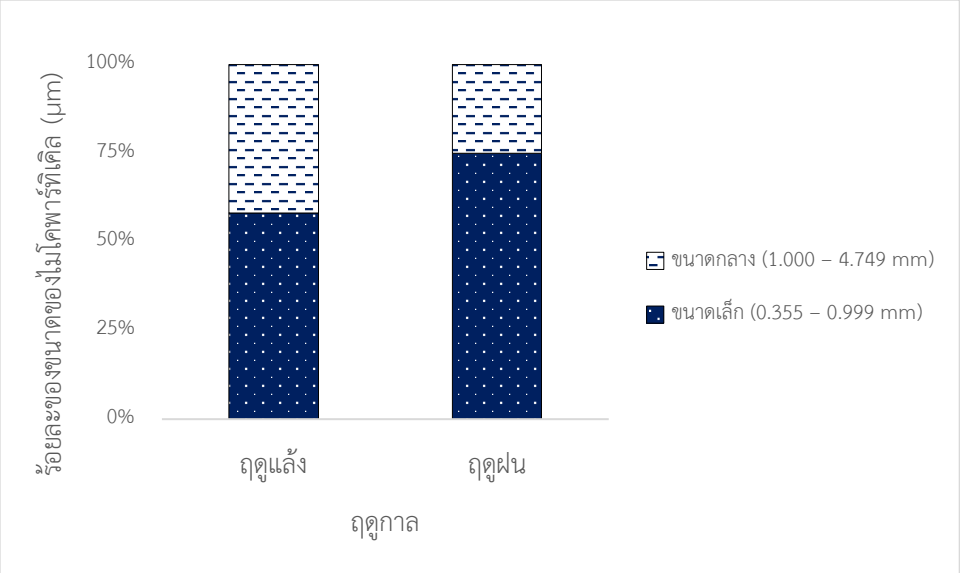
1.2) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิล

ผลการจำแนกขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบไมโครพาร์ทิเคิลมีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 893.2 µm ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็กที่มีขนาดระหว่าง 0.355 – 0.999 mm จำนวน 47 ชิ้น และขนาดกลางที่มีขนาดระหว่าง 1.000 – 4.749 mm จำนวน 28 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 62.7 และ 37.3 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดตามลำดับ โดยตัวอย่างปลาจากช่วงฤดูแล้ง พบมีไมโครพาร์ทิเคิลขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 926.1 µm (ภาพที่ 46) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 32 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 23 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 58.2 และ 41.8 ของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 47) และตัวอย่างปลาจากช่วงฤดูฝน พบมีไมโครพาร์ทิเคิลขนาดระหว่าง 300 – 1,200 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 802.5 µm (ภาพที่ 46) เป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็กจำนวน 15 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 5 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 75.0 และ 25.0 ของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝนตามลำดับ (ภาพที่ 47) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบใน

กระเพาะของปลาจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้ง

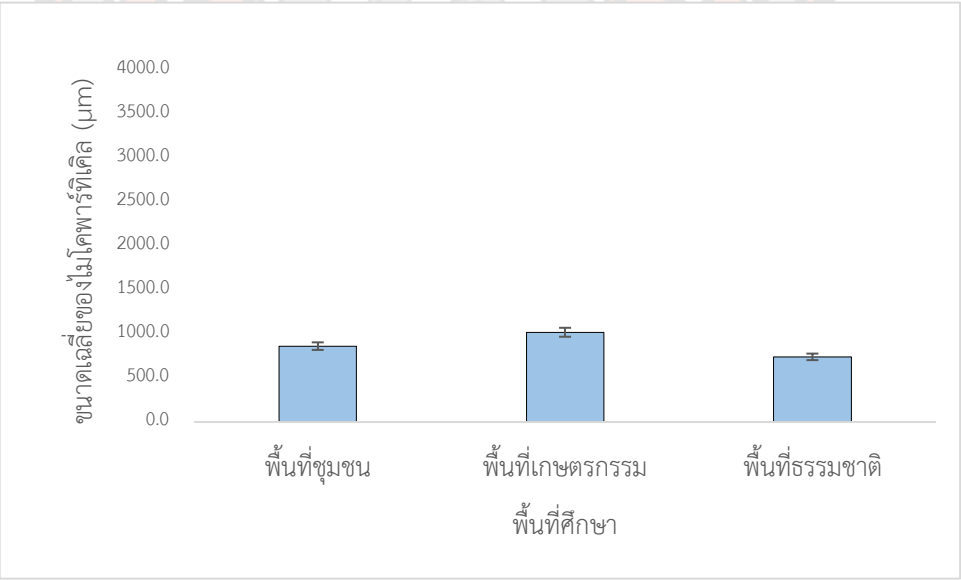


ภาพที่ 46 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

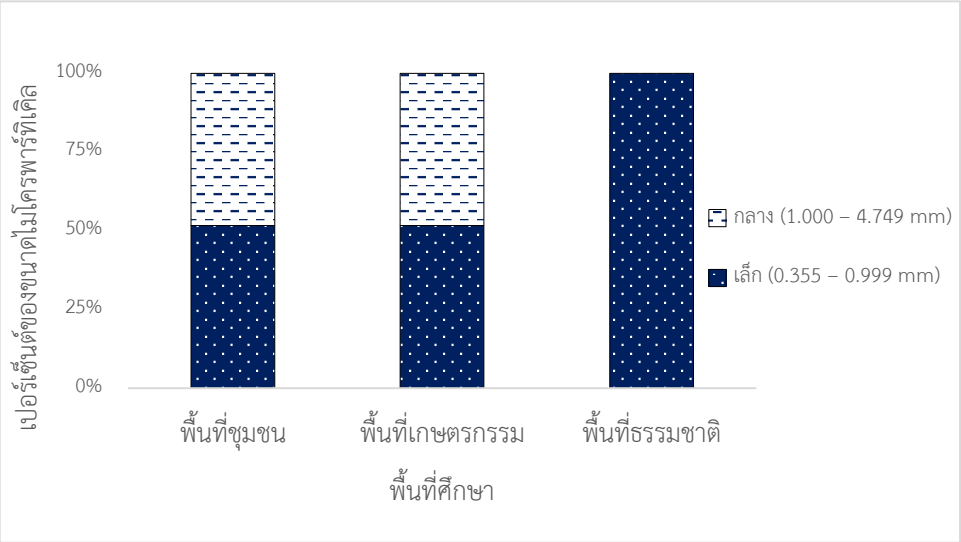


ภาพที่ 47 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน มีขนาดระหว่าง 300 – 1,800 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 862.5 µm (ภาพที่ 48) เป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 16 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 15 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 51.6 และ 48.4 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชนตามลำดับ (ภาพที่ 49) ส่วนไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่เกษตรกรรม มีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,020.0 µm (ภาพที่ 48) เป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 12 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 11 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 52.2 และ 47.8 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรมตามลำดับ (ภาพที่ 49) และไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ มีขนาดระหว่าง 300 – 1,200 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 740.6 µm (ภาพที่ 48) เป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็กเป็นขนาดเดียว จำนวน 21 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ (ภาพที่ 49) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ของทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่เกษตรกรรม

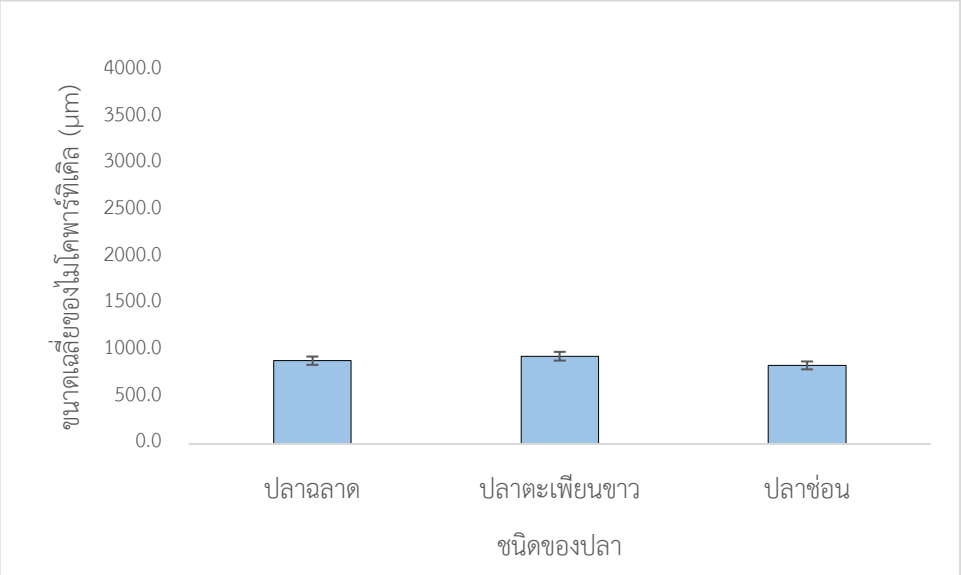


ภาพที่ 48 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

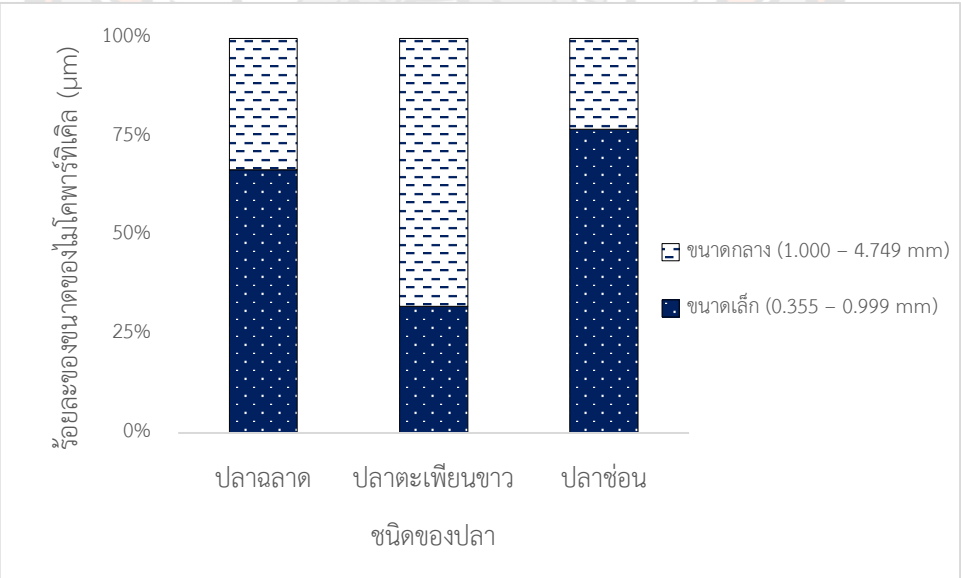


ภาพที่ 49 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาฉลาด มีขนาดระหว่าง 300 – 1,500 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 892.8 µm (ภาพที่ 50) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 14 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และ 33.3 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาฉลาดตามลำดับ (ภาพที่ 51) ส่วนไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว มีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 940.7 µm (ภาพที่ 50) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 9 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 19 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 32.1 และ 67.9 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวตามลำดับ (ภาพที่ 51) และไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาช่อน มีขนาดระหว่าง 300 – 1,800 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 942.3 µm (ภาพที่ 50) ซึ่งเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก จำนวน 20 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 77.0 และ 23.0 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาช่อนตามลำดับ (ภาพที่ 51) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว



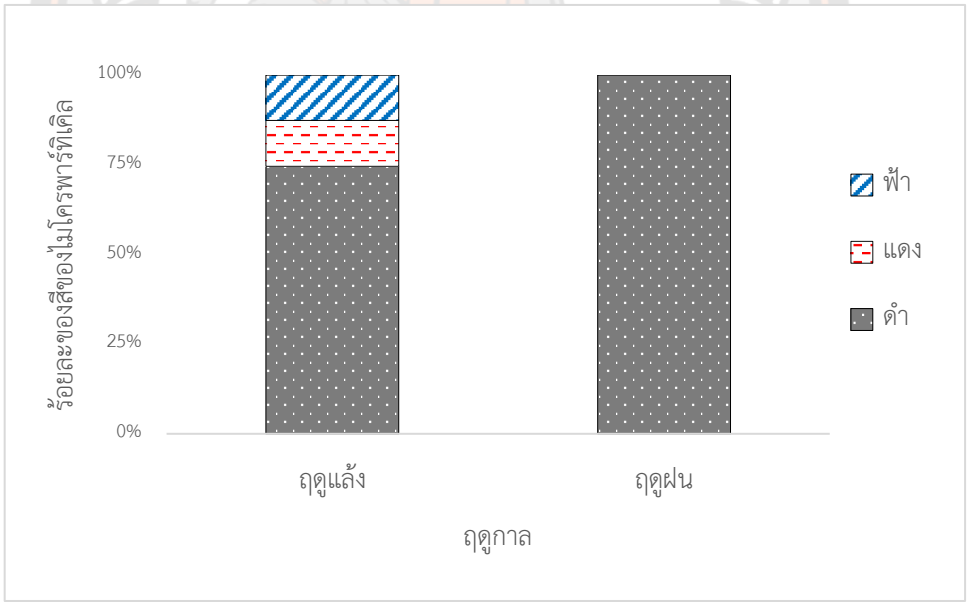
ภาพที่ 50 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา



ภาพที่ 51 ร้อยละของขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

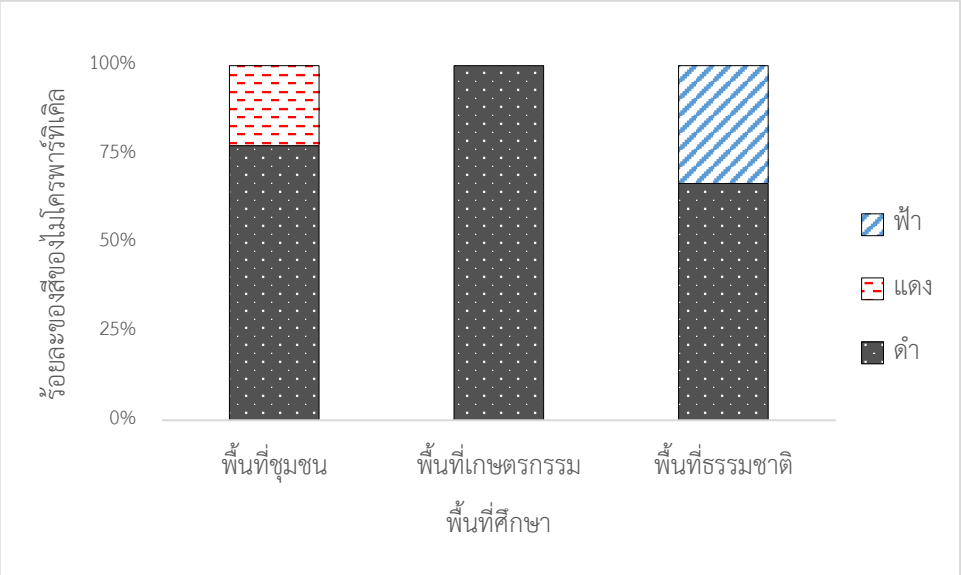
1.3) สีของไมโครพาร์ทิเคิล

ผลการจำแนกสีของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบสีของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดจำนวน 3 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง และสีฟ้า ซึ่งพบไมโครพาร์ทิเคิลสีดำมากที่สุด จำนวน 61 ชิ้น จากทั้งหมด 75 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 81.4 รองลงมา คือ สีแดง จำนวน 7 ชิ้น และสีฟ้า จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 9.3 และ 9.3 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตามลำดับ ทั้งนี้ไมโครพาร์ทิเคิลในปลาทั้ง 3 ชนิด จากช่วงฤดูแล้งพบเป็นไมโครพาร์ทิเคิล จำนวน 3 สี โดยเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 41 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 74.6 รองลงมา คือ สีฟ้า จำนวน 7 ชิ้น และสีแดง จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 12.7 และ 12.7 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 52) และในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝนพบไมโครพาร์ทิเคิลสีดำเพียงสีเดียว จำนวนรวมทั้งหมด 20 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 52)



ภาพที่ 52 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

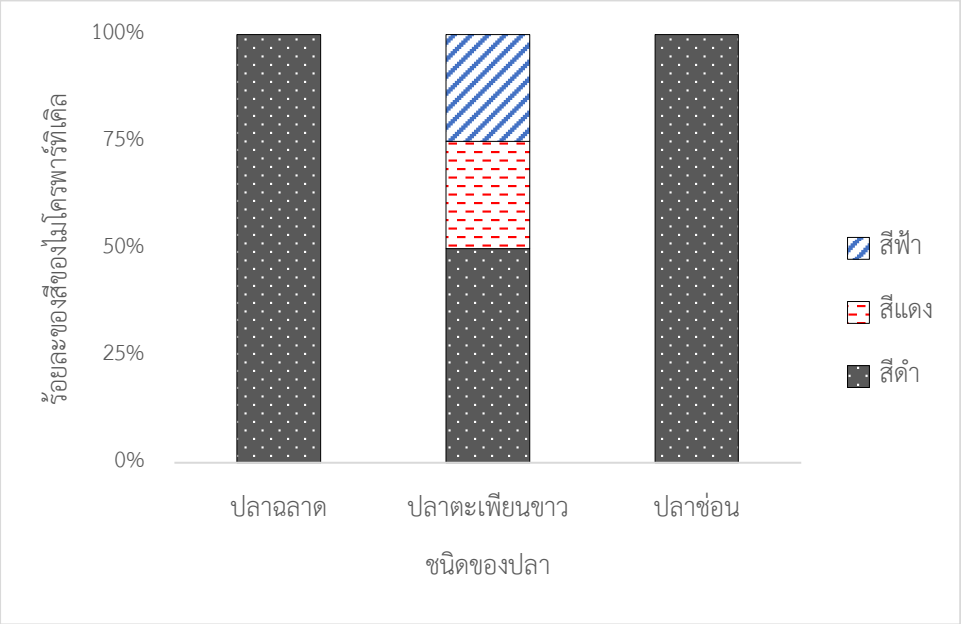
สีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พบไมโครพาร์ทิเคิล จำนวน 2 สี ได้แก่ สีดำ และสีแดง ซึ่งพบเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 24 ชิ้น และสีแดง จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 77.4 และ 22.6 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชนตามลำดับ (ภาพที่ 53) ขณะที่ในกระเพาะของปลาของทั้งหมดจากพื้นที่เกษตรกรรม พบไมโครพาร์ทิเคิลสีดำเพียงสีเดียว จำนวน 23 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม (ภาพที่ 53) และสีของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาของทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ พบไมโครพาร์ทิเคิล จำนวน 2 สี ซึ่งพบเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 14 ชิ้น และสีฟ้า จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 66.7 และ 33.3 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติตามลำดับ (ภาพที่ 53)



ภาพที่ 53 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาช่อน พบเป็นสีดำเพียงสีเดียว จำนวน 21 และ 26 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 2 ชนิด (ภาพที่ 54) ขณะที่พบสีของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว จำนวน 3 สี ซึ่งพบเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 50.0 รองลงมา คือ สีฟ้า จำนวน 7 ชิ้น และสีแดง จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ

25.0 และ 25.0 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวตามลำดับ (ภาพที่ 54)



ภาพที่ 54 ร้อยละของสีของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

2) ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกในปลา

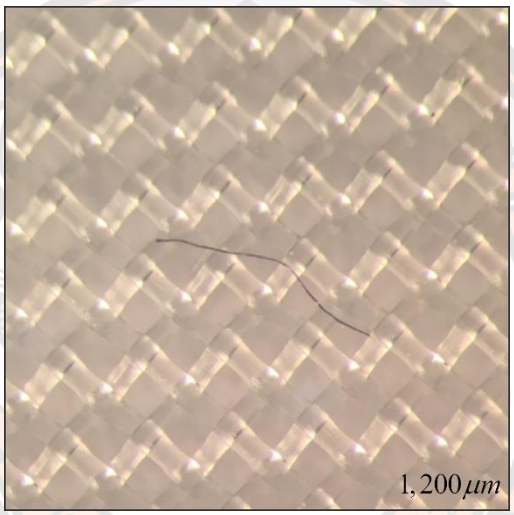
2.1) รูปร่างของไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกรูปร่างของไมโครพลาสติก ในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 พบรูปร่างของไมโครพลาสติกเป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว แสดงดังภาพที่ 55 จำนวน 41 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของตัวอย่างปลาทั้งหมด ทั้งนี้รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 31 และ 10 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากทั้ง 2 ฤดูกาล (ภาพที่ 56)

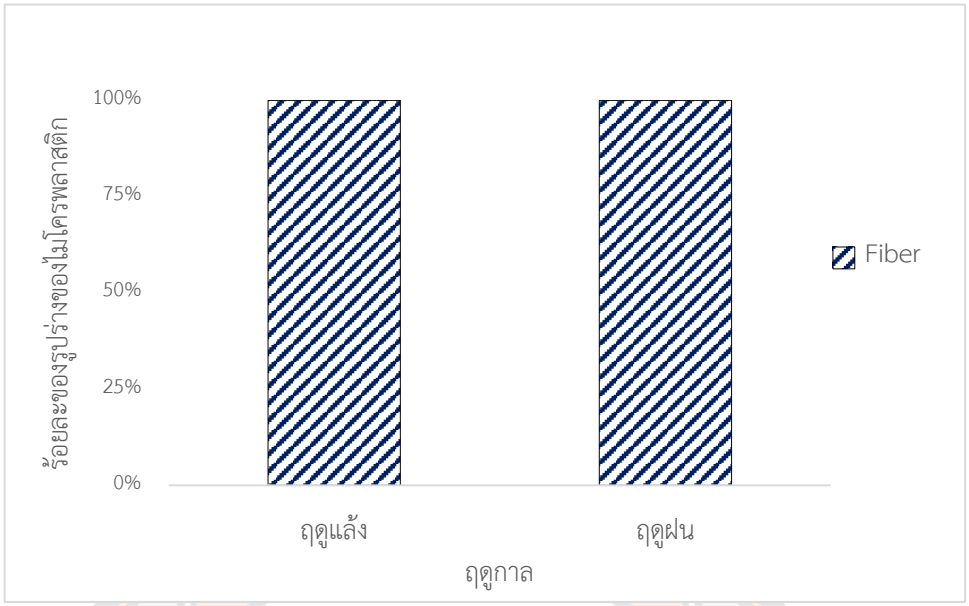
รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 22, 12 และ 7

ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากทุกพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 57)

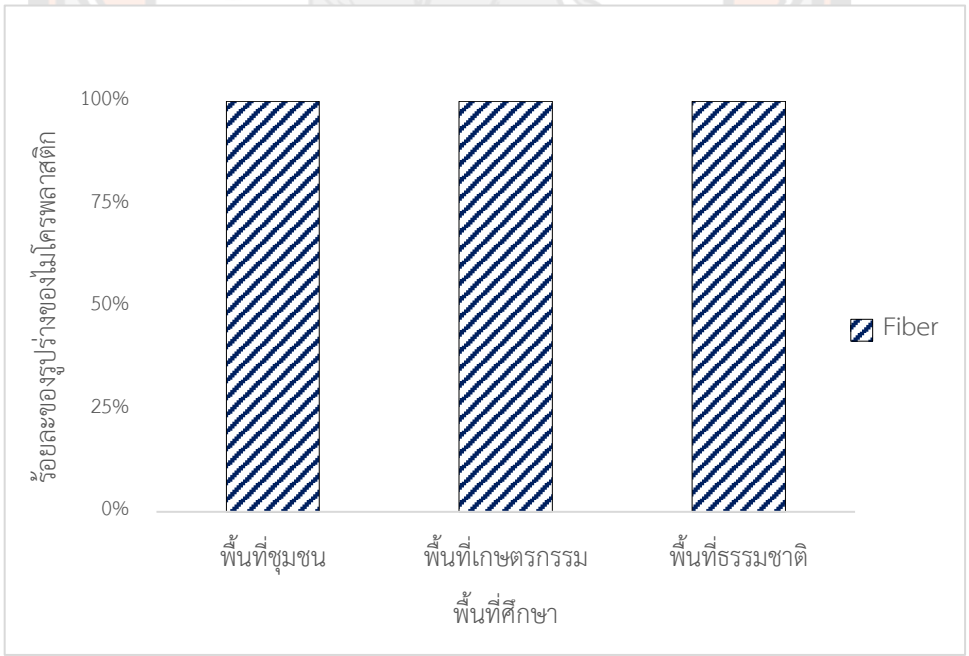
รูปร่างของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด ปลาตะเพียนขาว และปลาช่อน พบเป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 7, 8 และ 26 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาแต่ละชนิดที่ศึกษา (ภาพที่ 58)



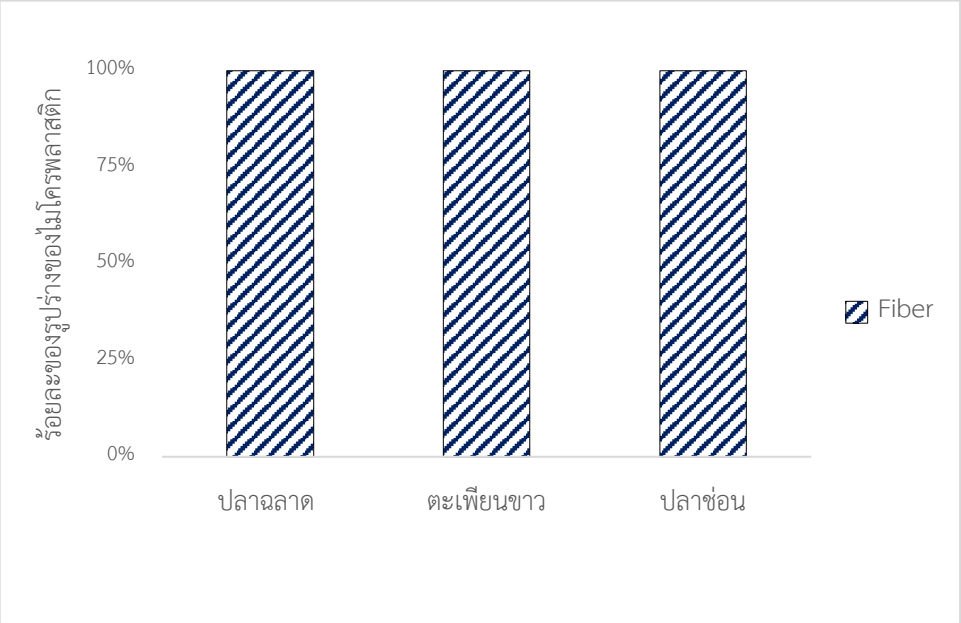
ภาพที่ 55 ลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา
รูปร่างแบบเส้นใย



ภาพที่ 56 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



ภาพที่ 57 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

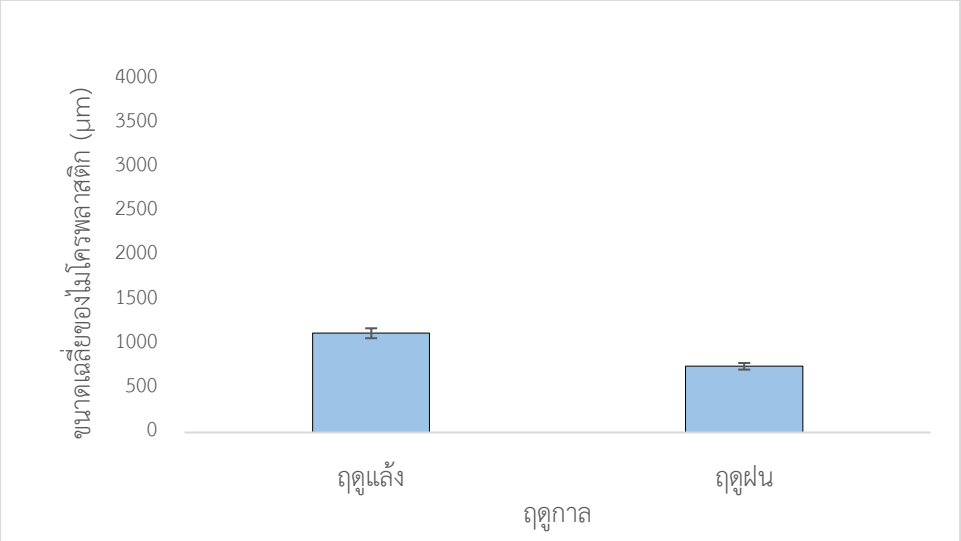


ภาพที่ 58 ร้อยละของรูปร่างของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

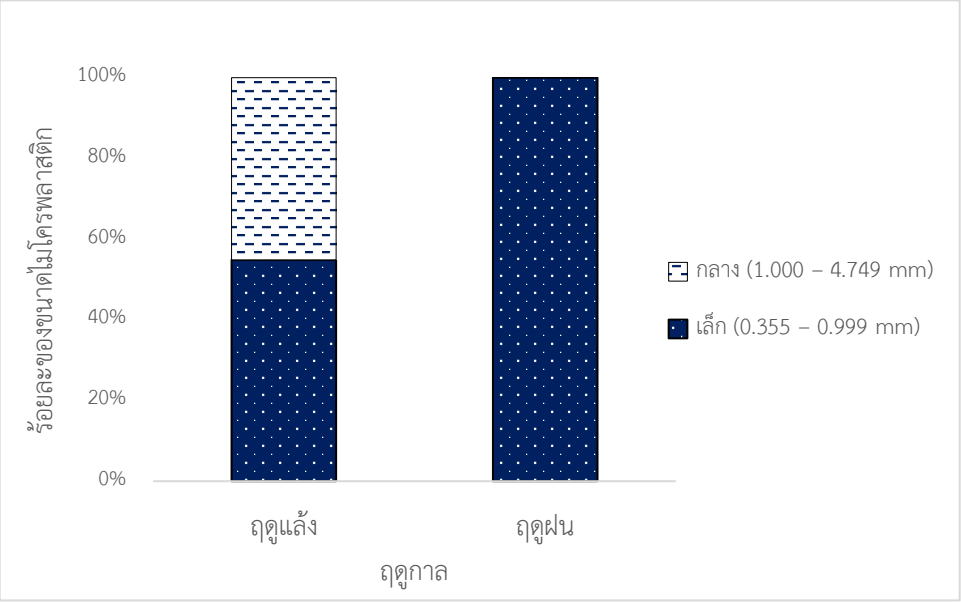
2.2) ขนาดของไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบไมโครพลาสติกมีขนาดระหว่าง 300 – 1,800 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,000.0 µm ส่วนใหญ่พบเป็น ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกที่มีขนาดระหว่าง 0.355 – 0.999 mm (Eriksen et al., 2013) จำนวน 27 ชิ้น และขนาดกลางที่มีขนาดระหว่าง 1.000 – 4.749 mm (Eriksen et al., 2013) จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 65.9 และ 34.1 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตามลำดับ โดยพบไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้ง มีขนาดระหว่าง 300 – 1,800 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,125.0 µm (ภาพที่ 59) เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 17 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 54.8 และ 45.2 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 60) และพบ ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูฝน มีขนาดระหว่าง 600 – 900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 750 µm (ภาพที่ 59) เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของ

ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 60) ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้ง

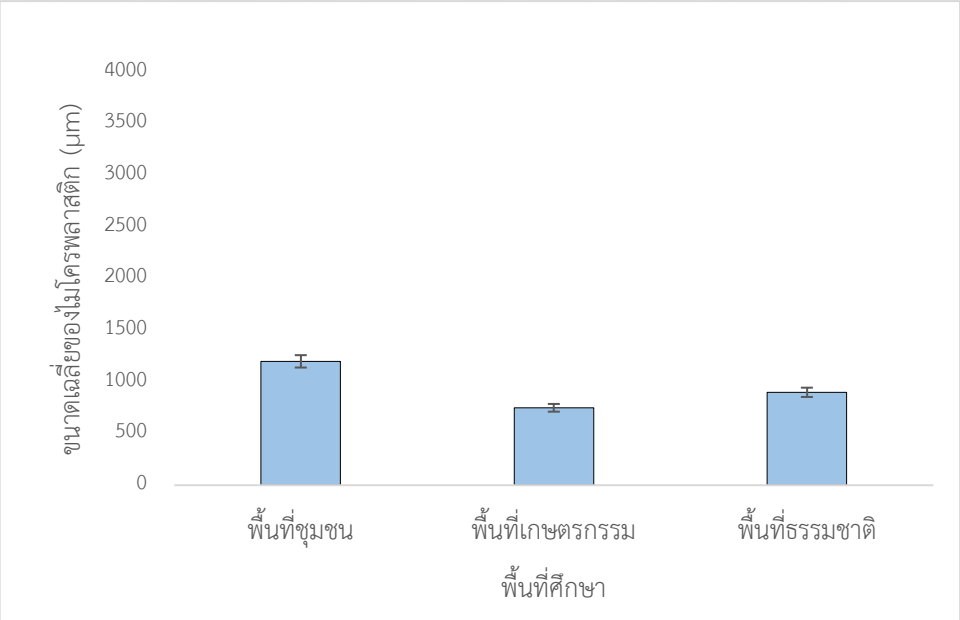


ภาพที่ 59 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

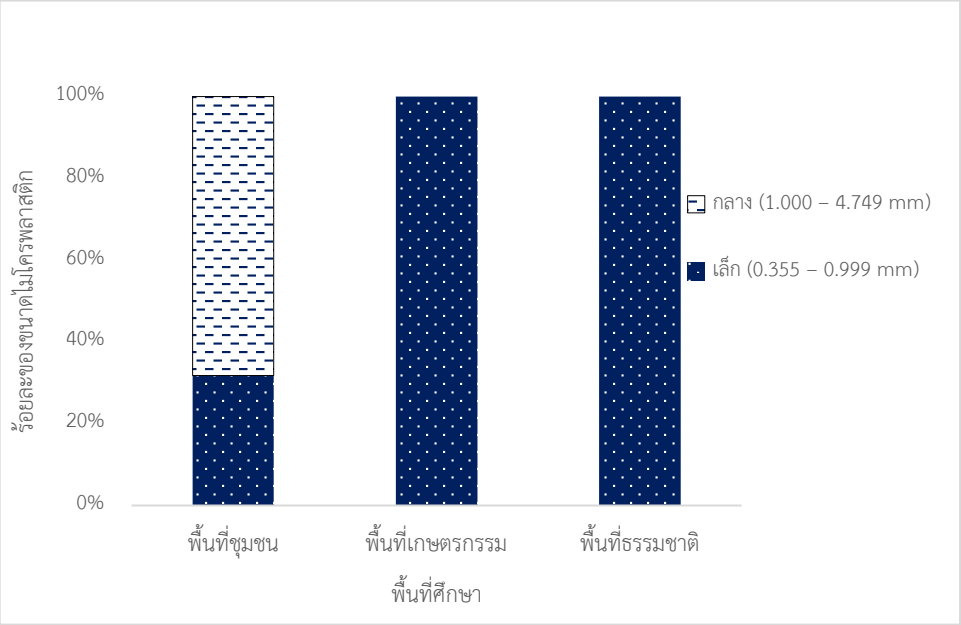


ภาพที่ 60 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน มีขนาดระหว่าง 300 – 1,800 µm มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 1,200.0 µm (ภาพที่ 61) เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 8 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 36.4 และ 63.6 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชนตามลำดับ (ภาพที่ 62) ขณะที่ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่เกษตรกรรม มีขนาดระหว่าง 600 – 900 µm มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 750.0 µm (ภาพที่ 61) เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 12 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่เกษตรกรรม (ภาพที่ 62) และขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ มีขนาดระหว่าง 0 – 900 µm มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 900.0 µm (ภาพที่ 61) เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ (ภาพที่ 62) ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพบขนาดของไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน

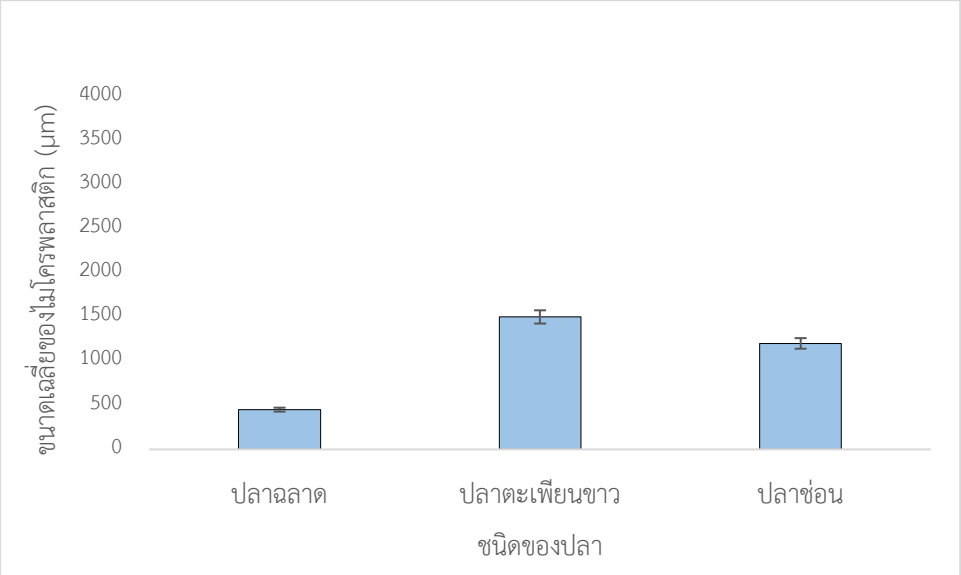


ภาพที่ 61 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

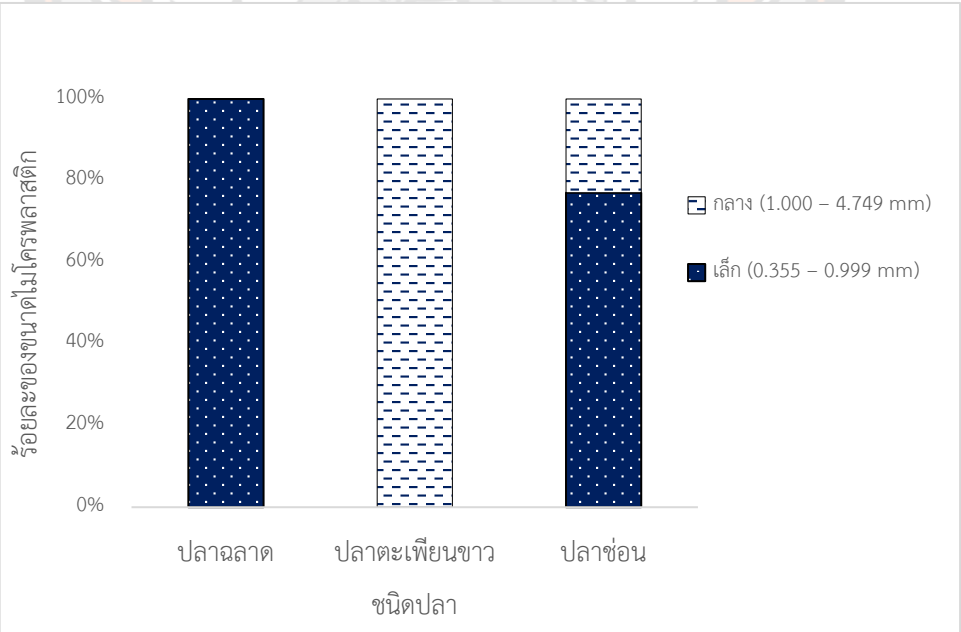


ภาพที่ 62 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด มีขนาดระหว่าง 300 – 600 µm มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 450.0 µm (ภาพที่ 63) เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกที่ทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาฉลาด (ภาพที่ 64) และขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว มีขนาดระหว่าง 0 – 1,500 µm มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 1,500.0 µm (ภาพที่ 63) เป็นไมโครพลาสติกขนาดกลางเพียงขนาดเดียว จำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว (ภาพที่ 64) ขณะที่ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อนมีขนาดระหว่าง 900 – 1,800 µm มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 1,200.0 µm (ภาพที่ 63) เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 20 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 77.0 และ 23.0 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาช่อนตามลำดับ (ภาพที่ 64) ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบขนาดของไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว



ภาพที่ 63 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา



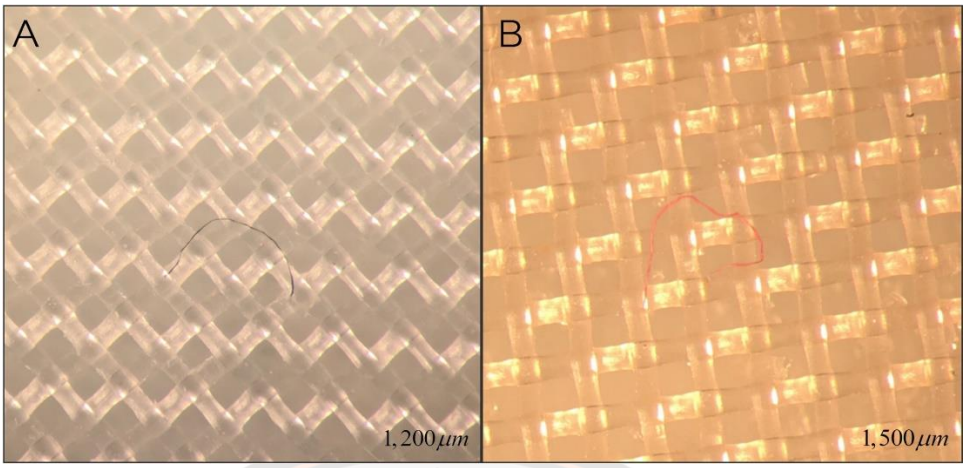
ภาพที่ 64 ร้อยละของขนาดของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

2.3) สีของไมโครพลาสติก

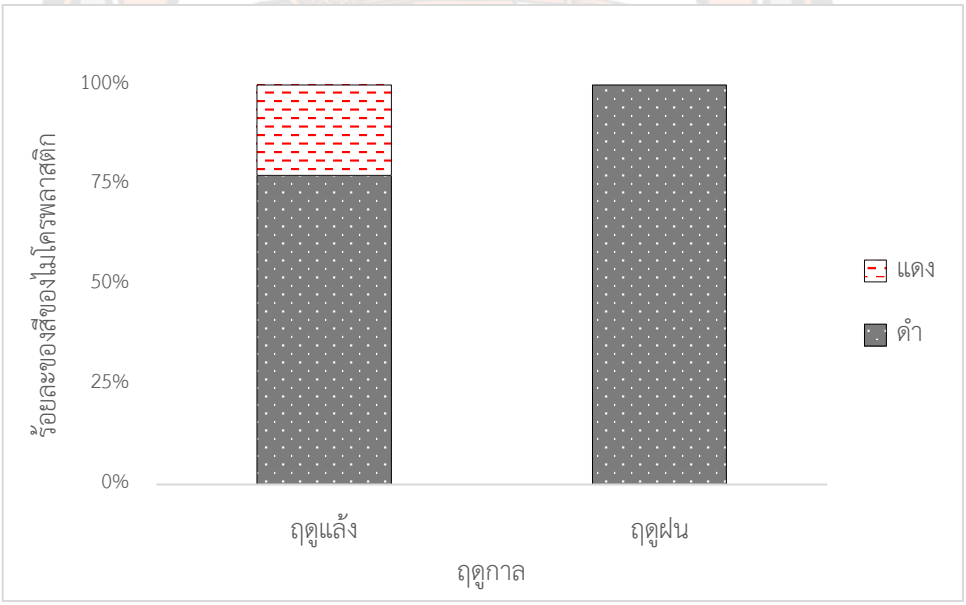
ผลการจำแนกสีของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบสีของไมโครพลาสติก จำนวน 2 สี ได้แก่ สีดำ และสีแดง แสดงดังภาพที่ 65 ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกสีดำมากที่สุด จำนวน 34 ชิ้น และสีแดง จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 82.9 และ 17.1 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตามลำดับ ทั้งนี้ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้ง พบเป็นไมโครพลาสติก จำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 24 ชิ้น และสีแดง จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 77.4 และ 22.6 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 66) ขณะที่ในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูฝน พบไมโครพลาสติกสีดำเพียงสีเดียว จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 66)

สีของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 15 ชิ้น และสีแดง จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 68.2 และ 31.8 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชนตามลำดับ (ภาพที่ 67) ขณะที่พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ พบไมโครพลาสติกสีดำเพียงสีเดียว จำนวน 12 และ 7 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากแต่ละพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 67)

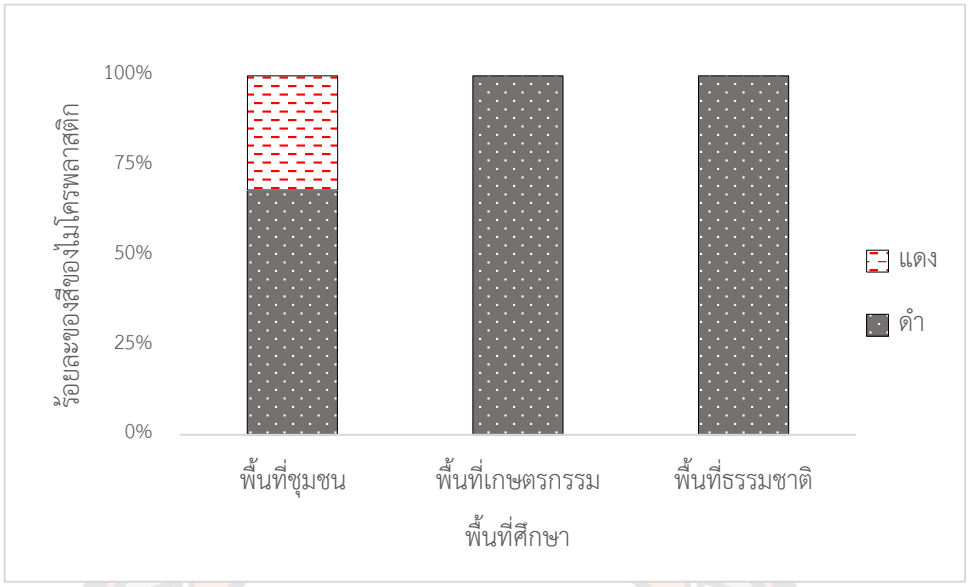
สีของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาช่อน พบไมโครพลาสติกสีดำเพียงสีเดียว จำนวน 7 และ 26 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในปลาทั้ง 2 ชนิด (ภาพที่ 68) ขณะที่ในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว พบจำนวน 2 สี ซึ่งพบเป็นไมโครพลาสติกสีแดง จำนวน 7 ชิ้น และสีดำ จำนวน 1 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 87.5 และ 12.5 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวตามลำดับ (ภาพที่ 68)



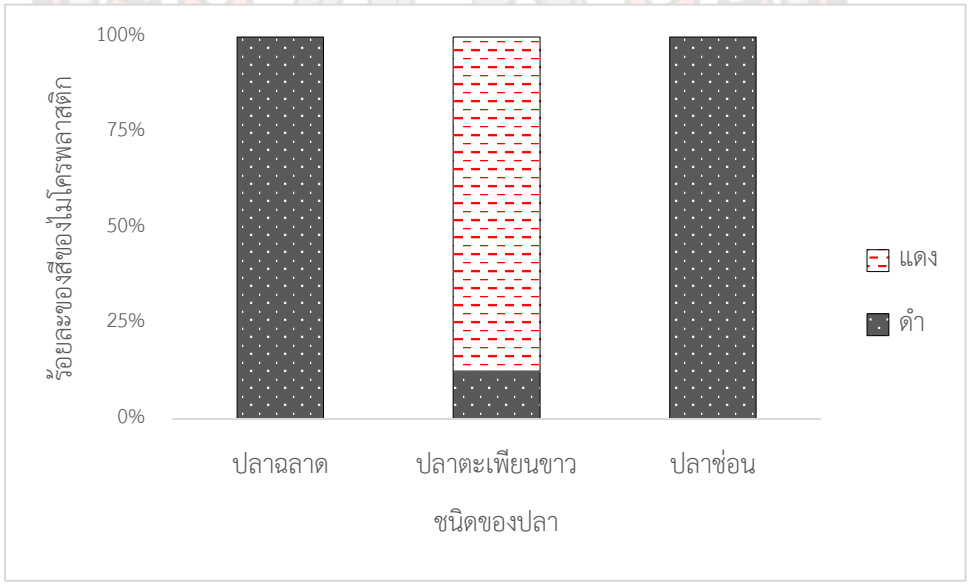
ภาพที่ 65 สีของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด (A) สีดำ และ (B) สีแดง



ภาพที่ 66 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



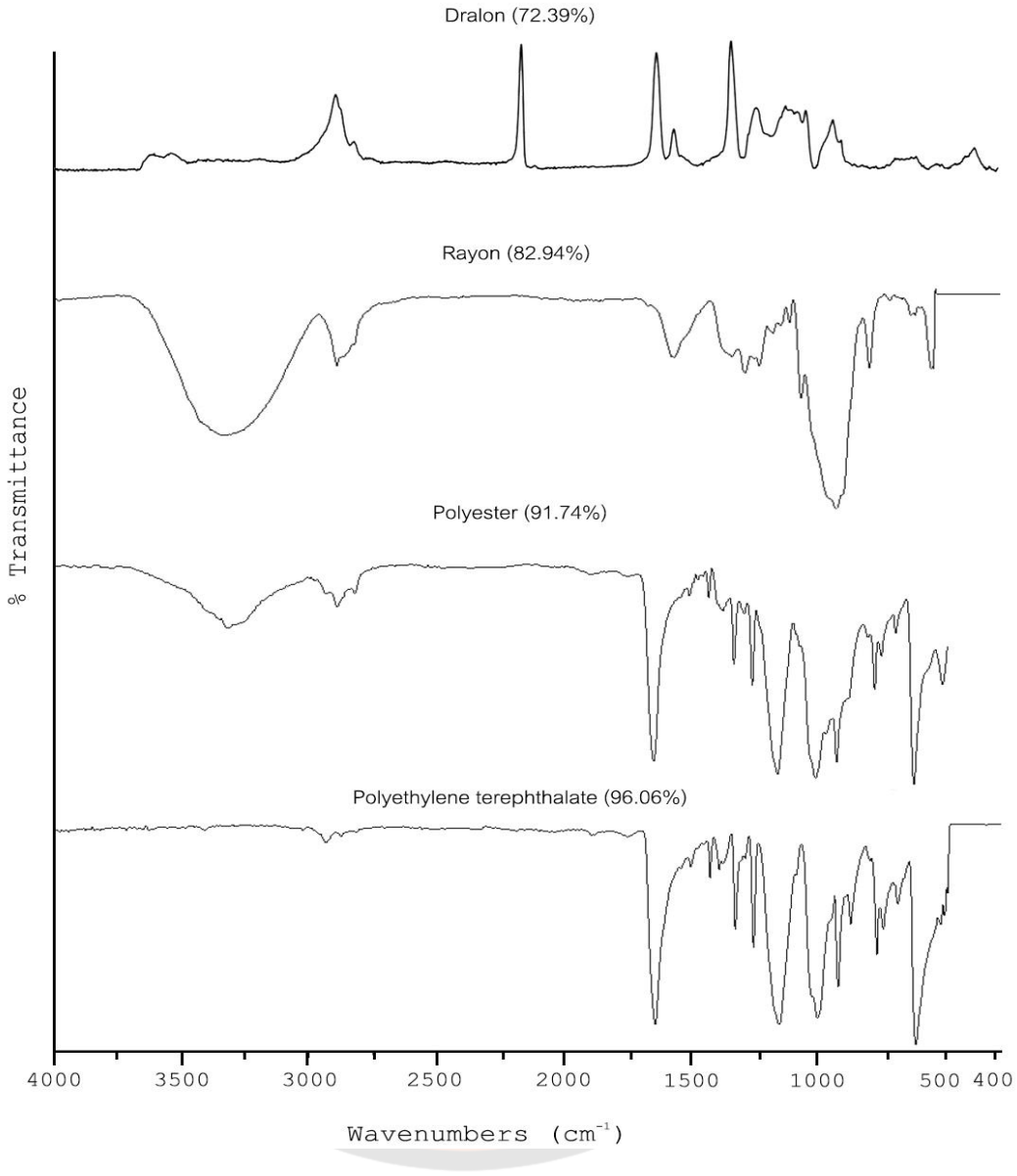
ภาพที่ 67 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะประโยชน์การใช้ที่ดิน



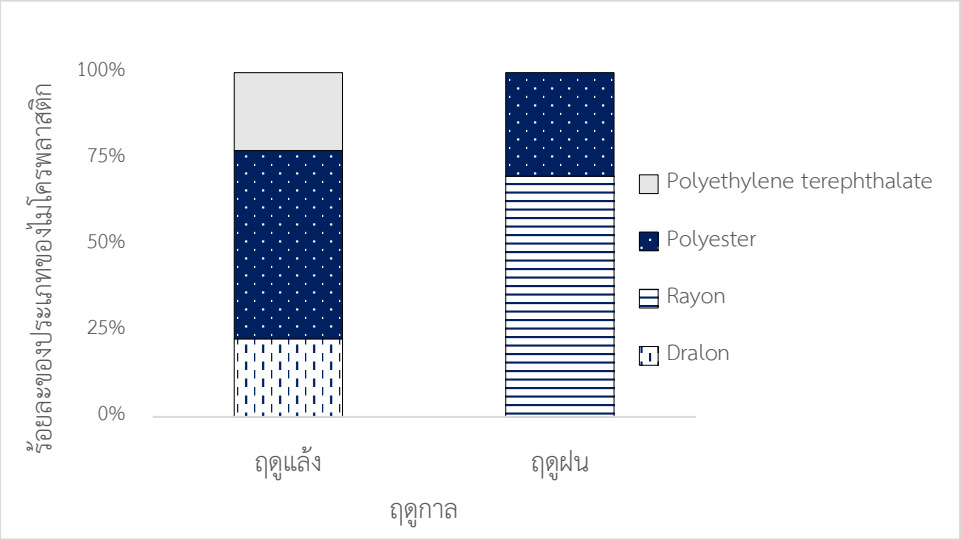
ภาพที่ 68 ร้อยละของสีของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

2.4) ประเภทของไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบประเภทของไมโครพลาสติกทั้งหมด จำนวน 4 ประเภท ได้แก่ ดราลอน (Dralon) เรยอน (Rayon) พอลิเอสเตอร์ และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) แสดงดังภาพที่ 69 ซึ่งพบเป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์มากที่สุด จำนวน 20 ชิ้น จากทั้งหมด 41 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 48.7 รองลงมา คือ ดราลอน เรยอน และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต อย่างละ 7 ชิ้น รวมเป็น 21 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 17.1, 17.1 และ 17.1 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะปลาตามลำดับ ทั้งนี้ประเภทของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 3 ประเภท ซึ่งพบเป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์มากที่สุด จำนวน 17 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 54.8 รองลงมา คือ ดราลอน และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต ประเภทละ 7 ชิ้น รวมเป็น 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 22.6 และ 22.6 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 70) และพบประเภทของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูฝน พบจำนวน 2 ชนิด ซึ่งพบเป็นไมโครพลาสติกประเภทเรยอน จำนวน 7 ชิ้น และพอลิเอสเตอร์ จำนวน 3 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 70.0 และ 30.0 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝนตามลำดับ (ภาพที่ 70)

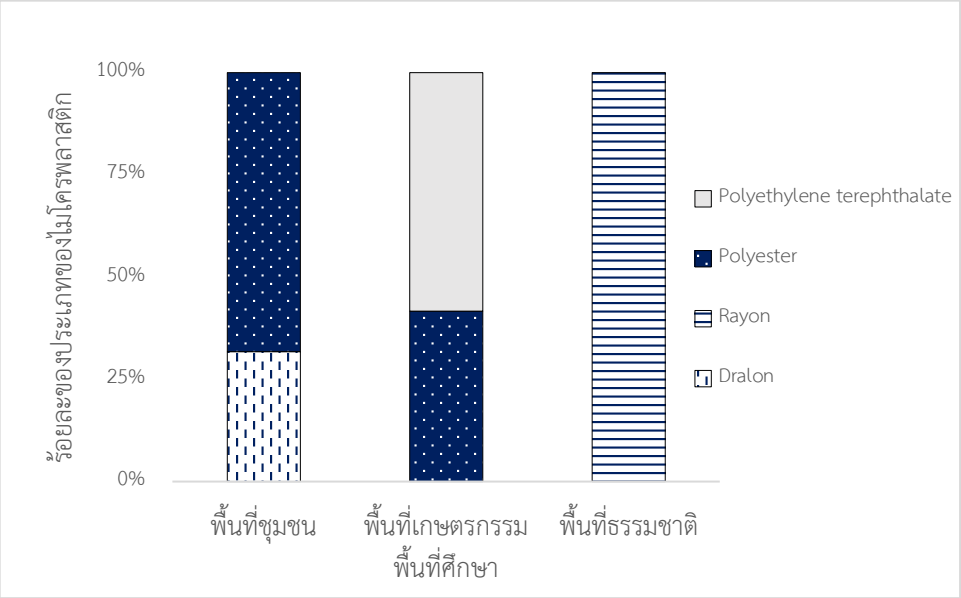


ภาพที่ 69 สเปกตรัมการจัดจำแนกพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบในปลา เรียงจากบนลงล่าง 1) ดราลอน (72.39%) 2) เรยอน (82.94%) 3) พอลิเอสเตอร์ (91.74%) และ 4)พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (96.06%)



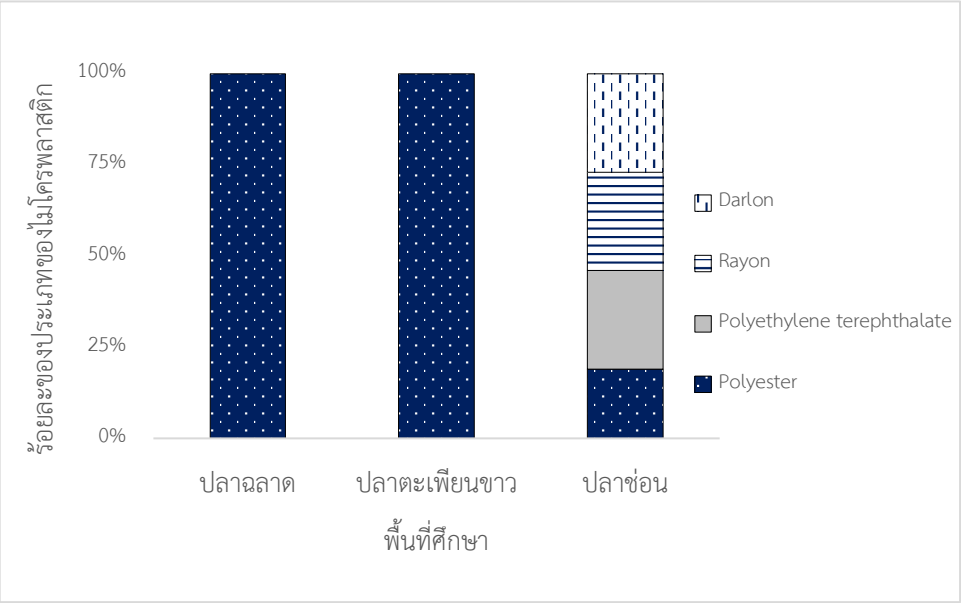
ภาพที่ 70 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 256 จำแนกตามฤดูกาล

ประเภทของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พบ 2 ประเภท เป็นพอลิเอสเตอร์มากที่สุด จำนวน 15 ชิ้น และดราลอน จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 68.2 และ 31.8 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชนตามลำดับ (ภาพที่ 71) และพบไมโครพลาสติกในปลาจากพื้นที่เกษตรกรรรม จำนวน 2 ประเภท เป็นพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต จำนวน 7 ชิ้น และพอลิเอสเตอร์ จำนวน 5 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 58.3 และ 41.7 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรมตามลำดับ (ภาพที่ 71) ขณะที่ในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ พบไมโครพลาสติกประเภทเรยอนเพียงประเภทเดียว จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ (ภาพที่ 71)



ภาพที่ 71 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาตะเพียนขาว พบเป็นพอลิเอสเตอร์เพียงประเภทเดียว จำนวน 7 และ 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดแต่ละชนิด (ภาพที่ 72) ขณะที่พบในกระเพาะของปลาช่อน จำนวน 4 ชนิด เป็นประเภทพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต ดราลอน และเรยอน ประเภทละ 7 ชิ้น รวมเป็น 21 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 27.0, 27.0 และ 27.0 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาช่อนตามลำดับ รองลงมา คือ พอลิเอสเตอร์ จำนวน 5 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 19.0 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาช่อน (ภาพที่ 72)



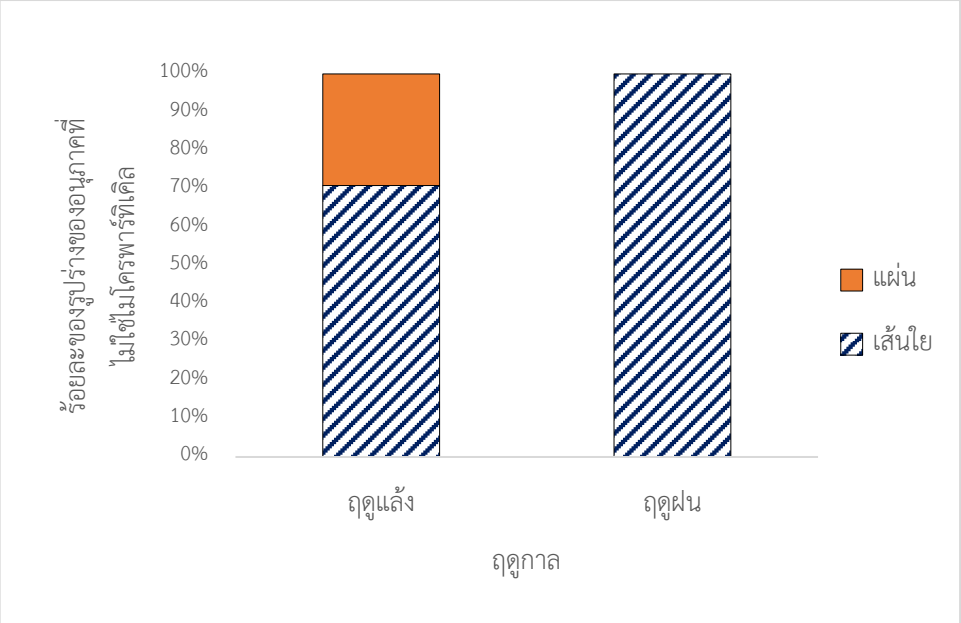
ภาพที่ 72 ร้อยละของประเภทของไมโครพลาสติกในของปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

3) ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา

3.1) รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก ทั้งหมด 2 รูปร่าง ได้แก่ รูปร่างแบบเส้นใย (Fiber) และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) ทั้งนี้พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด จำนวน 27 ชิ้น จากทั้งหมด 34 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 79.4 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 20.6 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลา โดยรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 17 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 70.8 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 29.2 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 73) ขณะที่อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูฝน พบเป็นรูปร่างแบบเส้นใยเพียง

ชนิดเดียว จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 73)

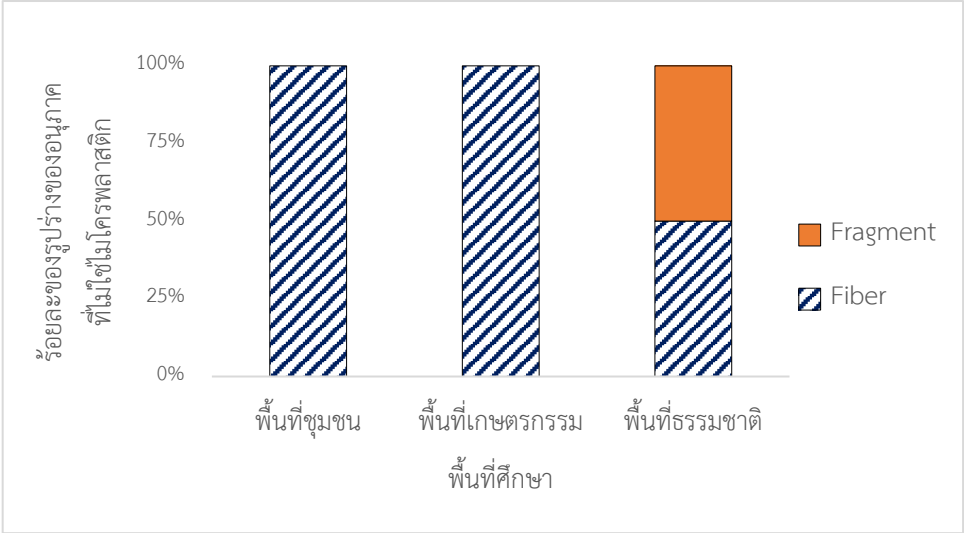


ภาพที่ 73 ร้อยละของรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

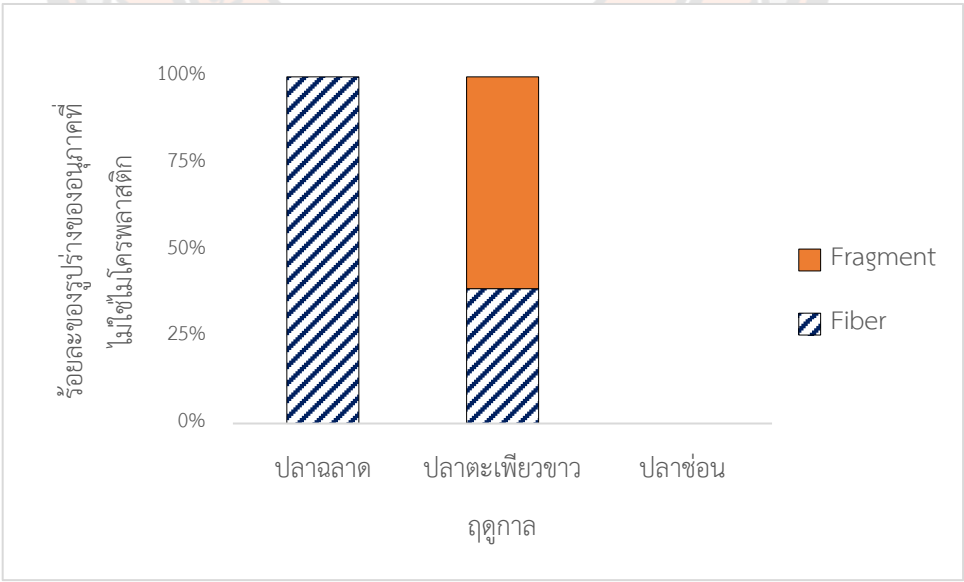
รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 9 และ 11 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากแต่ละพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 74) ขณะที่รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ พบจำนวน 2 ชนิด เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน 7 ชิ้น และแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 50.0 และ 50.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติตามลำดับ (ภาพที่ 74)

รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาดพบเป็นรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาฉลาด (ภาพที่ 75) ขณะที่รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย จำนวน

13 ชิ้น และแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 65.0 และ 35.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวตามลำดับ (ภาพที่ 75) ขณะที่ไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน



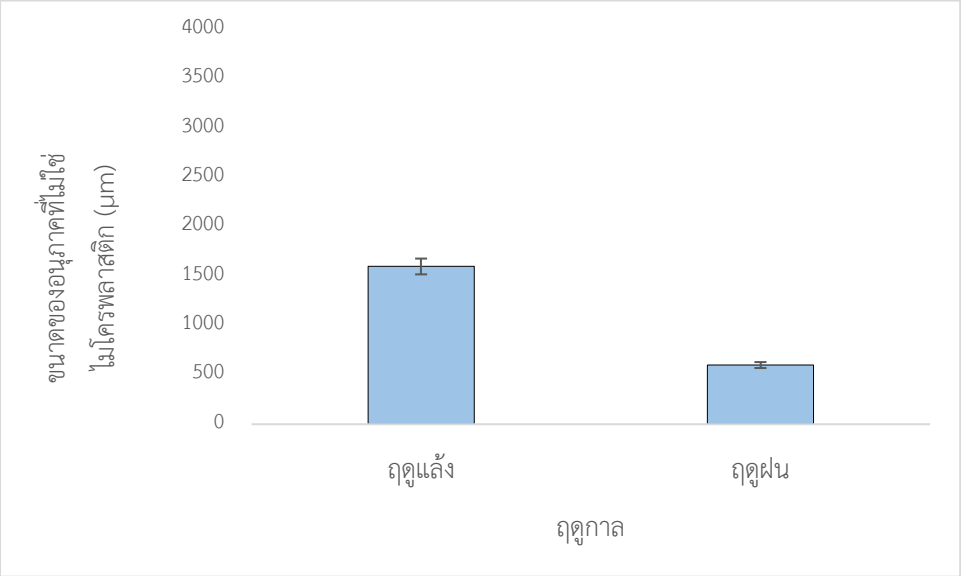
ภาพที่ 74 ร้อยละของรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน



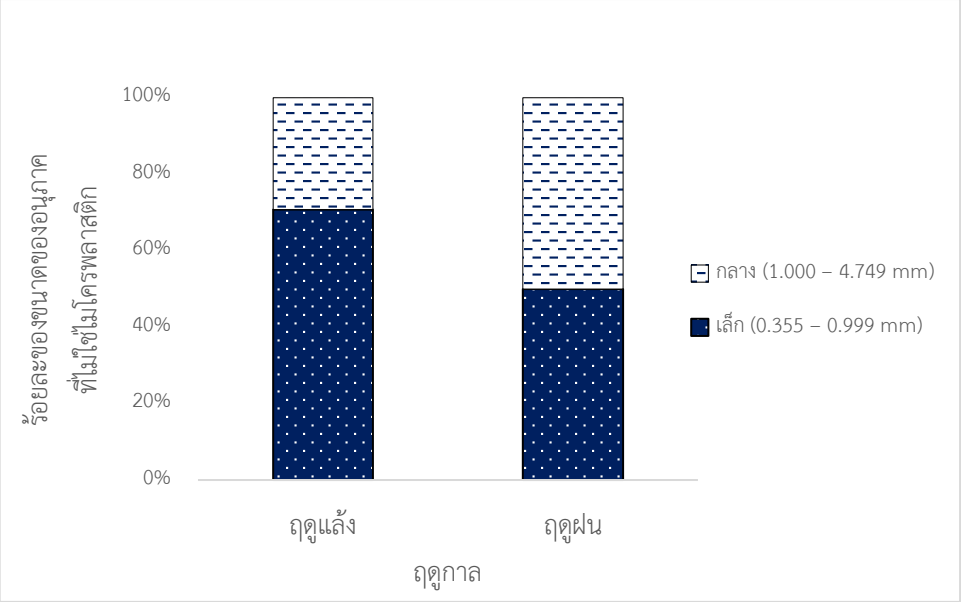
ภาพที่ 75 ร้อยละของรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

3.2) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกมีขนาดระหว่าง 600 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,200.0 µm ทั้งนี้พบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 23 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 11 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 67.6 และ 32.4 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตามลำดับ โดยตัวอย่างปลาจากช่วงฤดูแล้ง พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก มีขนาดระหว่าง 600 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,600 µm (ภาพที่ 76) เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 18 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 75.0 และ 25.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 77) และปลาจากช่วงฤดูฝน พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก มีขนาดระหว่าง 600 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600 µm (ภาพที่ 76) เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 5 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 5 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 50.0 และ 50.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝนตามลำดับ (ภาพที่ 77) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้ง

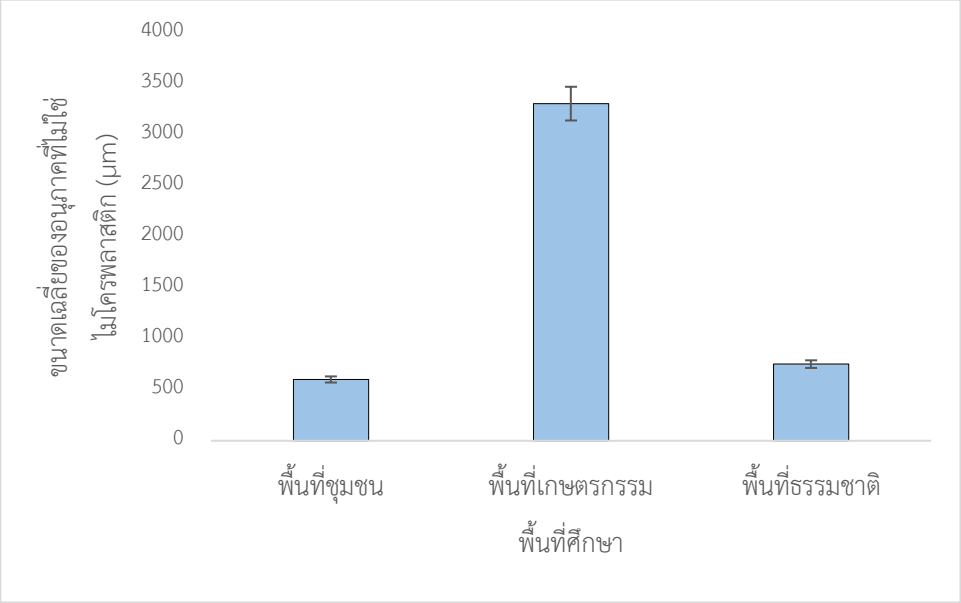


ภาพที่ 76 ขนาดเฉลี่ยอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

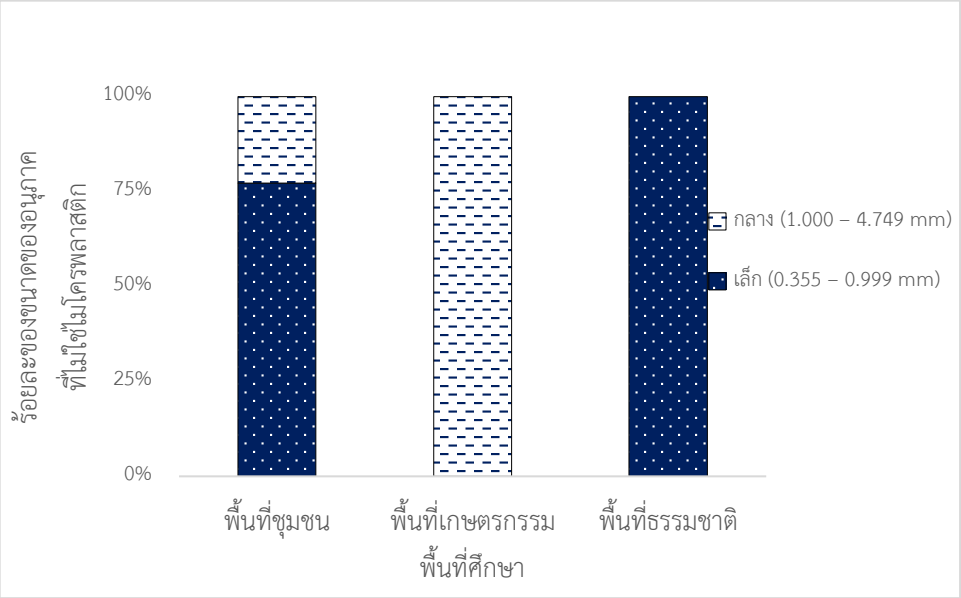


ภาพที่ 77 ร้อยละของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล

ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน มีขนาดระหว่าง 0 – 600 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600.0 µm (ภาพที่ 78) เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 9 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน (ภาพที่ 79) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่เกษตรกรรม มีขนาดระหว่าง 0 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,300.0 µm (ภาพที่ 78) เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดกลางเพียงขนาดเดียว จำนวน 11 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม (ภาพที่ 79) และขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ มีขนาดระหว่าง 600 – 900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 750.0 µm (ภาพที่ 78) เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ (ภาพที่ 79) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม

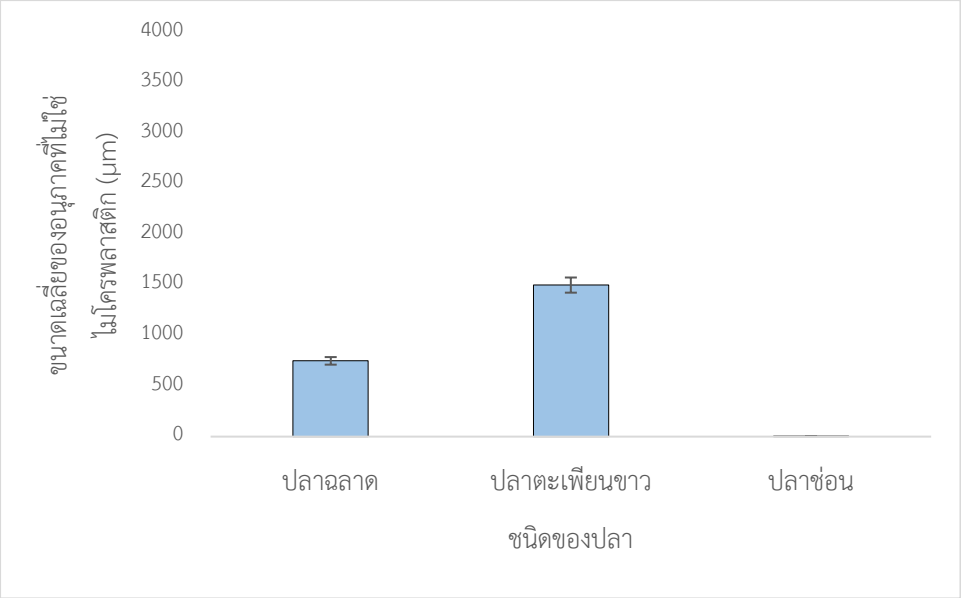


ภาพที่ 78 ขนาดเฉลี่ยอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

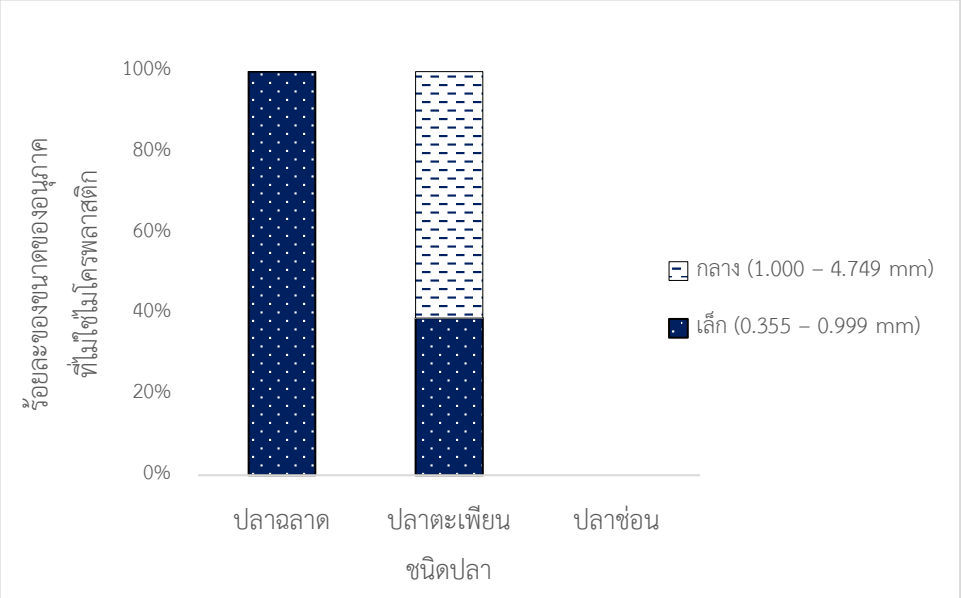


ภาพที่ 79 ร้อยละของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด มีขนาดระหว่าง 600 – 900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 750.0 µm (ภาพที่ 80) เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว จำนวน 14 คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาฉลาด (ภาพที่ 81) ขณะที่ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว มีขนาดระหว่าง 600 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,500.0 µm (ภาพที่ 80) เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก จำนวน 9 ชิ้น และขนาดกลาง จำนวน 11 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 35.0 และ 65.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวตามลำดับ (ภาพที่ 81) ขณะที่ไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว



ภาพที่ 80 ขนาดเฉลี่ยอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา



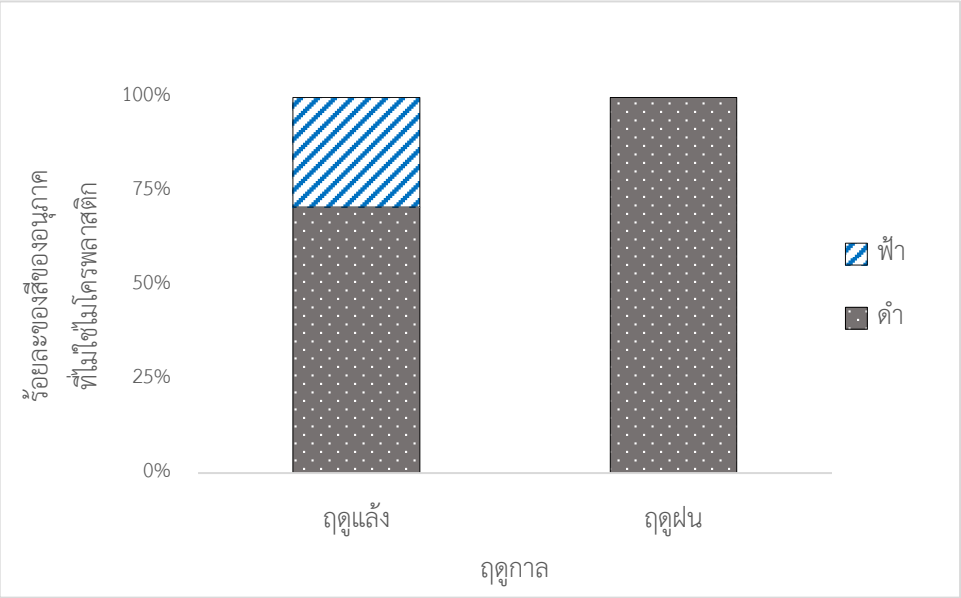
ภาพที่ 81 ร้อยละของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

3.3) สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

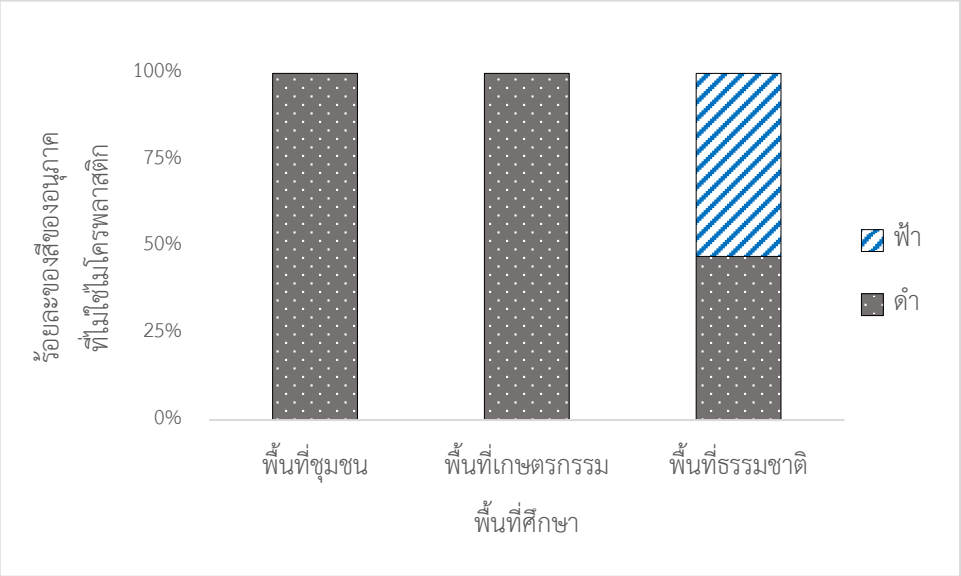
ผลการจำแนกสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดจำนวน 2 สี ได้แก่ สีดำ และสีฟ้า ซึ่งพบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกสีดำมากที่สุด จำนวน 27 ชิ้น จากทั้งหมด 34 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 79.4 และสีฟ้า จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 20.6 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะปลา โดยสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 2 สี ซึ่งเป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 17 ชิ้น และสีฟ้า จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 70.8 และ 29.2 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 82) ขณะที่พบสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูฝน เป็นสีดำเพียงสีเดียว จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 82)

สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม พบเป็นสีดำเพียงสีเดียว จำนวน 9 และ 11 ชิ้น ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากแต่ละพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 83) ขณะที่สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ธรรมชาติ พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด จำนวน 7 ชิ้น และสีฟ้า จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 50.0 และ 50.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติตามลำดับ (ภาพที่ 83)

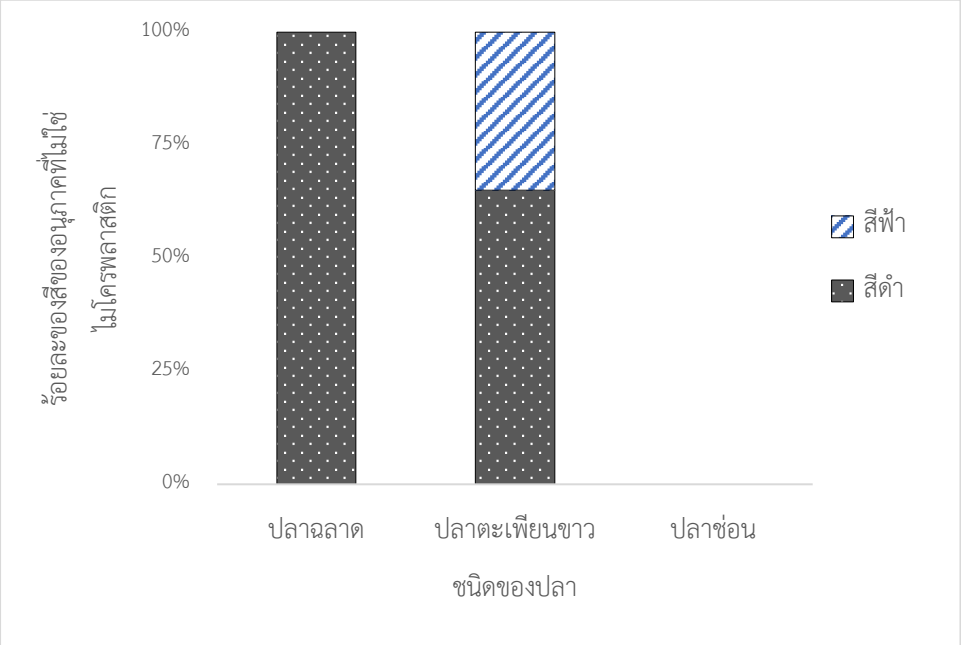
สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด พบเป็นสีดำเพียงสีเดียว จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาฉลาด (ภาพที่ 84) ขณะที่ในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำ จำนวน 13 ชิ้น และสีฟ้า จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 65.0 และ 35.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวตามลำดับ (ภาพที่ 84) และไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน



ภาพที่ 82 ร้อยละของสีอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



ภาพที่ 83 ร้อยละของสีอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน



ภาพที่ 84 ร้อยละของสีอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

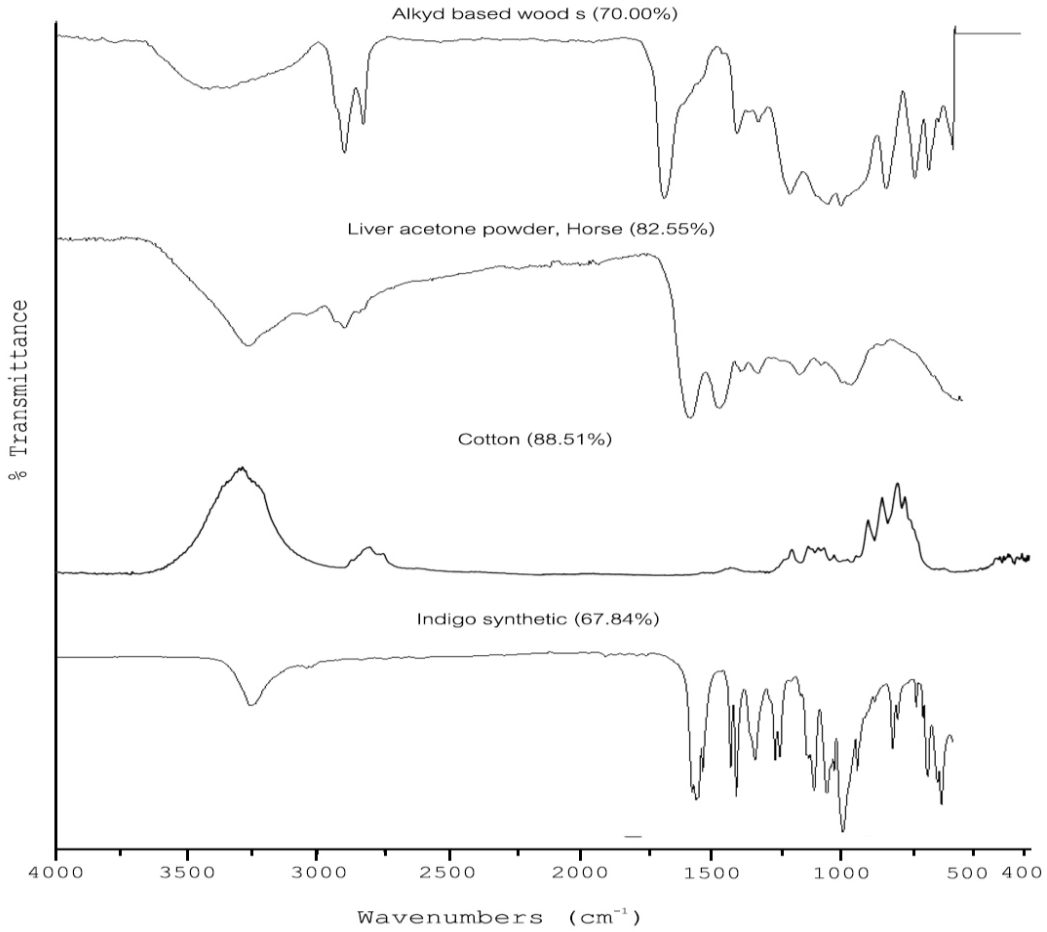
3.4) ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ผลการจำแนกประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 4 ประเภท ได้แก่ เส้นใยฝ้าย (Cotton) ผ้าขนสัตว์ (Fur coat) สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา และสีครามสังเคราะห์ (Indigo synthetic) แสดงดังภาพที่ 85 ทั้งนี้พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยฝ้ายมากที่สุด จำนวน 13 ชิ้น จากทั้งหมด 34 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 38.2 รองลงมา คือ สีครามสังเคราะห์ ผ้าขนสัตว์ และสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา ประภทละ 7 ชิ้น รวมเป็น 21 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 20.6, 20.6 และ 20.6 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตามลำดับ โดยพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้ง จำนวน 3 ประเภท เป็นเส้นใยฝ้ายมากที่สุด จำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 41.6 รองลงมา คือ ผ้าขนสัตว์ จำนวน 7 ชิ้น และสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 29.2 และ 29.2 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 86) และพบในช่วงฤดูฝน จำนวน 2

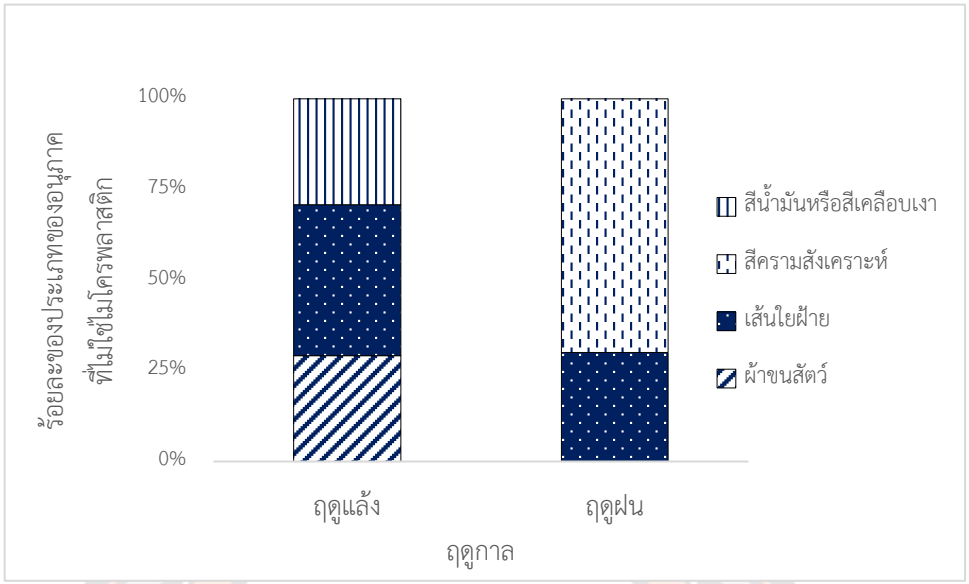
ประเภท เป็นสีครามสังเคราะห์ จำนวน 7 ชิ้น และเส้นใยฝ้าย จำนวน 3 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 70.0 และ 30.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝนตามลำดับ (ภาพที่ 86)

ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่ชุมชน พบจำนวน 2 ประเภท เป็นสีครามสังเคราะห์ จำนวน 7 ชิ้น และเส้นใยฝ้าย จำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 77.8 และ 22.2 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชนตามลำดับ (ภาพที่ 87) ขณะที่อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกจากพื้นที่เกษตรกรรม พบเส้นใยฝ้ายเพียงประเภทเดียว จำนวน 11 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 100 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากพื้นที่เกษตรกรรม (ภาพที่ 87) และพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกจากพื้นที่ธรรมชาติ จำนวน 2 ประเภท เป็นผ้าขนสัตว์ จำนวน 7 ชิ้น และสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา จำนวน 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 50.0 และ 50.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติลำดับ (ภาพที่ 87)

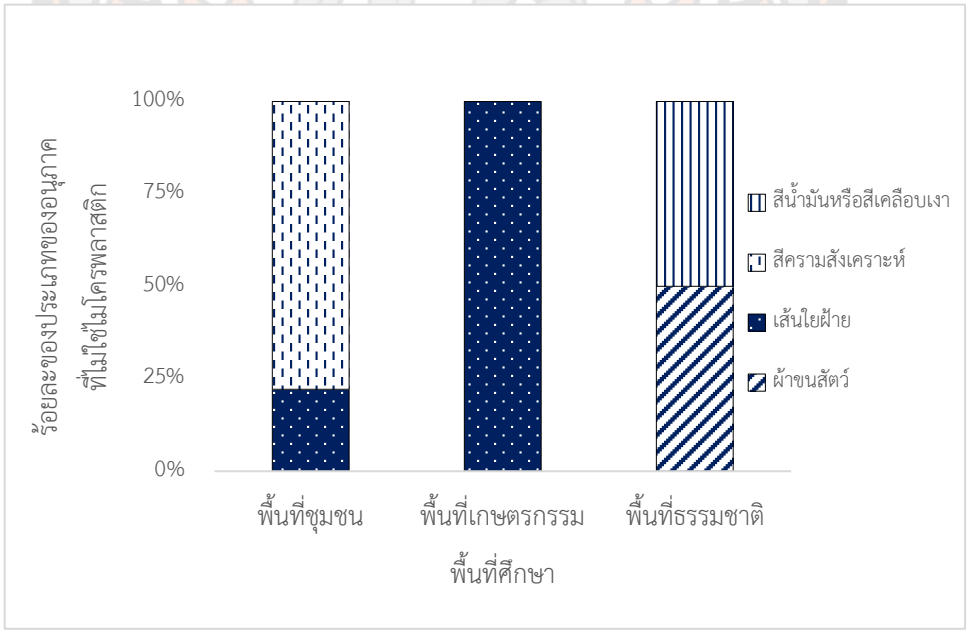
ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด จำนวน 2 ประเภท พบเป็นเส้นใยฝ้าย จำนวน 13 ชิ้น และผ้าขนสัตว์ จำนวน 1 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 92.9 และ 7.1 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาฉลาดตามลำดับ (ภาพที่ 88) ขณะที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว จำนวน 3 ประเภท เป็นสีครามสังเคราะห์ และสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงามากที่สุด ประเภทละ 7 ชิ้น รวมเป็น 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 35.0 และ 35.0 ตามลำดับ และผ้าขนสัตว์ จำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 30.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวตามลำดับ (ภาพที่ 88) และไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน



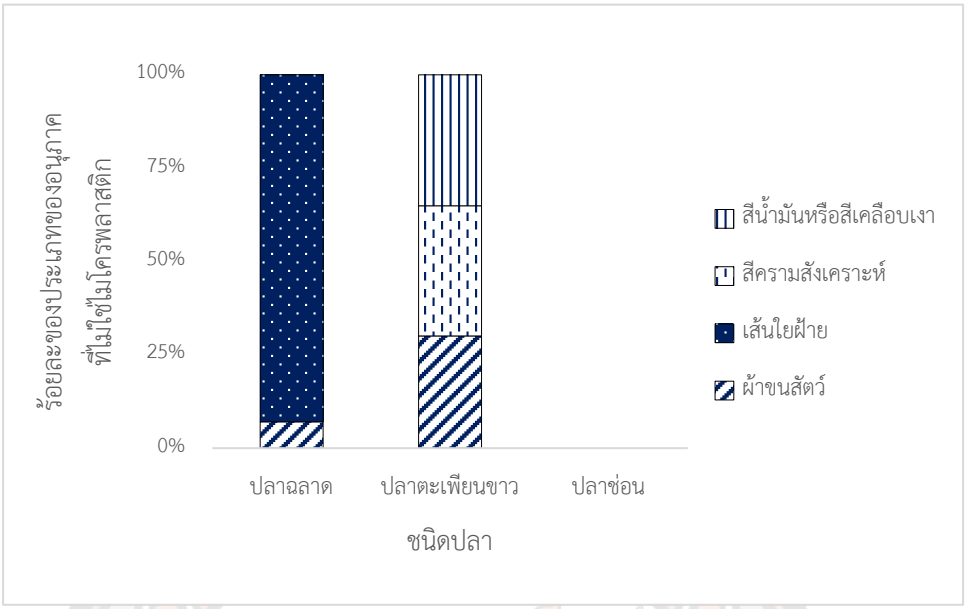
ภาพที่ 85 สเปกตรัมจากการจัดจำแนกพอลิเมอร์ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้งหมดเรียงจากบนลงล่าง โดยแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ที่พบพอลิเมอร์ในตัวอย่าง1) สีน้ำมัน (70.00%) 2) ผ้าขนสัตว์ (82.55%) 3) เส้นใยฝ้าย (88.51%) และ 4) สีครามสังเคราะห์ (67.84%)



ภาพที่ 86 ร้อยละของประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล



ภาพที่ 87 ร้อยละของประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน



ภาพที่ 88 ร้อยละของประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปี 2562 จำแนกตามชนิดของปลา

บทที่ 5

บทสรุป

งานวิจัยเรื่อง การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 เพื่อศึกษาปริมาณ ประเภท และลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ และเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาลต่อปริมาณ ประเภท และลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ มีบทสรุปและอภิปลายผล ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

5.1 คุณภาพน้ำผิวดิน

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำผิวดินที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูฝน ปี 2562 จำนวน 10 สถานี โดยทำการตรวจวัดค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป จำนวน 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความโปร่งแสง ค่าความขุ่น ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) และของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) พบว่าค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลายน้ำของน้ำทั้งหมดมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ส่วนค่าความขุ่นของน้ำในช่วงฤดูแล้ง มีค่าเกินกว่ามาตรฐานกำหนดเล็กน้อย ขณะที่ในช่วงฤดูฝนมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพของแล้งน้ำทั่วไปที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และค่าความโปร่งแสง ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และค่าของแข็งละลายทั้งหมด พบว่าในช่วงฤดูฝนมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย ขณะที่ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำทั่วไป ขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าทั้งหมดเกินกว่าเกณฑ์คุณภาพของแหล่งน้ำตามธรรมชาติเล็กน้อย ทั้งนี้โดยรวมแล้วผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปที่ตรวจวัดในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดเพื่อการอุปโภค บริโภค การเกษตรกรรม และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

5.2 อนุภาคของแข็งในน้ำผิวดิน

5.2.1 ปริมาณ

1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน มีค่าระหว่าง 0 – 8.33 items/m^2 หรือ 0 – 40.00 items/m^3 โดยในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 1.42±1.78 items/m^2 หรือ 5.97±8.28 items/m^3 และ 0.38±0.52 items/m^2 หรือ 1.62±2.24 items/m^3 ตามลำดับ ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ย 1.15±0.82 items/m^2 หรือ 4.57±3.55 items/m^3, 1.25±2.26 items/m^2 หรือ 5.61±10.50 items/m^3 และ 0.21±0.30 items/m^2 หรือ 0.95±1.33 items/m^3 ตามลำดับ ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินของทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่เกษตรกรรม

2) ปริมาณไมโครพลาสติก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน มีค่าระหว่าง 0 – 4.65 items/m^2 หรือ 0 – 20.00 items/m^3 โดยในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 0.53±1.09 items/m^2 หรือ 2.31±4.70 items/m^3 และ 0.13±0.24 items/m^2 หรือ 0.57±1.02 items/m^3 ตามลำดับ ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วง ฤดูแล้ง ทั้งนี้ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม มีค่าเฉลี่ย 0.62±0.79 items/m^2 หรือ 2.66±3.42 items/m^3 และ 0.29±1.09 items/ m^2 หรือ 1.25±4.69 items/m^3 ขณะที่ไม่พบไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ชุมชน

3) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน มีค่าระหว่าง 0 – 8.33 items/m^2 หรือ 0 – 40.00 items/m^3 โดยในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 0.88±1.56 items/m^2 หรือ 3.95±7.40 items/m^3 และ 0.24±0.45 items/m^2 หรือ 1.05±1.95 items/m^3 ตามลำดับ ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่า

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ย 0.53±0.67 items/m^2 หรือ 2.27±2.87 items/m^3, 0.96±1.97 items/m^2 หรือ 4.36±9.39 items/m^3 และ 0.21±0.30 items/m^2 หรือ 0.95±1.33 items/m^3 ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 3 พื้นที่ศึกษามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่เกษตรกรรม

5.2.2 ลักษณะทางกายภาพ

1) ลักษณะของไมโครพาร์ทิเคิล

รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน พบจำนวน 2 รูปร่าง ได้แก่ แบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 78.8 และ 21.2 ตามลำดับ โดยในแต่ละฤดูกาลจะพบรูปร่างไมโครพาร์ทิเคิลทั้งแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก โดยคิดเป็นแบบเส้นใยร้อยละ 74.1 – 81.0 และแบบแผ่นชิ้นเล็กร้อยละ 19.0 – 25.9 ทั้งนี้ในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ คือ จากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ พบไมโครพาร์ทิเคิลทั้งแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก โดยเป็นแบบเส้นใยร้อยละ 66.7 – 87.8 และแบบแผ่นชิ้นเล็กร้อยละ 12.2 – 33.3 จะพบว่าไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่มีรูปร่างแบบเส้นใย

ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน พบมีขนาดระหว่าง 300 – 3,900 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 865.8 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก และขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 85.9 และ 14.1 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 827.5 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 86.2 และในช่วงฤดูฝน พบมีขนาดเท่ากับ 948.1 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 85.2 ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 963.2, 777.7 และ 600.0 µm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่ชุมชน ซึ่งจัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 79.6 – 100 จะพบว่าขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่ จัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก

สีของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน พบทั้งหมดจำนวน 5 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง สีเขียว สีใส และสีฟ้า เป็นไมโครพาร์ทิเคิลสีดำมากที่สุด รองลงมา คือ สีแดง สีเขียว สีใส และสี

ฟ้า คิดเป็นร้อยละ 48.2, 18.8, 18.8, 9.4 และ 4.8 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 5 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 50.0 และในช่วงฤดูฝน พบจำนวน 3 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 44.4 สีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบจำนวน 4 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 57.1 ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พบจำนวน 5 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 29.6 และในพื้นที่ธรรมชาติ จำนวน 2 สี พบเป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 55.6 จะพบว่าสีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่เป็นสีดำ

2) ลักษณะของไมโครพลาสติก

รูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน พบจำนวน 2 รูปร่าง ได้แก่ แบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 93.8 และ 6.2 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบทั้ง 2 รูปร่าง เป็นแบบเส้นใย คิดเป็นร้อยละ 90.9 และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 9.1 และช่วงฤดูฝน พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปแบบเดียว ทั้งนี้ไมโครพลาสติกจากพื้นที่ชุมชน พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว ขณะที่พบในพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 2 รูปร่าง เป็นแบบเส้นใย และแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 66.7 และ 33.3 ตามลำดับ และไม่พบไมโครพลาสติกจากพื้นที่ธรรมชาติ จะพบว่าไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย

ขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน พบมีขนาดระหว่าง 300 – 1,200 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 562.5 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก และขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 87.5 และ 12.5 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 420.0 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 100 และในช่วงฤดูฝน พบมีขนาดเท่ากับ 458.0.0 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 60.0 ขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600.0 และ 500.0 µm ตามลำดับ ขณะที่ไม่พบไมโครพลาสติกจากพื้นที่ธรรมชาติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่ชุมชน ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 84.6 – 100 จะพบว่าขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่จัดเป็นไมโครพลาสติกที่มีอนุภาคขนาดเล็ก

สีของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน พบทั้งหมดจำนวน 4 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง สีใส และสีฟ้า เป็นไมโครพลาสติกสีดำ และสีแดงมากที่สุด รองลงมา คือ สีใส และสีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 37.5, 37.5, 12.5 และ 12.5 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 4 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 45.4 และในช่วงฤดูฝน พบจำนวน 2 สี เป็นสีแดงมากที่สุด ถึงร้อยละ 80.0 สีของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบจำนวน 3 สี เป็นสีดำและสีแดงมากที่สุด ถึง

ร้อยละ 42.3 และ 42.3 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พบจำนวน 3 สี เป็นสีฟ้ามากที่สุด ถึงร้อยละ 66.6 ขณะที่ไม่พบไมโครพลาสติกในนพื้นที่ธรรมชาติ จะพบว่าสีของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่พบเป็นสีดำ และสีแดง

ประเภทของไมโครพลาสติก พบจำนวน 3 ประเภท ได้แก่ พอลิเอสเตอร์ (PES) พอลิโพรพิลีน (PP) และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) คิดเป็นร้อยละ 37.5, 37.5 และ 25.5 ตามลำดับ ในช่วงฤดูแล้งพบไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน จำนวน 3 ประเภท เป็นพอลิโพรพิลีน พอลิเอสเตอร์ และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต คิดเป็นร้อยละ 40.9, 36.4 และ 22.7 ตามลำดับ และในช่วงฤดูฝนพบไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน จำนวน 3 ประเภท คือ พอลิเอสเตอร์ พอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต คิดเป็นร้อยละ 40.0, 30.0 และ 30.0 ตามลำดับ ทั้งนี้ประเภทของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบไมโครพลาสติกทั้ง 3 ประเภท โดยเป็นพอลิเอสเตอร์ พอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต คิดเป็นร้อยละ 46.2, 30.8 และ 23.0 ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่เกษตรกรรม พบจำนวน 2 ประเภท เป็นพอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต คิดเป็นร้อยละ 66.7 และ 33.3 ตามลำดับ และไม่พบไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ธรรมชาติ

3) ลักษณะของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน พบจำนวน 2 รูปร่าง ได้แก่ แบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 69.8 และ 30.2 ตามลำดับ โดยในแต่ละฤดูกาลจะพบรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก โดยคิดเป็นแบบเส้นใยร้อยละ 58.8 – 75.0 และแบบแผ่นชิ้นเล็กร้อยละ 25.0 – 41.2 ทั้งนี้ในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ คือ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้ง 2 รูปร่าง เป็นแบบเส้นใยร้อยละ 66.7 – 73.9 และแบบแผ่นชิ้นเล็กร้อยละ 26.1 – 33.3 จะพบว่าอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย

ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน พบมีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 830.7 µm ซึ่งจัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กและขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 85.0 และ 15.0 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 975.0 µm ซึ่งจัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 77.8 และในช่วงฤดูฝน พบมีขนาดเท่ากับ 600.0 µm ซึ่งจัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 100 ของขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในช่วงฤดูฝน ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 1275.0, 650.0 และ 600.0 μm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่ชุมชน ซึ่งจัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ร้อยละ 73.9 – 100 จะพบว่าขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่ จัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก

สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน พบทั้งหมดจำนวน 4 สี ได้แก่ สีดำ สีเขียว สีใส และสีแดง พบเป็นสีดำมากที่สุด รองลงมา คือ สีเขียว สีแดง และสีใส คิดเป็นร้อยละ 54.7, 30.3, 7.5 และ 7.5 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 4 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 52.8 และในช่วงฤดูฝน พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 58.8 สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 73.9 ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พบจำนวน 4 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 33.3 และพบในพื้นที่ธรรมชาติ จำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 55.6 จะพบว่าสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่พบเป็นสีดำ

ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก พบจำนวน 4 ประเภท ได้แก่ สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา เส้นใยธรรมชาติจากพืช เส้นใยฝ้าย และ Potassium oleate คิดเป็นร้อยละ 45.3, 30.2, 17.0 และ 7.5 ตามลำดับ ในช่วงฤดูแล้ง พบเป็นสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา และเส้นใยธรรมชาติจากพืช คิดเป็นร้อยละ 55.6 และ 44.4 ตามลำดับ และพบในช่วงฤดูฝน จำนวน 3 ประเภท เป็นเส้นใยฝ้าย สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา และ Potassium oleate คิดเป็นร้อยละ 47.0, 23.5 และ 23.5 ตามลำดับ ทั้งนี้พบประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุมชน จำนวน 3 ประเภท เป็นสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา เส้นใยฝ้าย และ Potassium oleate คิดเป็นร้อยละ 52.2, 30.4 และ 17.4 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พบจำนวน 2 ประเภท เป็นสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา และเส้นใยธรรมชาติจากพืช คิดเป็นร้อยละ 52.4 และ 47.6 ตามลำดับ และพบในพื้นที่ธรรมชาติ จำนวน 3 ประเภท เป็นเส้นใยธรรมชาติจากพืช เส้นใยฝ้าย และสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา คิดเป็นร้อยละ 66.7, 22.2 และ 11.1 ตามลำดับ

5.3 อนุภาคของแข็งในปลา

5.3.1 ปริมาณ

1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในปลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลา พบมีค่าระหว่าง 0 – 10 items/individual โดยไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งและ

ฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 6.11±2.26 และ 2.22±1.71 items/individual ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ย 5.16±2.63, 3.83±3.76 และ 3.50±1.87 items/individual ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ใช้ประโยชน์ โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาฉลาด ปลาตะเพียนขาว และปลาช่อน มีค่าเฉลี่ย 3.50±2.34, 4.66±4.32 และ 4.33±1.21 items/individual ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว

2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา พบมีค่าระหว่าง 0 – 10 items/individual โดยไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 3.44±4.15 และ 1.11±2.66 items/individual ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะปลาจากช่วงฤดูแล้ง ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ย 3.66±4.45, 1.83±3.12 และ 1.33±3.26 items/individual ตามลำดับ ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ใช้ประโยชน์ โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาช่อน มีค่าเฉลี่ย 1.16±1.60, 1.33±3.26 และ 4.33±4.80 items/individual ตามลำดับ ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาช่อน

3) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลามีค่าระหว่าง 0 – 10 items/individual โดยอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 2.66±4.21 และ 1.11±1.96 items/individual ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ย 1.50±2.34, 1.83±4.02 และ 2.33±3.82 items/individual ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ใช้ประโยชน์ โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดใน

กระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ ทั้งนี้ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาตะเพียนขาว มีค่าเฉลี่ย 2.33±3.82 และ 3.33±3.88 items/individual ตามลำดับ ขณะที่ไม่พบปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว

5.3.2 ลักษณะทางกายภาพ

1) ลักษณะของไมโครพาร์ทิเคิล

รูปร่างไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลา พบ 2 รูปร่าง ได้แก่ แบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 90.7 และ 9.3 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบจำนวน 2 รูปร่าง เป็นรูปร่างแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 87.3 และ 12.7 ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูฝน พบรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะปลาจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม พบเป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในปลาจากแต่ละพื้นที่ศึกษา ขณะที่ไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ จำนวน 2 รูปร่าง เป็นแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 66.7 และ 33.3 ตามลำดับ ทั้งนี้ไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาช่อน พบเป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาแต่ละชนิด ขณะที่ไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว เป็นแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 75.0 และ 25.0 ตามลำดับ จะพบว่าไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาส่วนใหญ่มีรูปร่างแบบเส้นใย

ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลา พบมีขนาดระหว่าง 300 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 893.2 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก และขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 62.7 และ 37.3 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลามีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 926.1 µm เป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 58.2 และในช่วงฤดูฝน พบมีขนาดเท่ากับ 802.5 µm โดยพบเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 75.0 ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 862.5, 1,020.0 และ 740.6 µm ตามลำดับ โดยจัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 51.6 – 100 โดยพบมีขนาดเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ ทั้งนี้ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาฉลาด ปลาตะเพียนขาว และ

ปลาช่อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 892.8, 940.7 และ 842.3 µm ตามลำดับ โดยจัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 46.4 - 77.0 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบขนาดเฉลี่ยสูงสุดจากกระเพาะของปลาตะเพียนขาว และขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาส่วนใหญ่จัดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก

สีของไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลา พบทั้งหมดจำนวน 3 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง และสีฟ้า เป็นไมโครพาร์ทิเคิลสีดำมากที่สุด รองลงมา คือ สีแดง และสีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 81.4, 9.3 และ 9.3 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลา จำนวน 3 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 74.6 และในช่วงฤดูฝน พบไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาเป็นสีดำเพียงสีเดียว คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโคพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูฝน สีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 77.4 ขณะที่ไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม พบเป็นสีดำเพียงสีเดียว ส่วนไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 66.7 ทั้งนี้ไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาฉลาดและปลาช่อน พบเป็นสีดำเพียงสีเดียว ขณะที่ไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว จำนวน 3 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 50.0 ทั้งนี้จะพบว่าสีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาโดยส่วนใหญ่จะเป็นสีดำ

2) ลักษณะของไมโครพลาสติก

รูปร่างของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา พบเป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว คิดเป็นร้อยละ 100 ของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลา โดยไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งจากช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบเป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียวเช่นเดียวกับไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ ที่พบเป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว ขณะที่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด ปลาตะเพียนขาว และปลาช่อน เป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียวเช่นกัน

ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา พบมีขนาดระหว่าง 300 – 1,800 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,000.0 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก และขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 65.9 และ 34.1 ตามลำดับ โดยไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้ง พบมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 1,125.0 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 54.8 ขณะที่ปลาจากช่วงฤดูฝน พบไมโครพลาสติกมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 750.0 µm ซึ่งจัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กทั้งหมด ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ขนาดของ

ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,200.0, 750.0 และ 900.0 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กร้อยละ 36.4 – 100 ขนาดของปลามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน ทั้งนี้ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด ตะเพียนขาว และปลาช่อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 450.0, 1,500 และ 1,200.0 µm ตามลำดับ ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กร้อยละ 77.0 – 100 ขนาดเฉลี่ยของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลามีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากกระเพาะของตะเพียนขาว ทั้งนี้จะพบว่าขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาโดยส่วนใหญ่จัดเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก

สีของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา พบทั้งหมดจำนวน 2 สี เป็นไมโครพลาสติกสีดำ และสีแดง คิดเป็นร้อยละ 82.9 และ 17.1 ตามลำดับ โดยไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากในช่วงฤดูแล้ง พบทั้ง 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 77.4 ส่วนในช่วงฤดูฝน พบเป็นสีดำเพียงสีเดียว สีของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พบทั้ง 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 68.2 ขณะที่ปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ เป็นสีดำเพียงสีเดียว ทั้งนี้พบในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาช่อน พบไมโครพลาสติกเป็นสีดำเพียงสีเดียว ขณะที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียน พบไมโครพลาสติกทั้ง 2 สี เป็นสีแดงมากที่สุด ถึงร้อยละ 87.5 ทั้งนี้พบว่าสีของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาส่วนใหญ่เป็นสีดำ

ประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลา พบจำนวน 4 ประเภท ได้แก่ พอลิเอสเตอร์ (PES) พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) ดราลอน (Dralon) และเรยอน (Rayon) คิดเป็นร้อยละ 48.7, 17.1, 17.1 และ 17.1 ตามลำดับ ทั้งนี้พบในช่วงฤดูแล้ง จำนวน 3 ประเภท เป็นพอลิเอสเตอร์ พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต และดราลอน คิดเป็นร้อยละ 54.8, 22.6 และ 22.6 ตามลำดับ และพบในช่วงฤดูฝน จำนวน 2 ประเภท คือ เรยอน และพอลิเอสเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 70.0 และ 30.0 ตามลำดับ ทั้งนี้พบในพื้นที่ชุมชน จำนวน 2 ประเภท คือ พอลิเอสเตอร์ และดราลอน คิดเป็นร้อยละ 68.2 และ 31.8 ตามลำดับ และในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 2 ประเภท คือ พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต และพอลิเอสเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 58.3 และ 41.7 ตามลำดับ ขณะที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติเป็นแบบเรยอนเพียงประเภทเดียว ทั้งนี้พบไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาตะเพียนขาวเป็นพอลิเอสเตอร์เพียงประเภทเดียว ขณะที่พบในกระเพาะของปลาช่อน ทั้ง 4 ประเภท เป็นเรยอน

ดราลอน พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต และพอลิเอสเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 27.0, 27.0, 27.0 และ 19.0 ตามลำดับ

3) ลักษณะของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา พบแบบเส้นใยและแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 79.4 และ 20.6 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะปลาเป็นแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 70.8 และ 29.2 ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูฝน พบเป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว ทั้งนี้อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม เป็นแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว ส่วนอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ พบเป็นแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 50.0 และ 50.0 ตามลำดับ ทั้งนี้พบในกระเพาะของปลาฉลาด มีรูปร่างแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว ขณะที่พบในกระเพาะของ ปลาตะเพียนขาว พบเป็นแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 65.0 และ 35.0 ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน

ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา พบมีขนาดระหว่าง 600 – 3,300 µm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,200.0 µm ซึ่งจัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก และขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 67.6 และ 32.4 ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้ง พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 1,600.0 µm ซึ่งจัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 75.0 และในช่วงฤดูฝน พบมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 600.0 µm ซึ่งจัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 50.0 ของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 600.0, 3,300.0 และ 750.0 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยจัดเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่การใช้ประโยชน์จัดเป็นอนุภาคขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 100 ทั้งนี้ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด และปลาตะเพียนขาว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 750.0 และ 1,500.0 µm ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลามีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดจากกระเพาะของปลาตะเพียนขาว โดยอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจัดเป็นอนุภาคขนาดเล็ก ถึงร้อยละ 35.0 – 100

สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา พบทั้งหมดจำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.4 และสีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 20.6 โดยพบในช่วง ฤดูแล้ง พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 70.8 ส่วนในช่วงฤดูฝน เป็นสีดำเพียงสีเดียว สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม พบเป็นสีดำเพียงสีเดียว ขณะที่สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ พบทั้ง 2 สี เป็นสีดำ และสีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 50.0 และ 50.0 ตามลำดับ ทั้งนี้พบในกระเพาะของปลาฉลาด เป็นสีดำเพียงสีเดียว ขณะที่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว จำนวน 2 สี เป็นสีดำมากที่สุด ถึงร้อยละ 65.0 ทั้งนี้ไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน จะพบว่าอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลา โดยส่วนใหญ่เป็นสีดำ

ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก พบจำนวน 4 ประเภท ได้แก่ เส้นใยฝ้าย (Cotton) สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา ผ้าขนสัตว์ (Fur coat) และสีครามสังเคราะห์ (Indigo synthetic) คิดเป็นร้อยละ 38.2, 20.6, 20.6 และ 20.6 ตามลำดับ ในช่วงฤดูแล้ง พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา จำนวน 3 ประเภท เป็นเส้นใยฝ้าย ผ้าขนสัตว์ และสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา คิดเป็นร้อยละ 41.6, 29.2 และ 29.2 ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูฝน พบจำนวน 2 ประเภท เป็นสีครามสังเคราะห์ และเส้ยใยฝ้าย คิดเป็นร้อยละ 70.0 และ 30.0 ตามลำดับ ทั้งนี้ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกจากพื้นที่ชุมชน พบเป็นสีครามสังเคราะห์ และเส้นใยฝ้าย คิดเป็นร้อยละ 77.8 และ 22.2 ตามลำดับ ขณะที่อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่เกษตรกรรม พบเป็นเส้นใยฝ้ายเพียงประเภทเดียว ส่วนปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา จำนวน 2 ประเภท เป็นสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา และผ้าขนสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 50.0 และ 50.0 ตามลำดับ ทั้งนี้อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาฉลาด พบเป็นเส้นใยฝ้าย และผ้าขนสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 92.9 และ 7.1 ตามลำดับ และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว จำนวน 3 ประเภท เป็นสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา สีครามสังเคราะห์ และผ้าขนสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 35.0, 35.0 และ 30.0 ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาช่อน

อภิปรายผล

5.1 คุณภาพน้ำผิวดิน

5.1.1 อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูฝน ปี 2562 พบอุณหภูมิของน้ำมีค่าแปรผันระหว่าง 28.1 – 35.9 ℃ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.1 ℃ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเป็นไปตามอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติ คือ มีค่าระหว่าง 29.4 – 32.4 ℃ (สัมพันธ์ พลันสังเกต และคณะ, 2545) และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ที่กำหนดให้อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติ 3 ℃ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ทั้งนี้คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ ไพริน และคณะ (2553) ที่ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ปี 2552 เป็นช่วงฤดูฝน โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 10 จุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งตรวจพบค่าอุณหภูมิของน้ำ มีค่าระหว่าง 28.8 – 34.2 ℃ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.1℃

5.1.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ พบมีค่าระหว่าง 7.0 – 9.8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.1 ถือว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งกำหนดให้มีค่าระหว่าง 5 – 9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งกำหนดให้มีค่าระหว่าง 5 – 9 (กรมควบคุมมลพิษ , 2546) ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของไพริน และคณะ (2553) ที่ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ปี 2552 เป็นช่วงฤดูฝน ซึ่งตรวจพบค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าระหว่าง 7.9 – 9.1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.3

5.1.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen: DO)

ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ พบมีค่าระหว่าง 4.7 – 8.9 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 mg/l ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 ที่กำหนดให้ไม่ต่ำกว่า 4.0 mg/l ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งแสงแดดค่อนข้างจัดประกอบกับระดับน้ำที่ลดลง ทำให้แสงสามารถส่องไปได้ลึก ทำให้พืชน้ำทุกกลุ่มทั้งกลุ่มพืชโผล่พ้นน้ำ พืชลอยน้ำ พืชปริ่มน้ำ รวมถึงพืชใต้น้ำสามารถสังเคราะห์แสงได้อย่างเต็มที่จึงทำให้ออกซิเจนในน้ำมีค่าสูง โดยเฉพาะในช่วงบ่าย นอกจากนี้ค่าออกซิเจนละลายน้ำพบในทั้ง 2 ฤดูกาลสามารถผันแปรได้จากหลายปัจจัยทั้งจากปัจจัยแวดล้อมทางธรรมชาติ เช่น การมีแสง การไหลของน้ำ ลม เป็นต้น และรวมถึงเป็นผลมาจากการปนเปื้อนมลสารของแหล่งน้ำด้วย (พรรษวรรณ ศรีนาค, 2547) ทั้งนี้คล้ายคลึงกับงานวิจัยของไพริน และคณะ (2553) ที่ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือน

พฤศจิกายน ปี 2552 ซึ่งตรวจพบค่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าระหว่าง 7.4 – 8.2 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.9 mg/l

5.1.4 ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity)

ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ พบมีค่าระหว่าง 146.0 – 508.0 µS/cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 320.5 µS/cm ซึ่งสูงกว่าค่าความนำไฟฟ้าของแหล่งน้ำปกติโดยทั่วไปที่กำหนดให้ มีค่าระหว่าง 150 – 300 µS/cm (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากบึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งรองรับของเสียจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากการอุปโภค บริโภคของชุมชนและมีการดำเนินกิจกรรมที่หลากหลายบริเวณโดยรอบและภายในของบึง ทำให้บึงมีการปนเปื้อนหรือเป็นแหล่งรองรับทิ้งสารประกอบอินทรีย์สาร (Organic compound) เช่น น้ำมันจากเรือ ของเสียจากอาหารและเศษอาหาร เป็นต้น และสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic compound) เช่น ปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร เกลือที่ใช้ในครัวเรือน เป็นต้น (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534) ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของตะกอนสารละลายและสารแขวนลอยต่างๆ ที่สามารถแตกตัวให้อิออนบวกและลบที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีและทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าสูงขึ้น (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2522) ทั้งนี้ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 152.0 – 567.0 µS/cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 361.7 µS/cm พบว่ามีค่าแตกต่างกับงานวิจัยของไพริน และคณะ (2553) ที่ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายนในปี 2552 ซึ่งตรวจพบค่าความนำไฟฟ้าของน้ำ มีค่าระหว่าง 211 – 255 µS/cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 226.3 µS/cm ซึ่งมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำปกติโดยทั่วไปที่กำหนดให้ มีค่าระหว่าง 150 – 300 µS/cm (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

5.1.5 ค่าความโปร่งแสง (Transparency)

ค่าความโปร่งแสงของน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ พบมีค่าระหว่าง 10 – 100 cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.9 cm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองสัตว์น้ำจืด ที่กำหนดให้มีค่าระหว่าง 30 – 60 cm (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2530) ทั้งนี้ค่าความโปร่งแสงของน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 20 – 75 cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.6 cm พบว่ามีค่าแตกต่างจากไพริน และคณะ (2553) ที่ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ซึ่พบค่าความโปร่งแสงของน้ำ มีค่าระหว่าง 41 – 105 cm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.3 cm ซึ่งมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองสัตว์น้ำจืด

5.1.6 ค่าความขุ่น (Turbidity)

ค่าความขุ่นของน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ พบมีค่าระหว่าง 7.5 – 673 NTU มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.8 NTU จัดอยู่ในเกณฑ์ปกติ เนื่องจากแหล่งน้ำทั่วไปไม่ควรมีค่าความขุ่นเกินกว่า 100 NTU (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) เพราะจะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและพืชน้ำ เช่น ถ้าแหล่งน้ำมีค่าความขุ่นมาก ทำให้แสงไม่สามารถส่องผ่านไปยังพื้นท้องน้ำได้หรือส่องผ่านได้น้อย ซึ่งจะขัดขวางปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืช โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช ซึ่งจะทำให้ปริมาณอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำลดลง (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534)

5.1.7 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid: TSS)

ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ของน้ำ ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ พบมีค่าระหว่าง 15.0 – 260.0 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.2 mg/l ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองสัตว์น้ำจืด ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 25 cm (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528) โดยค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่ปนเปื้อนในน้ำนี้สามารถเป็นได้ทั้งสิ่งมีชีวิต เช่น แพลงก์ตอน สาหร่าย พืช หรือสัตว์น้ำขนาดเล็ก และสิ่งไม่มีชีวิต เช่น ดินละเอียด ซากของสิ่งมีชีวิต หรือขยะขนาดเล็กซึ่งอาจรวมถึงพลาสติกขนาดเล็กหรือไมโครพลาสติกที่แขวนลอยอยู่ในน้ำด้วย

5.1.8 ของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solid: TDS)

ค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ พบมีค่าระหว่าง 2.0 – 290.0 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 175.0 mg/l ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เล็กน้อย คือ ควรมีค่าระหว่าง 100 – 200 mg/l (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534) ทั้งนี้พบค่าของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำในช่วงฤดูแล้งและช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ซึ่งค่าของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำ ในช่วงฤดูฝนพบว่ามีค่าแตกต่างกับงานวิจัยของไพริน และคณะ (2553) ที่ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ซึ่งค่าของแข็งละลายทั้งหมด มีค่าระหว่าง 142.2 – 265.3 mg/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 186.1 mg/l ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ทั้งนี้ค่าของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการรายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ปี 2558 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 4 ซึ่งประเมินค่า Water Quality index (WQI) พบค่าของแข็งละลายทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 227 mg/l ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินในแหล่งน้ำธรรมชาติที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

5.2 อนุภาคของแข็งในน้ำผิวดิน

5.2.1 ปริมาณ

1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในน้ำผิวดิน

ผลการศึกษาปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลมีค่าเฉลี่ยสูงในช่วงฤดูแล้ง โดยปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล ซึ่งพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้เนื่องมาจากช่วงฤดูแล้งเป็นช่วงขาดฝน และอุณหภูมิค่อนข้างสูง ส่งผลให้ปริมาณน้ำภายในบึงบอระเพ็ดมีน้อยและมีลักษณะตื้นเขิน น้ำจะไม่มีการเคลื่อนที่หรือพัดพาไปได้มากจึงหนักเป็นผลให้มีการสะสมของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินช่วงฤดูแล้งสูง และปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลใน น้ำผิวดินทั้ง 3 พื้นที่ศึกษามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่เกษตรกรรม ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ภายในและโดยรอบบึงบอระเพ็ด โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกข้าว และพื้นที่พืชไร่ ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของไมโครพาร์ทิเคิลลงสู่แหล่งน้ำได้ โดยมีสาเหตุมาจากการทิ้งหรือการหลุดร่วงของบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เป็นหีบห่อบรรจุปุ๋ยชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการเกษตรหรือมาจากอวนที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงปลาหรือดักจับปลา และมาจากการทิ้งขยะไม่เป็นที่ของมนุษย์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้พบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินของพื้นที่เกษตรกรรมสูงกว่าพื้นที่อื่น สอดคล้องกับ Di, Liu, Wang, and Wang (2019) ที่ทำการศึกษาพิษวิทยาทางสิ่งแวดล้อมและเภสัชวิทยาของมลพิษในพื้นที่ผลิตน้ำดื่มโดยศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และตะกอนดินจากอ่างเก็บน้ำ Danjiangkou ที่ใช้สำหรับผลิตน้ำดื่ม ของประเทศจีน ซึ่งอ่างเก็บน้ำที่ใช้สำหรับเก็บน้ำมีพื้นที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่เกษตรกรรมท้องถิ่น เช่น พื้นที่เพาะปลูกข้าว หรือพื้นที่การทำสวนผลไม้ เช่น สวนส้ม เป็นต้น ทำให้เกิดการปนเปื้อนของ ไมโครพาร์ทิเคิลที่ส่วนหนึ่งเป็นไมโครพลาสติกจากกิจกรรมดังกล่าวลงสู่แหล่งน้ำ โดยพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลมีค่าระหว่าง 467 – 15,017 items/m^3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,594 ± 3,875 items/m^3 ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลใน น้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ที่พบมีปริมาณระหว่าง 0 – 0.40 items/m^3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80±6.40 items/m^3

2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในน้ำผิวดิน

ผลการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล ซึ่งพบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงดูแล้ง และพบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่ชุมชน ทั้งนี้เป็นผล

เนื่องจากเป็นช่วงฤดูกาลที่มีปริมาณน้ำน้อย และพื้นที่ชุมชนเป็นที่ตั้งของชุมชนและมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์จากบึงบอระเพ็ดอย่างหนาแน่น ทั้งการใช้บึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค และใช้บึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งและของเสียจากครัวเรือนที่ตั้งอยู่ภายในบึงหรือจากบ้านเรือนที่อยู่ติดกับเขตพื้นที่ของบึงบอระเพ็ด จึงทำให้พบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำได้สูงกว่าพื้นที่อื่น สอดคล้องกับ Su et al. (2016) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในทะเลสาบไท่หู ของประเทศจีน โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 เขต ประกอบด้วย เขตรับน้ำเสียจากชุมชนหรือเขตเมือง เขตธรรมชาติ และเขตบริเวณกลางบึง พบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำผิวดิน (Surface water) มีค่าระหว่าง 0 – 0.02 items/m^3 ซึ่งพบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินส่วนใหญ่มีสาเหตุหลักมาจากการรับน้ำเสียจากชุมชนหรือเขตเมือง และการพัดพาหรือมีการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกโดยกระแสลม

ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบมีปริมาณระหว่าง 0 – 4.65 items/m^2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.33±0.81 items/m^2 หรือ 0 – 0.20 items/m^3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.44±3.49 items/m^3 ซึ่งพบในปริมาณมากกว่า Wang et al (2018) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำ และตะกอนดินในพื้นที่ทุ่งกังหันลม (wind Farm) ด้วย Neuston net ขนาด 333 μm พบไมโครพลาสติกในน้ำมีปริมาณเฉลี่ย 0.33±0.27 items/m^3 และมากกว่าผลการศึกษาของ Fischer, Paglialonga, Czech, & Tamminga (2016) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในทะเลสาบและตะกอนชายดินบริเวณชายฝั่งของทะเลสาบ Bolsena และ Chiusi ประเทศอิตาลี พบไมโครพลาสติกในทะเลสาบ Bolsena และ Chiusi มีปริมาณ 0.82 – 4.42 items/m^3 และ 2.68 – 3.36 items/m^3ตามลำดับ และน้อยกว่าผลการศึกษาของ Su et al. (2018) ที่ทำการศึกษาหอยเอเชียเป็นตัวชี้วัดไมโครพลาสติกในระบบนิเวศน้ำจืด โดยสุ่มและเก็บตัวอย่างมาจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรมที่มาการสัญจรทางน้ำ และพื้นที่ติดต่อกับเขตอุตสหกรรมและมีแหล่งท่องเที่ยว พบมีปริมาณ 0.5×10^{-3} – 3.1×10^{-3} items/m^3 และน้อยกว่าผลการศึกษาของ Ta Tuan, Babel (2020) ที่พบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกที่ผสมกับโลหะหนักในเขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาของประเทศไทย โดยแบ่งเขตเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และพื้นที่เขตอุตสหกรรมและเขตชุมชน พบมีปริมาณเฉลี่ย 48±8 items/m^3 และน้อยกว่าผลการศึกษาของ Faure, Demars, Wieser, Kunz, and De Alencastro (2015) ที่พบ ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินใน 6 ทะเลสาบที่ใหญ่ที่สุดของสวิตเซอร์แลนด์ ได้แก่ ทะเลสาบเจนีวา ทะเลสาบคอนสแตนซ์ ทะเลสาบมัจโจเร ทะเลสาบเนอชาแตล ทะเลสาบซูริค และทะเลสาบเบรียนซ์ มีปริมาณเฉลี่ย 1,300±2,000 items/m^2 ซึ่งการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่พบนี้มีเส้นทางมาจากโรงบำบัดน้ำเสียหรือน้ำไหลบ่าจากเมืองหรือชุมชน เป็นต้น การศึกษาไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำจืดประเภทแหล่งน้ำนิ่งยังคงมีอยู่จำกัด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินจาก

บึงบอระเพ็ด และผลการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำทะเล พบว่าน้อยกว่าผลการศึกษาของ Song, Hong, Jang, Han, and Shim (2015) ที่พบการกระจายของไมโครพลาสติกในผิวน้ำทะเล (Sea Surface Microlayer) บริเวณอ่าวจินเฮ ประเทศเกาหลีใต้ โดยพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88±68 items/m^2 ทั้งนี้เนื่องมาจากจุดเก็บตัวอย่างบางสถานีถูกล้อมรอบด้วยเมืองชายฝั่งที่มีประชากรหนาแน่น ถึง 1.1 ล้านคน นอกจากนี้อ่าวจินเฮยังได้รับน้ำจากแม่น้ำนักดง (Nakdong) ที่มีการทำประมงในบริเวณโดยรอบ และยังเป็นเขตอุตสาหกรรม และน้อยกว่าผลการศึกษาของ Chae, Kim, Kim, Song, and Shim (2015) ที่ศึกษาความหนาแน่นและลักษณะการกระจายตัวของไมโครพลาสติกในผิวน้ำทะเล (Surface seawater) ของนครอินชอน จังหวัดคย็องกี ประเทศเกาหลีใต้ โดยพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมีค่าระหว่าง 48.0 – 360 items/m^2 หรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 152±92.2 items/m^2 ซึ่งมีแหล่งปนเปื้อนมาจากหลายปัจจัย เช่น ท่าเรืออินชอน ซึ่งเป็นท่าเรือที่ใหญ่เป็นอันดับสองของเกาหลี (17,514 ลำ/ปี) นอกจากนั้นยังเป็นบริเวณที่รองรับน้ำจากแม่น้ำฮัน (Han River) ยังเป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านเมืองที่มีประชากรหนาแน่นที่สุดในเกาหลี และรับน้ำที่มาจากท่าอากาศยานนานาชาติอินชอน และมีเขตอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ตามแนวชายฝั่งนี้ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกลงสู่น้ำทะเลบริเวณชายฝั่งแห่งนี้ ทั้งนี้จะพบว่าปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ยังคงมีปริมาณต่ำกว่าผลการศึกษาในแหล่งน้ำอื่นทั้งในทะเลสาบน้ำจืด แม่น้ำ น้ำทะเล และน้ำทะเลบริเวณชายฝั่ง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินทั้งในแหล่งน้ำจืดและน้ำทะเล จะพบปริมาณไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำมีค่าแตกต่างกันในแต่ละแหล่ง โดยปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด อาจจำแนกได้ว่ามีปริมาณการปนเปื้อนในระดับไม่สูงนัก คือ มีปริมาณต่ำกว่า 2 items/m^3 ขณะที่พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำอื่นมีค่ามากกว่า 2 จนถึง 48 items/m^3 แสดงดังตารางที่ 15

3) อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Non- Microplastic) ในน้ำผิวดิน

ผลการศึกษาปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล ซึ่งพบปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดในช่วงดูแล้ง และพบปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเฉลี่ยสูงสุดจากพื้นที่เกษตรกรรม ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่ถูกใช้ประโยชน์ในการเป็นพื้นที่ปลูกข้าว และพื้นที่พืชไร่ ที่จะส่งผลให้มีการปนเปื้อนของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกหรืออนุภาคมลสารอื่นๆ ลงสู่แหล่งน้ำได้ นอกจากนี้การทิ้งหรือการปะปนของบรรจุภัณฑ์ที่เป็นหีบห่อบรรจุวัสดุชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการเกษตรกรรมหรือมาจากวัสดุที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงปลาและการประมงธรรมชาติ อาจ

เป็นผลทำให้พบปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินของพื้นที่เกษตรกรรมสูงกว่าพื้นที่อื่น สอดคล้องกับการศึกษาของ Di et al. (2019) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และตะกอนดินจากอ่างเก็บน้ำ Danjiangkou ที่ใช้สำหรับผลิตน้ำดื่มของประเทศจีน ซึ่งอ่างเก็บน้ำนี้มีพื้นที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่เกษตรกรรมท้องถิ่น โดยเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าว และพื้นที่สวนผลไม้ เช่น สวนส้ม เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดการปนเปื้อนของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่เป็นส่วนหนึ่งของอนุภาคไมโครพาร์ทิเคิลจากกิจกรรมดังกล่าวลงสู่แหล่งน้ำได้ โดยพบปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน จำนวน 14 ชิ้น จากทั้งหมด 86 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 16.3 ของปริมาณของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในพื้นที่ศึกษา

ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบมีปริมาณระหว่าง 0 – 8.33 items/m^2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 items/ m^3 หรือ 0 – 40.00 items/m^3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50±5.56 items/m^3 ซึ่งมากกว่าการศึกษาของ Miller et al. (2017) ที่ศึกษาพลาสติกไมโครไฟเบอร์และไมโครไฟเบอร์ที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก ในน้ำที่ไหลจากภูเขาลงสู่ทะเล บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของประเภทสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบอนุภาคของไมโครไฟเบอรที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0009 items/m^3

ตาราง ที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกในน้ำ (items/m^3)

แหล่งน้ำ	ประเภท	รูพรุนตาข่าย Net (μm)	ความลึก (m)	ปริมาณ (items/m^3)		อ้างอิง
				min - max	ค่าเฉลี่ย	
Changjiang Estuary สาธารณรัฐประชาชนจีน	แม่น้ำ	-	-	0.5×10^{-3} – 3.1×10^{-3}	-	Su et al. (2018)
Poyang Lake สาธารณรัฐประชาชนจีน	ทะเลสาบ	-	-	0 – 0.02	-	Su et al. (2016)
Grand Palais สาธารณรัฐฝรั่งเศส	ทะเล	330	0 – 0.3	-	0.35	Dris et al. (2015)
ทางเหนือของ Changjiang Estuary สาธารณรัฐประชาชนจีน	แม่น้ำ	333	-	-	0.33±0.27	Wang et al. (2018)
Bolsena Lake และ Chiusi Lake สาธารณรัฐอิตาลี	แม่น้ำ	300	0.5	0.82 – 4.42 และ 2.68 – 3.36	-	Fischer, Paglialonga, Czech, & Tamminga (2016)

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกในน้ำ (items/m^3) (ต่อ)

แหล่งน้ำ	ประเภท	รูพรุนตาข่าย Net (µm)	ความลึก (m)	ปริมาณ (items/m^3)		อ้างอิง
				min - max	ค่าเฉลี่ย	
Bueng Boraphet wetland ประเทศไทย	พื้นที่ชุ่มน้ำ	333	0.3	-	1.44±3.49	การศึกษาในครั้งนี้
29 Great Lakes tributaries สหรัฐอเมริกา	ทะเล	333	0.2 – 0.35	-	4.2	Baldwin et al. (2016)
Mediterranean Sea ประเทศอิสราเอล	ทะเล	333	-	-	7.68±2.38	Hal, Ariel, & Angel (2016)
Pak Nam, Samut Prakan ประเทศไทย	แม่น้ำ	300	3 – 5	-	48±8	Ta, & Babel (2020)

5.2.2 ลักษณะทางกายภาพ

1) ลักษณะทางกายภาพของของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดิน

1.1) รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิล

เนื่องจากไมโครพลาสติกเป็นส่วนหนึ่งของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำ ดังนั้นรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบปนเปื้อนในแหล่งน้ำโดยทั่วไปจึงสามารถจัดจำแนกตามลักษณะการจัดจำแนกรูปร่างของไมโครพลาสติกได้แก่ แบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) แบบโฟม (Foam) แบบสายยาว (Line) แบบเม็ดกลม (Pellet) (Eriksen et al., 2013) แบบเส้นใย (Fiber) และแบบเกล็ด (Flake) (Li et al., 2016) โดยรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมดจำนวน 2 รูปร่าง คือ รูปร่างแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก โดยพบไมโครพาร์ทิเคิลรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 78.8 และรูปร่างแบบแผ่นเล็กคิดเป็นร้อยละ 21.2 โดยไมโครพาร์ทิเคิลรูปร่างแบบเส้นใยส่วนใหญ่จะมาจากพลาสติกเส้นตรงหรือเส้นบาง เช่น ผลิตภัณฑ์ทางด้านประมง (อุปกรณ์ดักจับปลา) และผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมสิ่งทอหรือเสื้อผ้า ส่วนไมโครพาร์ทิเคิลรูปร่างแบบชิ้นเล็กจะมาจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกจำพวก ขวดน้ำที่มีความแข็งแรงและทนทานที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกขรุขระ เป็นต้น (Free et al., 2014) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้คล้ายคลึงกับการศึกษาของ Lahens et al. (2018) ที่ประเมินการปนเปื้อนของแมคโครพลาสติก (Macroplastic) และไมโครพลาสติก (Microplastic) ในน้ำผิวดินจากแม่น้ำ Saigon ประเทศเวียดนาม โดยทำการเก็บน้ำที่ไหลผ่านเมืองหรือชุมชนที่มีการไหลผ่านของแม่น้ำหลายสาขาหรือมีการสัญจรอย่างหนาแน่นที่ระยะห่างจากชุมชนเมือง ประมาณ 700 km และดำเนินการเก็บในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยพบไมโครพลาสติก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของไมโครพาร์ทิเคิล มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใยมากที่สุด จำนวน 725 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 69.2 และแบบแผ่นชิ้นเล็ก จำนวน 323 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 30.8 ทั้งนี้จะพบว่าไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำ โดยส่วนใหญ่เป็นไมโครพาร์ทิเคิลรูปร่างที่มีแบบเส้นใย

1.2) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิล

ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบปนเปื้อนในแหล่งน้ำสามารถจัดจำแนกตามการจัดจำแนกขนาดของไมโครพลาสติกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ขนาดเล็ก (0.355 – 0.999 mm) ขนาดกลาง (1.000 – 4.749 mm) และขนาดใหญ่ (> 4.75 – 4.999 mm) (Eriksen et al, 2013) โดยขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดเป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lahens et al. (2018) ที่ประเมินการ

ปนเปื้อนของแมคโครพลาสติก (Macroplastic) และไมโครพลาสติก (Microplastic) ในน้ำผิวดินจากแม่น้ำ Saigon ประเทศเวียดนาม ซึ่งพบไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเป็นไมโครพาร์ทิเคิล โดยพบเป็นขนาดเล็ก (0.355 – 0.999 mm) มากที่สุด จำนวน 916 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 87.4 รองลงมา คือ ขนาดกลาง (1.000 – 4.749 mm) จำนวน 132 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 12.6

1.3) สีของไมโครพาร์ทิเคิล

สีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบปนเปื้อนในแหล่งน้ำ โดยทั่วไปสามารถจัดจำแนกตามการจัดจำแนกสีของไมโครพลาสติกได้แก่ สีดำ สีฟ้า สีเทา สีน้ำตาล สีชมพูหรือแดง สีส้ม สีเขียว สีเหลือง และสีขาว (Lusher et al., 2014) โดยสีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมด จำนวน 5 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง สีเขียว สีใสหรือไม่มีสี และสีฟ้า ซึ่งพบไมโครพาร์ทิเคิลสีดำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.2 รองลงมา คือ สีแดง สีเขียว สีใสหรือไม่มีสี และสีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 18.8, 18.8, 9.4 และ 4.8 ตามลำดับ

2) ลักษณะทางกายภาพของของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน

2.1) รูปร่างของไมโครพลาสติก

รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบปนเปื้อนในแหล่งน้ำ โดยทั่วไปสามารถจำแนกได้เป็นแบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) แบบโฟม (Foam) แบบสายยาว (Line) แบบเม็ดกลม (Pellet) (Eriksen et al., 2013) แบบเส้นใย (Fiber) และแบบเกล็ด (Flake) (Li et al., 2016) โดยรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมดจำนวน 2 รูปร่าง คือ รูปร่างแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก โดยพบไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 93.8 และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 6.2 ทั้งนี้ไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยนั้นส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากชุมชน โดยมาจากพลาสติกหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันที่เกิดการแตกหักหรือถูกย่อยสลายแล้วถูกชะหรือพัดพาลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น พลาสติกที่มาจากการซักล้างทำความสะอาดหรือในน้ำเสียจากครัวเรือนหรือน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนที่มีการปะปนของเศษพลาสติกขนาดเล็กหรือไมโครพลาสติก (Browne et al., 2011) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องการศึกษาของ Qu, Su, Li, Liang, and Shi (2018) ที่ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและคุณสมบัติของไมโครพลาสติกในน้ำ และหอยจากน่านน้ำชายฝั่งของประเทศจีน โดยเก็บตัวอย่างน้ำ ระหว่างเดือนมีนาคม 2559 ถึงเดือนมิถุนายน 2560 และพบไมโครพลาสติกในน้ำมีรูปร่างเป็นแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 90.0 รองลงมา คือ แบบแผ่นเล็ก และแบบทรงกลม คิดเป็นร้อยละ 9.0 และ 1.0 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากบริเวณที่ศึกษามีพื้นที่ใกล้เคียงกันกับเขต

เมืองหรือชุมชน กิจกรรมของมนุษย์จึงอาจเป็นสาเหตุหลักของการปนเปื้อนไมโครพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำได้ และการศึกษาของ Zhao et al. (2014) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกที่แขวนลอยอยู่ในน้ำผิวดินของแม่น้ำแยงซี ประเทศจีน โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับผิวหน้าน้ำถึงความลึก 1 m ด้วยการลาก Neuston net ขนาด 333 mesh พบ ไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.1 รองลงมา คือ แบบทรงกลม แบบฟิล์ม และแบบเส้นยาว คิดเป็นร้อยละ 11.6, 9.1 และ 0.2 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากแม่น้ำแยงซีเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศจีน ทำให้พื้นที่บริเวณปากแม่น้ำแยงซีมีประชากรหนาแน่น นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมการเดินเรือประเภทต่างๆ ส่งผลให้ปากแม่น้ำแยงซีมีความเสี่ยงต่อการสะสมของพลาสติก และการศึกษาของ Lusher et al. (2014) ที่ศึกษามลพิษของไมโครพลาสติกในน้ำในมหาสมุทรอาร์กติก โดยการตรวจสอบและสุ่มประมาณค่าของตัวอย่าง (Opportunistic sampling) พบไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95.90 รองลงมา คือ แบบแผ่น แบบเม็ดบีดส์ และแบบโฟม คิดเป็นร้อยละ 3.68, 0.26 และ 0.26 ตามลำดับ ทั้งนี้ในการศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างห่างจากเขตเมือง ดังนั้น การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากการศึกษาครั้งนี้จึงได้รับอิทธิพลมาจากการขนส่งตามธรรมชาติ เช่น กระแสน้ำจากมหาสมุทร และกระแสลม เป็นต้นอีกด้วย และการศึกษาของ Sutton et al. (2016) ที่ศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในอ่าวซานฟรานซิสโก รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจากอ่าวซานฟรานซิสโกที่มีการปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว พบรูปร่างของไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80.0 รองลงมา คือ แบบแผ่นชิ้นเล็ก แบบฟิล์ม และแบบโฟม คิดเป็นร้อยละ 17, 2 และ 1 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากโรงงานบำบัดน้ำเสียระดับตติยภูมิ (Wastewater treatment plant: Tertiary filtration) ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมมลพิษจากไมโครพลาสติก เนื่องด้วยไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กทำให้สามารถหลุดรอดการกรองของระบบบำบัดน้ำเสียได้ ทั้งนี้พบว่าไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินส่วนใหญ่ รวมถึงในการศึกษาครั้งนี้จะมีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย

2.2) ขนาดของไมโครพลาสติก

ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบเป็นจำนวนมากที่สุดในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากไมโครพลาสติกขนาดเล็กจะมีน้ำหนักเบาและสามารถลอยเหนือผิวน้ำได้ดี (Fazey & Ryan, 2016) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำผิวดิน เป็นตัวอย่างน้ำที่เก็บที่ระดับความลึกจากผิวน้ำถึง 30 cm จึงพบเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กมากที่สุด สอดคล้องกับ Baldwin et al. (2016) ที่ศึกษาเศษ

พลาสติกในแหล่งน้ำ 29 สาขาของทะเลสาบเกรตเลกส์ ในระหว่างเดือนเมษายน 2557 ถึงเดือนเมษายน 2558 โดยแบ่งพื้นที่ศึกษา (Zone) ออกเป็น 3 เขต ได้แก่ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ธรรมชาติ ซึ่งผลการศึกษาพบไมโครพลาสติกที่มีขนาดระหว่าง 0.355 – 0.99 mm ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 72.0 และพบขนาดระหว่าง 1.0 – 4.75 mm ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 26.0 และการศึกษาของ Qu et al. (2018) ที่ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและคุณสมบัติของไมโครพลาสติกในน้ำ และหอยจากน่านน้ำชายฝั่งของประเทศจีน ซึ่งพบไมโครพลาสติกในน้ำส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดระหว่าง 0.25 – 1 mm คิดเป็นร้อยละ 57 – 79 ของขนาดของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบในน้ำในพื้นที่ศึกษา และการศึกษาของ Eriksen et al. (2013) ที่ศึกษามลพิษของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในทะเลสาบเกรตเลกส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ทั้ง 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (0.355 – 0.999 mm) ขนาดกลาง (1.000 – 4.749 mm) และขนาดใหญ่ (> 4.75 – 4.999 mm) คิดเป็นร้อยละ 81.0, 17.0 และ 2.0 ตามลำดับ ซึ่งพบเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กมากที่สุด และ Sutton et al. (2016) ที่ศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในอ่าวซานฟรานซิสโก โดยเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจากอ่าวซานฟรานซิสโก ซึ่งเป็นพื้นที่รองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว พบขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำจากอ่าวเป็นขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว โดยมีขนาดระหว่าง 0.125 – 0.354 mm และการศึกษาของ Zhao et al. (2014) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซีของประเทศจีน และบริเวณทะเลจีนทางด้านตะวันออก ในช่วงที่น้ำลดลงต่ำสุด โดยใช้วิธีการทำให้ตะกอนลอย (Flotation) และทำการวิเคราะห์รูปร่างและลักษณะของไมโครพลาสติกภายใต้กล้อง Stereomicroscope ซึ่งพบว่าขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินบริเวณปากแม่น้ำแยงซีส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กที่มีขนาดระหว่าง 0.5 – 1 mm คิดเป็นร้อยละ 67.0 ของขนาดของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบ และขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำจากทะเลจีนตะวันออก ส่วนใหญ่มีขนาดมากกว่า 0.5 – 1 mm คิดเป็นร้อยละ 35.4 ของขนาดของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่พบ ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กเช่นกัน ทั้งนี้จะพบว่าขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำ โดยส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก รวมถึงขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

2.3) สีของไมโครพลาสติก

สีของไมโครพลาสติกที่พบปะปนในแหล่งน้ำ โดยทั่วไปสามารถจำแนกได้เป็น สีดำ สีฟ้า สีเทา สีน้ำตาล สีชมพูหรือแดง สีส้ม สีเขียว สีเหลือง และสีขาว (Lusher et al., 2014) โดยสีของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมด จำนวน 4 สี คือ สีดำ สีแดง สีฟ้า และสีใสหรือไม่มีสี โดยพบไมโครพลาสติกสีดำ และสีแดงมากที่สุด ซึ่งพบเท่ากันที่ร้อยละ 37.5 รองลงมา คือ สีใสหรือไม่มีสี และสีฟ้า ซึ่งพบเท่ากันที่ร้อยละ 12.5 ทั้งนี้ไมโครพลาสติกสีดำที่พบเป็นสัดส่วนมากนี้สามารถส่งผลกระทบต่อค่าความขุ่น และค่าความโปร่งแสงของน้ำได้มากกว่าไมโครพลาสติกสีใสหรือสีอ่อน เนื่องจากไมโครพลาสติกที่ลอยเหนือผิวน้ำจะบดบังการส่งผ่านของแสงแดด ทำให้แสงแดดส่องผ่านลงไปในน้ำได้น้อย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และปริมาณออกซิเจนในน้ำ และอาจกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำได้ในที่สุด (Xiong, X., Wu, C., Elser, J. J., Mei, Z., & Hao, Y., 2019)

2.4) ประเภทของไมโครพลาสติก

ประเภทของไมโครพลาสติกที่ปะปนในแหล่งน้ำ โดยทั่วไปจำแนกได้เป็น พอลิเอสเตอร์ (PES) อะครีลิค (Acrylic) พอลิไวนิล คลอไรด์ (PVC) พอลิเอไมด์ (Nylon) (Browne et al., 2011) พอลิเอทิลีน (PE) พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) (Sadri & Thompson, 2014) พอลิเอสเตอร์ และพอลิสไตรีน โดยประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมดจำนวน 3 ประเภท ได้แก่ พอลิเอสเตอร์ พอลิโพรพิลีน (PP) และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) ซึ่งพบไมโครพลาสติกประเภทพอลิโพรพิลีน และประเภทพอลิเอสเตอร์มากที่สุด คิดเป็นประเภทละร้อยละ 37.5 รวมเป็น 75.0 และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต คิดเป็นร้อยละ 25.0 ทั้งนี้พลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์ที่พบเป็นจำนวนมากนี้จะเป็นแบบเส้นใยสังเคราะห์ที่ส่วนใหญ่มีการนำมาใช้เป็นวัสดุที่ใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับผ้าฝ้าย จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเสมือนว่ามีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Remy et al., 2015) ขณะที่พลาสติกประเภทพอลิโพรพิลีนเป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low density) จึงลอยเหนือผิวน้ำได้ดี ทำให้การศึกษาครั้งนี้พบไมโครพลาสติกประเภทนี้ได้มาก ส่วนพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลตที่พบในการศึกษาครั้งนี้ด้วยพบว่าส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เช่น ขวดน้ำ (CounterMEASURE project, 2020) ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Yuan, Liu, Wang, Di, and Wang (2019) ที่ศึกษาความหนาแน่น การกระจายตัว และองค์ประกอบของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในทะเลสาบ Poyang

ประเทศจีน ซึ่งพบไมโครพลาสติกประเภทพอลิโพรพิลีนมากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยคิดเป็นร้อยละ 37.0 รองลงมา คือ ประเภทพอลิเอทิลีน พอลิเอไมด์ และพอลิไวนิล คลอไรด์ คิดเป็นร้อยละ 30.0, 15.0 และ 8.0 ตามลำดับ โดยพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 10.0 ทั้งนี้ทะเลสาบ Poyang เป็นทะเลสาบที่ใหญ่ที่สุดในประเทศจีน โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างบริเวณรอบๆ พื้นที่ชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น จำนวน 6 สถานี ได้แก่ Jiujiang, Lushan, Yongxiu, Poyang, Duchang และ Hukou ซึ่งกิจกรรมจากชุมชนเหล่านี้จะทำให้มีเศษวัสดุหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่มีส่วนประกอบหรือผลิตมาจากพลาสติกที่อาจหลุดร่วงและสะสมอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ นอกจากนี้ ผลการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในบึงบอระเพ็ด ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ CounterMEASURE project (2020) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในแม่น้ำโขง ซึ่งพบไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินเป็นประเภทพอลิโพรพิลีนมากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยคิดเป็นร้อยละ 48.9 รองลงมา คือ พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต และไนลอน คิดเป็นร้อยละ 31.7, 10.4, 5.8 และ 2.6 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามภายใต้โครงการเดียวกันนี้ ผลการศึกษาในแม่น้ำโขงช่วงที่ไหลผ่านประเทศไทย จำนวน 5 สถานีตรวจวัด พบเป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน และไนลอน มีค่าเท่ากับ 0.08 – 0.37 items/m^3, 0.08 – 0.09 items/m^3 และ 0.1 – 0.17 items/m^3 ตามลำดับ และผลการศึกษาในแม่น้ำมูลจาก 4 สถานีตรวจวัด พบเป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิโพรไพลีน พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน และไนลอน มีค่าเท่ากับ 0.08 – 0.68 items/m^3 , 0.08 – 0.12 items/m^3 , 0 – 0.17 items/m^3 และ 0 – 0.17 items/m^3 ตามลำดับ โดยไม่พบพอลิเอสเตอร์ พอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต ซึ่งตรวจพบในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

3) ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน

3.1) รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบปะปนในแหล่งน้ำสามารถจำแนกตามรูปร่างของไมโครพลาสติกได้เป็นแบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) แบบโฟม (Foam) แบบสายยาว (Line) แบบเม็ดกลม (Pellet) (Eriksen et al., 2013) แบบเส้นใย (Fiber) และแบบเกล็ด (Flake) (Li et al., 2016) โดยรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมด 2 รูปร่าง คือ รูปร่างแบบเส้นใย และแบบแผ่นชิ้นเล็ก โดยพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 69.8 และแบบแผ่นชิ้นเล็กคิดเป็นร้อยละ 30.2

3.2) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบปะปนในแหล่งน้ำสามารถจัดจำแนกตามการจำแนกขนาดของไมโครพลาสติกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ขนาดเล็ก (0.355 – 0.999 mm) ขนาดกลาง (1.000 – 4.749 mm) และขนาดใหญ่ (> 4.75 – 4.999 mm) (Eriksen et al, 2013) โดยขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดส่วนใหญ่พบเป็นขนาดเล็ก และขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 85.0 และ 15.0 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cable et al. (2017) ที่ศึกษาการกระจายและการจำลองการเคลื่อนที่ของมลพิษทางพลาสติกในเกรตเลกส์ แหล่งน้ำจืดที่ใหญ่ที่สุดในโลก ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ปี 2560 โดยพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดินมีขนาดระหว่าง 106 – 1,000 µm (0.106 – 1 mm) ซึ่งจัดจำแนกได้เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็ก

3.3) สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมด จำนวน 4 สี ได้แก่ สีดำ สีแดง สีใสหรือไม่มีสี และสีเขียว ซึ่งพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกสีดำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.7 รองลงมา คือ สีเขียว สีแดง และ สีใสหรือไม่มีสี คิดเป็นร้อยละ 30.3, 7.5 และ 7.5 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสีของไมโครพลาสติกที่พบในการศึกษาครั้งนี้ที่พบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกสีดำมากที่สุด

3.4) ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมดจำนวน 4 ประเภท ได้แก่ สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา เส้นใยธรรมชาติจากพืช เส้นใยฝ้าย และ Potassium oleate ซึ่งพบเป็นประเภทสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.3 รองลงมา คือ เส้นใยธรรมชาติจากพืช เส้นใยฝ้าย และ Potassium oleate คิดเป็นร้อยละ 30.2, 17.0 และ 7.5 ตามลำดับ ทั้งนี้อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืช และเส้นใยพืชที่พบปนเปื้อนในน้ำนี้ คาดว่าเป็นผลที่เกิดจากการย่อยสลายผุพัง และการลดขนาดของเส้นใยที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุเพื่อการอุปโภคของมนุษย์ประเภทเสื้อผ้าหรือสิ่งทอ (Miller et al., 2017) ขณะที่ Potassium oleate เป็นสารที่ถูกใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยางเพื่อรักษาความเสถียรของน้ำยางธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง เช่น ที่นอนยาง หมอนฟองน้ำ เบาะรองยาง เป็นต้น ส่งผลให้พบปนเปื้อนในน้ำนี้ได้จากการฉีกขาด ผุกร่อน และย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ยางเหล่านี้จะส่งผลให้พบการปนเปื้อนของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในน้ำได้

(ดริญญา มูลชัย, อรุณศรี เอี่ยมรัมย์, ลักขณา ภัทชวงค์, อนุวัฒน์ คงราม, และ อัครสิริ แก้วศรีนวล, 2562) ขณะที่สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงาที่พบปนเปื้อนในแหล่งน้ำอาจเป็นผลมาจากการหลุดลอกหรือเสื่อมสภาพของสีที่ถูกใช้สำหรับทาพื้นไม้ พื้นโลหะ พื้นผิวปูนหรือคอนกรีต เป็นต้น (นำดีวัฒน์เคมีเคิล, 2563) ขณะที่การศึกษาของ Lahens et al. (2018) ที่ประเมินการปนเปื้อนของแมคโครพลาสติกและไมโครพลาสติกในแม่น้ำ Saigon ประเทศเวียดนาม พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก จำนวน 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทเส้นใยฝ้ายและประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืช (ไม้) คิดเป็นร้อยละ 4.0 และ 1.0 ของประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทไมโครพลาสติกที่พบ ตามลำดับ โดยพบเป็นไมโครพลาสติกประเภทอื่นๆ และเส้นใยบางชนิดที่ไม่ทราบข้อมูลที่แน่ชัด คิดเป็นร้อยละ 92.0 และ 3.0 ของประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทไมโครพลาสติกที่พบ ตามลำดับ และการศึกษาของ Cable et al. (2017) ที่ศึกษาการกระจายและการจำลองการเคลื่อนที่ของมลพิษทางพลาสติกในเกรตเลกส์ (Great Lakes) พบอนุภาคที่ไม่ใช่ ไมโครพลาสติก จำนวน 3 กลุ่มหลัก ซึ่งประกอบด้วย กลุ่มที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก เช่น เส้นใยธรรมชาติจากใบไม้ ไม้ เปลือกไม้ และขนนก เป็นต้น กลุ่มที่เป็นไมโครพลาสติก คือ เศษชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มาจากวัสดุที่มีพลาสติกเป็นองค์ประกอบ และกลุ่มสารอนินทรีย์หรือแร่ ในการศึกษาครั้งนี้พบไมโครพลาสติกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 76.0 รองลงมา คือ กลุ่มที่ไม่สามารถระบุชนิดได้อย่างแน่ชัด คือ อาจจะเป็นได้ทั้งไมโครพลาสติกและอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกต่อมา คือ กลุ่มสารอนินทรีย์ และอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 12.0, 10.0 และ 2.0 ตามลำดับ

5.3 อนุภาคของแข็งในปลา

5.3.1 ปริมาณ

1) ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล (Microparticle) ในปลา

ผลการศึกษาปริมาณไมโครพาร์ทิเคิล ในปลาทั้ง 3 ชนิด คือ ปลาฉลาด ปลาตะเพียนขาว และปลาช่อน ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562 พบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล ซึ่งพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลา มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำผิวดินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้งเช่นกัน ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา พบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ ซึ่งพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่ชุมชนเป็นที่ตั้งของชุมชน และมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์จากบึงบอระเพ็ดอย่างหนาแน่นและหลากหลาย ทำให้บึงบอระเพ็ดต้องมี

บทบาทเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งและของเสียจากครัวเรือนที่ตั้งอยู่ภายในบึงหรือจากบ้านเรือนที่อยู่ติดกับเขตพื้นที่ของบึงบอระเพ็ด ส่งผลให้บึงบอระเพ็ดได้รับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากกิจกรรมต่างๆ ได้มาก ดังนั้น ปลาที่อาศัยอยู่ในบึงบอระเพ็ดบริเวณพื้นที่ชุมชน จึงมีโอกาสได้รับหรือสัมผัสกับไมโครพาร์ทิเคิลและสามารถพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลได้สูง จากการกินอาหาร เช่น แพลงค์ตอน และพืชลอยน้ำที่มีขนาดเล็ก และน้ำที่มีไมโครพาร์ทิเคิลปนเปื้อนอยู่

ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา ซึ่งพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว ซึ่งเป็นปลาประเภทปลากินพืช เช่น สาหร่าย ตะไคร่น้ำ พืชลอยน้ำ และแพลงก์ตอน เป็นต้น โดยอาหารของปลาตะเพียนขาวส่วนใหญ่จะลอยอยู่เหนือน้ำหรือผิวน้ำ ซึ่งสามารถยึดเกาะหรือเกาะติดกับไมโครพาร์ทิเคิลที่ล่องลอยอยู่ในน้ำได้ จึงทำให้พบไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาตะเพียนขาวได้จากการกลืนกินอาหารของปลาตะเพียนขาว ทั้งนี้ปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2777±2.5851 items/individual ซึ่งมีค่ามากกว่า Bessa et al. (2018) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในปลาที่ขายเชิงพาณิชย์ที่ได้จากปากแม่น้ำ Mondego ซึ่งพบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลที่มากที่สุดในปลาซีบรีมธรรมดาสองแถบ (*Diplodus vulgaris*) มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 3.14 ± 3.275 items/individual รองลงมา คือ ปลากะพงยุโรป (*Dicentrarchus labrax*) และปลายูโรเปียนเฟลตฟิช (*Platichthys flesus*) มีปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลเฉลี่ยเท่ากับ 0.30 ± 0.61 และ 0.18 ± 0.55 items/individual ตามลำดับ ทั้งนี้ปากแม่น้ำ Mondego เป็นบริเวณที่มีการเพาะพันธุ์ปลาที่สำคัญในเชิงพาณิชย์ และเป็นแหล่งอนุบาลปลาเพื่อส่งขายภายในอุตสาหกรรมต่างๆ นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมของมนุษย์ที่อยู่บริเวณรอบๆ และในแหล่งน้ำ เช่น ท่าเรือเพื่อการประมง การทำนาเกลือ การอนุบาลเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการเกษตรกรรม เป็นต้น ดังนั้นปากแม่น้ำ Mondego จึงสามารถได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่อยู่บริเวณโดยรอบเช่นเดียวกับบึงบอระเพ็ด จึงทำให้พบไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากแหล่งน้ำได้เช่นกัน การศึกษาไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากแหล่งน้ำจืดประเภทแหล่งน้ำนิ่งยังคงมีอยู่จำกัด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาจากบึงบอระเพ็ด และผลการศึกษาไมโครพาร์ทิเคิลในกระเพาะของปลาจากแหล่งน้ำทะเล พบว่าปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในปลาจากบึงบอระเพ็ดยังมีค่ามากกว่าการศึกษาของ Compa, Ventero, Iglesias, and Deudero (2018) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกและเส้นใยธรรมชาติในปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) และปลาแอนโชวี่ (*Engraulis encrasicolus*) ตามแนวชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศสเปน โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างปลาทั้ง 2 ชนิด ตามระยะทางที่ห่างจากชายฝั่ง และระดับความลึกจากผิวน้ำทะเล พบไมโครพาร์ทิเคิลในปลาซาร์ดีน และปลาแอนโชวี่ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบไมโครพาร์ทิเคิลในปลาซาดีน และปลาแอนโชวี่ มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 ± 0.23 และ

0.18 ± 0.20 items/individual ตามลำดับ โดยกิจกรรมตามแนวชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนของประเทศสเปน เป็นตัวบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนไมโครพาร์ทิเคิลในทะเล รวมถึงในพื้นที่ที่ห่างไกลจากบริเวณแนวชายฝั่ง โดยไมโครพาร์ทิเคิลเหล่านี้สามารถการกระจายเชิงพื้นที่ได้จากกระบวนการทางกายภาพ และเคมีของมหาสมุทรที่พัดพาไมโครพาร์ทิเคิลจากชั้นน้ำ (Water column) ไปยังก้นทะเลลึกหรือนำไมโครพาร์ทิเคิลจากบริเวณชายฝั่งไปยังบริเวณที่ไกลห่างจากชายฝั่งได้ จึงทำให้พบไมโครพาร์ทิเคิลในพื้นที่ห่างไกลจากแนวชายฝั่งหรือบริเวณชายฝั่ง และพบไมโครพาร์ทิเคิลบริเวณผิวน้ำทะเลหรือทะเลลึกมีปริมาณไมโครพาร์ทิเคิลไม่ต่างกัน เป็นต้น

2) ปริมาณไมโครพลาสติก (Microplastic) ในปลา

ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล ซึ่งพบปริมาณไมโครพลาสติกมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากเป็นช่วงขาดฝน ปริมาณน้ำภายในบึงบอระเพ็ดมีน้อย และมีลักษณะตื้นเขิน ดังนั้นอาหารของปลาจึงสามารถเกิดการปะปนกันกับไมโครพลาสติกที่ลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ และเนื่องด้วยแหล่งน้ำมีลักษณะตื้นเขิน จึงทำให้อาหารของปลาเกิดการปนเปื้อนกับไมโครพลาสติกที่อยู่ในชั้นน้ำและในตะกอนดินได้ด้วยเช่นกัน ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพบปริมาณไมโครพลาสติกมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะปลาจากพื้นที่ชุมชน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากพื้นที่ชุมชนภายในบึงบอระเพ็ด มีกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย ทั้งกิจกรรมชุมชนที่มีการอุปโภค บริโภคในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้พบมีค่าน้อยกว่าการศึกษาของ Silva-Cavalcanti et al. (2017) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกของปลาน้ำจืด ในแม่น้ำ Pajeú ของประเทศบราซิล ซึ่งพบไมโครพลาสติกในปลา มีปริมาณระหว่าง 1 – 8.8 items/individual หรือมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 4.7 items/individual โดยพื้นที่ลุ่มน้ำ Pajeú มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในด้านพักผ่อนหย่อนใจ และกิจกรรมทางตกปลา ซึ่งประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้ส่วนใหญ่จะมีการทำประมงพื้นบ้าน (Artisanal fishing)

ปริมาณของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาช่อน ซึ่งเป็นปลาที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยในน้ำที่ระดับความลึกไม่เกิน 1 m หรือเป็นปลาหน้าดิน (สืบสิน สนธิรัตน และคณะ, 2516) ดังนั้นอาหารของปลาช่อนจึงอาจมีการปะปนของไมโครพลาสติกได้ ทั้งจากไมโครพลาสติกในน้ำ และในตะกอนดิน นอกจากนี้ปลาช่อนยังเป็นปลากินสัตว์ ทำให้มีโอกาสได้รับไมโครพลาสติกผ่านห่วงโซ่อาหาร โดยได้รับการถ่ายทอดมาจากสัตว์ที่เป็นอาหารของปลาช่อนได้อีกด้วย ทั้งนี้ปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

2.27±3.59 items/individual ซึ่งมากกว่าผลการศึกษาของ Bessa et al. (2018) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในปลาที่ขายเชิงพาณิชย์ที่ได้จากปากแม่น้ำ Mondego ซึ่งตรวจพบไมโครพลาสติกในระบบทางเดินอาหารของปลา มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1.67 ± 0.27 items/individual ทั้งนี้เนื่องมาจากปากแม่น้ำ Mondego เป็นบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์ที่หลากหลายประเภท ทำให้ปากแม่น้ำ Mondego มีโอกาสได้รับผลกระทบ โดยทำให้ปลาจากปลาแม่น้ำมีการปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกได้ และค่าเฉลี่ยของไมโครพลาสติกที่พบในปลาจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีค่ามากกว่าการศึกษาของ Kasamesiri & Thaimuangphol (2020) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกของปลาน้ำจืดในแม่น้ำชี ประเทศไทย โดยวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกในปลาจำนวนทั้งหมด 107 ตัว จาก 8 ชนิด พบไมโครพลาสติกในกระเพาะและลำไส้ของปลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.76±0.97 items/individual ทั้งนี้ในการศึกษาไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดที่พบไมโครพลาสติกเป็นปริมาณที่มากกว่าในปากน้ำจากแม่น้ำชีนั้นอาจมีสาเหตุมาจากบึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งน้ำนิ่งจึงสามารถกักเก็บ และสะสมไมโครพลาสติกได้มากกว่าแหล่งน้ำไหล ทั้งนี้ไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำสามารถถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำได้มากกว่าแหล่งน้ำนิ่ง ดังนั้นจึงเกิดการสะสมน้อย จึงส่งผลให้พบปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาได้น้อยกว่าปลาในแหล่งน้ำนิ่ง นอกจากนี้บึงบอระเพ็ดยังรองรับน้ำทิ้งหรือน้ำเสียจากครัวเรือนที่ตั้งอยู่บริเวณรอบบึงหรือภายในบึง ประกอบกับปริมาณน้ำภายในบึงมีลักษณะที่ตื้นเขินจึงส่งผลให้ปลาสามารถรับไมโครพลาสติกได้จากหลายแหล่ง ทั้งในชั้นน้ำ (Water column) ตะกอนดิน และอาหารของปลาทั้งที่เป็นพืชน้ำขนาดเล็ก แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของปลากินสัตว์ เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในปลาทั้งในแหล่งน้ำจืด และน้ำทะเล จะพบปริมาณไมโครพลาสติกในปลามีค่าแตกต่างกันในแต่ละแหล่ง โดยปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพราะของปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด มีค่าระหว่าง 1 – 10 items/individual และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.27±3.59 items/individual โดยจะพบปริมาณในปลาในแหล่งน้ำอื่นที่มีค่าต่ำกว่า และสูงกว่าด้วยเช่นกัน แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกในปลา (items/individual)

แหล่งน้ำ	ประเภท	ชนิดปลา	อวัยวะ	ปริมาณ (items/individual)		อ้างอิง
				min - max	ค่าเฉลี่ย	
Mallorca Island ราชอาณาจักรสเปน	ทะเล	*Mullus surmuletus*	ระบบทางเดินอาหาร	-	0.42±0.04	Alomar, Sureda, Capó, Guijarro, Tejada, & Deudero (2017)
Changjiang Estuary สาธารณรัฐประชาชนจีน	แม่น้ำ	6 ชนิด: *Cyprinus carpio, Carassius auratus, Hypophthalmichthys molitrix, Pseudorasbora parva, Megalobrama amblycephala* และ *Hemiculter bleekeri*	กระเพาะอาหารและลำไส้	1.8 – 3.8	-	Jabeen, Su, Li, Yang, Tong, Mu, & Shi (2017)

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกในปลา (items/individual) (ต่อ)

แหล่งน้ำ	ประเภท	ชนิดปลา	อวัยวะ	ปริมาณ (items/individual)		อ้างอิง
				min - max	ค่าเฉลี่ย	
Mondego river ประเทศโปรตุเกส	แม่น้ำ	*Dicentrarchus labrax*, *Diplodus vulgaris* และ *Liza aurata*	ระบบทางเดินอาหาร	-	1.67 ± 0.27	Bessa et al. (2018)
แม่น้ำชี ประเทศไทย	แม่น้ำ	8 ชนิด: *Labiobarbus siamensis*, *Puntioplites proctozyson*, *Cyclochelichthy repasson*, *Henicorhynchus siamensis*, *Labeo chrysophekadion*, *Mystus bocourti*, *Hemibagrus spilopterus* และ *Laides hosii*	กระเพาะอาหารและลำไส้	-	1.76±0.97	Kasamesiri & Thaimuangphol (2020)
พื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ประเทศไทย	พื้นที่ชุ่มน้ำ	*Notopterus notopterus*, *Baryoniums gonionotus* และ *Channa striata*	กระเพาะอาหาร	-	2.27±3.59	การศึกษาในครั้งนี้
Pajeú ประเทศบราซิล	แม่น้ำ	*Hoplosternum littorale*	ลำไส้	-	4.7	Silva-Cavalcanti et al. (2017)

3) ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก (Non- Microplastic) ในปลา

ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้งหมดจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฤดูกาล โดยพบมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากปริมาณของน้ำภายในบึงบอระเพ็ดมีน้อยแหล่งน้ำมีลักษณะตื้นเขิน ส่งผลให้อาหารของปลาสามารถปะปนกันกับอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่ลอยอยู่บริเวณผิวน้ำในชั้นน้ำ และตะกอนดินได้ด้วยเช่นกัน ปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งพบปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ธรรมชาติ ปริมาณของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของปลา ซึ่งพบปริมาณอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกระเพาะของปลาตะเพียนขาว ซึ่งเป็นปลาประเภทปลากินพืช เช่น สาหร่าย ตะไคร่น้ำ พืชลอยน้ำ และแพลงก์ตอนพืช เป็นต้น อาหารของปลาตะเพียนขาวส่วนใหญ่จะลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ จึงสามารถติดอยู่กับอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่ล่องลอยอยู่บริเวณดังล่าวได้ จึงทำให้พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกได้จากการกลืนกินอาหารของปลาตะเพียนขาว

5.3.2 ลักษณะทางกายภาพ

1) ลักษณะทางกายภาพของไมโครพาร์ทิเคิลในปลา

1.1) รูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิล

เนื่องจากไมโครพลาสติกเป็นส่วนหนึ่งของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลา ดังนั้นจึงสามารถจัดจำแนกไมโครพาร์ทิเคิลตามลักษณะรูปร่างตามไมโครพลาสติกได้เป็น แบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) แบบโฟม (Foam) แบบสายยาว (Line) แบบเม็ดกลม (Pellet) (Eriksen et al., 2013) แบบเส้นใย (Fiber) และแบบเกล็ด (Flake) โดยรูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบจำนวน 2 รูปร่าง ซึ่งพบเป็นไมโครพาร์ทิเคิลแบบเส้นใย คิดเป็นร้อยละ 90.7 และรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 9.3 ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้คล้ายคลึงกับ Bessa et al. (2018) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในปลาที่ขายเชิงพาณิชย์ที่ได้ จากปากแม่น้ำ Mondego ที่พบไมโครพาร์ทิเคิลเป็นแบบเส้นใย คิดเป็นร้อยละ 96.0 และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 4.0 และคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Compa et al. (2018) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกและเส้นใยธรรมชาติในปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) และปลาแอนโชวี่ (*Engraulis encrasicolus*) ตามแนวชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศสเปน ซึ่งพบไมโครพาร์ทิเคิลแบบเส้นใย คิดเป็นร้อยละ 83.0 และ

แบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 17.0 ทั้งนี้พบว่ารูปร่างของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในปลาโดยส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย รวมทั้งในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

1.2) ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิล

ขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบปนเปื้อนในกระเพาะของปลาสามารถจัดจำแนกตามการจัดจำแนกขนาดของไมโครพลาสติกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ขนาดเล็ก (0.355 – 0.999 mm) ขนาดกลาง (1.000 – 4.749 mm) และขนาดใหญ่ (> 4.75 – 4.999 mm) (Eriksen et al, 2013) โดยขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบส่วนใหญ่เป็นไมโครพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 893.2 µm สอดคล้องกับ Yuan et al. (2019) ที่ศึกษาปริมาณ และการกระจายตัวของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ตะกอนดิน และปลาตามธรรมชาติในทะเลสาบ Poyang ประเทศจีน โดยวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลา *Carassius auratus* จำนวน 11 ตัว โดยพบเป็นไมโคพาร์ทิเคิลขนาดเล็ก (355 – 999 µm) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 73.1 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบในกระเพาะของปลา *Carassius auratus* ทั้งนี้พบว่าขนาดของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในปลาโดยส่วนใหญ่เป็นขนาดเล็ก รวมทั้งในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

1.3) สีของไมโครพาร์ทิเคิล

สีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบปนเปื้อนในกระเพาะของปลาสามารถจัดจำแนกได้เป็น สีดำ สีฟ้า สีเทา สีน้ำตาล สีชมพูหรือแดง สีส้ม สีเขียว สีเหลือง และสีขาว (Lusher et al., 2014) โดยสีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมดจำนวน 3 สี ซึ่งพบเป็นไมโครพาร์ทิเคิลสีดำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 81.4 รองลงมา คือ สีแดง และสีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 9.3 และ 9.3 ตามลำดับ ทั้งนี้การกลืนกินไมโครพาร์ทิเคิลของปลาส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการปะปนของไมโครพาร์ทิเคิลในน้ำ และในอาหารของปลา ซึ่งทำให้ปลากลืนกินไมโครพาร์ทิเคิลเข้าไปโดยความบังเอิญหรือเข้าใจผิด ทั้งนี้ไมโครพาร์ทิเคิลสีดำ และสีแดงจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันกับอาหารของปลา โดยไมโครพาร์ทิเคิลสีดำซึ่งเป็นสีเข้มทำให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับพืชหรือสัตว์น้ำเล็กๆ ส่วนไมโครพาร์ทิเคิลสีแดงอาจทำให้ดูคล้ายคลึงกับแพลงก์ตอนที่มีสีแดงซึ่งเป็นอาหารของสัตว์น้ำ ขณะที่ไมโครพาร์ทิเคิลสีฟ้าจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันกับสีของน้ำในแหล่งน้ำ อาจทำให้ปลาเกิดความเข้าใจผิด และกลืนกินไมโครพาร์ทิเคิลเข้าไปพร้อมกับน้ำและอาหารของปลาได้ (Ory, Gallardo, Lenz, & Thiel, 2018) สอดคล้องกับ Lusher, Mchugh and Thompson (2013) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ทะเลและปลา จาก

แนวชายฝั่งของช่องแคบอังกฤษ (English Channel) ซึ่งพบไมโครพาร์ทิเคิลสีดำในกระเพาะของปลามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.4 ทั้งนี้จะพบว่าสีของไมโครพาร์ทิเคิลที่พบในปลาส่วนใหญ่เป็นสีดำรวมทั้งในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

2) ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกในปลา

2.1) รูปร่างของไมโครพลาสติก

รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลา โดยทั่วไปสามารถจำแนกได้เป็น แบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) แบบโฟม (Foam) แบบสายยาว (Line) แบบเม็ดกลม (Pellet) (Eriksen et al., 2013) แบบเส้นใย (Fiber) แบบเกล็ด (Flake) (Li et al., 2016) และแบบท่อน (Rod) (Kasamesiri & Thaimuangphol, 2020) โดยรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบแบบเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว ทั้งนี้ไมโครพลาสติกที่พบเป็นรูปร่างแบบเส้นใยนั้นได้รับอิทธิพลมาจากผลิตภัณฑ์สิ่งทอหรือการซักล้างทำความสะอาดเสื้อผ้า ส่งผลให้เส้นใยจากเสื้อผ้าสามารถหลุดและปะปนมากับน้ำทิ้งได้ (Xu, Hou, Xue, Jian, and Wang, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับ Neves et al. (2015) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกของปลาที่ขายเชิงพาณิชย์ที่ได้จากบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศโปตุเกส ซึ่งพบไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาเป็นรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 65.8 และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 34.2 และสอดคล้องกับ Bessa et al. (2018) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในปลาที่ขายเชิงพาณิชย์ที่ได้จากปากแม่น้ำ Mondego ซึ่งพบไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาเป็นรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 96.0 และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 4.0 และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Pazos, Maiztegui, Colautti, Paracampo, and Gómez (2017) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในลำไส้และเนื้อของปลาน้ำจืด ในแม่น้ำเพลต (Río de la Plata) ประเทศสเปน โดยกำหนดพื้นที่ศึกษา (Zone) เป็นพื้นที่ชุมชน และพื้นที่ธรรมชาติ ซึ่งพบรูปร่างของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาเป็นแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 96.0 และแบบอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 4.0 และสอดคล้องกับ Steer, Cole, Thompson, and Lindeque (2017) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกของลูกปลาจากช่องแคบอังกฤษทางด้านตะวันตก ซึ่งพบไมโครพลาสติกในลูกปลาเป็นแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83.0 และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 17.0 และสอดคล้องกันกับ Lusher, O'Donnell, Officer, and O'Connor (2016) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกและปลาทะเลจากใต้ทะเลลึกในแอตแลนติกเหนือ โดยวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกในปลาทะเล จำนวนทั้งหมด 761 ตัว จาก 6 ชนิด ซึ่งพบไมโครพลาสติกในปลาเป็นรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ

93.0 และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 7.0 และสอดคล้องกับ Kasamesiri & Thaimuangphol (2020) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกของปลาน้ำจืดในแม่น้ำชี พบไมโครพลาสติกในกระเพาะและลำไส้ของปลาเป็นรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 86.9 รองลงมา คือ แบบเม็ดกลม แบบท่อน และแบบแผ่นชิ้นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 5.8, 4.4 และ 2.9 ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่ารูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในปลาโดยส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย รวมทั้งในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

2.2) ขนาดของไมโครพลาสติก

ขนาดของไมโครพลาสติกสามารถจัดจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก (0.355 – 0.999 mm) ไมโครพลาสติกขนาดกลาง (1.000 – 4.749 mm) และไมโครพลาสติกขนาดใหญ่ (> 4.75 mm – 5 mm) (Eriksen et al., 2013) โดยขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก คิดเป็นร้อยละ 65.9 และขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 34.1 ทั้งนี้เนื่องมาจากไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กสามารถที่จะลอยอยู่ที่บริเวณผิวน้ำได้ดี และสามารถเข้ายึดเกาะจับกับอยู่กับอาหารของปลาหรือยึดจับกันเองเป็นอนุภาคของแข็งล่องลอยอยู่ในผิวน้ำ ดังนั้นจึงทำให้พบไมโครพลาสติกขนาดเล็กได้มากในกระเพาะของปลา เนื่องจากปลามีโอกาสกลืนกินเข้าไปได้ง่าย (Thompson et al., 2004) และสอดคล้องกับ Kasamesiri & Thaimuangphol (2020) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกของปลาน้ำจืดในแม่น้ำชี พบไมโครพลาสติกในปลามีขนาด (<0.1 – 0.5 mm) คิดเป็นร้อยละ 52.6 ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ทั้งนี้พบว่าขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในปลามีขนาดเล็ก รวมทั้งในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

2.3) สีของไมโครพลาสติก

สีของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาสามารถจำแนกออกได้เป็น สีดำ สีฟ้า สีเทา สีน้ำตาล สีชมพูหรือแดง สีส้ม สีเขียว สีเหลือง และสีขาว (Lusher et al., 2014) โดยสีของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบจำนวน 2 สี เป็นสีดำ คิดเป็นร้อยละ 82.9 และสีแดง คิดเป็นร้อยละ 17.1 ซึ่งคล้ายคลึงกันกับ Peters & Bratton (2016) ที่ศึกษาการกลืนกินของปลาพระอาทิตย์ (Sunfish) ในลุ่มแม่น้ำแบรซัส รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบไมโครพลาสติกสีน้ำเทาหรือสีเข้มมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.0 รองลงมา คือ สีฟ้า สีดำ สีแดง สีน้ำตาล และสีอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 34.0, 6.0, 6.0, 5.0 และ 4.0 ตามลำดับ และสอดคล้องกับ Akhbarizadeh, Moore, and Keshavarzi (2018) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกและองค์ประกอบที่อาจเป็นพิษในกล้ามเนื้อของปลาที่ได้

จากทางตะวันออกเฉียงเหนือของอ่าวเปอร์เซีย โดยซื้อปลามาจากพ่อค้าปลาจากเกาะคาร์ก (Khark Island) จำนวน 71 ตัว เป็นปลาทั้งหมด 4 ชนิด ที่นิยมใช้ในการประกอบอาหาร ซึ่งผลการศึกษาพบไมโครพลาสติกสีดำมากที่สุด รองลงมา คือ สีใสหรือไม่มีสีและสีฟ้า และสอดคล้องกับ Lusher et al. (2016) ที่ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกและปลาทะเลจากใต้ทะเลลึกในแอตแลนติกเหนือ โดยวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกในปลาจำนวนทั้งหมด 761 ตัว จาก 6 ชนิด ซึ่งพบไมโครพลาสติกสีดำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.0 รองลงมา คือ สีฟ้า สีเทา สีส้ม สีเขียว และสีแดง คิดเป็นร้อยละ 34.0, 10.0, 7.0, 4.0 และ 3.0 ตามลำดับ ทั้งนี้จะพบว่าไมโครพลาสติกที่พบในปลา ทั้งนี้สีของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุ่มน้ำ บึงบอระเพ็ดต่างจาก Kasamesiri & Thaimuangphol (2020) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติกของปลาน้ำจืดในแม่น้ำชี พบไมโครพลาสติกในกระเพาะ และลำไส้ของปลาเป็นสีฟ้ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56.9 รองลงมา คือ สีแดง สีดำ สีขาว สีใสหรือไม่มีสี และสีน้ำตาล คิดเป็นร้อยละ 15.3, 10.9, 9.5, 5.1 และ 2.2 ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกสีดำหรือเป็นไมโครพลาสติกที่มีสีทึบ รวมทั้งในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

2.4) ประเภทของไมโครพลาสติก

ประเภทของไมโครพลาสติกที่มีรายงานการตรวจสอบพบในปลา ได้แก่ พอลิเอสเตอร์ พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) อะครีลิค (Lusher et al., 2013) พอลิโพรไพลีน (PP) พอลิเอทิลีน (PE) พอลิเอไมด์ (Nylon) (Bessa et al., 2018) พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) เซลโลเฟนหรือกระดาษแก้ว (Cellophane) พอลิอะคริเลต พอลิอะคริโลไนไทรล์ (PAN) และพอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA) (Alomar et al., 2017) ดราลอน (Dralon) เรยอน (Rayon) โดยประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่การศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบจำนวน 4 ประเภท โดยพบไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.7 รองลงมา คือ ประเภทดราลอน เรยอน และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต คิดเป็นร้อยละ 17.1, 17.1 และ 17.1 ตามลำดับ สอดคล้องกันกับ Peng, Xu, Zhu, Bai, and Li. (2018) ที่ระบุว่าไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์ เรยอน และเส้นใยอื่นๆ ที่พบในแหล่งน้ำหรือทะเล ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการซักล้างทำความสะอาดของชุมชน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้พบไมโครพลาสติกประเภทนี้ได้มาก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการสะสมพลาสติกในสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตได้มากด้วยเช่นกัน ขณะที่พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลตส่วนใหญ่มีการนำมาใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เช่น ขวดน้ำ (CounterMEASURE project, 2020)

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Bessa et al. (2018) ที่ศึกษา ไมโครพลาสติกในปลาที่ขายเชิงพาณิชย์ที่ได้จากปากแม่น้ำ Mondego ซึ่งพบไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 31.0 รองลงมา คือ ประเภทพอลิโพรไพลีน พอลิอะคริโลไนไทรล์ พอลิเอทิลีน และพอลิเอไมด์ (Nylon) คิดเป็นร้อยละ 14.0, 14.0, 6.0 และ 5.0 ตามลำดับ โดยพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 30.0 ขณะที่ Lusher et al. (2013) ได้ศึกษาไมโครพลาสติกในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ทะเลและปลา จากบริเวณแนวชายฝั่งของช่องแคบอังกฤษ (English Channel) ซึ่งพบไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอไมด์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 35.6 รองลงมา คือ ประเภทพอลิเอสเตอร์ พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และอะครีลิค คิดเป็นร้อยละ 5.1, 0.9, 0.3 และ 0.3 ตามลำดับ โดยที่เหลือพบเป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยฝ้าย คิดเป็นร้อย 57.8 และการศึกษาของ Avio, Gorbi, and Regoli (2015) ที่ทดลองสกัดและจำแนกลักษณะของไมโครพลาสติกที่พบในเนื้อปลากระบอกเทา (*Mugil cephalus*) ซึ่งพบเป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 65.0 รองลงมา คือ ประเภทพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) พอลิสไตรีน พอลิไวนิล คลอไรด์ พอลิเอไมด์ และพอลิโพรพิลีน คิดเป็นร้อยละ 19.0, 4.0, 4.0, 4.0 และ 4.0 ตามลำดับ

3) ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลา

3.1) รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

รูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาสามารถจัดจำแนกตามรูปร่างของไมโครพลาสติกได้เป็น แบบแผ่นชิ้นเล็ก (Fragment) แบบโฟม (Foam) แบบสายยาว (Line) แบบเม็ดกลม (Pellet) (Eriksen et al., 2013) แบบเส้นใย (Fiber) และแบบเกล็ด (Flake) (Li et al., 2016) โดยรูปร่างของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบเป็นรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.4 และรูปร่างแบบแผ่นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 20.6 ซึ่งสอดคล้องกับ Compa et al. (2018) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติก และเส้นใยธรรมชาติในปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) และปลาแอนโชวี่ (*Engraulis encrasicolus*) จากแนวชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนประเทศสเปน ซึ่งพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 2 ชนิด เป็นรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83.0 รองลงมา คือ แบบแผ่นเล็ก คิดเป็นร้อยละ 17.0

3.2) ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบโดยทั่วไป สามารถจัดจำแนกตามการจำแนกขนาดของไมโครพลาสติกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ขนาดเล็ก (0.355 – 0.999 mm) ขนาดกลาง (1.000 – 4.749 mm) และขนาดใหญ่ (> 4.75 mm – 5 mm) (Eriksen et al., 2013) โดยขนาดของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ส่วนใหญ่พบเป็นขนาดเล็ก คิดเป็นร้อยละ 67.6 และขนาดกลาง คิดเป็นร้อยละ 32. 4 ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะมีน้ำหนักเบาและสามารถลอยเหนือผิวน้ำได้ดี ส่งผลให้อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กสามารถเข้าไปยึดเกาะหรือปะปนกับอาหารของสัตว์น้ำได้ง่าย (Thompson et al., 2004) และทำให้ปลามีโอกาสกลืนกินหรือรับเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย ดังนั้นจึงสามารถพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กได้มากที่สุดในกระเพาะของปลา

3.3) สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

สีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาโดยทั่วไปสามารถจัดจำแนกตามการจำแนกสีของไมโครพลาสติกได้เป็น สีดำ สีฟ้า สีเทา สีน้ำตาล สีชมพูหรือแดง สีส้ม สีเขียว สีเหลือง และสีขาว (Lusher et al., 2014) โดยสีของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบจำนวน 2 สี ซึ่งเป็นสีดำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.4 และสีฟ้า คิดเป็นร้อยละ 20.6 ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Compa et al. (2018) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติก และเส้นใยธรรมชาติในปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) และปลาแอนโชวี่ (*Engraulis encrasicolus*) จากแนวชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศสเปน ซึ่งพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 2 ชนิด เป็นสีฟ้ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.9 รองลงมา คือ สีใสหรือไม่มีสี และสีดำ คิดเป็นร้อยละ 30.8 และ 15.4 ตามลำดับ

3.4) ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติก

ประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่พบในปลาโดยทั่วไปสามารถจัดจำแนกได้เป็น เส้นใยฝ้าย (Cotton) ไม้ (Wool) (Compa et al., 2018) เส้นใยลินิน (Linen) เส้นใยไหม (Silk) มะนิลา (Manila) ใยปอแก้ว (Kenaf) เชือกมนิลา (Sisal rope) เส้นใยธรรมชาติจากพืช (Cellulose) (Halstead, Smith, Carter, Lay, and Johnston, 2018) สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา ผ้าขนสัตว์ และสีครามสังเคราะห์ โดยประเภทของอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกที่

พบในกระเพาะของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ เส้นใยฝ้าย สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา ผ้าขนสัตว์ และสีครามสังเคราะห์ คิดเป็นร้อยละ 38.2, 20.6, 20.6 และ 20.6 ตามลำดับ ทั้งนี้อนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืช และเส้นใยพืชที่พบปนเปื้อนในน้ำนี้ คาดว่าเป็นผลที่เกิดจากการย่อยสลาย ผุพัง และการลดขนาดของเส้นใยที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุเพื่อการอุปโภคของมนุษย์ประเภทเสื้อผ้าหรือสิ่งทอ ดังนั้นจึงผ่านกระบวนการย้อมสำหรับการผลิตเป็นเสื้อผ้าหรือสิ่งทอ ส่งผลทำให้เส้นใยฝ้ายหรือเส้นใยจากธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมดังกล่าวเกิดการย่อยสลายในสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว (Miller et al., 2017) ทั้งนี้สีครามสังเคราะห์ที่พบปนเปื้อนคาดว่ามาจากสีที่ใช้ในการย้อมเสื้อผ้า หรือเครื่องนุ่งห่ม ที่หลุดลอกออกจากเส้นใย นอกจากนี้สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงาที่พบในแหล่งน้ำนี้อาจมาจากการหลุดลอกหรือเสื่อมสภาพของสีจากการใช้สำหรับทาไม้ โลหะ และผิวปูนหรืออนกรีต เป็นต้น (นำดีวัฒน์เคมีเคิล, 2563) และการศึกษาในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดที่พบในการศึกษาครั้งนี้คล้ายคลึงกับ Lusher et al. (2013) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ทะเล และปลา จากบริเวณตามแนวชายฝั่งของช่องแคบอังกฤษ (English Channel) ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของเมืองพลิมัท ประเทศอังกฤษ ซึ่งพบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยฝ้ายมากที่สุด คิดเป็นร้อย 57.8 ของไมโครพาร์ทิเคิลทั้งหมดที่พบ และพบเป็นไมโครพลาสติก ประเภทอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 42.2 และสอดคล้องกับ Bessa et al. (2018) ที่ศึกษาไมโครพลาสติกในปลาที่ขายเชิงพาณิชย์ที่ได้จากปากแม่น้ำ Mondego ที่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยธรรมชาติจากพืช คิดเป็นร้อยละ 30.0 และพบเป็นไมโครพลาสติกประเภทอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 70.0 และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Compa et al. (2018) ที่ศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติก และเส้นใยธรรมชาติในปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) และปลาแอนโชวี่ (*Engraulis encrasicolus*) จากแนวชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศสเปน ที่พบอนุภาคที่ไม่ใช่ไมโครพลาสติกในปลาทั้ง 2 ชนิด เป็นประเภทเส้นใยฝ้ายมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 92.9 และประเภทไม้ คิดเป็นร้อยละ 7.1

5.4 คุณลักษณะของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน

ไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ตรวจพบในปริมาณสูงในพื้นที่ที่มีลักษณะกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมของชุมชนหลากหลาย เช่น การซักล้าง การทำความสะอาดบ้านเรือน การทำความสะอาดร่างกาย และกิจกรรมประจำวันอื่นๆ ที่สามารถส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำได้โดยเฉพาะการใช้แหล่งน้ำเป็นแหล่งรองรับของเสีย ขยะ และน้ำทิ้ง ซึ่งมักจะมีพลาสติกและไมโครพลาสติกปะปนอยู่ในของเสียเหล่านั้นด้วย ในขณะที่กิจกรรมการซักล้างทำความสะอาดเสื้อผ้า วัสดุประเภทสิ่งทอเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ถูกรายงานว่าเป็นสาเหตุของการก่อให้เกิดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกลงสู่สิ่งแวดล้อม (Magnusson & Norén, 2014) เนื่องจากการชำรุดหรือหลุดร่วงของเส้นใยจากเสื้อผ้าและสิ่งทอเหล่านั้นลงสู่แหล่งน้ำในระหว่างการซักล้าง (Browne et al., 2011) ดังนั้นกิจกรรมชุมชนจึงเป็นกิจกรรมที่เป็นสาเหตุหลักของการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำ เช่นเดียวกันกับที่พบการศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้จะพบว่าสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินในการศึกษาครั้งนี้ซึ่งส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย เช่นเดียวกับรูปร่างของเส้นใยจากเครื่องนุ่งห่มและสิ่งทอรวมถึงเส้นใยพลาสติกที่เกิดจากการย่อยสลายของภาชนะบรรจุภัณฑ์ด้วย

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำการตรวจวัดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่บริเวณผิวน้ำถึงระดับความลึก 30 cm จึงพบไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็ก (355 – 999 µm) (Eriksen et al., 2013) เป็นส่วนใหญ่เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ทำให้สามารถล่องลอยอยู่ในกระแสน้ำหรือชั้นน้ำได้ (Fazey & Ryan, 2016) และสอดคล้องกับประเภทของไมโครพลาสติกที่พบซึ่งโดยส่วนใหญ่ เป็นไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์ (PES) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ใช้ในการผลิตเสื้อผ้า และเส้นใยสังเคราะห์ประเภทต่างๆ ซึ่งพลาสติกประเภทพอลิเอสเตอร์นี้มีค่าความหนาแน่น (Density) ระหว่าง 1.24 – 2.30 g/cm^3 (Zhao, Zhu, Gao, and Li, 2018) ซึ่งทำให้ไมโครพลาสติกประเภทนี้สามารถแขวนลอยอยู่ที่บริเวณผิวน้ำได้ ขณะที่ไมโครพลาสติกที่พบอีก 2 ประเภท คือ พอลิโพรพิลีน (PP) และพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) ที่ส่วนใหญ่มักถูกใช้ในการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงพลาสติก และขวดน้ำ ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายจากพลาสติกขนาดใหญ่ไปเป็นไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบเส้นใยได้ ทั้งนี้พอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต และพอลิโพรพิลีน มีค่าความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าระหว่าง 0.96 – 1.45 และ 0.83 – 0.85 g/cm^3 ตามลำดับ (Zhao et al., 2018) ทั้งนี้จึงสามารถลอยอยู่ที่บริเวณผิวน้ำ และทำให้ตรวจพบได้ในการศึกษาครั้งนี้ ในขณะที่ไมโครพลาสติกทั้งสองประเภทนี้ถูกนำมาใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ซึ่งมักกลายเป็นขยะพลาสติก โดยเฉพาะขยะพลาสติกจากชุมชนจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การศึกษาในครั้งนี้ตรวจพบปริมาณไมโครพลาสติกสูงในพื้นที่ชุมชนสูง

ในการศึกษาครั้งนี้สีของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดินเกือบทั้งหมดเป็นสีดำและสีแดง ซึ่งเป็นไมโครพลาสติกที่มีสีเข้ม ซึ่งเป็นสีที่เกิดจากการย้อมพลาสติกที่นำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การย้อมสีพลาสติกที่ใช้ในการผลิตเส้นใยเพื่อเพิ่มมูลค่า และเพิ่มความสวยงามให้กับผลิตภัณฑ์จึงเป็นสาเหตุให้พบไมโครพลาสติกที่มีสีเข้ม (Ta & Babel, 2020) ในปริมาณมาก อย่างไรก็ตามสีของไมโครพลาสติกอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ โดยสีอาจซีดจางลงภายหลังจากการผุกร่อนของพลาสติกหรือไมโครพลาสติกจากสภาพการใช้งาน และในสภาพแวดล้อม ทั้งนี้สีของไมโครพลาสติกที่ปะปนในแหล่งน้ำสามารถส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำ พืชน้ำ และส่งต่อการกลืนกินอาหารของสัตว์น้ำได้ด้วยเช่นกัน

5.5 คุณลักษณะของไมโครพลาสติกในปลา

ไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในกระเพาะของปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด พบมีปริมาณสูงในกระเพาะของปลาจากพื้นที่ชุมชน สอดคล้องกับปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบปนเปื้อนในน้ำผิวดินสูงในพื้นที่ชุมชนเช่นเดียวกัน ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้อย่างชัดเจนว่าปลาสามารถได้รับไมโครพลาสติกจากถิ่นที่อยู่อาศัยจากการกลืนกินน้ำและอาหารในพื้นที่นั้น ทั้งนี้พบไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลาโดยส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก (355 – 999 μm) (Eriksen et al., 2013) ที่มีรูปร่างเป็นเส้นใยเพียงรูปร่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกันกับไมโครพลาสติกที่พบในน้ำผิวดิน ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและมีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย นอกจากนี้ยังพบว่าสีไมโครพลาสติกในกระเพาะของปลายังสอดคล้องกับสีของไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน คือ ส่วนใหญ่เป็นไมโครพลาสติกเป็นสีดำซึ่งพบมากที่สุดในน้ำผิวดินเช่นกัน ทั้งนี้การปะปนของไมโครพลาสติกในอาหารของปลาจะทำให้ปลาเกิดการกลืนกินไมโครพลาสติกเข้าไปโดยบังเอิญหรือเข้าใจผิดได้ เนื่องจากไมโครพลาสติกที่มีลักษณะรูปร่างแบบเส้นใยและมีสีดำจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับพืชหรือสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของปลา ขณะที่ไมโครพลาสติกสีแดงที่พบในกระเพาะของปลาเช่นกันนี้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับแพลงก์ตอนสีแดงซึ่งเป็นอาหารของปลาเช่นเดียวกันจึงอาจทำให้ปลากลืนกินพลาสติกสีเหล่านี้โดยบังเอิญเนื่องจากมีสีที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอาหาร ประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปลาส่วนใหญ่เป็นพอลิเอสเตอร์ (PES) ซึ่งสอดคล้องกับไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบในน้ำผิวดิน นอกจากนี้ยังพบไมโครพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (PET) ซึ่งพบได้ในน้ำผิวดินเช่นเดียวกัน ในการศึกษาครั้งนี้พบปลาช่อนเป็นปลาที่พบปริมาณไมโครพลาสติกสูงสุด เนื่องจากปลาช่อนสามารถรับไมโครพลาสติกได้จากหลากหลายแหล่งเพราะมีพื้นที่การหาอาหารตั้งแต่พื้นท้องน้ำจนถึงระดับความลึก 1 m เหนือพื้นท้องน้ำ ซึ่งในช่วงฤดูแล้งพบว่าระดับน้ำภายในบึงบอระเพ็ดมีระดับความสูงไม่มาก

นัก ดังนั้น ปลาช่อนจึงสามารถได้รับไมโครพลาสติกที่ปะปนอยู่กับน้ำและอาหารที่บริเวณผิวน้ำได้เดียวเช่นกัน นอกจากนั้นปลาช่อนยังเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivore) จึงมีโอกาสได้รับไมโครพลาสติกทั้งจากการกลืนกินน้ำและอาหารได้โดยตรง รวมถึงการรับไมโครพลาสติกมาจากการถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหารจากการกินสัตว์ที่มีการสะสมไมโครพลาสติกอยู่ในร่างกาย เช่น สัตว์น้ำหรือปลาขนาดเล็กที่อาศัยอยู่บริเวณกลางน้ำถึงผิวน้ำ รวมถึงสัตว์พื้นท้องน้ำ เช่น หอยและลูกกุ้ง เป็นต้น

5.6 แนวโน้มของผลกระทบจากไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกสามารถส่งผลกระทบได้ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็ก คือเล็กกว่า 5 mm จึงสามารถลอยเหนือผิวน้ำ (Eriksen et al., 2013) ทำให้สามารถรวมตัวหรือยึดเกาะหรือปะปนอยู่กับแพลงก์ตอน พืชลอยน้ำ หรืออาหารของสิ่งมีชีวิต ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำหรือสัตว์น้ำ เช่น ปลา เป็นต้น (Smith, Love, Rochman, and Neff, 2018) เกิดการกลืนกินไมโครพลาสติกทำให้ไมโครพลาสติกหลุดรอดเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำ และอาจก่อให้เกิดอุดตัน ขัดขวางหรือรบกวนระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำได้ ไมโครพลาสติกสามารถล่องลอยอยู่ที่บริเวณผิวน้ำได้ ดังนั้นเมื่อมีไมโครพลาสติกแขวนลอยในน้ำเป็นปริมาณมากจึงอาจจะส่งผลต่อค่าความขุ่น และความโปร่งแสงของแหล่งน้ำได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ivleva (2019) ที่ระบุว่าไมโครพลาสติกที่พบปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมสามารถกระจายตัวในน้ำได้ นอกจากนี้ไมโครพลาสติกที่กระจายตัวกันในน้ำยังสามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนแขวนลอยอยู่ในน้ำในลักษณะเช่นเดียวกันกับไบโอฟิล์ม และการศึกษาของ Peller et al. (2019) ระบุว่าไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นแบบเส้นใย (Fiber) เป็นส่วนหนึ่งของค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid: TSS) ในน้ำ ซึ่งไมโครพลาสติกดังกล่าวมีลักษณะการกระจายตัวบนพื้นผิวน้ำคล้ายคลึงกับ TSS ในน้ำ ส่งผลให้สามารถบดบังการส่องผ่านของแสงไปยังพื้นท้องน้ำหรือแสงจะส่องผ่านได้น้อย ซึ่งจะขัดขวางปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืช โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำ ซึ่งจะทำให้ปริมาณอาหารของสัตว์น้ำลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ลดลง ทำให้สัตว์น้ำเสี่ยงต่อการขาดแคลนออกซิเจนหรือมีออกซิเจนไม่เพียงพอ ซึ่งอาจเป็นเหตุให้สัตว์น้ำขาดอากาศหายใจตาย และยังเป็นผลให้แหล่งน้ำมีความสกปรกเกิดการเน่าเสียได้ เป็นต้น

ผลกระทบในทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตของไมโครพลาสติก เกิดขึ้นได้จากการกลืนกินไมโครพลาสติกของสัตว์น้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อการสะสมมลสารหรือสารพิษในร่างกายของสัตว์น้ำได้ เนื่องจากไมโครพลาสติกมีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิค (Hydrophobic) ที่มีลักษณะไม่ชอบน้ำ

ที่สามารถจะดูดซับและปลดปล่อยสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นหากไมโครพลาสติกมีการดูดซับสารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายไว้จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่ได้รับไมโครพลาสติกนั้นจากสัตว์น้ำได้ (Frias et al., 2010) เช่น การดูดซับสารเคมีอินทรีย์ประเภทโพลีคลอริเนต ไบฟีนิล (Polychlorinated biphenyls: PCBs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่สามารถสะสมได้ในเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) และทำให้เกิดโรคทางสมอง ผิวหนัง และอวัยวะภายในได้ (Antunes, Frias, Micaelo, and Sobral, 2013; Frias et al., 2010; Mendoza and Jones, 2015; Miller, 1985; Pascall, Zabik, Zabik, and Hernandez, 2005) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ได้โดยตรง (Blumer, 1976; Budzinski, Jones, Bellocq, Pierard, and Garrigues, 1997; Rios, Moore, and Jones, 2007; Ravindra, Sokhi, and Van Grieken, 2008) หรือการดูดซับสารอินทรีย์กลุ่มออร์แกนโนคลอรีน เช่น Dichlorodiphenyl trichloroethane (DDTs) ที่จะส่งผลกระทบโดยจะเข้าไปรบกวนการทำงานของฮอร์โมนมนุษย์ ส่งผลกระทบต่อการทำงานของตับ ระบบสืบพันธุ์และระบบประสาท (Antunes et al., 2013; Fry and Toone, 1981; Rios, Jones, Moore, and Narayan, 2010) และมลสารบิสฟีนอล (Bisphenol: BPA) ที่สามารถทำให้ต่อมไร้ท่อเกิดความผิดปกติ หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพของเด็กทารกในครรภ์และเด็ก อีกทั้งยังเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง (Endo et al., 2005; Teuten, Rowland, Galloway, and Thompson, 2007; Oehlmann et al., 2009) เป็นต้น ทั้งนี้เมื่อไมโครพลาสติกสามารถดูดซับหรือสะสมสารมลสารดังกล่าวไว้จึงทำให้มลสารที่ถูกดูดซับสามารถเกิดการเคลื่อนย้ายและถ่ายทอดไปตามลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหาร (Food chain) พร้อมๆ กับการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกไปยังผู้บริโภคตามลำดับของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะทำให้เกิดการสะสมของสารมลพิษเพิ่มมากขึ้นตามลำดับชั้นของการบริโภค (Trophic level) จากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภคจนถึงผู้บริโภคลำดับสุดท้ายซึ่งรวมถึงมนุษย์ด้วย

ผลกระทบจากไมโครพลาสติกต่อปลาและสัตว์อื่นๆ คือ เมื่อปลาและสัตว์อื่นกลืนกินไมโครพลาสติกเข้าไปไมโครพลาสติกจะเข้าขัดขวางหรืออุดตันระบบทางเดินอาหารหรืออวัยวะภายในร่างกายของสัตว์น้ำ ส่งผลให้ไม่อยากกินอาหารหรืออยากอาหารน้อยลง เมื่อได้รับอาหารน้อยลงหรือรับอาหารที่ไม่เพียงพอต่อการดำเนินชีวิตก็จะส่งผลกระทบต่อปริมาณ หรือประชากรของปลาและสัตว์น้ำได้ (Mazurais et al. 2015) ขณะที่มลสารที่ดูดซับไว้ด้วยไมโครพลาสติกที่สัตว์น้ำบริโภคเข้าไปนั้นอาจเกิดการสะสมขึ้นภายในร่างกายของสัตว์ ก่อให้เกิดการลดลงของอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำหรือเกิดการลดระดับฮอร์โมนของปลา ทำให้ปลามีอายุไขที่สั้นลง หรืออาจกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ของปลาได้ (Wright, Thompson, and Galloway, 2013) ซึ่งจะกระทบต่อความหลากหลายของชนิดปลา ทำให้ปลามีความหลากหลายน้อยลง นอกจากนี้ยังกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำได้ เนื่องจากเมื่อปลาบางชนิดที่เป็นอาหารของสัตว์ชนิดอื่นหรือปลาด้วยกันเองตายลง จะทำให้ปริมาณ

อาหารสำหรับสัตว์ชนิดนั้นลดลงด้วย เป็นต้น ดังนั้น การตรวจพบไมโครพลาสติกในปลาในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด บ่งชี้ได้ถึงแนวโน้มของการเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำจากการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำบึงบอระเพ็ด แม้ปริมาณการปนเปื้อนไมโครพลาสติกทั้งที่พบในน้ำผิวดินและในกระเพาะของปลาจากระบบนิเวศบึงบอระเพ็ดในปัจจุบันยังคงอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับผลการศึกษาจากหลายๆ แหล่ง แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ได้บ่งชี้ถึงความสำคัญในการเฝ้าระวัง รวมถึงความจำเป็นในการควบคุมการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อมมิให้เกิดการปนเปื้อนในปริมาณที่สูงจนอาจก่อผลกระทบต่อระบบนิเวศและต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ในที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการศึกษาที่พบไมโครพลาสติกทั้งในน้ำผิวดิน และในกระเพาะของปลา ในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จึงมีข้อเสนอแนะให้มีการจัดการปัญหาขยะประเภทไมโครพลาสติกหรือพลาสติกที่ถูกทิ้งลงแหล่งน้ำ โดยมีการประชาสัมพันธ์ถึงแหล่งที่มา และผลกระทบทั้งจากไมโครพลาสติก และสารอินทรีย์ที่อาจถูกดูดซับไว้กับไมโครพลาสติก โดยการประชาสัมพันธ์นี้ควรสร้างองค์ความรู้ให้กับประชาชนทั้งที่อาศัยอยู่ภายในบึงบอระเพ็ด และประชาชนทั่วไป เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงผลกระทบ และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดยเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วัสดุที่ผลิตจากพลาสติกในชีวิตประจำวัน และกิจกรรมทางการเกษตรกรรม และการประมง
2. ควรทำการศึกษาถึงปัญหาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมภายในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดอย่างต่อเนื่อง และศึกษาในสิ่งแวดล้อมอื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากในน้ำผิวดิน และปลา ทั้งนี้เพื่อให้ผลการศึกษาที่ครอบคลุม และบ่งชี้ถึงสถานภาพของปัญหาที่ชัดเจน เพื่อให้สามารถคาดการณ์แนวโน้มสถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบนิเวศแหล่งน้ำ และเพื่อการจัดการปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งรวมถึงการศึกษาถึงปัญหาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำที่สำคัญแหล่งอื่นๆ ด้วย

บรรณานุกรม

กรณิศ ตันอังสนากุล. (16 ตุลาคม 2560). *ทางออกของขยะที่มองไม่เห็น*. สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2561, จาก https://www.the101.world/life/solution-from-microplastic-pollution/

กรมควบคุมมลพิษ. (2546). *คู่มือการติดตามตรวจสอบและประเมิน คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดิน*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมควบคุมมลพิษ. (2561). *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2560*. กรุงเทพฯ: บริษัท วงศ์สว่างพับลิชชิ่ง แอนด์ พริ้นติ้ง จำกัด.

กรรณิการ์ สิริสิงห. (2522). เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: บริษัทสารมวลชน จำกัด.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2550). น้ำผิวดิน. กรุงเทพฯ: พีจีเอ็น แอ็ด แอนด์ มีเดีย

เกรียงศักดิ์ วงศ์พร้อมรัตน์. (2556). *รอบรู้เรื่องพลาสติก*. กรุงเทพฯ: อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิสถาบันพลาสติก.

ดริญญา มูลชัย, อรุณศรี เอี่ยมรัมย์, ลักขณา ภัทชวงค์, อนุวัฒน์ คงราม, และ อัครสิริ แก้วศรีนวล. (2562). สารรักษาความเสถียรน้ำยางธรรมชาติจากน้ำมันปาล์ม. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโยราชมงคลล้านนา, 4, 30 – 35.

ทานตวรรณ เต็กชื่น, นิรันดร์ จันรัสมี และอดิศักดิ์ แก้วใส. (2544). *พลาสติก 1*. กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.

ทรู ปลูกปัญญา. (4 ตุลาคม 2559). *บทเรียนออนไลน์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์*. สืบค้นเมื่อ 30 ธันวาคม 2560, จาก http://www.trueplookpanya.com/learning/detail /31756-044332

นัฐยา ประมวลทรัพย์. (2557). การผลิตและวิเคราะห์เส้นใยซิลิกาที่ได้จากการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต และการเผาแคลไซน์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นำดีวัฒน์เคมีเคิล. (2563). สีน้ำอะครีลิค และสีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา ต่างกันอย่างไร ประโยชน์ และการใช้งานแตกต่างกันหรือไม่. สืบค้นเมื่อ 29 สิงหาคม 2563, จาก http://www.turbo.in.th/aboutus-turbo.html

บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ. (2554). ดัชนีคุณภาพน้ำ. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 20(1), 70-82.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์. (2553). *นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ Aquatic Ecology*. สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2562, จาก http://www.fishtech.mju.ac.th/e-learning/FB363/

ประเทือง เชาว์วันกลาง. (2534). คุณภาพน้ำทางการประมง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพรสานต์กุล และนภาพร เลียดประถม. (2559). การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคุ้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี. วารสารแก่นเกษตร 44 (ฉบับพิเศษ 1), 738-744.

พรรษวรรณ ศรีนาค. (2547). การควบคุมมลพิษทางน้ำ. กรุงเทพฯ: มีนเซอร์วิส ซัพพลาย.

ไพริน สุดทัง, สรัญญา วัชโรทัย, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และณัฏฐา เสนีวาส. (2553). ความหลากหลายของสาหร่ายในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. *วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 2 (ฉบับพิเศษ)*, 21-31.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. (2551). *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์,จารุวรรณ สมศิริ. (2528) คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์ สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ: กรุงเทพฯ.

รัตนา อัศวศิลป์โสภณ. (2547). สารมลพิษอินทรีย์ที่ตกค้างยาวนาน : ภัยต่อระบบต่อมไร้ท่อของมนุษย์. *ประชาคมวิจัย*, 58, 66-67.

วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์. (2559). ไมโครพลาสติก : จากเครื่องสำอางสู่สารปนเปื้อนในอาหาร. *วารสารพิษวิทยาไทย*, 31(1), 50-61.

วรางคณา อนุชิตโอฬาร. (2546). *FT – IR Imaging*. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2562, จาก https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/212_67-70.pdf

ศันสนีย์ ชูแวว. (2557). *ระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด : แนวทางการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน*. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำ คณะ สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา นครปฐม.

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมบึงบอระเพ็ด. (2558).*ข้อมูลทั่วไปของบึงบอระเพ็ด*. สืบค้นเมื่อ 13 เมษายน 2561, จาก http://www.na.mahidol.ac.th/BungResearch/index.php/bung-gen

สถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบออนไลน์. (2560). ข้อมูลของ สถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำออนไลน์ คลองแม่กลอง. สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2562, จาก http://www.xn--42c4astj2ic6b2kpb .com/station_page/page_ladpeng.php

สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดราชบุรี. (2549). *ปลาน้ำจืด*. สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2562, จาก https://www.fisheries.go.th/sfratburi/Fish/Fish.htm?fbclid=IwARhRMgcfTzNwCzT12MqlABEMvwypeWnDOw8_LhndSg4IJ9TnHSpR2ymE8

สหัส ราชเมืองขวาง. (2557). *พรรณปลาน้ำจืดในจังหวัดระนอง*. สืบค้นเมื่อ 3 เมษายน 2562, จาก https://www.researchgate.net/publication/264623745_phrrnplanacudnicangwadranxng_Freshwater_fishes_of_Ranong

สัมพันธ์ พลันสังเกตุ, วรากร วิศพันธ์ และวิภา พลันสังเกตุ. (2545). *การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อการประปาของมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง*. วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง.

สืบสิน สนธิรัตน, ประจิตร วงศ์รัตน์ และเวียง เชื้อโพธิ์หัก. (2516). การศึกษาพฤติกรรมของปลาช่อน. *วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์*, 7(1), 35-42.

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2534). *มาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2546). *ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 146.

สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2558). *ขยะพลาสติก : ภัยใกล้ตัว*. สืบค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2561, จาก https://www.parliament.go.th/library/

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 4. (2560). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2560. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 14-18.

Akhbarizadeh, R., Moore, F., & Keshavarzi, B. (2018). Investigating a probable relationship between microplastics and potentially toxic elements in fish muscles from northeast of Persian Gulf. *Environmental pollution*, *232*, 154-163.

Aljazeera. (January 21, 2016). *Oceans to have more plastic than fish by 2050 : Report*. Retrieved December 10, 2018, from https://www.aljazeera.com/news/2016/01/ oceans-plastic-fish-2050-report-160120051728640.html

Alomar, C., Sureda, A., Capó, X., Guijarro, B., Tejada, S., & Deudero, S. (2017). Microplastic ingestion by Mullus surmuletus Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environmental research*, *159*, 135-142.

Antunes, J. C., Frias, J. G. L., Micaelo, A. C., & Sobral, P. (2013). Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *130*, 62-69.

Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2015). Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine environmental research*, *111*, 18-26.

Baldwin, A. K., Corsi, S. R., and Mason, S. A. (2016). Plastic debris in 29 Great Lakes tributaries: relations to watershed attributes and hydrology. *Environmental Science & Technology*, 50(19), 10377-10385.

Bessa, F., Barría, P., Neto, J. M., Frias, J. P., Otero, V., Sobral, P., & Marques, J. C. (2018). Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. *Marine pollution bulletin*, *128*, 575-584.

Blumer, M. (1976). Polycyclic aromatic compounds in nature. *Scientific American*, *234*(3), 34-45.

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: sources and sinks. *Environmental science & technology*, *45*(21), 9175-9179.

Budzinski, H., Jones, I., Bellocq, J., Pierard, C., & Garrigues, P. H. (1997). Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary. *Marine chemistry*, *58*(1-2), 85-97.

Cable, R. N., Beletsky, D., Beletsky, R., Wigginton, K., Locke, B. W., & Duhaime, M. B. (2017). Distribution and modeled transport of plastic pollution in the Great Lakes, the world's largest freshwater resource. *Frontiers in Environmental Science*, *5*, 45.

Castañeda, R. A., Avlijas, S., Simard, M. A., & Ricciardi, A. (2014). Microplastic pollution in St. Lawrence river sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *71*(12), 1767-1771.

Chae, D. H., Kim, I. S., Kim, S. K., Song, Y. K., & Shim, W. J. (2015). Abundance and distribution characteristics of microplastics in surface seawaters of the Incheon/Kyeonggi coastal region. *Archives of environmental contamination and toxicology*, *69*(3), 269-278.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., and Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, *62*(12), 2588-2597.

Cole, M., Lindeque, P. K., Fileman, E., Clark, J., Lewis, C., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2016). Microplastics alter the properties and sinking rates of zooplankton faecal pellets. *Environmental science & technology*, *50*(6), 3239-3246.

Compa, M., Ventero, A., Iglesias, M., & Deudero, S. (2018). Ingestion of microplastics and natural fibres in Sardina pilchardus (Walbaum, 1792) and Engraulis encrasicolus (Linnaeus, 1758) along the Spanish Mediterranean coast. *Marine pollution bulletin*, *128*, 89-96.

CounterMEASURE project. (2020). Survey on Microplastic Leakage in the Mekong River Basin. Retrieved August 23, 2020, from https://3d7e7899-1117-43cb-9194-3f1feb5a407b.filesusr.com/ugd/d5ac80_a71e87593bb647f3aa2fcd8bd4559cf3.pdf

Di, M., Liu, X., Wang, W., & Wang, J. (2019). Manuscript prepared for submission to environmental toxicology and pharmacology pollution in drinking water source areas: Microplastics in the Danjiangkou Reservoir, China. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *65*, 82-89.

Doydee, P., Hemathulin, R., Saengsuwan Y., and Luekaisri, S. (2012). A study of the diversity of freshwater fish in the Nong Han Reservoir, Sakon Nakhon Province, Thailand. *The Thailand Natural History Museum Journal*, *6*(1), 1-10.

Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N., & Tassin, B. (2015). Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, *12*(5), 592-599.

Dris, R., Imhof, H. K., Löder, M. G., Gasperi, J., Laforsch, C., & Tassin, B. (2018). Microplastic contamination in freshwater systems: methodological challenges, occurrence and sources. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* (pp. 51-93). Elsevier.

Endo, S., Takizawa, R., Okuda, K., Takada, H., Chiba, K., Kanehiro, H., ... & Date, T. (2005). Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: variability among individual particles and regional differences. *Marine pollution bulletin*, *50*(10), 1103-1114.

Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., ... & Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine pollution bulletin*, *77*(1-2), 177-182.

Faure, F., Demars, C., Wieser, O., Kunz, M., & De Alencastro, L. F. (2015). Plastic pollution in Swiss surface waters: nature and concentrations, interaction with pollutants. *Environmental chemistry*, *12*(5), 582-591.

Fazey, F. M., & Ryan, P. G. (2016). Biofouling on buoyant marine plastics: An experimental study into the effect of size on surface longevity. *Environmental Pollution*, *210*, 354-360.

Fischer, E. K., Paglialonga, L., Czech, E., & Tamminga, M. (2016). Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments–a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental Pollution*, *213*, 648-657.

Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine pollution bulletin*, *85*(1), 156-163.

Frias, J. P. G. L., Sobral, P., & Ferreira, A. M. (2010). Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. *Marine pollution bulletin*, *60*(11), 1988-1992.

Fry, D. M., & Toone, C. K. (1981). DDT-induced feminization of gull embryos. *Science*, *213*(4510), 922-924.

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, *3*(7), e1700782.

Gourmelon, G. (2015). Global plastic production rises, recycling lags. *New Worldwatch Institute analysis explores trends in global plastic consumption and recycling. Recuperado de http://www. worldwatch. org*, *208*.

Halstead, J. E., Smith, J. A., Carter, E. A., Lay, P. A., & Johnston, E. L. (2018). Assessment tools for microplastics and natural fibres ingested by fish in an urbanized estuary. *Environmental pollution*, *234*, 552-561.

Ivleva, N. P. (2019). Raman Microspectroscopy for Environmental Analysis Raman-Mikrospektroskopie in der Umweltanalytik.

Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., & Shi, H. (2017). Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution*, *221*, 141-149.

Kasamesiri, P., & Thaimuangphol, W. (2020). Microplastics ingestion by freshwater fish in the Chi river, Thailand. *International Journal*, *18*(67), 114-119.

Lahens, L., Strady, E., Kieu-Le, T. C., Dris, R., Boukerma, K., Rinnert, E., ... & Tassin, B. (2018). Macroplastic and microplastic contamination assessment of a tropical river (Saigon River, Vietnam) transversed by a developing megacity. *Environmental Pollution*, *236*, 661-671.

Law, K. L., & Thompson, R. C. (2014). Microplastics in the seas. *Science*, *345*(6193), 144-145.

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

Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., ... & Shi, H. (2016). Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental Pollution*, *214*, 177-184.

Lusher, A. L., Mchugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine pollution bulletin*, *67*(1-2), 94-99.

Lusher, A. L., Burke, A., O'Connor, I., & Officer, R. (2014). Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: validated and opportunistic sampling. *Marine pollution bulletin*, *88*(1-2), 325-333.

Lusher, A. L., O'Donnell, C., Officer, R., & O'Connor, I. (2016). Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish. *ICES Journal of Marine Science*, *73*(4), 1214-1225.

Ma, Y., Huang, A., Cao, S., Sun, F., Wang, L., Guo, H., & Ji, R. (2016). Effects of nanoplastics and microplastics on toxicity, bioaccumulation, and environmental fate of phenanthrene in fresh water. *Environmental Pollution*, *219*, 166-173.

Magnusson, K., & Norén, F. (2014). Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant.

Masura, J., Baker, J. E., Foster, G. D., Arthur, C., & Herring, C. (2015). Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments.

Mazurais, D., Ernande, B., Quazuguel, P., Severe, A., Huelvan, C., Madec, L., ... & Zambonino-Infante, J. (2015). Evaluation of the impact of polyethylene microbeads ingestion in European sea bass (Dicentrarchus labrax) larvae. *Marine environmental research*, *112*, 78-85.

Mendoza, L. M. R., & Jones, P. R. (2015). Characterisation of microplastics and toxic chemicals extracted from microplastic samples from the North Pacific Gyre. *Environmental Chemistry*, *12*(5), 611-617.

Miller, R. W. (1985). Congenital PCB poisoning: a reevaluation. *Environmental health perspectives*, *60*, 211-214.

Miller, R. Z., Watts, A. J., Winslow, B. O., Galloway, T. S., & Barrows, A. P. (2017). Mountains to the sea: river study of plastic and non-plastic microfiber pollution in the northeast USA. *Marine pollution bulletin*, *124*(1), 245-251.

Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine pollution bulletin*, *101*(1), 119- 126.

Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K. O., ... & Tyler, C. R. (2009). A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1526), 2047-2062.

Ory, N. C., Gallardo, C., Lenz, M., & Thiel, M. (2018). Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish. *Environmental Pollution*, *240*, 566-573.

Pascall, M. A., Zabik, M. E., Zabik, M. J., & Hernandez, R. J. (2005). Uptake of polychlorinated biphenyls (PCBs) from an aqueous medium by polyethylene, polyvinyl chloride, and polystyrene films. *Journal of agricultural and food chemistry*, *53*(1), 164-169.

Pazos, R. S., Maiztegui, T., Colautti, D. C., Paracampo, A. H., & Gómez, N. (2017). Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Marine pollution bulletin*, *122*(1-2), 85-90.

Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., & Li, D. (2017). Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, *225*, 283-290.

Peng, G., Xu, P., Zhu, B., Bai, M., & Li, D. (2018). Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: a case study of risk assessment in mega-cities. *Environmental Pollution*, *234*, 448-456.

Peller, J. R., Eberhardt, L., Clark, R., Nelson, C., Kostelnik, E., & Iceman, C. (2019). Tracking the distribution of microfiber pollution in a southern Lake Michigan watershed through the analysis of water, sediment and air. *Environmental Science: Processes & Impacts*, *21*(9), 1549-1559..

Peters, C. A., & Bratton, S. P. (2016). Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. *Environmental Pollution*, *210*, 380-387.

Phillips, M. B., & Bonner, T. H. (2015). Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, *100*(1), 264-269.

Qu, X., Su, L., Li, H., Liang, M., & Shi, H. (2018). Assessing the relationship between the abundance and properties of microplastics in water and in mussels. *Science of the total environment*, *621*, 679-686.

Ravindra, K., Sokhi, R., & Van Grieken, R. (2008). Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, *42*(13), 2895-2921.

Remy, F., Collard, F., Gilbert, B., Compère, P., Eppe, G., & Lepoint, G. (2015). When microplastic is not plastic: the ingestion of artificial cellulose fibers by macrofauna living in seagrass macrophytodetritus. *Environmental Science & Technology*, *49*(18), 11158-11166.

Rios, L. M., Moore, C., & Jones, P. R. (2007). Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin*, *54*(8), 1230-1237.

Rios, L. M., Jones, P. R., Moore, C., & Narayan, U. V. (2010). Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre's "eastern garbage patch". *Journal of Environmental Monitoring*, *12*(12), 2226-2236.

Sadri, S. S., & Thompson, R. C. (2014). On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Marine pollution bulletin*, *81*(1), 55-60.

Silva-Cavalcanti, J. S., Silva, J. D. B., de França, E. J., de Araújo, M. C. B., & Gusmao, F. (2017). Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. *Environmental Pollution*, *221*, 218-226.

Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current environmental health reports*, *5*(3), 375-386.

Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., & Shim, W. J. (2015). Occurrence and distribution of microplastics in the sea surface microlayer in Jinhae Bay, South Korea. *Archives of environmental contamination and toxicology*, *69*(3), 279-287.

Steer, M., Cole, M., Thompson, R. C., & Lindeque, P. K. (2017). Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel. *Environmental Pollution*, *226*, 250-259.

Su, L., Xue, Y., Li, L., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., & Shi, H. (2016). Microplastics in Taihu Lake, China. *Environmental Pollution*, *216*, 711-719.

Su, L., Cai, H., Kolandhasamy, P., Wu, C., Rochman, C. M., & Shi, H. (2018). Using the Asian clam as an indicator of microplastic pollution in freshwater ecosystems. *Environmental pollution*, *234*, 347-355.

Sutton, R., Mason, S. A., Stanek, S. K., Willis-Norton, E., Wren, I. F., & Box, C. (2016). Microplastic contamination in the San Francisco Bay, California, USA. *Marine pollution bulletin*, *109*(1), 230-235.

Ta, A. T., & Babel, S. (2020). Microplastics pollution with heavy metals in the aquaculture zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, *161*, 111747.

Teuten, E. L., Rowland, S. J., Galloway, T. S., & Thompson, R. C. (2007). Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environmental science & technology*, *41*(22), 7759-7764.

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., ... & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, *304*(5672), 838-838.

Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, *113*, 7-17.

Wang, T., Zou, X., Li, B., Yao, Y., Li, J., Hui, H., ... & Wang, C. (2018). Microplastics in a wind farm area: A case study at the Rudong Offshore Wind Farm, Yellow Sea, China. *Marine pollution bulletin*, *128*, 466-474.

Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., ...& Rodriguez-Mozaz, S. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, *26*(1), 1-9.

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.

Xiong, X., Wu, C., Elser, J. J., Mei, Z., & Hao, Y. (2019). Occurrence and fate of microplastic debris in middle and lower reaches of the Yangtze River–from inland to the sea. *Science of the Total Environment*, *659*, 66-73.

Xu, X., Hou, Q., Xue, Y., Jian, Y., & Wang, L. (2018). Pollution characteristics and fate of microfibers in the wastewater from textile dyeing wastewater treatment plant. *Water Science and Technology*, *78*(10), 2046-2054.

Yuan, W., Liu, X., Wang, W., Di, M., & Wang, J. (2019). Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China. *Ecotoxicology and environmental safety*, *170*, 180-187.

Zhang, K., Su, J., Xiong, X., Wu, X., Wu, C., & Liu, J. (2016). Microplastic pollution of lakeshore sediments from remote lakes in Tibet plateau, China. *Environmental Pollution*, *219*, 450-455.

Zhang, K., Xiong, X., Hu, H., Wu, C., Bi, Y., Wu, Y., ... & Liu, J. (2017). Occurrence and characteristics of microplastic pollution in Xiangxi Bay of Three Gorges Reservoir, China. *Environmental science & technology*, *51*(7), 3794-3801.

Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., & Li, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: first observations on occurrence, distribution. *Marine pollution bulletin*, *86*(1-2), 562-568.

Zhao, S., Zhu, L., Gao, L., & Li, D. (2018). Limitations for microplastic quantification in the ocean and recommendations for improvement and standardization. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* (pp. 27-49). Elsevier.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

(ก)

(ข)

(ค)

หมายเหตุ: (ก) พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณชุมชน

(ข) พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณเกษตรกรรม

(ค) พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณธรรมชาติ

ภาพที่ 89 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนาม

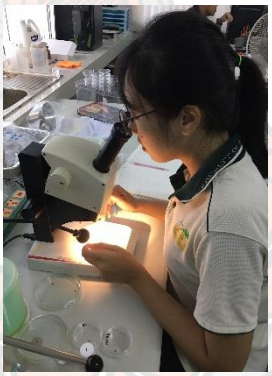
ภาพที่ 90 การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินโดยใช้ Plankton net

ภาพที่ 91 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)

(ง) (จ) (ฉ)

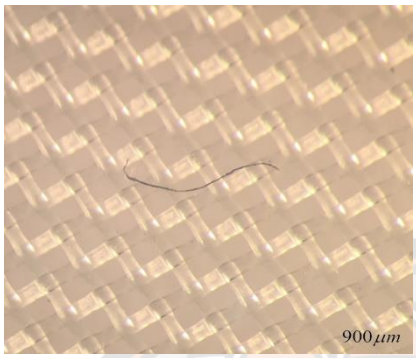
ภาพที่ 92 การวิเคราะห์หาไมโครพลาสติกในน้ำผิวดิน และปลา

หมายเหตุ: (ง) การย่อยสลายอินทรีย์ในตัวอย่าง (จ) กรองตัวอย่างไว้บนกระดาษกรอง (ฉ) ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้ไมโครพลาสติกลอยที่ผิวน้ำ

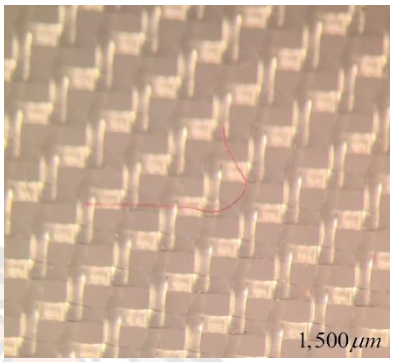


ภาพที่ 93 การจำแนกตัวอย่างไมโครพลาสติกภายใต้กล้องจุลทรรศน์

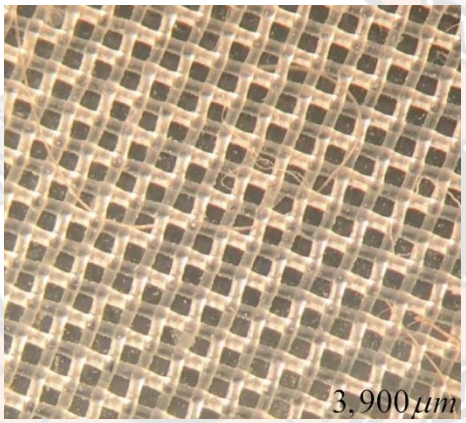
ภาคผนวก ข ลักษณะทางสัญฐานทางวิทยาของไมโครพลาสติก



(ช)



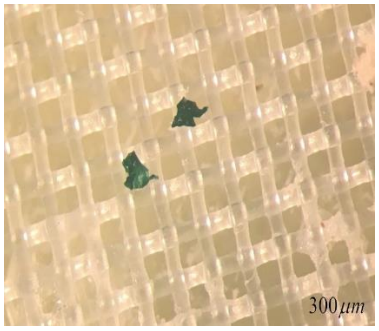
(ซ)

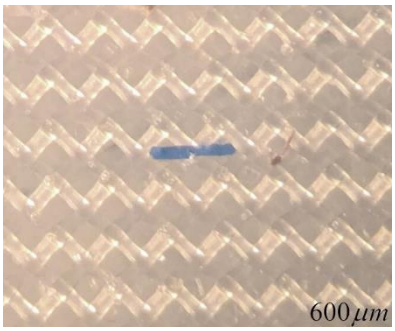


(ฌ)

ภาพที่ 94 ลักษณะของไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใย

หมายเหตุ: (ช) เส้นใยสีดำขนาด 900 μm (ซ) เส้นใยสีแดงขนาด 1,500 μm
(ฌ) เส้นใยสีใสขนาด 3,900 μm





(ญ) (ฎ)

ภาพที่ 95 ลักษณะของไมโครพลาสติกรูปร่างแบบแผ่นชิ้นเล็ก

หมายเหตุ: (ญ) แผ่นสีเขียวขนาด 300 μm (ฎ) แผ่นสีฟ้าขนาด 600 μm

บรรณานุกรม