การสำรวจเบื้องต้นการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต

Preliminary Study on Microplastic Contamination in Hydroponic Salad Vegetables Sold in Supermarkets

ประภัสสร หลักชัย[1] รัชวุฒิ โคตรลาคำ[2] และ ชิดหทัย เพชรช่วย[2*]

Praphatson Lukchai[1] Ratchawut Kotlakome[2] and Chidhathai Petchuay[2*]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190 ประเทศไทย

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190 ประเทศไทย

[1]Environmental Science Program, Faculty of Science, Ubon Ratchatani University,
Ubon Ratchathani 34190, Thailand

[2]Department of Biological and Health Science, Faculty of Science, Ubon Ratchatani University,
Ubon Ratchathani 34190, Thailand

*E-mail: chidhathai.p@ubu.ac.th

Received: Apr 29, 2026
Revised: May 18, 2026
Accepted: Jun 08, 2026

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการสำรวจเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์และจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต โดยศึกษาผัก 3 ชนิด ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอส เก็บตัวอย่างผักจากซูเปอร์มาร์เก็ต 2 แห่ง ในจังหวัดอุบลราชธานี รวมทั้งหมด 18 ตัวอย่าง ย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาเฟนตัน ($H_2O_2/FeSO_4$) ตรวจนับปริมาณและศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติก ได้แก่ ขนาด รูปร่าง และสี ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และวิเคราะห์ชนิดพอลิเมอร์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy ผลการศึกษาพบว่า ผักกรีนโอ๊คมีปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุด 2.67 ± 1.03 ชิ้นต่อกรัม รองลงมาคือผักเรดโอ๊ค และผักคอส ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 1.00 ± 0.63 ชิ้นต่อกรัม ไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในผักทั้ง 3 ชนิด ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก (< 0.1 มิลลิเมตร) และขนาดกลาง (0.1-1.0 มิลลิเมตร) โดยรูปร่างที่พบมากที่สุดคือแบบเส้นใย รองลงมาคือแบบชิ้นส่วน ส่วนสีของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบมากที่สุดคือ สีใส รองลงมาคือ สีแดง สีเขียว และสีดำ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR ไม่สามารถระบุชนิดพอลิเมอร์ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากข้อจำกัดด้านขนาดอนุภาคและสัญญาณอินฟราเรดที่ต่ำกว่าเกณฑ์การตรวจวัด ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถบ่งชี้ในเบื้องต้นได้ว่า พบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักสลัดที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์และวางจำหน่ายทั่วไปในซูเปอร์มาเก็ต ดังนั้น การวิจัยในระยะต่อไปเพื่อระบุแหล่งที่มาของการปนเปื้อนในระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จึงมีความสำคัญยิ่ง เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการควบคุมคุณภาพการผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก ผักไฮโดรโปนิกส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต ความปลอดภัยทางอาหาร

Abstract

This study conducted a preliminary investigation of microplastic (MP) contamination in hydroponically grown salad vegetables sold in supermarkets. Three types of vegetables including green oak, red oak, and cos were examined. A total of 18 vegetable samples were collected from 2 supermarkets in Ubon Ratchathani province. Organic matter was digested using a Fenton reaction ($H_2O_2/FeSO_4$). The abundance and morphology of microplastics including size, shape, and color were analyzed using a stereomicroscope. Polymer types were also analyzed using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. The results revealed that green oak had the highest

average MP abundance at 2.67 ± 1.03 pieces per gram, followed by red oak and cos lettuce which had the same average MP abundance at 1.00 ± 0.63 pieces per gram. The predominant MP size classes were small (< 0.1 mm) and medium (0.1-1.0mm). The most common morphological type was fiber, followed by fragment. The most frequently observed color of MP was transparent, followed by red, green, and black, respectively. However, FTIR analysis could not definitively identify polymer types due to particle size limitations and insufficient signal intensity. This study provided preliminary evidence that commercially available hydroponic salad vegetables were contaminated with microplastics. Therefore, further research focusing on identifying sources of contamination in hydroponic cultivation systems is essential to support quality control and ensure consumer safety.

Keywords: Microplastics, Hydroponic vegetables, Supermarkets, Food safety

1. บทนำ

ปัจจุบันพลาสติกได้กลายเป็นหนึ่งในมลพิษสิ่งแวดล้อมที่แพร่หลายมากที่สุดในโลกอย่างรวดเร็ว การเพิ่มขึ้นของประชากรยิ่งทำให้ความต้องการใช้พลาสติกสูงขึ้น ส่งผลให้มีการผลิตพลาสติกทั่วโลกมากกว่า 400 ล้านตันต่อปี [1] การจัดการขยะพลาสติกที่ไม่ถูกต้องส่งผลให้พลาสติกขนาดใหญ่แตกตัวภายใต้อิทธิพลของลม คลื่น แสงอัลตราไวโอเลต จุลินทรีย์ หรือปัจจัยอื่น ๆ กลายเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่เรียกว่าไมโครพลาสติก (Microplastics: MPs) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร [2] ไมโครพลาสติกสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ตามแหล่งกำเนิด ได้แก่ ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (Primary microplastics) คือ พลาสติกที่ถูกผลิตขึ้นมาโดยตรงให้มีขนาดเล็กในระดับไมโครพลาสติก ขณะที่ไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (Secondary microplastics) คือ อนุภาคที่เกิดจากการเสื่อมสลายของพลาสติกขนาดใหญ่ในสิ่งแวดล้อม [3]-[5]

ไมโครพลาสติกสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมทั้งในน้ำ ดิน และอากาศ ทั้งยังสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ผ่านการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติก [6] พบการปนเปื้อนอย่างแพร่หลายในทุกระบบนิเวศทั้งทางทะเล พื้นดิน และในบรรยากาศ [1], [7] อนุภาคขนาดเล็กเหล่านี้สามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ได้หลายทาง การศึกษาล่าสุดยืนยันการพบไมโครพลาสติกปนเปื้อนในพืชผักที่ปลูกในดิน [8]-[12] และเริ่มมีการให้ความสนใจถึงช่องทางการปนเปื้อนในระบบการเกษตรสมัยใหม่ เนื่องจากอาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยทางอาหารและสุขภาพของผู้บริโภค [8], [9]

ระบบไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นเทคโนโลยีการเกษตรที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย ผักไฮโดรโปนิกส์เป็นผักที่เพาะปลูกโดยไม่ใช้ดิน และอาศัยสารละลายธาตุอาหารในน้ำแทน ในบริบทของการบริโภค ผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ เนื่องจากถูกมองว่าเป็นผักที่สะอาด ปลอดภัยจากสารเคมีและสิ่งปนเปื้อน [13] แต่ในความเป็นจริง ในระบบไฮโดรโปนิกส์มีการใช้วัสดุพอลิเมอร์ในการสร้างระบบปลูก เช่น ท่อโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride: PVC) และใช้น้ำเป็นตัวกลางในการส่งสารอาหาร [14], [15] นอกจากนี้ ไมโครพลาสติกสามารถกระจายตัวอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นสารละลายซึ่งมีการเคลื่อนไหวและสามารถสัมผัสกับรากพืชได้โดยตรง [16] จึงอาจส่งผลให้มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพืชผักที่ปลูกโดยไม่ตั้งใจ อย่างไรก็ตาม ผักสลัดส่วนใหญ่นิยมบริโภคในรูปแบบสดโดยไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อาจช่วยลดหรือเปลี่ยนแปลงปริมาณอนุภาคปนเปื้อนบางส่วนได้ [17] ซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสไมโครพลาสติกโดยตรง ส่งผลให้ประเด็นการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักที่บริโภคสดมีความสำคัญต่อความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้บริโภค

การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพืชผักก่อให้เกิดความกังวลด้านผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากไมโครพลาสติกสามารถเข้าสู่ร่างกายผ่านการบริโภคอาหาร และมีศักยภาพก่อให้เกิดความเป็นพิษในระดับเซลล์ โดยกลไกสำคัญ ได้แก่ ภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) การอักเสบของเนื้อเยื่อ (Inflammation) และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน (Immune dysfunction) นอกจากนี้ไมโครพลาสติกยังสามารถทำหน้าที่เป็นพาหะในการดูดซับและสะสมสารปนเปื้อนอื่น เช่น โลหะหนักและสารอินทรีย์ที่เป็นพิษ ซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อผลกระทบระยะยาว เช่น โรคเรื้อรังและความผิดปกติของระบบประสาท [5], [6] แม้ว่าข้อมูลเชิงประจักษ์ในมนุษย์ยังมีจำกัด แต่หลักฐานที่มีอยู่ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการเฝ้าระวังและประเมินความเสี่ยงจากการได้รับไมโครพลาสติกผ่านอาหารอย่างต่อเนื่อง

สำหรับการวิจัยนี้ ได้เลือกศึกษาผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ 3 ชนิด ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอส เนื่องจากเป็นผักที่ได้รับความนิยมบริโภคอย่างแพร่หลายและมีจำหน่ายทั่วไปในซูเปอร์มาร์เก็ต อีกทั้งโดยทั่วไปมักบริโภคผักสลัดเหล่านี้ในรูปแบบสดที่ไม่ผ่านการปรุงสุกหรือความร้อน ผู้บริโภคจึงมีโอกาสได้รับสัมผัสไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายโดยตรง นอกจากนี้ ลักษณะทางสัณฐานของใบผัก เช่น พื้นผิวใบที่มีความหยัก โค้งงอ หรือซ้อนกันหลายชั้น อาจเอื้อต่อการยึดเกาะและการสะสมของอนุภาคไมโครพลาสติกได้มากกว่าพืชที่มีผิวใบเรียบ [9], [11] ดังนั้น ผักทั้งสามชนิดนี้จึงเหมาะสมในการใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักที่บริโภคสด

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ทั้ง 3 ชนิดที่จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต โดยประเมินทั้งปริมาณและลักษณะสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติก ซึ่งเป็นการศึกษาที่ปลายทางของห่วงโซ่อาหาร เพื่อยืนยันการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ที่พร้อมบริโภค และใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของแหล่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิต การขนส่ง และบรรจุภัณฑ์ เพื่อนำไปสู่การศึกษาต่อยอดในอนาคต

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจเบื้องต้น เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต ทำการศึกษาในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2568

2.2. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ 3 ชนิด ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอส โดยซื้อผักจากซูเปอร์มาร์เก็ต 2 แห่ง ในจังหวัดอุบลราชธานี รวมทั้งสิ้น 18 ตัวอย่าง (ชนิดละ 6 ตัวอย่าง) เก็บรักษาตัวอย่างผักที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปสู่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างต่อไป

2.3. การเตรียมตัวอย่าง

เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพข้อมูลและลดการปนเปื้อนจากภายนอก ภาชนะแก้วทั้งหมดได้รับการทำความสะอาดและล้างด้วยน้ำที่ผ่านการกรองแบบ reverse osmosis (RO) อย่างละเอียดก่อนใช้งาน และทำการเตรียมตัวอย่างควบคุม (Blank) ควบคู่กับตัวอย่างจริงในทุกขั้นตอน เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ตลอดกระบวนการทำจากสแตนเลสหรือแก้วทั้งหมด เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากพลาสติก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดัดแปลงจากวิธีของ Conti et al. [9] และ Neatsingsang [18] เริ่มจากนำผักตัวอย่าง 100 กรัม ล้างด้วยน้ำกลั่น หั่น และบดด้วยเครื่องปั่นสแตนเลส จากนั้นแบ่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่บีกเกอร์แก้ว จำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) 0.05 M ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 48-72 ชั่วโมง เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาเฟนตัน (Fenton reaction) หากยังพบสารอินทรีย์ตกค้าง ให้เติม H_2O_2 30% เพิ่มอีก 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 35.9% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ไมโครพลาสติกลอยตัว กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 1.2 ไมโครเมตร) ด้วยชุดกรองบุชเนอร์ (Buchner funnel) อบกระดาษกรองที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเก็บในโถดูดความชื้นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์

2.4. การวิเคราะห์ไมโครพลาสติก

ตรวจนับปริมาณและศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติก ได้แก่ ขนาด รูปร่าง และสี ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ วิเคราะห์ชนิดพอลิเมอร์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy โดยใช้เครื่อง Thermo Scientific รุ่น Nicolet 6700 ในโหมด Attenuated Total Reflectance (ATR) ช่วงคลื่น 400-4,000 ต่อเซนติเมตร วางกระดาษกรองบนหัววัด ATR โดยตรง และระบุชนิดพอลิเมอร์โดยการเปรียบเทียบสเปกตรัมกับฐานข้อมูล HR Aldrich Hydrocarbons Library v1.3 ในซอฟต์แวร์ OMNIC™ v8.3 (Thermo Fisher Scientific) และบันทึกผล

2.5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และร้อยละ (Percentage) เพื่ออธิบายลักษณะการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในตัวอย่างผัก

นอกจากนี้ ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไมโครพลาสติกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS Statistics (Version 29)

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1. ปริมาณการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักสลัดไฮโดรโปนิกส์

ผลการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกในตัวอย่างผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงใน Figure 1 พบว่าผักกรีนโอ๊คมีปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยสูงสุด 2.67 ± 1.03 ชิ้นต่อกรัม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับผักเรดโอ๊คและผักคอส ($p < 0.05$) ขณะที่ผักเรดโอ๊คและผักคอสมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน 1.00 ± 0.63 ชิ้นต่อกรัม และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกัน ($p \geq 0.05$)

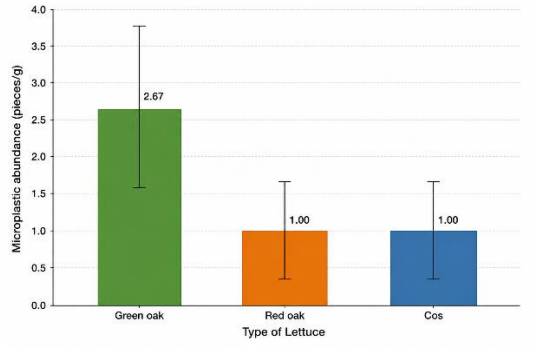


Figure 1 Mean abundance of microplastics in 3 types of hydroponic vegetable

แม้ปริมาณไมโครพลาสติกที่ตรวจพบจะอยู่ในระดับต่ำ แต่ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งไม่ใช้ดินเป็นตัวกลางยังคงมีโอกาสปนเปื้อนไมโครพลาสติกได้ แหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ ได้แก่ น้ำหมุนเวียนในระบบ และการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์พลาสติก เช่น ท่อและภาชนะปลูก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Li et al. [14] ที่รายงานว่าน้ำหมุนเวียนและการเสื่อมสภาพของวัสดุพลาสติกในระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นแหล่งกำเนิดไมโครพลาสติกสำคัญในผักกาดหอมและคะน้า นอกจากนี้ Mu et al. [19] ยืนยันจากการศึกษาการสะสมของไมโครพลาสติกชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene) ในผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยพบว่าอนุภาคไมโครพลาสติกสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อรากและเคลื่อนย้ายไปยังส่วนอื่นของพืชไฮโดรโปนิกส์ได้

นอกจากนี้ แหล่งกำเนิดไมโครพลาสติกที่สำคัญอีกประการหนึ่งในระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ คือ การเสื่อมสภาพของท่อและอุปกรณ์ที่ทำจากพลาสติก โดยเฉพาะท่อโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) ซึ่งนิยมใช้ในระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ทั่วไป Temam and Mortula [20] รายงานว่าท่อ PVC สามารถปลดปล่อยอนุภาคไมโครพลาสติกออกสู่น้ำได้ โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ตรวจพบสเปกตรัมที่เป็นลักษณะเฉพาะของ PVC ในอนุภาคที่กรองได้จากน้ำที่ผ่านท่อดังกล่าว ซึ่งบ่งชี้ว่าการสัมผัสระหว่างสารละลายธาตุอาหารกับผนังท่อ PVC เป็นเวลานานอาจเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้ ผลการศึกษานี้จึงสนับสนุนสมมติฐานที่ว่าไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ในการศึกษาครั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจมีแหล่งกำเนิดจากการเสื่อมสภาพของท่อ PVC ที่ใช้ในระบบปลูก

สำหรับความแตกต่างของปริมาณไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในผักแต่ละชนิดของการศึกษาครั้งนี้ อาจเกี่ยวข้องกับลักษณะทางสัณฐานของพืช เช่น พื้นที่ผิวใบ โครงสร้างใบ หรือความสามารถในการกักเก็บอนุภาค อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเป็นการศึกษาในระดับการสำรวจ จึงยังไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้

3.2. ลักษณะสัณฐานวิทยาของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในผักสลัดไฮโดรโปนิกส์

จากการจำแนกขนาดของไมโครพลาสติกในตัวอย่างผักสลัดโฮโดรโปนิกส์ พบไมโครพลาสติก 2 ช่วงขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (0.001-0.1 มิลลิเมตร) คิดเป็นร้อยละ 52.77 และขนาดกลาง (0.1-1.0 มิลลิเมตร) คิดเป็นร้อยละ 47.23 โดยไม่พบไมโครพลาสติกขนาดใหญ่ (1.0-5.0 มิลลิเมตร) ในทุกตัวอย่าง เมื่อพิจารณาเชิงสัดส่วนของผักแต่ละชนิด พบว่าผักกรีนโอ๊คมีไมโครพลาสติกขนาดเล็กในสัดส่วนสูงสุด ร้อยละ 75 และขนาดกลาง ร้อยละ 25 ขณะที่ผักเรดโอ๊คมีไมโครพลาสติกขนาดเล็กและขนาดกลางในสัดส่วนเท่ากันที่ร้อยละ 50 ส่วนผักคอสมีไมโครพลาสติกขนาดกลางในสัดส่วนสูงสุด ร้อยละ 66.70 และขนาดเล็ก ร้อยละ 33.30 ดังแสดงใน Figure 2

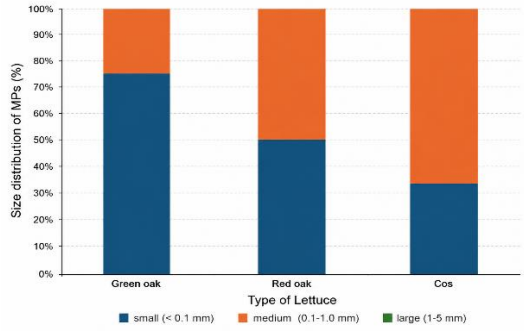


Figure 2 Size distribution of microplastics in 3 types of hydroponic vegetables

การตรวจพบไมโครพลาสติกขนาดเล็กในสัดส่วนสูงสุด สอดคล้องกับรายงานของ Conti et al. [9] และ Li et al. [14] ที่ระบุว่าอนุภาคไมโครพลาสติกขนาดเล็กสามารถกระจายตัวในสิ่งแวดล้อมและเคลื่อนที่ผ่านสารละลายธาตุอาหารได้ดีกว่า สามารถเข้าสู่ระบบรากหรือเกาะติดพื้นผิวของพืชได้ง่ายกว่า ทำให้มีแนวโน้มสะสมในเนื้อเยื่อพืชได้มากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ยืนยันจากการศึกษาของ Hua et al. [21] ในระบบไฮโดรโปนิกส์จำลอง พบว่าผักกาดหอมสามารถดูดซึมไมโครพลาสติกที่มีอนุภาคขนาดเล็กเข้าสู่รากได้โดยตรง โดยขนาดของอนุภาคมีผลต่อระดับการสะสมในเนื้อเยื่อพืช นอกจากนี้ มีรายงานพบว่าไมโครพลาสติกในระบบการเกษตรส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งมักเกิดจากกระบวนการแตกตัวของพลาสติกในสิ่งแวดล้อมภายใต้อิทธิพลของแสงแดด แรงกล และการย่อยสลายทางกายภาพ [12] ส่งผลให้ไมโครพลาสติกขนาดเล็กถูกตรวจพบได้บ่อยในตัวอย่างพืชและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดรับกับผลการศึกษาครั้งนี้ที่ไม่พบอนุภาคขนาดใหญ่ในตัวอย่างใดเลย

สำหรับผลการจำแนกรูปร่างของไมโครพลาสติกในตัวอย่างผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ในการศึกษาครั้งนี้ พบเพียง 2 รูปแบบ ได้แก่ เส้นใย (Fiber) และชิ้นส่วน (Fragment) โดยไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยพบในผักกรีนโอ๊คในสัดส่วนสูงสุด ร้อยละ 54.55 รองลงมาคือผักคอส ร้อยละ 27.27 และผักเรดโอ๊ค ร้อยละ 18.18 ขณะที่ไมโครพลาสติกรูปร่างแบบชิ้นส่วนตรวจพบในผักกรีนโอ๊คและผักเรดโอ๊คในสัดส่วนเท่ากัน ร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาภาพรวมของตัวอย่างทั้งหมด พบรูปร่างไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด ร้อยละ 73.33 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Li et al. [14] ซึ่งทำการวิเคราะห์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในผักกาดหอมและคะน้าที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยพบว่าไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยเป็นชนิดที่พบมากที่สุด ร้อยละ 80 ของอนุภาคทั้งหมด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Canha et al. [22] ที่พบเส้นใยเป็นรูปแบบหลักในผักกาดหอมที่ปลูกในสวนในเขตเมือง แหล่งกำเนิดของเส้นใยไมโครพลาสติกมักเชื่อมโยงกับเส้นใยสังเคราะห์จากสิ่งทอ เช่น โพลีเอสเตอร์ (Polyester) และไนลอน (Nylon) ซึ่งสามารถปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมผ่านการซักล้างและการสึกหรอ รวมถึงอาจปนเปื้อนในน้ำที่ใช้ในระบบไฮโดรโปนิกส์และในอากาศบริเวณโดยรอบได้ [12]

ในส่วนของการจำแนกสีของไมโครพลาสติก ตรวจพบทั้งหมด 5 สี ได้แก่ โปร่งใส แดง น้ำเงิน เขียว และดำ โดยในภาพรวมพบสีโปร่งใสมากที่สุด ร้อยละ 33.33 รองลงมาคือสีแดง ร้อยละ 26.70 และสีเขียว ร้อยละ 20.00 ดังแสดงใน Figure 3 เมื่อพิจารณารายชนิดผัก พบว่าผักกรีนโอ๊คและผักเรดโอ๊คมีสีโปร่งใสและสีแดงเป็นหลัก ขณะที่ผักคอสพบสีดำและสีเขียวเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม สีของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้ ยังไม่สามารถระบุได้ชัดว่าเป็นสีที่มาจากการปนเปื้อนของพลาสติกชนิดใด

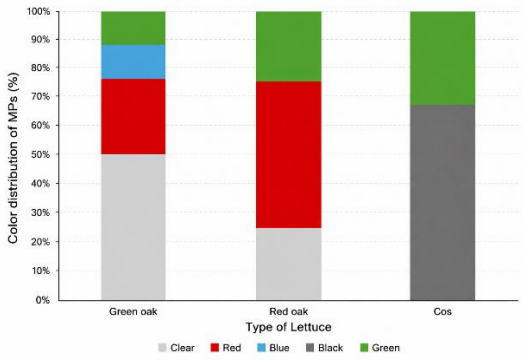


Figure 3 Color distribution of microplastics in three types of hydroponic vegetables

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Chen et al. [8] ที่ตรวจพบไมโครพลาสติกในผักและผลไม้จากตลาดในเมืองกวางโจว ประเทศจีน โดยระบุว่าสีที่พบมาก ได้แก่ โปร่งใส แดง และน้ำเงิน ทั้งนี้ ไมโครพลาสติกสีโปร่งใสมีแนวโน้มเกี่ยวข้องกับพลาสติกบรรจุภัณฑ์ประเภทโพลีเอทิลีน (Polyethylene) หรือโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในบรรจุภัณฑ์อาหารอย่างแพร่หลาย ผลการศึกษาจากหลายงานวิจัยรายงานว่า ไมโครพลาสติกสีใสมักถูกตรวจพบในสิ่งแวดล้อมและในผลิตผลทางการเกษตรในสัดส่วนที่สูง เนื่องจากพลาสติกประเภทบรรจุภัณฑ์หรือฟิล์มพลาสติกจำนวนมากมีลักษณะโปร่งใส และเมื่อแตกตัวในสิ่งแวดล้อม

จะกลายเป็นไมโครพลาสติกสีใสที่สามารถกระจายตัวได้ง่าย การศึกษาของ Conti et al. [9] พบว่าไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบในผักและผลไม้มีสีโปร่งใสหรือสีอ่อน ซึ่งอาจมีแหล่งกำเนิดจากพลาสติกบรรจุภัณฑ์หรือฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการผลิตและการเกษตร รวมถึงการศึกษาของ Nassar et al. [23] ที่ยืนยันว่าไมโครพลาสติกบนผิวผักและผลไม้มากกว่าร้อยละ 85 มีสีโปร่งใส นอกจากนี้ งานวิจัยของ Liu et al. [24] ยังระบุว่าไมโครพลาสติกที่พบในสิ่งแวดล้อมมักมีหลายสี ได้แก่ สีใส สีขาว สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน อย่างไรก็ตาม สีของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในการศึกษานี้ยังไม่สามารถใช้ระบุชนิดพอลิเมอร์ได้โดยตรง เนื่องจากสีของอนุภาคอาจเปลี่ยนแปลงได้จากกระบวนการเสื่อมสภาพในสิ่งแวดล้อม [12]

ตัวอย่างภาพถ่ายไมโครพลาสติกที่มีลักษณะรูปร่าง ขนาด และสีที่แตกต่างกันที่ตรวจพบจากผักไฮโดรโปนิกส์ในการศึกษาครั้งนี้ แสดงใน Figure 4

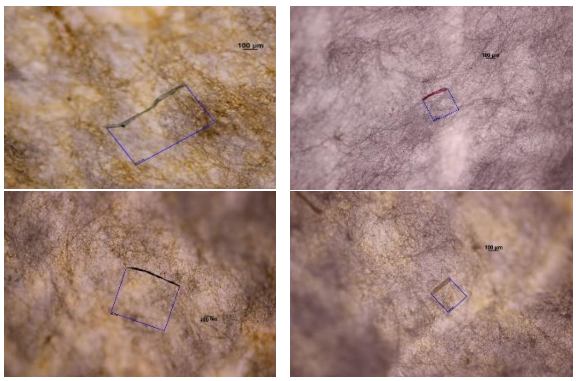


Figure 4 Photograph of microplastics in different shapes and colors from the vegetable samples

3.3. ชนิดของของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในผักไฮโดรโปนิกส์

จากการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy พบว่าไม่สามารถระบุชนิดพอลิเมอร์ของอนุภาคที่ตรวจพบบนกระดาษกรองได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากอนุภาคส่วนใหญ่ที่ตรวจพบมีขนาดเล็กมากและมีปริมาณน้อย ส่งผลให้สัญญาณอินฟราเรดที่สะท้อนกลับจากตัวอย่างมีความเข้มต่ำและไม่เพียงพอต่อการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลสเปกตรัมของพอลิเมอร์ รวมถึงขนาดของลำแสงอินฟราเรดและพื้นที่ตรวจวัดของเครื่องมือมีข้อจำกัด ส่งผลให้การตรวจวัดอนุภาคขนาดเล็กไม่สามารถให้สเปกตรัมที่ชัดเจนได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุชนิดไมโครพลาสติกในตัวอย่างได้ ข้อจำกัดดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Loder and Gerdts [25] ที่ระบุว่า ATR-FTIR มีขีดจำกัดการตรวจวัดอนุภาคที่ประมาณ 500 ไมโครเมตร และต้องการปริมาณตัวอย่างที่เพียงพอเพื่อให้ได้สเปกตรัมที่ชัดเจน ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาใช้เทคนิคที่มีความละเอียดสูงกว่า เช่น micro-FTIR หรือ Raman spectroscopy ซึ่งสามารถวิเคราะห์อนุภาคที่มีขนาดเล็กถึง 1-20 ไมโครเมตรได้ เพื่อระบุชนิดพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกในตัวอย่างผักไฮโดรโปนิกส์ได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

4. บทสรุป

ผลการศึกษานี้ยืนยันการตรวจพบไมโครพลาสติกในตัวอย่างผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ที่จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตทุกชนิดที่ศึกษา โดยลักษณะอนุภาคส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก มีสีโปร่งใส และพบในรูปแบบเส้นใยเป็นหลัก ซึ่งสะท้อนถึงโอกาสการปนเปื้อนจากหลายแหล่ง ทั้งในกระบวนการผลิตตั้งแต่ต้นทาง รวมถึงขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การขนส่งและบรรจุภัณฑ์ แม้ว่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR ในการศึกษานี้ยังไม่สามารถระบุชนิดพอลิเมอร์ได้อย่างชัดเจน

ในเชิงนโยบาย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการกำหนดมาตรฐานด้านความปลอดภัยของผักไฮโดรโปนิกส์ โดยเฉพาะการควบคุมคุณภาพวัสดุที่ใช้ในระบบการผลิต และการพัฒนามาตรฐานบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนไมโครพลาสติกตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหาร

สำหรับการศึกษาต่อไป ควรมุ่งเน้นการวิเคราะห์ชนิดของพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกอย่างละเอียดและแม่นยำ เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวจะช่วยให้สามารถอภิปรายและระบุแหล่งที่มาของการปนเปื้อนได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งควรมีการศึกษาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตในระดับต้นทาง และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคในระยะยาว

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสุขภาพ ภาควิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องของการใช้เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจนลุล่วงไปด้วยดี

6. References

[1] Muniz, R. and Rahman, M.S. 2025. Microplastics in coastal and marine environments: A critical issue of plastic pollution on marine organisms, seafood contaminations, and human health implications. **Journal of Hazardous Materials Advances.** 18: 100663.

[2] Enfrin, M. and et al. 2019. Nano/microplastics in water and wastewater treatment processes - Origin, impact and potential solutions. **Water Research.** 161: 621-638.

[3] Kumar, M. and et al. 2020. Microplastics as pollutants in agricultural soils. **Environmental Pollution.** 265: 114980.

[4] Cao, L. and et. al. 2021. Occurrence, distribution and affecting factors of microplastics in agricultural soils along the lower reaches of Yangtze River, China. **Science of the Total Environment.** 794: 148694.

[5] Prata, J.C. and et al. 2020. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. **Science of The Total Environment.** 702: 134455.

[6] Pironti, C. and et al. 2021. Microplastics in the Environment: Intake through the food web. **Toxics.** 9(9): 224.

[7] Zhou, L. and et al. 2025. Overview of monitoring methods and environmental distribution: Microplastics in the Indian ocean. **Marine Pollution Bulletin.** 214: 117715.

[8] Chen, X., Lin, S. and Hu, Y. 2022. Microplastic contamination in vegetables and fruits: Evidence from Guangzhou, China. **Science of The Total Environment.** 806: 150620.

[9] Conti, G.O. and et al. 2020. Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables: The first diet risks assessment for the general population. **Environmental Research.** 187: 109677.

[10] Lazar, N.N. and et al. 2024. Micro and nano plastics in fruits and vegetables: A review. **Heliyon.** 10: e28291.

[11] Li, L. and et al. 2020. Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. **Nature Sustainability.** 3: 929-937.

[12] Zhang, M. and et al. 2025. Effects of microplastics on farmland soils and plants: A review. **Plant, Soil and Environment.** 71(12): 829-848.

[13] Sela Saldinger, S. and et al. 2023. Hydroponic agriculture and microbial safety of vegetables: Promises, challenges, and solutions. **Horticulture.** 9(1): 51-58.

[14] Li, S.P., Feng, Y.X., and Yu, X.Z. 2023. Micro- and nano-plastics in hydroponic environment are critical for plants: A meta-analysis. **Science of The Total Environment.** 902: 166168.

[15] Perez-Reveron, R. and et al. 2022. Microplastics in agricultural systems: Analytical and environmental implications. **Agriculture.** 12(8): 1162.

[16] Lei, C. and Engeseth, N.J. 2022. Comparison of growth and quality between hydroponically grown and soil-grown lettuce under the stress of microplastics. **ACS ES&T Water.** 2: 1182-1194.

[17] Cox, K.D. and et al. 2019. Human consumption of microplastics. **Environmental Science & Technology.** 53(12): 7068-7074.

[18] Neatsingsang, K. 2020. **Microplastic contamination in surface water and fish of Bueng Boraphet wetland, Nakhon Sawan Province.** M.Sc. Thesis, Naresuan University. (*in Thai*)

[19] Mu, L. and et al. 2025. The combined toxic effects of polystyrene microplastics and arsenate on lettuce under hydroponic conditions. **Toxics.** 13(2): 86.

[20] Temam, R. and Mortula, M.M. 2023. Leaching of microplastics from PVC pipes under stagnant conditions. **Desalination and Water Treatment.** 311: 243-252.

[21] Hua, Z. and et al. 2024. Internalization, physiological responses and molecular mechanisms of lettuce to polystyrene microplastics of different sizes: Validation of simulated soilless culture. **Journal of Hazardous Materials.** 462: 132710.

[22] Canha, N. and et al. 2023. Microplastic contamination of lettuces grown in urban vegetable gardens in Lisbon (Portugal). **Scientific Reports.** 13: 14278.

[23] Nassar, S. and et al. 2025. Microplastics contamination on the surfaces of fruits and vegetables: Abundance, characteristics, and exposure assessment. **Microplastics.** 4(3): 61.

[24] Liu, Q. and et al. 2024. Distribution characteristics of microplastics in river environments. **Environmental Monitoring and Assessment.** 196(3): 123-135.

[25] Loder, M.G.J. and Gerdts, G. 2015. Methodology used for the detection and identification of microplastics - A critical appraisal. In: Bergmann, M., Gutow, L. and Klages, M. (eds.) **Marine Anthropogenic Litter.** Berlin: SpringerOpen.