

การแยกชนิดของขยะเทอร์โมพลาสติกโดยใช้เทคนิค
ความแตกต่างทางความหนาแน่น



นางสาวพรศุดา ชูระนุติ

นางสาวรัชณี พิษิตชาติ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 55562
วันที่..... 19 พ.ค. 2548
b.....
i.....

**Separation of Various Types of Waste Thermoplastics by
Density Gradient Technique**



**Miss Pornsuda Thuwanuti
Miss Ratchanee Pichitchatree**

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Science**

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การแยกชนิดของขยะเทอร์โมพลาสติกโดยใช้เทคนิคความแตกต่างทาง
ความหนาแน่น

นักศึกษา นางสาวพรสุดา ฐะนุติ
นางสาวรัชณี พิชิตชาติรี

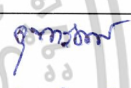


ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์


สาขา เคมีอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์มนตรี ทองคำ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการกลาง ผศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร	
กรรมการกลาง ดร.สุภารัตน์ รัชชดิ	
กรรมการกลาง ดร.แก้วดี พุกษาทร	


.....
(ผศ. ดร.ประยงค์ ดวงดี)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การแยกชนิดของเทอร์โมพลาสติกที่น่ากลับมาใช้ใหม่โดยใช้เทคนิคความแตกต่างทางความหนาแน่น
นักศึกษา	นางสาวพรสุดา ชูระนุติ นางสาวรัชณี พิชิตชาติรี
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขา	เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์มนตรี ทองคำ

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบเครื่องมือสำหรับแยกขยะพลาสติกที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยหลักการจมและลอยเนื่องจากความแตกต่างทางความหนาแน่น โดยในเบื้องต้นเป็นการสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับแยก พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) พอลิพรอพิลีน (PP) พอลิสไตรีน (PS) และพอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท (PET) ทั้งเกรดบริสุทธิและเกรดรีไซเคิล โดยใช้ตัวกลางเป็นน้ำ (ความหนาแน่น 1.00 g/cm^3) สารละลายเอทานอล (ความหนาแน่น 0.88 และ 0.92 g/cm^3) และน้ำเกลือ (ความหนาแน่น 1.17 g/cm^3) พบว่าความสามารถในการแยกแตกต่างกันดังนี้ ในกรณีที่ใช้สารละลายเอทานอลความหนาแน่นเป็น 0.88 g/cm^3 (สำหรับพลาสติกเกรดรีไซเคิล) สามารถแยกพลาสติกแต่ละชนิดจากชนิดละ 100% ได้ HDPE 57.42%, PP 80.32%, PS 59.42% และ PET 80.93% ในขณะที่ใช้สารละลายเอทานอลความหนาแน่นเป็น 0.92 g/cm^3 (สำหรับพลาสติกเกรดบริสุทธิ) สามารถแยกพลาสติกแต่ละชนิดจากชนิดละ 100% ได้ HDPE 54.90%, PP 80.30%, PS 59.01% และ PET 79.98%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Separation of Various Types of Recycled Thermoplastics by Density Gradient Technique
Name	Miss Pornsuda Thuwanuti Miss Ratchanee Pichitchatree
Department	Chemistry, Faculty of Science
Program	Industrial Chemistry
Academic Year	2003
Special Project Adviser	Assoc.Prof.Dr.Somsak Woramongkolchai
Special Project co-adviser	Mr. Montree Tongkam

Abstract

This research aimed to design an apparatus to separate plastic waste from the factory by float and sink technique according to density gradient. At beginning, the model was designed to separate high density polyethylene (HDPE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), and poly(ethylene terephthalate) (PET), both virgin and recycle grades, by using water (density of 1.00 g/cm^3), ethanol solution (density of 0.88 and 0.92 g/cm^3) and salt solution (density of 1.17 g/cm^3) as media. It was found that the separation ability from each and every types of plastics from 100% are as follow; the equipment could separate HDPE 57.42%, PP 80.32%, PS 59.42% and PET 80.93% when used ethanol solution density of 0.88 g/cm^3 (for recycle grade plastics) as a medium. While it could separate HDPE 54.90% , PP 80.30%, PS 59.01%, and PET 79.98% as density of ethanol solution was changed to 0.92 g/cm^3 (for virgin grade plastics).

กิตติกรรมประกาศ

- ขอบพระคุณอาจารย์สมศักดิ์ วรมงคลชัย ที่ให้โอกาสพวกเราได้ทำโครงการพิเศษนี้ และเป็นที่ปรึกษาที่ดีเสมอมา
- ขอบคุณอาจารย์มนตรี ทองคำ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้โครงการพิเศษนี้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี
- ขอบคุณพี่สุดใจ และพี่กฤษณะ ที่ให้คำแนะนำ รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ให้อุปสรรคผ่านพ้นไปได้ด้วยดี
- ขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่อาคารปฏิบัติการซ่อมสร้าง ที่ให้ความสะดวก และช่วยแก้ปัญหาต่างๆ
- ขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน
- ขอบคุณเพื่อนหลายๆคนที่อยู่ช่วยกันด้วยดีเสมอมา ไม่ว่าจะเป็แรงใจ หรือแรงกาย
- ขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่อำนวยความสะดวก และช่วยแก้ไขปัญหาทางคอมพิวเตอร์
- ขอบคุณข้อเสนอแนะ และคำวิจารณ์ต่างๆจากอาจารย์หลายๆท่านที่ทำให้โครงการพิเศษของเรามีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
- ขอบคุณบุพการีที่ให้กำลังใจอยู่ตลอดเวลาและตลอดไป

นางสาวพรสุดา ชูระนุติ

นางสาวรัชณี พิษิตชาติศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินการ	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 ทฤษฎีและหลักการ	7
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	17
3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	18
3.4 วิธีการทดลอง	
ตอนที่ 1 การสร้างเครื่องแยกพลาสติก	18
ตอนที่ 2 การหาความหนาแน่นของพลาสติกโดยใช้	
Density Gradient Column Technique	25
ตอนที่ 3 การเตรียมตัวกลาง/ตัวทำละลาย	26
ตอนที่ 4 การหาความหนืดของตัวกลาง	26
ตอนที่ 5 การวัดอัตราการไหล	26
ตอนที่ 6 การทดสอบเครื่องแยกพลาสติก	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การสร้างเครื่องแยกพลาสติก	30
4.2 การหาความหนาแน่นของพลาสติกโดยใช้ Density Gradient Column Technique	32
4.3 การหาความหนืดของตัวกลาง	33
4.4 การวัดอัตราการไหล	34
4.5 การทดสอบเครื่องแยกพลาสติก	36
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 การสรุปผลการทดลอง	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงแหล่งที่มาของพอลิเมอร์	8
รูปที่ 2.2 หลักการแยกพลาสติกตามทฤษฎีจุ่ม-ลอย 4 ขั้นตอนสำหรับแยกพลาสติกผสม	15
รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเครื่องแยกพลาสติกที่มี 3 คอลัมน์	18
รูปที่ 3.2 แบบจำลองเครื่องแยกพลาสติกสำหรับ 1 คอลัมน์	20
รูปที่ 3.3 แบบจำลองโครงเหล็ก	21
รูปที่ 3.4 การประกอบคอลัมน์	22
รูปที่ 3.5 การทำที่ยึดคอลัมน์	23
รูปที่ 3.6 การประกอบท่อพีวีซี	24
รูปที่ 3.7 หลักการทำงานของเครื่องแยกพลาสติกที่มี 3 คอลัมน์	25
รูปที่ 4.1 เครื่องแยกชนิดของพลาสติกที่มี 1 คอลัมน์	30
รูปที่ 4.2 เครื่องแยกชนิดของพลาสติกที่มี 3 คอลัมน์	31
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกมาตรฐานกับ สเกลที่ติดอยู่ข้างกระบอกตวง เมื่อใช้ตัวกลางเป็น Chloroform และ Xylene	32
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ ของตัวกลางต่างๆกับผลต่างของความ ดันปรอทที่ได้จากบับเบิ้ล P1 P2 และ P3	34
รูปที่ 4.5 การแยกชนิดของเทอร์โมพลาสติกในคอลัมน์ C1	39
รูปที่ 4.6 การแยก PP กับ HDPE ในคอลัมน์ C2	39
รูปที่ 4.7 การแยก PP ออกจากคอลัมน์ C2	40
รูปที่ 4.8 การแยก HDPE ออกจากคอลัมน์ C2	40
รูปที่ 4.9 การแยก PS กับ PET ในคอลัมน์ C3	41
รูปที่ 4.10 การแยก PS ออกจากคอลัมน์ C3	42
รูปที่ 4.11 การแยก PET ออกจากคอลัมน์ C3	42
รูปที่ 4.12 ตะแกรง Z2 เพื่อรองรับ HDPE และตะแกรง Z1 เพื่อรองรับ PP ที่แยกออกมาได้จากคอลัมน์ C2	43
รูปที่ 4.13 ตะแกรง Z3 เพื่อรองรับ PETและตะแกรง Z4 เพื่อรองรับ PS ที่แยกออกมาได้จากคอลัมน์ C3	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 4.14 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดในตะแกรง Z1	45
รูปที่ 4.15 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดในตะแกรง Z1	45
รูปที่ 4.16 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดในตะแกรง Z2	46
รูปที่ 4.17 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดในตะแกรง Z2	46
รูปที่ 4.18 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดในตะแกรง Z3	47
รูปที่ 4.19 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดในตะแกรง Z3	47
รูปที่ 4.20 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดในตะแกรง Z4	48
รูปที่ 4.21 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดในตะแกรง Z4	48
รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดที่แยกออกมาได้ตามต้องการ (%Selectivity)	55



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 วิธีที่สามารถระบุชนิดของพลาสติกตามสมบัติเฉพาะ	12
ตารางที่ 4.1 ความหนาแน่นของพลาสติกที่ใช้โดยเทียบจาก กราฟมาตรฐานในรูปที่ 4.3	32
ตารางที่ 4.2 ความหนืดของตัวกลางแต่ละชนิด	33
ตารางที่ 4.3 ความชันของกราฟที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ของตัวกลางต่างๆ กับผลต่างของความดันปรอทที่ได้จากปั๊ม P1 P2 และ P3 ในรูปที่ 4.3	35
ตารางที่ 4.4 ผลต่างของความดันปรอทที่ให้อัตราการไหลที่เหมาะสมสำหรับปั๊มแต่ละตัว	36
ตารางที่ 4.5 ปริมาณ HDPE และ PET เกรดบริสุทธิ์ที่แยกได้จากปริมาณพลาสติก ชนิดละ 50 กรัม	37
ตารางที่ 4.6 ปริมาณ HDPE และ PET เกรดรีไซเคิลที่แยกได้จากปริมาณพลาสติก ชนิดละ 50 กรัม	38
ตารางที่ 4.7 ปริมาณของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดที่แยกได้จากปริมาณพลาสติก ชนิดละ 50 กรัม	49
ตารางที่ 4.8 ปริมาณของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดที่แยกได้จากปริมาณพลาสติก ชนิดละ 50 กรัม	52
ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพของเครื่องแยกพลาสติก	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ในปัจจุบันพลาสติกได้กลายเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน [1] และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น พลาสติกมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการบรรจุสินค้าทั้งที่จำหน่ายในประเทศและเพื่อการส่งออก และนับวันยิ่งจะเพิ่มความสำคัญแทนการใช้บรรจุภัณฑ์จากทรัพยากรธรรมชาติหลายชนิด เช่น ไม้ เหล็ก กระดาษและวัสดุอื่นๆ เนื่องจากพลาสติกมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีราคาถูก มีความเหนียว น้ำหนักเบา ทนทานต่อสารเคมี ทนต่ออุณหภูมิในช่วงกว้าง เป็นตัวกันความชื้นและก๊าซ และมีขอบข่ายการใช้งานได้กว้าง มีหลายชนิดให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสามารถผลิตพลาสติกให้มีคุณสมบัติต่างๆ ตามที่ต้องการได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกใช้วัตถุดิบ ปฏิกริยาเคมี กระบวนการผลิต และกระบวนการขึ้นรูปต่างๆ ได้อย่างมากมาย และนอกจากนี้ ยังสามารถปรุงแต่งคุณสมบัติได้ง่าย โดยการเติมสารเติมแต่ง (Additives) เช่น สารปรับสภาพพลาสติก (Plasticizer) สารปรับปรุงคุณภาพ (Modifier) สารเติม (Filler) สารคงสภาพ (Stabilizer) สารยับยั้งปฏิกิริยา (Inhibitor) สารหล่อลื่น (Lubricant) และผงสี (Pigment) เป็นต้น

พลาสติกผลิตมาจากทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สามารถเกิดใหม่ได้ [2] เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงต่อการนำมารีไซเคิล และที่สำคัญเนื่องจากพลาสติกมีหลายชนิดการนำมาผลิตใช้ใหม่จะต้องแยกพลาสติกแต่ละชนิดออกจากกัน ปัจจุบันจึงมีถุงพลาสติก ขวดพลาสติกที่สามารถนำมาผลิตใช้ใหม่ได้ โดยพบว่ามีภาชนะพลาสติกที่ใช้แล้วเพียงร้อยละ 3 ของจำนวนถุงพลาสติกที่ผลิตออกมาเท่านั้นที่นำกลับเข้าสู่โรงงานเพื่อการรีไซเคิล ส่งผลให้ในปัจจุบันมีพลาสติกที่ถูกทิ้งในรูปแบบต่างๆ อยู่ในสภาพแวดล้อมเป็นจำนวนมาก

พลาสติกประมาณร้อยละ 25 ใช้ในการบรรจุภัณฑ์ [3] ซึ่งมักจะนำมาหมุนเวียนเปลี่ยนรูปโดยเฉพาะขวดพลาสติก จึงต้องจัดพิมพ์ชนิดของพลาสติกเพื่อความสะดวกในการคัดแยก ถ้าหากเป็นถุง เช่น ถุงขยะหรือถุงหิ้วก็ยังสามารถแยกออกได้ แต่ยังมีพลาสติกอีกหลายประเภทที่ใช้ใส่ขยะ ใส่อาหารชนิดต่างๆ ซึ่งแยกออกได้ยาก บางประเทศจึงออกกฎหมายให้ใช้ถุงพลาสติกที่สลายตัวได้ ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทคือ สลายตัวด้วยแสง และจุลินทรีย์ พลาสติกสลายตัวด้วยแสงนั้นจะสลาย ตัวด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วง 270-360 นาโนเมตร จึงเติมสารที่ไม่ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) โดยแสงจะตัดโมเลกุลของพลาสติกให้สั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนพลาสติกที่สลายตัวด้วยจุลินทรีย์นั้น ได้มีการใช้กันมาหลายปีแล้ว เช่น พลาสติกชนิดพอลิคาโพรแลคโตน และพอลิแลคไทด์ แต่ราคาค่อนข้างสูง ส่วนมากจะเติมแป้งลงไป เมื่อมีความชื้นเหมาะสม (มีน้ำในพื้นดิน) แบคทีเรียจะเจริญเติบโตและย่อยแป้ง สมบัติของพลาสติกประเภทนี้มีค่าการยึดตัวและการต้านแรงกระแทกต่ำ กันความชื้นไม่ได้ดี และมีความหนาจำกัด ปัจจุบันมีการใช้พลาสติกสลายตัวได้ในวงจำกัด เช่น ทำแผ่นฟิล์มคลุมพืช ถุงหิ้วและถุงขยะ เป็นต้น จวบจนถึงปัจจุบันนี้ก็ยังมีข้อถกเถียงกันอยู่ว่ามีความต้องการพลาสติกที่สลายตัวได้มากน้อยเพียงไร ฝ่ายหนึ่งคือนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและผู้มีหน้าที่ในการออกกฎหมายที่ต้องการให้บรรจุก๊าซทุกชนิดสลายตัวได้ อีกฝ่ายหนึ่งคือผู้ผลิตเม็ดพลาสติกและผู้ผลิตถุงขยะและถุงหิ้ว ซึ่งถูกบังคับให้เพิ่มการหมุนเวียนเปลี่ยนรูปและนำไปเผามากขึ้น

ในปัจจุบันการกำจัดขยะพลาสติกได้เริ่มอย่างจริงจังในทางสังคมและสิ่งแวดล้อม [2,4] โดยการนำขยะพลาสติกมาฝังกลบ และนำมาเผาอย่างถูกวิธีได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย ในประเทศญี่ปุ่นช่วงต้นปี 1980 สัดส่วนของขยะพลาสติกที่เป็นส่วนหนึ่งของขยะมูลฝอยจะนำไปทำการฝังกลบประมาณร้อยละ 45 นำไปเผาอย่างถูกวิธีร้อยละ 50 และอื่นๆ อีกร้อยละ 5 จะนำไปแยกและนำกลับมาใช้ใหม่ ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 1990 ขยะมูลฝอยทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 15 จะนำไปเผา มีเพียงร้อยละ 1 ที่ผู้บริโภคนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่

สำหรับประเทศไทยนั้น พบว่าศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้จากมูลฝอยที่เก็บขนในกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศมีประมาณร้อยละ 16-34 ของปริมาณมูลฝอยที่เก็บได้ แต่มีเพียงร้อยละ 7 หรือประมาณ 2,360 ตันต่อวันเท่านั้น ที่มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ และขยะพลาสติกในประเทศไทยมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 12-25 เทียบกับสหรัฐอเมริกาซึ่งมีเพียงร้อยละ 7.2

การฝังกลบของขยะพลาสติกมีการคาดการณ์ว่าจะลดปริมาณลงในอนาคต เนื่องจากพื้นที่ว่างในการฝังกลบจะไม่มีเหลือ และใช้เวลานานต่อการย่อยสลายขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อม ในการเผาขยะพลาสติกร่วมกับขยะมูลฝอยอาจจะเป็นวิธีการที่ใช้กันมากขึ้น เนื่องจากพลาสติกมีค่าความร้อนสูง ทำให้สามารถเพิ่มค่าการให้ความร้อนของขยะมูลฝอยได้ และทำให้ประสิทธิภาพในการเผาดีขึ้น ในขณะที่พลังงานเหล่านั้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่ความเป็นไปได้ในการเผาขยะพลาสติกในเตาเผา อาจก่อให้เกิดมลพิษอย่างรุนแรง เช่น ไดออกซิน และฟูราน แต่ยังคงไม่ชัดเจน มีแนวคิดที่ว่าปริมาณคลอรีนในพอลิไวนิลคลอไรด์ และพลาสติกอื่นๆ มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดไดออกซิน และฟูราน ซึ่งเป็นการเติมคลอรีนในสารประกอบอะโรมาติก และถึงแม้จะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า มลพิษเหล่านี้ถูกสร้างขึ้นโดยไม่มีการปรากฏของพลาสติกก็ตาม การเผาก็ยังคงถูกคัดค้านโดยสิ้นเชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นจะเห็นได้ว่าแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางในการแยกพลาสติกโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของ พลาสติกมาใช้ในการแยกขยะพลาสติกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดลง ทำให้โลกมีจำนวนขยะล้นน้อยลง และช่วยลดปริมาณการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เป็น วัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม ลดการถลุงแร่บริสุทธิ์ และลดปริมาณการโค่นทำลายป่าไม้ลงด้วยการหมุนเวียนนำมาผลิตใหม่ยังเป็นการลดการใช้พลังงานจากได้พิภพ ลดปริมาณการปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่อากาศและลดภาวะการเกิดฝนกรด และลดการทำลายสิ่งแวดล้อมในน้ำ อีกด้วยเพราะพลาสติกบางชนิดจะค่อยๆ สลายตัวเมื่อถูกแสงแดดโดยตรง แต่น้ำในมหาสมุทรจะ เป็นเหมือนแผ่นกั้นรังสีอัลตราไวโอเล็ตประมาณว่ามีพลาสติกอยู่ในมหาสมุทรมากถึง 700,000 ตัน และไม่สลายตัวเลยจนกว่าจะถูกคลื่นซัดเข้าฝั่งหรือสัตว์น้ำกลืนกิน ซึ่งจะเป็นการทำลายชีวิตสัตว์ที่ อาศัยอยู่ในน้ำอีกด้วย

1.2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกชนิดของพลาสติก
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกชนิดของพลาสติกโดยอาศัยความแตกต่างทาง ความหนาแน่นในตัวกลางที่เลือกใช้ คือ น้ำ สารละลายเอทานอล และน้ำเกลือ

1.3. ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาการแยกพลาสติกผสมระหว่าง พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง พอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีน พอลิเอทิลีนเทรฟทาเลท โดยอาศัยเทคนิคจมและลอยในตัวกลางต่าง ๆ รวมทั้ง ศึกษาและออกแบบเครื่องมือแยกพลาสติกผสมพร้อมทั้งประกอบเครื่อง

1.4. ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินการ

ศึกษาและนำทฤษฎีจมและลอย โดยอาศัยความหนาแน่นที่แตกต่างกันของพลาสติกเป็น พื้นฐานในการสร้างเครื่องแยกพลาสติกผสม จากนั้นทำการทดสอบเครื่องแยกพลาสติกว่ามี ประสิทธิภาพเพียงพที่จะแยกพลาสติกผสมออกจากกันได้สมบูรณ์หรือไม่ โดยการเลือกตัวกลาง ให้มีความหนาแน่นที่เหมาะสมกับความหนาแน่นของพลาสติกแต่ละชนิด เพื่อให้เกิดการแยกชั้น เป็นส่วนจมกับส่วนลอยในตัวกลางอย่างชัดเจนจะได้พลาสติกแต่ละชนิด

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถแยกพลาสติกผสมออกจากกันได้ เพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ตามต้องการ เป็นการลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ที่นับวันทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยสามารถให้โครงการนี้เป็นแนวทางที่จะพัฒนาการศึกษาต่อไปในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Gisela, M.A. และ Jorge, T.A. [5] แยกพลาสติกผสมระหว่างพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) กับพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (PET) ด้วยวิธี Froth flotation ซึ่งเป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากการแยกแร่เพื่อมาใช้ในการแยกพลาสติก โดยใช้หลักการที่ว่าสมบัติของพื้นผิววัสดุที่ต่างกันจะเปลี่ยนแปลงความจำเพาะในการยึดติดที่ผิว วิธีนี้ในระบบการลอยจะมี 3 สถานะของเหลว ของแข็ง และแก๊ส เยื่อ (ของผสมของอนุภาคของแข็งและน้ำ) จะถูกผ่านเข้ามาในอุปกรณ์การลอยซึ่งมีการเติมแก๊สเข้ามา หลักการของเทคโนโลยีการลอยเกิดจากความจำเพาะเจาะจง ความไม่ชอบน้ำของพื้นผิววัสดุ เมื่อมาสัมผัสกับฟองแก๊ส และเกิดการรวมตัวกับฟองแก๊สบนอนุภาคที่ไม่ชอบน้ำได้ อนุภาคกับฟองแก๊สที่รวมตัวกันนี้จะเคลื่อนที่ไปเป็นฟองที่ลอยอยู่ด้านบนของเครื่องแล้วจะไหลลอยออกไป ส่วนอนุภาคที่ชอบน้ำที่ยังอยู่ในเยื่อนี้จะถูกนำไปแยกต่อด้วยกระบวนการที่เหมาะสม

งานวิจัยของ Shibata, J. และคณะ [6] แยกพลาสติกผสม PVC พอลิคาร์บอเนต (PC) พอลิอะซิเตด (POM) และพอลิฟีนิลีน อีเทอร์ (PPE) โดยใช้สารทำให้เปียก (Wetting agent) คือ โซเดียมลิกนินซัลโฟเนต กรดแทนนิน แอโรซอล โอที (Aerosol OT) และซาโปนิน (Saponin) เนื่องจากพลาสติกเหล่านี้มีความไม่ชอบน้ำอยู่ จึงต้องเติมสารช่วยให้จม (Depressant) หรือให้พอลิเมอร์ดูดซับสารลดแรงตึงผิว ทำให้เกิดการลอยแยก (Flotation) กันได้ และนำวิธี Flowsheet มาใช้แยกพลาสติก พบว่าโซเดียมลิกนินซัลโฟเนตเป็นสารช่วยให้ PVC จมดีที่สุด ทำให้ PPE เป็นพลาสติกที่เบาที่สุดจึงแยกออกมาได้ก่อน การรวมกันระหว่างแอโรซอล โอที และซาโปนิน เป็นสารช่วยให้ PC จมมากที่สุด ดังนั้นจึงแยกพลาสติกผสมโดยใช้ Flowsheet ได้คือนำพลาสติกผสมใส่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.1 PPE จะลอยแยกออกมาก่อน จากนั้นเติมโซเดียมลิกนินซัลโฟเนตแยก PVC ออกมา แล้วนำสารละลายออกและทำให้แห้งเพื่อเติมแอโรซอลโอที และซาโปนิน จะแยก PC และ POM ออกได้

งานวิจัยของ Pascoe, R.D. และ Hou, Y.Y. [7] ได้ศึกษาพฤติกรรมการแยก PVC และ PET ซึ่งมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน ในเครื่องแยก LARCODEMS โดยใช้แคลเซียมคลอไรด์เป็นตัวกลาง โดยศึกษาถึงผลของความหนาอนุภาค และลักษณะพื้นผิวที่มีต่อแรงที่กระทำบนอนุภาค ด้วยแรงตึงผิวและแรงลอยตัว แล้วทำการปรับปรุงความสามารถในการยึดติดของพลาสติก เพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มประสิทธิภาพของการแยก PVC และ PET เครื่องแยก LARCODEMS เป็นเครื่องที่ออกแบบมาเพื่อแยกถ่านหินด้วยความหนาในช่วงกว้าง (0.5-100 มิลลิเมตร) เป็นการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับใช้แยกแร่เหล็กซึ่งมีความสามารถในการจมสูง

งานวิจัยของ Shen, H. และคณะ [8] ศึกษาลักษณะเฉพาะตัวของอนุภาคพลาสติกและขนาดอนุภาคที่ต่างกันจากการตัดพลาสติกและความสามารถในการลอยตัวในพลาสติก 7 ชนิดคือ POM PVC PET PC พอลิสไตรีน (PS) พอลิเมทิลเมทาอะคริเลท (PMMA) และอะคริโลไนไตร-บิวทาไดอิน-สไตรีน (ABS) พบว่าพลาสติกที่ถูกตัดนั้นมีขนาดและรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ใน PMMA และ POM ที่ถูกตัดมีการกระจายของขนาดในช่วงกว้าง จึงเป็นการยากที่สารทำให้เปียกจะช่วยให้จม ส่วน PVC และ PS มีการกระจายขนาดอยู่ในช่วงกลาง และ PET PC และ ABS มีการกระจายขนาดอนุภาคในช่วงแคบ เมื่อศึกษารูปร่างของอนุภาคพบว่า ลักษณะแบบแท่ง แบบยาว หรือมีรูปร่างไม่แน่นอนมีความสามารถในการลอยตัวมากกว่าลักษณะแบบมีเหลี่ยมมุม และแบบกลมในขนาด อนุภาคเดียวกัน ดังนั้นการควบคุมขนาดและอนุภาคเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการลอยแยกของพลาสติก

งานวิจัยของ Shen, H. และคณะ [9] ใช้วิธี Gamma flotation แยกพลาสติก 7 ชนิด คือ POM PVC PET PC PS PMMA และ ABS โดยใช้สารลดแรงตึงผิวอะคิล อีทอกซีเลต นอนไอออนิก (Alkyl ethoxylated nonionic) พบว่าความสามารถในการลอยแยกเป็นดังนี้ POM < PVC < PMMA < PET < PC < ABS < PS และวิธีนี้สามารถแยกพลาสติกผสมที่มีความหนาแน่นต่างกัน ได้ โดยได้พลาสติกกลับคืนมากกว่าร้อยละ 97 นอกจากนี้ยังศึกษาถึงปัจจัยทางเคมีด้านพื้นที่ผิว เช่น ความสามารถในการเปียกของพลาสติก ค่าแรงตึงผิวของตัวกลางที่ทำให้เกิดการลอยแยก ค่าความหนาแน่นของอนุภาคและรูปร่างของพลาสติก ซึ่งพบว่าพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า มุมสัมผัสที่ผิวมากกว่า และรูปร่างที่เล็กกว่ามีความสามารถในการลอยตัวสูงกว่า

งานวิจัยของ Shen, H. และคณะ [10] ใช้ความสามารถในการลอยตัวในสารทำให้เปียกเมทิลเซลลูโลส ของพลาสติก 7 ชนิด คือ POM PVC PET PC PS PMMA และ ABS พบว่าสามารถแยกออกได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็น POM PVC ซึ่งจมอยู่ในเมทิลเซลลูโลสที่มีความเข้มข้นต่ำมาก กลุ่มที่ 2 เป็น PET PC อยู่ตรงกลาง กลุ่มที่ 3 เป็น PS และ ABS มีการลอยตัวที่สูงมาก และยังศึกษาถึงกระบวนการลอยตัวจำเพาะของพลาสติก ค่าแรงตึงผิวของตัวกลางที่ทำให้เกิดการลอยแยก ค่าความหนาแน่นของอนุภาคและรูปร่างของพลาสติก พบว่าการที่พลาสติกจมได้มาจากการดูดซับเมทิลเซลลูโลสบนพื้นผิวพลาสติก ทำให้มุมฟังก์ชันที่มีขั้วของพลาสติกออกสู่ด้านนอกแล้วเจอกับน้ำ เพิ่มความชอบน้ำที่พื้นผิวมากขึ้น และพลาสติกที่มีความ

หนาแน่นต่ำกว่า มุมสัมผัสที่ผิวมากกว่า และขนาดอนุภาคเล็กกว่า มีความสามารถในการลอยตัวสูงกว่า

2.2 ทฤษฎีและหลักการ

พลาสติก [1,11] เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงสามารถนำมาขึ้นรูปได้หลายแบบโดยความร้อนและความดันและคงสภาพรูปร่างนั้นๆ แม้ว่าจะเอาความร้อนและความดันออกไปแล้ว ขณะใช้งานอยู่ในรูปของแข็งที่มีความแข็งแกร่ง หรือของแข็งที่ตัดโค้งงอได้แต่ไม่ยืดหยุ่น พลาสติกมาจากกลุ่มพอลิเมอร์หลายชนิด มีสมบัติเชิงกลระหว่างอิลาสโตเมอร์และเส้นใย พลาสติกจัดแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. พลาสติกชนิดตัดโค้งงอได้ (Flexible plastics) มีความเป็นผลึกปานกลางถึงมอดุสช่วงปานกลางถึงสูง ($15,000-350,000 \text{ N/cm}^2$) ความทนแรงดึง ($1,500-7,000 \text{ N/cm}^2$) และความยืดหยุ่นจุดขาด (ร้อยละ 20-800) ความแตกต่างระหว่างพลาสติกประเภทนี้กับอิลาสโตเมอร์อยู่ที่ส่วนที่ยืดของพลาสติกจะไม่คืนกลับความยาวเดิมเมื่อเอาแรงดึงออก ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีน (PE) พอลิพรอพิลีน (PP) พอลิเอไมด์ (PA) สำหรับ PA เช่น พอลิเฮกซะเมทิลีนอะดิพามีด์ (Poly(hexamethylene adipamide)) ใช้ได้ทั้งในลักษณะเส้นใยและพลาสติกยืดหยุ่น เมื่อใช้ในลักษณะพลาสติกจะมีความเป็นผลึกปานกลาง

2. พลาสติกชนิดแข็งแกร่ง (Rigid plastics) มีความแข็งมากและทนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ดี มอดุสสูง ($70,000-350,000 \text{ N/cm}^2$) ความทนแรงดึงปานกลาง ($3,000-8,500 \text{ N/cm}^2$) แต่ความสามารถยืดบ้างเล็กน้อย (< ร้อยละ 0.5-3) ก่อนแตกหัก พอลิเมอร์จะอยู่ในลักษณะออสถานไม่มีผลึกซึ่งโซ่มีความแข็งมาก เนื่องจากพอลิเมอร์มีพันธะเชื่อมโยง ได้แก่ ฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ หรือเนื่องจากมีหมู่ใหญ่ขวางอยู่ ตัวอย่างเช่น PS PMMA

พลาสติกโดยทั่วไปแบ่งตามพฤติกรรมเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามการนำพอลิเมอร์ไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โดยผ่านความร้อน ได้แก่

1. เทอร์โมพลาสติก เป็นพลาสติกที่อ่อนตัวและไหลเมื่อถูกความร้อน และแข็งตัวเมื่อเย็นลง สามารถนำไปขึ้นรูปได้หลายแบบ พลาสติกประเภทนี้สามารถนำมาหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ กระบวนการนี้เกิดซ้ำได้หลายครั้งเพราะว่าพอลิเมอร์ประเภทนี้ไม่มีพันธะเชื่อมโยงแบบร่างแหเกิดขึ้นในลักษณะเป็นของแข็ง ประมาณร้อยละ 90 ของพอลิเมอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจัดเป็นเทอร์โมพลาสติก ตัวอย่างของพลาสติกประเภทนี้ ได้แก่ PE PP PS PVC PET PA เป็นต้น

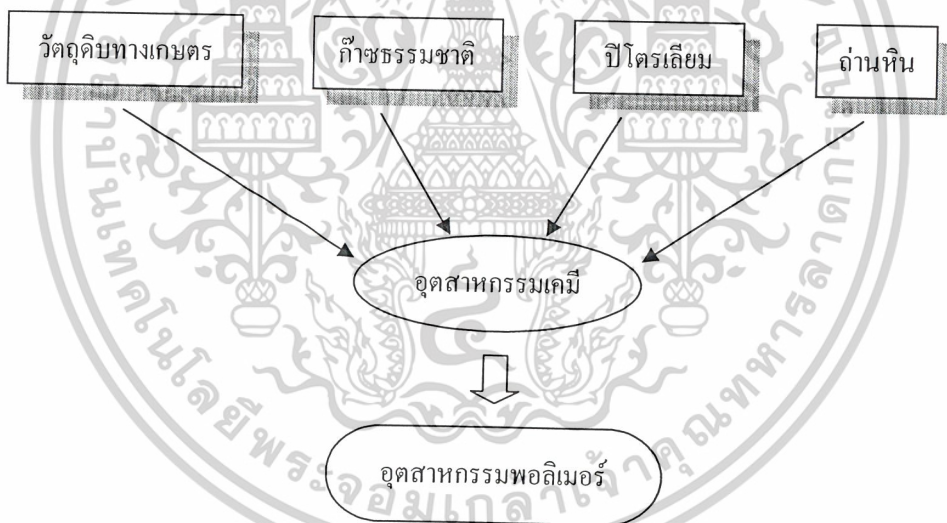
2. เทอร์โมเซต เป็นพลาสติกที่เกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อนำไปขึ้นรูป ถ้าได้รับความร้อนแล้วเปลี่ยนสถานะจากของไหลหนืดเป็นของแข็ง เนื่องจากเกิดพันธะเชื่อมโยงโครงร่างแห พลาสติกประเภทนี้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สามารถนำไปหลอมหรือละลายได้อีก เพราะมีพันธะเชื่อมโยงจึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ซึ่งตรงข้ามกับเทอร์โมพลาสติก ตัวอย่างของพลาสติกประเภทนี้ ได้แก่ พอลิยูรีเทน (PUR) อีพอกซี (Epoxy) ฟีนอลิก (Phenolic) และเมลามีน (Melamine)

พอลิเมอร์ หมายถึงสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเกิดจากการรวมกันของโมเลกุลเล็กๆ จำนวนมากด้วยพันธะโควาเลนต์ คำว่าน้ำหนักโมเลกุลสูงหมายถึงมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 20,000 ขึ้นไป ถ้าโมเลกุลเล็กๆ เรียกว่ามอนอเมอร์ มีโครงสร้างเหมือนกันมารวมกัน เรียกพอลิเมอร์นั้นว่า โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) แต่ถ้ามอนอเมอร์ต่างชนิดกันมารวมกัน เรียกพอลิเมอร์นั้นว่า โคพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์ร่วม (Copolymer) ปฏิกริยาที่มอนอเมอร์รวมกันเรียกว่าการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) ซึ่งอาจมีจำนวนมอนอเมอร์เป็นล้าน พอลิเมอร์เป็นโมเลกุลอิสระซึ่งหากต้องการลดขนาดโมเลกุลลงต้องทำลายพันธะโควาเลนต์ระหว่างมอนอเมอร์

วัตถุดิบและแหล่งที่มาของพอลิเมอร์

วัตถุดิบและแหล่งที่มาของพอลิเมอร์แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงแหล่งที่มาของพอลิเมอร์

- พอลิเมอร์ธรรมชาติจากพืชและสัตว์ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์ (เช่น แป้ง เซลลูโลส ไคติน และไกลโคเจน) และโปรตีน
- พอลิเมอร์จากก๊าซธรรมชาติ ปิโตรเลียมและถ่านหิน โดยกระบวนการกลั่นลำดับส่วน ทำให้ปิโตรเลียมบริสุทธิ์และได้ผลิตภัณฑ์หลายชนิดเช่น น้ำมันดิบรวมทั้งยางมะตอย น้ำมันเบนซิน แก๊สพรอพีน บิวเทน และไฮโดรคาร์บอนต่างๆมากมาย การกลั่นสลาย ถ่านหินเป็นแหล่งสำคัญในการผลิตสารเคมีพวกอะโรมาติกเช่น เบนซีน โทลูอีน ฟีนอลและแนฟทาลีน จากสารเคมีเหล่านี้สามารถผลิตกรดอะดีปิก เฮกซะเมทิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไคเอมีน คาโพรแลคแทม และพลาทาลิกแอนไฮไดรด์ ซึ่งนำไปสู่อุตสาหกรรม พลาสติกที่สำคัญ เช่น ฟีนอลิกเรซิน PS และไนลอน

แหล่งที่มาและสมบัติของขยะพลาสติก [4]

ขยะพลาสติกสามารถแบ่งออกเป็น ขยะพลาสติกในอุตสาหกรรมและในชุมชน ซึ่งเป็นการแบ่งตามแหล่งกำเนิด โดยทั้ง 2 กลุ่ม จะมีความแตกต่างกันที่ปริมาณ คุณสมบัติ และวิธีการกำจัด

1. ขยะพลาสติกในอุตสาหกรรม

ขยะพลาสติกในอุตสาหกรรมเกิดขึ้นมาจากการผลิตพลาสติก และกระบวนการทางอุตสาหกรรม โดยทั่วไปแล้วพลาสติกเรซินอาจจะมีลักษณะของมอนอเมอร์ที่เหมือนกันหรือต่างกันได้ อยู่ในลักษณะที่ค่อนข้างจะปราศจากสิ่งสกปรก และได้มาในปริมาณมากอย่างเห็นได้ชัด เทคโนโลยีการรีไซเคิลสำหรับขยะพลาสติกในอุตสาหกรรมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน คือ การทำให้เป็นเม็ด และการขึ้นรูป กลายเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกเกรดต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิล จะมีสมบัติเชิงกลต่ำ คุณภาพสีไม่ดี และราคาขายในตลาดถูกมาก ในช่วงต้นปี 1980 การนำผลิตภัณฑ์กลับมาทำใหม่ของประเทศญี่ปุ่นเริ่มที่ปริมาณร้อยละ 15 ของขยะพลาสติกในอุตสาหกรรมทั้งหมด ดังนั้นสำหรับขยะพลาสติกในอุตสาหกรรม การทำให้เป็นเม็ดใหม่ และการขึ้นรูปใหม่ ดูเหมือนว่าจะเป็นวิธีที่ง่ายและมีประโยชน์อย่างแท้จริงในการรีไซเคิล แต่เมื่อขยะพลาสติกที่มีมอนอเมอร์ต่างกัน หรือประกอบด้วยพอลิเมอร์ผสม พวกขยะเหล่านี้จะไม่เหมาะสมในการนำกลับมาทำใหม่ ในกรณีนี้การแตกตัวด้วยความร้อน ให้กลายเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน อาจจะเป็นช่องทางที่เหมาะสมของการรีไซเคิล อาจเรียกรวมได้ว่าเป็นการรีไซเคิลเชิงเคมี

2. ขยะพลาสติกในชุมชน

ขยะพลาสติกในชุมชน โดยทั่วไปยังคงอยู่ในรูปของขยะมูลฝอยที่ถูกทิ้ง และเก็บสะสมอยู่ตามบ้านเรือน พลาสติกเหล่านี้จะมีประมาณร้อยละ 7 ของขยะมูลฝอยทั้งหมดโดยน้ำหนัก และมากกว่านั้นโดยปริมาตร เพื่อที่จะทำการรีไซเคิลขยะพลาสติก จะทำการแยกพลาสติกออกจากขยะอื่น ๆ ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีในการแยกขยะมูลฝอยจะมีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย แต่การแยกประเภทขยะมูลฝอยด้วยเครื่องจักร และแยกเอาส่วนที่สามารถขายได้ในตลาดออกมายังคงเป็นไปได้ ดังนั้นการแยกขยะตามบ้านเรือนยังคงต้องการกระบวนการรีไซเคิลของขยะพลาสติก

ขยะตามบ้านเรือนจะถูกแยกกำจัดออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ขยะที่เผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ ขยะในครัว ผ้า และไม้
2. ขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ เช่น โลหะ แก้ว เซรามิกส์
3. พลาสติก ในการเก็บพลาสติก จะพบพลาสติกผสม ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PE PP PS PVC และอื่นๆ สำหรับพลาสติกผสมจะมีเครื่องจักรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่น การใช้กระบวนการแยกพลาสติกผสมแบบเปียก สามารถแยกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ เช่น PS PVC และกลุ่มที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ เช่น PE PP ซึ่งกลุ่มหลังมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มแรก ดังนั้นการรีไซเคิลขยะพลาสติกในชุมชน จะมีการจัดการกับพลาสติกผสม PE PP PS โดยจะต้องผ่านกระบวนการแยกก่อนการรีไซเคิล สัดส่วนที่เป็นตัวอย่างของพลาสติกผสม จะมี PE 3 ส่วน PP 1 ส่วนและ PS 1 ส่วน สิ่งที่ต้องรู้คือ มาจากแหล่งเดียวกัน คุณสมบัติของขยะพลาสติก และความเหมาะสมกับวิธีการรีไซเคิลต่าง ๆ เช่น การทำให้เป็นเม็ดใหม่ การขึ้นรูปใหม่ และการแตกตัว

การกำจัดขยะพลาสติกสามารถทำได้หลายวิธี [7] เช่น การนำไปฝัง (Burial) หรือนำไปถมดิน (Landfill) การนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิง (Incineration) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) คือ การนำเอาของเสียที่ผ่านการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ที่อาจเหมือนเดิมหรือไม่เหมือนเดิมก็ได้

การนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปแล้วถูกพิจารณาว่า เป็นทางเลือกที่ให้ประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดทางหนึ่งในการลดขยะพลาสติก ลดมลพิษให้กับสภาพแวดล้อม ลดการใช้พลังงานและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของโลกไม่ให้ถูกนำมาใช้สิ้นเปลืองมากเกินไป ดังนั้นการนำพลาสติกกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่อีกครั้ง เป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาขยะจากอุตสาหกรรมพลาสติกที่น่าสนใจที่สุด จนกลายเป็นอุตสาหกรรมเกิดใหม่ ขยะพลาสติกที่นำมาหมุนเวียนใช้ใหม่จัดเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. การหมุนเวียนกลับมาใช้แบบที่ 1 (Primary recycling) คือการนำเอาเศษพลาสติก (Scrap plastics) มาผ่านขบวนการเช่นเดียวกับการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้กรรมวิธีที่ได้มาตรฐาน เฉพาะเทอร์โมพลาสติกเท่านั้นที่นำกลับมาใช้ได้โดยตรงแต่ต้องสะอาด การกระทำแบบนี้ทำให้สมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้ด้อยลง เนื่องจากพลาสติกเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนหรือบางกรณีเกิดกิ่งสาขาและโครงร่างแห

2. การหมุนเวียนกลับมาใช้แบบที่ 2 (Secondary recycling) คือการนำเอาพลาสติกที่ผู้บริโภคใช้แล้วทิ้งหรือนำขยะพลาสติกจากอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วยพลาสติกหลายชนิดมาหลอมรวมกันทำเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่ต้องการสมบัติที่ดีนัก เช่น ท่อระบายน้ำ กาสีน้ำรดต้นไม้ กล่องใส่จดหมาย เป็นต้น

3. การหมุนเวียนกลับมาใช้แบบที่ 3 (Tertiary recycling) คือการนำเอาขยะพลาสติกมาแยกสลายด้วยความร้อน ได้สารประกอบเคมีที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบง่ายๆ กระบวนการนี้ไม่ก่อให้เกิดอากาศเป็นพิษและสามารถลดปริมาณขยะพลาสติกได้ถึงร้อยละ 90 ทั้งยังได้สารเคมีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น น้ำมันเบา ก๊าซ และสารประกอบอินทรีย์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นหรือตัวทำละลายในอุตสาหกรรม

4. การหมุนเวียนกลับมาใช้แบบที่ 4 (Quaternary recycling) เป็นการมุ่งเอาพลังงานจากขยะพลาสติกมาใช้โดยการเผาพลาสติกให้เป็นขี้เถ้า (Incineration) หรือการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion)

อย่างไรก็ตาม การนำพลาสติกกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่นั้น [1] ประเด็นสำคัญอยู่ที่การแยกประเภทของพลาสติกก่อนที่จะนำไปรีไซเคิล และการกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไป โดยปกติแล้วพลาสติกผสมเกือบทุกประเภทจะมีหลายวัสดุ เนื่องจากพอลิเมอร์ที่ถึงแม้จะมีโครงสร้างทางเคมีที่เหมือนกันแต่ไม่สามารถเข้ากันได้เสมอไป (Incompatible) ตัวอย่างเช่น พอลิเอสเตอร์ที่ใช้ทำขวดพลาสติกจะเป็นพอลิเอสเตอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูงกว่า เมื่อเทียบกับพอลิเอสเตอร์ที่ใช้ในการผลิตเส้นใย (Fiber) อย่างไรก็ตาม ยังมีสารเติมแต่งอีกประเภท ได้แก่ สารช่วยผสม (Compatibilizer) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการรีไซเคิลของพลาสติก สารเติมแต่งนี้จะช่วยให้เกิดพันธะทางเคมีระหว่างพอลิเมอร์ 2 ประเภทที่เข้ากันไม่ได้ ดังนั้นสารช่วยผสมนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรีไซเคิล ตัวอย่างเช่น การใช้คลอรีนเตตระคลอไรด์ (Chlorinated PE) สำหรับพลาสติกผสมระหว่าง PE และ PVC ตัวอย่างการรีไซเคิลขวดพลาสติกที่บรรจุน้ำอัดลมบนขวดพลาสติกที่บรรจุน้ำอัดลมจะระบุรหัสว่าเป็นพอลิเอสเตอร์ (PET หมายเลข 1) แต่ความจริงแล้วส่วนฐานของขวดพลาสติกนั้นจะทำด้วย HDPE (HDPE หมายเลข 2) นอกจากนี้ขวดพลาสติกยังมีส่วนประกอบอื่นอีก ได้แก่ ป้ายกระดาษและกาวซึ่งทำมาจากพอลิไวนิลอะซิเตทจำนวนเล็กน้อยรวมถึงฝาปิดขวดที่อาจเป็นอะลูมิเนียมหรือพลาสติก และมี PP เป็นชั้นใน

การแปรรูปของใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่มีกระบวนการอยู่ 4 ขั้นตอน [2] ได้แก่

1. การเก็บรวบรวม
2. การแยกประเภทวัสดุแต่ละชนิดออกจากกัน
3. การผลิตหรือปรับปรุง

4. การนำมาใช้ประโยชน์ในขั้นตอนการผลิตหรือปรับปรุงนั้น วัสดุที่แตกต่างกัน จะมีกรรมวิธีในการผลิตแตกต่างกัน เช่น ขวด แก้วที่ต่างสี พลาสติกที่ต่างชนิด หรือกระดาษที่เนื้อกระดาษและสีที่ต่างกัน ต้องแยกประเภทออกจากกัน เมื่อผ่านขั้นตอนการผลิตแล้วของเสียที่ใช้แล้วเหล่านี้จะกลายมาอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ใหม่จากนั้น จึงเข้าสู่ขั้นตอนในการนำมาใช้ประโยชน์ ผลิตภัณฑ์รีไซเคิลจึงสามารถสังเกตได้จากเครื่องหมายที่ประทับไว้ บนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทุกครั้ง

ตารางที่ 2.1 วิธีที่สามารถระบุชนิดของพลาสติกตามสมบัติเฉพาะ [12]

เทคนิคทางกายภาพ	เทคนิคแม่เหล็กไฟฟ้า
ความหนาแน่น/ความถ่วงจำเพาะ/น้ำหนัก โมเลกุล สมบัติทางความร้อน-เชิงกล <ul style="list-style-type: none"> ● อุณหภูมิที่ใช้งาน ● จุดเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ● จุดเสถียรภาพสลายตัว 	Volume resistivity Dielectric strength สมบัติทางแม่เหล็ก Far infra-red transmission spectra Near infra-red transmission spectra Visible spectra <ul style="list-style-type: none"> ● Narrow band ● Broad band Ultraviolet <ul style="list-style-type: none"> ● Transmission ● Fluorescence X-ray <ul style="list-style-type: none"> ● Soft X-ray transmission Gamma ray <ul style="list-style-type: none"> ● Fluorescence

การลดขนาดของวัสดุ (Size reduction) [1] หลังจากทำการแยกชิ้นส่วนในขั้นต้น ขวดพลาสติกจะถูกนำมาบดโดยเครื่อง Shredder และ Granulator ให้ได้ขนาดประมาณ 1/4 นิ้ว ชิ้นพลาสติกที่มีขนาดใหญ่กว่านี้จะก่อให้เกิดปัญหาอุดตันในกระบวนการ ขั้นตอนนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พลาสติกรีไซเคิลมีคุณสมบัติความแข็งแรงทางกายภาพลดลง เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical shear) ในเครื่องบดไปทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักมวลดโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกลดลง

การแยกกระดาษ (Paper separation) การแยกวัสดุสามารถทำได้โดยวิธี Gravimetric ซึ่งอาศัยความแตกต่างของมวลหรือน้ำหนัก และวิธี Densimetric ซึ่งอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น ซึ่งวิธีหลังนี้จะให้ประสิทธิภาพในการแยกที่ดีกว่า เนื่องจากความหนาแน่นเป็นค่าเฉพาะของสาร ดังนั้นขนาดของวัสดุจะไม่มีผลต่อการแยกวิธีนี้ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในโรงงานวิจัยนี้ แต่ไม่ควรบดพลาสติกให้มีขนาดเล็กจนเกินไป เพราะอาจจะเกิดการสูญเสียพลาสติกได้ เนื่องจากมวลของพลาสติกใกล้เคียงกับกระดาษพอลิไวนิลอะซีเตท กระดาษและ HDPE ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากกระดาษเป็นส่วนประกอบที่มีรูปร่างบางที่สุด จึงมีน้ำหนักเบาที่สุด ทำให้แยกออกไปได้ง่าย โดยทั่วไปแล้วกระดาษจะถูกแยกออกมาก่อน วิธีที่นิยมใช้ คือ Fluidized bed หรือใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cyclone ซึ่งเป็นวิธี Gravimetric ในกระบวนการ Fluidized bed อากาศจะถูกป้อนเข้าทางส่วนล่างของ Bed ส่วนที่มีน้ำหนักเบาจะถูกอากาศพัดออกทางส่วนบน และส่วนที่หนักจะตกลงสู่ด้านล่างและถูกแยกออกไป การทำงานของ Cyclone ก็ใกล้เคียงกัน เพียงแต่วัสดุจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนในแนวสัมผัส (Tangentially) กับผนังของกรวย

การแยกส่วนที่เป็นโลหะ (Metal removal) สามารถใช้วิธี Gravimetric หรือ Densiometric ก็ได้ อย่างไรก็ตาม วิธี Gravimetric ไม่เป็นที่นิยม เพราะความสามารถในการแยกจะขึ้นกับขนาดของวัสดุ ดังนั้นชิ้นโลหะที่ถึงแม้จะมีความหนาแน่นมากกว่าพลาสติก ก็อาจจะเบากว่าถ้ามีขนาดเล็กกว่ามาก ถ้าโลหะที่ปนอยู่ส่วนใหญ่เป็นเหล็ก ใช้วิธีแยกโดยใช้แม่เหล็ก (Magnetic) แต่ถ้าเป็นโลหะประเภทอื่น นิยมใช้วิธีไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic) ซึ่งจะทำให้การแยกโดยอาศัยความแตกต่างในการนำไฟฟ้าของวัสดุ โดยอาศัยหลักที่ว่า วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า จะสูญเสียประจุได้รวดเร็วกว่าวัสดุที่เป็นฉนวน ดังนั้นเมื่อผ่านวัสดุที่ถูกชาร์จ ด้วยประจุไฟฟ้า ไปบนวัตถุที่เป็นกลาง แล้วผ่านไปบนวัตถุที่มีประจุตรงข้าม วัสดุที่เป็นฉนวนจะถูกดึงดูดได้ง่ายกว่า เนื่องจากมีประจุค้างอยู่มากกว่า

การลอยตัวในของเหลว (Direct flotation) เนื่องจาก PE มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ การแยกจึงสามารถทำได้ง่าย โดยอาศัยวิธีการลอยตัว วิธีนี้ทำการแยกวัสดุโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น โดยวัสดุผสมจะถูกส่งผ่านเข้าไปในแท็งก์ หรือกระบอกซึ่งบรรจุของเหลวที่มีความหนาแน่นมากกว่าส่วนประกอบที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด เพื่อให้ส่วนประกอบนั้นลอยขึ้นมาส่วนบน และสามารถแยกออกไปได้ง่าย

การแยกวัสดุโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent - Based separation) การแยกวัสดุโดยวิธีนี้จะทำให้ได้พอลิเมอร์ที่มีความบริสุทธิ์สูง และเหมาะสำหรับจะนำกลับมาใช้ใหม่ วิธีนี้กระทำโดยการเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม เพื่อกำจัดส่วนประกอบที่ไม่ต้องการให้ละลายอยู่ในสารละลาย ตัวอย่างเช่น การใช้ตัวทำละลายผสมของไซคลิน กับไซโคลเฮกซาโนน (Cyclohexanone) ในการแยกพลาสติกผสม PS PVC HDPE และ PP ออกเป็น 3 ภูมิภาค หรือการใช้ N-Methyl 1-2-Pyrrolidinone (NMP) ในการแยกพลาสติกผสมระหว่าง PET กับ HDPE ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ การเพิ่มค่าใช้จ่าย เนื่องจากต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อน และใช้พลังงานมากกว่าวิธีแห้ง

หลังจากที่ทำการแยกประเภทพลาสติกและทำความสะอาดแล้ว ก็สามารถนำพลาสติกนั้นกลับมาหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ ในกรณีที่พลาสติกนั้นเป็นประเภทเทอร์โมพลาสติก สำหรับพลาสติกบางประเภทสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยา Depolymerization ได้ เช่น พอลิเอสเทอร์ สามารถทำปฏิกิริยากับเมทานอลกลับไปเป็นสารตั้งต้นคือ ไดเมทิลเทอร์เฟทาเลท และเอทิลีนไกลคอล ซึ่งสารเคมีทั้งสองตัวนี้สามารถนำมาทำให้บริสุทธิ์ได้โดยการกลั่น และนำมาใช้ใหม่ในการผลิตพอลิเอสเทอร์ หรือไม่ก็สามารถเปลี่ยนพอลิเอสเทอร์ ให้เป็นไปอยู่ในรูปสารเคมีอื่นที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ได้โดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification) หรือไฮโดรลิซิส(Hydrolysis) PS สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นมอนอเมอร์ ได้โดยกระบวนการไพโรลิซิส (Pyrolysis) โดยทั่วไปการใช้พอลิเมอร์ประเภทเดียวกันมีความจำเป็นต่อการเกิดปฏิกิริยา Depolymerization อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นวิธีนี้จึงนิยมใช้กับเศษพลาสติกจากกระบวนการผลิต และขึ้นรูปจากโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่าขยะพลาสติกจากผู้ใช้ผู้บริโภค

นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ เช่น จากแสงอาทิตย์และจุลินทรีย์ พอลิเมอร์สามารถทำให้ย่อยสลายโดยแสงอาทิตย์ (Photodegradable) ได้โดยการใส่กลุ่มคาร์บอนิล (Carbony) ซึ่งจะดูดซึมรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อไปแตกพันธะของพอลิเมอร์เพื่อให้เกิดการย่อยสลาย พอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable) จะมีกลุ่มที่สามารถเกิดปฏิกิริยา Hydrolysis และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ได้ง่าย

การพัฒนากระบวนการและเทคโนโลยีในการแยกวัสดุ มีความจำเป็นสำหรับพลาสติกผสม ถ้าจะให้มีการรีไซเคิลมาใช้อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปพลาสติกรีไซเคิล ตัวอย่างเช่น กรรมวิธีขึ้นรูปแบบจับดันร่วม (Coextrusion) ซึ่งเครื่องมือนี้ได้ออกแบบมาในครั้งแรกเพื่อใช้กับ HDPE โดยการประกบ HDPE ที่ได้มาจากการรีไซเคิลให้อยู่ระหว่าง HDPE ที่ยังไม่ได้ผ่านการขึ้นรูปมาก่อน นอกจากนี้ยังมีการพัฒนากรรมวิธีการขึ้นรูปแบบเป่ากลางร่วม (Coinjection blow molding) สำหรับพอลิเอสเทอร์อีกด้วย ทางเลือกอีกทางหนึ่งที่เป็นไปได้คือใช้พลาสติกผสม แต่ถึงแม้ว่าทางเลือกนี้จะประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านการแยกสารและการทำให้บริสุทธิ์ รวมถึงกระบวนการผลิตที่ใช้ก็ซับซ้อนน้อยกว่าก็ตาม การใช้งานพลาสติกรีไซเคิลประเภทนี้ มักจะจำกัดอยู่กับการใช้งานบางประเภท ที่ไม่ต้องการคุณลักษณะเฉพาะทางกายภาพ และทางเคมีของพอลิเมอร์ตั้งต้น พลาสติกผสมรีไซเคิลนี้มักจะถูกทำให้อยู่ในรูปท่อนพลาสติก (Plastic lumber) ซึ่งจะนำมาใช้ในการทำที่นั่งสาธารณะ เสารั้ว ทำเรือ และเครื่องเล่นเด็ก เป็นต้น

ในโรงงานวิจัยนี้อาศัยหลักการแยกพลาสติกตามทฤษฎีจัม-ลอย 4 ขั้นตอน[13] สำหรับแยกพลาสติกผสมรีไซเคิลออกจากกันดังรูปที่ 2.2

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. คอลัมน์อะคริลิก เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร ความหนา 5 มิลลิเมตร
2. กรวยพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร
3. แผ่นอะคริลิกหนา 5 มิลลิเมตร
4. ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว
5. ท่อพีวีซีขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว
6. ท่อพีวีซีเปลี่ยนขนาด ข้องอ ข้อต่อ ท่อยูเนียน
7. สายยางขนาด 1 นิ้ว
8. ยางแผ่นทำปะเก็น
9. มานอมิเตอร์
10. พิกโนมิเตอร์
11. เครื่องวัดอัตราการไหล (ออริฟิต)
12. เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง บริษัท ASAWA clean water pump รุ่น IDB-35/W330 อัตราการไหลโดยปริมาตรสูงสุดที่สูบได้ 35 ลิตรต่อนาที กำลังเครื่อง 0.5 แรงม้า
13. วาล์วลูกบอล (Ball valve) ขนาด 1 นิ้ว
14. วาล์วประตูน้ำ (Globe valve) ขนาด 1 นิ้ว
15. วาล์วตรวจสอบ (Check valve) ขนาด 1 นิ้ว
16. ฟุตวาล์ว
17. ภาชนะบรรจุตัวกลาง พร้อมตะแกรง
18. กาวตราช้าง
19. กาวสำหรับติดท่อพีวีซี
20. กาวซิลิโคน
21. กาวอะคริลิก
22. เทปพันท่อ
23. เหล็กฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24. แผ่นเหล็กมุมฉาก
25. นี้อต
26. เลื่อย
27. ประแจ
28. เหล็กแผ่นหน้ากว้าง 1 นิ้วหนา 2 มิลลิเมตร
29. เครื่องเชื่อมโลหะไฟฟ้า
30. เครื่องบดพลาสติก (Grinder) รุ่น A 600 : Bosco Engineering
31. เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น RVT หมายเลข 92478 : Brookfield Engineering Laboratories, Inc.
32. สว่านไฟฟ้า
33. กระจบอขวดขนาด 10 25 100 และ 250 มิลลิลิตร
34. ปีกเกอร์ขนาด 100 150 และ 500 มิลลิลิตร
35. แท่งแก้วคน
36. หลอดหยด

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. น้ำ
2. เอทานอล เกรดทางการค้า ความหนาแน่น 0.785 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
3. เกลือจากหกก. แสงแท้ก
4. Chloroform
5. Xylene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เกรดชนิด THAI-ZEX 1600J จากบริษัท บางกอกพอลิเอทิลีน จำกัด (มหาชน)
2. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เกรดรีไซเคิล
3. พอลิพรอพิลีน เกรดP840J จากบริษัท TPE Co.,Ltd.
4. พอลิพรอพิลีน เกรดรีไซเคิล
5. พอลิสไตรีน เกรด 855FR จากบริษัท ETERNAL PLASTICS Co.,Ltd.
6. พอลิสไตรีน เกรดรีไซเคิล
7. พอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลท เกรดเป่า จากบริษัทยูเนี่ยน พอลิเมอร์ จำกัด
8. พอลิเอทิลีนเทอแรพทาเลท เกรดรีไซเคิล

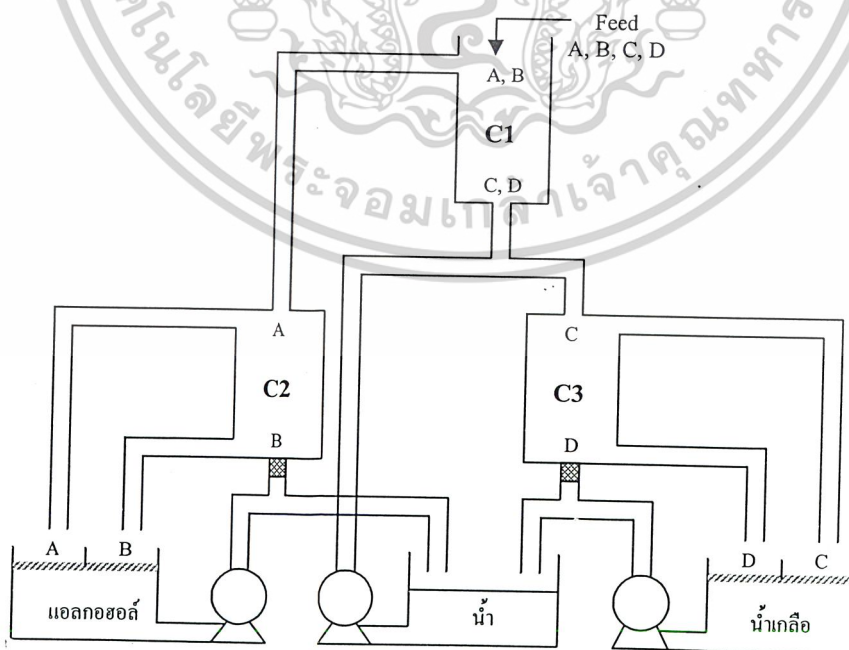
3.4 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การสร้างเครื่องแยกพลาสติก

1.1 ออกแบบเครื่องแยกพลาสติก

1.1.1 ออกแบบการแยกพลาสติกตามทฤษฎีการจมและลอย ดังรูปที่ 2.2

1.1.2 ออกแบบหลักการทำงานของเครื่องแยกพลาสติก



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเครื่องแยกพลาสติกที่มี 3 คอลัมน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 ป้อนพลาสติกชนิด A B C และ D ใส่ในคอลัมน์ C1 ซึ่งมีตัวกลางเป็นน้ำ บรรจุอยู่ พลาสติกชนิด A และ B ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอยอยู่ด้านบน ส่วนพลาสติกชนิด C และ D ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจะจมอยู่ด้านล่าง ตัวกลางจะถูกสูบขึ้นมาเรื่อยๆ เพื่อให้พลาสติก A และ B ที่ลอยอยู่นั้นไหลออกจากคอลัมน์ทางท่อด้านบน เมื่อพลาสติกที่ลอยนี้ไหลออกจนหมดแล้วจึงปิดวาล์วที่ต่อกับเครื่องสูบน้ำ และเปิดวาล์วอีกข้างหนึ่งเพื่อปล่อยพลาสติกที่จมอยู่ที่เหลือให้ออกจากคอลัมน์ พลาสติกที่แยกออกมาทั้งสองส่วนจะเข้าสู่คอลัมน์ C2 และ C3 ทางด้านบนแล้วปล่อยให้ตัวกลางซึ่งคือน้ำออกทางท่อด้านล่างของคอลัมน์ซึ่งติดตะแกรงไว้ แล้วน้ำที่แยกออกมาจะไหลเข้าสู่ถังบรรจุน้ำเพื่อให้เครื่องสูบน้ำสูบใช้ขึ้นมาได้ใหม่ จากนั้นปิดวาล์วที่ระบายน้ำออก และเปิดวาล์วที่ต่อกับเครื่องสูบน้ำตัวกลางอีกชนิดหนึ่งเพื่อให้ตัวกลางไหลขึ้นมาได้อย่างต่อเนื่องและแยกพลาสติกทั้งสองชนิดออกจากกัน พลาสติกที่เบากว่าตัวกลางชนิดใหม่นี้จะลอยและไหลออกทางท่อด้านบนของคอลัมน์ เมื่อส่วนที่ลอยนี้ไหลออกหมดแล้ว จึงปิดวาล์วที่ต่อกับเครื่องสูบน้ำแล้วเปิดวาล์วของท่อที่อยู่ด้านข้างเพื่อระบายตัวกลาง และพลาสติกที่จมนี้ออกไปจนหมด เพื่อนำไปแยกตัวกลางออกบนตะแกรง แล้วตัวกลางที่แยกได้นี้จะถูกสูบขึ้นไปใช้แยกใหม่ได้อีกครั้ง

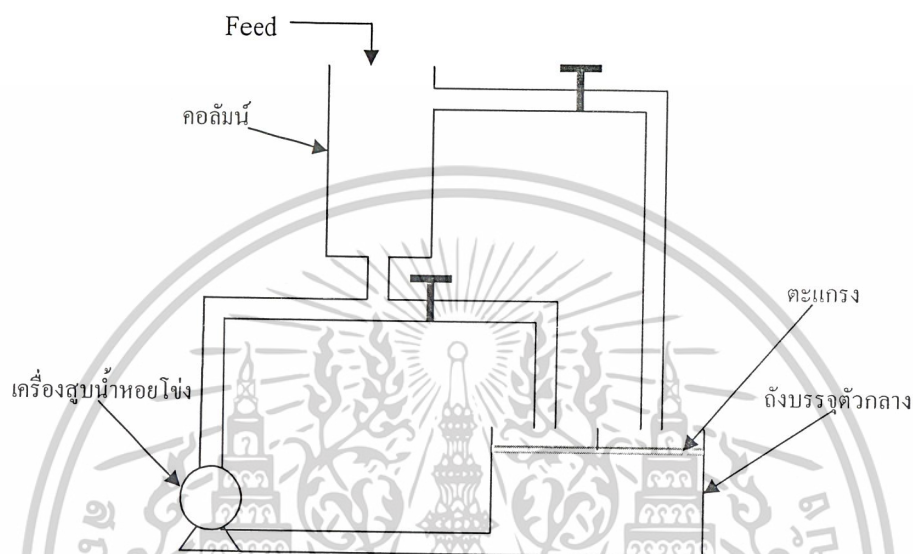
หมายเหตุ

ตัวกลางที่ใช้ในคอลัมน์ C2 เพื่อนำไปใช้แยกพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ คือ สารละลายเอทานอล

ตัวกลางที่ใช้ในคอลัมน์ C3 เพื่อนำไปใช้แยกพลาสติกที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ คือน้ำเกลือ

1.2 การสร้างเครื่องแยกพลาสติกโดยใช้ 1 คอลัมน์

1.2.1 จำลองแบบเครื่องแยกพลาสติก สำหรับ 1 คอลัมน์ ได้รูปแบบดังรูปที่ 3.2



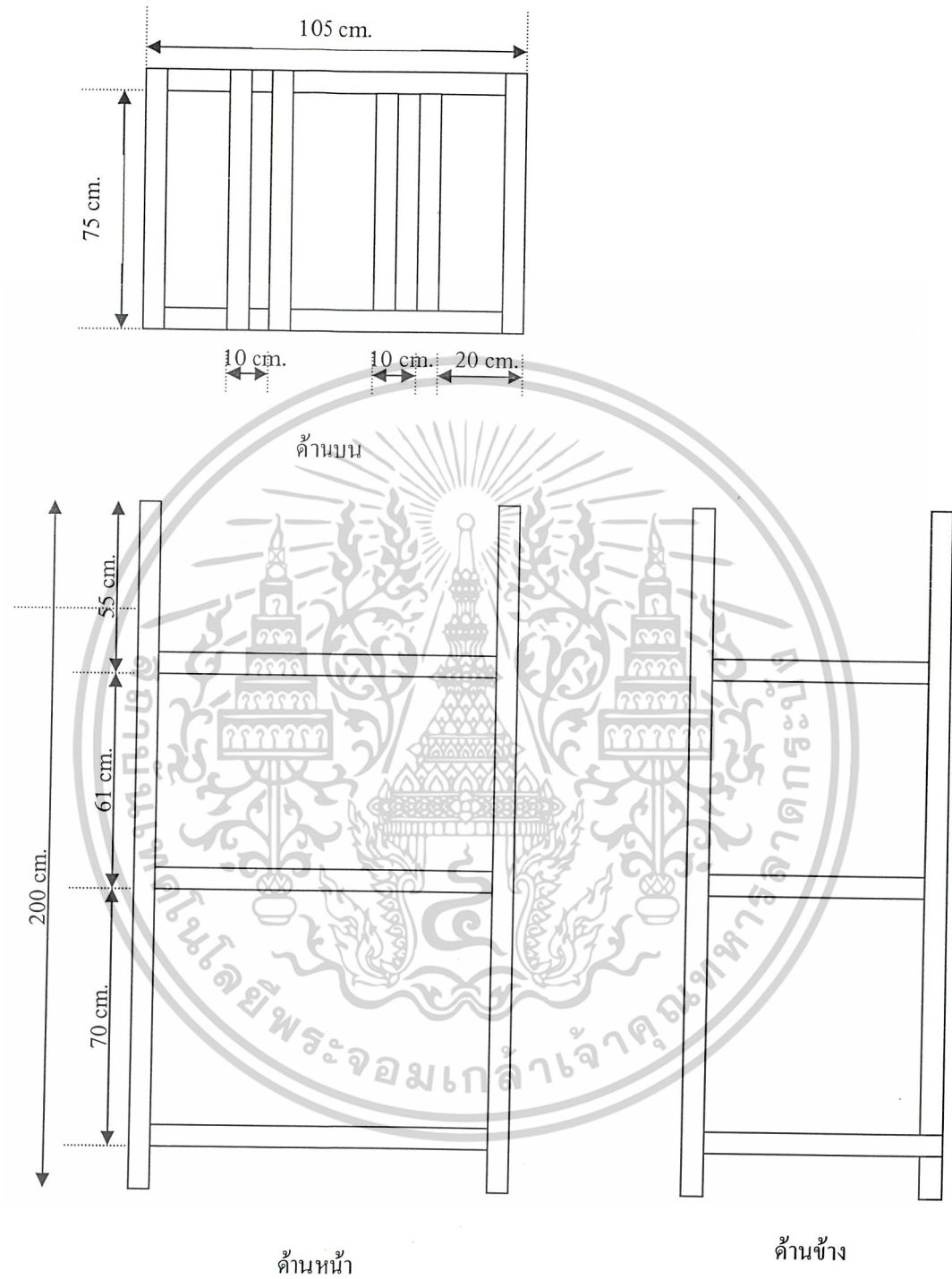
รูปที่ 3.2 แบบจำลองเครื่องแยกพลาสติกสำหรับ 1 คอลัมน์

1.2.2 การประกอบเครื่อง

ก. การประกอบโครงของเครื่อง (รูปที่ 3.3)

- ตัดเหล็กฉากขนาด 75 เซนติเมตร จำนวน 8 เส้น
- ตัดเหล็กฉากขนาด 1 เมตร จำนวน 6 เส้น
- ตัดเหล็กฉากขนาด 2 เซนติเมตร จำนวน 4 เส้น
- นำเหล็กฉากมาประกอบกันเป็นโครงสร้างดังภาพ โดยยึดโครงให้แน่นด้วยน็อตและแผ่นฉาก
- ใช้ประแจขันน็อตให้แน่นอีกครั้ง

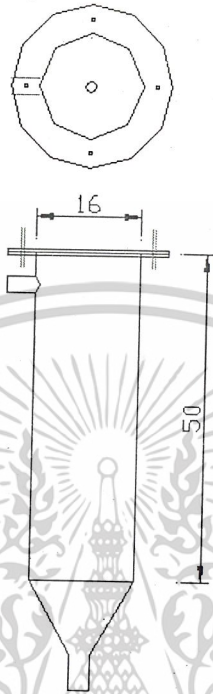
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แบบจำลองโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การทำคอลัมน์ (รูปที่ 3.4)

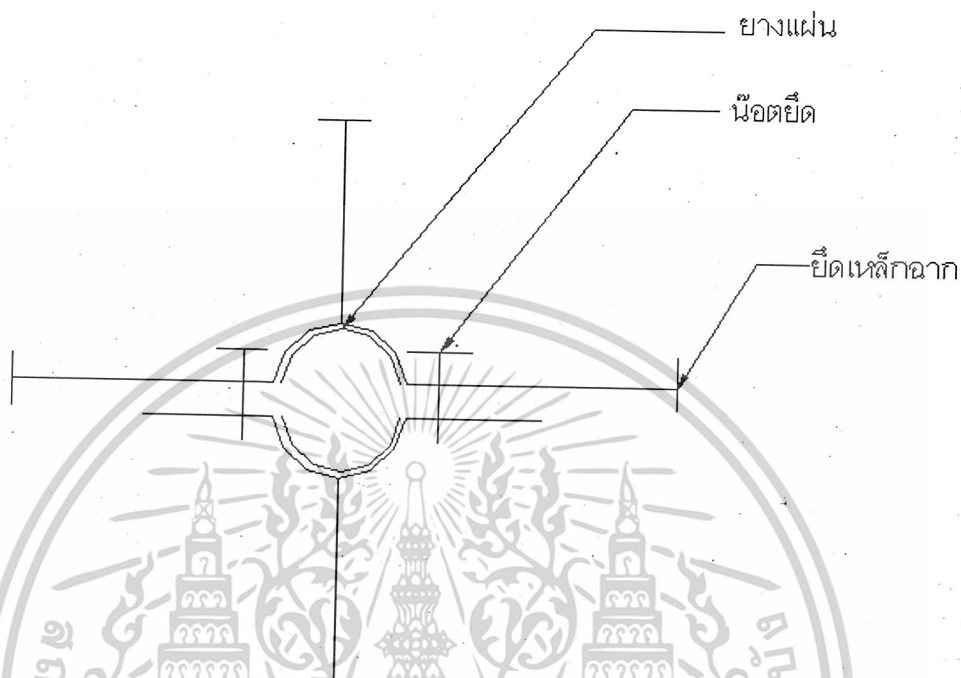


รูปที่ 3.4 การประกอบคอลัมน์

- ตัดท่ออะคริลิกกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 16 เซนติเมตร ความสูง 50 เซนติเมตร และเจาะรูสำหรับท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ให้เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่าขอบลงมา 2 นิ้ว
- ตัดแผ่นอะคริลิกเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 23.8 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 17 เซนติเมตร
- ตัดแผ่นอะคริลิกเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23.8 เซนติเมตร
- เจาะรูบนแผ่นอะคริลิกทั้งสองจำนวน 4 รูให้มีระยะห่างเท่าๆ กัน โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ดังรูป
- ทากาวอะคริลิกบนแผ่นวงแหวนเพื่อให้ติดกับปลายด้านบนของคอลัมน์
- ทากาวสำหรับติดพีวีซีเพื่อติดท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ยาว 10 เซนติเมตร เข้ากับรูที่เจาะไว้ด้านบน
- ทากาวตราช้างที่ปลายด้านล่างของคอลัมน์และติดกรวยเข้าไป
- ทากาวซิลิโคนที่บริเวณรอยต่อระหว่างกรวยกับคอลัมน์ และทิ้งคอลัมน์ให้แห้ง 1 คืน
- นำอะคริลิกแผ่นกลมมาปิดที่คอลัมน์ด้านบน และใช้น้ำยอกซีคิทุกรูที่เจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การทำที่ยึดคอลัมน์ (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 การทำที่ยึดคอลัมน์

- นำเหล็กแผ่นมาตัดตามรูป  โดยความโค้งให้เท่ากับคอลัมน์จำนวน 2 ชั้น เพื่อมายึดติดกับ โครงเหล็ก และเจาะรูเพื่อใส่น็อตยึดคอลัมน์
- ตัดยางแผ่นตามความโค้งของแผ่นเหล็ก 2 ชั้น ติดกับแผ่นเหล็กไว้กันการเลื่อนหลุดของคอลัมน์

ง. การต่อเครื่องวัดอัตราการไหลเข้ากับมานอมิเตอร์

จ. การต่อท่อพีวีซี (รูปที่ 3.6) โดยใช้กาวพีวีซี

1.3 การสร้างเครื่องแยกพลาสติก 3 คอลัมน์

1.3.1 จำลองแบบเครื่องแยกพลาสติก ดังรูปที่ 3.7

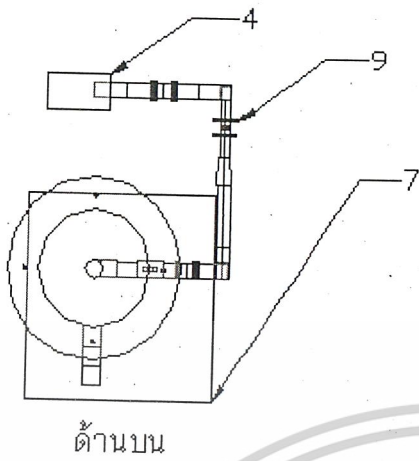
1.3.2 การประกอบเครื่อง

ก. ประกอบโครงเครื่องโดยทำต่อเพิ่มจากโครงที่ทำไว้สำหรับคอลัมน์เดี่ยวข้างต้น

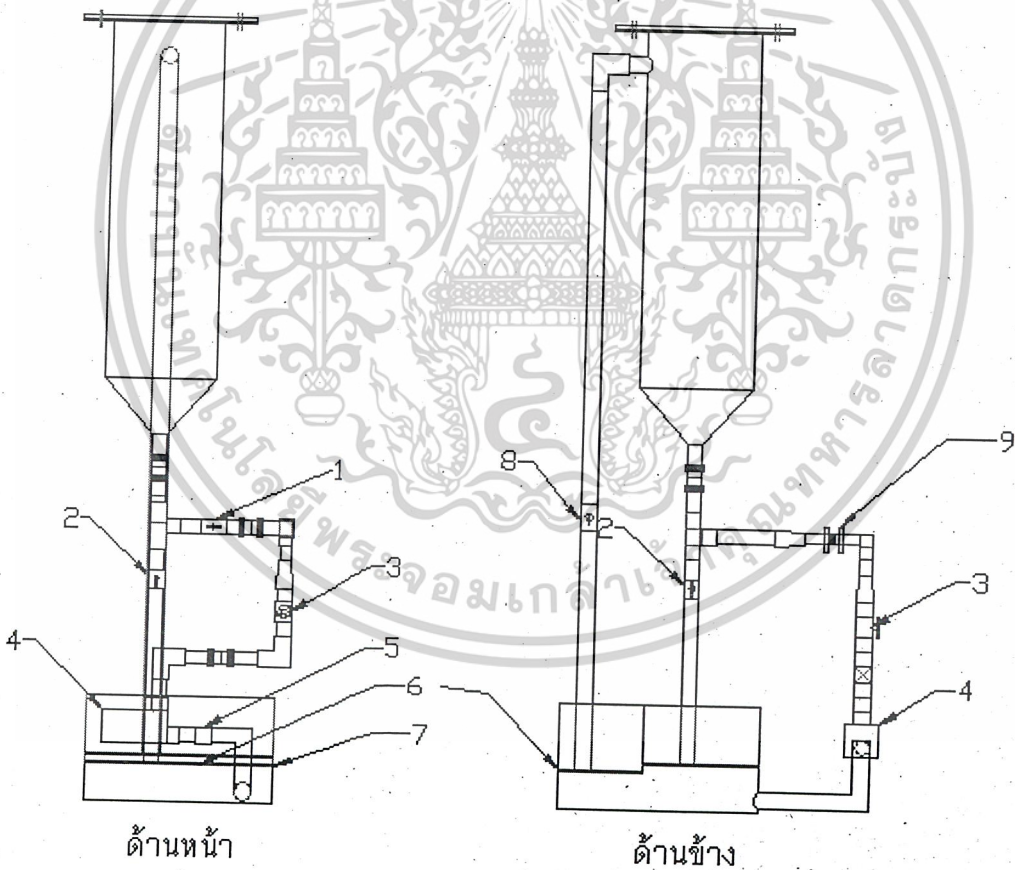
ข. การทำคอลัมน์ ทำเช่นเดียวกับข้างต้น

ค. ทำที่ยึดคอลัมน์เพื่อยึดคอลัมน์ติดโครงเหล็ก

ง. ประกอบท่อพีวีซีโดยใช้กาวพีวีซี

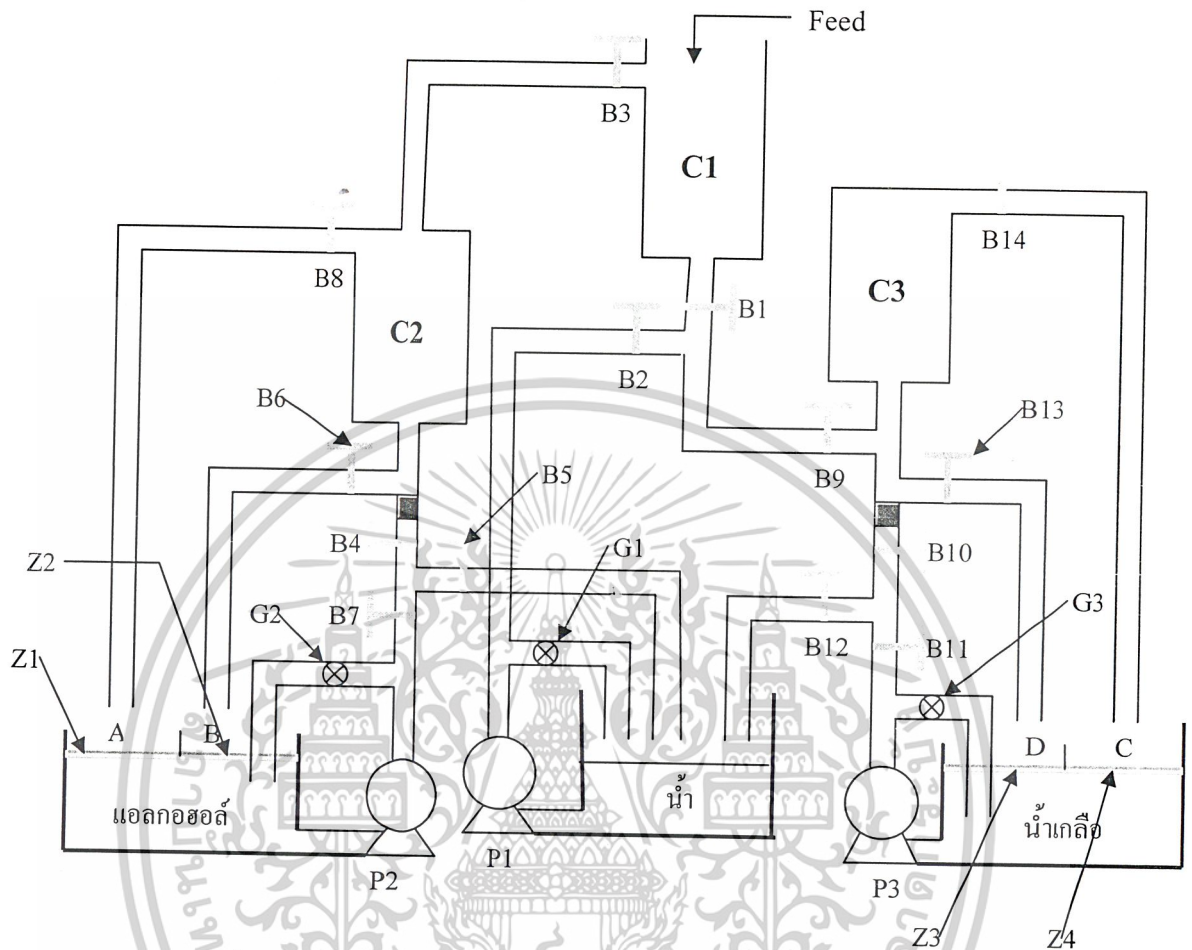


- 1, 2, 8: วาล์วลูกบอล
- 3: วาล์วประตูน้ำ
- 4: เครื่องสูบน้ำหยดโยง
- 5: วาล์วซีด
- 6: ตะแกรง
- 7: ถังบรรจุตัวกลาง
- 9: ออร์ฟิส



รูปที่ 3.6 การประกอบท่อพีวีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 หลักการทำงานของเครื่องแยกพลาสติกที่มี 3 คอลัมน์

ตอนที่ 2 การหาความหนาแน่นของพลาสติกโดยใช้ Density Gradient Column Technique

- 2.1 เลือกตัวทำละลาย 2 ชนิดที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ Chloroform (ความหนาแน่นเท่ากับ 1.489 g/cm^3) และ m-Xylene (ความหนาแน่นเท่ากับ 0.864 g/cm^3)
- 2.2 ผสมตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดที่อัตราส่วน Chloroform ต่อ m-Xylene เป็น 25:0, 23:2, 20:5, 18:7, 15:10, 12:13, 10:15, 7:18, 5:20, 2:23, 0:25 มาใส่บีกเกอร์และคนให้เข้ากัน
- 2.3 ค่อยๆรินสารละลายแต่ละบีกเกอร์อย่างช้าๆใส่ในกระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตรซึ่งได้ทำสเกลติดไว้ที่ข้างกระบอกตวงนี้แล้ว โดยรินไปตามลำดับจนครบทั้ง 11 บีกเกอร์
- 2.4 ใส่เม็ดพลาสติกมาตรฐานซึ่งทราบความหนาแน่นที่แน่นอนอยู่แล้ว ลงในกระบอกตวงแล้วบันทึกสเกลที่อ่านได้จากข้างกระบอก จากนั้นนำค่าที่อ่านได้มาทำกราฟมาตรฐานสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.5 ใส่มืด HDPE PP PS และ PET ทั้งเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลที่ต้องการทราบความหนาแน่นลงไปอย่างละ 5 เม็ด แล้วบันทึกสเกลที่อ่านได้จากข้างกระบอก แล้วนำค่าที่อ่านได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความหนาแน่นของเม็ดพอลิเมอร์

ตอนที่ 3 การเตรียมตัวกลาง/ตัวทำละลาย

3.1 นำขวดเปล่าของฟิกโนมิเตอร์มาชั่งน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3.2 นำตัวกลาง/ตัวทำละลายแต่ละชนิดปรับความหนาแน่นตามต้องการ ดังนี้

3.2.1 ผสมน้ำกับเกลือให้มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.17 g/cm^3 โดยใช้อัตราส่วนเกลือ 1 กรัม ต่อน้ำ 3.2 มิลลิลิตร

3.2.2 ผสมน้ำกับเอทานอลให้มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.92 g/cm^3 โดยใช้อัตราส่วนน้ำ 1 ส่วน ต่อเอทานอล 1 ส่วน

3.2.3 ผสมน้ำกับเอทานอลให้มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.88 g/cm^3 โดยใช้อัตราส่วนของน้ำ 1 ส่วน ต่อเอทานอล 2 ส่วน

3.3 การวัดความหนาแน่นทำโดยนำสารผสมที่เตรียมไว้ใส่ลงในขวดฟิกโนมิเตอร์ เช็ดให้แห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นตามสมการที่ 1

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}} \quad (1)$$

ตอนที่ 4 การหาความหนืดของตัวกลาง

นำตัวกลางแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดสอบมาหาความหนาแน่น โดยใช้ Brookfield Viscometer ใช้ spindle เบอร์ 7 และความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที

ตอนที่ 5 การวัดอัตราการไหล

การทดสอบอัตราการไหลโดยเปิดปั๊ม เพื่อปั๊มตัวกลางเข้าสู่ระบบ และค่อยๆปรับวาล์วประตุน้ำให้เกิดความแตกต่างของความสูงของปรอท จากค่าของผลต่างของความสูงของปรอทน้อยจนถึงค่ามากที่สุด พร้อมจับเวลาการไหลของตัวกลางในแต่ละค่าของผลต่าง ซึ่งเริ่มจับเวลาตั้งแต่ตัวกลางไหลสู่กระบอกตวง (ขนาด 500 มิลลิลิตร) ที่ปริมาตรเริ่มต้นจนถึง 500 มิลลิลิตร และทำกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของปรอทกับอัตราการไหล โดยทำในทุกระบบตัวกลาง

ตอนที่ 6 การทดสอบเครื่องแยกพลาสติก

6.1 การทดลองแยกพลาสติกผสมโดยใช้ 1 คอลัมน์

ก. ทดลองแยกพลาสติกบริสุทธิ์ (รูปที่ 3.6)

1. นำเม็ดพอลิเมอร์บริสุทธิ์ของ HDPE และ PET อย่างละ 50 กรัม ใส่ในคอลัมน์มีน้ำเป็นตัวกลางอยู่
2. เปิดปั๊มและเปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข 1 จากนั้นค่อยๆ ปรับอัตราการไหลของตัวกลางด้วยวาล์วประตูน้ำหมายเลข 3 จนกระทั่งสังเกตเห็นรอยแยกของเม็ดพอลิเมอร์ในส่วนที่จมน้ำและลอยที่แยกกันอย่างชัดเจน
3. เปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข 8 เพื่อปล่อยให้เม็ดพอลิเมอร์ส่วนลอยไหลออกจากคอลัมน์ไปตามท่อ เพื่อนำไปแยกตัวกลางต่อไป เมื่อแยกออกสมบูรณ์แล้วจึงปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข 8 นี้
4. ปิดวาล์วประตูน้ำ และเปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข 2 เพื่อให้เม็ดพอลิเมอร์ส่วนจมน้ำไหลออกจากคอลัมน์ไปตามท่อ จากนั้นจึงนำไปแยกตัวกลางต่อ แล้วเปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข 2 นี้
5. ตัวกลางที่แยกออกมาแล้วจะนำไปไว้รวมกัน และมีสายยางต่อเข้าระหว่างถังบรรจุสารละลาย (หมายเลข 7) กับปั๊ม (หมายเลข 4) เพื่อวนสารละลายกลับมาใช้ใหม่ต่อไป
6. เม็ดพอลิเมอร์ที่แยกแล้วจะอยู่บนตะแกรง (หมายเลข 6)
7. นำเม็ดพอลิเมอร์ที่ได้ในทั้งสองตะแกรงไปอบให้แห้ง แล้วแยกชนิดของเม็ดพอลิเมอร์แต่ละตะแกรงออกด้วยตาเปล่า
8. ชั่งน้ำหนักเม็ดพอลิเมอร์ที่แยกออกมาได้ในแต่ละตะแกรง แล้วบันทึกผล
9. ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

ข. การทดลองแยกพลาสติกผสมเกรดรีไซเคิล

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ตอน ก. แต่ใช้ HDPE และ PET เกรด รีไซเคิล

6.2 ทดสอบเครื่องแยกพลาสติกผสม โดยใช้ 3 คอลัมน์

ก. ทดลองแยกพลาสติกบริสุทธิ์ จากรูปที่ 3.7

1. นำเม็ดพอลิเมอร์บริสุทธิ์ของ PP HDPE PS และ PET ที่ทราบความหนาแน่นแล้วอย่างละ 50 กรัม ใส่ในคอลัมน์ C1
2. เปิดปั๊มหมายเลข P1 และเปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B1 กับหมายเลข B2 จากนั้นค่อยๆ ปรับอัตราการไหลของน้ำ (ความหนาแน่นเท่ากับ 1 g/cm^3) ให้เหมาะสมด้วยวาล์วประตูน้ำหมายเลข G1 ซึ่งใช้อัตราการไหลในช่วงแรกที่มีความต่างปรอทเป็น 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เช่นติเมตรปรอท จากนั้นเมื่อพอลิเมอร์แตกกลุ่มกันออกแล้ว ให้อ่อนๆปรับอัตราการไหลลดลงจนความต่างปรอทเป็นเป็น 3 เช่นติเมตรปรอท
3. เปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B3 เพื่อปล่อยให้เม็ดพอลิเมอร์ส่วนลอยคือ PP กับ HDPE ไหลออกจากคอลัมน์ไปตามท่อ และลงสู่คอลัมน์ C2 เมื่อแยกออกสมบูรณ์แล้วจึงปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B2 และหมายเลข B3 แล้วปิดปั๊มหมายเลข P1 เปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B4 และ B5 เพื่อปล่อยน้ำกลับเข้าสู่ถังน้ำเพื่อวนกลับมาใช้ใหม่ โดยมีตะแกรงติดอยู่ที่ท่อเพื่อกันไม่ให้ PP และ HDPE ไหลติดไปด้วย
 4. ปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B5 เปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B7 แล้วเปิดปั๊มหมายเลข P2 เพื่อสูบลูกกลางที่เป็นสารละลายเอทานอล (ความหนาแน่นเท่ากับ 0.92 g/cm^3) ใส่ในคอลัมน์ C2 จากนั้นค่อยๆปรับอัตราการไหลของสารละลายแอลกอฮอล์ให้เหมาะสมด้วยวาล์วประตูน้ำหมายเลข G2 ซึ่งใช้อัตราการไหลในช่วงแรกที่มีความต่างปรอทเป็น 13 เซนติเมตรปรอท จากนั้นเมื่อพอลิเมอร์แตกกลุ่มกันออกแล้วให้อ่อนๆปรับอัตราการไหลลดลงจนความต่างปรอทเป็นเป็น 3 เช่นติเมตรปรอท
 5. เปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B8 เพื่อปล่อยให้เม็ดพอลิเมอร์ส่วนลอยคือ PP ไหลออกจากคอลัมน์ไปตามท่อลงสู่ตะแกรงรองรับเม็ดพอลิเมอร์ Z1 จากนั้นปิดปั๊ม P2 ปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B4 และเปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B6 เพื่อให้เม็ดพอลิเมอร์ส่วนจมคือ HDPE ไหลออกจากคอลัมน์ไปตามท่อลงสู่ตะแกรงรองรับเม็ดพอลิเมอร์ Z2 ส่วนสารละลายเอทานอลที่แยกออกมาแล้วจะนำไปวนกลับมาใช้ใหม่
 6. ปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B2 และปิดวาล์วลูกบอล B1 เพื่อให้เม็ดพอลิเมอร์ส่วนจมไหลออกจากคอลัมน์ C1 ไปตามท่อ และลงสู่คอลัมน์ C3
 7. ปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B1 เปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B2 และ B9 แล้วเปิดปั๊ม P1 เพื่อไล่พอลิเมอร์ส่วนที่จมอยู่เข้าคอลัมน์ C3 จนหมด จากนั้นปิดวาล์วลูกบอล B9 และปิดปั๊ม P1
 8. เปิดวาล์วลูกบอล B10 และ B12 เพื่อแยกน้ำออกมาวนกลับมาใช้ใหม่จนหมด จากนั้นจึงปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B12
 9. เปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B11 เปิดปั๊มหมายเลข P3 เพื่อสูบลูกกลางที่เป็นน้ำเกลือ (ความหนาแน่นเท่ากับ 1.17 g/cm^3) ใส่ในคอลัมน์ C3 จากนั้นค่อยๆ ปรับอัตราการไหลของตัวทำละลายด้วยวาล์วประตูน้ำหมายเลข G3 ให้เหมาะสม ซึ่งใช้อัตราการไหลในช่วงแรกที่มีความต่างปรอทเป็น 13 เซนติเมตรปรอท จากนั้นเมื่อเม็ดพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกกลุ่มกันออกแล้วให้ค่อยๆ ปรับอัตราการไหลลดลงจนความต่างปรอทเป็นเป็น 5 เซ็นติเมตรปรอท

10. เปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B14 เพื่อปล่อยให้เม็ดพอลิเมอร์ส่วนลอยคือ PS ไหลออกจากคอลัมน์ไปตามท่อลงสู่ตะแกรงรองรับเม็ดพอลิเมอร์ Z4 จากนั้นเปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B10 และปิดปั๊ม P3 แล้วเปิดวาล์วลูกบอลหมายเลข B13 เพื่อให้เม็ดพอลิเมอร์ส่วนจมคือ PET ไหลออกจากคอลัมน์ไปตามท่อลงสู่ตะแกรงรองรับเม็ดพอลิเมอร์ Z3 ส่วนน้ำเกลือที่แยกออกมาแล้วจะนำไปไว้เพื่อวนกลับมาใช้ใหม่ต่อไป
11. นำพอลิเมอร์แต่ละชนิดที่แยกเรียบร้อยแล้ว ไปชั่งล้างตัวกลางออกและนำไปอบให้แห้ง จากนั้นแยกเม็ดพลาสติกที่ได้แต่ละตะแกรงมาทำการแยกชนิดออกด้วยตาเปล่า
12. นำเม็ดพลาสติกแต่ละชนิดในแต่ละตะแกรงมาทำการชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผลการทดลอง
13. ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
 - ข. ทดลองแยกพลาสติกกรีไซเคิล

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ตอน ก ทดลองแยกพลาสติกบริสุทธิ์ แต่เปลี่ยนพลาสติกเป็นพลาสติกเกรดกรีไซเคิล และใช้ตัวกลางเป็นน้ำความหนาแน่นเท่ากับ 1 g/cm^3 น้ำเกลือความหนาแน่นเท่ากับ 1.17 g/cm^3 และสารละลายเอทานอลความหนาแน่นเท่ากับ 0.88 g/cm^3

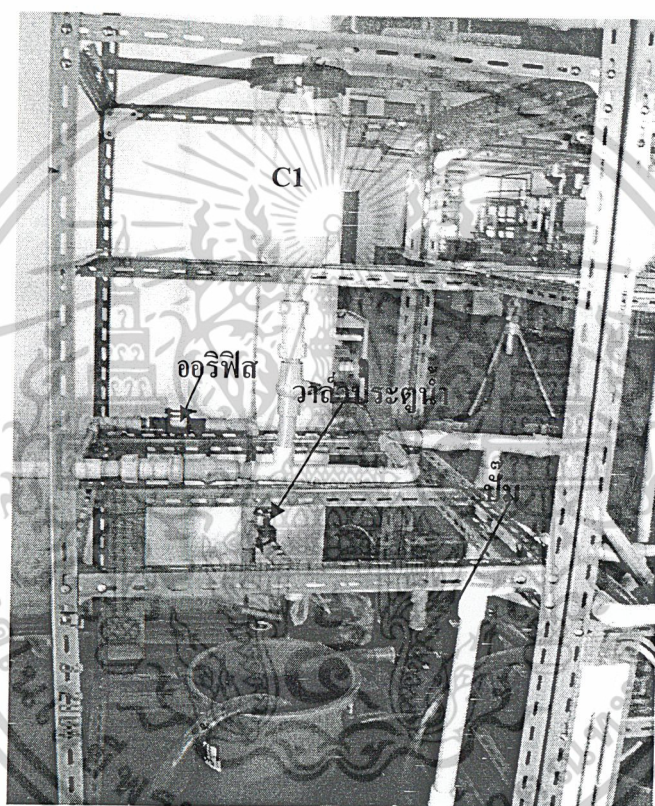
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การสร้างเครื่องแยกพลาสติก

4.1.1 การสร้างเครื่องแยกพลาสติก 1 คอลัมน์

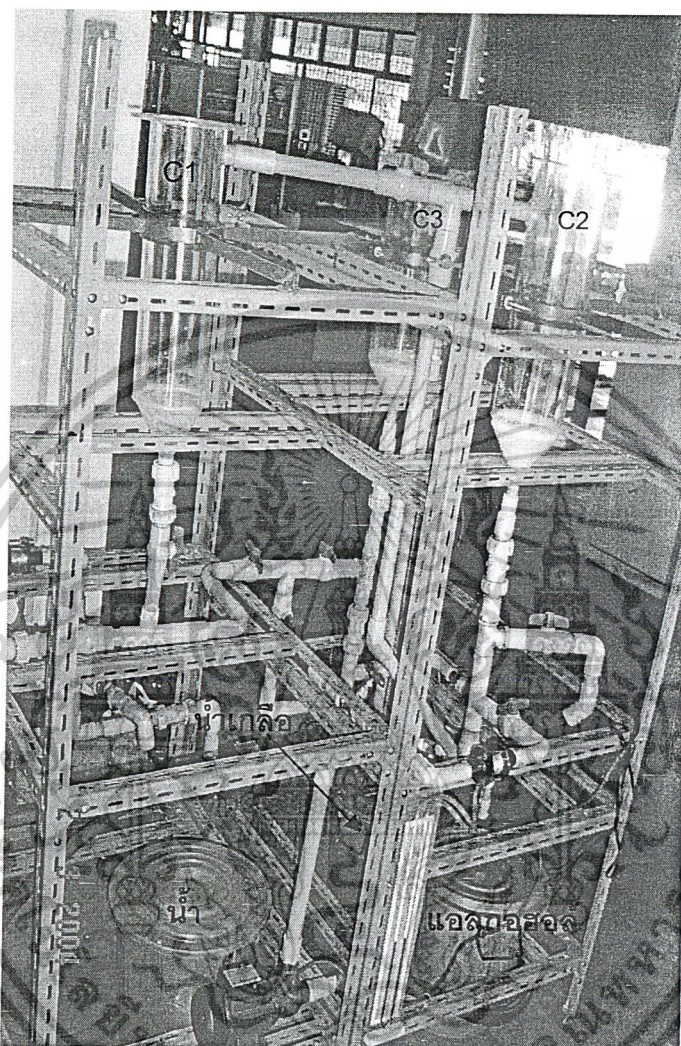


รูปที่ 4.1 เครื่องแยกชนิดของพลาสติกที่มี 1 คอลัมน์

คอลัมน์ที่ 1 ถูกยึดติดกับโครงเหล็กด้วยที่ยึดคอลัมน์ทางด้านบน มีท่อและวาล์วต่อลงมาทางด้านล่างและต่อกับออริฟิส โดยมีวาล์วประตูน้ำเพื่อใช้ปรับอัตราการไหล โดยดูได้จากท่อรูปตัวยูที่ภายในบรรจุปรอทซึ่งต่ออยู่กับออริฟิส และมีปั๊มต่ออยู่ทางด้านล่างเพื่อสูบน้ำจากถังเพื่อส่งขึ้นสู่คอลัมน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การสร้างเครื่องแยกพลาสติกที่มี 3 คอลัมน์



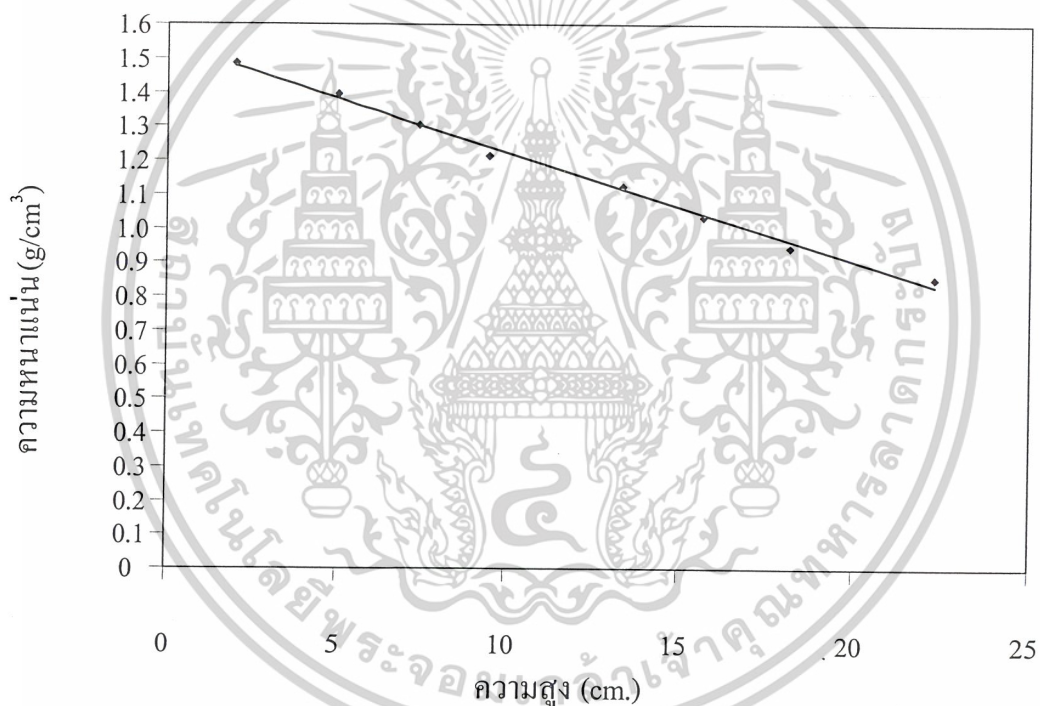
รูปที่ 4.2 เครื่องแยกชนิดของพลาสติกที่มี 3 คอลัมน์

มีคอลัมน์ C2 และ C3 ต่อกับคอลัมน์ C1 มีถึงบรรจุตัวกลาง 3 ชนิดคือ น้ำ น้ำเกลือ และ สารละลายเอทานอล และมีปั๊มและ ออร์ฟิส เฉพาะสำหรับแต่ละตัวกลาง โดยคอลัมน์ C1 ซึ่งใช้น้ำเป็นตัวกลางจะปล่อยส่วนที่ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำลอยไปคอลัมน์ C2 ซึ่งใช้สารละลายแอลกอฮอล์เป็นตัวกลางมาแยกต่ออีกครั้ง และปล่อยส่วนที่จมจากคอลัมน์ C1 เข้าสู่คอลัมน์ C3 ซึ่งใช้น้ำเกลือเป็นตัวกลางมาแยกต่ออีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การหาความหนาแน่นของพลาสติกโดยใช้ Density Gradient Column Technique

การหาความหนาแน่นของพลาสติกโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ Chloroform และ Xylene ผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อทำให้เกิดลำดับชั้นของความหนาแน่น จากนั้นใส่เม็ดพลาสติกชนิดมาตรฐาน เพื่อทำกราฟมาตรฐานระหว่างความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกและความสูงของสเกลติดอยู่ข้างกระบอกตวง ดังรูปที่ 4.3 แล้วทำการทดลองใส่เม็ดพลาสติก HDPE PP PS และ PET ทั้งเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลที่ต้องการทราบความหนาแน่น ได้ความสูงของสเกลที่ติดอยู่กระบอกตวง และนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกมาตรฐาน กับสเกลที่ติดอยู่ข้างกระบอกตวง เมื่อใช้ตัวกลางเป็น Chloroform และ m-Xylene

ตารางที่ 4.1 ความหนาแน่นของพลาสติกที่ใช้โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานที่ 4.3

พลาสติก	ความหนาแน่น (g/cm ³)						
	เม็ดที่					ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
	1	2	3	4	5		
HDPE เกรดบริสุทธิ์	0.930	0.930	0.935	0.935	0.930	0.932	0.0027
HDPE เกรดรีไซเคิล	0.950	0.935	0.940	0.940	0.935	0.940	0.0061
PP เกรดบริสุทธิ์	0.910	0.905	0.900	0.910	0.910	0.907	0.0045
PP เกรดรีไซเคิล	0.905	0.830	0.905	0.910	0.840	0.878	0.0395
PS เกรดบริสุทธิ์	1.060	1.065	1.060	1.060	1.060	1.061	0.0022
PS เกรดรีไซเคิล	1.040	1.060	1.050	1.075	1.050	1.055	0.0132
PET เกรดบริสุทธิ์	1.195	1.195	1.195	1.195	1.195	1.195	0.0000
PET เกรดรีไซเคิล	1.350	1.355	1.355	1.350	1.350	1.352	0.0027

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าพอลิเมอร์ในแต่ละชนิดจะมีการกระจายของความหนาแน่นน้อยมาก ซึ่งทำให้การแยกชนิดของพลาสติกด้วยวิธีจมน้ำและลอยน้ำได้ผลดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบว่า พลาสติกเกรดรีไซเคิลจะมีการกระจายของความหนาแน่นมากกว่าในพลาสติกเกรดบริสุทธิ์

4.3 การหาความหนืดของตัวกลาง

วัดความหนืดของตัวกลางแต่ละชนิด โดยใช้ Brookfield Viscometer

ตารางที่ 4.2 ความหนืดของตัวกลางแต่ละชนิด

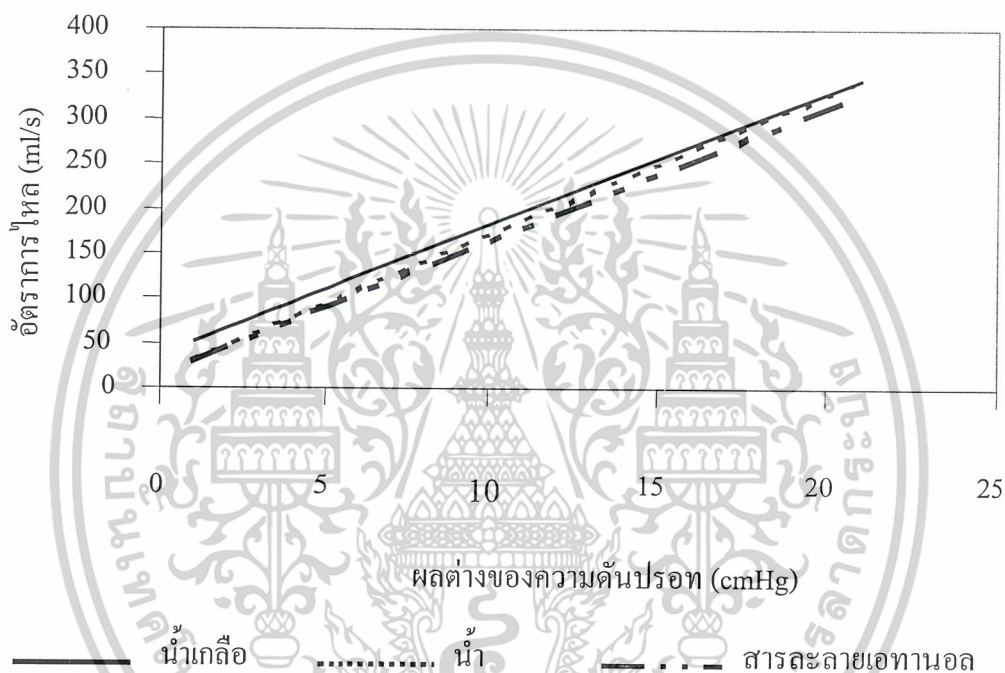
ชนิดของตัวกลาง	ความหนืด (เซ็นติพอยส์)
น้ำ	6
น้ำเกลือ	9
สารละลายเอทานอล(ความหนาแน่น 0.88 g/cm ³)	6
สารละลายเอทานอล(ความหนาแน่น 0.92 g/cm ³)	6

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.2 พบว่า ความหนืดของน้ำเกลือมีมากที่สุด ส่วนในน้ำและสารละลายเอทานอลนั้น ความหนืดไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวัดอัตราการไหล

ทดสอบอัตราการไหล โดยการจับเวลาการไหลของตัวกลางแต่ละชนิดให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ในแต่ละค่าของผลต่างความสูงปรอท ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของตัวกลางต่างๆกับผลต่างของความดันปรอทที่ได้จากปั๊ม P1 P2 และ P3

จากรูปที่ 4.4 พบว่าอัตราการไหลของตัวกลางมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับผลต่างของความดันปรอท โดยที่ความดันของปรอทหาได้จากผลต่างระหว่างความสูงของปรอทในหลอดแก้วรูปตัวยู โดยถ้าอัตราการไหลของตัวกลางเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ผลต่างของความดันปรอทเพิ่มขึ้นไปด้วย และพบว่าความชันของกราฟแต่ละเส้นจะแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความชันของกราฟที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของตัวกลางต่างๆ กับผลต่างของความดันปรอทที่ได้จากปั๊ม P1 P2 และ P3 ในรูปที่ 4.8

ตัวกลาง	ค่าความชัน
น้ำ	15.787
สารละลายเอทานอล	14.959
น้ำเกลือ	14.602

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าความชันที่ได้ของกราฟทั้ง 3 เส้นจะต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากความหนืดของตัวกลาง โดยน้ำเกลือซึ่งมีความหนืดมากที่สุดจะต้องใช้ความดันปรอทที่สูงกว่าตัวกลางอื่นเพื่อให้ได้อัตราการไหลที่เท่ากัน ดังนั้นความชันของกราฟที่ได้จากการทดสอบในน้ำเกลือจึงต่ำที่สุด ส่วนน้ำและสารละลายแอลกอฮอล์นั้นความหนืดไม่แตกต่างกันมากนักจึงไม่ค่อยมีผล นอกจากความหนืดแล้ว จำนวนข้อต่อ ข้อเสี้ยวต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานได้ต่างกันก็ทำให้อัตราการไหลไม่เท่ากันด้วย ดังนั้นจะเห็นว่าความชันของกราฟที่ได้จากการทดสอบในสารละลายแอลกอฮอล์ต่ำกว่าเห็นว่าความชันของกราฟที่ได้จากการทดสอบในน้ำ เนื่องจากอัตราการไหลของแอลกอฮอล์จากปั๊มที่อยู่ในระบบที่มีข้อต่อมาก ก็จะมีแรงเสียดทานต้านการไหลมากด้วย ทำให้จะต้องใช้ความดันปรอทที่สูงกว่าน้ำเพื่อให้ได้อัตราการไหลที่เท่ากัน ส่วนในระบบของข้อต่อของปั๊มสูบลำละลายแอลกอฮอล์ P2 และปั๊มสูบน้ำเกลือ P3 นั้นมีความใกล้เคียงกัน จึงไม่ค่อยมีผลต่ออัตราการไหลมากนัก

จากการทดลองพบว่าการแยกชนิดของพลาสติกในแต่ละคอลัมน์นั้น จะสามารถแยกได้ดีเมื่อใช้อัตราการไหลที่เหมาะสมด้วย โดยเมื่อใช้อัตราการไหลของตัวกลางสูงเกินไป จะทำให้เกิดการไหลพลุ่งพล่านจนพลาสติกผสมไม่สามารถเกิดการแยกชั้นระหว่างกันได้ ส่วนการใช้อัตราการไหลของตัวกลางที่ต่ำเกินไปทำให้พลาสติกผสมเกาะรวมกันแล้วยังต้องใช้เวลาานอีกด้วย วิธีที่เหมาะสมที่ใช้แยกพลาสติกผสมนี้คือ การใช้อัตราการไหลที่สูงพอเหมาะในช่วงแรกก่อนเพื่อให้พลาสติกเกิดการแยกจากกัน จากนั้นจึงค่อยๆ ปรับอัตราการไหลให้ต่ำลง เพื่อให้พลาสติกผสมเกิดการแยกชั้นระหว่างชั้นพลาสติกที่ลอยและชั้นที่จม จึงเกิดการแยกที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังแสดงผลไว้ในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลต่างของความดันปรอทที่ให้อัตราการไหลที่เหมาะสมสำหรับปั๊มแต่ละตัว

ปั๊มตัวที่	ผลต่างของความดันปรอท(cmHg)	
	ช่วงแรก	ช่วงหลัง
P1	13	3
P2	13	3
P3	13	5

จากตารางที่ 4.4 พบว่าช่วงแรกปั๊มทุกตัวจะใช้ความดันเท่ากัน ซึ่งเป็นความดันสูงที่สุด ส่วนอัตราการไหลตอนหลังนั้นพบว่าในปั๊มสูบน้ำเกลือ P3 จะใช้สูงกว่าในปั๊มสูบน้ำสารละลาย แอลกอฮอล์ P2 และปั๊มสูบน้ำ P1 เนื่องจากน้ำเกลือมีความหนืดมากกว่า จึงต้องใช้ผลต่างความดัน สูงกว่าที่ใช้ในปั๊มสูบน้ำสารละลายแอลกอฮอล์ P2 และปั๊มสูบน้ำ P1 ซึ่งมีความหนืดน้อยกว่า

4.5 การทดสอบเครื่องแยกพลาสติก

4.5.1 การทดลองแยกพลาสติกผสม โดยใช้ 1 คอลัมน์

ก. การแยกพลาสติกเกรดบริสุทธิ์

การทดลองโดยใช้ HDPE และ PET เกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดหนัก 50 กรัม มาทดสอบในเครื่องแยกพลาสติกที่มี 1 คอลัมน์ โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางพบว่า สามารถแยกพลาสติกผสมออกจากกันได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5 โดยค่าร้อยละที่แสดงในตาราง เป็นร้อยละที่คิดเทียบจากปริมาณพลาสติกแต่ละชนิดตั้งต้น 50 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ปริมาณ HDPE และ PET เกรดบริสุทธิ์ที่แยกได้จากปริมาณพลาสติกชนิดละ 50 กรัม

ครั้งที่	ปริมาณของพลาสติกที่แยกได้ (กรัม)	
	HDPE	PET
1	46.89	47.02
2	47.02	47.36
3	46.99	47.20
4	47.01	47.15
5	47.20	46.99
6	46.55	46.83
7	46.75	46.66
8	47.00	47.21
9	46.52	47.05
10	46.86	46.75
ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	46.88	47.02
ร้อยละ	93.76	94.04

ข. การแยกพลาสติกเกรดรีไซเคิล

การทดลองโดยใช้ HDPE และ PET เกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดหนัก 50 กรัม มาทดสอบในเครื่องแยกพลาสติกที่มี 1 คอลัมน์ โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางพบว่า สามารถแยกพลาสติกผสมออกจากกันได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.6 โดยค่าร้อยละที่แสดงในตาราง เป็นร้อยละที่คิดเทียบจากปริมาณพลาสติกแต่ละชนิดตั้งต้น 50 กรัม

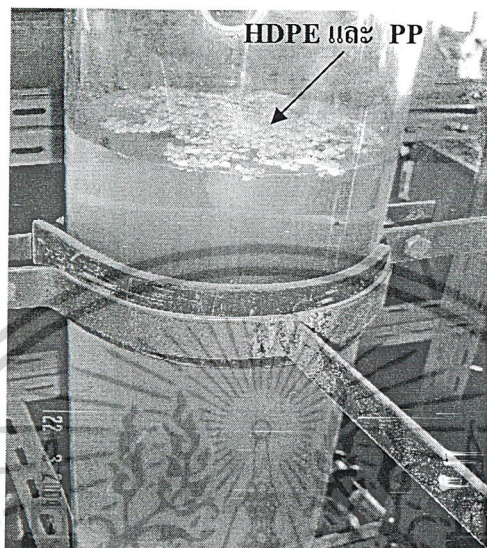
ตารางที่ 4.6 ปริมาณ HDPE และ PET เกรดรีไซเคิลที่แยกได้จากปริมาณพลาสติกชนิดละ 50 กรัม

ครั้งที่	ปริมาณของพลาสติกที่แยกได้ (กรัม)	
	HDPE	PET
1	47.20	46.52
2	47.31	46.39
3	46.88	46.28
4	46.52	47.02
5	46.38	47.11
6	47.00	46.89
7	46.64	46.85
8	46.78	46.73
9	46.23	46.41
10	46.39	46.90
ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	46.73	46.71
ร้อยละ	93.47	93.72

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นว่าเครื่องแยกพลาสติกที่มีคอลัมน์เดียวนี้สามารถแยกชนิดของพลาสติกออกจากกันได้ดีมาก ทั้งที่เป็นเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิล แต่มีบางส่วนที่หายไปทำให้ไม่ได้พลาสติกออกมาทั้งหมดเต็มร้อย ซึ่งเกิดจากการปนกันบางส่วนของ PET และ HDPE ในระหว่างขั้นตอนการลอยและจม นอกจากนี้ยังมีเม็ดพลาสติกติดค้างอยู่ตามท่อ ข้อต่อ และคอลัมน์ และบางส่วนได้กระเด็นตกไปในระหว่างการปล่อยเม็ดพลาสติกลงสู่ตะแกรง

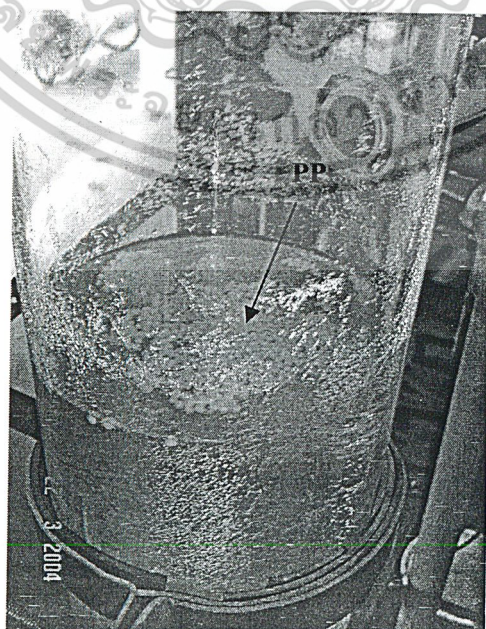
4.5.2 การทดลองแยกพลาสติกผสมโดยใช้ 3 คอลัมน์

เมื่อใส่พลาสติกผสมระหว่าง HDPE PP PS และ PET ชนิดละ 50 กรัม ลงในคอลัมน์ C1 และเปิดปั๊ม P1 เพื่อปล่อยน้ำเข้าคอลัมน์ C1 พบว่า HDPE และ PP ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จะลอยขึ้นด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ส่วน PS และ PET ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ จะจมลงอยู่ทางด้านล่างของคอลัมน์ C1



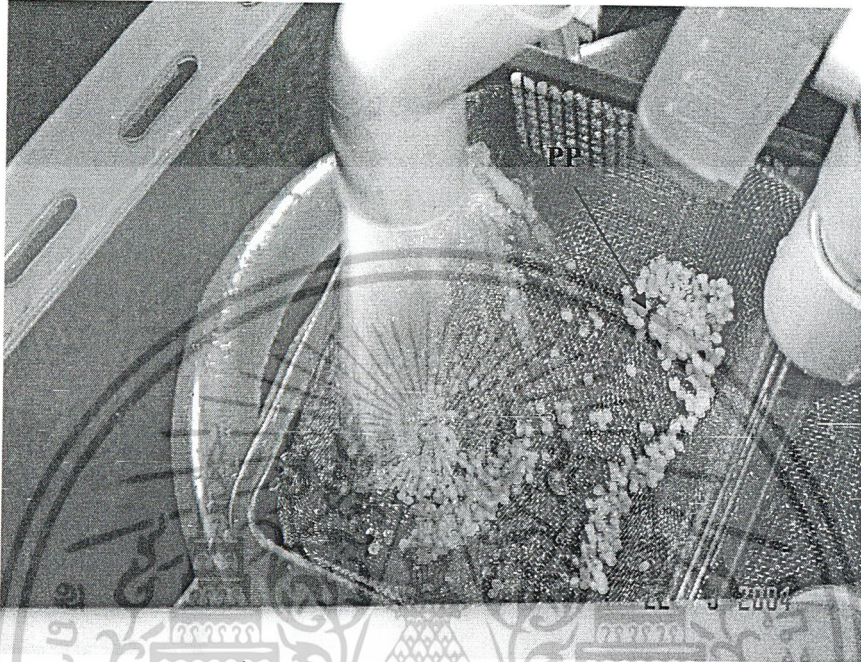
รูปที่ 4.5 การแยกชนิดของเทอร์โมพลาสติกในคอลัมน์ C1

จากนั้นส่วนที่ลอยของคอลัมน์ C1 ซึ่งคือ HDPE และ PP จะลอยแยกเข้าสู่คอลัมน์ C2 และเมื่อแยกน้ำออกจาก HDPE และ PP แล้ว จะเปิดปั๊ม P2 เพื่อปล่อยสารละลายแอลกอฮอล์มาเป็นตัวกลางการแยกในคอลัมน์ C2 โดย PP ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าสารละลายแอลกอฮอล์จะลอยขึ้น ดังรูปที่ 4.6 ส่วน HDPE ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าสารละลายแอลกอฮอล์จะจมลงสู่ด้านล่างของคอลัมน์ C2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 4.6 การแยก PP กับ HDPE ในคอลัมน์ C2 ชาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเปิดวาล์วเพื่อทำการปล่อย PP ที่ลอยอยู่ในสารละลายแอลกอฮอล์ในคอลัมน์ C2 แยกออกสู่ตะแกรง Z1 ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การแยก PP ออกจากคอลัมน์ C2

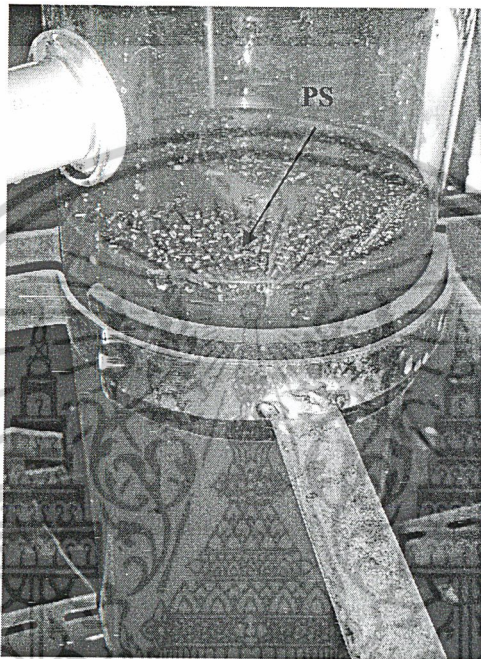
ทำการเปิดวาล์วเพื่อทำการปล่อย HDPE ที่จมอยู่ในสารละลายแอลกอฮอล์ในคอลัมน์ C2 แยกออกสู่ตะแกรง Z2 ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การแยก HDPE ออกจากคอลัมน์ C2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

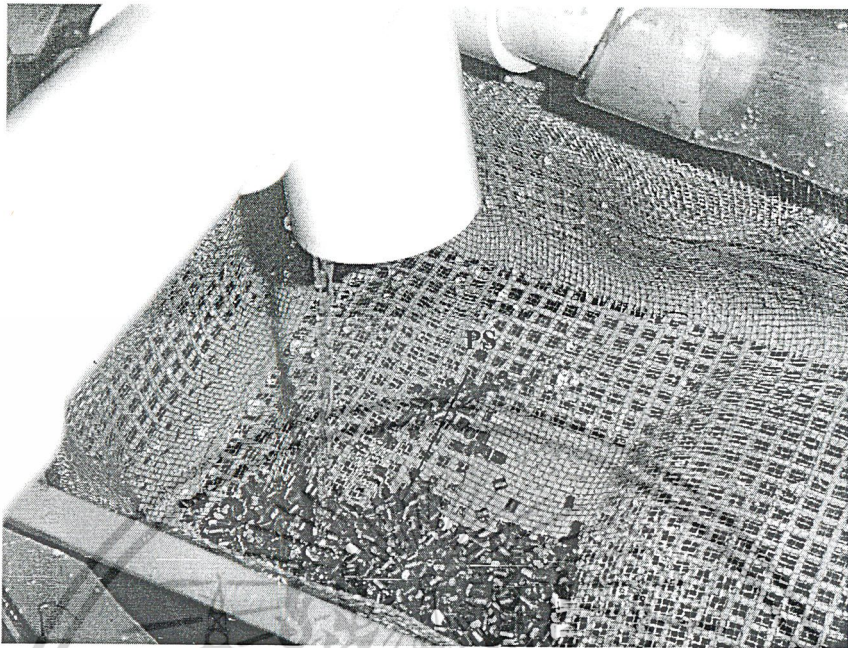
จากนั้นส่วนที่จมของคอลัมน์ C1 ซึ่งคือ PS และ PET จะถูกปล่อยเข้าสู่คอลัมน์ C3 และเมื่อแยกน้ำออกจาก PS และ PET แล้ว จะเปิดปั๊ม P3 เพื่อปล่อยน้ำเกลือมาเป็นตัวกลางการแยกในคอลัมน์ C3 โดย PS ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำเกลือจะลอยขึ้นดังรูปที่ 4.9 ส่วน PET ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำเกลือจะจมลงสู่ด้านล่างของคอลัมน์ C3



รูปที่ 4.9 การแยก PS กับ PET ในคอลัมน์ C3

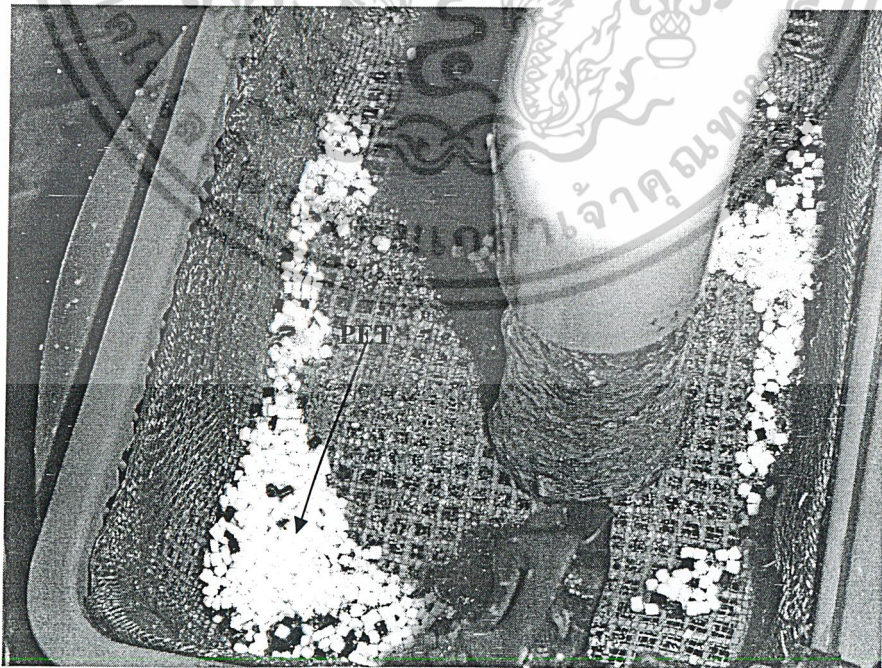
ทำการเปิดวาล์วเพื่อทำการปล่อย PS ที่ลอยอยู่ในน้ำเกลือในคอลัมน์ C3 แยกออกสู่ตะแกรง Z4 ดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การแยก PS ออกจากคอลัมน์ C3

ทำการเปิดวาล์วเพื่อทำการปล่อย PET ที่จมอยู่ในน้ำเกลือในคอลัมน์ C3 แยกออกสู่ ตะแกรง Z3 ดังรูปที่ 4.11

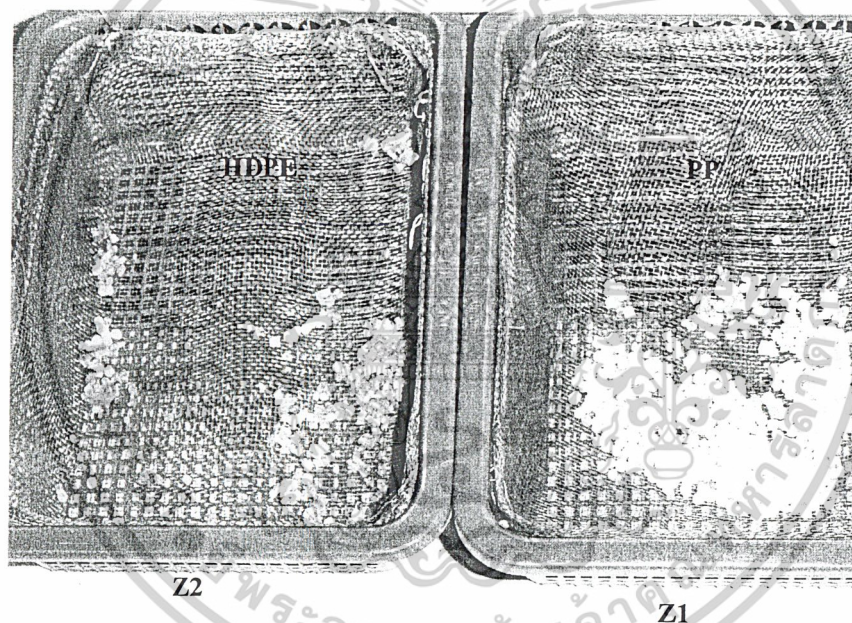


รูปที่ 4.11 การแยก PET ออกจากคอลัมน์ C3

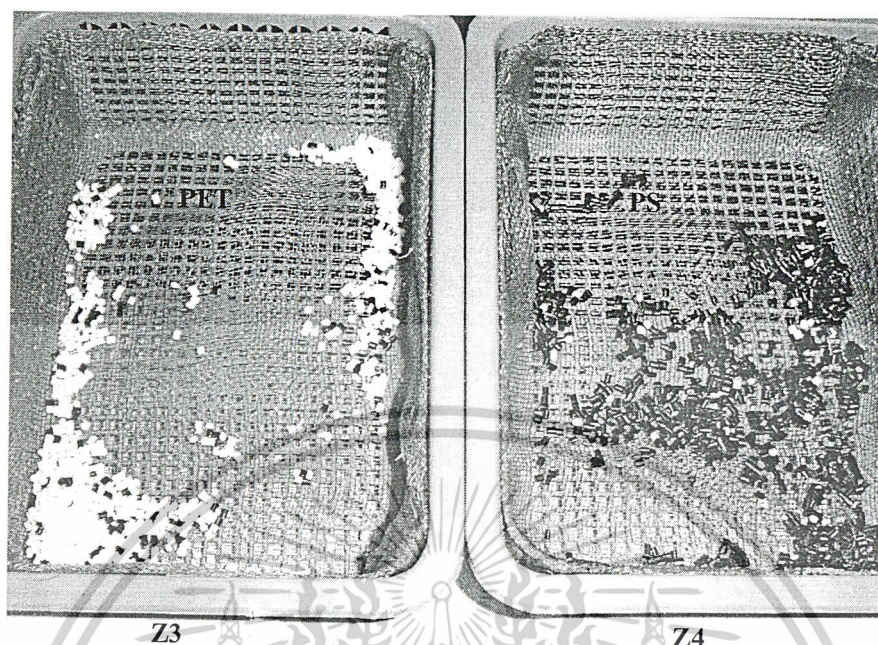
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. การแยกพลาสติกเกรดบริสุทธิ์

การทดลองโดยใช้พลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดหนัก 50 กรัม มาทดสอบในเครื่องแยกพลาสติกโดยใช้ตัวกลางต่างๆที่เตรียมไว้แล้วพบว่า ในตะแกรง Z2 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ HDPE จะมี HDPE อยู่มากที่สุด และมี PP กับ PS ปนอยู่บ้าง ส่วนในตะแกรง Z1 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PP จะมี PP อยู่มากที่สุด และมี HDPE กับ PS ปนอยู่บ้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ในตะแกรง Z3 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PET จะมี PET อยู่มากที่สุด มี PS HDPE และ PP ปนอยู่บ้าง ส่วนในตะแกรง Z4 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PS จะมี PS อยู่มากที่สุด มี PET HDPE และ PP ปนอยู่บ้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 ตะแกรง Z2 เพื่อรองรับ HDPE และตะแกรง Z1 เพื่อรองรับ PP ที่แยกออกมาได้จากคอลัมน์ C2

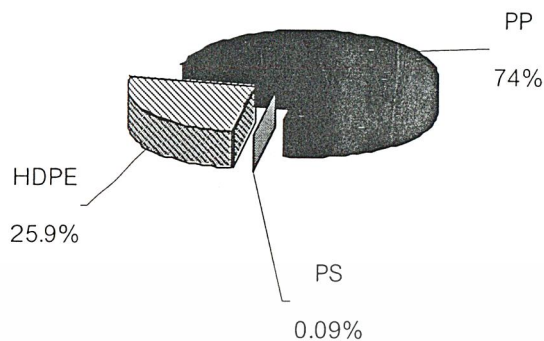


รูปที่ 4.13 ตะแกรง Z3 เพื่อรองรับ PET และตะแกรง Z4 เพื่อรองรับ PS ที่แยกออกมาได้จากคอลัมน์ C3

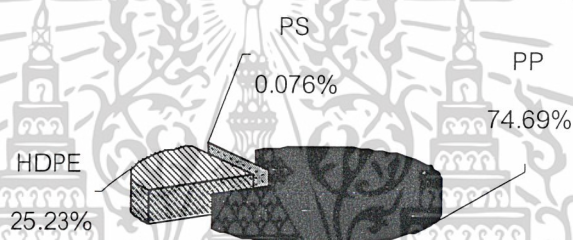
ข. การแยกพลาสติกเกรดรีไซเคิล

การทดลองโดยใช้พลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดหนัก 50 กรัม มาทดสอบในเครื่องแยกพลาสติกโดยใช้ตัวกลางต่างๆที่เตรียมไว้แล้วพบว่า สามารถแยกพลาสติกผสมออกจากกันได้ผล การทดลองเช่นเดียวกันกับในเกรดบริสุทธิ์คือ ในตะแกรง Z2 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ HDPE จะมี HDPE อยู่มากที่สุด และมี PP กับ PS ปนอยู่บ้าง ในตะแกรง Z1 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PP จะมี PP อยู่มากที่สุด และมี HDPE กับ PS ปนอยู่บ้าง ในตะแกรง Z3 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PET จะมี PET อยู่มากที่สุด มี PS HDPE และ PP ปนอยู่บ้าง และในตะแกรง Z4 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PS จะมี PS อยู่มากที่สุด มี PET HDPE และ PP ปนอยู่บ้าง

เมื่อทำการทดลองแยกพลาสติก น้ำหนักชนิดละ 50 กรัม ในเครื่องแยกพลาสติกที่มี 3 คอลัมน์ แล้วนำเม็ดพลาสติกที่ได้ในแต่ละตะแกรงมาแยกชนิดของพลาสติกออกเองด้วยตาเปล่า แล้วนำมาทำการชั่งและคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลที่ได้ในแต่ละตะแกรง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.14 – 4.21

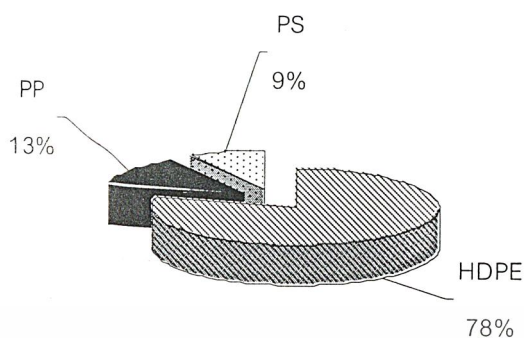


รูปที่ 4.14 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิแต่ละชนิดในตะแกรง Z1

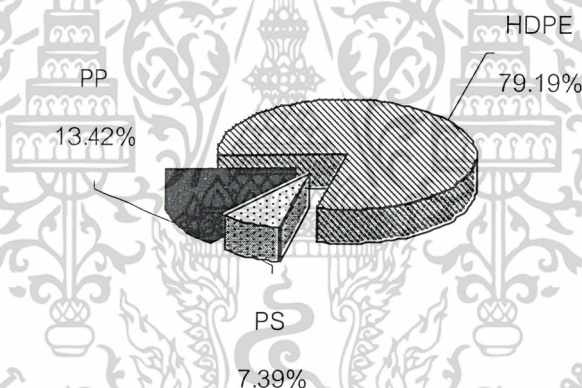


รูปที่ 4.15 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดในตะแกรง Z1

จากรูปที่ 4.14 และ 4.15 พบว่าในตะแกรง Z1 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PP ทั้งเกรดบริสุทธิและเกรดรีไซเคิลมีปริมาณ PP อยู่ประมาณร้อยละ 74 และมี HDPE ปนอยู่มากที่สุด มี PS ปนอยู่เล็กน้อย แต่ไม่มี PET ปนอยู่เลย ซึ่งการที่มี HDPE และ PS ปนอยู่ด้วยเกิดจากการระเหยไปของเอทานอลซึ่งนำมาใช้ในตัวกลางในการแยกระหว่าง HDPE กับ PP หรือมีน้ำบางส่วนในระบบมาปนทำให้ความหนาแน่นของตัวกลางที่นำมาใช้เปลี่ยนแปลงไป การใช้อัตราการไหลที่ไม่เหมาะสมทำให้การแยกชนิดของเม็ดพลาสติกเกิดได้ไม่ดี เช่น การใช้อัตราการไหลต่ำเกินไปทำให้เม็ดพลาสติกบางส่วนยังคงเกาะกันอยู่เป็นก้อน หรือ การใช้อัตราการไหลที่สูงเกินไปทำให้ไม่เกิดการแยกกันของส่วนที่ลอยกับส่วนที่จม และยังเกิดจากการที่เม็ดพลาสติกบางส่วนมาติดค้างอยู่ตามท่อ ข้อต่อ ข้อลิ้น หรือส่วนต่างๆของระบบ



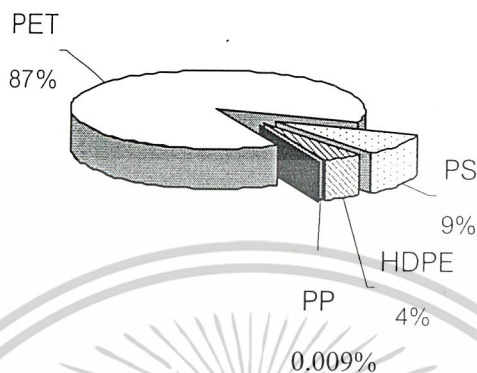
รูปที่ 4.16 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดในตะแกรง Z2



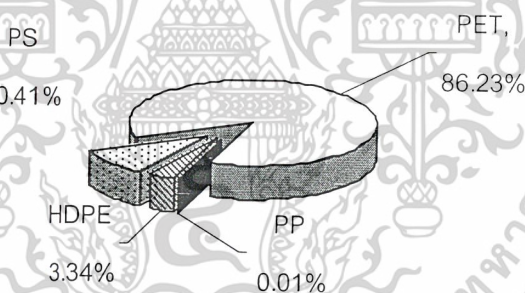
รูปที่ 4.17 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดในตะแกรง Z2

จากรูปที่ 4.16 และ 4.17 พบว่าในตะแกรง Z2 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ HDPE ทั้งเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลมีปริมาณ HDPE อยู่ประมาณร้อยละ 78-79 และมี PP ปนอยู่มากที่สุด มี PS ปนอยู่บ้าง แต่ไม่มี PET ปนอยู่เลย ซึ่งการที่มี PP และ PS ปนอยู่ด้วยเกิดจากการระเหยไปของเอทานอลซึ่งนำมาใช้ในตัวกลางในการแยกระหว่าง HDPE กับ PP หรือมีน้ำบางส่วนในระบบมาปนทำให้ความหนาแน่นของตัวกลางที่นำมาใช้เปลี่ยนแปลงไป การใช้อัตราการไหลที่ไม่เหมาะสมทำให้การแยกชนิดของเม็ดพลาสติกเกิดได้ไม่ดี เช่น การใช้อัตราการไหลต่ำเกินไปทำให้เม็ดพลาสติกบางส่วนยังคงเกาะกันอยู่เป็นก้อน หรือ การใช้อัตราการไหลที่สูงเกินไปทำให้ไม่เกิดการแยกกันของส่วนที่ลอยกับส่วนที่จม และยังเกิดจากการที่เม็ดพลาสติกบางส่วนมาติดค้างอยู่ตามท่อ ข้อต่อ ข้อเสี้ยว หรือส่วนต่างๆของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



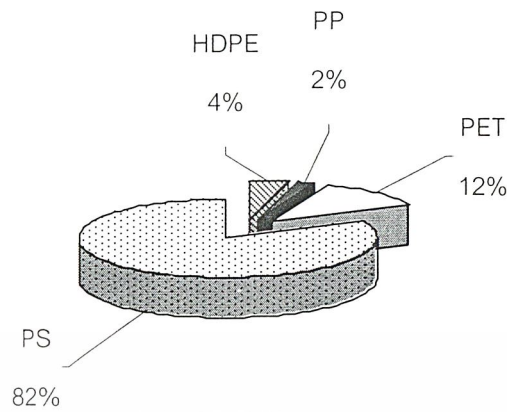
รูปที่ 4.18 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดในตะแกรง Z3



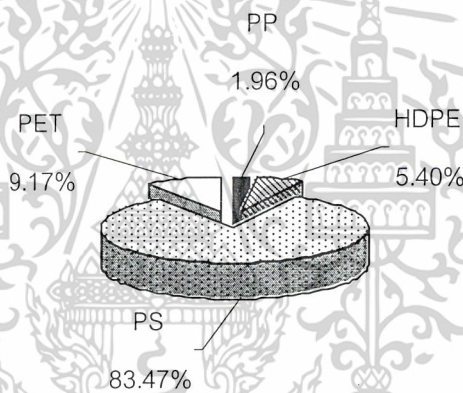
รูปที่ 4.19 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดในตะแกรง Z3

จากรูปที่ 4.18 และ 4.19 พบว่าในตะแกรง Z3 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PET ทั้งเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลมีปริมาณ PET อยู่ประมาณร้อยละ 86-87 และมี PS ปนอยู่มากที่สุด มี HDPE และ PP ปนอยู่บ้าง ซึ่งการที่มี PS HDPE และ PP ปนอยู่ด้วยเกิดจากการตกผลึกของเกล็ดซึ่งนำมาใช้อยู่ตัวกลางในการแยกระหว่าง PET กับ PS หรือมีน้ำบางส่วนในระบบมาปนทำให้ความหนาแน่นของตัวกลางที่นำมาใช้เปลี่ยนแปลงไป การใช้อัตราการไหลที่ไม่เหมาะสมทำให้การแยกชนิดของเม็ดพลาสติกเกิดได้ไม่ดี เช่น การใช้อัตราการไหลต่ำเกินไปทำให้เม็ดพลาสติกบางส่วนยังคงเกาะกันอยู่เป็นก้อน หรือ การใช้อัตราการไหลที่สูงเกินไปทำให้ไม่เกิดการแยกกันของส่วนที่ลอยกับส่วนที่จม และยังเกิดจากการที่เม็ดพลาสติกบางส่วนมาติดค้างอยู่ตามท่อ ข้อต่อ ข้อเสี้ยว หรือส่วนต่างๆของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดในตะแกรง Z4



รูปที่ 4.21 ปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดในตะแกรง Z4

จากรูปที่ 4.20 และ 4.21 พบว่าในตะแกรง Z4 ซึ่งเป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PS ทั้งเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลมีปริมาณ PS อยู่ประมาณร้อยละ 82-83 และมี PET ปนอยู่มากที่สุด มี HDPE และ PP ปนอยู่บ้าง ซึ่งการที่มี PET HDPE และ PP ปนอยู่ด้วยเกิดจากการตกผลึกของเกล็ดซึ่งนำมาใช้อยู่ตัวกลางในการแยกระหว่าง PET กับ PS หรือมีน้ำบางส่วนในระบบมาปนทำให้ความหนาแน่นของตัวกลางที่นำมาใช้เปลี่ยนแปลงไป การใช้อัตราการไหลที่ไม่เหมาะสมทำให้การแยกชนิดของเม็ดพลาสติกเกิดได้ไม่ดี เช่น การใช้อัตราการไหลต่ำเกินไปทำให้เม็ดพลาสติกบางส่วนยังคงเกาะกันอยู่เป็นก้อน หรือ การใช้อัตราการไหลที่สูงเกินไปทำให้ไม่เกิดการแยกกันของส่วนที่ลอยกับส่วนที่จม และยังเกิดจากการที่เม็ดพลาสติกบางส่วนมาติดค้างอยู่ตามท่อ ข้อต่อ ข้อเสี้ยว หรือส่วนต่างๆของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองโดยใช้พลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดหนัก 50 กรัม มาทดสอบในเครื่องแยกพลาสติกโดยใช้ตัวกลางต่างๆที่เตรียมไว้แล้วแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์แต่ละชนิดที่แยกได้จากปริมาณพลาสติกชนิดละ 50 กรัม

ครั้งที่	ตะแกรง	พลาสติก	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละของ น้ำหนัก	น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)
1	Z1	PP	37.8496	75.6992	59.3899
		HDPE	21.5272	43.0544	
		PS	0.0131	0.0262	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z2	PP	2.4012	9.6046	37.3444
		HDPE	24.7834	53.5668	
		PS	10.1598	5.4412	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z3	PP	0.0000	0.0000	43.9937
		HDPE	1.0291	2.0582	
		PS	4.9615	9.9230	
		PET	38.0521	76.1042	
	Z4	PP	0.5446	1.0892	31.1098
		HDPE	1.1957	2.3914	
		PS	25.5714	51.1428	
		PET	3.7821	7.5642	
รวม					168.8328

คิดเป็นร้อยละ 84.4164

หมายเหตุ
 Z1 เป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PP
 Z2 เป็นตะแกรงเพื่อรองรับ HDPE
 Z3 เป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PET
 Z4 เป็นตะแกรงเพื่อรองรับ PS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ตะแกรง	พลาสติก	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละของ น้ำหนัก	น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)
2	Z1	PP	40.4115	80.8230	50.6763
		HDPE	10.2321	20.4642	
		PS	0.0327	0.0654	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z2	PP	3.0341	6.0682	36.0236
		HDPE	28.8775	57.7550	
		PS	4.1120	8.2240	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z3	PP	0.0128	0.0256	45.5468
		HDPE	2.4371	4.8742	
		PS	2.3018	4.6036	
		PET	40.7951	81.5902	
	Z4	PP	0.2304	0.4608	40.6511
		HDPE	2.5743	5.1486	
		PS	30.4132	60.8264	
		PET	7.4332	14.8664	
				รวม	172.8978

คิดเป็นร้อยละ

86.4489

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ตะแกรง	พลาสติก	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละของ น้ำหนัก	น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)
3	Z1	PP	42.2204	84.4408	53.7517
		HDPE	11.4311	22.8622	
		PS	0.1002	0.2004	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z2	PP	5.9022	11.8044	38.9444
		HDPE	30.4711	60.9422	
		PS	2.5711	5.1422	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z3	PP	0.0000	0.0000	51.0016
		HDPE	2.9517	5.9034	
		PS	5.4961	10.9922	
		PET	42.5538	85.1076	
	Z4	PP	1.0793	2.1586	37.3613
		HDPE	0.9810	1.962	
		PS	33.1451	66.2902	
		PET	2.1554	4.3108	
				รวม	181.0585
				คิดเป็นร้อยละ	90.5292

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองโดยใช้พลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดหนัก 50 กรัม มาทดสอบในเครื่องแยกพลาสติกโดยใช้ตัวกลางต่างๆที่เตรียมไว้แล้วแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณของพลาสติกเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดที่แยกได้จากปริมาณพลาสติกชนิดละ 50 กรัม

ครั้งที่	ตะแกรง	พลาสติก	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละของ น้ำหนัก	น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)
1	Z1	PP	38.9306	77.8612	59.2281
		HDPE	20.2150	40.4300	
		PS	0.0825	0.1650	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z2	PP	5.4740	10.9480	34.4284
		HDPE	25.9309	51.8618	
		PS	3.0235	6.0470	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z3	PP	0.0195	0.0390	47.5757
		HDPE	0.1482	0.2964	
		PS	5.6045	11.2090	
		PET	41.8035	83.6070	
Z4	PP	0.6383	1.2766	30.1458	
	HDPE	0.2006	0.4012		
	PS	27.7786	55.5572		
	PET	1.5283	3.0566		
รวม					171.3780

คิดเป็นร้อยละ 85.6890

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

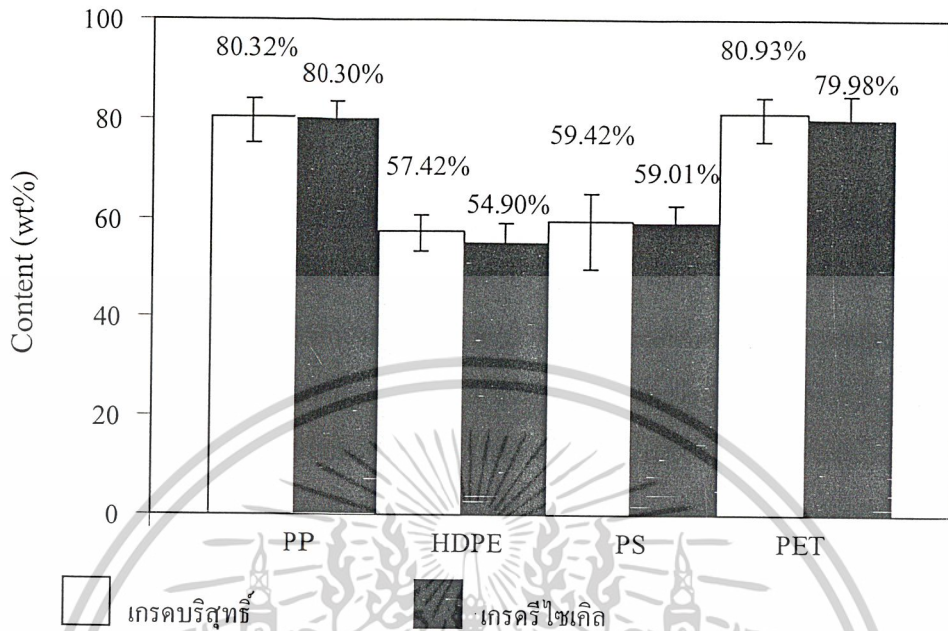
ครั้งที่	ตะแกรง	พลาสติก	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละของ น้ำหนัก	น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)
2	Z1	PP	40.5337	81.0674	51.5633
		HDPE	11.0132	22.0264	
		PS	0.0164	0.0328	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z2	PP	4.3583	8.7166	35.2473
		HDPE	28.4211	56.8422	
		PS	2.4679	4.9358	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z3	PP	0.0000	0.0000	46.6738
		HDPE	1.8569	3.7138	
		PS	4.5885	9.1770	
		PET	40.2284	80.4568	
	Z4	PP	1.0008	2.0016	36.4126
		HDPE	2.3354	4.6708	
		PS	29.6304	59.2608	
		PET	3.4460	6.8920	
				รวม	169.8970
				คิดเป็นร้อยละ	84.9485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ตะแกรง	พลาสติก	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละของ น้ำหนัก	น้ำหนักทั้งหมด (กรัม)
3	Z1	PP	40.9872	81.9744	51.4013
		HDPE	10.3841	20.7682	
		PS	0.0300	0.0600	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z2	PP	4.1090	8.2180	34.2926
		HDPE	27.9940	55.9880	
		PS	2.1896	4.3792	
		PET	0.0000	0.0000	
	Z3	PP	0.0000	0.0000	44.8280
		HDPE	2.5677	5.1354	
		PS	4.3152	8.6304	
		PET	37.9451	75.8902	
	Z4	PP	0.4113	0.8226	40.4700
		HDPE	3.6936	7.3872	
		PS	31.1123	62.2246	
		PET	5.2528	10.5056	
รวม					170.9919
คิดเป็นร้อยละ					84.4960

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.7 และ 4.8 พบว่าความสามารถของเครื่องแยกชนิดของพลาสติกนั้นสามารถแยกชนิดของพลาสติกทั้งเกรดบริสุทธิ์ และเกรดรีไซเคิลได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งได้แสดงประสิทธิภาพของการแยกพลาสติกในรูปของปริมาณร้อยละของพลาสติกแต่ละชนิดที่แยกออกมาได้ตามต้องการ (%Selectivity) ซึ่งได้สรุปไว้ในรูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของพลาสติกเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลแต่ละชนิดที่แยกออกมาได้ตามต้องการ (%Selectivity)

จากแผนภูมิแท่งที่แสดงในรูปที่ 4.22 พบว่าเครื่องแยกชนิดของพลาสติกสามารถแยกพลาสติกทั้งเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลได้ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยสามารถแยก PET ได้ดีที่สุด รองมาเป็น PP PS และ HDPE แยกออกมาได้น้อยที่สุด ซึ่งแต่ละชนิดไม่สามารถแยกออกมาได้ทั้งหมด เนื่องจาก การติดค้างของเม็ดพลาสติกบางส่วนอยู่ในระบบ และประสิทธิภาพในการแยกของเครื่องแยกชนิดของพลาสติกที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เพราะมีพลาสติกส่วนที่จมนและส่วนที่ลอยบางส่วนยังคงเกาะรวมกันอยู่ และความหนาแน่นของตัวกลางที่ไม่คงที่ เนื่องจากการระเหยของตัวกลางและอาจมีน้ำที่ยังเหลือค้างอยู่ในระบบเข้ามาผสม

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการสร้างเครื่องแยกพลาสติกโดยอาศัยหลักการจมและลอยของพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่างกัน ต้องทราบความหนาแน่นของพลาสติกที่นำมาแยกก่อน โดยใช้วิธี Column Gradient Technique และพบว่าความหนาแน่นของพลาสติกแต่ละชนิดไม่มีความแปรผันมากอันทำให้ประสิทธิภาพของการแยกดียิ่งขึ้น และความสามารถในการแยกนี้ขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของตัวกลางที่ใช้ คือ น้ำ ความหนาแน่นเท่ากับ 1.00 g/cm^3 น้ำเกลือ ความหนาแน่นเท่ากับ 1.17 g/cm^3 สารละลายเอทานอล ความหนาแน่นเท่ากับ 0.88 g/cm^3 ในการแยกพลาสติกเกรดบริสุทธิ์ และความหนาแน่นเท่ากับ 0.92 g/cm^3 ในการแยกพลาสติกเกรดรีไซเคิล

นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอัตราการไหล ควรปรับอัตราการไหลอย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดการแยกชั้นลอยและจม โดยใช้อัตราการไหลที่ความต่างปรอทเป็น 13 ซึ่งเป็นอัตราการไหลที่สูงที่สุดในตอนแรกเพื่อให้เม็ดพลาสติกไม่เกาะรวมกันเป็น แล้วค่อยๆปรับลดอัตราการไหลลงจนความต่างปรอทเป็น 3 ในตัวกลางน้ำ และสารละลายแอลกอฮอล์ ซึ่งมีความหนืดใกล้เคียงกัน และความต่างปรอทเป็น 5 ในตัวกลางน้ำเกลือ เนื่องจากความหนืดสูงกว่าตัวกลางชนิดอื่น เพื่อให้เกิดการแยกระหว่างชั้นที่ลอยและจม

การใช้เครื่องแยกชนิดพลาสติกที่อาศัยหลักการจมและลอยสามารถเทียบประสิทธิภาพของเครื่องแยกพลาสติกนี้กับร้อยละการแยกพลาสติกผสมแต่ละชนิดได้ดังตารางที่ 5.1 พบว่าประสิทธิภาพการแยกพลาสติกทั้งเกรดบริสุทธิ์และเกรดรีไซเคิลไม่แตกต่างกันมากนัก และประสิทธิภาพการแยก HDPE > PS > PET > PP

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพของเครื่องแยกพลาสติก

พลาสติก	ร้อยละการแยกพลาสติกผสม
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกรดบริสุทธิ์	80.32
พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกรดรีไซเคิล	80.30
พอลิพรอพิลีนเกรดบริสุทธิ์	57.42
พอลิพรอพิลีนเกรดรีไซเคิล	54.90
พอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลทเกรดบริสุทธิ์	59.42
พอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลทเกรดรีไซเคิล	59.01
พอลิสไตรีนเกรดบริสุทธิ์	80.93
พอลิสไตรีนเกรดรีไซเคิล	79.98

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.1 จะพบว่าเม็ดพลาสติกที่แยกออกมาได้นี้จะไม่ครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดได้จาก

- การเตรียมตัวกลางไม่ดี หรือตัวกลางเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นไป เช่นมีน้ำมาปน แอลกอฮอล์เกิดการระเหยไป เกิดเกิดการตกผลึก เป็นต้น ทำให้ประสิทธิภาพในการลอยและจมของเม็ดพลาสติกไม่ดี
- อัตราการไหลที่ใช้ในการทดสอบที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้อัตราการไหลต่ำเกินไปทำให้เม็ดพลาสติกบางส่วนยังคงเกาะกันอยู่เป็นก้อน หรือ การใช้อัตราการไหลที่สูงเกินไปทำให้ไม่เกิดการแยกกันของส่วนที่ลอยกับส่วนที่จม
- มีเม็ดพลาสติกบางส่วนที่ติดค้างอยู่ตามท่อ ข้อต่อ ข้อเสี้ยว วาล์ว หรือส่วนต่างๆภายในระบบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปั่นกววนเพื่อให้พลาสติกเข้าสู่สมดุลได้เร็วขึ้น
2. วิธีนี้ต้องมีการวัดความหนาแน่นของพลาสติกที่จะแยกก่อน เพื่อที่จะหาตัวกลางที่เหมาะสมได้
3. ในการใช้อัตราการไหลให้มีความเหมาะสมนั้นควรกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละอัตราการไหล
4. ควรมีการควบคุมความหนาแน่นของตัวกลางให้คงที่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วิวรรณ ธรรมมงคล. 2546. พลาสติกรีไซเคิล. [Online]. Available : <http://kanchanapisek.or.th/amf/articles/article-2.th.html>.
2. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2546 . การรีไซเคิลพลาสติก. [Online].Available : <http://oldweb.smethai.net/j>.
3. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2546. การรีไซเคิล. [Online]. Available : <http://www.school.net.th/library/snet6/envi4/recycle/re.htm>.
4. Buekens, A.G. and Huang, H. 1998. "Catalytic Plastics Cracking for Recovery of Gasoline-Range Hydrocarbons from Municipal Plastics Wastes." **Chemical Resources, Conservations and Recycling**, 23 (3) : 163-181.
5. Gisela, M.A. and Jorge, T.A. 2000. "Use of Flotation to Separate PVC/PET Mixtures." **Waste Management**, 20 : 265-269.
6. Shibata, J., Matsumoto, S., Yamamoto, H., Kusaka., E. and Pradip , R.. 1996. "Flotation Separation of Plastics Using Selective Depressants." **Int. J. Miner. Process**, 48 : 127-134.
7. Pascoe, R.D. and Hou, Y.Y. 1999. "Investigation of the Importance of Particle Shape and Surface Wettability on the Separation of Plastics in a Larcodems Separator." **Miner. Eng.** 12(4) : 423-431.
8. Shen, H. , Pugh, R.J. and Forssberg, E. 2001. "Selective Flotation Separation of Plastics by Particle Control." **Chemical Resources, Conservations and Recycling**, 33 : 37-50.
9. Shen, H. , Pugh, R.J. and Forssberg, E. 2002. "Floatability, Selectivity and Flotation Separation of Plastics by Using a Surfactant." **Colloids and Surfaces A:Physicochem. Eng. Aspects**, 196 : 63-70.
10. Shen, H. , Pugh, R.J. and Forssberg, E. 2002. "Selective Flotation Separation of Plastics by Chemical Conditioning with Methyl Cellulose." **Chemical Resources, Conservations and Recycling**, 35 : 229-241.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. Ehrig, R.J., editor. 1992. **Plastics Recycling**. New York : Hanser.
13. Dietrich, B. 1986. **Simple Methods for Identification of Plastics**. 2nd ed. Wien : Hanser.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้