สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตเม็ดสีสะท้อนแสงจากวัสดุประเภทพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่

นายพิเชฐ รักสันติเขต

นางสาววรพรรณ พิศาลสงคราม

นางสาวสุรางคนา ศรีทันดร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49269
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2547

.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Production of Reflective Pigment from Recycled Plastics

Mr.Pichet Rucksuntiket

Miss Worapan Pisalsongkram

Miss Surankana Srithundron

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King's mongkut Institute of technology Ladkrabang

Academic Year 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตเม็ดสีสะท้อนแสงจากวัสดุประเภทพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่

นักศึกษา นายพิเชฐ รักสันติเขต

นางสาววรพรรณ พิศาลสงคราม

นางสาวสุรางคนา ศรีทันดร

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

กรรมการ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร	.....
กรรมการ	ดร. พัชนี เจริญยิ่ง	.....
กรรมการ	รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย	.....

.....

(รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การผลิตเม็ดสีสะท้อนแสงจากวัสดุประเภทพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่	
นักศึกษา	นายพิเชฐ	รักสันติเขต
	นางสาววรพรรณ	พิศาลสงคราม
	นางสาวสุรางคนา	ศรีทันดร
ภาควิชา	เคมี	คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2545	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สมศักดิ์	วรมงคลชัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการผลิตเม็ดสีสะท้อนแสงจากพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ได้จากขวดน้ำขุ่น โดยได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการรีไซเคิลของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว ทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิที่หัวดาย และความเร็วรอบของสกรู แล้วเลือกสภาวะที่ให้สมบัติเชิงกลของพลาสติกดีที่สุด จากนั้นทำการผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ได้จากขวดน้ำขุ่นกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ในปริมาณต่างๆ คือ 10 30 และ 50 phr โดยใช้กรดสเตียริกเป็นสารช่วยกระจายตัวในปริมาณ 1 และ 3 phr และใช้ออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์เป็นสารเพิ่มความสว่าง ทำการศึกษาสมบัติทางสัณฐานวิทยาและสมบัติทางแสง

จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการรีไซเคิลของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว คือ อุณหภูมิที่หัวดายเป็น 180 $^{\circ}C$ และความเร็วรอบเป็น 40 รอบต่อนาที และสูตรในการผลิตเม็ดสีสะท้อนที่ให้สมบัติทางแสงและสมบัติทางสัณฐานวิทยาที่ดีที่สุดคือ ปริมาณเม็ดสี 30 phr ที่ไม่มีการเติมกรดสเตียริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Production of Reflective Pigment from Recycled Plastic	
Name	Mr.Pichet	Rucksuntiket
	Miss Worapan	Pisalsongkram
	Miss Surankana	Sritundron
Department	Chemistry	
Program	Industrail	Chemistry
Academic Year	2002	
Special Project Adviser	Assoc.Prof.Dr. Somsak	Woramongkolchai

Abtract

This special project aims to produce the reflective pigment from recycle plastics. In this research, recycle high density polyethylene from bottle was used by varied the die temperature and screw speed of single-screw extruder and then choose the appropriate condition with optimum properties. The recycle high density polyethylene was mixed with varies fluorescence pigment to 10, 30 and 50 phr. Stearic acid was used as a dispersing agent by varied amount to 1 and 3 phr, with the optical brightener as 0.5 phr. Then the morphological and optical properties were investigated.

The result show that the appropriate conditions for the recycle with single-scerw extruder were die temperature of 180 $^{\circ}$ C and screw speed of 40 rpm. From studying the morphological and optical properties indicate that amount of fluoresence pigment was 30 phr and no stearic acid and optical brightener add

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ อบรมสั่งสอน และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร และ ดร. พัชนี เจริญยิ่ง อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่ให้คำแนะนำและตรวจทานแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณวิชัย เอกแสงกุล บริษัท สีอีสาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบความเงาของชิ้นงาน

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ ให้คำแนะนำและให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมา ทำให้โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณเจตน์ จิตเมตตา รุ่นพี่รุ่น 15 ที่ให้ความอนุเคราะห์เม็ดสีฟลูออเรสเซนต์เพื่อใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คุณศุภโชค สินเจริญสุขสกุล รุ่นพี่รุ่น 15 ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบสีสันและการสะท้อนแสงของชิ้นงาน

สุดท้ายขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี บุคคลที่ให้การช่วยเหลือทุกท่านและขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายพิเชฐ รักสันติเขต

นางสาววรพรรณ พิศาลสงคราม

นางสาวสุรางคนา ศรีทันดร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1. ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2. วัตถุประสงค์	1
1.3. ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4. ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1. พอลิเอทิลีน	3
2.2. สารให้สี	6
2.3. สีสันและการมองเห็น	9
2.4. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	11
2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 การวิจัยและดำเนินการ	
3.1. สารเคมีที่ใช้	19
3.2. เครื่องมือและอุปกรณ์	19
3.3. วิธีการทดลอง	23
3.4. การทดสอบสมบัติ	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกของเครื่องอัดรูปชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว	29
4.2. ศึกษาปริมาณสีที่เหมาะสมและผลของสารช่วยกระจายตัว	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3. ศึกษาผลของออพติคอล ไบร์ทเทนเนอร์ที่มีต่อความสว่าง
ของชิ้นงาน 37
4.4. ศึกษาการนำเม็ดสีเข้มข้นไปใช้งาน 38
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ
5.1. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการรีไซเคิลพลาสติก 40
ของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว
5.2. ปริมาณสีที่เหมาะสมและผลของสารช่วยกระจายตัวและ
ออพติคัล ไบร์ทเทนเนอร์ 40
5.3. ความเป็นไปได้ในการนำพอลิเมอร์ผสมไปใช้งาน 41
5.4 ข้อเสนอแนะ 41
เอกสารอ้างอิง 42
ภาคผนวก 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงโครงสร้างของพอลิเอทิลีน	3
รูปที่ 2.2	มาตรสามมิติ	10
รูปที่ 2.3	ภาพแสดงปฐมภูมิสี	10
รูปที่ 2.4	ตัวอย่างชิ้นงานดรัมเบล	11
รูปที่ 2.5	เครื่องทดสอบแรงดึง	11
รูปที่ 2.6	เครื่องทดสอบความแข็งกดแบบร็อคเวลล์	12
รูปที่ 2.7	เครื่องทดสอบความแข็งกดแบบดูโรมิเตอร์	13
รูปที่ 2.8	เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว	14
รูปที่ 2.9	เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก	14
รูปที่ 2.10	เครื่องโม่ตัด	15
รูปที่ 2.11	เครื่องสเปคทรอโฟโตมิเตอร์	17
รูปที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงดึงกับค่าความเร็วรอบของสกรูที่อุณหภูมิต่างๆ ของขวดน้ำขุ่นที่นำมารีไซเคิล	30
รูปที่ 4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสกับความเร็วรอบของสกรูที่อุณหภูมิต่างๆ ของขวดน้ำขุ่นที่นำมารีไซเคิล	30
รูปที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Hardness กับความเร็วรอบของสกรูที่อุณหภูมิต่างๆ ของขวดน้ำขุ่นที่นำมารีไซเคิล	31
รูปที่ 4.4	SEM กำลังขยาย1,000 เท่า แสดงลักษณะของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์	31
รูปที่ 4.5	SEM กำลังขยาย1,000 เท่า แสดงลักษณะของสารเพิ่มความสว่าง	32
รูปที่ 4.6	SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 10 phrในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่เติมกรดสเตียริก	33
รูปที่ 4.7	SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 10 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยเติมกรดสเตียริก 1 phr	33
รูปที่ 4.8	SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 10 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยเติมกรดสเตียริก 3 phr	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสี ฟลูออเรสเซนต์ 30 phrในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่เติมกรดสเตียริก 34
รูปที่ 4.10 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสี ฟลูออเรสเซนต์ 30 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยเติมกรดสเตียริก 1 phr 34
รูปที่ 4.11 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสี ฟลูออเรสเซนต์ 30 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยเติมกรดสเตียริก 3 phr 35
รูปที่ 4.12 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสี ฟลูออเรสเซนต์ 50 phrในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่โดยไม่เติมกรดสเตียริก 35
รูปที่ 4.13 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสี ฟลูออเรสเซนต์ 50 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยเติมกรดสเตียริก 1 phr 35
รูปที่ 4.14 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสี ฟลูออเรสเซนต์ 50 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยเติมกรดสเตียริก 3 phr 35
รูปที่ ค.1ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการเติมเม็ดสี 10 phr โดยไม่เติมสารช่วยเพิ่มความสว่างเทียบกับสูตรที่มีการเติม สารช่วยเพิ่มความสว่าง 46
รูปที่ ค.2 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการเติมเม็ดสี 30 phr โดยไม่เติมสารช่วยเพิ่มความสว่างเทียบกับสูตรที่มีการเติม สารช่วยเพิ่มความสว่าง 46
รูปที่ ค.3 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการเติมเม็ดสีเข้มข้น 30 phr ปริมาณ 0.5 phr กับ HDPE เทียบกับสูตรที่มีการผสมเม็ดสี 1 phr กับ HDPE 47
รูปที่ ค.4 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการเติมเม็ดสีเข้มข้น 30 phr ปริมาณ 0.7 phr กับ HDPE เทียบกับสูตรที่มีการผสมเม็ดสี 1 phr กับ HDPE 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.5 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการเติมเม็ดสีเข้มข้น 30 phr
ปริมาณ 0.9 phr กับ HDPE เทียบกับสูตรที่มีการผสมเม็ดสี
1 phr กับ HDPE 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สมบัติบางประการของพอลิเอทิลีน 5

ตารางที่ 3.1 สมบัติบางประการของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ และออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์ 21

ตารางที่ 3.2 สภาวะของเครื่องอัดรีดที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง 25

ตารางที่ 3.3 ปริมาณการผสมพลาสติก น้ำมันแนฟทานิค และเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 26

ตารางที่ 3.4 ปริมาณการผสมพลาสติก น้ำมันแนฟทานิค เม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ และกรดสเตียริก 26

ตารางที่ 3.5 ปริมาณการผสมเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ น้ำมันแนฟทานิค และออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์ 27

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบวนการรีไซเคิลพลาสติกของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว 29

ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณสีและปริมาณเกรดสเตียริกที่มีต่อค่าความเงาของชิ้นงาน 36

ตารางที่ 4.3 ผลของสารช่วยเพิ่มความสว่าง (Optical Brightener) ที่มีต่อสีสันและ%การสะท้อนแสงของชิ้นงาน 37

ตารางที่ 4.4 ผลการนำเม็ดสีเข้มข้นไปใช้งานเปรียบเทียบกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 38

ตาราง ก 1 สมบัติเชิงกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ความเร็วรอบและอุณหภูมิโซนที่ 4 (หัวดาย) ต่างๆ 44

ตาราง ข 1 สมบัติทางแสงด้านความเงาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และกรดสเตียริก 45

ตาราง ข 2 สมบัติทางแสงด้านความเงาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าสารเติมแต่งที่มีความสำคัญกับงานด้านพลาสติก ทางด้านเพิ่มความสวยงามให้กับผลิตภัณฑ์ก็คือ "สี" ปัจจุบันสีที่ใช้ในงานด้านพลาสติกนั้นมีมากมายหลายประเภท การที่เลือกใช้สีชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและการนำไปใช้งาน สีที่นิยมใช้กันชนิดหนึ่งคือ "สีสะท้อนแสง" ซึ่งสีสะท้อนแสงนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆได้อย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นป้ายโฆษณา หรือฉลากสินค้าต่างๆ เนื่องจากสีทั่วไปนั้นมีคุณสมบัติทึบแสง แต่สีสะท้อนแสงมีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากสีทั่วไป คือ เมื่อมีแสงมาตกกระทบวัสดุที่ผสมด้วยสีสะท้อนแสง วัสดุนั้นจะดูดกลืนแสงเหล่านั้นเอาไว้และเกิดการสะท้อนกลับออกมาทำให้มองเห็นเป็นแสงสว่างขึ้นมา จึงทำให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

แต่ปัจจุบันพบว่าเม็ดสีสะท้อนแสงมีราคาค่อนข้างสูง โดยจะมีราคาประมาณ 600-3000 บาท/กิโลกรัม อันเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการผลิตที่ยุ่งยาก จึงได้มีการคิดที่จะนำพลาสติกมาผสมกับเม็ดสีสะท้อนแสงเพื่อผลิตเป็นเม็ดสีเข้มข้น (Masterbatch) เพื่อเป็นการลดปริมาณเม็ดสีที่จะใช้ผสมกับพลาสติกและลดต้นทุนการผลิต แต่การที่จะนำพลาสติกบริสุทธิ์มาใช้ผลิตนั้นจะทำให้เป็นการสิ้นเปลือง ประกอบกับมีการอุปโภคพลาสติกในงานต่างๆเพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลทำให้ปริมาณขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดขยะพลาสติกเหล่านี้ โดยวิธีที่เหมาะสมและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ (Recycled)

ด้วยเหตุนี้ในโครงงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการนำพลาสติกที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตเป็นเม็ดสีสะท้อนแสงสำหรับประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวในการผลิตเม็ดสีสะท้อนแสง
2. เพื่อศึกษาปริมาณของสีสะท้อนแสงที่เหมาะสมในพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่
3. เพื่อศึกษาถึงผลของสารเติมแต่งอื่นๆที่มีผลต่อสมบัติทางสัณฐานวิทยา และสมบัติทางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.ศึกษาสภาวะในการรีไซเคิลที่เหมาะสมของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวและเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ในสภาวะการผลิตที่แตกต่างกัน

2.ศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติทางสัณฐานวิทยาและสมบัติทางแสงของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และสารช่วยกระจายตัวในปริมาณต่างๆ กัน

3.ศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติทางแสงของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และสารช่วยเพิ่มความสว่างในปริมาณต่างๆ

1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

เตรียมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่ได้จากขวดน้ำขุ่น นำมาทำการทดสอบหาสภาวะการรีไซเคิลที่ให้สมบัติเชิงกลดีที่สุดโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว (Single screw extruder) จากนั้นนำพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่ได้จากขวดน้ำขุ่นมาผสมเม็ดฟลูออเรสเซนต์และสารช่วยกระจายตัวโดยทำการผสมในอัตราส่วนที่ต่างกัน แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางสัณฐานวิทยา เลือกสูตรที่ให้สมบัติดีที่สุดนำไปผสมกับสารช่วยเพิ่มความสว่างแล้วทดสอบสมบัติทางแสงเพื่อหาสูตรที่ให้สมบัติดีที่สุด

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทราบถึงกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดสีจากพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่

2.สามารถผลิตเม็ดสีที่นำไปใช้ในงานต่างๆ ได้

3.สามารถลดต้นทุนในการผลิตเม็ดสีเม็ดสีสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1พอลิเอทิลีน (Polyethylene) [1]

พอลิเอทิลีนเกิดจากพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerisation) ของเอทิลีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีลักษณะเป็นไขจนถึงน้ำหนักโมเลกุลและความเป็นผลึกสูง มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.1

$$+CH_2-CH_2+_n$$

รูปที่2.1 โครงสร้างของพอลิเอทิลีน

ลักษณะโดยทั่วไปคือเหนียว ดูดซึมความชื้นได้น้อยมาก ทนทานต่อสารเคมีได้มาก เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีเยี่ยม มีสัมประสิทธ์ของความเสียดทานต่ำ สามารถขึ้นรูปด้วยกระบวนการต่างๆได้ง่าย พอลิเอทิลีนได้จากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันของเอทิลีน โดยพอลิเอทิลีนที่ผลิตขึ้นในทางการค้าครั้งแรกเป็นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ

ในปัจจุบันมีพอลิเอทิลีนเกรดต่างๆ ตามโครงสร้างโมเลกุลและลักษณะสมบัติตลอดจนการใช้งานได้เป็นกลุ่มต่างๆดังต่อไปนี้ [2]

- พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE)
  ความหนาแน่น 0.915-0.935 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE)
  ความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE)
  ความหนาแน่น 0.941-0.967 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมาก (VLDPE)
  ความหนาแน่น 0.880-0.912 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- พอลิเอทิลีนน้ำหนักโมเลกุลสูง (HMWPE)
  น้ำหนักโมเลกุล 200,000-500,000
- พอลิเอทิลีนน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก (UHMWPE)
  น้ำหนักโมเลกุล 3,000,000

นอกจากนี้มีพอลิเอทิลีนชนิดเชื่อมโยงคลอโรซัลโฟเนทเต็ทพอลิเอทิลีนและโคพอลีเมอร์ต่างๆของเอทิลีนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE)

ในปี ค.ศ. 1930 เริ่มมีการผลิตพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำครั้งแรกซึ่งเป็นเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดแรกที่นำมาใช้ทางการค้า กระบวนการผลิตและลักษณะโดยทั่วไปของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีดังนี้

- ความดันที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะสูงมาก 1,000-3,000 บรรยากาศ(15,000-45,000 psi)
- อุณหภูมิที่ใช้ในปฏิกิริยาพอลิเมไรเซชัน 200-400 องศาเซลเซียส
- พอลิเอทิลีนที่ได้มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.915-0.935 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลกว้างและมีกิ่งก้านสาขาภายในโมเลกุลมาก

สมบัติของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

- ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้เนื่องจากมีส่วนของอสัณฐานซึ่งมีปริมาตรอิสระยอมให้มีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลได้ จึงมีช่องว่างพอที่จะให้โมเลกุลของก๊าซซึมผ่านได้
- การไหลตัวดี
- ช่วงอุณหภูมิการใช้งานแคบโดยมีอุณหภูมิในการหลอมตัวอยู่ในช่วง 98-120 องศาเซลเซียส
- ค่าความต้านทานแรงกระแทกดีพอสมควร
- เป็นตัวกั้นความชื้นได้ดี
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี

การนำพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำไปใช้งาน

- ฟิล์มและงานเคลือบหลายชั้น (Lamination) เช่น ถุงที่ต้องการความใสมากๆ
- งานฉีดแบบ (Injection moulding)
- งานเป่าแบบ (Blow moulding)
- งานอื่นๆ เช่น งานฉีดท่อ (Pipe extrusion) งานเคลือบสายไฟฟ้าและเคเบิ้ล (Wire and Cable coating)

2.1.2 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)

ในกลางปี ค.ศ. 1941 ได้มีการผลิตพอลิเอทิลีนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทไททาเนียมเททระคลอไรด์ ซึ่งสามารถทำให้เอทิลีนรวมตัวกันได้โดยไม่ต้องใช้ความดันสูง ซึ่งพอลิเอทิลีนที่ได้มีลักษณะของสายโซ่ที่แตกต่างกันไป เรียกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

- มีลักษณะสายโซ่โมเลกุลที่มีลักษณะเรียงตัวต่อกันเป็นแนวยาวมีกิ่งก้านสาขาน้อย มีความเป็นผลึกสูง มีความหนาแน่น 0.941-0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมประมาณ 135 องศาเซลเซียส โดยจะมีความแข็งแรงที่สูงกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

การนำพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงไปใช้งาน [3]

- ใช้กับงานขึ้นรูปโดยการเป่าเกือบ 40 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมด ใช้ทำขวดและภาชนะบรรจุอื่นๆ ที่ต้องใช้ความต้านทานและทนต่อแรงเค้นสูง
- สำหรับงานขึ้นรูปโดยการฉีด มีประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมด ใช้ทำของเด็กเล่น เครื่องใช้ในบ้าน นอกจากนี้ยังใช้ทำฟิล์ม เชือก ฉนวนหุ้มสายไฟและสายเคเบิ้ล เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 สมบัติบางประการของพอลิเอทิลีน[4]

สมบัติ	LDPE	HDPE
Specific gravity (g/cm^3)	0.917-0.932	0.952-0.965
Melt Flow (g/10 min)	-	5-18
Melting Temp.°C Tg	-25	98-115
Tm		130-137
Processing Temp. °F	I:300-450	I:350-500
(I=Injection,E=Extrusion)	E:250-450	E:350-525
Tensile strength at break,psi	1200-4550	3200-4500
Elongation at break,%	100-650	10-1200
Tensile modulus,10^3 psi	25-41	155-158
Flexural modulus, 10^3 psi at 73 °F	35-48	145-225
Izod impact,ft-lb/in of notch	No break	0.4-4.0
Hardness Shore/Barcol	Shore D 44-50	Shore D 66-73
Deflection Temp. under flexural load 66 psi	104-112	175-196

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สารให้สี (Colorants) [5]

สีเป็นสารเติมแต่งชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก ในงานด้านพลาสติกเพื่อช่วยเพิ่มความสวยงามโดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภทของสารให้สีดังนี้

1.สีย้อม (Dyes) เป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างทางเคมีซับซ้อน สามารถละลายได้ในพอลิเมอร์ หรืออนุภาคที่ละเอียดโดยไม่เกิดการกระจายตัว (scatter) หรือสะท้อนแสงจึงให้สีโปร่งใสได้(transparent colors) ใช้กับพอลิเมอร์ที่มีอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว(Tg)สูง เช่น พอลิสไตรีน (PS) พอลิเมทิลเมทาคริเลท (PMMA) และพีวีซี (PVC) ที่ไม่ผสมพลาสติไซเซอร์ สีย้อมให้สีที่มีความใสดีเลิศ แต่ไม่ทนต่อความร้อนและแสง โดยทั่วไปมีโครงสร้างของเอโซ (Azo) และแอนทราควิโนน (Antraquinone) เป็นพื้นฐาน

2.เม็ดสี (Pigments) เป็นอนุภาคที่ไม่ละลายหรือเกิดพันธะบนผิวของอนุภาค นิยมใช้ผลิตสีทึบแสง (Opaque colors) สามารถแบ่งเป็นประเภทได้ดังนี้ [6]

- **เม็ดสีอนินทรีย์ (Inorganic Pigments)** คือสารเคมีที่มีโครงสร้างง่ายๆสามารถกระจายตัวในเนื้อเรซินได้ง่าย สีที่ได้จากสารประเภทนี้ไม่สดใสเท่าสีย้อมหรือเม็ดสีอินทรีย์ แต่เนื่องจากมีโครงสร้างทางอนินทรีย์จึงทนต่อความร้อนและแสงแดดได้ดี ตัวอย่างเม็ดสีอนินทรีย์ได้แก่
  - ไทเทเนียมไดออกไซด์นิยมใช้กันมาก โดยใช้เป็นรงควัตถุทึบแสง และเป็นสารให้สีขาวในพลาสติก โดยประมาณ 90 เปอร์เซนต์ เป็นรงควัตถุประเภทอนินทรีย์ในอุตสาหกรรมพลาสติก
  - เหล็กออกไซด์ทำเป็นหลายสีได้ เช่น สีแดง สีเหลือง สีน้ำตาล และสีดำซึ่งมีความเสถียรไม่เป็นพิษ และค่าใช้จ่ายต่ำแต่มักจะใช้เมื่อลักษณะที่ปรากฏทึบแสง (dull appearance)
  - แคดเมียมและโมลิบดีนัมให้ช่วงของสีเหลืองไปถึงสีแดงสว่าง ราคาปานกลางแต่พบว่ามีปัญหาต่อร่างกาย
  - ไอรอนบลู (Iron blues) ดึงดูดใจและมีราคาไม่แพงมากนัก
  - โคบอลต์ บลู (Cobalt blues) ดึงดูดใจแต่มีราคาแพง
- **เม็ดสีอินทรีย์ (Organic Pigments)** เม็ดสีอินทรีย์ ให้สีทึบแสงแต่สดใส หรือให้สีโปร่งแสง และโปร่งใสแต่มีความสดใสไม่เท่ากับสีที่ได้จากสีย้อม ตัวอย่างเม็ดสีอินทรีย์ ได้แก่
  - ผงคาร์บอน (Carbon black) จัดเป็นสารอินทรีย์ที่อยู่ในชั้นแนวหน้า ใช้เป็นสารให้สี (colorants) แต่ส่วนมากนิยมใช้เป็นสารเสริมแรง การทำให้เกิดเสถียรภาพการนำไฟฟ้า และจุดประสงค์อื่นๆ แต่ตามความจริงแล้วเม็ดสีนิโกรซีน (Nigrosine dye) จัดเป็นสารให้สีดำที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พลาทาโลไซยานิน (Phthalocyanines) นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางให้สารสีน้ำเงินและสีเขียว
- อะนิลีน (Anilines) ใช้เป็นสารให้สีส้ม
- แอนทราควิโนน (Anthraquinones) ใช้เป็นสารให้สีเหลือง
- คาร์บาโซล (Carbazoles) ใช้เป็นสารให้สีแดง
- ไดเอริลไลด์ (Diarylides) ใช้เป็นสารให้สีเหลือง
- ไดเอโซ (Diazos) ใช้เป็นสารให้สีเหลืองไปถึงสีแดง
- ไอโซอินโดลีนและไอโซอินโดลิโนน (Isoindolines and Isoindolinones) ให้สารสีเหลืองไปจนถึงสีแดง
- โมโนเอโซ (Monoazos) ให้สารสีเหลืองไปจนถึงสีส้ม
- นิเกลเอโซ (Nickel Azos) ให้สารสีเหลือง
- เพอริสีน (Perylenes) ให้สารสีแดง

สารอินทรีย์นี้นิยมใช้มากกว่าสารอนินทรีย์ เนื่องจากสารอนินทรีย์มีความเป็นพิษมากกว่า แต่สารอินทรีย์นี้มีปัญหาในเรื่องของความไม่มีเสถียรภาพและราคาแพง

- **เม็ดสีชนิดพิเศษ (Special Effect Pigments)** มีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ ตัวอย่างเช่น [7]
  - ฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Pigment) เมื่อมีแสงตกกระทบ รังสีจะถูกดูดกลืนและถูกปล่อยออกมาในช่วงความยาวคลื่นอื่นของสเปกทรัม โดยปกติแล้วจะให้คลื่นที่ความยาวมาก ช่วงของคลื่นที่มนุษย์มองเห็นเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่าง 380-780 นาโนเมตร ตัวอย่างเช่น รังสีที่ 360 นาโนเมตรถูกดูดกลืนไว้แล้วถูกปล่อยออกมาที่ 420 นาโนเมตร การวัดค่าที่ 420 นาโนเมตร อาจจะได้ค่ามากกว่า 100 % เมื่อเห็นปริมาณแสงส่วนเกินเพิ่มเข้าไปด้วยจึงไปปรากฏที่ตามนุษย์ให้รู้สึกว่าวัตถุเปล่งแสงเองได้
  - ลูมิเนสเซนต์ และ ฟอสฟอเรสเซนต์ (Luminescent and Phosphorescent Pigment) เม็ดสีพวกลูมิเนสเซนต์ และ ฟอสฟอเรสเซนต์ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลึกของ ZnS CdS and ZnO ซึ่งสามารถกักเก็บกลืนแสงอัลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet) หรือแสงช่วงที่ตามองเห็น (Visible Light) และเปล่ง แสงออกมาในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นเมื่อแหล่งแสงหายไป
  - อีมิชชั่น (Emission Pigment) เป็นเม็ดสีที่สามารถเปล่งแสงออกมาได้โดยไม่จำเป็นต้องมีแหล่งแสงจากภายนอก มีราคาค่อนข้างแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ออพติคอล ไบร์ทเทนเนอร์ (Optical Brightener) มักใช้เป็นสารที่ช่วยเพิ่มความสว่างให้กับงานต่างๆ สามารถดูดกลืนแสงอัลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet) และเปล่ง แสงออกมาในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น

2.2.2 การแบ่งประเภทของสีตามลักษณะทางกายภาพและการนำไปใช้งาน

สีที่ใช้ในอุตสากรรมพลาสติก สามารถจำแนกตามรูปร่างและลักษณะของสีที่นำไปใช้งานดังนี้

1.รงควัตถุของสีผง (Powdered Color Pigments) อนุภาคหลักเป็นผลึกแยกเดี่ยว (individual crystals) โดยจะยึดกันเป็นก้อนอย่างหนาแน่น เรียกว่าการรวมกัน (aggregates) ต่อจากนั้นจะรวมกันอย่างหลวม (loose clumps) เรียกว่าการรวมกันเป็นก้อน (agglomerates) จะมีลักษณะเป็นอนุภาคผงละเอียดมีขนาดอยู่ในช่วง 0.02-100 μm ผู้ใช้สีจะต้องนำเม็ดสีไปผสมกับเม็ดพลาสติกก่อนแล้วจึงนำไปขึ้นรูป คุณภาพการกระจายตัวของสีจะขึ้นตรงกับประสิทธิภาพของเครื่องขึ้นรูปพลาสติก การใช้สีประเภทนี้จะทำให้เกิดความสกปรก เลอะเทอะ เนื่องจากอนุภาคของผงสีในบริเวณที่ปฏิบัติงาน

2.เม็ดพลาสติกผสมสี (Colored Compound) เป็นเม็ดพลาสติกที่ทำการผสมสีเข้าไปในเนื้อพลาสติกเรียบร้อยแล้วจากโรงงานผู้ผลิต ผู้ใช้สามารถนำเม็ดพลาสติกที่ผสมสีสำเร็จรูปไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้เลย เม็ดพลาสติกที่ผสมสีสำเร็จรูปมีราคาแพงและผู้ใช้มีโอกาสเลือกสีได้น้อย

3.สีน้ำ (Liquid Color) เป็นการทำให้สารมีสีกระจายตัวในของเหลวก่อน แล้วผสมเข้ากันกับเรซิน โดยการตวงไปใส่ที่ฐานของส่วนป้อนหรือในตอนเริ่มต้นของสกรูในเครื่องอัดรีด หรือเครื่องอัดรีดแบบชนิดฉีด และผสมกับเรซินอย่างสม่ำเสมอโดยใช้เวลาผสมจนกระทั่งออกจากสกรู แม้ว่าจะจัดเป็นเทคนิคสากล แต่จะพบเห็นเฉพาะกระบวนการที่ต้องอาศัยเทคนิคที่เหมาะสมในการจัดการ

4.เม็ดสีเข้มข้น หรือ มาสเตอร์แบชสี (Color Concentrate or Masterbatch) [8] เป็นเม็ดสีที่ได้จากการกระจายตัวของสีอย่างสม่ำเสมอ โดยจะมีสารพา คือ เรซิน หรือสารเคมีที่มีความสามารถในการผสมเข้ากับพลาสติกได้ดี ความเข้มข้นของเม็ดสีที่ใช้เป็นเม็ดสีเข้มข้นในพลาสติกปกติจะมีสารให้สีอยู่ประมาณ 25-50 เปอร์เซ็นต์สำหรับเม็ดสีอินทรีย์ และ 10-60 เปอร์เซ็นต์สำหรับเม็ดสีอนินทรีย์ โดยจะมีอัตราส่วนความเข้มข้นของวัสดุบริสุทธ์กับเม็ดสีเข้มข้น (virgin & masterbatch) เป็น 1 ต่อ 20 ถึง 1 ต่อ 100 เทคนิคนี้ ค่าใช้จ่ายต่ำ นิยมใช้กับเรซินที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค เช่น พอลิเอทิลีน (PE) พอลิสไตรีน(PS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้สีในพลาสติก

เนื่องจากสีที่ใช้ในพลาสติกมีความสำคัญต่อสมบัติการนำผลิตภัณฑ์พลาสติกไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมต่างๆกัน เพื่อให้ได้สีที่เหมาะสมในการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดต่างๆ ผู้ใช้สีในพลาสติกควรมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกใช้สีในพลาสติก ดังต่อไปนี้[7]

1. เสถียรภาพต่อความร้อน (Heat stability)
2. ความไวต่อแสง (Lighfastness)
3. ความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม (Weatherability)
4. ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ออกมาที่ผิว(Migration resistance)
5. ความเข้มของสี (Tinting strength)
6. ความทนทานต่อสารเคมี(Chemical resistance)
7. ความสามารถในการกระจายตัว (Dispersibility/dispersion behavior)
8. ความเป็นพิษ (Toxicity)
9. การหลุดออก (Plateout)
10. ความประหยัด (Economics)

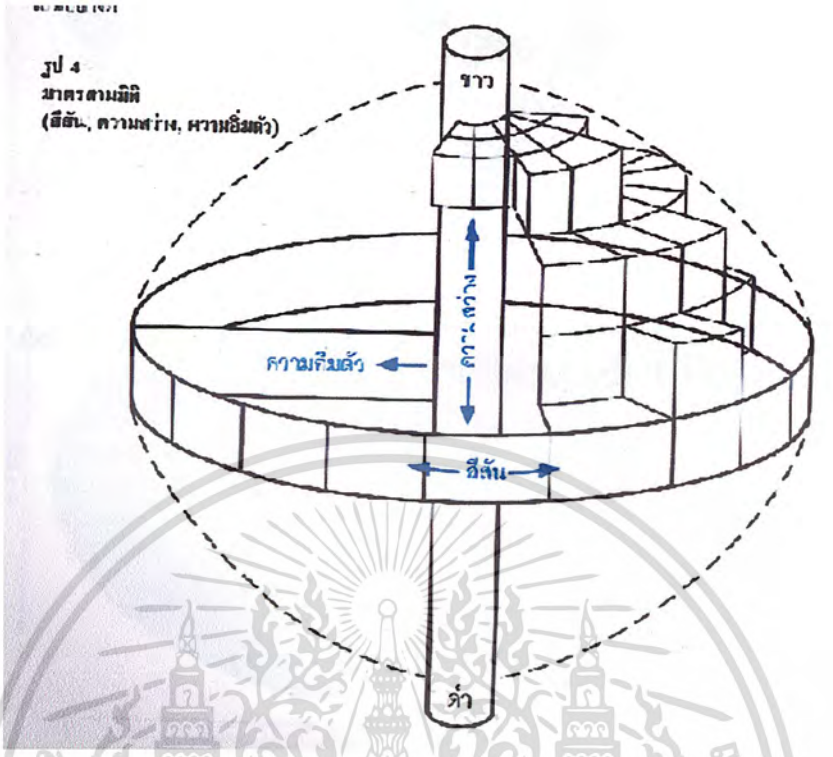
2.3 สีและการมองเห็น [9]

สีสัน (Hue) ความสว่าง (Lightness) และความอิ่มตัว (Saturation) นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสี

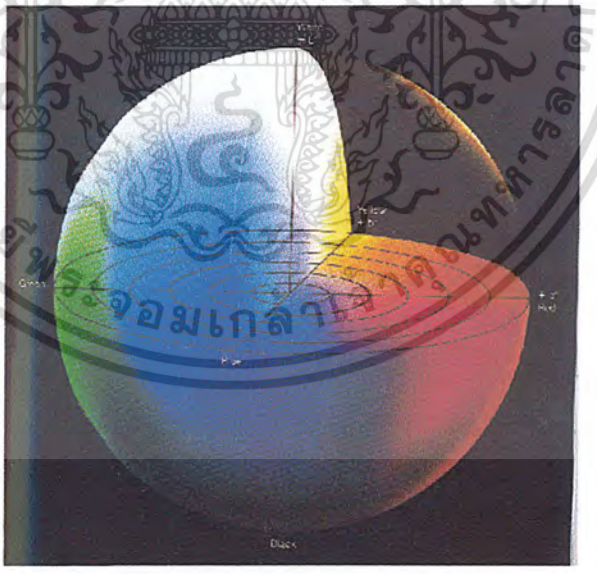
ถ้าใช้การเปลี่ยนแปลงความสว่างเป็นแกนตั้งและการเปลี่ยนแปลงความอิ่มตัวเป็นช่วงล้อสีแนวนอน

องค์ประกอบที่แสดงคุณลักษณะของสี 3 ประการ ได้แก่ สีสัน ความสว่างและความอิ่มตัว สามารถนำมารวมกันเพื่อสร้างรูปแบบจำลองสีเป็น 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดนสีสันจะเป็นส่วนที่อยู่ริมรอบนอกของแบบจำลองนี้ ความสว่างจะเป็นจุดศูนย์กลางทางแนวตั้งและความอิ่มตัวจะเป็นเหมือนซี่ล้อหรือรัศมีในแนวนอน ถ้าเรานำสีที่พบเห็นในโลกทั้งหมดมาใส่ลงไปในรูปที่ 2.2 ก็จะเกิดแบบจำลองสีในรูปที่ 2.3 รูปทรงของแบบจำลองนี้จะค่อนข้างมีความซับซ้อนอยู่บ้าง เนื่องจากขนาดของลำดับขั้นของความอิ่มตัวจะแตกต่างกันไปตามค่าของสีสัน และความสว่างในแต่ละค่า แต่แบบจำลองสีนี้ มีส่วนช่วยให้เราเห็นภาพและเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่าง สีสัน ความสว่างและความอิ่มตัวได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 มาตรสามมิติ [9]



รูปที่2.3 ภาพแสดงปฐมภูมิสี [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ระบบการวัดสี [10]

สามารถแบ่งออกเป็น

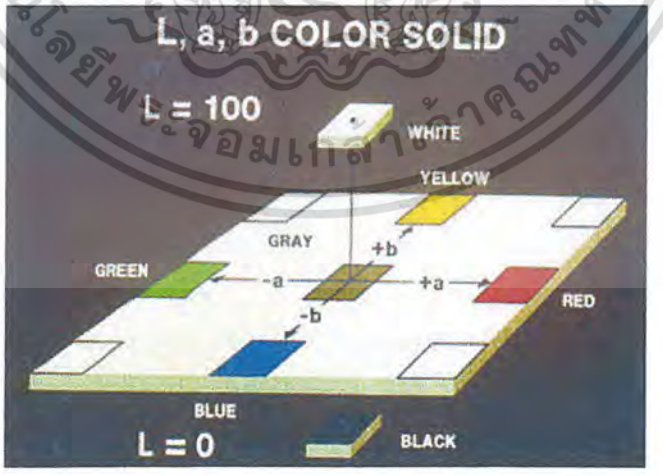
2.5.1 ระบบ Munsell ระบบนี้ได้พัฒนาขึ้นมาโดย Albert Munsell ตั้งแต่ปีค.ศ.1905 ก่อนมีการนำเครื่องวัดสีมาใช้ในการวัดสี

2.5.2 ระบบ CIE ระบบนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อ Commission International del' Eclairage (CIE) ได้เห็นความจำเป็นที่จะต้องมีระบบการวัดสี

2.5.3 ระบบ CIE Tristimulus Values สามารถคำนวณสีหรือระบุสีออกมาเป็นตัวเลข โดยอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการกระจายพลังงานของแหล่งกำเนิดแสง

2.5.4 ระบบ CIE Chromaticity Coordinates พัฒนามาจากระบบที่ 3 โดยอาศัยความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้กับลักษณะของสีที่มองเห็น

2.5.5 ระบบ CIE L*a*b* system ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้จะใช้ระบบนี้ในการตรวจวัด เนื่องจากการระบุสีเป็นตัวเลขมี 2 ระบบ คือ ระบบที่ระบุตัวเลขด้วยค่า CIE Tristimulus Values (X , Y และ Z) และ CIE Chromaticity coordinates (x , y และ Y) ยังมีข้อเสียอยู่ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง CIE Chromaticity coordinates system ไปเป็นระบบใหม่หรือสมการใหม่ที่สามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งก็ได้ทำการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงกันอย่างมากมาย จนกระทั่งปัจจุบันนี้สมการที่ใช้ในการระบุสีที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางก็คือ CIELAB 1976 ซึ่งมีลักษณะของ color space ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 CIEL*A*B* 1976 ซึ่งมีลักษณะของ color space [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L = 0 = perfect black sample

L = 100 = perfect white sample

a^* : ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว (red-green)

a เป็น + สีจะไปในทิศทางของสีแดง

a เป็น - สีจะไปในทิศทางของสีเขียว

b^* : ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (yellow-blue)

b เป็น + สีจะไปในทิศทางของสีเหลือง

b เป็น - สีจะไปในทิศทางของสีน้ำเงิน

นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ยังมีการปรับปรุงต่อไป โดยการเชื่อมค่า "a" และ "b"เข้ากับ"hue" และ "chroma" โดยกำหนด color term อีก 2 ตัว คือ hue angle (h^*) และ Chroma (C^*)

โดย $h^* = \tan^{-1}[b^*/a^*]$

$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟมีหน่วยเป็นองศา

ถ้า $h^* = 0^\circ$ แสดงว่าเป็นสีแดง

$h^* = 90^\circ$ แสดงว่าเป็นสีเหลือง

$h^* = 180^\circ$ แสดงว่าเป็นสีเขียว

$h^* = 270^\circ$ แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

ส่วน Chroma คือ ความยาวของเส้นตรงที่ลากจากจุดกำเนิดที่ $a^* = h^* = 0$ ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง C^* จะใช้บอกค่าความสดใสของสีที่ค่าความสว่างหนึ่งๆ

โดยทั่วไป ในการระบุสีของวัตถุมีสีในระบบ CIELAB นั้น มักจะระบุด้วยค่า L^* , C^* และ h^* มากกว่า L^* , a^* และ b^* เนื่องจากจะทำให้เข้าใจและทราบลักษณะของสีได้ใกล้เคียงกับที่ตามนุษย์มองเห็นสี

L* a* b* จะสามารถแสดงความแตกต่างของสี โดยแสดงค่าเพียงค่าเดียว เรียกว่า เดลต้าอี (ΔE^*_{ab}) ซึ่งจะบอกเฉพาะปริมาณความแตกต่างของสีเท่านั้น แต่ไม่ได้บอกทิศทางความต่างกันของสี

เดลต้าอี (ΔE^*_{ab}) คำนวณได้จากสูตร

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

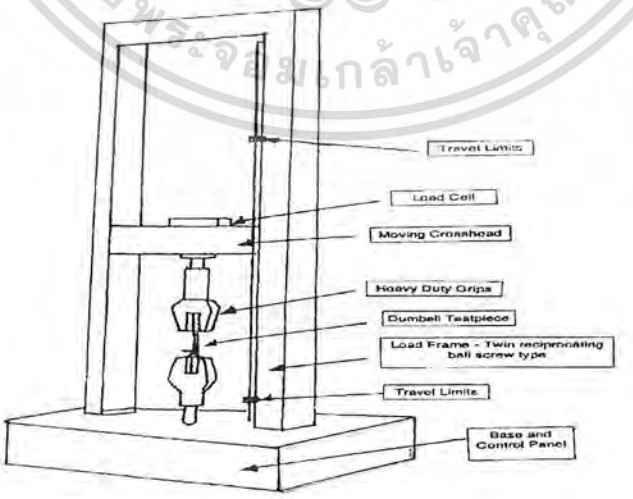
2.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย [11]

2.5.1. การทดสอบแรงดึง (Tensile Tests)

ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) มอดุลัสแรงดึง (Tensile modulus) และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด (% Elongation) เป็นสมบัติที่สำคัญของวัสดุต่าง ๆ และมีความจำเป็นที่จะต้องทดสอบสมบัติเหล่านี้ การทดสอบแรงดึง คือการวัดความสามารถของวัสดุที่จะทนทานต่อแรงดึงยืดออกจากกันก่อนที่วัสดุจะเกิดการฉีกขาด แตกหักหรือเสียสภาพ ค่ามอดุลัสแรงดึงเป็นค่าที่บอกถึงความแข็ง (Stiffness) ของวัสดุซึ่งหาได้จากความชันของกราฟความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain Curve) การทดสอบแรงดึงทำได้โดยการยึดชิ้นงานตัวอย่างที่มีขนาดและรูปร่างตามมาตราฐาน โดยมากแล้วชิ้นงานตัวอย่างมีรูปร่างคล้ายดัมเบลล์ (Dumb-bell) ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างชิ้นงานดรัมเบล [11]

โดยเครื่องมือที่ใช้ทดสอบคือเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile testing machine) หรือรู้จักในอีกชื่อคือ เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal testing machine) โดยจะมีที่จับ 2 ชุด ที่จับข้างหนึ่งจะถูกยึดให้อยู่กับที่และอีกข้างจะเคลื่อนที่โดยมี Load Cell เป็นตัววัดแรงและควบคุมแรงที่กระทำกับชิ้นงานตัวอย่างดังรูปที่2.5



รูปที่2.6 เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile testing machine) [11]

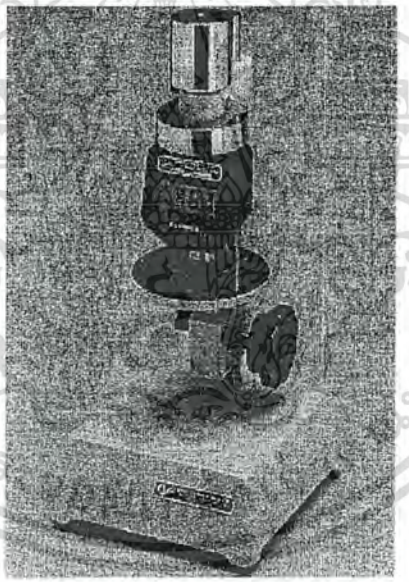
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2. ความแข็งกด (Hardness Tests)

ความแข็งกด (Hardness) คือความต้านทานของวัสดุหนึ่ง ๆ ในการให้แรงกดบนผิวของวัสดุให้ยุบตัว (Indentation) แต่ไม่ทะลุภายใต้สภาวะการทดสอบหนึ่งๆ เนื่องจากในการทดสอบค่าความแข็งกดจะให้ค่าที่แตกต่างกันขึ้นกับเทคนิคที่ใช้วัดสเกลของความแข็งที่กำหนด รูปร่างและขนาดของหัวกด (Indentor) แรงที่ใช้กด อัตราเร็วและเวลาในการกด เป็นต้น ดังนั้นค่าความแข็งกดจะเป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย และมีสเกลเฉพาะความแข็งกดแต่ละแบบ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้เมื่อวัดค่าความแข็งกดในสเกลเดียวกันเท่านั้น ซึ่งการวัดค่าความแข็งกดมีอยู่ 2 แบบคือ

1. การทดสอบความแข็งกดแบบร็อคเวลล์ (Rockwell Hardness Test)

นิยมใช้วัดความแข็งของพลาสติกแข็ง ค่าที่วัดได้เป็นตัวเลขไม่มีหน่วย ตัวเลขมากแสดงสมบัติความแข็งกดของวัสดุมีมาก ตัวอย่างสเกลชนิดนี้ได้แก่ สเกล R , L , M , E และ K (เรียงจากความแข็งกดน้อยไปมาก) ดังแสดงในรูปที่ 2.7

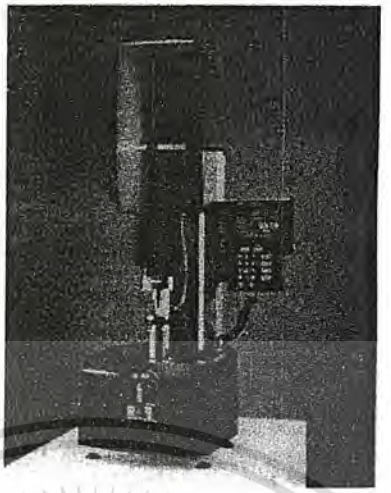


รูปที่ 2.7 เครื่องทดสอบความแข็งกดแบบร็อคเวลล์ (Rockwell Hardness Tester) [11]

2. การทดสอบความแข็งกดแบบดูโรมิเตอร์ (Durometer hardness test)

สเกลสำหรับเครื่องวัดชนิดนี้คือ 0 ถึง 100 ค่าความแข็งกด 0 คือความแข็งของของเหลวและค่าความแข็งกดที่ 100 คือความแข็งของวัสดุแข็งมากไม่ยุบตัวเช่น กระจก ดูโรมิเตอร์ชนิด A หรือ Shore A ใช้วัดพอลิเมอร์อ่อนนิ่มเช่น ยาง ใช้วัดวัสดุที่มีความแข็งไม่เกิน 90 ถ้าวัสดุมีความแข็งเกิน 90 จะใช้ดูโรมิเตอร์ชนิด D หรือ Shore D ดังแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



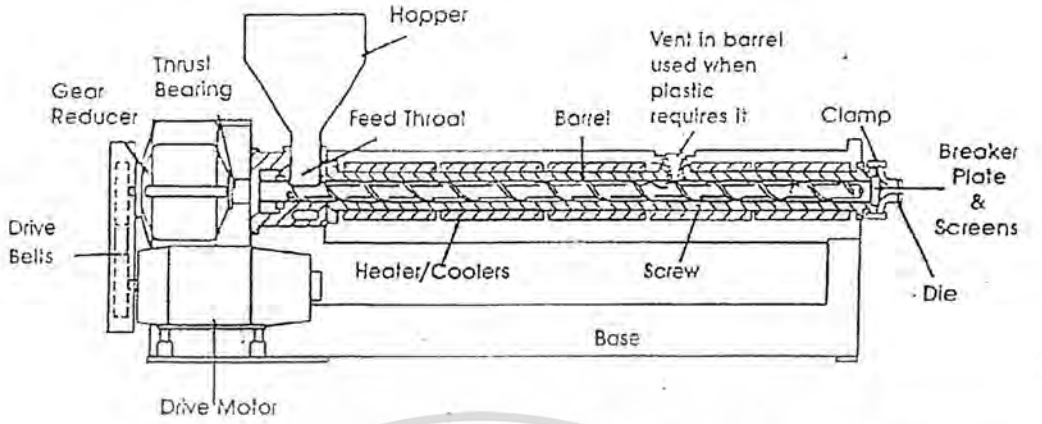
รูปที่ 2.8 เครื่องทดสอบความแข็งกดแบบดูโรมิเตอร์ (Durometer hardness tester) [11]

2.5.3.เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single- Screw Extruder) [12]

Extrusion เป็นกระบวนการพื้นฐานที่นิยมใช้กันมากเนื่องจาก ใช้งานได้ง่ายและสะดวก โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องอัดรีด โดยการทำงานของเครื่องนี้เริ่มต้นโดยนำเม็ดพลาสติกใส่เข้ามาทางช่องป้อนสาร (hopper) จากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกอัดและหลอมภายในกระบอกใส่สกรู (barrel) โดยมีสกรูเป็นตัวพาให้เม็ดพลาสติกเคลื่อนที่ผ่านกระบอกใส่สกรู และออกไปทางหัวดาย โดยอาศัยความแตกต่างของความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวของสกรูและกระบอกใส่สกรูเป็นตัวทำให้เกิดพลังงานเฉือน(Shearing energy) ช่วยในการผสมและหลอม อุปกรณ์ที่สำคัญในเครื่องอัดรีด คือตัวสกรู (Screw) ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานของสกรูออกเป็น 3 ส่วนคือ (รูปที่2.9)

1. Feed Zone : เม็ดพลาสติกที่อยู่ในช่องป้อนสาร (hopper) จะถูกให้ความร้อนก่อน (pre-heat) ที่จะถูกส่งไปยังส่วนต่อไปโดยใช้สกรู
2. Transition or Compression Zone : เม็ดพลาสติกจะถูกอัดและหลอมอย่างสมบูรณ์ก่อนส่งไปยังส่วนต่อไป
3. Metering Zone : เม็ดพลาสติกที่หลอมเหลวจะมีการกระจายตัวในลักษณะที่เป็นสารเนื้อเดียวกันก่อนถูกอัดไปยังส่วนของหัวดาย

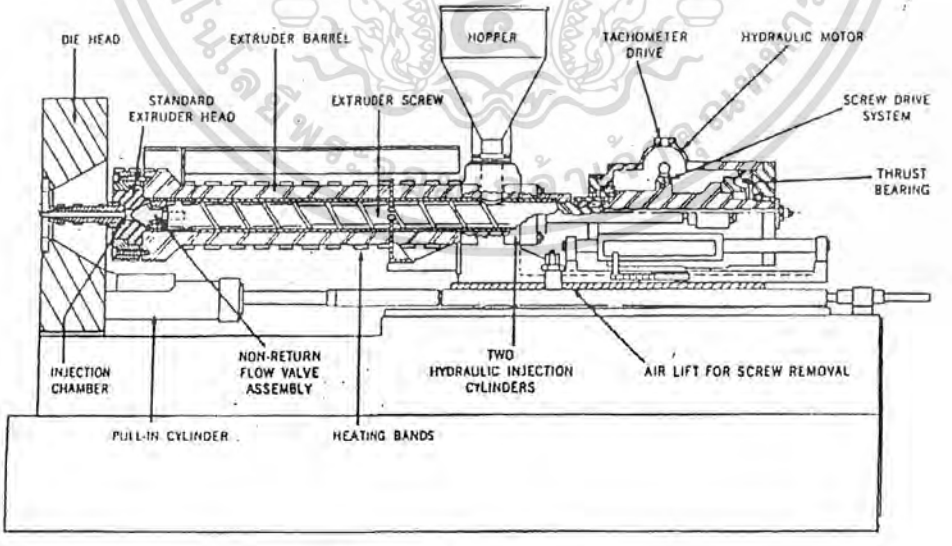
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single- Screw Extruder) [12]

2.5.4 เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Injection Molding Machine) [13]

กระบวนการนี้นิยมใช้กับเทอร์โมพลาสติก เนื่องจากใช้งานง่ายและรวดเร็วแต่สำหรับเทอร์โมเซต ใช้ได้แต่ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและยุ่งยาก ระบบของเครื่องนี้เริ่มต้นโดยการป้อนเม็ดพลาสติกลงในส่วนป้อน แล้วทำให้เม็ดพลาสติกหลอมเหลวและฉีดเข้าไปยังแม่พิมพ์หลังจากนั้นทำให้แม่พิมพ์เย็นตัวภายใต้ความดันที่กำหนด เพื่อทำให้ชิ้นงานแข็งตัวได้รูปร่างตามต้องการแม่พิมพ์เปิดออกและปลดชิ้นงานออกมา ดังแสดงในรูปที่2.9



รูปที่ 2.10 เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Injection Molding) [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5.5.เครื่อง5งย่อยพลาสติก [14]

การย่อย คือ การลดขนาดของพลาสติกแข็งโดยวิธีเชิงกล ในการย่อยจะทำให้ได้พลาสติกที่มีขนาดเล็กแตกต่างกันตามต้องการ ส่วนการแยกพลาสติกเม็ดหยาบออกจากเม็ดละเอียดจะใช้ตัวกรองเข้าไปช่วย

เหตุที่ต้องมีการย่อยเม็ดพลาสติกมีหลายอย่าง เช่น

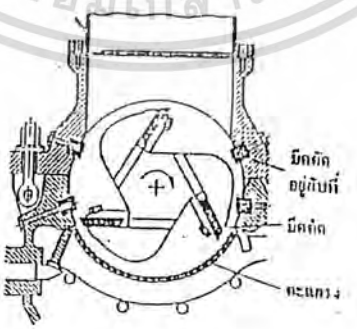
- เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสเมื่อทำการผสม
- ทำให้อบแห้งได้ดี
- ป้อนเข้าเครื่องได้ง่ายและสม่ำเสมอ
- หลอมละลายได้รวดเร็ว

เครื่องย่อยมีหลายแบบเช่น

- เครื่องรีดย่อย
- เครื่องโม่ตี
- เครื่องโม่ตัด
- เครื่องโม่กวน
- เครื่องโม่แท่งตี
- เครื่องโม่รีด

เครื่องรีดย่อยจะใช้สำหรับการย่อยพลาสติกแข็งเปราะได้เท่านั้น สำหรับพลาสติกที่มีความแข็งจะต้องใช้เครื่องโม่บด ในการที่จะเลือกใช้เครื่องโม่ชนิดใดขึ้นอยู่กับว่าต้องการความละเอียดหรือความสม่ำเสมอของเม็ดพลาสติกหลังจากบดขนาดไหน

เครื่องโม่ตัดนิยมใช้กันมากในการย่อยพลาสติกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ย่อยเศษพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่



รูปที่ 2.11 เครื่องโม่ตัด [14]

เครื่องโม่ตัดประกอบด้วยเรือนเหล็กหล่อที่มั่นคง มีคมตัดติดอยู่กับเรือน 4 คม ตอนล่างจะมีตะแกรงประกอบอยู่ วัสดุที่จะตัดจะส่งเข้าทางปล่องด้านบนตรงกลางจะมีเพลาซึ่งมีมีดตัดอยู่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49269

เครื่องโม่ตัดประกอบด้วยเรือนเหล็กหล่อที่มั่นคง มีคมตัดติดอยู่กับเรือน 4 คม ตอนล่างจะมีตะแกรงประกอบอยู่ วัสดุที่จะตัดจะส่งเข้าทางปล่องด้านบนตรงกลางจะมีเพลาซึ่งมีมีดตัดอยู่ 3 เล่ม พลาสติกที่ใส่ลงไปจะถูกมีดหมุนจับและนำไปตัดกับมีดที่ติดอยู่กับเรือนเครื่อง โดยเครื่องจะทำงานซ้ำๆไปจนกว่าพลาสติกจะละเอียดพอที่จะลอดตะแกรงได้ ความเร็วตัดจะอยู่ระหว่าง 12-14 m/s ระยะห่างระหว่างมีดหมุนและมีดอยู่กับที่ประมาณ 0.25-0.5 mm เครื่องโม่ตัดมีขนาดทำงานได้ตั้งแต่ 10 kg/h จนถึง 2500 kg/h

2.5.6.เครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)[9]

เครื่องมือในการวัดสีที่ใช้วิธีนี้จะทำการวัดสีโดยทำการแยกของสเปกตรัมแสง แล้วนำมาคำนวณค่า ไตรสติมูลัส (Tristimulus Values) บนฐานฟังก์ชั่นสมการของตามนุษย์ นอกจากค่าสีจะแสดงผลของข้อมูลเป็นตัวเลขแล้ว ยังแสดงค่าสีในระบบต่างๆได้อีกด้วย โดยเครื่องมือนี้แสดงผลค่าสเปกตรัมได้โดยตรง ซึ่งทำให้รู้รายละเอียดของสีมากขึ้น นอกเหนือจากแสดงข้อมูลค่าสีแล้ว เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์วัดแสงที่สะท้อนจากวัตถุในแต่ละความยาวคลื่น ข้อมูลเหล่านี้สามารถแสดงผลเป็นกราฟเพิ่มเป็นข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของสีมากขึ้น เนื่องจากเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มีหัวเซนเซอร์ที่ได้รับพัฒนาให้มีความแม่นยำสูงรวมทั้งสามารถเก็บข้อมูลจากการวัดสีภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างๆ โดยในโครงงานพิเศษนี้ใช้แหล่งกำเนิดแสงคือ Daylight

รูปที่ 2.12 เครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 เครื่องวัดความเงา (Glossmeter) [15]

ความมันเงามีความเกี่ยวเนื่องกับพื้นผิวที่สามารถจะสะท้อนแสงได้ เหมือนกระจกที่ให้การสะท้อนแสงมากที่สุด การสะท้อนแสงสามารถวัดได้โดยอาศัยความสัมพันธ์กับการมองเห็นพื้นผิวที่มีความแวววาว พื้นผิวที่มีความขรุขระโดยพิจารณาถึงมุมที่ตอบสนอง

การวัดความมันเงาทำได้ง่ายโดยการเปรียบเทียบแสงสะท้อนจากตัวอย่างเทียบกับแก้วมาตราฐานสีดำ ซึ่งแสงที่สะท้อนออกมาจะขึ้นกับพื้นผิวของตัวอย่าง โดยมุมที่แสงตกกระทบที่ใช้ในการวัดความเงาของพลาสติกโดยปกติจะทำการวัดได้ 3 มุม คือ, 60° 20° และ 85° ซึ่งถ้ามุมที่แสงตกกระทบที่ใช้วัดเพิ่มขึ้น ค่าความเงาที่วัดได้ก็จะเพิ่มขึ้น โดยในโครงงานพิเศษนี้ทำการวัดที่มุม 60°

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี2002 K.Van de Velde, V.Van Wassenhove and P.Kiekens [16]ได้ทำการวิเคราะห์การรวมกันเป็นก้อนและการรวมกันของเม็ดสีในเส้นด้ายพอลิพรอพริลีนสีน้ำเงินเข้มและสีเทา โดยใช้วิธี Optical Microscopy และทำการเปรียบเทียบผลจากสไลด์และฟิลม์ที่ได้พบว่ารูปร่างของเส้นกราฟการกระจายตัวตัวของสีน้ำเงินไม่เพียงพอและสารประกอบเชิงซ้อน Phthalocyanine(เบต้า) Cu (PB15:3)มีการกระจายตัวที่ดีกว่า Phthalocyanine(แอลฟา) Cu(PB15:1)

ในปี 2001 I. Baum berg, O. Berezin, A. Drabkin, B.Gorelik, L. Kogan, M. Zaidman [17] ได้ทำการศึกษาความเสถียรทางแสงของสีลูมิเนสเซนต์ 3 ชนิด ที่เคลือบที่ผิวของพอลิเมอร์ในการเคลือบแบบหลายชั้น โดยชั้นแรกคือ LDPE ชั้นที่สองคือ PVC และชั้นนอกสุดคือ PVDF พบว่าความเสถียรทางแสงขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสีและความหนาของชั้น จึงได้มีการปรับปรุงโดยนำ PVDF มาผสมกับ PMMA ก่อน พบว่าค่าความเสถียรทางแสงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมื่อใช้ PVDF เพียงอย่างเดียว

ในปี 1997 C-Y Wong A.,S.K.Ng N. and L.F. Ng V [18] ได้ทำการศึกษาการทำให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกมีสีโดยการเติมเม็ดสีลงไปเล็กน้อยในเรซินพลาสติกระหว่างกระบวนการผลิต โดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม โดยถ้าเติมเม็ดสีลงในพลาสติกน้อยกว่า 4-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีสีตามที่ต้องการ จากข้างต้นนี้ทำให้มีการเติมเม็ดสีลงไปเพื่อให้เกิดความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพ จุดประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อหาอิทธิพลต่างๆที่มีผลต่อการทดลอง โดยในการทดลองนั้นพอลิเมอร์ที่ใช้คือABSและใช้วิธีการฉีดขึ้นรูปทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ กำหนดให้ความจุในการฉีด 4 ออนซ์ และใช้สี SAN 4 ชนิดที่มีดัชนีการไหลที่แตกต่างกัน โดยนำสีแต่ละชนิดมาผสมกับABSตั้งแต่ 1-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและทำการปรับปรุงสภาวะของเครื่องให้เหมาะสม จากการศึกษาพบว่าเติมสีลงไป 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักทำให้ผลิตภัณฑ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีคุณภาพของสีที่ดีและสีที่มีดัชนีการไหลที่สูงจะทำให้สีกับABSรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี และจากการวิเคราะห์โดยใช้SEMและDSCพบว่า ยิ่งมีการเติมสีลงใน ABSทำให้มีสมบัติเปลี่ยนจากเปราะไปเป็นเหนียว

ในปี1993 O. bobe, [19] ทำการศึกษาการกระจายตัวของ LDPE Masterbatch ในพอลิโอเลฟินส์ในการทดลองนี้จะศึกษาโดยใช้ Light Microscope พบว่าการกระจายตัวของ LDPE Masterbatchในพอลิโอเลฟินส์(HDPE)ไม่ดี เนื่องจากการแยกเป็นสองวัฏภาคของLDPEและHDPE โดยการกระจายตัวของ LDPE Masterbatch ขึ้นอยู่กับดัชนีการหลอมเหลวของHDPE

ในปี1993 J.Peter,G.Capelle and R.Skubich [20] ทำการศึกษาการให้ความร้อนด้วยความถี่สูงในผงคาร์บอน Masterbatch ก่อนการผสมกับยาง จากการศึกษาพบว่า การให้ความร้อนด้วยความถี่สูงในผงคาร์บอน Masterbatch ก่อนการผสมกับยาง ช่วยเพิ่มค่าความจุความร้อนในการผสมทำให้การผสมดีขึ้น

ในปี พ.ศ.2542 ภาคภูมิ และอุษณี [21] ได้ทำการศึกษาสภาวะและอัตราส่วนผสมของพอลิโอเลฟินที่เหมาะสม เพื่อนำไปผลิตเป็นเม็ดสีเข้มข้น โดยใช้พอลิโอเลฟินส์ 3 ชนิด คือ PP HDPE และ LDPE มาผสมกันในอัตราส่วน 1:1:1, 2:1:1, 1:2:1, และ 1:1:2 แล้วเลือกสูตรที่ให้สมบัติดีที่สุดมาผสมกับผงคาร์บอน ในปริมาณ 20 30 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสูตรที่ให้สมบัติต่างๆ ดีที่สุดอัตราส่วนคือ 2:1:1 ที่มีปริมาณผงคาร์บอน 20 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิจัยและดำเนินงาน

3.1 สารเคมีที่ใช้

3.1.1. Recycled high-density polyethylene bottles (R-HDPE) เกรดทางการค้าทั่วไป

3.1.2. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) : TPI Polene

3.1.3. Fluorescent pigments: Sinloihi Co.,Ltd. ,SB 17 Pink

3.1.4. Optical Brightener:Ciba Geicy Speciality Chemicals Inc.

ตารางที่ 3.1 สมบัติบางประการของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์

สมบัติ	ฟลูออเรสเซนต์	ออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์
สี	ชมพู	เขียวอมเหลือง
ขนาดอนุภาค	0.2-100 micron	0.5-50 micron
Specific gravity (20 ^{0}C)	-	1.26 g/cm3
อุณหภูมิการใช้งาน (^{0}C)	-	196-202
ปริมาณที่ใช้	2 phr	0.1-0.5 phr

3.1.5. Napthenic Oil

3.1.6. Stearic acid : เกรดทางการค้า

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1.เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder)

3.2.2. เครื่องโม่บดรุ่น NEMA 600: Bosco Engineer

3.2.3. เครื่องฉีดขึ้นรูปงาน (Injection Molding Machine): Cosmo รุ่นTTI 220/80 HITEC; Welltei Industrial Equipment

3.2.4. เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Testing Machine): LLOYD รุ่น LR 30K

3.2.5. เครื่องทดสอบความแข็ง (Durometer Shore D): Yasuda

3.2.6. เครื่องชั่งแบบดิจิตอล: Hd-PC, Yasuda

3.2.7. กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนชนิดส่องกราด (Scaning Electron Microscope)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์รุ่น CM-2500d : Minolta

3.2.9. เครื่องวัดความเงา รุ่น VGV-SD หมายเลขเครื่อง CGX 90359 : Suka digital variable gloss meter

3.2.10. เครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด : Labtech Engineering model LP20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1. ขั้นตอนการเตรียมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่(R-HDPE)

3.3.1.1. นำขวดพลาสติก (HDPE) ชนิดขุ่น เฉพาะบริเวณขวด (ไม่รวมฝา) มาตัดแล้วนำมาล้างทำความ สะอาด แล้วผึ่งไว้ให้แห้ง

3.3.1.2. นำขวดพลาสติกจากข้อ 3.3.1.1. มาทำการบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องโม่บด จากนั้นนำขวดพลาสติกที่บดเสร็จแล้วไปอบที่ตู้อบ โดยทำการตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 70^{0}C ทำการอบเป็นเวลา 10 นาที

3.3.1.3. นำพลาสติกที่อบเสร็จแล้วนำมาเก็บใส่ถุง

3.3.2. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่(R-HDPE)

3.3.2.1. นำพลาสติกจากข้อ3.3.1.3. มาทำการเตรียมตัวอย่างโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวโดยทำการตั้งสภาวะของเครื่องดังตารางที่ 3.2

3.3.2.2. จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาทำการบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องโม่บด

3.3.2.3. นำตัวอย่างที่บดเสร็จแล้วนำมาขึ้นรูปโดยใช้เครื่องฉีดขึ้นรูป จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล วิเคราะห์ผล เลือกสภาวะของการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุด

3.3.3. ขั้นตอนการผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่(R-HDPE) กับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์

3.3.3.1. นำพลาสติกจากข้อ3.3.1.3.มาทำการผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวโดยทำการตั้งสภาวะของเครื่องตามที่ได้เลือกไว้ ซึ่งทำการผสมสีในอัตราส่วนต่างๆดังตารางที่ 3.3

3.3.3.2. นำตัวอย่างที่เตรียมได้มาทำการบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องโม่บด

3.3.3.3. นำตัวอย่างที่บดเสร็จมาผ่านเข้าเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวอีกครั้ง เพื่อให้เม็ดสีกระจายตัวได้ดีขึ้นจากนั้นนำตัวอย่างมาบดโดยใช้เครื่องโม่บด

3.3.3.4. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ขั้นต้นมาทำการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด แล้วนำไปทดสอบ สมบัติทางสัณฐานวิทยา และ สมบัติทางแสง วิเคราะห์ผล เลือกสูตรผสมที่เหมาะสมที่มีสมบัติที่ดีที่สุดเพื่อทำการทดสอบต่อไป

3.3.4. ขั้นตอนผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่(R-HDPE) กับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ น้ำมันแนฟทานิค และกรดสเตียริก

3.3.4.1. นำพลาสติกจากข้อ3.3.1.3.มาทำการผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ น้ำมันแนฟทานิค และกรดสเตียริกโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว โดยทำการตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะของเครื่องตามที่ได้เลือกไว้ ซึ่งทำการผสมสีในอัตราส่วนต่างๆดังตารางที่ 3.4

3.3.4.2. นำตัวอย่างที่เตรียมได้มาทำการบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องโม่บด

3.3.4.3. นำตัวอย่างที่บดเสร็จมาผ่านเข้าเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวอีกครั้ง เพื่อให้เม็ดสีกระจายตัวได้ดีขึ้น จากนั้นนำตัวอย่างมาบดโดยใช้เครื่องโม่บด

3.3.4.4. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ขั้นต้นมาทำการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด แล้วนำไปทดสอบ สมบัติทางสัณฐานวิทยา และ สมบัติทางแสง วิเคราะห์ผล แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากที่เลือกไว้ในข้อ 3.3.3.4. จากนั้นเลือกสูตรผสมที่เหมาะสมที่มีสมบัติที่ดีที่สุดเพื่อทำการทดสอบต่อไป

3.3.5. ขั้นตอนผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่(R-HDPE) กับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ น้ำมันแนฟทานิค กรดสเตียริกและสารเพิ่มความสว่าง (ออพติคัลไบรท์เทนเนอร์)

3.3.5.1. นำพลาสติกจากข้อ3.3.1.3.มาทำการผสมสี น้ำมันแนฟทานิค กรดสเตียริก และออพติคัลไบรเทนเนอร์โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวโดยทำการตั้งสภาวะของเครื่องตามที่ได้เลือกไว้ แล้วทำการผสมสีในอัตราส่วนต่างๆดังตารางที่ 3.5

3.3.5.2. นำตัวอย่างที่เตรียมได้มาทำการบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องโม่บด

3.3.5.3. นำตัวอย่างที่บดเสร็จมาผ่านเข้าเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวอีกครั้ง เพื่อให้เม็ดสีกระจายตัวได้ดีขึ้นจากนั้นนำตัวอย่างมาบดโดยใช้เครื่องโม่บด

3.3.5.4. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ขั้นต้นมาทำการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด แล้วนำไปทดสอบ สมบัติทางสัณฐานวิทยา และ สมบัติทางแสง วิเคราะห์ผล แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากที่เลือกไว้ในข้อ 3.3.4.4. จากนั้นเลือกสูตรผสมที่เหมาะสมที่มีสมบัติที่ดีที่สุดเพื่อนำมาทำการตัดเม็ดพร้อมใช้

3.3.6. ขั้นตอนการทดสอบการใช้งาน

3.3.6.1 นำเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ที่ได้จากข้อ 3.3.5.4 ไปผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงบริสุทธิ์ในปริมาณ 0.5, 0.7 และ 0.9 phr โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว

3.3.6.2 นำตัวอย่างที่เตรียมได้มาทำการบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องโม่บด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.3. นำตัวอย่างที่บดเสร็จมาผ่านเข้าเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวอีกครั้ง เพื่อให้เม็ดสีกระจายตัวได้ดีขึ้นจากนั้นนำตัวอย่างมาบดโดยใช้เครื่องโม่บด

3.3.6.4. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ขั้นต้นมาทำการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางแสง วิเคราะห์ผล แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงบริสุทธิ์ที่ผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 1 phr

ตารางที่3.2 สภาวะของเครื่องอัดรีดที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

อุณหภูมิของสกรู (^{0}C)				ความเร็วของสกรู (รอบ/นาที)
โซนที่1	โซนที่2	โซนที่3	ดาย	
140	150	160	170	30
				40
				50
				60
150	160	170	180	30
				40
				50
				60
160	170	180	190	30
				40
				50
				60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3.3 ปริมาณการผสมพลาสติก น้ำมันแนฟทานิค และเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์

พลาสติก(phr)*	น้ำมันแนฟทานิค (phr)	เม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ (phr)
100	0.5	10
		30
		50

* ส่วนในร้อยส่วน

ตารางที่3.4 แสดงปริมาณการผสมพลาสติก น้ำมันแนฟทานิค เม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ และกรดสเตียริก

พลาสติก(phr)	น้ำมันแนฟทานิค (phr)	เม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ (phr)	กรดสเตียริก (phr)
100	0.5	10	1
			3
		30	1
			3
		50	1
			3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3.5 แสดงปริมาณการผสมเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ น้ำมันแนฟทานิค และออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์

พลาสติก (phr)	น้ำมันแนฟทานิค (phr)	เม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ (phr)	กรดสเตียริก (phr)	ออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์ (phr)
100	0.5	10	1	0.5
			3	
		30	1	
			3	
		50	1	
			3	

3.4. การทดสอบสมบัติ

3.4.1. การทดสอบสมบัติเชิงกล

3.4.1.1. สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง

ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง(LLOYD) และโปรแกรม WINDAP โดยใช้ชิ้นงานในการทดสอบ 5 ชิ้น โดยมีสภาวะของเครื่องดังนี้

Test Speed : 100 mm/min

Gauge Length : 70 mm

Load Cell : 3 KN

โดยทำการศึกษา ความแข็งแรงดึง ณ จุดขาด และมอดุลัส

3.4.1.3. สมบัติความแข็ง

ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Durometer Shore D โดยนำชิ้นงานมาซ้อนกันให้มีความหนาอย่างน้อย 0.25 นิ้ว แล้วทำการทดสอบ 5 ครั้ง

3.4.2. การทดสอบสมบัติทางสัณฐานวิทยา

3.4.2.1. Scanning Electron Microscope

นำชิ้นงานแบบ Izod ไปแช่ในไนโตรเจนเหลวเป็นเวลา 10 นาที แล้วทำการหักชิ้นงาน จากนั้นเฉือนผิวหน้าของชิ้นงานและเคลือบผิวด้วยทอง แล้วนำไปส่องเพื่อดูการกระจายตัวของเม็ดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3. การทดสอบสมบัติทางแสง

3.4.3.1. ความเงา

นำชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปแบบกดอัดไปวัดความเงาของพื้นผิวโดยใช้เครื่องวัดความเงา (Gloss meter) โดยการวัดความเงาของพื้นผิว 3 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.4.3.2. สมบัติการสะท้อนแสง

นำชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปแบบกดอัดไปวัดเฉดสีและการสะท้อนแสงโดยใช้เครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ โดยการวัดพื้นผิว 5 จุดแล้วหาค่าเฉลี่ย โดยค่าการสะท้อนแสงจะแสดงในรูปกราฟ ส่วนเฉดสีจะแสดงเป็นค่า L* a* b*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว

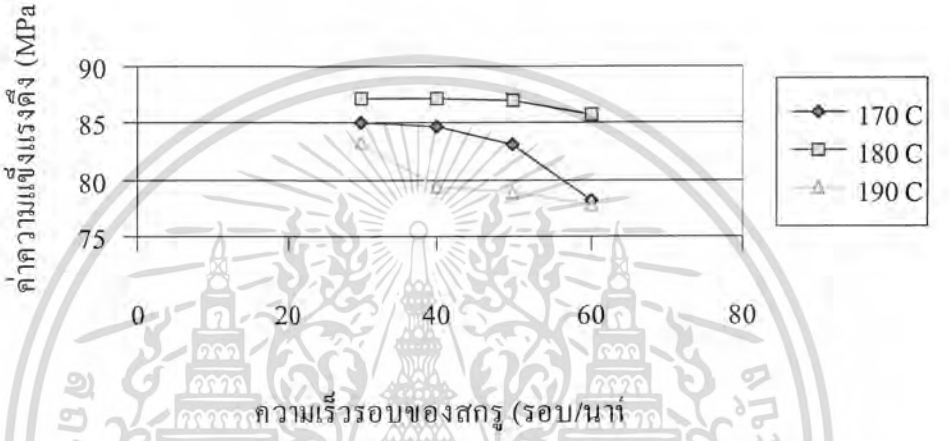
ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของสกรูที่ 30 40 50 และ 60 รอบต่อนาที และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่หัวดายที่ 170 180 และ 190 °C ของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1-4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบวนการรีไซเคิลพลาสติกของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว

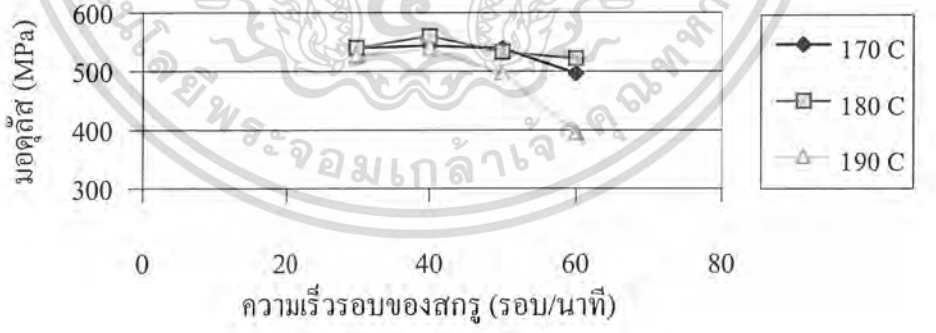
ความเร็วรอบของสกรู (รอบ/นาที)	อุณหภูมิ (°C)				ความแข็งแรงดึง (MPa)	มอดุลัส (MPa)	Hardness (Shore D)
	โซน 1	โซน 2	โซน 3	ดาย			
30	140	150	160	170	85.10	5.40	23.51
	150	160	170	180	87.09	5.40	23.67
	160	170	180	190	83.33	5.27	22.83
40	140	150	160	170	84.70	5.44	23.73
	150	160	170	180	87.20	5.60	23.84
	160	170	180	190	79.35	5.38	22.50
50	140	150	160	170	83.15	5.39	23.16
	150	160	170	180	87.00	5.33	23.51
	160	170	180	190	78.90	4.98	22.12
60	140	150	160	170	78.20	4.97	23.04
	150	160	170	180	85.70	5.22	22.96
	160	170	180	190	77.78	3.95	21.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิหัวดาย 180 °C ให้สมบัติเชิงกลดีที่สุดในขณะที่ความเร็วรอบ 30, 40, 50 แทบจะไม่มีผลต่อสมบัติเชิงกล แต่ที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที มีผลต่อสมบัติเชิงกลเพียงเล็กน้อย ผลแสดงดังรูป 4.1-4.3 ทั้งนี้เนื่องมาจากพลาสติกที่นำมาใช้การทดลองนั้นได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมาแล้ว ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 180 °C ทำให้เกิดการเสียสภาพของพลาสติก และที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 60 รอบต่อนาที พลาสติกอยู่ในกระบวนการสั้นเกินไปทำให้การหลอมเหลวไม่สมบูรณ์

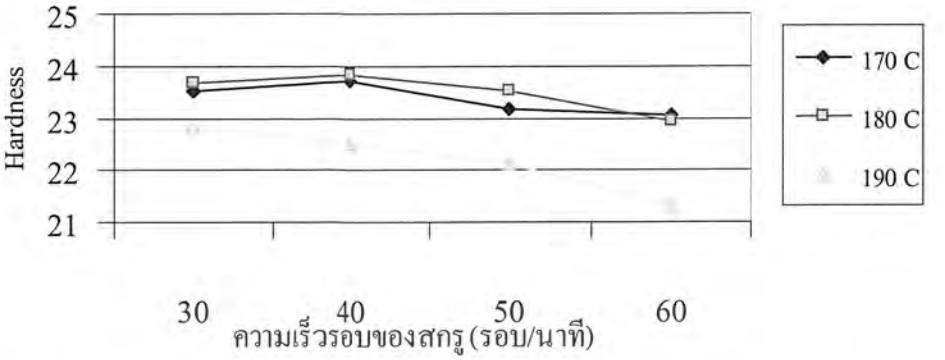


รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงดึงดับค่าความเร็วรอบของสกรูที่อุณหภูมิต่างๆ ของขวดน้ำขุ่นที่นำมารีไซเคิล



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสกับความเร็วรอบของสกรูที่อุณหภูมิต่างๆ ของขวดน้ำขุ่นที่นำมารีไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

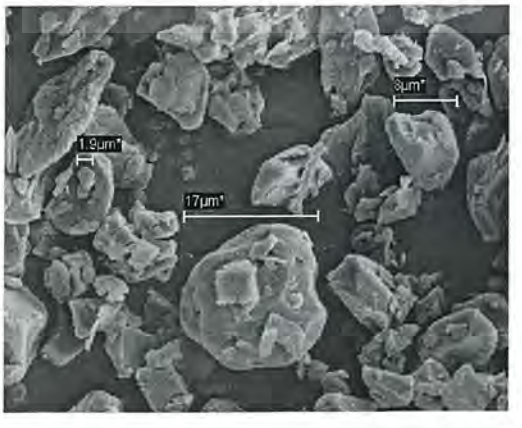


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกดกับความเร็วรอบของสกรูที่อุณหภูมิต่างๆ ของขวดน้ำขุ่นที่นำมารีไซเคิล

4.2 ศึกษาปริมาณสีที่เหมาะสมและผลของสารช่วยกระจายตัว

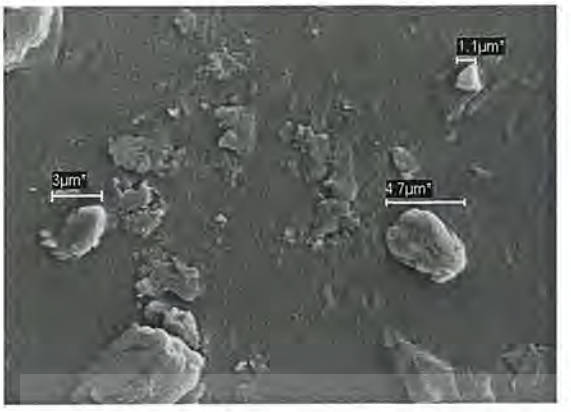
กำหนดสภาวะของการผสมโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว คือ อุณหภูมิที่หัวดายเป็น 180 °C ในที่นี้พิจารณาที่ความเร็วรอบของสกรูเป็น 40 รอบต่อนาทีแม้ว่าสมบัติเชิงกลจะมีความแตกต่างน้อยมากจาก 30 และ 50 รอบต่อนาทีก็ตาม แต่จัดเป็นความเร็วรอบที่อยู่กึ่งกลางระหว่างความเร็วรอบที่ต่ำและสูงจึงเลือกใช้เพื่อศึกษาต่อไป ทำการผสมสีฟลูออเรสเซนต์ลงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ (R-HDPE) โดยทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณสีเป็น 10 phr 30 phr และ 50 phr และศึกษาผลของสารช่วยกระจายตัวคือ กรดสเตียริก โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของกรดสเตียริกดังนี้ 0 phr 1 phr และ 3 phr แล้วทำการศึกษาสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM) และศึกษาสมบัติทางแสงโดยใช้เครื่องวัดความเงา (Gloss meter)

4.2.1 สมบัติทางสัณฐานวิทยา



รูปที่ 4.4 SEM กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงลักษณะของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



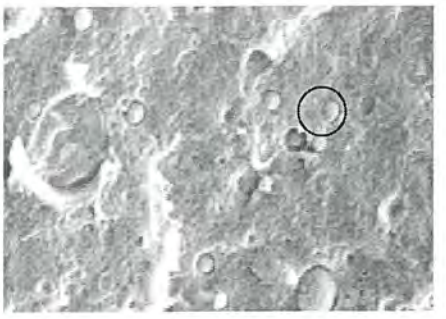
รูปที่ 4.5 SEM กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงลักษณะของเม็ดสีออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์

รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ และรูปที่ 4.5 แสดงลักษณะของออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์ จะเห็นได้ว่าเม็ดสีมีการกระจายตัวของขนาดมาก และมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน

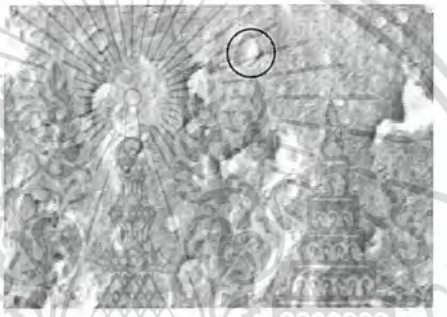
จากภาพ SEM ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ (R-HDPE) ที่ผสมกับสีฟลูออเรสเซนต์ 10 phr โดยไม่มีการเติมกรดสเตียริก (รูปที่ 4.6) และเติมกรดสเตียริก 1 phr (รูปที่ 4.7)และ 3 phr (รูปที่ 4.8) ตามลำดับ พบว่าสูตรที่ไม่เติมกรดสเตียริกการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ (ในวงกลม) ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ (R-HDPE) ค่อนข้างดี และมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการเติมของกรดสเตียริก1 phr และ 3 phr พบว่าการกระจายตัวนั้นไม่แตกต่างจากสูตรที่ไม่เติมกรดสเตียริกมากนัก เช่นเดียวกันกับสูตรที่ผสมกับสีฟลูออเรสเซนต์ 30 phr โดยไม่มีการเติมกรดสเตียริก (รูปที่ 4.9) เติมกรดสเตียริก 1 phr (รูปที่ 4.10) และ 3 phr (รูปที่ 4.11) ตามลำดับ

ภาพ SEM ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ (R-HDPE) ที่ผสมกับสีฟลูออเรสเซนต์ 50 phr โดยไม่มีการเติมกรดสเตียริก (รูปที่ 4.12) และเติมกรดสเตียริก 1 phr (รูปที่ 4.13)และ 3 phr (รูปที่ 4.14) ตามลำดับ พบว่าสูตรที่ไม่มีการเติมกรดสเตียริก การกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ (R-HDPE) ไม่ดี สังเกตได้จากภาพเกิดจะเห็นว่าเม็ดสีมีขนาดก้อนใหญ่ (ในวงกลม) และเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการเติมของกรดสเตียริก 1 เปอร์เซ็นต์ และ 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการกระจายตัวนั้นไม่แตกต่างจากสูตรที่ไม่เติมกรดสเตียริกมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



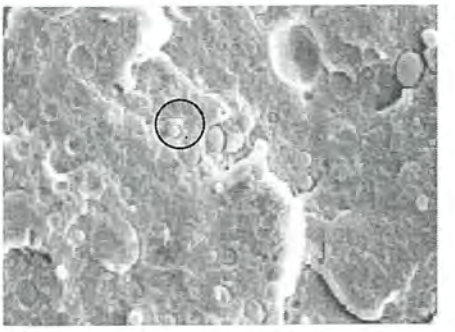
รูปที่ 4.6 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 10 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ไม่มีการเติมกรดสเตียริก



รูปที่ 4.7 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 10 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่มีการเติมกรดสเตียริก 1 phr

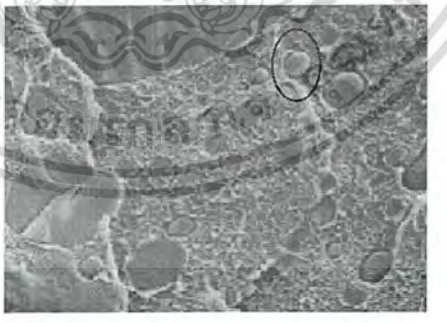
รูปที่ 4.8 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 10 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่มีการเติมกรดสเตียริก 3 phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 30 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ไม่มีการเติมกรดสเตียริก

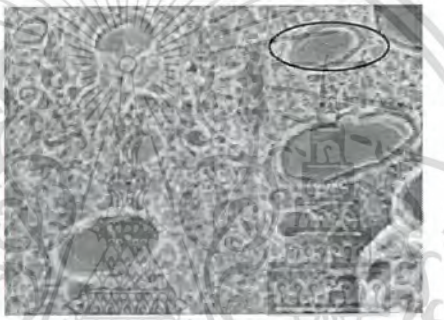
รูปที่ 4.10 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 30 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่มีการเติมกรดสเตียริก 1phr



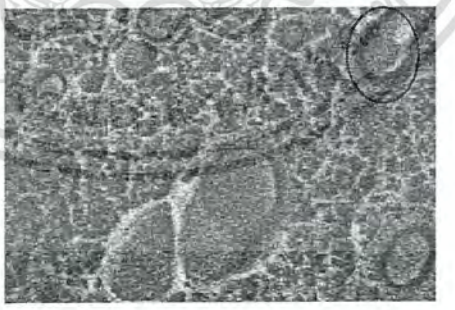
รูปที่ 4.11 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 30 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่มีการเติมกรดสเตียริก 3phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 50 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ไม่มีการเติมกรดสเตียริก



รูปที่ 4.13 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 50 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่มีการเติมกรดสเตียริก 1 phr



รูปที่ 4.14 SEM กำลังขยาย 1,000 เท่า แสดงการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ 50 phr ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่มีการเติมกรดสเตียริก 3 phr

จากภาพ SEM ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ (R-HDPE) พบว่าการกระจายตัวนั้นไม่แตกต่างจากสูตรที่ไม่มีการเติมกรดสเตียริกมากนัก เนื่องมาจากว่าในขั้นตอนการผสมได้ทำการผสมสารทั้งหมดโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว จึงทำให้กรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตียริกไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่สามารถเคลือบอยู่บนเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ได้ จึงไม่ช่วยทำให้การการกระจายตัวของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ดีขึ้น

4.2.2 สมบัติทางแสง

ทำการวัดความเงาของชิ้นงานโดยใช้เครื่องวัดความเงา (Gloss meter) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณสีและปริมาณกรดสเตียริกที่มีต่อค่าความเงาของชิ้นงาน

ปริมาณสี (phr)	ปริมาณกรดสเตียริก(phr)	ค่าความเงา**
10	0	83.3
	1	77.8
	3	77.6
30	0	83.5
	1	78.6
	3	76.2
50	0	*
	1	*
	3	*

* วัดค่าไม่ได้

จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณของกรดสเตียริกเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าความเงาของชิ้นงานลดลง เนื่องมาจากเมื่อมีปริมาณสารเติมแต่งมากขึ้นความบริสุทธิ์ของสารลดน้อยลง ส่งผลทำให้ความเงาลดลง สำหรับในสูตรที่มีการผสมกับสีฟลูออเรสเซนต์ 50 phr และกรดสเตียริก 0 phr 1 phr และ 3 phr นั้นไม่สามารถขึ้นรูปได้เนื่องจากการกระจายตัวของสีไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำไปขึ้นรูปพบว่าบริเวณที่มีเม็ดสีมารวมตัวกันมากและมีลักษณะเป็นหลุมโดยส่วนที่มีปริมาณเม็ดสีน้อยจะมีลักษณะค่อนข้างเรียบ ดังนั้นชิ้นงานที่ได้จึงไม่สามารถนำไปวัดค่าความเงาได้ เนื่องจากชิ้นงานไม่เรียบสม่ำเสมอกัน ถ้าหากนำไปวัดค่าที่ได้จะไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาผลของออพติคอล ไบร์ทเทนเนอร์ที่มีต่อความสว่างของชิ้นงาน

กำหนดปริมาณเม็ดสีที่ใช้เป็น 10 phr และ 30 phr ที่ไม่มีการเติมกรดสเตียริก แล้วทำการศึกษาผลของสารช่วยเพิ่มความสว่าง (Optical Brightener) โดยทำการผสมสารช่วยเพิ่มความสว่างลงไปในปริมาณ 0.5 phr แล้วทำการศึกษาสมบัติทางแสงโดยใช้เครื่องวัดความเงา (Gloss meter) และเครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของสารช่วยเพิ่มความสว่าง (Optical Brightener) ที่มีต่อสีสันและเปอร์เซนต์การสะท้อนแสงของชิ้นงาน

ปริมาณสีฟลออเรสเซนต์ (phr)	ปริมาณ Optical Brightener (phr)	ความเงา**	สีสัน			ΔE*	เปอร์เซ็นต์** การสะท้อนแสง (%)
			L*	a*	b*		
10	0	83.30	47.12	68.06	27.02	16.30	72.10
	0.5	77.00	43.94	64.57	42.62		71.91
30	0	83.50	45.90	68.50	45.63	11.87	78.98
	0.5	78.87	39.86	60.08	51.41		71.25

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อเติมสารช่วยเพิ่มความสว่าง (Optical Brightener) ลงไป ค่าความเงามีค่าลดลง เป็นผลเนื่องมาจากอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผสมที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิที่หัวดายเท่ากับ 180 °C ซึ่งยังไม่ถึงอุณหภูมิที่สารเพิ่มความสว่าง (Optical Brightener) ทำงาน (200°C) ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ความบริสุทธิ์ของสารลดลง ค่าความเงาจึงลดลง จึงสรุปได้ว่าการใช้สารเพิ่มความสว่างเหมาะสมสำหรับพลาสติกที่มีอุณหภูมิในการดำเนินการสูงกว่า 190 °C

นอกจากนี้การเติมสารช่วยเพิ่มความสว่าง ยังส่งผลต่อสีสัน โดยเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างสูตรที่ไม่มีการเติมและมีการเติมสารช่วยเพิ่มความสว่าง พบว่าใน สูตรที่มีการเติมสารช่วยเพิ่มความสว่าง (Optical Brightener) จะทำให้สีสันของชิ้นงานเปลี่ยนไปจากเดิม โดยพิจารณาค่า L* ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความสว่าง มีค่าลดลง แสดงว่าสารช่วยเพิ่มความสว่าง นั้นยังหลอมไม่ดีจึงทำให้ไปบดบังแสงที่มากระทบกับชิ้นงาน

สำหรับเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงนั้นผลที่ได้เป็นเช่นเดียวกับสีสัน คือในสูตรที่มีการเติมสารช่วยเพิ่มความสว่างมีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงลดลงเมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่มีการเติมสารช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มความสว่าง เนื่องจากอุณหภูมิในการผสมยังไม่ถึงอุณหภูมิการทำงานของสารเพิ่มความสว่าง จึงทำให้ไปบดบังแสงที่มากระทบกับชิ้นงาน การสะท้อนแสงออกมาจึงมีค่าน้อยลง

4.4 ศึกษาการนำเม็ดสีเข้มข้นไปใช้งาน

กำหนดเม็ดสีเข้มข้นที่นำมาใช้คือ 30 phr เนื่องจากผลการทดลอง เมื่อใช้ปริมาณสีฟลูออเรสเซ็นต์ 30 phr ทำให้มีสมบัติทางสัณฐานวิทยาและสมบัติทางแสงที่ดี จึงนำไปผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงทำการศึกษาปริมาณเม็ดสีเข้มข้นที่ใช้เทียบกับปริมาณเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการนำเม็ดสีเข้มข้นไปใช้งานเปรียบเทียบกับเม็ดสีฟลูออเรสเซ็นต์

ชนิดสี	ปริมาณสี (phr)	สีสัน			ΔE*	เปอร์เซนต์การ** สะท้อนแสง (%)
		L*	a*	b*		
เม็ดสีฟลูออเรสเซนต์	1	55.34	64.85	16.98	-	84.43
เม็ดสีเข้มข้น30 phr	0.5	52.57	42.93	4.54	25.36	81.67
	0.7	54.38	64.5	16.74	1.07	83.94
	0.9	53.79	66.43	16.94	2.21	83.79

จากตารางพบว่าการผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์เข้มข้น 30 phr ในปริมาณ 0.7 phr จะให้สีสันและค่าการสะท้อนแสงที่ใกล้เคียงกับการผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ ปริมาณ 1 phr เนื่องจากΔE^* ของเม็ดสีพลาสติกเข้มข้น 30 phr ในปริมาณ 0.7 phr มาผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงให้ค่า 1.07 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ของเครื่องที่วัดว่ามีเฉดสีที่คล้ายคลึงกันกับนำพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ ปริมาณ 1 phr มาผสมกัน โดยเครื่องสเปคโทรโฟโตมิเตอร์มีค่าความแตกต่างของเฉดสีที่ยอมรับได้สำหรับสีในพลาสติก คือ 1.5 แต่ถ้าใช้เม็ดสีเข้มข้น 30 phr ในปริมาณ 0.5 และ 0.9 phr มาผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง จะมีค่าΔE^* 25.36 และ 2.21 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับไม่ได้เนื่องจากเฉดสีที่ได้มีความแตกต่างกันกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ ปริมาณ 1 phr มาผสมกัน และเมื่อดูผลที่ได้จากเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงเม็ดสีเข้มข้น 30 phr ในปริมาณ 0.7 phr มาผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง มีค่าที่ใกล้เคียงกันกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ ปริมาณ 1 phr และมีค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงสูงที่สุด

** ค่าที่ได้จากการวัดความเงาและเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงอาจคลาดเคลื่อน เนื่องจากในการขึ้นรูปชิ้นงานนั้นไม่สามารถขึ้นรูปโดยใช้วิธีการฉีดขึ้นรูป (Injection moulding) ซึ่งจะทำให้ได้ชิ้นงานที่เรียบ เนื่องจากเม็ดสีจะไปติดบริเวณสกรู และทำการล้างออกได้ยาก ดังนั้นจึงใช้วิธีขึ้นรูปโดยใช้เครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression moulding) ทำให้ได้ชิ้นงานที่เรียบแต่มีรอยขีดข่วน ซึ่งเป็นรอยที่อยู่บนแม่พิมพ์ ดังนั้นเมื่อนำไปวัดค่าความเงาและเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงค่าที่ได้จึงอาจคลาดเคลื่อนได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในกระบวนการผลิตเม็ดสีพลาสติกเข้มข้นจากพลาสติกที่ใช้แล้ว โดยใช้เม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และขวดน้ำขุ่นพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงผสมเข้าด้วยกันโดยใช้เทคนิคการผสมแบบหลอมเหลวในเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว โดยทำการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมกับกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว ปริมาณสีที่เหมาะสมและผลของสารกระจายตัวที่มีผลต่อสมบัติทางแสงและสมบัติการกระจายตัว ผลของออพติคัล ไบรเทนเนอร์ที่มีผลต่อความสว่างของชิ้นงาน และการนำเม็ดสีพลาสติกเข้มข้นที่ผลิตได้มาใช้งานจริง

5.1 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว

จากผลการทดลองสมบัติเชิงกลสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกของเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว คือ อุณหภูมิหัวดาย 180°C ความเร็วรอบของสกรู คือ 40 รอบต่อนาที ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก

- ถ้าใช้อุณหภูมิหัวดายสูงกว่า 180°C จะทำให้สมบัติเชิงกลตกลงเนื่องจากพอลิเมอร์ได้รับความร้อนมากไปทำให้เกิดการเสียสภาพได้
- ถ้าใช้ความเร็วรอบของสกรูสูงกว่า 40 รอบต่อนาที จะทำให้พอลิเมอร์เกิดการคลายสายโซ่ไม่ทันก่อนที่จะผ่านหัวดายออกมาทำให้เกิดความเค้นสะสมในชิ้นงานเป็นผลทำให้สมบัติเชิงกลแย่ลง แต่ถ้าใช้ความเร็วรอบของสกรูต่ำกว่า 40 รอบต่อนาที จะทำให้พอลิเมอร์อยู่ในสกรูนานเกินไปทำให้พอลิเมอร์เสียสภาพได้เป็นผลทำให้สมบัติเชิงกลลดลงเช่นกัน แต่จากการทดลองที่สกรูสูงกว่าและต่ำกว่ายังมีบทบาทน้อยมากจึงทำให้ยังไม่เห็นผลความแตกต่างที่ชัดเจนของความเร็วรอบสกรู

5.2 ปริมาณสีที่เหมาะสมและผลของสารช่วยกระจายตัวและออพติคัล ไบร์ทเทนเนอร์

จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดสีพลาสติกเข้มข้นจากพลาสติกที่ใช้แล้ว คือ ใช้สีฟลูออเรสเซนต์ 30 phr เนื่องจาก

- จากการศึกษาพบว่า ถ้าใช้ปริมาณสีเท่านี้ทำให้สมบัติทางแสงดีและเมื่อทำการทดสอบทางสัณฐานวิทยาโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) พบว่าการกระจายตัวของสีฟลูออเรสเซนต์ในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงนั้นมีการกระจายตัวที่ดีและมีความสม่ำเสมอ แต่ถ้าใช้ปริมาณสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยลงจะทำให้สมบัติทางแสงลดลง และถ้าใช้ปริมาณสีมากขึ้นจะไม่สามารถวัดค่าได้ เนื่องจากผิวของชิ้นงานที่ได้ไม่เรียบและมีลักษณะเป็นหลุม

- จากการศึกษาผลของสารช่วยกระจายตัวพบว่า สูตรที่มีการเติมสารช่วยกระจายตัวไม่แตกต่างจากสูตรที่ไม่มีการเติมสารช่วยกระจายตัวอย่างเด่นชัด เนื่องจากไม่ได้นำเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และกรดสเตียริกมาผสมกันในเครื่องปั่นผสมความเร็วสูงที่อุณหภูมิ 80 ^{o}C ก่อน จึงทำให้กรดสเตียริกไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จึงไม่ช่วยในการกระจายตัวของเม็ดสี
- ผลของออพติคัล ไบร์ทเทนเนอร์ เมื่อใส่ลงไปทำให้สมบัติทางแสงลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ผสมต่ำกว่าอุณหภูมิที่ออพติคัล ไบร์ทเทนเนอร์ แต่ส่งผลกลับกันกล่าวคือทำหน้าที่เป็นสิ่งเจือปนในชิ้นงานทำให้ค่าที่วัดได้นั้นต่ำลง

ดังนั้น อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดสีพลาสติกเข้มข้นจากพลาสติกที่ใช้แล้ว คือ ใช้สีฟลูออเรสเซนต์ 30 phr ผสมกับขวดน้ำขุ่นพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง 100 phr

5.3 ความเป็นไปได้ในการนำพอลิเมอร์ผสมไปใช้งาน

จากการศึกษาพบว่า เมื่อนำพอลิเมอร์มาใช้งานจริง โดยนำมาผสมกับเม็ดพอลิเมอร์พบว่าใช้เม็ดสีพลาสติกเข้มข้น 30 phr ปริมาณ 0.7 phr ให้สีสันและการสะท้อนแสงที่ใกล้เคียงกับนำเม็ดพลาสติกมาผสมกับผงสี 1 phr ดังนั้นเม็ดสีเข้มข้นสามารถนำมาใช้ได้จริงและสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ด้วยเนื่องจากใช้ปริมาณผงสีน้อยลงกว่าเดิม

5.4 ข้อเสนอแนะ

- ศึกษากระบวนการผลิตเม็ดสีพลาสติกชนิดเข้มข้นในรูปแบบอื่น นอกเหนือจากการใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว เช่น กระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่โดยมีค่า L/D ratio เท่ากัน
- ศึกษาวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานในรูปแบบอื่น นอกเหนือจากการใช้เครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด เช่น ใช้กระบวนการฉีดขึ้นรูป เนื่องจากจะได้ผลิตชิ้นงานที่นำมาทดสอบมีผิวที่เรียบทำให้ได้ผลที่แน่นอนมากขึ้น
- ศึกษาถึงผลของสีสะท้อนแสงชนิดอื่น เช่น สีลูมิเนสเซนต์ แล้วนำผลมาเทียบกัน
- ศึกษาการนำไปใช้งานจริงโดยการนำเม็ดสีเข้มข้นที่ได้ไปผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น เช่น PP, PS, PVC เป็นต้น
- ทำการผสมระหว่างผงสีกับกรดสเตียริกโดยใช้เครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (High speed mixer) เพื่อให้กรดสเตียริกทำงานได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ปรีชา พหลเทพ 2536 **โพลิเมอร์** พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
2. นิกร โปณะทอง และ พรพงษ์ โสวัฒนกุล 2540 **การศึกษา Impact Modifier ที่มีต่อ Amorphous Polymer และ Semi-crystalline Polymer** โครงงานพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
3. อมรรัตน์ สวัสดิทัติ 2532 **รายงานการสัมมนา HDPE** ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
4. Eric A. Grulke., 1993, **Polymer Process Engineering**, PTR Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
5. มาลินี ชัยศุภกิจศิลป์ 2540 **เอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีพอลิเมอร์** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
6. สมศักดิ์ วรมงคลชัย 2540 **เอกสารประกอบคำสอนวิชาสารปรับแต่งพอลิเมอร์** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7. Leonard I. Nass and Charles A. Heiberger, 1993, **Encyclipedia of PVC**, V.2, Marcel Dekker'inc., New York 10016
8. www.western-star.com.au/ home/Pigmenr Concentrate.htm
9. อรัญ หาญสืบสาย 2543 **การสื่อสารสีอย่างแม่นยำ** เอกสารประกอบการใช้เครื่องวัดสี Minolta Co., Ltd.
10. สิรีรัตน์ จารุจินดา2538 **การใช้เครื่องวัดสีในการควบคุมคุณภาพและการทำนายสูตรสี** เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมร่วมกับสมาคมอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสิ่งทอ.
11. อิทธิพล แจ้งชัด 2542 **เอกสารประกอบคำสอนวิชาการวัดพอลิเมอร์** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
12. สมศักดิ์ วรมงคลชัย 2540 **เอกสารประกอบคำสอนวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
13. กัญจนา ตระกูลคู 2539 **เทคโนโลยีพอลิเมอร์** น. 251-255
14. บรรเลง ศรนิล 2525 **เทคโนโลยีพลาสติก** พิมพ์ครั้งที่ 1 ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์ กรุงเทพฯ13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. Annual Book of ASTM Standard, Vol 06.01, 123-127

16. K.Van de Velde, V.Van Wassenhove and P. Kiekens., *Polymer testing* 21, **2002**, 675-689

17. I. Baum berg, O. Berezin, A. Drabkin, B.Gorelik, and L. Kogan, M. Zaidman., *J. polymer degradation and stability* 73, **2001**, 403-1-410

18. C. Y. wong A., S. K. Ng N. and L.F. Ng V., *J. of Mat Processing Ttech*, 63, **1997**, 468-471

19. O.Bobe., J. Appl. Polym. Sci. 49(3), **1993**, 381

20. J. Peter, G. Capelle and R. skubich, *International Polymer Science and Technology*, 20(1), **1993**, T1-T3

21. ภาคภูมิ กิจเลิศบรรจง และ อุษณี วาทีธรรมคุณ 2542 กระบวนการเม็ดสีเข้มข้นจากพอลิโอเลฟินที่ใช้แล้ว โครงงานพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ก สมบัติเชิงกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่

ตาราง ก 1 สมบัติเชิงกลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ ที่ความเร็วรอบและอุณหภูมิโซนที่ 4 (หัวดาย) ต่างๆ

ความเร็วรอบของสกรู (รอบ/นาที)	อุณหภูมิโซนที่ 4 (หัวดาย) (°C)	ความแข็งแรงดึง (Mpa)		มอดุลัส (Mpa)		Hardness (Shore D)	
		Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
30	170	85.10	1.44	540	0.00	23.51	0.56
	180	87.09	1.73	540	0.11	23.67	0.75
	190	83.33	1.95	527	0.33	22.83	2.37
40	170	84.70	4.88	544	0.05	23.73	2.35
	180	87.20	1.45	560	2.05	23.84	1.11
	190	79.35	4.46	538	0.64	22.50	2.40
50	170	83.15	2.53	539	0.03	23.16	1.14
	180	87.00	1.97	533	0.26	23.51	2.80
	190	78.90	2.91	498	0.96	22.12	3.75
60	170	78.20	3.14	497	0.27	23.04	12.07
	180	85.70	2.77	522	0.29	22.96	2.68
	190	77.78	1.89	395	0.08	21.30	0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข สมบัติทางแสงของเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์เข้มข้น

ตาราง ข 1 สมบัติทางแสงด้านความเงาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และกรดสเตียริก

ปริมาณเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ (phr)	ปริมาณกรดสเตียริก (phr)	ความเงา	
		Mean	SD.
10	0	83.30	1.76
	1	77.80	2.28
	3	77.60	1.30
30	0	83.50	1.50
	1	78.60	1.39
	3	76.20	1.14

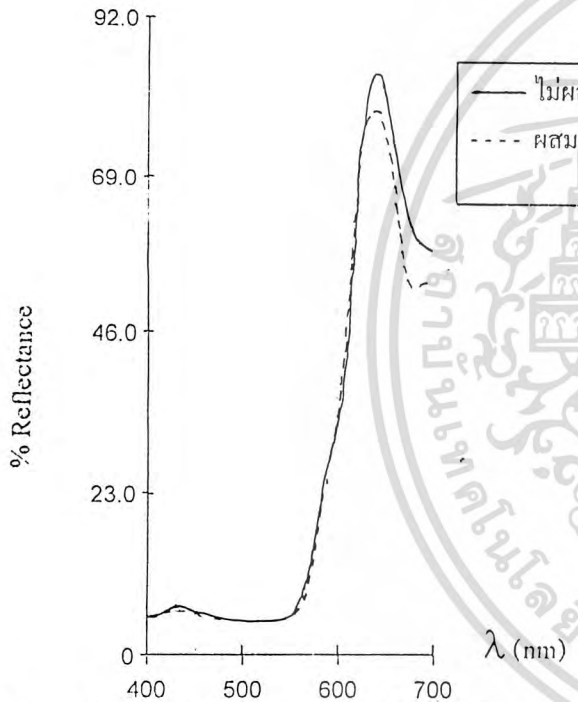
ตาราง ข 2 สมบัติทางแสงด้านความเงาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่นำกลับมาใช้ใหม่ที่ผสมกับเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์และออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์

ปริมาณเม็ดสีฟลูออเรสเซนต์ (phr)	ปริมาณออพติคัลไบร์ทเทนเนอร์ (phr)	ความเงา	
		Mean	SD.
10	0.00	83.30	1.76
	0.50	77.00	1.43
30	0.00	83.50	1.50
	0.50	78.87	1.37

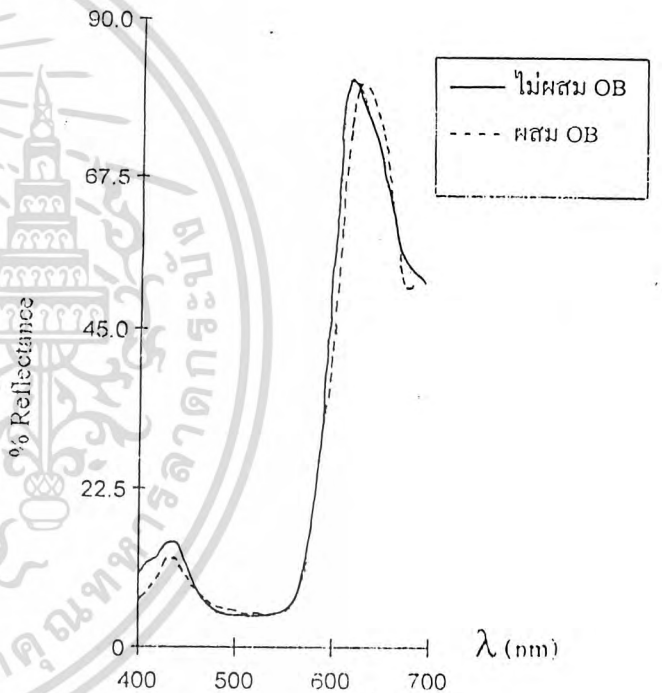
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

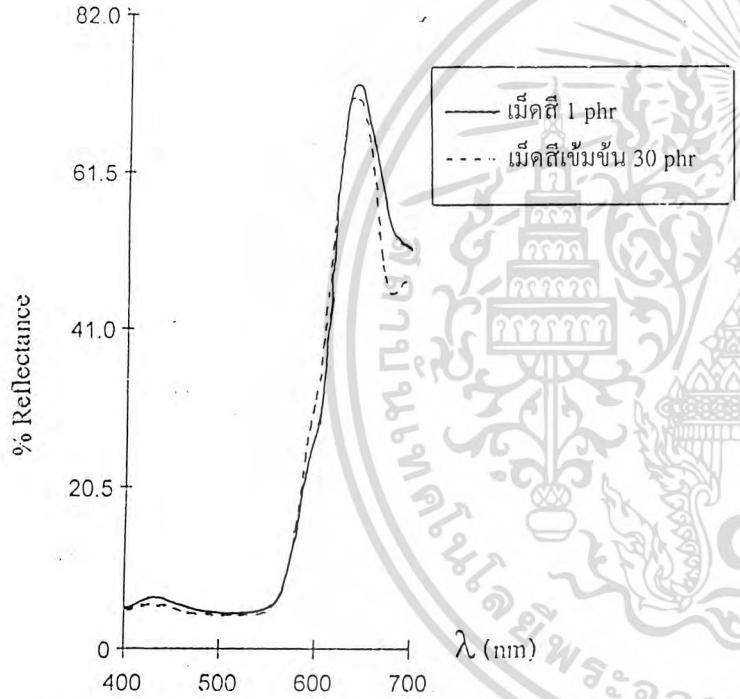
ภาคผนวก ค สมบัติด้านการสะท้อนแสง



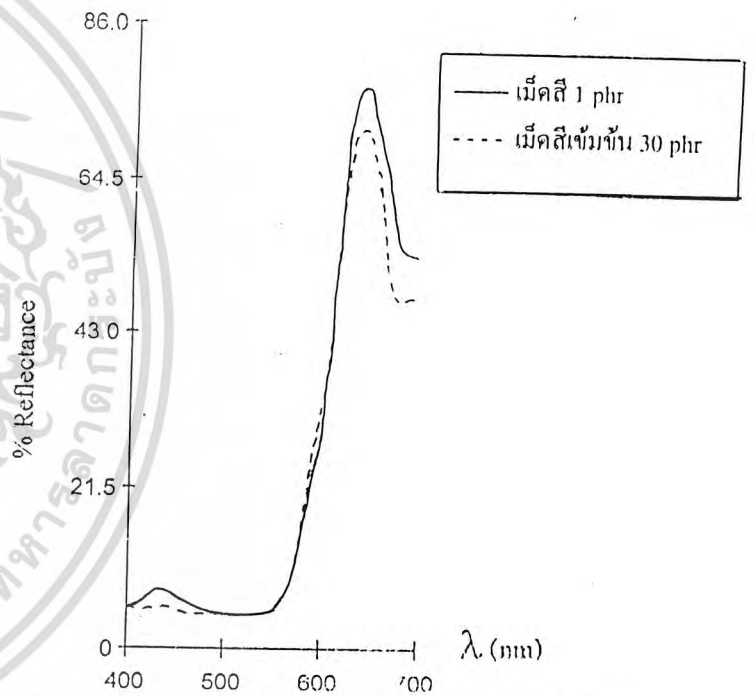
รูปที่ ค.1 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการเติม
เม็ดสี 10 phr ที่ไม่มีการเติมสารช่วยเพิ่มความสว่าง
เทียบกับสูตรที่มีการเติมสารช่วยเพิ่มความสว่าง



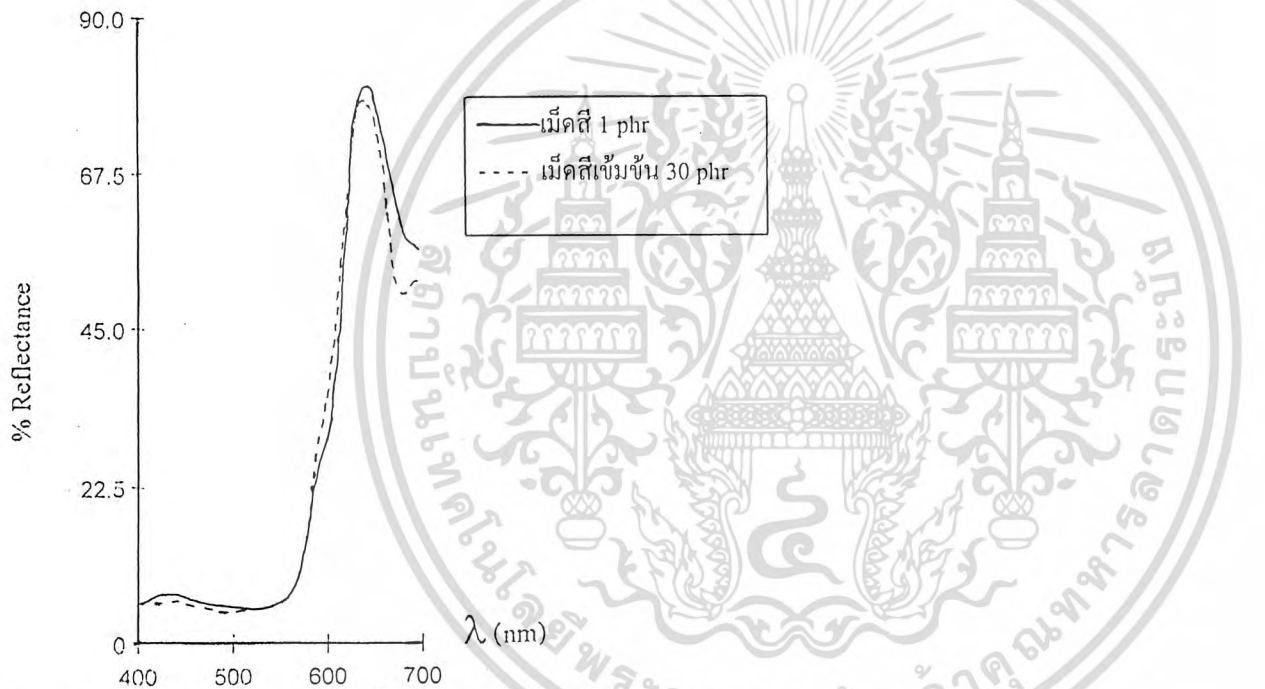
รูปที่ ค.2 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการเติม
เม็ดสี 30 phr ที่ไม่มีการเติมสารช่วยเพิ่มความสว่าง
เทียบกับสูตรที่มีการเติมสารช่วยเพิ่มความสว่าง



รูปที่ ค.3 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการผสมเม็ดสีเข้มข้น 30 phr ปริมาณ 0.5 phr กับ HDPE เทียบกับสูตรที่มีการผสมเม็ดสี 1 phr กับ HDPE



รูปที่ ค.4 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการผสมเม็ดสีเข้มข้น 30 phr ปริมาณ 0.7 phr กับ HDPE เทียบกับสูตรที่มีการผสมเม็ดสี 1 phr กับ HDPE



รูปที่ ค.5 ค่าการสะท้อนแสงของสูตรที่มีการผสมเม็ดสีเข้มข้น 30 phr ปริมาณ 0.9 phr กับ HDPE เทียบกับสูตรที่มีการผสมเม็ดสี 1 phr กับ HDPE