

แผ่นฟิล์มกลุ่มดินจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่นำกลับมาใช้ใหม่



นาย จักรพงษ์ โทธิวัฒน์กุล

นาย อนุพงษ์ เมธาดูษฎีลลิต

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของหอสมุดที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

วันที่ 19 พ.ค. 2548

Mulching Film from Recycled Low Density Polyethylene

Mr. Chakkapong Pothiwattanakul

Mr. Anupong Mathadussadeesatit

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

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง แผ่นฟิล์มคลุมดินจากพอลิโอลิฟินส์ที่นำกลับมาใช้ใหม่
นักศึกษา นายจักรพงษ์ โพธิ์วัฒนกุล
นายอนุพงษ์ เมฆาคุษฎีสถิต
ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ อาจารย์มนตรี ทองคำ	
กรรมการ ผศ.คณิตา ตั้งคณาบูรณ์	
กรรมการ ผศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรีชญาวรรการ	

(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	แผ่นฟิล์มคลุมดินจากพอลิเอทิลีนที่นำกลับมาใช้ใหม่
นักศึกษา	นายจักรพงษ์ โพธิ์วัฒนกุล นายอนุพงษ์ เมธาคุษฎีสถิต
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ ในการทำฟิล์มคลุมดินจากฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยการทำเป็นฟิล์ม 2 ชั้น ให้มีสมบัติในการป้องกันแสงอัลตราไวโอเลตและป้องกันความชื้นที่อยู่ในดิน โดยในที่นี้ใช้พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE)เกรดรีไซเคิลเป็นตัวกั้นความชื้น (moisture barrier) ใช้ผงคาร์บอน(carbon black)ทำให้พอลิเมอร์เกิดเสถียรภาพต่อแสงอัลตราไวโอเลต และเม็ดสีอะลูมิเนียม(Aluminium pigment)ทำหน้าที่ในการสะท้อนแสงอัลตราไวโอเลต(UV reflectors) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในแต่ละชั้น โดยในฟิล์มชั้นล่างเป็นการผสมระหว่างผงคาร์บอนกับ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE) ส่วนฟิล์มชั้นบนผสมระหว่างเม็ดสีอะลูมิเนียมกับ LDPE โดยผ่านกระบวนการเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก (blown film extrusion) จากนั้นนำมาทดสอบ สมบัติเชิงกล สมบัติความเงาของผิว(Gloss) สมบัติการดูดกลืนแสง สัณฐานวิทยา และการคลุมดินของฟิล์มที่ได้

จากการวิจัยนี้ พบว่าฟิล์มที่มีสูตรผสมระหว่างผงคาร์บอนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE)ในอัตราส่วน 3 : 100 โดยน้ำหนัก ให้ค่าสมบัติเชิงกลต่างๆ ได้ดีกว่า สูตรผสมอื่นๆ และให้ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มสูงสุด ในขณะที่สัณฐานวิทยาระหว่างการเพิ่มอัตราส่วนของผงคาร์บอน ทำให้พื้นผิวของฟิล์มขรุขระเกิดการกระจายตัวไม่ดี ส่วนสมบัติความเงาของผิว (Gloss) ฟิล์มพอลิเมอร์ในสูตรที่มีการผสมเม็ดสีอะลูมิเนียมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในแต่ละสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่สูตรที่มีเม็ดสีอะลูมิเนียมอยู่ 0.3 ส่วน ต่อ LDPE 100 ส่วน โดยน้ำหนักให้ค่าเฉลี่ยความเงาของผิว เท่ากับ 4.6 เมื่อนำฟิล์มที่มี

สูตรผสมระหว่างผงคาร์บอน (carbon black) กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอัตราส่วน 3 : 100 โดยน้ำหนัก มาประกบกับฟิล์มพอลิเมอร์ในสูตรที่มีการผสมเม็ดสีอะลูมิเนียม กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE) ในอัตราส่วน 0.3 : 100 โดยน้ำหนัก และทดสอบการคลุมดินพบว่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเพียง 1.38 % เมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Mulching Film from Recycled Low density Polyethylene
Name	Mr. Chakkapong Pothiwattanakul Mr. Anupong Mathadussadeesatit
Special Project Advisors	Assoc. Prof. Dr. Somsak Woramongkolchai
Department	Chemistry
Academic Year	2003

ABSTRACT

This research aimed to study the possibility of making mulching film from recycled polyethylene film with two-layer lamination. This film indicated ultraviolet protection and moisture barrier properties in soil. The film was composed of recycled low density polyethylene as moisture barrier, carbon black as ultraviolet stabilizer and aluminium pigment as ultraviolet reflective. The optimum ratio of two-layer component was varied. The lower layer was mixed by carbon black and LDPE as the upper one was mixed by aluminium pigment and LDPE. This two-layer component was formed by blown film extrusion. Then it was tested by mechanical, gloss, thermal morphology and mulching film properties.

It was found that the ratio of 3 to 100 by weight of film with carbon black and LDPE indicated better mechanical properties and higher light absorbance. As the morphology property specified the roughness of film which was shown by poor dispersion. The polymer film gloss between aluminium pigment and LDPE was similar to each formulation. The ratio of 0.3 to 100 parts of aluminium pigment and LDPE gave the average gloss 4.6. When the ratio of 3 to 100 parts of film between carbon black powder and LDPE was taken and matched to the ratio of 0.3 to 100 parts of film between aluminium pigment and LDPE. It was found that mulching film indicated changed moisture in soil only 1.38% per day.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ หากไม่ได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายๆ ท่าน

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและอาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจทานแก้ไขโครงการพิเศษนี้จนเรียบร้อยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บริษัท EASON PAINT PRODUCTS Co.,LTD. ที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการทดสอบความเงาของฟิล์ม

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาเคมีทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้หากขาดรายชื่อบุคคลผู้มีพระคุณท่านใดทางคณะผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย ทุกท่านล้วนเป็นส่วนหนึ่งของโครงการพิเศษนี้

นาย จักรพงษ์ โพธิ์วัฒนกุล

นาย อนุพงษ์ เมธาคุณภูสิต



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1ความเป็นมาของ โรงงานพิเศษ	1
1.2วัตถุประสงค์	2
1.3ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	3
1.5ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ	4
2.2ฟิล์มพอลิเอทิลีน	5
2.3ความเสถียรภาพทางแสงอัลตราไวโอเล็ต	5
2.4ทฤษฎีอัลตราไวโอเล็ตและวิธีเบสเปกโทรสโกปี	7
2.5สารเติมแต่ง	8
2.6เครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว	8
2.7การเป่าฟิล์ม	10
2.7.1หลักการของฟิล์มเป่า	
2.7.2ชาร์คแวร์์ของกระบวนการผลิตฟิล์มเป่า	13
2.7.3สมบัติของฟิล์มเป่า	18
2.8 เครื่องวัดความมันเงา Glossmeter (ASTM D 523)	19
2.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด(SEM)	20
2.10 ความรู้เกี่ยวกับดิน	21
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง	26
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	27
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 การศึกษาอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมระหว่าง carbon black master batch กับ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ	32
4.2 การศึกษาอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมระหว่างเม็ดสีอะลูมิเนียม	40
4.3 การศึกษาการนำไปใช้งานของฟิล์มหลังจากการประกบ	44
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการวิจัย	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	50



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 พลังงานของการแผ่รังสีที่ความยาวคลื่นต่างกัน และพลังงานพันธะของพันธะที่พบในพอลิเมอร์	7
ตารางที่ 1.2 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของพอลิเมอร์และความยาวคลื่น โซลาร์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการเสียคุณภาพ ทางแสงของพอลิเมอร์	7
ตารางที่ 3.1 สมบัติของผงคาร์บอนในรูปแบบ Master batch	26
ตารางที่ 3.2 สมบัติของเม็ดสีอะลูมิเนียม	26
ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสมของ Master batch กับ LDPE	28
ตารางที่ 3.4 อัตราส่วนผสมของเม็ดสีอะลูมิเนียม กับ LDPE	28
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงดึงในแนว MD และ TD ของแต่ละสูตร	33
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาค่าการดึงยึด ณ จุดขาดในแนว MD และ TD ของแต่ละสูตร	34
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาค่ามอดูลัสในแต่ละแนวของแต่ละสูตร	35
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ในแต่ละแนวของแต่ละสูตร	36
ตารางที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 300 nm และ 750 nm	39
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย Gloss ในแต่ละสูตร	40
ตารางที่ 4.7 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 300 nm และ 750 nm	43
ตารางที่ 4.8 ค่าการส่องผ่านของแสงที่ 300 nm และ 750 nm	44
ตารางที่ 4.9 ความชื้นในดินที่อยู่ในภาชนะต่างกัน	45

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ความยาวคลื่นกับระดับพลังงาน	6
1.2 รูปทรงเรขาคณิตของเครื่องอัดรีดแบบทั่วไป	9
1.3 ตัวอย่างเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว	10
1.4 กระบวนการผลิตฟิล์มเป่า	11
1.5 ความหนืดเนื่องจากแรงดึง	12
1.6 การเป่าฟิล์มพอลิพรอพิลีน	13
1.7 วงแหวนแบบป้อนเข้าด้านข้าง	15
1.8 วงแหวนอากาศแบบคู่	16
1.9 หลักการทำงานของ Glossmeter	20
1.10 ความผันแปรของอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึกต่างๆ ในรอบวัน	22
1.11 อุณหภูมิของดินที่ความลึกต่างๆ ในรอบปี	22
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงดึงกับอัตราส่วน Master batch และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำใน อัตราส่วนที่แตกต่างกัน	33
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดึงยึด ณ จุดขาดกับอัตราส่วนของ Master batch กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำใน อัตราส่วนที่แตกต่างกัน	34
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสกับอัตราส่วน Master batch และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	35
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงสูงสุดกับอัตราส่วน Master batch และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำใน อัตราส่วนที่แตกต่างกัน	36
4.5 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับ Master batch ในอัตราส่วน 1 : 100	37
4.6 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ ผสมกับ Master batch ในอัตราส่วน 2 : 100	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปร่าง(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับ Master batch ในอัตราส่วน 3 : 100	38
4.8 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับ Master batch ในอัตราส่วน 4 : 100	38
4.9 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 300nm และ 750 nm ในแต่้อตราส่วนของฟิล์มที่ผสมเม็ดสีอะลูมิเนียม	39
4.10 ความความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเงาของผิว(Gloss) กับ อัตราส่วนของเม็ดสีอะลูมิเนียม (Aluminum pigment) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	41
4.11 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับผงอะลูมิเนียม ในอัตราส่วน 0.3 : 100	41
4.12 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับผงอะลูมิเนียม ในอัตราส่วน 0.4 : 100	42
4.13 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับผงอะลูมิเนียม ในอัตราส่วน 0.5 : 100	42
4.14 รูปพื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับผงอะลูมิเนียม ในอัตราส่วน 0.6 : 100	43
4.15 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 300 nm และ 750 nm ของแต่้อตราส่วนที่ผสมเม็ดสีอะลูมิเนียม	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ในทางการเกษตร ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นกับดิน คือ การรกร่น้ำลงในดิน น้ำส่วนหนึ่งจะถูกพืชดูดไปใช้แต่ส่วนใหญ่จะสูญหายไป โดยไหลออกไปนอกพื้นที่ของรากพืชด้านล่างและด้านข้าง และจากการระเหยออกไปสู่บรรยากาศโดยลม แดด อุณหภูมิ และผิวดิน การเสียน้ำไปแบบนี้ ทำให้ต้องรกร่น้ำมาครั้งขึ้น หรือครั้งละมาก ๆ ทำให้สิ้นเปลืองน้ำ พลังงาน และแรงงานมากขึ้น อีกปัญหาหนึ่งในการเพาะปลูกก็คือ วัชพืชที่ขึ้นเหนือผิวดินซึ่งจะแย่งอาหารในดินจากพืชที่เพาะปลูกถ้าสามารถหาวิธีบางอย่างที่ป้องกันไม่ให้ดินได้รับแสงสว่าง วัชพืชเล็กๆ ก็ไม่อาจขึ้นได้

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจึงได้มีผู้พยายามคิดค้นหาวิธีที่จะรักษาน้ำในดินไว้ให้มีความชื้นที่พอเหมาะ อาจแก้ปัญหาโดยการผสมดินเหนียวเพื่อให้ดินอุ้มน้ำได้มากขึ้นแต่การที่มีปริมาณดินเหนียวมากเกินไป จะทำให้การแทรกซึมผ่านของน้ำเกิดได้ยาก การถ่ายเทอากาศไม่ดี และในพืชบางชนิดไม่เหมาะกับการเพาะปลูกด้วยดินเหนียว หรือการใช้ปุ๋ย ถ้านำพอลิเมอร์ซึ่งมีสมบัติอุ้มน้ำและพองออกได้ 200-500 เท่า ใช้คลุมผสมกับดินหรือใช้รองก้นหลุมปลูก แต่ปุ๋ยพอลิเมอร์ก็อาจแตกตัวลงได้ ถ้าสัมผัสกับปุ๋ยที่เป็นกรดจัดหรือด่างจัด อีกทั้งใช้ต้นทุนสูง ด้วยสาเหตุนี้การใช้ฟิล์มคลุมดินจึงเป็นอีกทางเลือกอีกวิธีหนึ่ง ที่จะช่วยป้องกันการระเหยน้ำออกจากดินได้ รักษาความชื้นในดิน อีกทั้งยังกำจัดปัญหาเรื่องวัชพืชได้อีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงเป็นการผลิตฟิล์มคลุมดิน ที่มีลักษณะการใช้งานคล้ายกระดาษดินไม้ โดยเลือกวัสดุรีไซเคิลจากพลาสติกประเภทพอลิโอฟีนส์ เพื่อนำมาลดต้นทุนในการเพาะปลูก และเป็นการช่วยลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะพลาสติกอีกทางหนึ่งด้วยซึ่งประโยชน์ของฟิล์มคลุมดินนี้ มีหลายประการดังนี้ คือ

1. รักษาความชื้นในดิน
2. ช่วยลดวัชพืช
3. ลดอุณหภูมิผิวดิน
4. ป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน โดยฝนและแสงแดด
5. สามารถปลูกพืชบนพื้น โดยไม่ต้องขุดหลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สามารถนำมาใช้งานในการจัดแต่งสวนหย่อมได้
7. ประหยัดเนื้อที่ในการเพาะปลูก
8. ลดค่าใช้จ่ายในการใช้กระถางดินเผา
9. ประหยัดน้ำ พลังงาน และแรงงานคน

ในทางการเกษตร LDPE มีบทบาทในการใช้ทำเป็นฟิล์ม เพื่อป้องกันแสงแดด ป้องกันความชื้น ลดอุณหภูมิในโรงเพาะปลูก หรือเรือนกระจกสำหรับปลูกต้นไม้ (Green House) ใช้ทำถุงปุ๋ยหรือถุงดินที่ใช้แทนกระถางต้นไม้ในการปลูกพืชเนื่องจาก LDPE สามารถนำไปใช้ผลิตเป็นพลาสติกที่มีความเด่นหลายประการ เช่น สมบัติความเหนียว (Toughness) ความเงา (high gloss) ด้านทานแรงกระแทก (Impact Strength) กันความชื้น (Good Moisture Barrier) และสามารถนำไปใช้งานต่างๆ ได้หลายประเภท (Manufacturing flexibility and end use versatile)

ในงานวิจัยนี้ จะใช้ LDPE เกรดรีไซเคิลผสมกับสารเติมแต่งตามอัตราส่วนต่างๆ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์ม 2 ชั้น ซึ่งสมบัติของฟิล์มแต่ละชั้นจะต่างกัน โดยชั้นบนมีสมบัติในการสะท้อนแสงอัลตราไวโอเล็ตโดยเติมเม็ดสีอะลูมิเนียม และชั้นล่างของฟิล์มมีสมบัติในการเกิดเสถียรภาพต่อพลังงานแสงอัลตราไวโอเล็ต และสมบัติเชิงกลที่ดีโดยการเติมผงคาร์บอน (Carbon black)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการทำฟิล์มคลุมดินจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่นำกลับมาใช้ใหม่
2. เพื่อศึกษาหาสูตรผสมที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ฟิล์มคลุมดินจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่นำกลับมาใช้ใหม่
3. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มจากกระบวนการอัดแบบชนิดเป่า (Blown Film Extrusion)
4. เพื่อศึกษาถึงบทบาทของสารปรับแต่ง ที่เหมาะสมกับการผลิตฟิล์มคลุมดินจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่นำกลับมาใช้ใหม่

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการทำฟิล์มคลุมดินจากพอลิเอทิลีนที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยการเติมสารตัวเติมลงใน LDPE เกรดรีไซเคิล สารตัวเติมที่ใช้เป็นเม็ดสีอะลูมิเนียม ซึ่งทำให้ฟิล์มมีสมบัติในการสะท้อนแสงอัลตราไวโอเล็ต และผงคาร์บอนซึ่งทำให้ฟิล์มเกิดเสถียรภาพต่อพลังงานแสงอัลตราไวโอเล็ต และมีสมบัติเชิงกลที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการผสมนี้ต้องคำนึงถึงอัตราส่วนผสมที่เข้ากันได้ และสภาวะที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม ด้วยกระบวนการอัดรีดแบบชนิดเป่า (Blown film Extrusion) นอกจากนี้ยังศึกษาสมบัติต่างๆ ของฟิล์มที่ได้ เช่น ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (Tear strength) ทั้งในทิศทางตามเครื่องจักร และในทิศทางตามขวางเครื่องจักร ความเงาของผิว (Gloss) ความแข็งแรงดึง (tensile strength) ในแนวทิศตามเครื่องจักร และทิศทางตามขวาง เปรอ์เซ็นต์การดึงยืด (% Elongation) และ สันฐานวิทยา เพื่อให้ได้ฟิล์มคลุมดินมีสมบัติที่ดี สามารถนำไปใช้ในทางเกษตรได้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ในการวิจัย ทำการผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำด้วยเม็ดสีอะลูมิเนียม ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruder) เพื่อผลิตฟิล์มชั้นบน โดยทำการหาอัตราส่วนผสมระหว่าง พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำกับเม็ดสีอะลูมิเนียม ที่ทำให้เกิดการผสมได้ดี นำสูตรส่วนผสมที่ได้มาเป่าฟิล์มด้วยเครื่อง Blown film Extrusion หลังจากนั้นนำมาทดสอบหาค่าความเงาของผิว (gloss) หรือค่าการสะท้อนแสง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเป็นฟิล์มคลุมดิน ส่วนการผลิตฟิล์มชั้นล่างทำการผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำกับผงคาร์บอนที่อยู่ในรูปของ Master batch ที่มีผงคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 35% ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruder) หาอัตราส่วนผสมที่ทำให้เกิดการผสม และการกระจายตัวที่ดี นำสูตรที่ได้มาเป่าฟิล์มด้วยเครื่อง Blown film extrusion หลังจากนั้นนำมาทดสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนทำการสรุปผลการวิจัยเพื่อนำมาใช้งาน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำพอลิเมอร์รีไซเคิลมาใช้ในการผลิตฟิล์ม 2 ชั้น ได้
2. มีความรู้และความชำนาญในการผลิตฟิล์ม โดยใช้เครื่อง Blown film extrusion
3. ทราบถึงสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างพอลิเมอร์ (LDPE) กับ สารตัวเติมในการผลิตฟิล์ม
4. ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติของฟิล์มได้
5. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการผลิตฟิล์ม ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการเกษตร และด้านอื่นๆ
6. ทำให้ทราบถึงสมบัติต่างๆ ของฟิล์ม
7. ช่วยลดปัญหาในการกำจัดกากของเสียจากอุตสาหกรรมพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE: Low Density Polyethylene)

2.1.1 ลักษณะโดยทั่วไปของ LDPE

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE) เป็นเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดแรกที่ทำนำมาใช้ในทางการค้า เริ่มผลิตครั้งแรกในประเทศอังกฤษ ในปี ค.ศ.1930(พ.ศ.2473) โดยบริษัท Imperial Chemical Industries (ICI) กระบวนการผลิตและลักษณะโดยทั่วไปของLDPE มีดังนี้ [1]

- ความดันที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะสูงมาก 1,000-3,000 บรรยากาศ (15,000-45,000 psi)
- อุณหภูมิที่ใช้ในปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) 200-400 องศาเซลเซียส
- พอลิเอทิลีนที่ได้มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.910 - 0.925 g/cm³ การกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลกว้าง (broad molecular weight distribution) และมีกิ่งก้านสาขาภายในโมเลกุลมาก (highly branched chain molecule)

2.1.2 สมบัติโดยทั่วไปของ LDPE

- มีการไหลตัวดี
- ช่วยให้อุณหภูมิการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจาก LDPE แลบน
- มีค่าความต้านทานแรงกระแทก (Impact Strength) ดีพอสมควร
- เป็นตัวกันความชื้นได้ดี (Good Moisture Barrier)
- พิล์มที่แปรรูปจาก LDPE จะมีความเป็นเงามันดี (high gloss) และความฝ้าต่ำ (low haze)
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ค่อนข้างดี (good dielectric property)

2.1.3 การใช้งาน LDPE ในปัจจุบัน

LDPE สามารถนำไปใช้แปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น

- พิล์มและงานเคลือบหลายๆ ชั้น (lamination) เช่นฟิล์มหดหุ้ม (shrink wrap) หรือถุงที่ต้องการความใสมาก ๆ
- งานฉีดแบบ (Injection moulding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานเป่าแบบ(blow moulding)
- อื่นๆ เช่น พลาสติกหลายชั้น(Coextrusion) งานรีดท่อ (pipe extrusion) งานเคลือบสายไฟฟ้าและสายเคเบิล(wire and cable coating)

2.2 พลาสติกโพลีเอทิลีน

ในบรรดาพอลิพลาสติกที่ใช้สำหรับการทำหีบห่อพอลิเอทิลีน เป็นพลาสติกที่มีการใช้กันมากที่สุดในปริมาณมากที่สุด และในขอบที่กว้างขวางไม่ว่าสินค้าจะเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ เนื่องจากมีชนิดและคุณภาพหลายระดับ

สมบัติโดยทั่วไป

- ดูดซึมน้ำได้ต่ำมาก
- ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี
- ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี (HDPE จะป้องกันได้ดีกว่า)
- ป้องกันการซึมผ่านของไขมัน/น้ำมันได้ดี
- มีความปลอดภัย สามารถใช้กับอาหารและยาได้

2.3 ความเสถียรภาพทางแสงอัลตราไวโอเล็ต

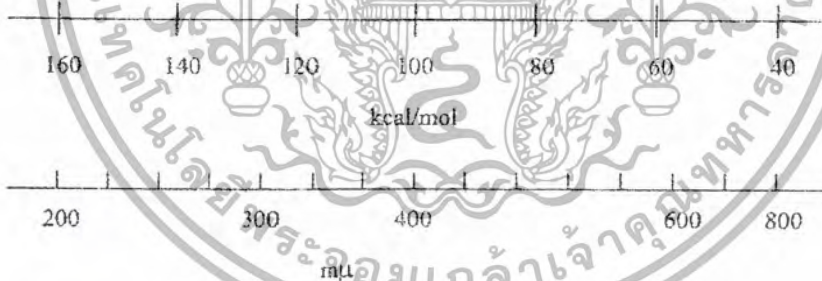
โดยทั่วไปความเสถียรของพันธะ โคเวเลนต์ในสารประกอบอินทรีย์ สิ่งมีชีวิตและพอลิเมอร์มีความสำคัญและมีอยู่อย่างเพียงพอ ปฏิกิริยาของพันธะ โคเวเลนต์มีความว่องไวพอที่จะทำให้เกิดการสังเคราะห์สารอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมมีความจำเป็นที่จะใช้เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของพอลิเมอร์ นอกจากนี้จะทำให้เกิดการลดลงของพอลิเมอร์อินทรีย์ ในระหว่างกระบวนการและการนำไปใช้เป็นของแข็งในระบบปิด การลดลงจัดเป็นกระบวนการที่จะต้องเร่งให้เกิดมากเท่าที่จะเป็นไปได้

สำหรับพันธะ โคเวเลนต์ที่ผ่านจากสถานะเสถียรไปเป็นสถานะที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาจะมีผลทำให้ระดับพลังงานสูงขึ้น โดยสภาพบรรยากาศภายนอกได้พลังงานการกระตุ้นมาโดยตรงจากการแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ตของดวงอาทิตย์ แสดงในรูปที่ 1.1 ตารางที่ 1.1 และ ตารางที่ 1.2 ตามลำดับ แสงอาทิตย์เข้ามาทางบรรยากาศของโลกจะถูกกรองผ่านชั้นของโอโซนซึ่งจะจำกัดความยาวคลื่นที่สั้นกว่า 290 มิลลิไมโครเมตร (m μ) ทั้งหมด ความยาวคลื่นที่มากกว่า 400 m μ จะเป็นแสงที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและความร้อนอินฟราเรด ด้วยเหตุนี้การแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ตจาก 290 ถึง 400 m μ จะเกิดขึ้นประมาณ 5 % ของการแผ่รังสีโซลาร์ทั้งหมดที่มาถึงยังโลก ดังนั้นการเสถียรภาพของพลาสติกในสภาพบรรยากาศภายนอกเริ่มต้นด้วยพลังงานอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ และโดยปกติจะรวมถึงออกซิ-

เจนที่อยู่ในบรรยากาศ และในบางครั้งรวมถึงความชื้นในบรรยากาศและฝุ่นที่เกิดจากลมเป่า เป็นต้น

การเสียดสภาพของพลาสติกด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต เริ่มต้นเมื่อพลาสติกดูดกลืนการแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ซึ่งในทางทฤษฎีถือเป็นสิ่งสำคัญมาก อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติไม่เป็นที่ชัดเจนว่าสิ่งนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร ยกตัวอย่างเช่น ไฮโดรคาร์บอนประเภทอะลิฟาติกบริสุทธิ์ดูดกลืนแสงได้ต่ำกว่า $220 \text{ m}\mu$ พอลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนดูดกลืนแสงได้ต่ำกว่า $300 \text{ m}\mu$ เท่านั้นซึ่งจะไม่อยู่ในช่วงของแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มาถึงยังโลก ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นที่ต้องตั้งสมมติฐานว่ามีสิ่งเจือปนอยู่ในพอลิเมอร์ หรือ โครงสร้างของพอลิเมอร์เองเกิดการเบี่ยงเบนของโครงสร้าง และอาจสมมติได้ว่าสิ่งเหล่านี้มีพอที่จะดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตในตอนเริ่มแรกและเริ่มปฏิบัติการเสียดคุณภาพ

ยกตัวอย่างเช่น พันธะคู่ $C=C$ ที่แยกออกจากกันจะดูดกลืนแสงที่สูงกว่า $200\text{-}250 \text{ m}\mu$ เท่านั้น แต่พวกที่เป็นคอนจูเกตกับกลุ่มไม่อิ่มตัวอื่นๆ สามารถเพิ่มการดูดกลืนถึงในช่วงปฏิบัติได้



รูปที่ 1.1 ความยาวคลื่นกับระดับพลังงาน[2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 พลังงานของการแผ่รังสีที่ความยาวคลื่นต่างกันและพลังงานพันธะของพันธะที่พบในพอลิเมอร์[3]

ความยาวคลื่น (nm)	พลังงาน		ชนิดของ พันธะ	พลังงานพันธะ (kJ. Mole ⁻¹)
	kcal Einstein ⁻¹	kJ. Einstein ⁻¹		
290	100	419	C—H	380-420
300	95	398	C—C	340-350
320	90	375	C—O	320-380
350	81	339	C—Cl	300-340
400	71	297	C—N	320-330

ตาราง 1.2 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของพอลิเมอร์และความยาวคลื่นโซลาร์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการเสียคุณภาพทางแสงของพอลิเมอร์[3]

พอลิเมอร์	ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (nm)	ความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพ มากที่สุด(nm)
พอลิเอทิลีน	<150	300
พอลิพรอพิลีน	<200	310
พอลิไวนิล คลอไรด์	<210	310
พอลิเมทิล เมทอะครีเลท	<240	290-315
พอลิไวนิล อะซีเตท	<250	<280
พอลิสไตรีน	<260	318
พอลิคาร์บอนเนต	260	295
พอลิเอทิลีน เทอพลาทาเลท	~290	290-320

2.4 ทฤษฎีอัตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี[4]

การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 190-800 นาโนเมตร(nm) ของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่พวกสารอินทรีย์(organic compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือสารอนินทรีย์ (inorganic compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแสงที่อยู่ในช่วงยูวี-วิสิเบิลผ่านเข้าไปในโมเลกุลของสาร สารนั้นจะดูดกลืนแสงเฉพาะบางช่วงของความยาวคลื่น ทำให้เกิดมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (electronic transition) ซึ่งโดยมากจะใช้พลังงานประมาณ 30-150 kcal/mole และอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้อง คือ อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุดหรืออิเล็กตรอนที่ยังไม่เกิดพันธะ (non-bonding electrons) ซึ่งแต่ละชนิดจะมีพลังงานแตกต่างกันอิเล็กตรอนที่ได้รับพลังงานสูงขึ้นนี้เรียกว่า antibonding orbitals

ความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงและเปอร์เซ็นต์ค่าการส่องผ่านของแสง(Transmittance)

$$A = 2 - \log \% T$$

A คือ ค่าการดูดกลืนแสง

T คือ เปอร์เซ็นต์ค่าการส่องผ่านของแสง

2.5 สารเติมแต่ง[3]

2.5.1 ผงคาร์บอน(carbon black)

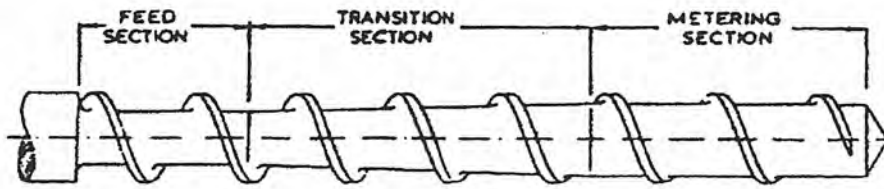
ผงคาร์บอนจัดเป็นสารเติมแต่งพอลิเมอร์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการทำให้พอลิเมอร์เกิดเสถียรภาพต่อแสงอัลตราไวโอเล็ต โดยที่ผงคาร์บอนจะดูดกลืนพลังงานของแสงอัลตราไวโอเล็ต และเกิดเรโซแนนซ์เพื่อทำให้โครงสร้างเสถียร และจากนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ระดับพลังงานสูง ไปยังสถานะที่มีระดับพลังงานต่ำ โดยจะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพอลิเมอร์ แต่ผงคาร์บอนมีขีดจำกัดอยู่ที่มีสีขุ่นดำ(opaque black) และในบางครั้งมีผลต่อกระบวนการในเรื่องความหนืด ความเปราะ การดูแลรักษาและอื่นๆ เป็นต้น

2.5.2 เม็ดสีอะลูมิเนียม

เม็ดสีอะลูมิเนียมจัดเป็นสารสะท้อนแสงอัลตราไวโอเล็ต(UV reflectors) ทำให้เกิดความมันเงา จึงสามารถป้องกันพลังงานของแสงอัลตราไวโอเล็ตที่จะมาถึงพลาสติกและเพิ่มอายุการใช้งานภายนอกได้ดี

2.6 เครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว (single screw)

เครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวจัดว่ามีความสำคัญอย่างมากในทางอุตสาหกรรม โดยมีลักษณะรูปทรงทางเรขาคณิตโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็นสามส่วนดังในรูปที่ 1.2



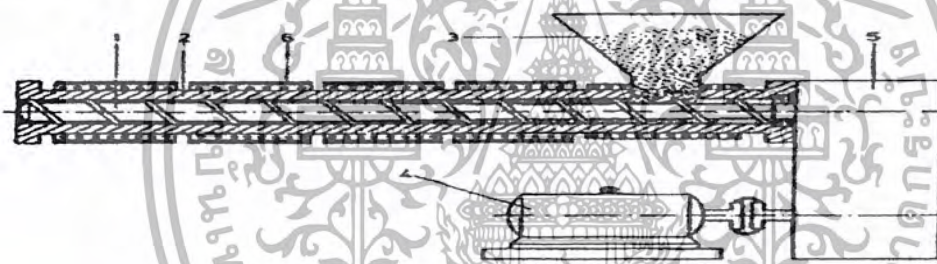
รูปที่ 1.2 รูปทรงเรขาคณิตของเครื่องอัดรีดแบบทั่วไป[5]

โครงสร้างแบบนี้ใช้แทนการทำงานแบบขั้นตอนเดียว (single stage) ซึ่งหมายถึง สกรูมีเพียงส่วนของการอัด (compression section) เท่านั้นแม้ว่ารูปทรงเรขาคณิตจะแบ่งออกเป็นสามส่วนก็ตาม ในส่วนแรก (ใกล้กับทางเปิดให้วัสดุเข้า) จะมีเฟืองคั่นข้างลึกโดยวัสดุที่เข้ามายังส่วนนี้อยู่ในสถานะของแข็งเรียกส่วนนี้ว่าเป็นส่วนป้อนวัสดุ (feed section) ส่วนท้ายสุด (ใกล้กับคาน) จะมีเฟืองคั่นข้างตื้นโดยวัสดุที่อยู่ในส่วนนี้จะอยู่ในสถานะหลอมเหลวทั้งหมด เรียกส่วนนี้ว่าเป็นส่วนมาตรวัดหรือส่วนปั๊มวัสดุ (metering or pump section) ส่วนที่อยู่ระหว่างส่วนป้อนวัสดุและส่วนปั๊มวัสดุเรียกว่าส่วนทรานสิชันหรือส่วนอัด (transition or compression section) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการหลอมวัสดุ โครงสร้างแบบนี้ ความลึกของช่องสกรู (หรือ ความสูงของเฟืองสกรู) จะลดลงแบบเส้นตรงจากส่วนป้อนวัสดุ ไปยังส่วนมาตรวัดหรือส่วนปั๊มวัสดุ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการอัดตัวของวัสดุภายในช่องสกรู ตัวแปรอีกตัวหนึ่งในการออกแบบสกรูที่นับว่ามีความสำคัญ คือ อัตราส่วนความยาวของสกรูต่อเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสกรู (L/D) พบว่าโดยปกติอยู่ในช่วง 20 ถึง 30 แต่ที่นิยมใช้คือ 24 แต่ในเครื่องอัดรีดบางประเภทอย่างเช่น เครื่องอัดรีดที่มีช่องระบายอากาศ (vented extruder) จะมีอัตราส่วนนี้สูงถึง 35 หรือ 40

การทำงานพื้นฐานของเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว มีลักษณะตรงไปตรงมากล่าวคือ วัสดุเข้ามาทางอุปกรณ์ ป้อนวัสดุ (feed hopper) โดยอาศัยหลักแรงโน้มถ่วงไหลลงมายัง ส่วนของกระบอกสกรู (extruder barrel) วัสดุบางชนิดป้อนเข้ามาได้ยากจึงจำเป็นต้องอาศัย อุปกรณ์พิเศษช่วยเพื่อป้องกันการติดค้าง (bridging) ของวัสดุ เมื่อวัสดุเข้ามายังกระบอก สกรู จะผ่านไปยังช่องว่างวงแหวนหรือช่องว่างของสกรูที่อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่เกิดแรงเสียดทานกระทำต่อวัสดุทั้งในส่วนของกระบอกสกรูและพื้นผิวของสกรู แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจะพาวัสดุให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า พร้อมกับมีความร้อนจากส่วนของอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ติดอยู่ตรงกระบอกสกรู (barrel heaters) เป็นตัวช่วยให้ความร้อนสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิของวัสดุเกินจุดหลอมเหลวจะเกิดฟิล์มบางๆที่ผิวของกระบอกสกรูซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนสภาพพลาสติก (ไม่ใช่บริเวณเดียวกับส่วนที่เกิดการอัด) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของพอลิเมอร์ รูปทรงเรขาคณิตของเครื่องจักรและสภาวะการทำงานในขณะที่วัสดุเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ปริมาณของวัสดุของแข็งในแต่ละตำแหน่งจะลดลงด้วยปริมาณการหลอมเหลวเพิ่มขึ้น และเมื่อของแข็งหมดไปจะเข้าสู่ปลายบริเวณของการเปลี่ยนสภาพพลาสติกและป้อนเข้าสู่คาย ในขณะที่พอลิเมอร์ไหลผ่านคายจะมีรูปร่างเหมือนกับช่องทางการไหลของคาย ทำให้วัสดุที่ออกจากคายมีรูปร่างสอดคล้องกับภาคตัดขวางของส่วนสุดท้ายของช่องการไหลของคาย ด้วยเหตุนี้คายจึงต้องอาศัยความดันบังคับวัสดุให้ไหลผ่านเพื่อดำเนินการไหลที่เกิดขึ้น เรียกความดันที่จุดนี้ว่า ความดันหัวคาย (die head pressure) ซึ่งความดันนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของคาย (โดยเฉพาะช่องทางการไหล) อุณหภูมิที่พอลิเมอร์หลอมเหลว อัตราการไหลผ่านคาย และสมบัติทางรีโอโลยีของพอลิเมอร์หลอมเหลว จะเห็นว่าความดันหัวคายเกิดจากคายไม่ใช่เกิดจากเครื่องอัดรีดพอลิเมอร์ ดังนั้นความดันหัวคายจะเท่ากันหมดไม่ว่าจะใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวหรือแบบสกรูคู่



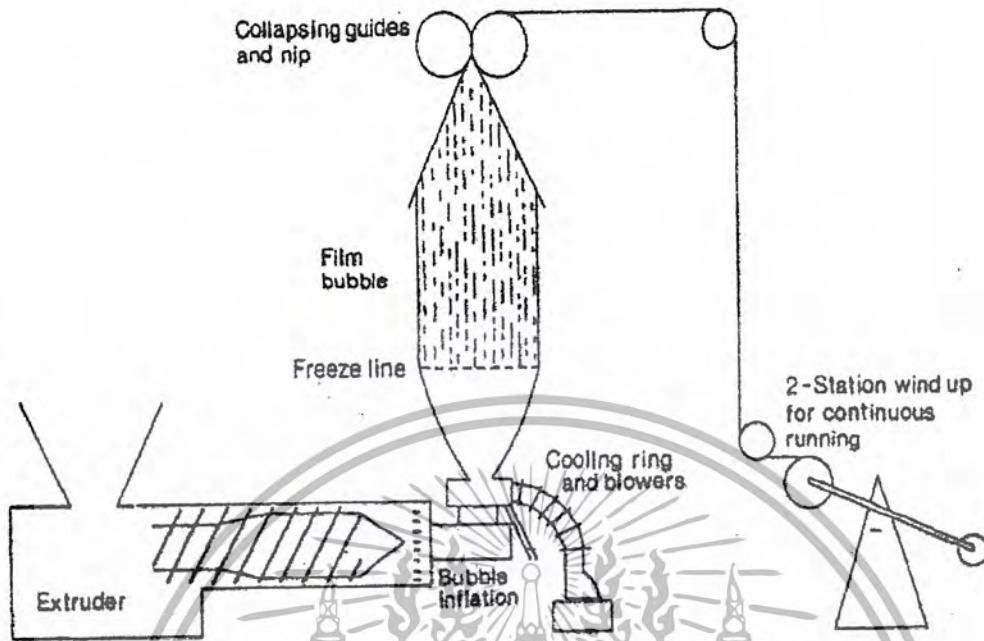
รูปที่ 1.3 ตัวอย่างเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว[5]

2.7 การเป่าฟิล์ม (Blown film)

2.7.1 หลักการของฟิล์มเป่า

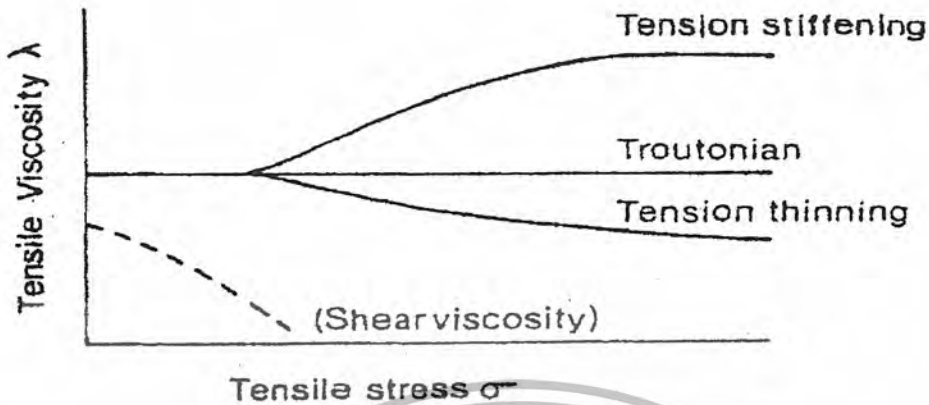
ฟิล์มที่ได้จากการเป่าจะมีความหนาน้อยกว่า 250 ไมโครเมตร (0.01 นิ้ว หรือ 10 มิลลิเมตร) โดยอุปกรณ์ที่ใช้ทำฟิล์มเป่าจะประกอบด้วยเครื่องอัดรีดต่ออยู่กับคายประเภทวงแหวน(annular die) การผลิตฟิล์มเป่าแบบท่อ (tubular blown film) จะใช้อากาศและการดึงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอากาศที่อยู่ภายในจะช่วยทำให้เกิดฟองอากาศขนาดใหญ่ และมีส่วนของลูกกึ่งช่วยรวบฟิล์ม(collapsing guides and nip) อยู่ทางด้านบนดังแสดงในรูปที่ 1.4 ฟิล์มจะขยายออกประมาณ 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเดิมตามแนวขนาน และในขณะเดียวกันจะถูกดึงในทิศทางตั้งฉาก ผลที่ได้ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวในสองทิศทาง (biaxial orientation) เกิดการตกผลึก(crystallization) และแข็งตัว(freeze) อยู่ในทิศทางการจัดเรียงตัวนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 กระบวนการผลิตฟิล์มเป่า[5]

ฟิล์มที่เกิดการขยายตัวเนื่องจากการเป่ามีกระบวนการเป็นแบบแรงดึง (tensile force) มากกว่าที่จะเป็นแบบแรงเฉือน (shear force) เพราะความเค้นเฉือน มีลักษณะการตอบสนองเป็นแบบวิสโคอีลาสติกทำให้ความหนืดเนื่องจากแรงดึงมีค่าสูง ถ้าความหนืดเนื่องจากแรงดึงไม่ขึ้นอยู่กับอัตราความเครียด เรียกว่า เทราโตเนียน (Troutonian) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมความเค้นในนิวโตเนียน แต่ถ้าความหนืดเนื่องจากแรงดึงขึ้นอยู่กับอัตราความเครียด จะมีพฤติกรรมเป็นแบบ นอนเทราโตเนียน (non-Troutonian) ซึ่งแบ่งออกเป็นแบบการทำให้แข็งเนื่องจากการดึง (tension stiffening) และการทำให้บางเนื่องจากการดึง (tension thinning) ดังแสดงในรูป 1.5 พอลิเมอร์หลอมเหลวส่วนมากจะเป็นแบบเทราโตเนียน เช่น พอลิเมทิลเมททาอะครีเลท พอลิสไตรีน พอลิคาร์บอนเนต ไนลอน และ พอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท ในขณะที่พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำแบบมีกิ่ง และการตอบสนองแบบอีลาสติกจะเป็นแบบการทำให้แข็ง เนื่องจากการดึง พอลิโอเลฟินส์แบบเส้นตรง (พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง) และพอลิพรอพิลีน เป็นแบบการทำให้บางเนื่องจากการดึง เป็นต้น

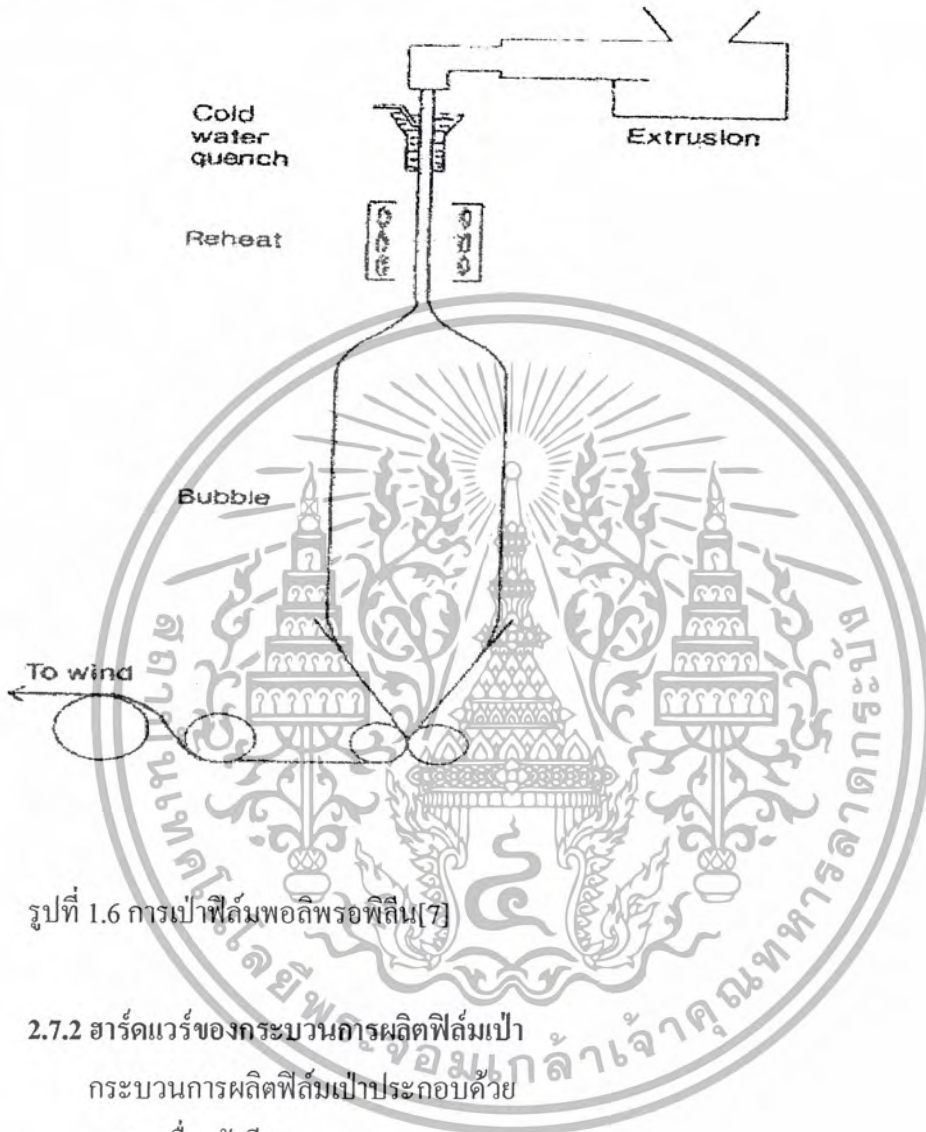


รูปที่ 1.5 ความหนืดเนื่องจากแรงดึง (tensile viscosity)[5]

เมื่อพอลิเมอร์หลอมเหลวออกจากหัวคาย (extrudate) จะค่อยๆ บางลง ความเค้นจะมากขึ้น และวัสดุที่ยังไม่แข็งพอจะเกิดความเครียดต่อไปเรื่อยๆ จนในที่สุดเกิดการแตกของฟิล์ม อย่างไรก็ตามการทำให้แข็งเนื่องจากการดึง ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นหรือมีการตอบสนองแบบอีลาสติคมากพอที่จะชดเชยการเพิ่มของความเค้น ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น อัตราตกผลึก (crystallization rate) เป็นอีกตัวแปรหนึ่งมีผลต่อเสถียรภาพ กล่าวคือ การผลิตฟิล์ม โดยวิธีนี้จะมีลักษณะที่เรียกว่า แนวเส้นแข็งตัว (freeze line หรือ frost line) เกิดขึ้นตามทางที่เกิดฟอง ซึ่งเป็นบริเวณที่พอลิเมอร์เกิดการตกผลึก ทำให้ความใส (transparent) ลดน้อยลง อิทธิพลของแนวเส้นแข็งตัวนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดการดึงและทำให้เกิดความแข็งขึ้นด้วยเหตุนี้อัตราการตกผลึกของพอลิเมอร์ จึงไม่ควรสูงเกินไปจนทำให้ไม่เกิดการจัดเรียงตัวในสองทิศทาง พอลิเมอร์ที่มักมีปัญหาไม่สามารถจะผลิตได้โดยกระบวนการนี้ ได้แก่ พอลิพรอพิลีน อะซิติก และไนลอน พบว่าพอลิพรอพิลีนมีลักษณะการหลอมเหลวเป็นแบบการทำให้บางเนื่องจากการดึงและอัตราการตกผลึกค่อนข้างช้า ทำให้ใช้กระบวนการเป่าฟิล์มแบบที่กล่าวมาทำได้ยากมาก จึงต้องอาศัยเทคนิคใหม่ โดยนำพอลิเมอร์หลอมเหลวที่ออกจากคายมาทำให้เย็นลงด้วยน้ำเย็นจัด เพื่อให้เกิดท่อยืดหยุ่นแบบอสัณฐานและมีลักษณะคล้ายยาง (rubbery amorphous tube) จากนั้นนำไปให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดการตกผลึกมากที่สุดแล้วนำไปเป่า ดังแสดงในรูป 1.6 เป็นที่สังเกตว่ากระบวนการผลิตพอลิพรอพิลีนทำในแนวตั้งลง (vertical downward) การที่ต้องนำท่อไปให้ความร้อนใหม่อีกเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากการหลอมแบบการทำให้บางเนื่องการดึง (tension thinning melt) และลดอัตราการตกผลึกที่เป็นผลมาจากฟองที่ไม่เสถียร (unstable bubble) ในกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีนด้วยวิธีนี้จัดเป็นหลักการพื้นฐานของการผลิตขวด โดยวิธีเป่าแล้วดึง (stretch-blowing method) ซึ่งใช้กันอย่างมากในกระบวนการบรรจุหีบห่อ



รูปที่ 1.6 การเป่าฟิล์มพอลิพรอพิลีน[7]

2.7.2 ฮาร์ดแวร์ของกระบวนการผลิตฟิล์มเป่า

กระบวนการผลิตฟิล์มเป่าประกอบด้วย

1. เครื่องอัดรีด

2. คาย โดยปกติที่ใช้มีสองชนิด คือ วงแหวนแบบป้อนเข้าทางด้านล่าง (annular bottom fed die) ซึ่งแบ่งเป็นแบบแขนแมงมุม (spider arm) กับแบบการไหลเป็นเกลียว (spiral flow) ส่วนอีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ วงแหวนแบบป้อนเข้าด้านข้าง (annular side fed die)

3. ระบบการหล่อเย็น แบ่งออกเป็นแบบบังคับด้วยอากาศ (forced air) การทำให้เย็นทำได้โดยอาศัยแหล่งภายนอกหรือภายใน (internal or external refrigeration) และการหล่อเย็นด้วยน้ำ (water cooling bath)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หอคอยช่วยดึงขึ้น (take-off tower) ได้แก่

- ลูกกลิ้งดึง (pull rolls) แบ่งเป็น แบบหลัก (primary type) และแบบรอง (secondary type)
- ระบบการพับฟิล์ม (folding tower)
- ระบบม้วนฟิล์ม (wind-up system) แบ่งออกเป็นแบบระบบขับโดยตรง (direct drive) กับระบบขับพื้นผิว (surface drive)

5. อุปกรณ์อื่นๆ

- อุปกรณ์ทั่วไป ได้แก่
 - เครื่องวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม (film thickness gauges)
 - เครื่องวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศ (bubble diameter)
 - ระบบควบคุมวงจรรปิด (closed loop system)
- อุปกรณ์ปรับพื้นผิว
 - โคโรนาดีสชาร์จ (corona discharge)
 - เปลวไฟก๊าซ (gas flame)
- อุปกรณ์ช่วยเสริม
 - เครื่องจักรทำถุง (bag making machine)

2.7.2.1 ชนิดของคาย

1. คายแบบแขนแมงมุม

นิยมใช้กับการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ และฟิล์มที่อ่อนข้าง ใต้ความร้อน หรือพอลิเมอร์ที่มีความหนืดสูงเป็นต้น คายประเภทนี้จะเกิดเส้นเชื่อมต่อ (weld line) ถึง 3 จุด ความดันลดและความเฉือนน้อยลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่องว่างระหว่างคาย (die gap)

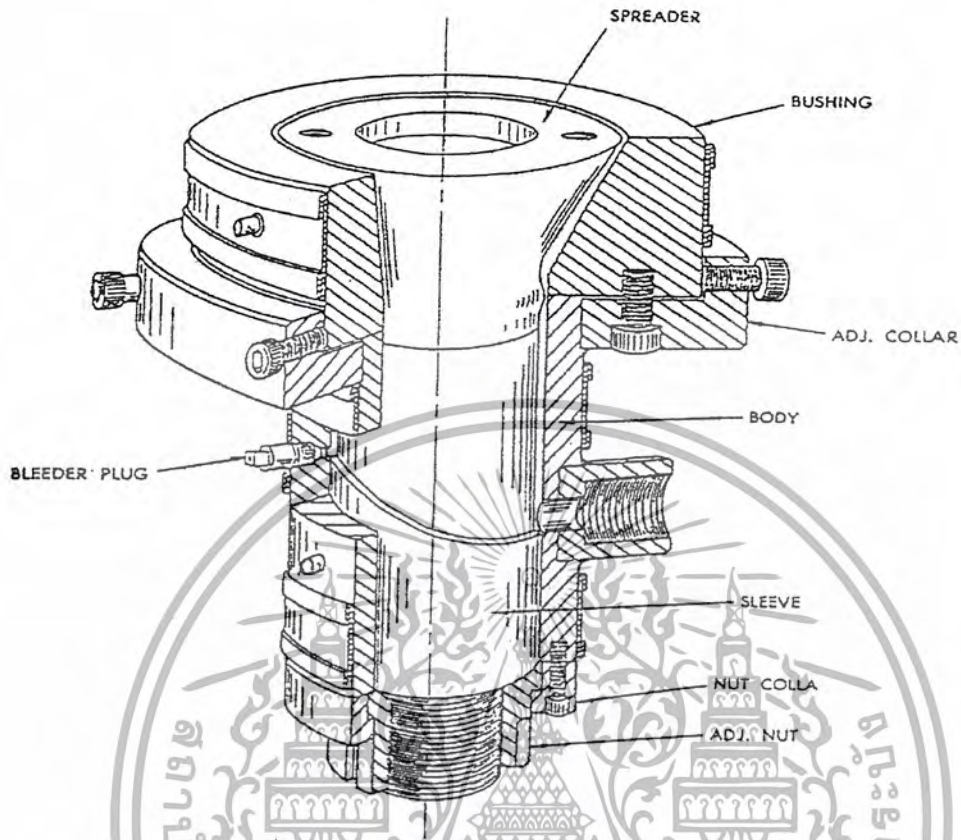
2. คายที่มีการไหลเป็นแบบเกลียว

คายแบบนี้จะให้ความแตกต่างของความดันคงที่สม่ำเสมอ และช่วงของ อุณหภูมิสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับพอลิเมอร์ที่มีความหนาแน่นต่ำถึงปานกลาง ไม่เหมาะกับ พอลิเมอร์ที่มีความหนืดสูง

3. วงแหวนแบบป้อนด้านข้าง

บริษัทจอห์นสัน จำกัด เป็นผู้ทำการผลิตคายนชนิดนี้โดยรายละเอียดแสดงใน

รูป 1.7



รูปที่ 1.7 วงแหวนแบบซ้อนเข้าด้านข้าง[5]

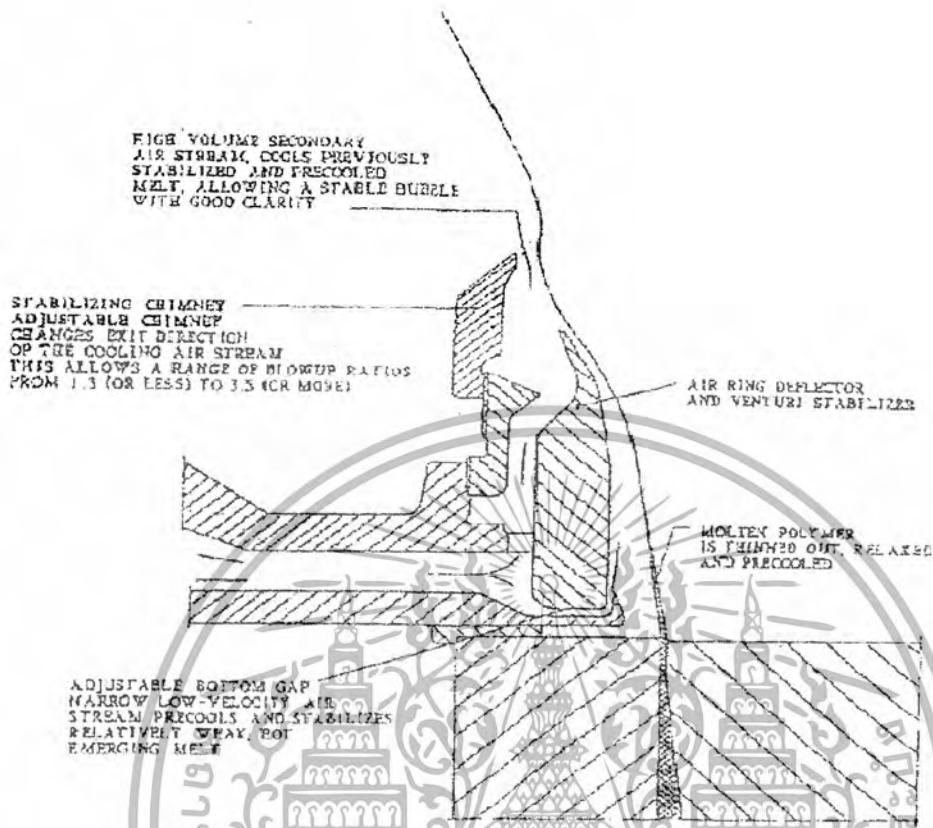
2.7.2.2 ระบบหล่อเย็น

1. ระบบการพาแบบบังคับ (forced convection)

ในระบบนี้จะมีวงแหวนอากาศ (air rings) ช่วยให้พัดลมเกิดการแข็งตัว ในทางอุตสาหกรรมนิยมใช้เป็นแบบริมปากเดียว (single lip) แต่พบว่าอุณหภูมิจะสูงบริเวณที่รวบฟิล์ม (nip area) ทำให้เกิดเหตุการณ์ขึ้นสองเหตุการณ์คือ

- ผิวนอกของฟิล์มเชื่อมติดกัน เรียกว่า บล็อกกิง (blocking)
- ผิวภายในฟิล์มเชื่อมติดกัน เรียกว่า สลิป (slip)

ดังนั้นจึง ควรจำกัดความเร็วไว้ไม่ให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน (turbulence flow) นอกจากนี้ยังมีวงแหวนอากาศแบบริมปากคู่ (dual lip) เพื่อเพิ่มความเร็วของอากาศให้มีมากพอ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหล่อเย็นและทำให้เกิดเสถียรภาพแก่ระบบดังกล่าวในรูป 1.8



รูปที่ 1.8 วงแหวนอากาศแบบคู่ [5]

-ระบบการหล่อเย็นภายนอก เป็นระบบที่พบเห็นกันแต่ไม่เป็นที่นิยม

-ระบบการหล่อเย็นภายใน เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากช่วยเพิ่มการหล่อเย็นให้มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นด้วยช่วยปรับปรุงในเรื่องความใสของแผ่นฟิล์ม ไม่มีการบดบังและมีสลิปที่ดี นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพให้ดีขึ้น เช่น มีความทนทานต่อแรงกระแทกชนิดตกกระทบ (dart of falling weight impact strength) ได้ดี

2. ระบบการหล่อเย็นด้วยน้ำ (water cooling)

พบว่า 90% ของฟิล์มเป่าที่ทำจากพอลิเอทิลีนนิยมใช้ระบบการหล่อเย็นด้วยน้ำ ระบบนี้มีชื่อเรียกว่า เทคนิคอ่างน้ำแบบท่อแอกซอน (Exxon tubular water bath technique) (ในกรณีพอลิพรอพิลีนมีความหนืดและความหนาแน่นต่ำกว่าจึงใช้ทำฟิล์มเป่าได้ค่อนข้างยาก ต้องใช้วิธีพิเศษดังได้กล่าวไว้แล้ว) เทคนิคของบริษัทแอกซอนจะใช้ระบบการนำความเย็นผ่านด้านข้างทั้งสองของฟิล์ม ทำให้ความสูงของหอคอย และความเป็นผลึกลดต่ำลงเมื่อกำหนดให้อัตราส่วนการเป่าคงที่ (Blow-up ratio, BUR คืออัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของฟองต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแหวนคาย ซึ่งควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2:1 ถึง 6:1) ประโยชน์ที่ได้จากเทคนิคนี้คือ ช่วยเพิ่มความใส และลดความแข็งตึง (stiffness) ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.3 มีคัตดอากาศ (air knife)

เป็นอุปกรณ์ช่วยป้องกันการหลุดออกของสารเติมแต่ง เมื่อผ่านไปตามลูกกลิ้ง และช่วยทำให้ฟิล์มที่เคลื่อนที่สัมผัสเข้ากับลูกกลิ้งเพื่อป้องกันอากาศติดอยู่ในฟิล์ม และปรับปรุงอ่างนำเย็นให้มีประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มมากขึ้น

2.7.2.4 ทิศทางของการอัดรีด (direction of extrusion)

พบว่า 70% ของระบบเป็นแบบแนวตั้งขึ้น (vertical up) 28% เป็นแนวตั้งลง (vertical down) และอีก 2% เป็นแบบแนวตั้งตามแนวยาว (vertical horizontal) ประโยชน์ในการจัดทิศทางของการอัดรีดเป็นแบบแนวตั้ง คือ

1. ช่วยควบคุมอัตราส่วนการดึงลง (draw down ratio, DDR คือ อัตราส่วนความเร็วของฟิล์มผ่านลูกกลิ้งที่รวบฟิล์มกับความเร็วของเครื่องอัดรีด)
2. เครื่องอัดรีดขนาดใหญ่สามารถอยู่บนพื้นได้
3. ไม่มีขีดจำกัดในเรื่องขนาดของเครื่องอัดรีดหรือขนาดของฟองอากาศ
4. ความร้อนจากสายและเครื่องอัดรีดอยู่ในสมดุลกับการหล่อเย็น
5. ช่วยให้วัสดุมีการหลอมเหลวที่แข็งแรงพอเพียง

2.7.2.5 ระบบม้วนฟิล์ม (wind-up system)

ระบบนี้มี 2 เทคนิค คือ ระบบขับเคลื่อนผิว และระบบขับเคลื่อนแกนกลาง ถ้าลูกกลิ้งม้วนฟิล์มใหญ่ขึ้น ฟิล์มจะออกมาได้ช้า ทำให้การดึงของสายไม่สม่ำเสมอจึงจำเป็นต้องมีลูกกลิ้งขับเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ ทอร์คคงที่ และการดึงที่สม่ำเสมออยู่ในส่วนของระบบป้อน การใช้ระบบขับเคลื่อนผิวทำให้เกิดบลิอคกิง ถ้าลูกกลิ้งที่รวบฟิล์มอยู่ต่ำจากสาย (กรณีที่เครื่องอัดรีดเป็นแบบตั้งขึ้น) ส่วนของระบบขับเคลื่อนแกนกลางมีราคาแพงกว่าเนื่องจากมีกลไกเป็นแบบคลัทซ์ที่ควบคุมการดึงบนฟิล์มได้ ระบบนี้นิยมใช้กับฟิล์มที่มีบลิอคกิงหรือต้องการแผ่นฟิล์มที่มีคุณภาพสูงๆ

2.7.2.6 การหมุน (rotation)

ฟิล์มเป่ามีลักษณะเฉพาะคือ มีการหมุนเพื่อช่วยทำให้ความหนาของฟิล์ม (gauge bands) สม่ำเสมอ และทำให้เกิดฟิล์มสมบูรณ์อยู่ภายในลูกกลิ้งทรงกระบอกโดยมีการวัดจุดหนาหรือบางบนแผ่นฟิล์มให้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดที่ต้องการ ซึ่งโดยปกติความหนาจะอยู่ในช่วง 0.02 ± 0.001 นิ้ว และมีระบบการหมุนของลูกกลิ้งประมาณ 1/3 รอบต่อนาที มีลักษณะคล้ายๆกับการผสมอย่างช้าๆมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด คือ

1. แผ่นโลหะช่วยยึดคงที่ (fixed mandrel) ในขณะที่ปลอกสายหมุน (rotate die bushing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปลอกคายคกที่ (fixed die bushing) ในขณะที่แผ่นโลหะช่วยยึดหมุน (rotate mandrel)
3. วงแหวนอากาศหมุน (rotating air ring)
4. เครื่องอัดรีดหมุน (rotating extruder)
5. ระบบม้วนฟิล์มหมุน (rotating wind-up system)

ระบบการหมุนชนิดที่ 1 และ 2 ทำให้วัสดุมีโอกาสเกาะติดเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสียดสีของพอลิเมอร์ จึงใช้ได้เฉพาะพอลิโอฟีนส์ (ใช้ไม่ได้กับพอลิไวนิลคลอไรด์) และคายมีราคาแพงมาก ระบบการหมุนชนิดที่ 3 อาศัยหลักการหมุนขึ้นลง (oscillating) ของวงแหวนอากาศ ระบบการหมุนชนิดที่ 4 คายมีราคาถูก โอกาสในการสึกกร่อนมีน้อย และสามารถใช้ได้กับวัสดุค่อนข้างว่องไวต่อความร้อน ระบบการหมุนชนิดที่ 5 ช่วยไม่ทำให้ฟิล์มเกิดการบิดเป็นเกลียว

2.7.2.7 อุปกรณ์ปรับผิว

อุปกรณ์ปรับผิวมี 2 ชนิดคือ โดโรน่า คิสซาร์จ และเปลวไฟฟ้า โดยที่วิธีทั้งสองใช้หลักการเกิดออกซิไดส์บนผิวของฟิล์ม เหตุผลที่ต้องปรับผิวของฟิล์มเพื่อให้สามารถปรับปรุงการพิมพ์และแรงยึดเหนี่ยวให้ดีขึ้น

2.7.2.8 อุปกรณ์อื่นๆ

- อุปกรณ์การวัดความหนาของฟิล์ม ได้แก่
 - เครื่องวัดเบต้า (beta gauges) มีราคาแพงมาก
 - เครื่องวัดความจุ (capacitance gauges) มีราคาแพงมาก
 - เครื่องวัดฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux) ที่เรียกว่าผลของฮอลล์ (hall effect)

เครื่องวัดเบต้า อาศัยแหล่งกำเนิดทางรังสีในการวัด โดยจะหมุนรอบแผ่นฟิล์มวัดความหนาได้ละเอียดถึง ± 0.0001 เครื่องวัดความจุเป็นการวัดความดันที่อยู่ภายในฟองอากาศ (เส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศ) โดยใช้ระบบวงจรปิด เป็นการเพิ่มวัสดุโดยเปลี่ยนช่องว่างของคายหรือเพิ่มอุณหภูมิของคาย การเปลี่ยนช่องว่างของคายแบบอัตโนมัติทำโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิของปลอกคายที่ตำแหน่งเฉพาะ

2.7.3 สมบัติของฟิล์มเป่า

สมบัติของฟิล์มเป่า ได้แก่ ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (ทั้งในทิศตามเครื่องจักรและในทิศขวางเครื่องจักร โดยใช้วิธีทดสอบของ เอลเมนดอร์ฟ (Elmendorf)) ความทนทานต่อแรงกระแทก ความใส (ความขุ่น) ความเงาของฟิล์ม ความแข็งแรงดึง (ในทิศตามเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทิศทางการวาง) เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ความหนา การจัดเรียงตัว และเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึก เป็นต้น ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อสมบัติเหล่านี้ ได้แก่ อุณหภูมิของการหลอมเหลว ความหนาของฟิล์ม ความสม่ำเสมอของความหนาของแผ่นฟิล์ม(วัด โดยใช้เครื่องวัดความหนา) อัตราส่วนการดึงลง (draw-down ratio) อัตราส่วนการเป่า (blow-up ratio) ความสูงของแนวเส้นแข็งตัว (frost line height) และความสม่ำเสมอของความดันซึ่งช่วยลดหรือกำจัดการเกิดเป็นคลื่น (surging)

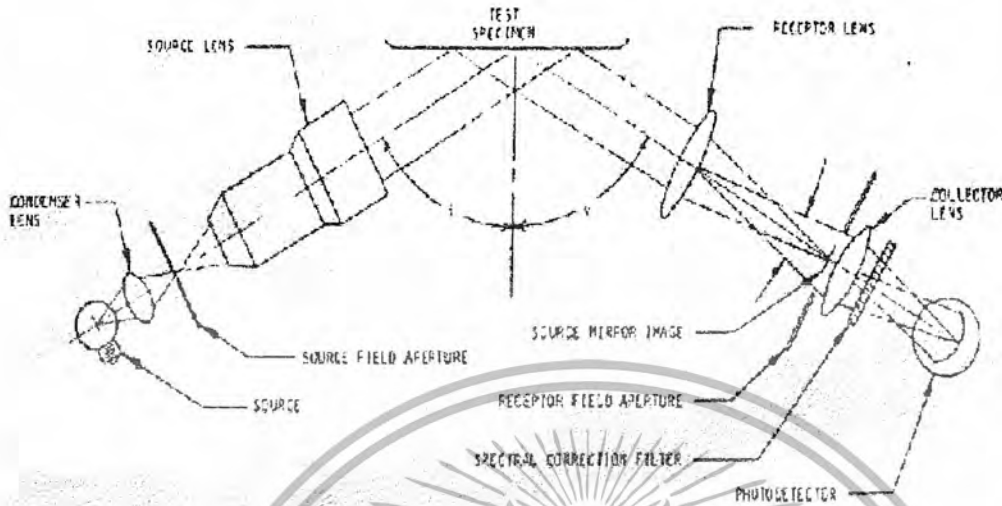
ความหนาขึ้นอยู่กับช่องว่างของคาน อุณหภูมิของการหลอมเหลว อัตราส่วนการเป่าและอัตราส่วนการดึงลง ส่วนความสูงของแนวเส้นแข็งตัวคือระยะทางเหนือคานนี้ที่เกิดความขุ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกิดการตกผลึกในขณะที่พลาสติกหลอมเหลวเย็นตัวลงจัดเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากต่อความหนาของฟิล์ม พบว่าถ้าเพิ่มความสูงของแนวเส้นแข็งตัว เปอร์เซ็นต์ของความขุ่นจะเพิ่มขึ้น ความเงาของผิวจะเพิ่มขึ้น แต่ความใสจะลดลง ความไม่สมบูรณ์ของผิวลดลง และความแข็งแรงต่อแรงกระแทกลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าความสูงของแนวเส้นแข็งตัวยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการหลอมเหลวและอัตราของการอัดรีดอีกด้วย โดยตัวแปรทั้งสองเมื่อเพิ่มขึ้น ความสูงของแนวเส้นแข็งตัวจะเพิ่มขึ้นอัตราส่วนการเป่าจะมีผลต่อความแข็งแรงต่อการดึง โดยจะเพิ่มขึ้นในทิศทางตามขวางและลดลงในทิศทางตามเครื่อง แต่จะมีผลตรงข้ามต่อความแข็งแรงต่อการฉีกขาดนอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนการเป่าที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ความทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราส่วนการดึงลงที่เพิ่มขึ้นจะให้ผลตรงกันข้าม

2.8 Glossmeter (ASTM D 523)[2]

ความมันเงาคือ ค่าความสว่างที่สะท้อนออกมาจากตัวอย่างที่ทิศทางใดทิศทางหนึ่ง การหาความมันเงาของพลาสติกทำได้ โดยการยิงลำแสงเส้นตรง ไปยังตัวอย่างด้วยมุม 60° 20° หรือ 85° จากนั้นวัดปริมาณแสงที่สะท้อนออกมา ซึ่งปริมาณแสงนี้จะถูกนำไปเทียบกับปริมาณแสงที่สะท้อนออกจากแก้วสีดำที่มีความมันเงาสูง ซึ่งจัดเป็นมาตรฐานปฐมภูมิ โดยกำหนดให้ปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากแก้วสีดำมีค่าเป็น 100

เมื่อแสงสะท้อนออกมาจากตัวอย่างจะเข้า Photodetector แล้วแปลงสัญญาณออกมาในรูปของเข็มชี้กับตัวเลข การเทียบมาตรฐานความมันเย้าของเครื่องจะเทียบจากตัวมาตรฐานทุติยภูมิที่เป็นสีขาว ซึ่งควรที่จะอ่านค่าได้เข้าใกล้ 1

Specular Gloss (ASTM D 523)



รูปที่ 1.9 หลักการทำงานของ Glossmeter[2]

2.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope ,SEM)

SEM จัดเป็นเทคนิคที่ใช้ลำแสงอิเล็กตรอน (Electron beam) ในการตรวจวัดโครงสร้างขนาดเล็กของวัสดุทางวิศวกรรม โดยทำการยิงอิเล็กตรอนเข้าชนผิวที่มีกรนำไฟฟ้าทำให้เกิดการสะท้อนกลับของอิเล็กตรอน (Back scattering electron) เนื่องจากการชนกับนิวเคลียสหรือการเกิด X-ray photon และจากการที่อิเล็กตรอนในระดับพลังงานที่สูงกว่าฉายพลังงานเข้าแทนที่อิเล็กตรอนที่หลุดไป

ในการใช้เทคนิคนี้กับวัสดุพอลิเมอร์ ซึ่งไม่นำไฟฟ้าจึงต้องมีการเคลือบผิวด้วยตัวนำไฟฟ้า วัสดุที่นิยมใช้ เช่น ทอง ทอง-พัลลาเดียม โดยใช้เทคนิค Sputter coating ในการเคลือบผิว ลำแสงอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงอาจทำให้สัณฐานวิทยาของพื้นผิวเสียไป เช่น การสูญเสียมวลบางส่วน เกิดการพองหรือแตกหัก

ความแตกต่างของภาพ SEM เกิดขึ้นเมื่อมีการขจัดผิวหน้าของวัสดุออก ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การตัด (Cutting) การหัก (Fracturing) การกัดเซาะ (Etching) หรือการทำให้บวม (Swelling)

การสกัดด้วยตัวทำละลายจะทำให้ได้ภาพ SEM ที่สับสนได้เนื่องจากการสกัดอาจมีบางส่วนที่สกัดออกไม่หมดเกิดเป็นเจล หรือการระเหยตัวทำละลายจะทำให้เกิดฟองอากาศขึ้น

การทำให้บวมโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent swelling) เป็นวิธีที่เชื่อถือได้สามารถ

ควบคุมอัตราการบวมตัว โดยอัตราการแพร่ของตัวทำละลายซึ่งขึ้นกับรากที่สองของเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปริมาณการบวมตัวขึ้นกับอุณหภูมิ การแยกวัฏภาคจะต้องให้วัฏภาคหนึ่งละลายด้วยตัวทำละลาย ส่วนอีกวัฏภาคหนึ่งไม่เกิดการละลาย การใช้เทคนิคนี้จะให้ผิวที่ราบเรียบ ภาพที่ได้คมชัดและแยกวัฏภาคได้ถึงขนาด 100 nm

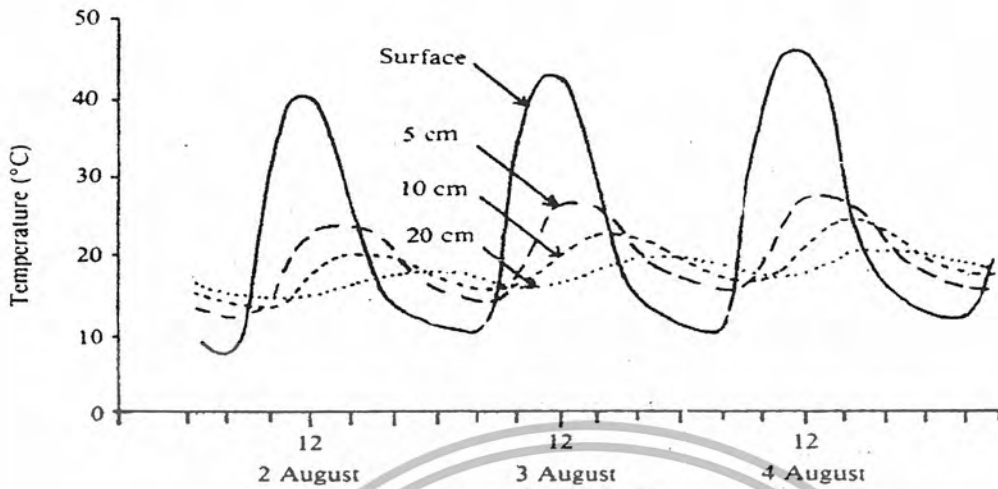
2.10 ความรู้เกี่ยวกับดิน[6]

● ความสำคัญของดิน

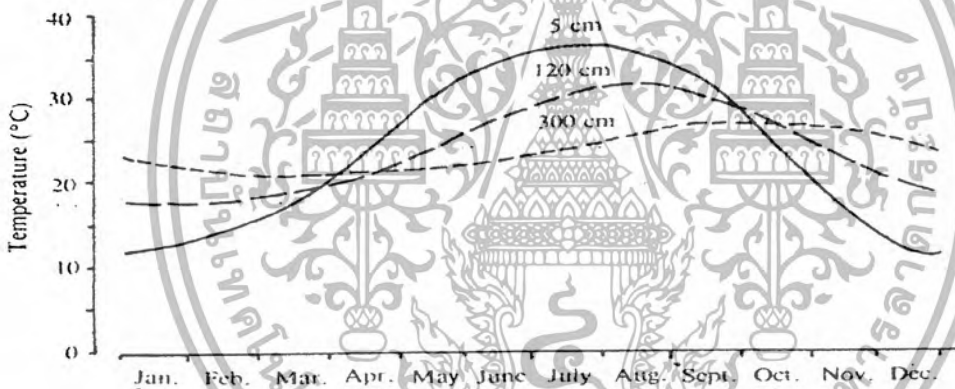
- ดินมีหน้าที่ยึดต้นพืชและให้ต้นพืชตั้งอยู่ได้
- ดินให้อาหารแก่พืช
- ดินอุ้มน้ำสำหรับพืชได้เจริญเติบโต

● อุณหภูมิของดิน

อุณหภูมิของดิน ขึ้นอยู่กับพลังงานแสงและการปกคลุมพื้นหน้าดินของพืช ดังนั้นอุณหภูมิดินจะผันแปรเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในรอบวันและในรอบปี หรือตามการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสง (รูปที่ 1.10 และ รูปที่ 1.11) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของดินจะเกิดขึ้นภายหลังอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดของอากาศประมาณ 2-3 ชม. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินที่ระดับผิวดินจะมีมากกว่าระดับที่ลึกลงไป ตอนกลางวันอุณหภูมิสูงสุดจะวัดได้ที่ระดับใกล้ผิวดิน และอุณหภูมิจะลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่ผลในทางกลับกันจะเกิดขึ้นในตอนกลางคืน ความผันแปรของอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกกว่าจะมีน้อยกว่า ดินเปียกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินแห้ง ทั้งนี้เพราะพลังงานแสงส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปกับการระเหยน้ำ ดินที่มีสีเข้มจะมีอุณหภูมิสูงกว่า และผันแปรมากกว่าดินที่มีสีอ่อน ดินทรายจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น-ลงได้เร็วกว่าดินเหนียวคุณสมบัติอันนี้นับว่ามีบทบาทต่อการกำหนด วันเพาะปลูกพืชในเขตหนาว เช่น ในประเทศเนเธอร์แลนด์การปลูกสัลดในดินทราย ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าการปลูกในดินเหนียว ถึงประมาณ 14 วัน



รูปที่ 1.10 ความผันแปรของอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึกต่างๆ ในรอบวัน[7]



รูปที่ 1.11 อุณหภูมิของดินที่ความลึกต่างๆ ในรอบปี[7]

● ความชื้นในดิน

การวัดความชื้นในดินสามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีให้ผลความถูกต้อง ความยากง่ายในการวัด ความสลับซับซ้อนของเครื่องมือวัดแตกต่างกันออกไป วิธีการบางอย่างสามารถวัดได้อย่างต่อเนื่องกันแต่บางวิธีการต้องวัดเป็นครั้งๆ และต้องมีการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน แต่อย่างไรก็ตามความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงช้ามากอาจใช้เวลาเป็นชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงถึงจะเห็นได้ชัด ไม่เหมือนกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศ หรือในพืช วิธีการวัดความชื้นในดินที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในทางการเกษตร โดยเฉพาะกับนักพืชไร่ แต่สำหรับนักปฐพีวิทยาแล้วยังมีวิธีการอื่นๆ อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี Gravimetric Soil Moisture Content, G:

เป็นวิธีการตรวจวัดความชื้นในดินโดยพื้นฐานของน้ำหนักกล่าวคือ เก็บตัวอย่างดินที่ต้องการหาความชื้นมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 100-120°C เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชม. หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปชั่งอีกครั้งหนึ่งและนำไปคำนวณหาความชื้นในดินคั่งสมการ

$$G(\%) = \frac{\text{น.น.ดินก่อนอบ} - \text{น.น.หลังอบ}}{\text{น.น.หลังอบ}} \times 100$$

จะเห็นได้ว่าวิธีการนี้ทำได้โดยง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง แต่ก็เป็วิธีที่ต้องใช้เวลา ใช้แรงงานพอสมควร และข้อสำคัญที่จะต้องพิจารณาสำหรับวิธีนี้ก็คือ วิธีการที่เก็บตัวอย่างดินนั้น จะต้องมตัวอย่างมากพอและเป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่นั้น และจะต้องกำหนดความลึกการเก็บที่แน่นอน

● การคลุมดิน

การคลุมดินหมายถึง การเพิ่มชั้นดินๆ ระหว่างหน้าดินกับอากาศ ซึ่งชั้นดังกล่าวแตกต่างจากหน้าดินปกติที่มีอยู่แล้ว การคลุมดินเป็นเทคนิคสำคัญที่ช่วยปรับปรุงจุลภูมิอากาศบริเวณผิวดิน ช่วยเพิ่มปริมาณสิ่งมีชีวิตในดิน ปรับปรุงโครงสร้าง และเพิ่มธาตุอาหารในดิน อีกทั้งยังช่วยรักษาความชื้นในดิน ช่วยลดวัชพืช ป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน โดยฝนและแสงแดด ตลอดจนช่วยลดความจำเป็นในการไถพรวน ในระบบเกษตรพื้นบ้าน ได้มีการใช้เทคนิคการคลุมดินหลายรูปแบบ เช่น หลุมแห้ง เศษซากพืช (ตอซัง ใบไม้ ฯลฯ) อินทรีย์วัตถุสดจากต้นไม้ ป่า พุงหญ้า และวัชพืช ขยะอินทรีย์จากครัวเรือน และการปลูกพืชคลุมดินหรือพืชเป็นปุ๋ยพืชสด

การคลุมดินอาจให้ประโยชน์แตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบของวัสดุคลุมดิน สีสัน จำนวน ช่วงเวลาที่ใช้ และอัตราการย่อยสลายตัวของวัสดุคลุมดิน ซึ่งอัตราการย่อยสลายนี้ขึ้นกับชนิดของวัสดุ และช่วงเวลาที่ใช้ตลอดจนสภาพเงื่อนไขของดินและภูมิอากาศ เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการคลุมดิน การทดลองเทคนิคและวัสดุคลุมดินจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในแต่ละท้องถิ่น

เกษตรกรสามารถใช้วัสดุคลุมดินบนผิวดินแทนการเตรียมดิน ก่อนหยอดเมล็ดได้ในกรณีที่ไม่มีการไถพรวนเลย การเกษตรด้วยวิธีนี้จะสร้างผลกระทบต่อดินน้อยมาก การปลูกพืชอาจทำได้โดยการแหวกวัสดุคลุมดินเพื่อหยอดเมล็ด หรือโดยการเจาะหลุมเล็กๆ ในดินเพื่อหยอดเมล็ด การคลุมดินยังช่วยควบคุมวัชพืชได้ดีอีกด้วย หรือแม้แต่การไม่ไถพรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิน ก็มีประโยชน์หลายอย่าง ทั้งในแง่ของการอนุรักษ์ดินและน้ำ การประหยัดแรงงานและพลังงาน การเพิ่มผลผลิต (หรืออย่างน้อยไม่สร้างผลกระทบต่อผลผลิต) ตลอดจนเพิ่มรายได้สุทธิให้กับเกษตรกร ในระบบเกษตรยั่งยืนการไม่ไถพรวนมักทำควบคู่ไปกับการปลูกพืชแทนแนวคันดิน

ปัญหาข้อจำกัดในการคลุมดินก็คือ มีวัสดุคลุมดินไม่พอ ลักษณะดินไม่เหมาะสม ดินอัดแน่น และมีปัญหาศัตรูพืชมาก (เช่น แมลง โรคพืช เชื้อรา หรือวัชพืชที่กำจัดด้วยการคลุมดินไม่ได้) เราจำเป็นต้องพัฒนาเทคนิคเกี่ยวกับการคลุมดินและการทำเกษตรโดยไม่ไถพรวน ซึ่งเป็นเทคนิคที่จำเป็นสำหรับพื้นที่ที่มีปัญหาเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำเพราะการอนุรักษ์ดินและน้ำมีผลโดยตรงต่อศักยภาพการผลิตของที่ดินดังกล่าว

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

J.M. Pena , N.S.Allen , M. Edge , C.M. Liauw , B Valange[8] ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมของ Carbon Black โดยใช้ XPS FTIR BET การดูดซับ Iodine และ Karl Fisher เป็นเครื่องมือในการวัด จากผลการทดลองพบว่าขนาดของอนุภาคของ Carbon Black จะมีผลต่อพฤติกรรมของตัวมันเอง ซึ่งพบว่าถ้าอนุภาคของ Carbon Black ใหญ่ขึ้นสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น และจากการวิเคราะห์ด้วย XPS ทำให้พบว่าอนุภาคขนาดเล็กถูกออกซิไดซ์ได้น้อยกว่าอนุภาคที่ใหญ่กว่า ซึ่งดูได้จากปริมาณของออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนนี้มักจะถูกพบในรูปของหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหลักที่เคลือบอยู่บนพื้นผิวของ Carbon Black นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นผิวของ Carbon Black นั้นไม่มีรู

M.Scoponi , S.Cimmino , M.Kaci[9] ศึกษาฟิล์ม LDPE ที่ผสม hindered amine light stabilisers(HALS)ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างChimassorb 944และ Tinuvin 622(50/50% (wt/wt)) โดยใช้เทคนิคUV และFTIR Spectroscopicในการตรวจวัดความเข้มข้นของHALS ในฟิล์ม LDPE ก่อนและหลังถูกแสงในสภาวะตามธรรมชาติและสภาวะที่เร่งด้วย Photo-oxidative ซึ่งในการทดลองผสม HALS 0.1, 0.2 , 0.4 และ 0.6 กรัม /LDPE 100 กรัม รวม 4 สูตร และทำการตรวจวัด Chimassorb 944 ที่ความยาวคลื่น 225 nm ใน UV spectra และ Tinuvin 622 ที่ 1734 cm^{-1} ใน FTIR Spectra พบว่าความเสถียรภาพทางแสงขึ้นอยู่กับ การละลายและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดเสถียรภาพทางแสงในสูตรที่ผสม HALS มากกว่า 0.4%(w/w) ต้องใช้เวลานานมากกว่า 600 วัน จึงจะเกิดการเสถียรภาพทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

K.-S. Yoon, C.-W. Park [10] ได้ทำการศึกษาความเสถียรภาพของฟิล์ม 2 ชั้น จากกระบวนการอัดรีดร่วมแบบเป่า โดยเลือกของไหล 2 ชนิดที่ใช้ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของของไหลและแรงที่ทำให้เกิดการไหลหนืด โดยคำนึงถึงกลไกการไหลและความเสถียรของกระบวนการเชื่อมต่อระหว่างฟิล์ม 2 ชั้นซึ่งในการทดลองจะใช้ของไหลแบบ Newtonian และ Upper-Convected Maxwell fluid (UCM) โดยของไหลแบบ Newtonian เป็นฟิล์มชั้นใน(ในการทดลองใช้ LLDPE) และใช้ของไหลแบบ UCM เป็นฟิล์มชั้นนอก(ในการทดลองใช้ LDPE) ซึ่งผลการทดลองใช้วิธีการวิเคราะห์ความเป็นเส้นตรงของความเสถียร (Linear stability analysis) ในการบ่งบอกถึงความวิกฤตของความหนาที่ทำให้เกิดการไหลที่ไม่เหมาะสม ซึ่งความหนาของฟิล์มที่ลดลงสูงสุดทำให้ฟองอากาศมีความไม่เสถียรเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม BUR

Ranita Europe AG[11] พบว่าในปัจจุบันมีการใช้พลาสติกในการคลุมดินเพื่อเพาะปลูกและทำสวนเท่านั้นแต่ยังไม่สามารถช่วยในการเจริญเติบโตของพืชได้ ดังนั้นจึงได้ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ในการปลูกพืช และค้นพบว่าในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ช่วงแสงที่สามารถมองเห็นได้นั้นมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงสีแดง ซึ่งเป็นแสงสีหลักที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต และยังมีแสงสีน้ำเงินแต่พืชใช้ในการเจริญเติบโตในช่วงแรกๆเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ Ranita Europe AG จึงได้คิดค้นและเสนอสารตัวเติม Ksanta ซึ่งสามารถเปลี่ยนแสงอัลตราไวโอเล็ตไปเป็นแสงสีแดงได้ โดยหัวใจของ Ksanta อยู่ที่สารประกอบอนินทรีย์ Luminescent บนออกไซด์ของโลหะที่หายาก ซึ่งมันจะไปเปลี่ยนค่าความยาวคลื่นให้อยู่ในช่วงของแสงสีแดง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี

1. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene) เกรดรีไซเคิล
2. ผงคาร์บอน(carbon black) ในรูปของ Master batch บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไทย มณีเทรคดิ่ง ซึ่งมี สมบัติดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สมบัติของผงคาร์บอนในรูปของ Master Batch

PRODUCT NO.	#8233
COLOUR	BLACK
TYPE OF PRODUCT	MASTERBATCH
RESIN	LDPE
PIGMENT CONTENT	35%
RECOMMENDED DOSAGE	4%
MELT FLOW INDEX(g/10min)	8.00±3.00
DENSITY (g/cm ³)	1.08±0.05
LIGHT FASTNESS	8 (1-8;8 BEST)
HEAT RESISTANCE	300 °C
APPLICATION	HDPE,LDPE,PP FILM

3. เม็ดสีอะลูมิเนียม(Aluminium pigment) บริษัท Benda-Lutz ซึ่งมีสมบัติดังตารางที่ 3.2
- ตารางที่ 3.2 สมบัติของเม็ดสีอะลูมิเนียม

Metal content	77.0-82.0%
Resin content	Approx.20%
Average particle size	Approx.8.0µm
Dust content < 100µm	Max.1.00 %
Residue on sieve 45µm	Approx.0.1 %
Water coverage	Approx.35,000 cm ² /g
Leafing value	Min.65%
Matter volatile 105 °C	Max.1.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว(Single-screw extruder) : Polydrive with Rheomex R252HAAKE
2. เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก(Blown film extrusion) รุ่น LF-400:Lab Tech engineering company Ltd.
3. เครื่องชั่ง Denver Instrument Company รุ่น TR-6101
4. เครื่องทดสอบแรงดึงและต้านทานการฉีกขาด(Universal Tensile Tester) รุ่น LR 30K :Llyod Instrument Ltd.
5. เครื่องตัดเม็ด (Pelletizer) รุ่น BDB-G : axon abplastmaskiner
6. เครื่องบดเม็ด(Grinder Machine) รุ่น A600 : Bosco Engineering
7. เครื่องวัดความหนา (Micrometer) รุ่น IP 54 0-25 mm , 0.001 mm : Mitutoyo
8. เครื่องตัดดัมเบล ด้วยแรงอัดอากาศ
9. เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer
10. เครื่องทดสอบความเงาของผิว (SUGA Digital Variable Gloss Meter Model UGV-5D No.CGX90359)
11. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกาว (Scanning electron microscope,SEM) รุ่น LEO 1455 VP: LEO Ltd.
12. ตู้อบ (oven)

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

ตอนที่ 1 การผสม Master batch กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

นำเม็ดพลาสติก LDPE มาผสมกับ Master batch ซึ่งมีผงคาร์บอนอยู่ ประมาณ 35% โดยผสมเม็ดพลาสติก LDPE กับ Master batch ตามอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 3.3 จากนั้นนำสูตรผสมผ่านเข้าเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวโดยตั้งอุณหภูมิที่ Feed Zone 170°C Compression Zone 180°C metering Zone 190°C และ Die Zone 200°C และใช้ความเร็วรอบของสกรู 50 รอบ/นาที ทำการตัดเม็ดโดยใช้เครื่องตัดเม็ดหลังจากนั้นนำไปเป่าขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก (Blown film extrusion)

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสม Master Batch กับ LDPE

สูตรผสมที่	LDPE (ส่วน)	Master batch(ส่วน)
1	100	0.5
2	100	1
3	100	2
4	100	3
5	100	4
6	100	5
7	100	10
8	100	15

ตอนที่ 2 การผสมเม็ดสีอะลูมิเนียม (Aluminium pigment) กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

นำเม็ดพลาสติก LDPE มาผสมกับเม็ดสีอะลูมิเนียม โดยผสมเม็ดพลาสติก LDPE กับเม็ดสีอะลูมิเนียม ตามอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 อัตราส่วนผสมเม็ดสีอะลูมิเนียม กับ LDPE

สูตรผสมที่	LDPE(ส่วน)	Aluminium pigment (ส่วน)
1	100	0.1
2	100	0.2
3	100	0.3
4	100	0.4
5	100	0.5
6	100	0.6
7	100	0.7
8	100	0.8

นำสูตรผสมผ่านเข้าเครื่องอัดรีดเกลียวหอนเดี่ยว โดยตั้งอุณหภูมิที่ Feed Zone 170°C compression Zone 180°C metering Zone 190°C และ Die Zone 200°C และใช้ความเร็วรอบของสกรู 50 รอบ/นาที ทำการตัดเม็ดโดยใช้เครื่องตัดเม็ดหลังจากนั้นนำไปเป่าขึ้นรูปฟิล์ม โดยใช้เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก (Blown film extrusion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่3 การเป่าขึ้นรูปฟิล์ม

นำสูตรผสมแต่ละสูตรในตอนที1 และตอนที่ 2 มาทำการเป่าฟิล์มโดยใช้เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก (Blown film extrusion) โดยตั้งอุณหภูมิที่เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวที่ feed Zone 190 °C Compression Zone 195 °C metering Zone 200 °C และ Zone ที่ต่อระหว่างเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวกับ เครื่องเป่าฟิล์ม 210 °C ความเร็วรอบในการหมุนของสกรู 100 รอบต่อนาที (Screw speed 100 rpm) ตั้งอุณหภูมิที่เครื่องเป่า Zone S-adaptor 170 °C และที่หัวคาย 170°C ตั้งค่าการดึงของลูกกลิ้งบนและล่างเท่ากันและปรับอัตราการเป่าลมให้ฟิล์มมีความหนาที่ต้องการ หลังจากนั้นทำการตัดฟิล์ม

ตอนที่4 ศึกษาสมบัติของฟิล์มดังนี้

4.1 สมบัติเชิงกล

4.1.1 สมบัติทางแรงดึง (Tensile properties)

สมบัติที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ค่ามอดุลัส (Modulus) และค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break) ตามมาตรฐาน ASTM D638 โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Testing Machine) และโปรแกรม WINDAP ในการคำนวณ โดยใช้งานทดสอบอยู่ในรูปคัมเบล ใช้ใช้งานทดสอบจำนวน 10 ชิ้นในแต่ละสูตร และใช้สภาวะในการทดสอบดังนี้

- โหลดเซลล์ (Load cell)	100	นิวตัน (N)
- ความเร็วในการดึง (Test speed)	100	มิลลิเมตร/นาที
- ความยาวของเกจ (Gauge length)	25	มิลลิเมตร
- Grammage	1.0	กรัม/ตารางเมตร
- ระดับเซลล์ (Cell class)	0.5	

ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดุลัส และค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ความแข็งแรงดึง} = F/A$$

(Tensile strength)

$$\text{มอดุลัส} = \frac{\text{ความเค้น (stress)}}{\text{ความเครียด (strain)}}$$

$$\text{ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด} = \left[\frac{l - l_0}{l_0} \right] \times 100$$

(%Elongation at break)

เมื่อ	F	คือ	แรงดึงยืดชิ้นงานตัวอย่าง (หน่วยเป็นนิวตัน;N)
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่าง (หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร;mm ²)
	L	คือ	ระยะระหว่างจุดสองหลังทำการดึงชิ้นงานตัวอย่าง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร;mm)
	L ₀	คือ	ระยะห่างระหว่างจุดสองจุดก่อนทำการดึงชิ้นงาน เป็นระยะที่แคบที่สุดและมีพื้นที่ขนานกัน (Gage length หน่วยเป็นมิลลิเมตร ;mm)

4.1.2 สมบัติความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (Tear properties)

สมบัติที่ทำการศึกษาได้แก่ค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด(Tear strength) ตามมาตรฐาน ASTM D882 โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล(Universal Testing Machine) และโปรแกรม WINDAP ในการคำนวณ โดยชิ้นงานทดสอบอยู่ในรูปปีกนกลใช้ชิ้นงานทดสอบจำนวน 10 ชิ้นในแต่ละสูตร และใช้สภาวะในการทดสอบดังนี้

- โหลดเซลล์ (Load cell)	100	นิวตัน (N)
- ความเร็วในการดึง (Test speed)	200	มิลลิเมตร/นาที
- Grammage	1.0	กรัม/ตารางเมตร
- ระดับเซลล์(Cell class)	0.5	

ค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด คัดจาก

$$\text{ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (Tear strength)} = \frac{\text{แรง}}{\text{ความหนาชิ้นงาน}}$$

4.2 สมบัติทางกายภาพ

4.2.1 การทดสอบความเงาของผิว (Gloss)

นำฟิล์มที่ได้จากการผสมเม็ดสีอะลูมิเนียม (Aluminium pigment) กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ มาตัดให้ได้ขนาด 5 x 5 ซม. (กว้าง 5 ซม.,ยาว 5 ซม.) หลังจากนั้นนำไปติดไว้กับกระดาษแข็งสีดำ แล้วทำการทดสอบด้วยเครื่อง Gloss Meter โดยเช็คค่าความเงาให้เป็นไปตามค่าของแผ่น STD ตั้งค่าการสะท้อนที่ 60 องศา นำแผ่นฟิล์มมาวางทับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่องวัดให้แนบสนิทกับช่องวัด โดยหันด้านที่เป็นสีลง อ่านค่าที่วัดได้ โดยทำการวัดซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง

4.3 สัณฐานวิทยา (Morphology)

4.3.1 Scanning electron microscope(SEM)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope ,SEM) ใช้นำมาศึกษาลักษณะพื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับผงคาร์บอน และที่ผสมเม็ดสีอะลูมิเนียมซึ่งจะเตรียมตัวอย่างได้ โดยนำฟิล์มมาติดลงบนแท่นเหล็กโดยใช้เทปกาว 2 หน้าผสมคาร์บอน จากนั้นจึงนำไปเคลือบทองเพื่อให้นำไฟฟ้าเป็นเวลา 40 นาที แล้วจึงนำเข้าเครื่อง SEM ต่อไป การส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดนี้จะเป็นการศึกษาถึงความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์และสารเติมแต่งต่าง ๆ

4.4 สมบัติการดูดกลืนแสงของฟิล์มเมื่อเติมสารเติมแต่ง

4.4.1 UV-VIS Spectrophotometer

ในการวัดปริมาณแสงหรือรังสีที่ถูกดูดกลืนด้วยสารตัวอย่างนั้น สามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในสารตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณของแสงที่ผ่านทะลุออกมา โดยเปรียบเทียบกับแสงที่ทะลุออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่างอยู่ โดยตัดขนาดของแผ่นฟิล์มกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร และใช้ความยาวคลื่น 200-750 nm ในการทดสอบ

4.5 สมบัติการรักษาความชื้นในดินของฟิล์ม

ทดสอบสมบัติการรักษาความชื้นในดินของฟิล์ม โดย เลือกสูตรที่เหมาะสมในการทำฟิล์ม 2 ชั้น จากสมบัติเชิงกลที่ได้ ในสูตรผสมระหว่าง ผงคาร์บอน กับ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และจากสมบัติด้านความเงาของผิวในสูตรผสมระหว่างเม็ดสีอะลูมิเนียมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ จากนั้นทำการประกบด้วยเครื่องกดอัด (compression molding) และทำการทดสอบ โดยชั่งดินใส่ใน กระจ่างดินเผา ถูงเพาะชำ ฟิล์มคลุมดินที่ได้จากการทดลอง อย่างละ 220 กรัม เทน้ำ 60 กรัม ลงในดินที่อยู่ในภาชนะทั้งสาม และเทน้ำลงพื้นดินที่ไม่มีภาชนะใด ๆ รองรับ ในปริมาณที่เท่ากัน ทั้งไว้ 1 วัน หลังจากนั้น นำดินในแต่ละที่ มาชั่งอย่างละ 50 กรัม โดยนำดินก่อนการทดลอง และดินที่รดน้ำโดยไม่ได้ทิ้งไว้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 120 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชม. หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปชั่งอีกครั้งหนึ่ง และนำไปคำนวณหาความชื้นในดินดังสมการ

$$G(\%) = \frac{\text{น.น.ดินก่อนอบ} - \text{น.น.หลังอบ}}{\text{น.น.หลังอบ}} \times 100$$

น.น.หลังอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมระหว่าง carbon black master batch กับ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

จากการทดลองผสม carbon black master batch กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วน 0.5:100 1:100 2:100 3:100 4:100 5:100 และ 15:100 โดยผ่านกระบวนการผสมด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว ซึ่งใช้ความเร็วรอบของสกรู 50 รอบต่อนาที ตั้งอุณหภูมิ Feed Zone 180°C compression Zone 190°C metering Zone 195°C และ Die Zone 200°C พบว่าสูตรผสม 0.5:100 1:100 2:100 3:100 4:100 5:100 และ 10:100 เมื่อถูกอัดรีดผ่านหัวคายออกมามีลักษณะสีดำพื้นผิวเรียบ ในขณะที่สูตร 15:100 มีพื้นผิวขรุขระ ซึ่งเป็นผลจากการมีผงคาร์บอนอยู่มากเกินไป เกิดการผสมกันได้ไม่ดี จากนั้นจึงนำมาตัดเป็นเม็ดด้วยเครื่องบดเม็ด (Grinder) นำทั้ง 7 สูตรที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นฟิล์มโดยใช้เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก (Blown film extrusion) โดยตั้งอุณหภูมิที่เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวที่ Feed Zone 190°C compression Zone 195°C metering Zone 200°C และ Zone ที่ต่อระหว่างเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวกับเครื่องเป่าฟิล์ม 210°C ความเร็วรอบในการหมุนของสกรู 100 รอบ/นาที ตั้งอุณหภูมิที่เครื่องเป่าฟิล์มที่ S-adaptor เท่ากับ 170°C และที่หัวคายเท่ากับ 170°C ผลปรากฏว่าฟิล์มที่ได้จากสูตร 0.5:100 พื้นผิวมีความเรียบแต่มีความทึบแสงน้อยไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานและในสูตร 5:100 และ 10:100 พื้นผิวที่ได้มีความขรุขระ เมื่อทำการส่องกับแสงพบว่าเม็ดของผงคาร์บอนที่ไม่เกิดการหลอมบนผิวของฟิล์มและมีความทึบแสงมากเกินไป ดังนั้นจึงนำ สูตร 1:100 2:100 3:100 และ 4:100 ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้ดังนี้

4.1.1 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.1.1.1 ทดสอบความแข็งแรงดึง

นำฟิล์มแต่ละสูตรที่ได้มาตัดเป็นรูปดัมเบล เพื่อใช้ทดสอบสมบัติด้านทานแรงดึง (Tensile resistance) ซึ่งทำการศึกษาทั้งสองแนว คือ แนวตามเครื่อง (Machine direction, MD) และแนวขวางเครื่อง (Transverse direction, TD) ซึ่งผลที่ได้แสดงตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงดึงในแนว MD และ TD ของแต่ละสูตร

สูตร (Master batch)	ความแข็งแรงดึง(MPa) ในแนว MD	ความแข็งแรงดึง (MPa) ในแนว TD
1 :100	8.065	6.416
2 :100	8.670	9.139
3 :100	10.411	9.777
4 :100	9.677	9.359

จากรูปที่ 4.1 พบว่ากราฟในช่วงสูตรที่ 1:100 ถึง 3:100 นั้นมีค่าความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อใส่ Master batch เพิ่มขึ้น ปริมาณของผงคาร์บอนที่มีเพิ่มขึ้นทำหน้าที่เสริมแรงให้แก่พอลิเมอร์ ทำให้ค่าความแข็งแรงดึง เพิ่มขึ้นแต่เมื่อใส่ในปริมาณที่มากกว่า 3 :100 ค่าความแข็งแรงดึงลดลง เนื่องมาจากการที่มีผงคาร์บอนมากเกินไป ทำให้มีความเปราะเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาทั้ง 2 แนวแรงคือ แนวตามเครื่อง (Machine direction) และแนวขวางเครื่อง (Transverse direction) พบว่า ในแนวตามเครื่องจะให้ค่าความแข็งแรงดึงมากกว่าในแนวขวางเครื่องเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าฟิล์มที่ได้มีการจัดเรียงตัว 2ทิศทางใกล้เคียงกันหรือในแนวตามเครื่องมากกว่าในแนวขวางเครื่องเล็กน้อย



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงดึงกับอัตราส่วน Master batch และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

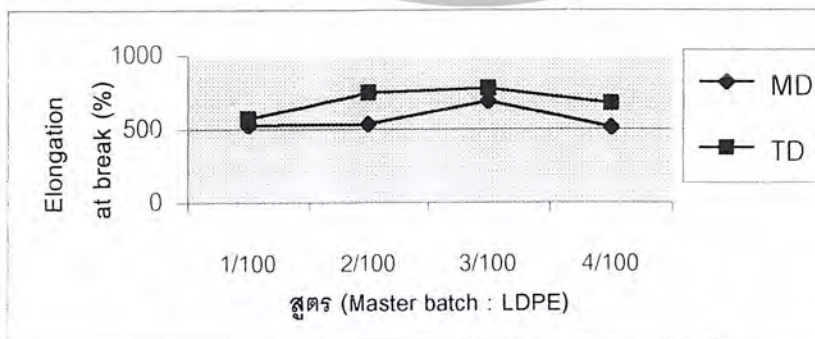
4.1.1.2 ทดสอบการดึงยืด ณ จุดขาด

นำฟิล์มแต่ละสูตรที่ได้มาตัดเป็นรูปคัมเบล เพื่อใช้ทดสอบการดึงยืด ณ จุดขาด ซึ่ง จะทำการศึกษาทั้งสองแนว คือ แนวตามเครื่อง(Machine direction,MD) และแนวขวางเครื่อง (Transverse direction,TD) ซึ่งผลที่ได้แสดงตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาค่าการดึงยืด ณ จุดขาดในแนว MD และ TD ของแต่ละสูตร

สูตร (Master batch : LDPE)	การดึงยืด ณ จุดขาด (%)	
	ในแนว MD	ในแนว TD
1 : 100	526.8	571.2
2 : 100	535.6	748.8
3 : 100	688.8	774.4
4 : 100	512.8	676

จากกราฟที่ 4.2 พบว่าในช่วงสูตรที่ 1:100 ถึง 3:100 นั้นมีค่าการดึงยืด ณ จุดขาดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อใส่ Master batch เพิ่มขึ้น ปริมาณของผงคาร์บอนที่เพิ่มทำหน้าที่เสริมแรง ให้แก่โพลิเมอร์ ทำให้ค่าการดึงยืด ณ จุดขาด เพิ่มขึ้นแต่เมื่อใส่ในปริมาณที่มากกว่า 3 : 100 ค่าการดึงยืด ณ จุดขาด ลดลง เนื่องมาจากการที่มีผงคาร์บอนมากเกินไปทำให้ชิ้นงานมีความเปราะเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาทั้ง 2 แนวแรง คือ แนวตามเครื่อง (Machine direction) และแนวขวางเครื่อง (Transverse direction) พบว่าในสูตรที่ 1:100 และ 3:100 ให้ค่าการดึงยืด ณ จุดขาดใกล้เคียงกัน แต่ในสูตรที่ 2:100 และ 4:100 ให้ค่าในแนว TD ก่อนข้างสูงกว่า MD เพราะทิศทางการทดสอบเป็นทิศทางในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก เมื่อทดสอบฟิล์มในแนว TD จึงให้ระยะการดึงยืด ณ จุดขาด ที่มากกว่า MD ซึ่งอาจเกิดจากในฟิล์มทั้งสองสูตรนี้มีการจัดเรียงตัวในแนว MD มากกว่า TD จึงทำให้ระยะการดึงยืด ณ จุดขาด มีค่ามากกว่าในแนว MD จึงสรุปได้ว่าฟิล์มที่ได้มีการจัดเรียงตัวในแนวตามเครื่องมากกว่าในแนวขวางเครื่อง



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดึงยืด ณ จุดขาดกับอัตราส่วนของ

Master batch กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

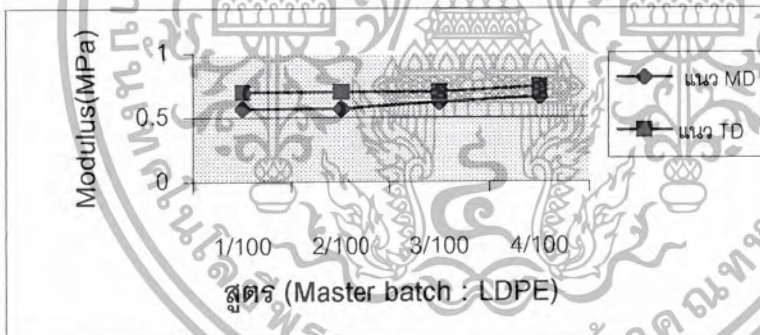
4.1.1.3 ทดสอบมอดุลัส

นำฟิล์มแต่ละสูตรที่ได้มาตัดเป็นรูปคัมเบล เพื่อใช้ทดสอบหาค่ามอดุลัส ซึ่งจะทำการศึกษาทั้งสองแนว คือ แนวตามเครื่อง(Machine direction) และแนวขวางเครื่อง (Transverse direction) ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาค่ามอดุลัสในแต่ละแนวของแต่ละสูตร

สูตร (Master batch : LDPE)	ค่ามอดุลัส (MPa) ในแนว MD	ค่ามอดุลัส (MPa) ในแนว TD
1 : 100	0.57	0.70
2 : 100	0.57	0.70
3 : 100	0.62	0.70
4 : 100	0.66	0.74

จากกราฟรูปที่ 4.3 พบว่าค่ามอดุลัสที่ได้ในแต่ละสูตรนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากค่าความแข็งแรงแรง(rigidity) ของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเปลี่ยนแปลงไปน้อยมากทั้งในแนวตามเครื่องและแนวขวางเครื่อง



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสกับอัตราส่วน Master batch และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

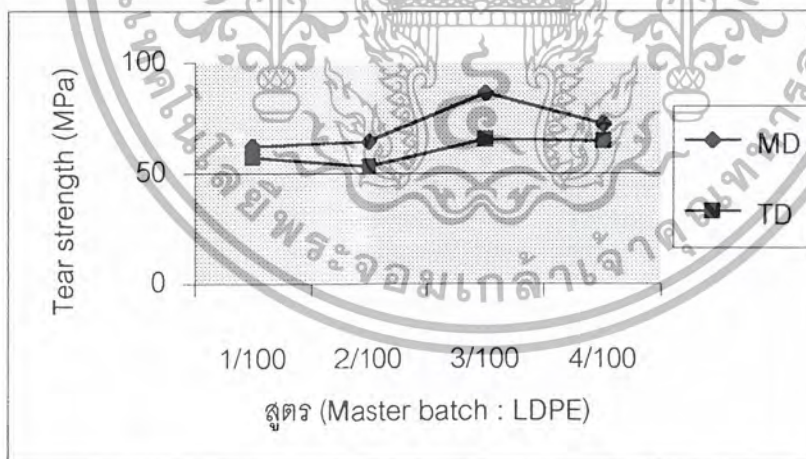
4.1.1.4 ทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

นำฟิล์มพอลิเมอร์ผสมมาตัดเป็นรูปปีกนก เพื่อตรวจสอบสมบัติด้านทานแรงฉีกขาด (Tear resistance) โดยทำการศึกษาทั้งสองแนว คือ แนวตามเครื่อง (Machine direction) และแนวขวางเครื่อง (Transverse direction) ได้ผลดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาดในแต่ละแนวของแต่ละสูตร

สูตร (Master batch : LDPE)	Tear strength (Mpa)	
	ในแนว MD	ในแนว TD
1 : 100	62.18	57.11
2 : 100	64.27	53.10
3 : 100	86.22	65.37
4 : 100	72.30	64.59

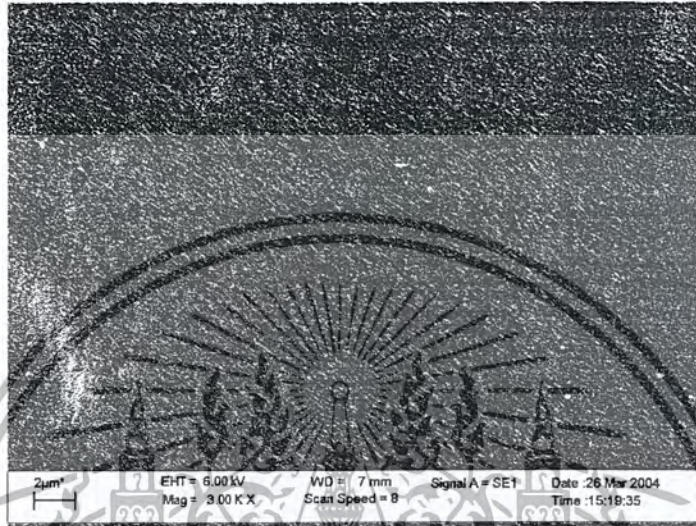
จากกราฟรูปที่ 4.4 พบว่าเมื่อใส่ Master batch เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงสูงสุดเพิ่มขึ้น เนื่องจากคาร์บอนที่ทำหน้าที่เสริมแรงให้แก่พอลิเมอร์ แต่เมื่อใส่ในปริมาณที่มากกว่า 3 : 100 ทำให้ค่าความแข็งแรงสูงสุดลดลง เนื่องจากผงคาร์บอน กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำผสมกันไม่ได้จึงเกิดการแยกตัวออกจากกันขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง และเมื่อพิจารณาทั้ง 2 แนวแรง คือ แนวตามเครื่อง (Machine direction) และแนวขวางเครื่อง (Transverse direction) พบว่าในแนว MD จะให้ค่า Tear strength สูงกว่าในแนว TD เพราะในการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดทดสอบในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งฟิล์มที่ได้จากการเป่ามีการจัดเรียงตัวในแนว MD มากกว่าในแนว TD จึงทำให้ได้ค่า Tear strength สูงกว่า



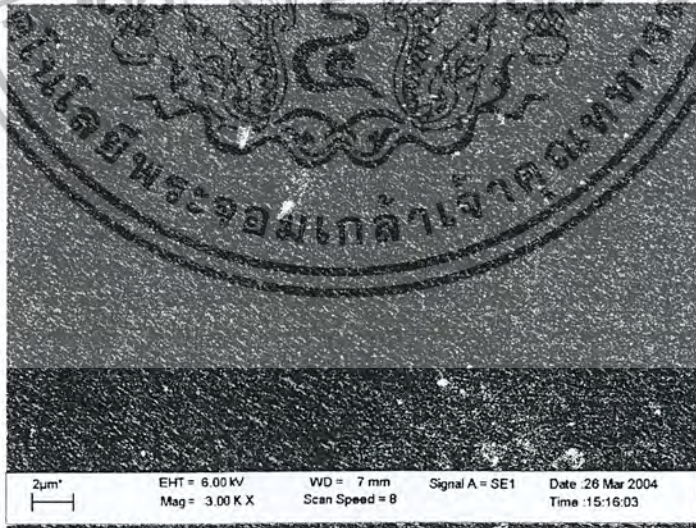
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงสูงสุดกับอัตราส่วน Master batch และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

4.1.2 การศึกษาลักษณะพื้นผิวโดยเทคนิค Scanning Electron Microscope

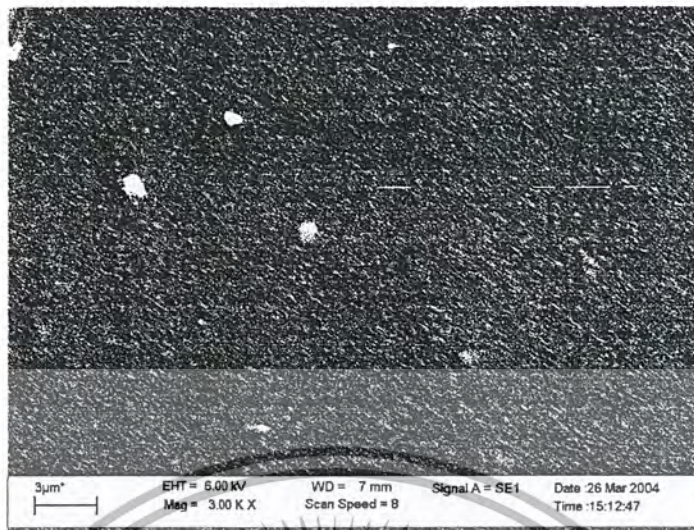
- การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมาใช้ศึกษาลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์ที่ผสมผงคาร์บอนในอัตราส่วน 1 : 100 2 : 100 3 : 100 และ 4 : 100 ตามลำดับ พบว่าผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.5-4.8



รูปที่ 4.5 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับ Master batch ในอัตราส่วน 1 : 100



รูปที่ 4.6 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับ Master batch ในอัตราส่วน 2 : 100



รูปที่ 4.7 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับ Master batch ในอัตราส่วน 3 : 100



รูปที่ 4.8 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับ Master batch ในอัตราส่วน 4 : 100

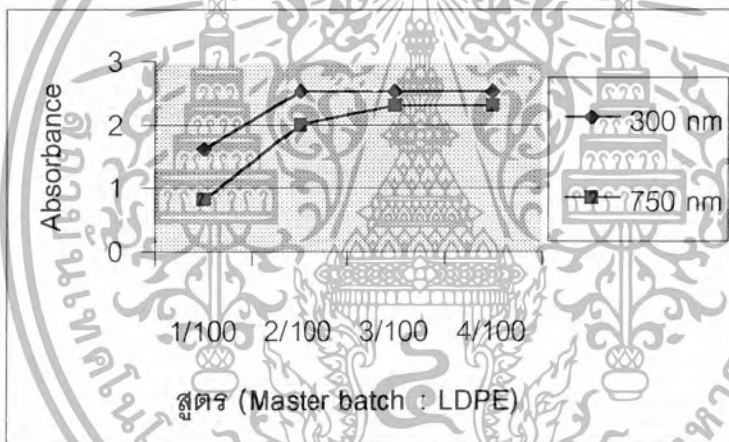
จากพื้นผิวของฟิล์มเห็นได้ว่าการเพิ่มอัตราส่วนของผงคาร์บอนทำให้พื้นผิวของฟิล์มขรุขระมากขึ้น เนื่องมาจากปริมาณของผงคาร์บอนที่มากเกินไป ส่งผลทำให้ผงคาร์บอนเกาะกลุ่มกัน ไม่เกิดกระจายตัวกันเกิดเป็นพื้นผิวที่ขรุขระซึ่งพบว่าในอัตราส่วน 4:100 พื้นผิวของฟิล์มมีความขรุขระมากอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ ซึ่งเป็นผลจากการที่ผงคาร์บอนเกิดการหลอมลงในพอลิเมอร์ได้น้อยลงจึงเกิดการแยกวัฏภาค ทำให้ค่าความแข็งแรงดึง ค่าการดึงยืด ณ จุดขาด ค่ามอดุลัส และค่าความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ทดสอบการดูดกลืนแสง

ตัดฟิล์ม ขนาด 5X5 เซนติเมตรแล้วนำมาทดสอบโดยใช้เครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 200-750 nm ได้ผลดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.9 ตารางที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 300 nm และ 750 nm

สูตร	ค่าAbsorbance	
	300 nm	750 nm
CB (1:100)	1.60	0.83
CB (2:100)	2.52	2.00
CB (3:100)	2.52	2.30
CB (4:100)	2.52	2.30



รูปที่ 4.9 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 300nm และ 750 nm ในแต่ละอัตราส่วนของฟิล์มที่ผสมผงคาร์บอน

จากรูปที่ 4.9 พบว่าที่ความยาวคลื่น 300 nm ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มในสูตรที่ผสม CB:LDPE(2:100) ขึ้นไปมีค่าคงที่คือ 2.52 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ความยาวคลื่น 750 nm ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยจะเห็นได้ชัดเจนจากสูตรCB:LDPE (3:100) และ CB:LDPE(4:100) ให้ค่าเท่ากันคือ 2.3 ทำให้ทราบว่า การใส่ปริมาณผงคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าในสูตรCB : LDPE(3:100) นั้นไม่มีผลต่อการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นเพราะการใส่ปริมาณผงคาร์บอนที่มากเกินไป ทำให้เกิดการแยกวัฏภาคของผงคาร์บอนซึ่งเกิดจากผงคาร์บอนไม่สามารถห่อหุ้มลงในเนื้อพอลิเมอร์ได้อีก เมื่อนำมาทดสอบหาค่าการดูดกลืนแสง แสงที่ใช้ส่องผ่านฟิล์มจะส่องผ่านเนื้อฟิล์มที่ผสมผงคาร์บอน และผงคาร์บอนที่เกาะกลุ่มบนแผ่นฟิล์ม ซึ่งผลของการกระจายตัวที่เป็นบริเวณกว้างของผงคาร์บอนที่เกาะกลุ่มกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้แสงที่ส่องผ่านบริเวณเนื้อฟิล์ม ณ จุดหนึ่งอาจพบผงคาร์บอนที่เกาะกลุ่มกันในปริมาณที่น้อย จึงทำให้การทดสอบการดูดกลืนแสงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของผงคาร์บอนเพิ่มขึ้นนั้นมีค่าคงที่

4.2 การศึกษาอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมระหว่าง Aluminium pigment กับ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

จากการทดลองการผสมเม็ดสีอะลูมิเนียมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนเม็ดสีอะลูมิเนียม ต่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ 0.1:100 0.2:100 0.3:100 0.4:100 0.5:100 0.6:100 0.7:100 และ 0.8:100 โดยผ่านกระบวนการผสมด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว ซึ่งใช้ความเร็วรอบของสกรู 50 รอบ/นาที ตั้งอุณหภูมิ Feed Zone 180°C compression Zone 190°C metering Zone 195°C และ Die Zone 200°C พบว่าสูตรผสมที่ได้จะมีสีเทาเงินขึ้นตามลำดับ จากนั้นขึ้นรูปเป็นฟิล์มโดยใช้เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก (Blown film extrusion) โดยตั้งอุณหภูมิที่เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวที่ Feed Zone 190°C compression Zone 195°C metering Zone 200°C และ Zone ที่ต่อระหว่างเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวกับ เครื่องเป่าฟิล์ม 210°C ความเร็วรอบในการหมุนของสกรู 100 รอบ/นาที ตั้งอุณหภูมิที่เครื่องเป่าฟิล์มที่ S-adaptor เท่ากับ 170°C และที่หัวจ่ายเท่ากับ 170°C ผลปรากฏว่าฟิล์มที่ได้ในสูตร 0.1 : 100 0.2:100 มีสีเทาเงินน้อย ฟิล์มค่อนข้างใส และในสูตร 7:100 และ 8:100 พื้นผิวของฟิล์มมีความขรุขระมากไม่เหมาะกับการนำไปใช้งาน จึงนำสูตร 0.3:100 0.4:100 0.5:100 และ 0.6:100 ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้ดังนี้

4.2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

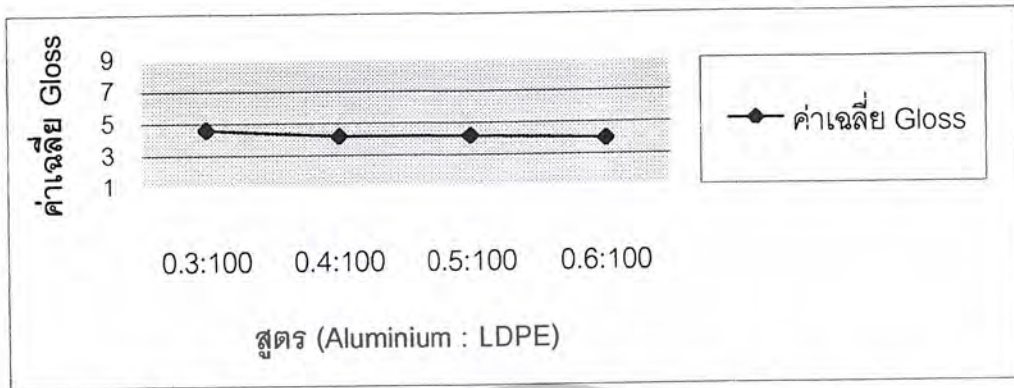
4.2.1.1 ทดสอบความเงาของผิว (Gloss)

โดยใช้เครื่อง Gloss meter ตั้งค่าการสะท้อนที่ 60 องศา โดยทำการวัดซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย Gloss ในแต่ละสูตร

สูตร (Aluminum : LDPE)	ค่าเฉลี่ย Gloss
0.3:100	4.6
0.4:100	4.2
0.5:100	4.2
0.6:100	4.0

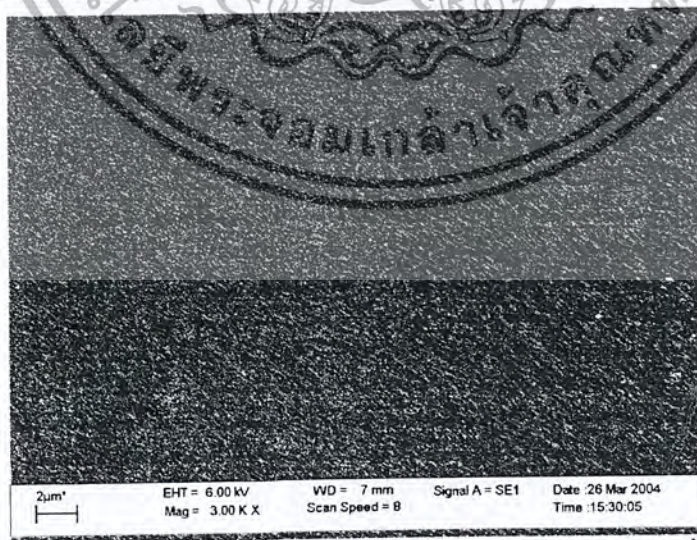
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเงาของผิว(Gloss) กับอัตราส่วนของเม็ดสีอะลูมิเนียม และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

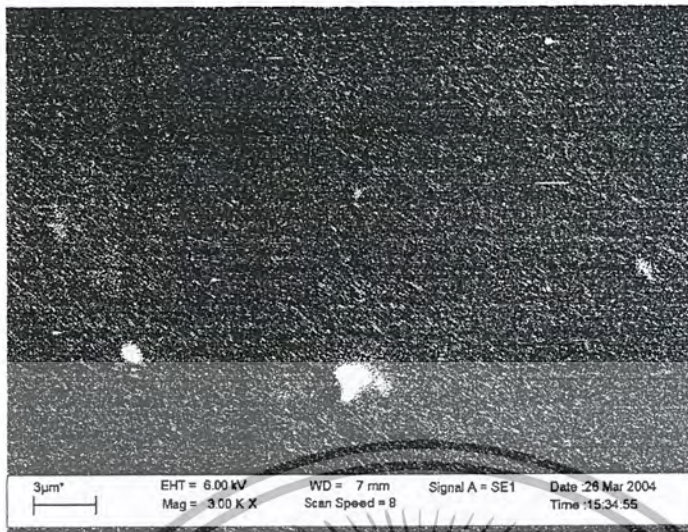
จากรูปที่ 4.10 พบว่าค่าความเงาของผิวที่ได้ในแต่ละสูตรนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในสูตรที่มีเม็ดสีอะลูมิเนียม อยู่ 0.3 ต่อ LDPE 100 นั้นให้ค่าเฉลี่ย Gloss สูงสุดคือ 4.6 การเพิ่มปริมาณของเม็ดสีอะลูมิเนียม ทำให้ค่าความเงาของผิวลดลงทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวของผงอะลูมิเนียมเกิดขึ้นไม่ดี ทำให้เกาะกันเป็นกลุ่มก้อน ทำให้แสงที่ตกกระทบลงบนผิวฟิล์มสะท้อนเมียงเบนไปจากมุมที่ 60 องศา เพราะความขรุขระของพื้นผิว

4.2.1.2 การศึกษาลักษณะพื้นผิวโดยเทคนิค Scanning electron microscope การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมาใช้ศึกษาลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์ที่ผสมเม็ดสีอะลูมิเนียม เป็นสารเติมแต่งในอัตราส่วน 0.3 : 100 0.4 : 100 0.5 : 100 และ 0.6 : 100 ตามลำดับ ผลที่ได้แสดงใน รูปที่ 4.11-4.14

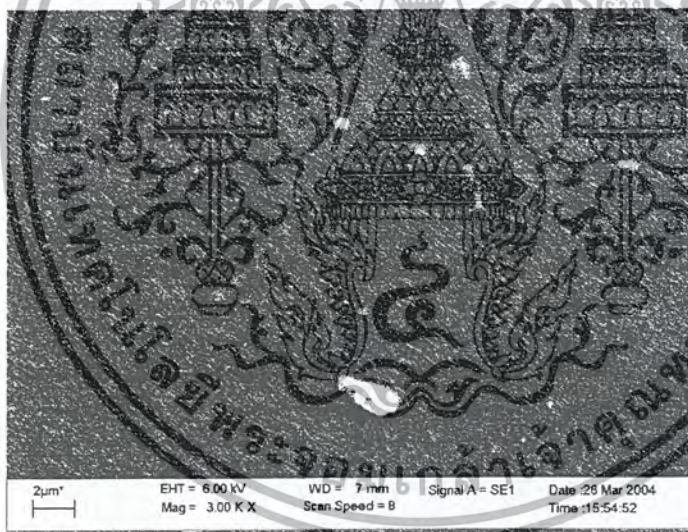


รูปที่ 4.11 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับผงอะลูมิเนียม ในอัตราส่วน 0.3 : 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

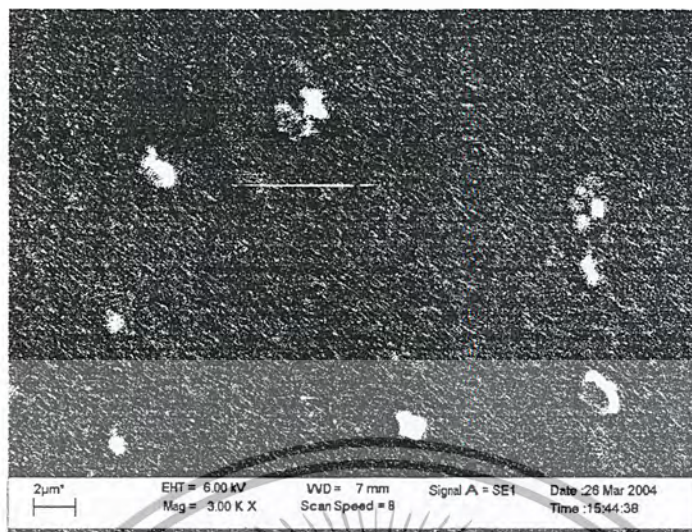


รูปที่ 4.12 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสม
กับผงอะลูมิเนียม ในอัตราส่วน 0.4 : 100



รูปที่ 4.13 พื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับผง
อะลูมิเนียม ในอัตราส่วน 0.5 : 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงรูปพื้นผิวของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับผงอะลูมิเนียม ในอัตราส่วน 0.6 : 100

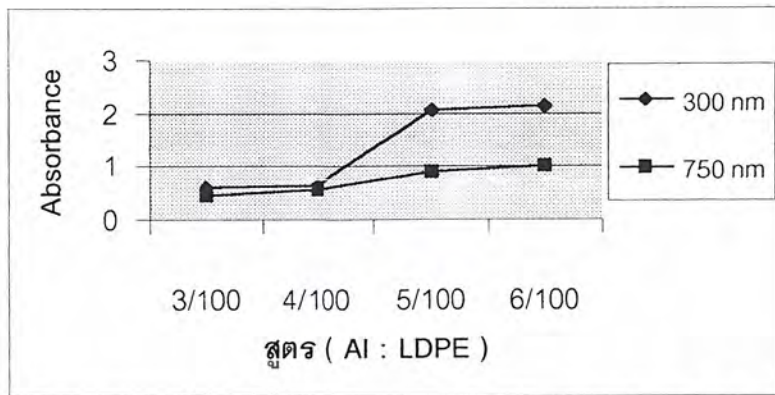
จากลักษณะของพื้นผิวของฟิล์มพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของผงอะลูมิเนียมทำให้พื้นผิวของฟิล์มขรุขระขึ้น เนื่องจากปริมาณของผงอะลูมิเนียมที่มากส่งผลทำให้ผงอะลูมิเนียมเกาะกลุ่มกัน ไม่เกิดกระจายตัวกัน เกิดเป็นพื้นผิวที่ขรุขระบนฟิล์มทำให้ค่าความเงาของผิวที่ได้ลดลงเล็กน้อย เนื่องจากความขรุขระทำให้แสงที่สะท้อนจากพื้นผิวของฟิล์มเกิดการเบี่ยงเบนไปจากมุมเดิม

4.2.1.3 ทดสอบการดูดกลืนแสง

ตัดฟิล์ม ขนาด 5X5 เซนติเมตร: เลื่อนนำมาทดสอบ โดยใช้เครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 200-750 nm ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.15 ตารางที่ 4.7 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 300 nm และ 750 nm

สูตร	ค่าAbsorbance	
	300 nm	750 nm
Al:LDPE(0.3 :100)	0.59	0.45
Al:LDPE(0.4 :100)	0.62	0.54
Al:LDPE(0.5 :100)	2.04	0.90
Al:LDPE(0.6 :100)	2.12	1.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูปที่ 4.15 พบว่าเมื่ออัตราส่วนระหว่างเม็ดสีอะลูมิเนียมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณของผงอะลูมิเนียมเพิ่มขึ้นทั้งสองความยาวคลื่น (300 และ 750 นาโนเมตร)

4.3 การศึกษาการนำไปใช้งานของฟิล์มหลังจากการประกบด้วยเครื่องกดอัด (Compression Molding)

4.3.1 ทดสอบการส่องผ่านของแสง

ตัดฟิล์ม ขนาด 5X5 เซนติเมตรเพื่อนำมาทดสอบโดยใช้เครื่อง UV-spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 200-750 nm

ตารางที่ 4.8 ค่าการส่องผ่านของแสงที่ 300 nm และ 750 nm

สูตร	ค่า% Transmission	
	300 nm	750 nm
AI : LDPE / CB : LDPE (0.3:100 /3:100)	0.30	0.30
AI : LDPE / CB : LDPE (0.4:100 /3:100)	0.30	0.30
AI : LDPE / CB : LDPE (0.5:100 /3:100)	0.30	0.30
AI : LDPE / CB : LDPE (0.6:100 /3:100)	0.30	0.30
AI : LDPE (0.3:100)	25.5	35.4
CB : LDPE (3:100)	0.30	0.50

จากตาราง 4.8 พบว่าฟิล์มในสูตร CB : LDPE (3:100) เมื่อนำมาประกบกับแผ่นฟิล์มที่ได้จากสูตร AI :LDPE (0.3:100) ทำให้ค่าการส่องผ่านของแสงที่ 750 nm ต่ำกว่าในสูตร CB : LDPE (3:100) ซึ่งเป็นฟิล์มชั้นเดียวอยู่ 0.2% ทำให้ทราบว่า ฟิล์มที่ผสม AI : LDPE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(0.3:100) นั้นมีผลต่อการส่องผ่านของแสง แต่การเพิ่มอัตราส่วนของอะลูมิเนียมไม่ทำให้ค่าการส่องผ่านของแสงมีค่าลดลงแต่อย่างใด

4.3.2 ทดสอบสมบัติการรักษาความชื้นในดินของฟิล์ม

ชั่งดินใส่ใน กระจกดินเผา ถูงเพาะชำ และฟิล์มคลุมดินที่ได้จากการทดลอง อย่างละ 220 กรัม เติมน้ำ 60 กรัม ลงในดินที่อยู่ในภาชนะทั้งสาม และเทน้ำลงพื้นดินที่ไม่มีภาชนะใดๆ รองรับ ในปริมาณที่เท่ากัน ทั้งไว้ 1 วัน หลังจากนั้น นำดินในแต่ละที่ มาชั่งอย่างละ 50 กรัม โดยนำดินก่อนการทดลองและดินที่รดน้ำโดยไม่ได้ทิ้งไว้ไปอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิประมาณ 120°C เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชม. หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปชั่งอีกครั้งหนึ่ง และนำไปคำนวณหาความชื้นในดินผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความชื้นในดินที่อยู่ในภาชนะต่างกัน

สภาวะของดิน	Moisture Content (%)
ดินที่รดน้ำแล้วหาค่าความชื้นทันที	26.42
ดินในฟิล์มคลุมดินที่ทิ้งไว้ 1 วัน	25.04
ดินในถูงเพาะชำที่ทิ้งไว้ 1 วัน	22.59
ดินในกระจกดินเผาที่ทิ้งไว้ 1 วัน	18.24
ดินจากพื้นดินที่ไม่มีภาชนะรองรับที่ทิ้งไว้ 1 วัน	17.71
ดินก่อนการทดลอง	17.24

จากตารางที่ 4.9 พบว่าฟิล์มคลุมดินที่เตรียมได้สามารถรักษาความชื้นในดินได้ดีกว่า ถูงเพาะชำ กระจกดินเผา และดินจากพื้นดินที่ไม่มีภาชนะรองรับ ซึ่งให้ค่าความชื้นในดิน 25.04% โดยมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเพียง 1.38 % เมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 วัน ทั้งนี้เนื่องมาจากฟิล์มคลุมดินที่ผลิตได้สามารถสะท้อนแสงและทำให้เกิดเสถียรภาพทางแสง ทำให้สามารถลดอุณหภูมิที่ผิวหน้าดิน จึงรักษาความชื้นในดินได้ดี

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำฟิล์มกระถางต้นไม้จากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยทำเป็นฟิล์ม 2 ชั้น ซึ่งมีสมบัติในการป้องกันแสงอัลตราไวโอเลต และป้องกันความชื้นที่อยู่ในดิน โดยทำการหาอัตราส่วนของการผสมที่เหมาะสมระหว่างผงคาร์บอน (carbon black) กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำในการทำฟิล์มชั้นล่าง และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างผงอะลูมิเนียม (Aluminium pigment) กับ LDPE ในการทำฟิล์มชั้นบน

1. จากการศึกษาฟิล์มที่ผสมผงคาร์บอนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำพบว่า

1.1 สมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ความแข็งแรงฉีกขาด (Tear strength) การดึงยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) และค่ามอดุลัส (Modulus) ของสูตรที่ผสมผงคาร์บอนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ในอัตราส่วน 1 : 100 2 : 100 และ 3 : 100 มีแนวโน้มเดียวกันคือมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณของผงคาร์บอนเพิ่มขึ้น แต่ในสูตรที่ 4 : 100 ทำให้สมบัติเชิงกลลดลง

1.2 สมบัติทางกล้องจุลทรรศน์ภาพจากผลการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของผงคาร์บอนทำให้พื้นผิวของฟิล์มขรุขระขึ้น เนื่องจากปริมาณของผงคาร์บอนที่มากส่งผลทำให้ผงคาร์บอนเกาะกลุ่มกัน ไม่เกิดกระจายตัวกัน เกิดเป็นพื้นผิวที่ขรุขระ

1.3 สมบัติการดูดกลืนแสงของฟิล์ม เมื่อเติมผงคาร์บอนในอัตราส่วนที่แตกต่างกันพบว่าที่ความยาวคลื่น 300 nm ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มในสูตรที่ผสม CB:LDPE(2:100) ขึ้นไปมีค่าคงที่คือ 2.52 และที่ 750 nm ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มสูตร CB:LDPE(3:100) และ CB:LDPE(4:100) ให้ค่าเท่ากันคือ 2.3 ทำให้ทราบว่า การใส่ปริมาณผงคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าในสูตร CB : LDPE(3:100) นั้นไม่มีผลต่อการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกลของฟิล์มพอลิเมอร์ พบว่าในสูตรที่มีการผสมผงคาร์บอนกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ในอัตราส่วน 3 : 100 นั้น ให้ค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ดีกว่าในสูตรอื่น จึงนำอัตราส่วนในสูตรนี้ไปทำการผลิตเป็นฟิล์ม 2 ชั้น

2.จากการศึกษาฟิล์มที่ผสมเม็ดสีอะลูมิเนียมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE) พบว่า

2.1สมบัติความเงาของผิว (Gloss) พบว่าค่าความเงาของผิวที่ได้ในแต่ละสูตรนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในสูตรที่มี Aluminum pigment อยู่ 0.3 ต่อ LDPE 100 นั้นให้ค่าเฉลี่ย Gloss สูงสุดคือเท่ากับ 4.6 โดยที่การเพิ่มปริมาณของ Aluminum pigment ทำให้ค่าความเงาของผิวลดลงเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวของผงอะลูมิเนียมเกิดขึ้นไม่ดี ทำให้เกาะกันเป็นกลุ่มก้อน ส่งผลให้แสงที่ตกกระทบลงบนผิวฟิล์มสะท้อนเบี่ยงเบนไปจากมุมที่ 60 องศา เพราะความขรุขระของพื้นผิว

2.2สมบัติทางสัณฐานวิทยา จากผลการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของผงอะลูมิเนียมทำให้พื้นผิวของฟิล์มขรุขระขึ้น เนื่องมาจากปริมาณของผงอะลูมิเนียมที่มากจะส่งผลทำให้ผงอะลูมิเนียมเกาะกลุ่มกันไม่เกิดกระจายตัวกัน เกิดเป็นพื้นผิวที่ขรุขระเช่นเดียวกับผลที่ได้จากการใช้ผงคาร์บอน

เมื่อพิจารณาสมบัติความเงาของผิวในสูตรที่ผสมเม็ดสีอะลูมิเนียม กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พบว่าในอัตราส่วน 0.3 : 100 ให้ความเงาที่ 60 องศามากที่สุด จึงนำอัตราส่วนในสูตรนี้ไปทำการผลิตเป็นฟิล์ม 2 ชั้น

3. การนำไปใช้งานของฟิล์มหลังจากการประกบด้วยเครื่องกดอัด (Compression Molding)

เมื่อทำการเลือกสูตรผสมที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์ม 2 ชั้น แล้ว จึงนำฟิล์มในแต่ละชั้นมาประกบกันแล้วทดสอบการส่องผ่านของแสง พบว่าฟิล์มที่ผสม Al : LDPE (0.3:100) นั้นมีผลต่อการส่องผ่านของแสง แต่การเพิ่มอัตราส่วนของอะลูมิเนียมไม่ทำให้ค่าการส่องผ่านของแสงมีค่าลดลงแต่อย่างใด ส่วนการทดสอบสมบัติการรักษาความชื้นในดินของฟิล์มพบว่าฟิล์มคลุมดินสามารถรักษาความชื้นในดินได้ดีกว่า ดุงเพาะชำ กระจ่างดินเผา และดินจากพื้นดินที่ไม่มีภาชนะรองรับ ซึ่งให้ค่าความชื้นในดิน 25.04% มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเพียง 1.38 % เมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.ควรใช้เทคนิคการอัดรีดร่วม(Coextrusion) มาใช้เพื่อเปรียบเทียบสมบัติอื่นๆ ที่ได้จากการทดลอง

2. การทดสอบการเสื่อมสภาพของแผ่นฟิล์มอาจนำมาทดสอบโดยใช้เทคนิค

Artificial weathering (accelerated) CEN/TC 249 ซึ่งเป็นเทคนิคที่ให้ความถูกต้องและแม่นยำ โดยจะเร่งการทดสอบความทนทานต่อสภาพอากาศ ด้วยวิธีการยิงแสง Xenon ซึ่งได้รับการรับรองจาก ISO 4892-2 เพื่อใช้ทดสอบความทนทานต่อรังสี UV พร้อมกับมีการฉีดพ่นน้ำเพื่อทดสอบความทนทานต่อฝนอีกด้วย

3. การใช้งานอื่นๆที่ไม่คำนึงถึงความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มมากนัก อาจลดปริมาณของผงคาร์บอนลงได้ เพื่อลดต้นทุนในการผลิต



เอกสารอ้างอิง

1. ดร.สุภารัตน์ รักชลชี เอกสารประกอบการเรียนการสอน “วิชาเทคโนโลยีการบรรจุหีบห่อ” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, น. 1-4
2. Shah,V., “Handbook of Plastics Testing Technology”, JOHN WILEY & SONS, Newyork,1984,P.163
3. ผ.ศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย, “เอกสารคำสอน วิชา สารปรับแต่งพอลิเมอร์” คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร น.82-34 ,130-134
4. แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม, “Principles and Techniques of Instrumental Analysis” พิมพ์ครั้งที่ 1, ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2534,น. 33-41
5. รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย, “เทคโนโลยีพอลิเมอร์ 1” พิมพ์ครั้งที่ 3, โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, น.180-188
6. ผศ.ดร. ปฐม เกาหะเกษศร, “หลักการเกษตรเมืองร้อน” พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักงานหนังสือพิมพ์เพื่อนเกษตร, 2526, น. 49,55,61
7. เฉติมพล แซมเพชร, “สรีระวิทยาการผลิตพืชไร่” พิมพ์ครั้งที่ 1, นนทบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่, 2526, น. 18-30
8. Pena J.M.,Allen NS, Liauw CM, Edge M, Valange B, “Studies of Synergism between Carbon Black and Stabilisers in LDPE Photodegradation”, Polymer Degradation and Stability ,2001; 259-270.
9. Scoponi M.,Cimmino S.,Kaci M., “Photo-stabilisation Mechanism under Natural Weathering and Accelerated Photo-oxidative Conditions of LDPE Films for Agricultural Applications”. Polymer 41 (2000);7969-7980.
10. Yoon K.-S.,C.-W. Park, “Stability of a Two-layer Blown Film Coextrusion”, J. Non-Newtonian Fluid Mech., 2000; 97-116.
11. Schelokov, R., and co-workers, Light Manipulating Additive Extend Opportunities for Agricultural Plastic Films.,” Plastics additives&Compounding March 2002;20-24.
12. ดร.ถวิต กระจุกถล. “เกษตรยั่งยืน การใช้ดิน-ปุ๋ย” พิมพ์ครั้งที่ 1, สหมิตรออฟเซ็ท, นนทบุรี, 2540, น.101-120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. วิฑูรย์ ปัญญากุล , “เกษตรยั่งยืน : วิธีการเกษตรแห่งอนาคต” พิมพ์ครั้งที่ 1 ,
สำนักพิมพ์กรีนเนท, 2544, น. 239-240
14. ดิพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ, “การให้น้ำแก่พืช” พิมพ์ครั้งที่ 1, ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร, 2535, น. 17,73-75
15. คิดเป็นพัฒนาและส่งเสริมปัจจัยการผลิต “เทคโนโลยีด้านดินปุ๋ย และเครื่องจักรกลการเกษตร ,2544, น.116-118



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางก.1 ค่าความเงาของผิว (Gloss)

โดยใช้เครื่อง Glossmeter ในการวัดฟิล์มที่ผสมเม็ดสีอะลูมิเนียมกับพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

สูตร	ค่าความเงาของผิว					เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
Al : LDPE(0.3:100)	4.7	4.6	4.5	4.6	4.5	4.6
Al : LDPE(0.4:100)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.2
Al : LDPE(0.5:100)	4.1	4.2	4.2	4.2	4.3	4.2
Al : LDPE(0.6:100)	4.0	3.9	4.1	3.9	3.9	4.0



ภาคผนวก ข

ตารางข.1 น้ำหนักของดินก่อนอบและหลังอบจากดินในภาชนะที่ต่างกัน

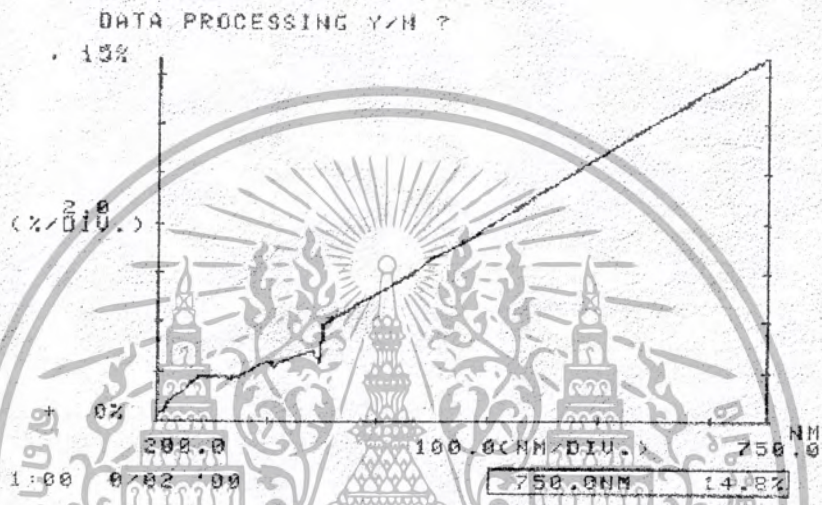
สภาวะของดิน	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)
ดินที่ร่อนน้ำแล้วหาค่าความชื้นทันที	50.0239	28.2686
ดินในพีทมัคลูบดินที่ทิ้งไว้ 1 วัน	50.0150	28.9740
ดินในถุงเพาะชำที่ทิ้งไว้ 1 วัน	50.0105	30.4440
ดินในกระถางดินเผาที่ทิ้งไว้ 1 วัน	50.1099	33.9458
ดินจากพื้นดินที่ไม่มีภาชนะรองรับที่ทิ้งไว้ 1 วัน	50.0252	34.3337
ดินก่อนการทดลอง	50.0593	34.8197



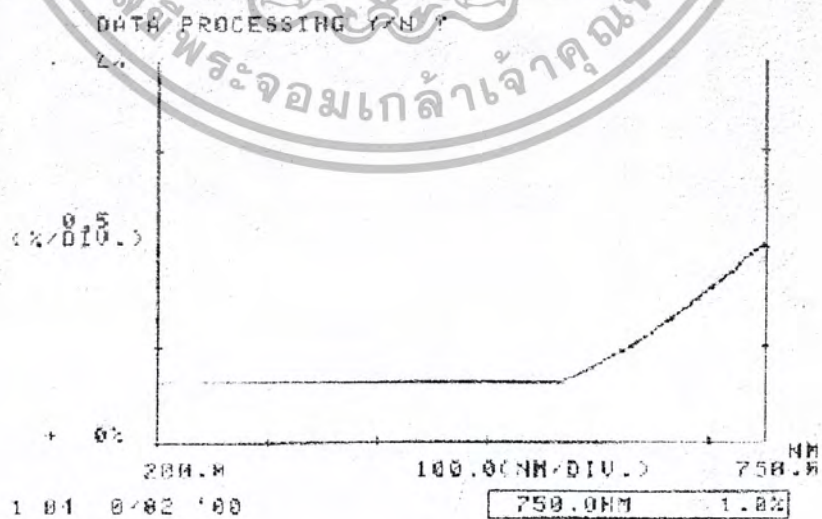
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

กราฟจากเครื่อง UV-VIS spectrophotometer

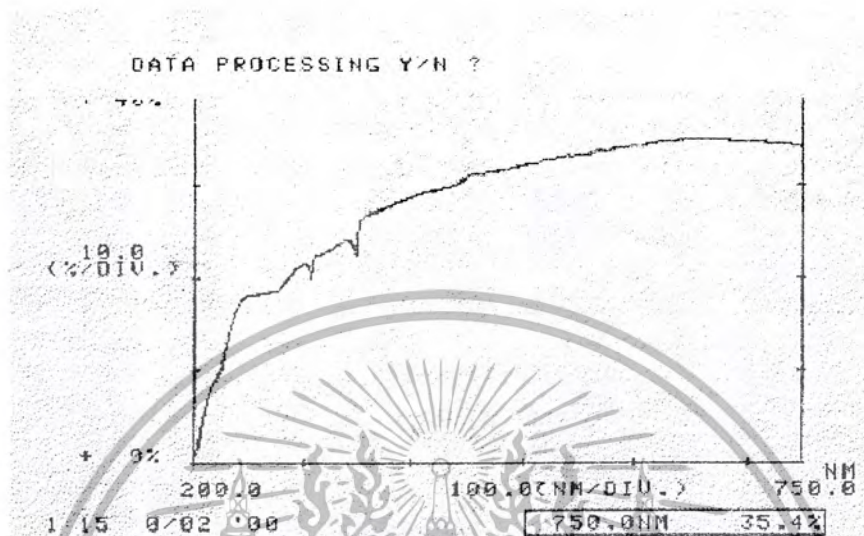


ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มในสูตรที่ผสม Carbon Master batch ต่อ LDPE ในอัตราส่วน 1:100

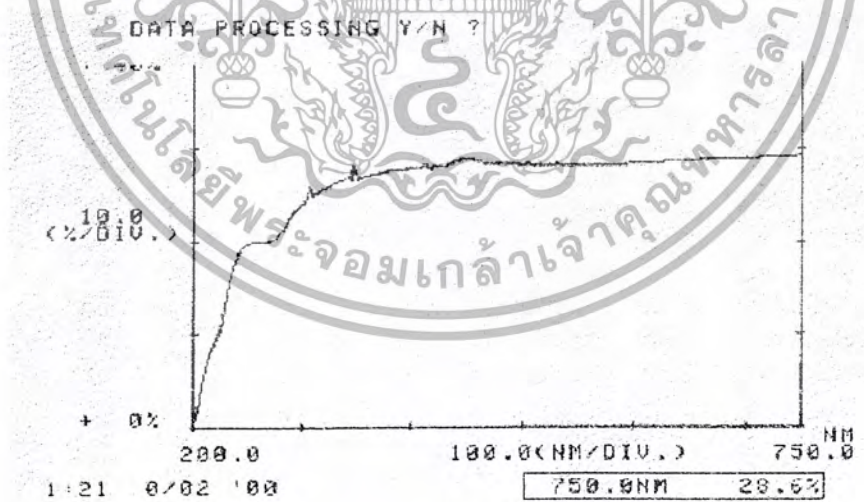


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มในสูตรที่ผสม Carbon Master batch ต่อ LDPE ในอัตราส่วน 2:100

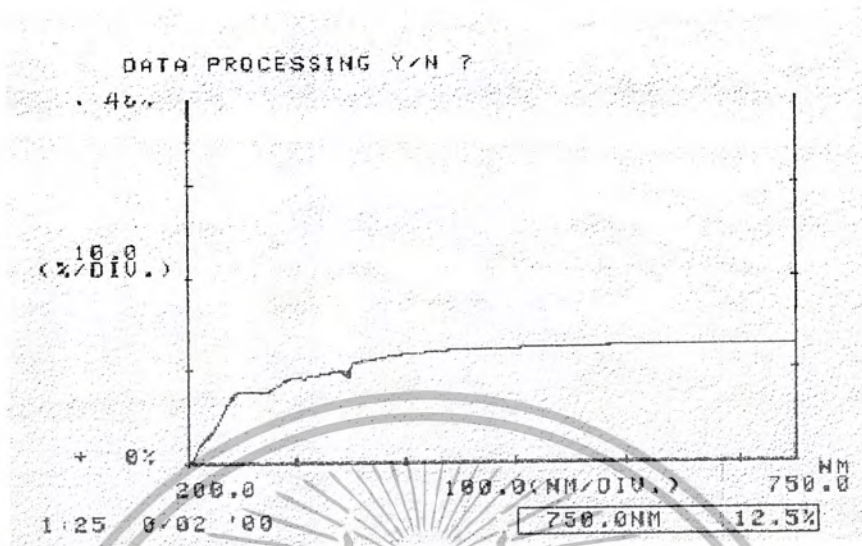


ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มในสูตรที่ผสม Aluminium pigment ต่อ LDPE ในอัตราส่วน 0.3 :100

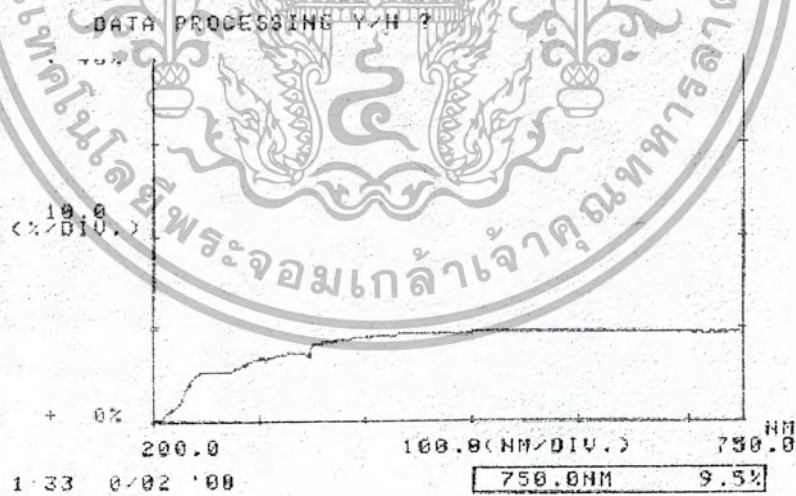


ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มในสูตรที่ผสม Aluminium pigment ต่อ LDPE ในอัตราส่วน 0.4 :100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

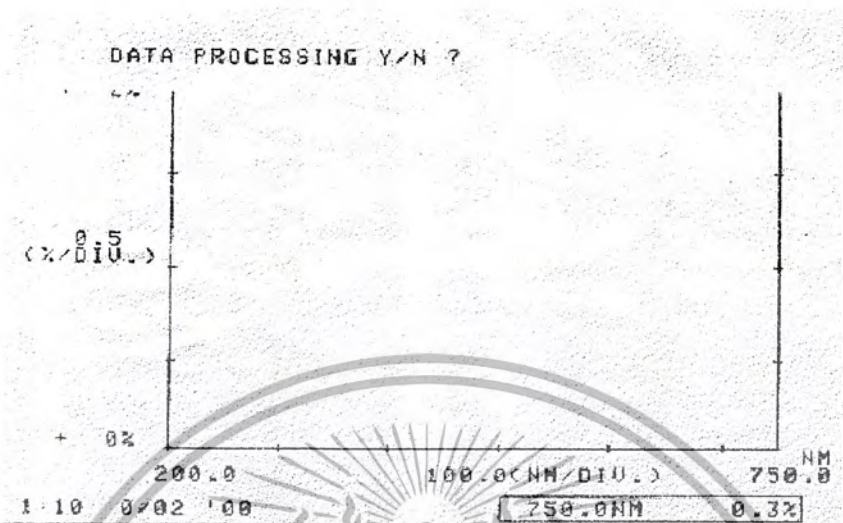


ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มในสูตรที่ผสม Aluminium pigment ต่อ LDPE ในอัตราส่วน 0.5 :100

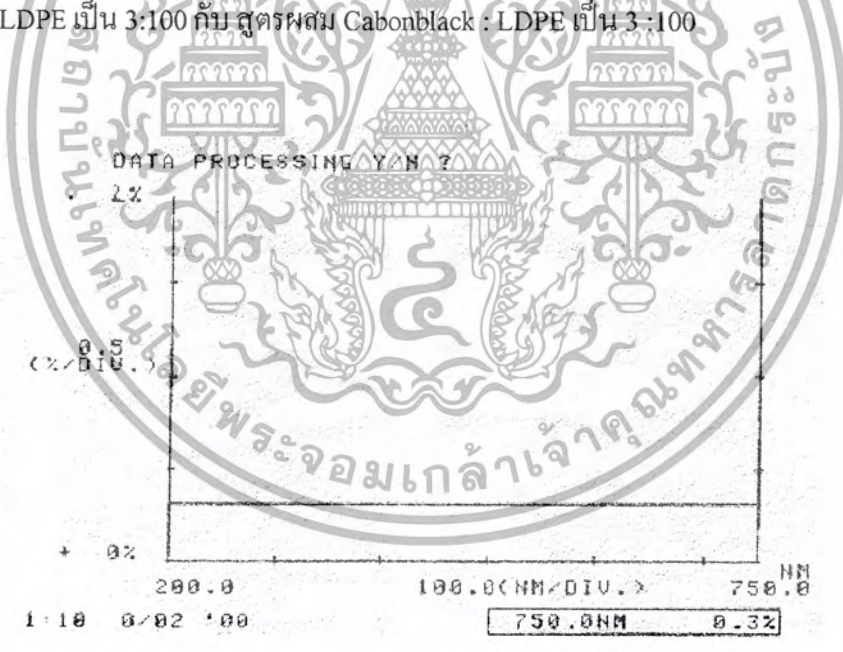


ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มในสูตรที่ผสม Aluminium pigment ต่อ LDPE ในอัตราส่วน 0.6 :100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

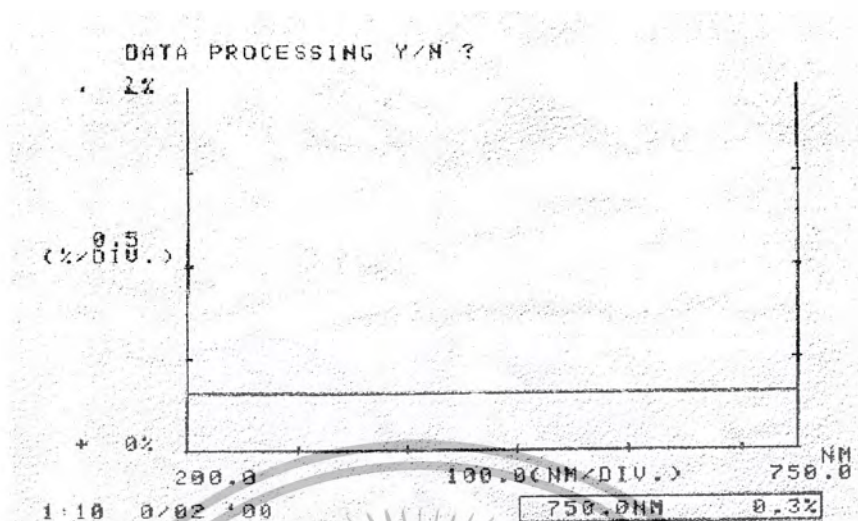


ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มที่ประกบจากสูตรผสม Aluminium :
 LDPE เป็น 3:100 กับ สูตรผสม Cabonblack : LDPE เป็น 3 :100

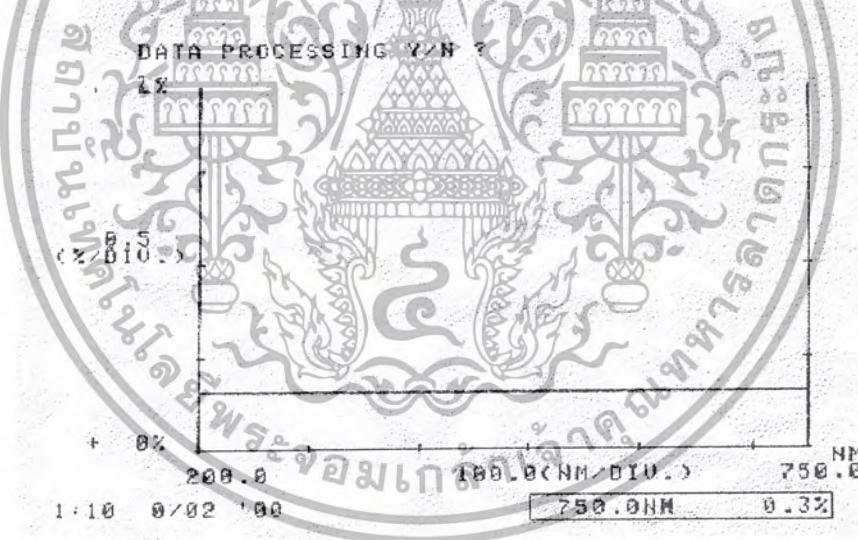


ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มที่ประกบจากสูตรผสม Aluminium :
 LDPE เป็น 4:100 กับ สูตรผสม Cabonblack : LDPE เป็น 3 :100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มที่ประกบจากสูตรผสม Aluminium :
LDPE เป็น 5:100 กับ สูตรผสม Cabonblack : LDPE เป็น 3 :100



ค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของฟิล์มที่ประกบจากสูตรผสม Aluminium :
LDPE เป็น 6:100 กับ สูตรผสม Cabonblack : LDPE เป็น 3 :100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้