

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- จรัญญา พิชิตกุล. รายงานสัมมนา LLDPE พลาสติกที่น่าจับตามอง. ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 18 มกราคม 2532 : 39-41 หน้า.
- บรรเลง ศรีนิล. งาน extrusion. เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 8 ธันวาคม 2535.
- พรพิมล มฤคทัต, บรรณาธิการ. กราฟแสดงการเคลื่อนไหวของราคาเม็ดพลาสติกในประเทศไทย. รอบรั้วพลาสติก. 6 (5) : (เมษายน - มิถุนายน 2538) : 12 หน้า.
- _____. กระบวนการผลิต LLDPE. รอบรั้วพลาสติก. 6 : (พฤษภาคม-มิถุนายน 2533).
- มธุรี ภาคลำเจียก. บทบาทและแนวโน้มของการใช้ LLDPE ในการหีบห่อ. วารสารพลาสติก. 7(5): (มกราคม - กุมภาพันธ์ 2534): 66 - 72.
- เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร. การทดสอบสมบัติความทนต่อแรงฉีกขาด. เทคโนโลยีของยาง. กรุงเทพมหานคร:ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป. (เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์)
- _____. เทอร์โมพลาสติก วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ 1. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป. (เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์)

ภาษาอังกฤษ

- A State of Art Review. Linear Low Density Polyethylene. Journal of Plastic and Rubber International. 10 (April 1985) : 28 - 29.
- Betty, R.W. and Bell , T.E.J. Linear Low Density Polyethylene : A New - Generation Polymer. Shell Polymers. 6(1982): 38 - 43.
- Blong, T.J., et al. The Influence of Polymer Processing Additives on The Surface, Mechanical, and Optical Properties of LLDPE Blown Film. Journal of Plastic Film & Sheeting. 10(April 1994) : 103 -115.
- Brydson, J.A. Polyethylene. Plastics Materials. 5th ed. London : Iliffe Books, 1989.
- Butler, T. Linear Low Density Polyethylene. in Film Extrusion , Manual Process Material, Properties. Atlanta : Tappi Press, 1992a.

- _____. Low Density Polyethylene. in Film Extrusion , Manual Process Material, Properties. Atlanta : Tappi Press, 1992b.
- Daniels, C.A. Mechanical Properties. Polymers : Structure and Properties. Technomic Publishing Inc Company. 1989a.
- _____. Properties of Selected Polymers. Polymers : Structure and Properties. Technomic Publishing Inc Company. 1989b.
- Datta, N.K. and Birley, A.W. Polyethylene Blends : Low - Density and Linear Low Density Types. Journal of Plastic and Rubber Processing and Applications 3(1983): 39 - 42.
- Dreiblatt, A. and Eise, K. Intermeshing Corotating Twin - Screw Extruders. Mixing in Polymer Processing. New York : Marcel Dekker, 1991.
- Firdaus, V. and Tong, P.P. Sharkskin Melt Fracture : Effect on LLDPE Film Properties. Journal of Plastic Film & Sheeting. 8(October 1992): 333 - 340.
- Hamielec, L.A. Financial Incentive of Linear Low Density Polyethylene Blends. Journal of Polymer Engineering and Science. 26(Mid - January 1986): 111-115.
- Haslam , J., Willis , H.A and Squirrell , D.C.M. Fluorocarbon Polymers and Polymer emulsions. Identification and Analysis of Plastics. 2nd ed. 1972.
- Jeffery, T. Process for Substantially Eliminating Surface Melt Fracture when Extruding Ethylene Polymers. United States Patent. No. 4 , 522,776 (11 June1985): 1-18.
- Kalyon , D. M. and Khemis, M. Role of Slip Additives in Blown Film Extrusion of Low Density Polyethylene. Journal of Plastics and Rubber Processing and Applications. 8(1987): 157 - 164.
- Maraschin, N.J. Polyethylene, Low Density Polyethylene. in Bakker, M. The Wiley of Packaging Technology. Canada : Wiley-Interscience, 1986.
- Morrison, R.T. and Boyd, R.N. Cooridination Polymerization. Organic Chemistry. 5th ed. Newton, 1987.
- Morton, J., David, D.H. Mixing in Polymer Processing. London : Chapman and Hall Ltd, 1989.
- Nichols , R. Intermeshing Counter-rotating Twin - Screw Extruders. Mixing in Polymer Processing. New York: Marcel Dekker, 1991.

- Performance Benefits. 3M Dynamar™ Polymer Processing Additive. 3M Speciality Fluoropolymers Department: 1/94, 1994. (Mimeographed)
- Pike, L. R. Optical Properties of Packaging Materials. Journal of Plastic Film & Sheeting. 9(July 1993): 173 - 180.
- Rosen , S.L. Gas - Phase Olefin Polymerization. Fundamental Principles of Polymeric Materials. 2nd ed. New York: A Wiley - Interscience Publication, 1993.
- Saunders, K.J. Organic Polymer Chemistry: An Introduction to The Organic. 2nd ed., 1973
- Sebaa, M., Servens, C. and Pouyet, J. Natural and Artificial Weathering of Low-Density Polyethylene (LDPE) : Calorimetric Analysis. 1992 : 1049-1053.
- Solomons , T.W.G. Free Radical Reactions. Organic Chemistry. 4th ed. NewYork : John Wiley & Sons, 1988.
- Speed, C.S. Formulating Blends of LLDPE and LDPE to Design Better Film. Journal of Plastic Engineering. (July 1982): 39-42.
- Technical Information. Polymer Processing Additive. 3M Industrial Chemical Products Division. 3/89, 1987. (Mimeographed)
- _____. Polymer Processing Additive FX - 5920. 3M Industrial Chemical Products Division. 2/89, 1989. (Mimeographed)
- Yilmazer, U. Effect of the Processing Conditions and Blending with Linear Low Density Polyethylene on the Properties of Low Density Polyethylene Films. Journal of Applies Polymer Science. 42(1991): 2379 - 2388.

ภาคผนวก ก

1. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง LDPE และ LLDPE
การผสมเม็ดพลาสติก

ตาราง ก.1 ภาวะที่ใช้ในการผสม LDPE และ LLDPE

เครื่องผสม	ค่าต่าง ๆ
- ชนิดเครื่อง	เครื่องผสมแบบสกรูคู่ชนิดหมุนทางเดียวกัน
- เส้นผ่านศูนย์กลางคาย (มิลลิเมตร)	3.0
- เส้นผ่านศูนย์กลางสกรู (มิลลิเมตร)	40
- อัตราส่วนระหว่าง L/D	25 : 1
- อุณหภูมิที่ใช้ในโซนต่าง ๆ (° ซ)	
barrel zones	
โซนที่ 1	200
โซนที่ 2	190
โซนที่ 3	190
โซนที่ 4	195
โซนที่ 5	195
โซนที่ 6	-
die zones	
โซนที่ 7	-
โซนที่ 8	200

การเป่าฟิล์ม

- เครื่องเป่าฟิล์มที่ใช้เป็นแบบสกรูเดี่ยว (single screw blown film extruder)
- ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางคาย (die diameter) 50 มิลลิเมตร
- ขนาดของช่องคาย (die gap) 0.65 มิลลิเมตร
- ระบบหล่อเย็นด้วยอากาศ (air cooling)

ตาราง ก.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการเป่าฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE กับ LLDPE

ส่วนผสมของสาร ตัวอย่าง	อุณหภูมิที่ใช้ ในโซนต่าง ๆ (° ซ)					
	1	2	3	4	5	6
0 % LDPE	160	180	180	190	190	190
20 % LDPE	160	180	180	190	190	190
40 % LDPE	170	190	190	220	225	225
60 % LDPE	170	190	215	230	220	220
80 % LDPE	160	175	230	240	240	250
100 % LDPE	160	175	230	240	240	250

ตาราง ก.3 ตัวแปรที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม

ค่าต่าง ๆ	% LLDPE					
	0	20	40	60	80	100
-อัตราการผลิตของรอบสกรู (รอบ/ นาที)	90	90	90	55	70	70
-อัตราความเร็ว (เมตร/ นาที)	10	7	7	4.3	6.1	6.5
-ความกว้างของฟิล์ม (ซม.)	20.4	24.2	23.3	24.7	19.2	22
-BUR	2.60 : 1	3.08 : 1	2.97 : 1	3.15 : 1	2.45 : 1	2.80 : 1
-DDR	6.25 : 1	5.28 : 1	5.47 : 1	5.16 : 1	6.64 : 1	5.79 : 1

ภาคผนวก ข

2. การศึกษาสารเติมแต่งชนิด PPA และ Antiblocking-agent เพื่อปรับปรุงสมบัติของฟิล์ม

ก. การเตรียม masterbatch

ตาราง ข.1 ภาวะที่ใช้ในการเตรียม masterbatch

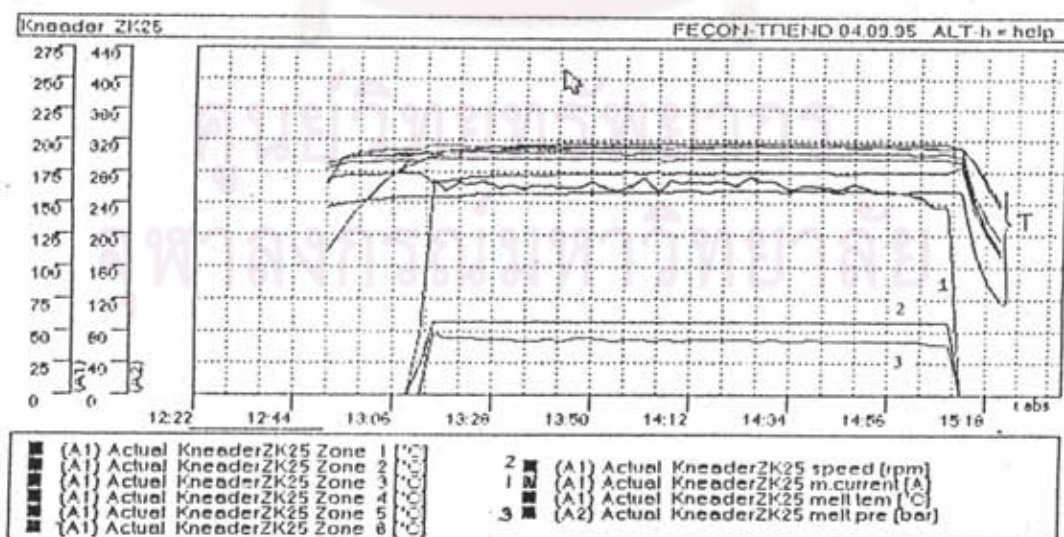
เครื่องผสม	ค่าต่าง ๆ
- ชนิดเครื่อง	extruder แบบสกรูคู่ชนิดหมุนสวนทาง
- เส้นผ่านศูนย์กลางคาน (มิลลิเมตร)	2.50
- อัตราส่วนระหว่าง L/D	25:1
- อุณหภูมิที่ใช้ในโซนต่าง ๆ (°ซ)	
โซนที่ 1	159
โซนที่ 2	174 - 176
โซนที่ 3	184 - 185
โซนที่ 4	190 - 192
โซนที่ 5	194 - 195
โซนที่ 6	193 - 194
- อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลว (°ซ)	197
- ความดันขณะหลอมเหลว	47 - 72
- พลังงาน (Amp.)	85 - 198
- อัตราการหมุนของสกรู (รอบ/ นาที)	58

หมายเหตุ ; ความดันและพลังงานตอนเริ่มต้นจะสูงแล้วค่อย ๆ ลดลงจนถึงค่าต่ำสุด

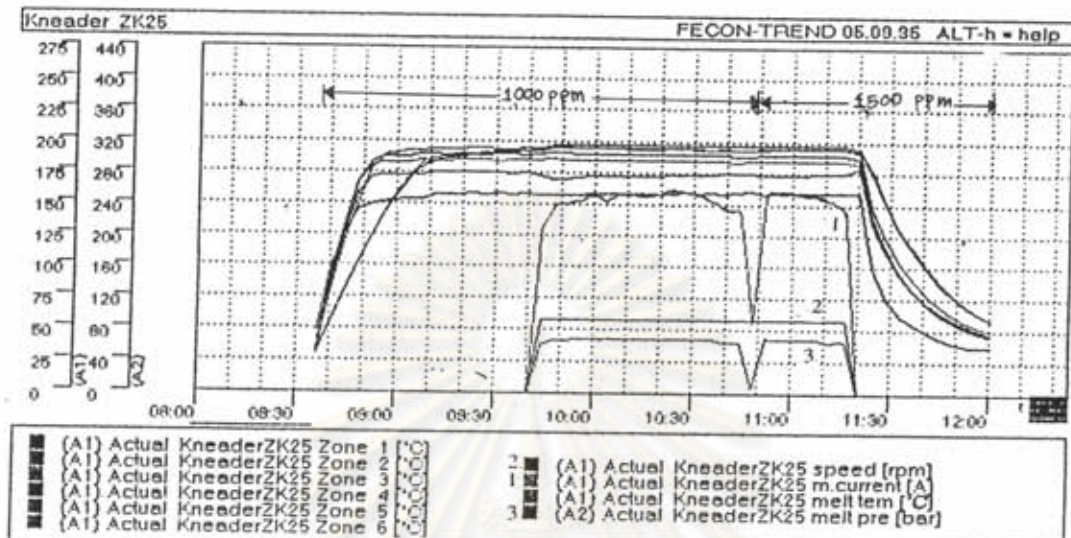
ข. การผสมสารเติมแต่งกับ LDPE และ LLDPE

ตาราง ข.2 ภาวะที่ใช้ในการผสมสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ กับ LDPE และ LLDPE

เครื่องผสม	ค่าต่าง ๆ
- ชนิดเครื่อง	extruder แบบสกรูคู่ชนิดหมุนสวนทาง
- อุณหภูมิที่ใช้ในโซนต่าง ๆ (°ซ)	
โซนที่ 1	160
โซนที่ 2	175
โซนที่ 3	185
โซนที่ 4	190
โซนที่ 5	195
โซนที่ 6	195
- อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลว (°ซ)	198
- ความดันขณะหลอมเหลว	68
- พลังงาน (Amp.)	161
- อัตราการหมุนของสกรู (รอบ/ นาที)	5.8



รูป ข.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กำลังขับของมอเตอร์ อุณหภูมิการหลอมเหลว และความดัน ในระหว่างการผสมสาร PPA ความเข้มข้น 500 ppm



รูป ข.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กำลังขับของมอเตอร์ อุณหภูมิการหลอมเหลว และความดัน ในระหว่างการผสมสาร PPA ค่าต่าง ๆ ในระหว่างการผสมสาร PPA ความเข้มข้น 1000 และ 1500 พีพีเอ็ม



รูป ข.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ในระหว่างการผสม Antiblocking-agent

ตาราง ข.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการเป่าฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่างสารเติมแต่งกับ
LDPE และ LLDPE

ชนิดของสารตัวอย่าง	อุณหภูมิที่ใช้ (โจน)					
	1	2	3	4	5	6
สูตรที่ 1	160	175	230	240	240	250
สูตรที่ 2	160	175	200	215	225	225
สูตรที่ 3	160	180	210	230	235	235
สูตรที่ 4	160	180	210	235	235	235
สูตรที่ 5	160	180	210	235	235	235

ตาราง ข.4 ตัวแปรที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม

ค่าต่าง ๆ	ชนิดของสารตัวอย่าง				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
-อัตราการผลิตของรอบสกรู (รอบ/ นาที)	70	68	68	68	85
-อัตราความเร็วหมุน (เมตร/ นาที)	6.1	7.0	7.0	7.0	7.8
-ความกว้างของฟิล์ม (ซม.)	19.2	17.5	17.2	17.3	19.0
-BUR	2.45	2.23	2.19	2.20	2.42
-DDR	6.63	7.29	7.42	7.37	6.71

ภาคผนวก ก

1. ครรชนีการไหล

$$\text{Melt Flow Index (MI)} = \frac{\text{weight of collection sample (g)} \times 600}{\text{(second in 10 minutes)}}$$

$$= \frac{\pi R^2 \times L_1 \times \Delta \times 600}{T}$$

$$= \frac{K \times L_1 \times \Delta}{T}$$

$$= \frac{425.04 \times L_1 \times \Delta}{T}$$

Δ = apparent density of polymer (g/cc)

$$K = 3.14 \times (0.187)^2 \times (2.54)^2 \times (600) = 425.04$$

L_1 = length of flag (cm.)

R = radius pistol (cm.)

T = time of flag (sec)

2. ความหนาแน่นปรากฏ

$$\text{Apparent Density} = \frac{ML \times T}{425.04 \times L_1}$$

3. ความหนืด

$$\text{Viscosity} = \frac{S_s}{S_r}$$

$$S_s = \frac{F}{\pi D L_2}$$

$$S_r = \frac{4Q}{\pi r}$$

D = orifice diameter (cm.)

F = force on hole (kg)

L₂ = orifice length (cm.)

Q = volumetric

S_r = shear rate (1/sec)

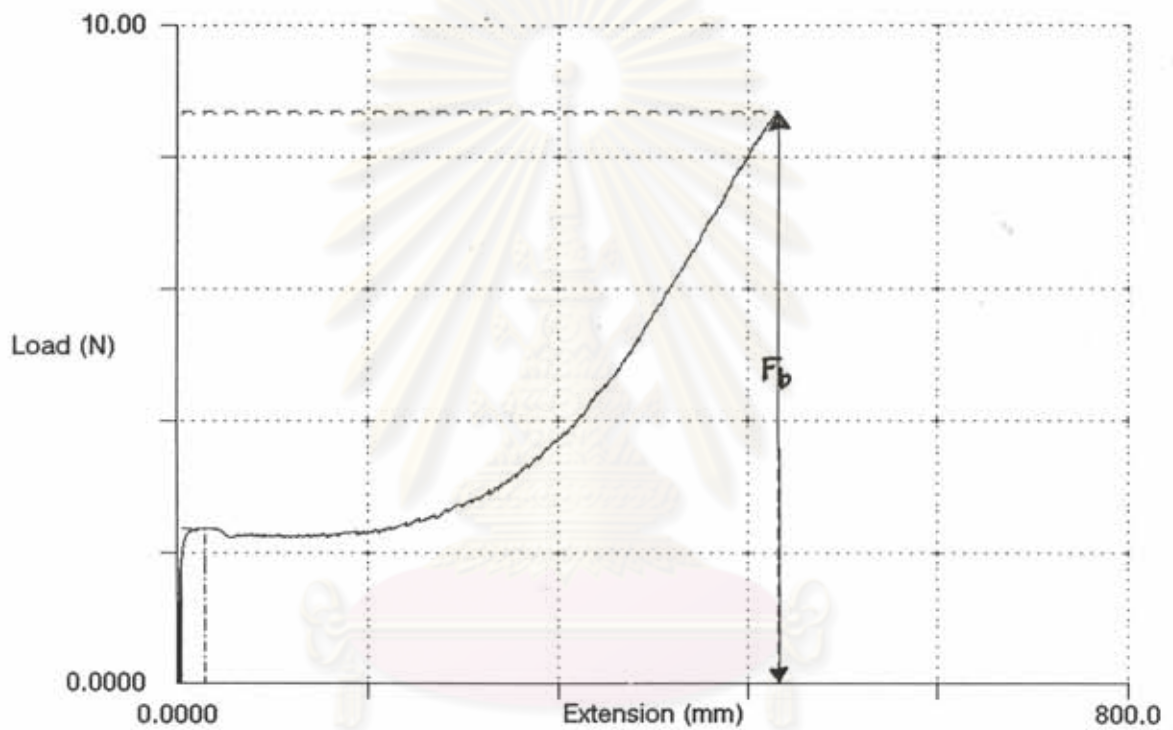
S_s = shear stress (dyne/cm²)

V = viscosity (poise)

ตาราง ก Flag Selection Table

Melt Flow Rate		Flag Length (cm.)	Latch time (min.)	Flag Travel Time Range (min.)	Time Interval (min.)
minimum	maximum				
0.15	1.0	0.635	15	29 - 4	6.0
0.15	1.0	0.3175	15	14 - 2	6.0
1.0	3.5	0.635	7.5	4.3 - 1.2	3.0
1.0	3.5	1.27	7.5	8.7 - 2.5	3.0
3.5	10	0.635	4.1	1.2 - 0.4	1.0
3.5	10	1.27	4.1	2.5 - 0.9	1.0
10	25	1.27	2.2	0.9 - 0.4	0.5
10	25	2.54	2.2	1.8 - 0.8	0.5
25	50	2.54	0.9	0.8 - 0.4	0.25
50	300	2.54	0.4	0.4 - 0.06	0.25

ภาคผนวก ง



รูป ง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load (N) กับ Extension (mm.)

$$\text{ความทนต่อแรงดึงขาด} = \frac{F_b}{Y \text{ (area)}}$$

$$\% \text{ การยืดออกที่จุดขาด} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

L_0 = ความยาวเดิม

L = ความยาวภายหลังจากรับแรงดึงจนถึงจุดขาด

ภาคผนวก จ

ตาราง จ สเปกตรัมแสดงหมู่ฟังก์ชันที่เลขคลื่นต่าง ๆ

Functional group	Wave number, (cm^{-1})	
อัลเคน		
C-H stretching	3000	
CH ₂ - methylene group	1375	
-C-CH ₂ -C-	Asym. stretching	2925 ± 10
	Sym. stretching	2850 ± 10
	Asym. bending	1465 ± 20
-C-(CH ₂) _n -C n > 4	720 - 750	
ซิลิกอน		
Si-CH ₃	1250 - 1280	
Si-O-Si , Si-O-CH ₃	1015 - 1095	
ฟลูออโรคาร์บอน (Haslam, 1972)		
C-F stretching	970 - 1100	
CF ₂ group	1110 - 1250	
CF ₃ group	840 - 880	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นางสาว รัชชชา อโนชาเดช เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2513 จังหวัด ชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อเดือน มีนาคม พ.ศ. 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2536 และสำเร็จหลักสูตรในเดือน เมษายน พ.ศ. 2539



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย