

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

การดำเนินงานวิจัยได้ถูกกำหนดให้เป็นไปตามขั้นตอนดังบทที่ 3 และในงานวิจัยนี้ได้กำหนดการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการทดสอบอัตราการไหลเพื่อศึกษาพฤติกรรมการฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน จากนั้นทดลองในขั้นตอนที่ 2 คือทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลดังที่ได้กล่าวมาแล้วเพื่อหาผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP และ EPDM ที่มีต่อคุณสมบัติเหล่านั้นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM และ ผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP และ พฤติกรรม ที่มีต่อคุณสมบัติเหล่านั้นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังนั้นจึงได้ลำดับผลการทดลองและการวิเคราะห์ดังนี้

1. ผลการทดสอบอัตราการไหลตัว
2. ผลการตรวจสอบโครงสร้างระดับจุลภาค
3. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล
4. การวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ
5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับคุณสมบัติ
6. สรุปตารางผลการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ผลของค่าอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ที่อุณหภูมิ 170° C

หน่วย: กรัม/10นาที

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ 170° C			
		EPDM 0 %w	EPDM 5 %w	EPDM 10%w	EPDM 15%w
100/0	1	0.768	0.717	0.620	0.560
	2	0.744	0.661	0.615	0.552
	3	0.741	0.651	0.617	0.515
	ค่าเฉลี่ย	0.751±0.015	0.676±0.036	0.617±0.002	0.542±0.024
75/25	1	0.701	0.680	0.587	0.494
	2	0.717	0.627	0.572	0.530
	3	0.725	0.600	0.581	0.512
	ค่าเฉลี่ย	0.714±0.012	0.636±0.041	0.580±0.008	0.512±0.018
50/50	1	0.651	0.619	0.508	0.442
	2	0.659	0.573	0.530	0.467
	3	0.661	0.597	0.554	0.468
	ค่าเฉลี่ย	0.657±0.005	0.596±0.023	0.531±0.023	0.459±0.015
25/75	1	0.656	0.491	0.454	0.385
	2	0.603	0.477	0.434	0.379
	3	0.613	0.507	0.420	0.398
	ค่าเฉลี่ย	0.624±0.028	0.492±0.016	0.436±0.017	0.387±0.010
0/100	1	0.291	0.203	0.181	0.154
	2	0.232	0.189	0.176	0.163
	3	0.227	0.181	0.139	0.147
	ค่าเฉลี่ย	0.250±0.036	0.191±0.011	0.165±0.023	0.155±0.008

ตารางที่ 4.2 ผลของค่าอัตราการใช้ของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ที่อุณหภูมิ 190°C

หน่วย: กรัม/10นาทึ

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ 190°C			
		EPDM 0%w	EPDM 5%w	EPDM 10%w	EPDM 15%w
100/0	1	0.979	0.835	0.793	0.707
	2	0.965	0.901	0.815	0.584
	3	0.989	0.947	0.799	0.581
	ค่าเฉลี่ย	0.978±0.012	0.894±0.056	0.802±0.011	0.624±0.072
75/25	1	1.165	1.013	0.904	0.852
	2	1.157	1.043	1.003	0.831
	3	1.128	1.069	0.965	0.828
	ค่าเฉลี่ย	1.150±0.019	1.042±0.028	0.957±0.050	0.837±0.013
50/50	1	1.320	1.285	1.052	0.914
	2	1.309	1.237	1.072	0.931
	3	1.325	1.141	1.056	0.966
	ค่าเฉลี่ย	1.318±0.008	1.221±0.073	1.060±0.010	0.937±0.026
25/75	1	1.443	1.352	1.243	1.021
	2	1.433	1.332	1.282	1.149
	3	1.437	1.341	1.168	1.112
	ค่าเฉลี่ย	1.438±0.005	1.342±0.010	1.231±0.058	1.094±0.066
0/100	1	1.643	1.443	1.475	1.389
	2	1.621	1.509	1.379	1.285
	3	1.632	1.459	1.486	1.381
	ค่าเฉลี่ย	1.632±0.011	1.469±0.035	1.447±0.060	1.352±0.058

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าอัตราการใช้ของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ที่อุณหภูมิ 210° C

หน่วย: กรัม/10นาทีก

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ 210° C			
		EPDM 0 %w	EPDM 5 %w	EPDM 10%w	EPDM 15%w
100/0	1	1.325	1.240	1.147	1.077
	2	1.328	1.240	1.163	1.083
	3	1.304	1.221	1.240	1.149
	ค่าเฉลี่ย	1.319±0.013	1.234±0.011	1.183±0.050	1.103±0.040
75/25	1	1.533	1.355	1.416	1.285
	2	1.555	1.496	1.333	1.243
	3	1.624	1.493	1.251	1.179
	ค่าเฉลี่ย	1.571±0.047	1.448±0.081	1.333±0.082	1.236±0.053
50/50	1	1.933	1.869	1.472	1.336
	2	1.854	1.771	1.483	1.301
	3	1.925	1.728	1.595	1.437
	ค่าเฉลี่ย	1.904±0.043	1.789±0.072	1.517±0.068	1.358±0.071
25/75	1	2.229	2.104	1.848	1.635
	2	2.229	2.149	1.973	1.662
	3	2.173	2.064	1.891	1.602
	ค่าเฉลี่ย	2.210±0.032	2.106±0.042	1.904±0.064	1.633±0.030
0/100	1	2.547	2.300	2.205	1.645
	2	2.493	2.440	2.141	1.702
	3	2.571	2.403	2.051	1.651
	ค่าเฉลี่ย	2.537±0.040	2.381±0.072	2.132±0.077	1.666±0.031

ตารางที่ 4.4 ผลของค่าอัตราการใช้ของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ที่อุณหภูมิ 230 °C

หน่วย: กรัม/10นาทีก

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ 230 °C			
		EPDM 0 %w	EPDM 5 %w	EPDM 10%w	EPDM 15%w
100/0	1	1.717	1.597	1.565	1.509
	2	1.696	1.530	1.461	1.413
	3	1.683	1.496	1.531	1.381
	ค่าเฉลี่ย	1.699±0.017	1.541±0.051	1.519±0.053	1.434±0.067
75/25	1	2.237	1.891	1.768	1.554
	2	2.155	1.773	1.728	1.546
	3	2.131	1.957	1.651	1.577
	ค่าเฉลี่ย	2.174±0.056	1.874±0.093	1.716±0.059	1.559±0.016
50/50	1	2.528	2.307	2.172	2.003
	2	2.597	2.261	2.167	1.883
	3	2.691	2.312	2.045	1.816
	ค่าเฉลี่ย	2.605±0.082	2.293±0.028	2.128±0.072	1.901±0.095
25/75	1	3.560	3.031	2.805	2.543
	2	3.693	3.044	2.817	2.514
	3	3.629	3.057	2.834	2.554
	ค่าเฉลี่ย	3.627±0.066	3.044±0.013	2.819±0.014	2.537±0.021
0/100	1	4.250	3.569	3.248	3.059
	2	4.238	3.521	3.259	3.103
	3	4.265	3.572	3.179	2.979
	ค่าเฉลี่ย	4.251±0.014	3.554±0.029	3.229±0.043	3.047±0.063

ตารางที่ 4.5 ผลของค่าอัตราการใช้ของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ที่อุณหภูมิ 250 °C

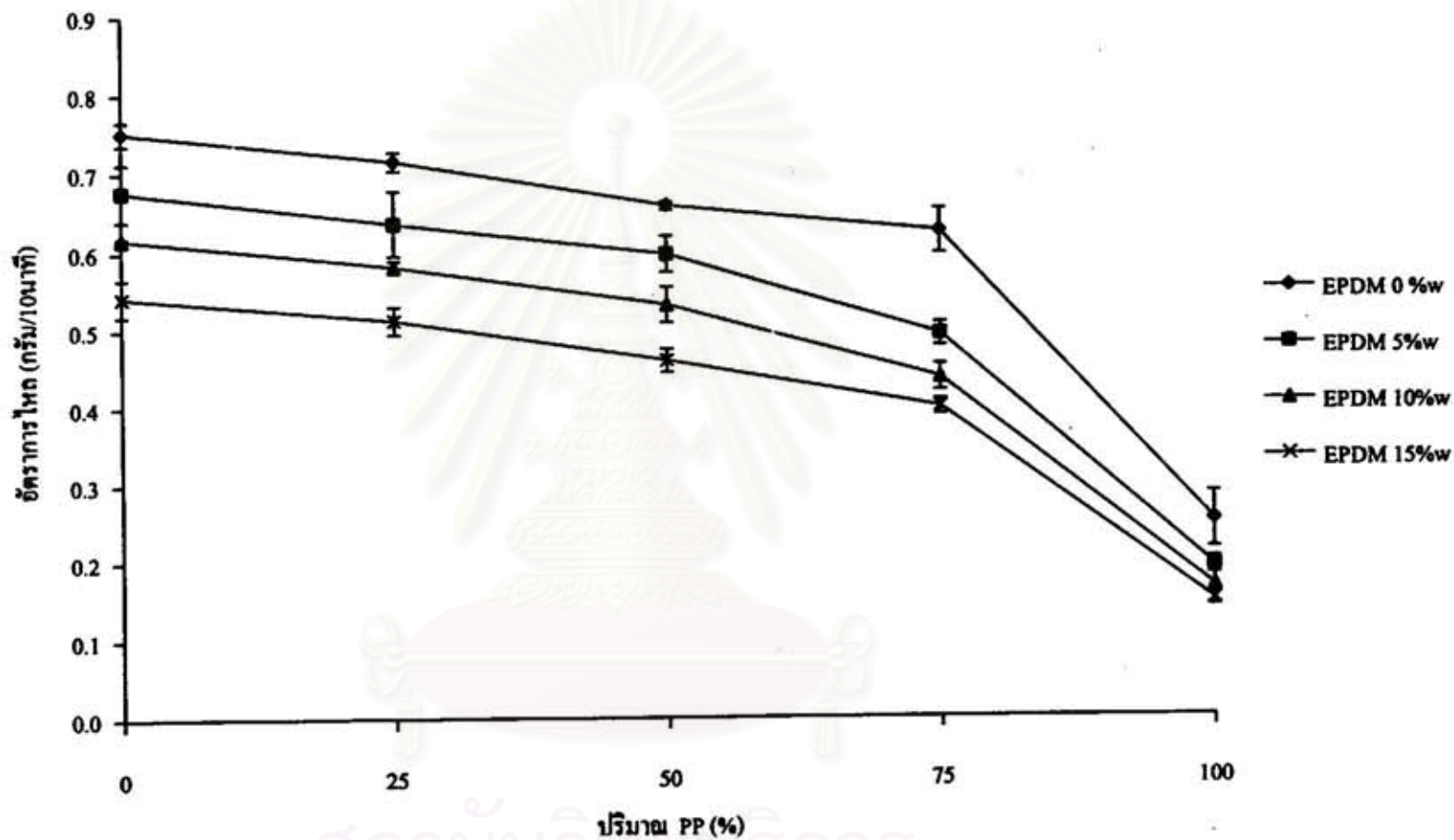
หน่วย: กรัม/10นาทีก

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ 250 °C			
		EPDM 0 %w	EPDM 5 %w	EPDM 10%w	EPDM 15%w
100/0	1	1.976	2.056	1.776	1.739
	2	2.091	1.843	1.843	1.728
	3	2.008	1.933	1.813	1.621
	ค่าเฉลี่ย	2.025±0.059	1.944±0.107	1.811±0.034	1.696±0.065
75/25	1	2.837	2.432	2.288	2.184
	2	2.869	2.610	2.365	2.093
	3	2.656	2.489	2.293	2.181
	ค่าเฉลี่ย	2.787±0.115	2.510±0.091	2.315±0.043	2.153±0.052
50/50	1	3.792	3.393	2.997	2.741
	2	3.632	3.149	2.461	2.368
	3	3.411	3.152	2.797	2.757
	ค่าเฉลี่ย	3.612±0.191	3.231±0.140	2.752±0.271	2.622±0.220
25/75	1	4.635	4.259	3.437	3.104
	2	4.437	3.921	3.931	3.225
	3	4.755	4.103	3.565	3.159
	ค่าเฉลี่ย	4.609±0.160	4.094±0.169	3.644±0.256	3.163±0.060
0/100	1	5.048	4.670	4.337	3.771
	2	5.333	4.534	4.397	3.755
	3	5.765	4.529	4.448	3.636
	ค่าเฉลี่ย	5.382±0.361	4.578±0.080	4.394±0.056	3.687±0.073

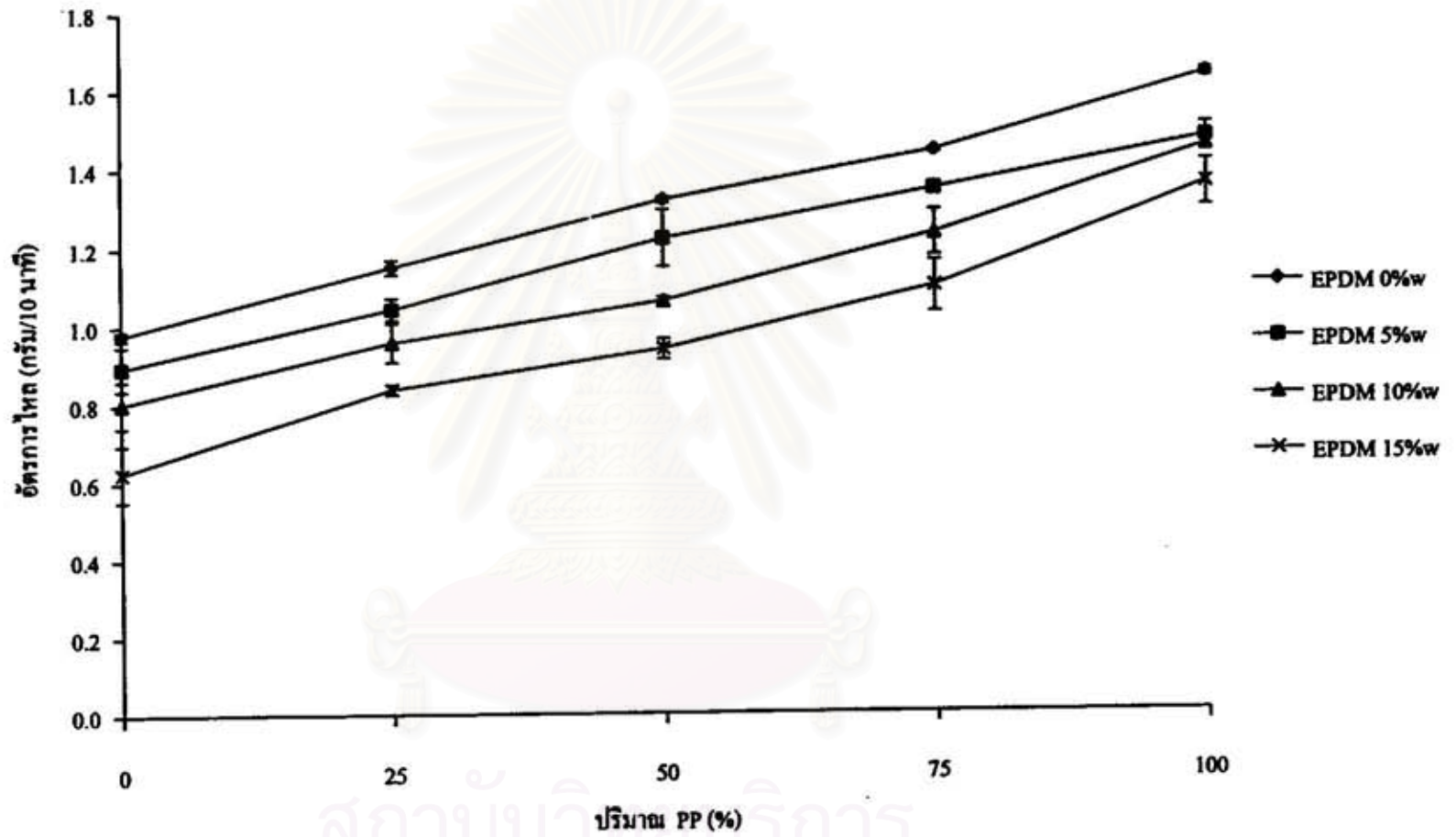
ตารางที่ 4.6 ผลของค่าอัตราการใช้ของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ที่อุณหภูมิ 270 °C

หน่วย: กรัม/10นาทีก

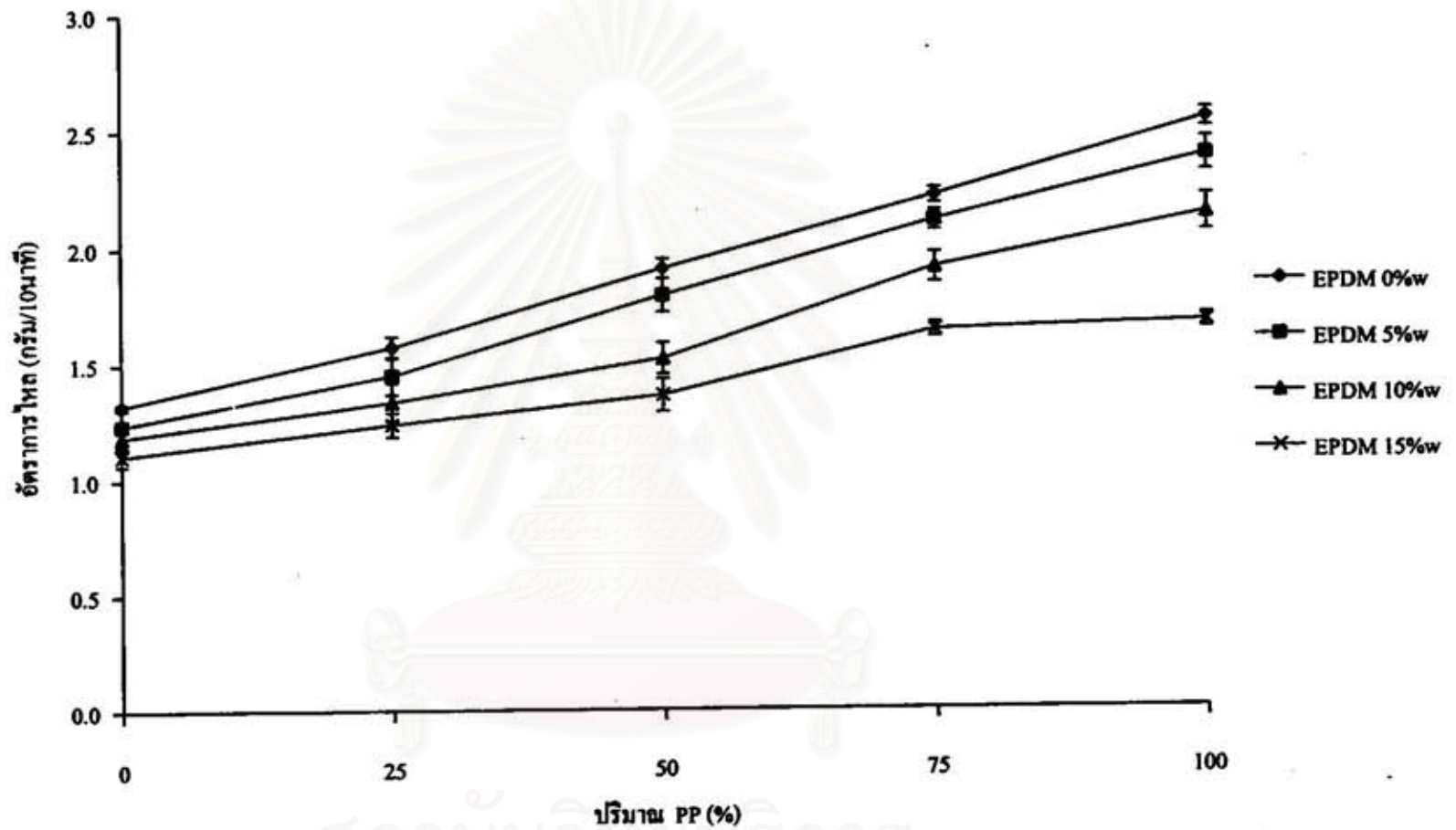
HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ 270 °C			
		EPDM 0 %w	EPDM 5 %w	EPDM 10%w	EPDM 15%w
100/0	1	2.219	2.344	2.312	2.067
	2	2.413	2.312	2.381	2.200
	3	2.445	2.395	2.312	1.853
	ค่าเฉลี่ย	2.359±0.122	2.350±0.042	2.335±0.040	2.040±0.175
75/25	1	3.781	3.128	2.875	2.851
	2	3.363	3.232	3.053	2.787
	3	3.397	3.139	2.973	2.771
	ค่าเฉลี่ย	3.514±0.232	3.166±0.057	2.967±0.089	2.803±0.042
50/50	1	4.381	4.213	3.699	3.821
	2	4.597	4.037	3.944	3.419
	3	4.680	4.693	3.907	3.467
	ค่าเฉลี่ย	4.553±0.154	4.314±0.340	3.850±0.132	3.569±0.220
25/75	1	6.288	5.371	5.621	4.859
	2	5.789	5.579	5.227	4.507
	3	6.429	5.451	5.008	4.432
	ค่าเฉลี่ย	6.169±0.336	5.467±0.105	5.285±0.311	4.599±0.228
0/100	1	7.957	6.933	6.311	6.053
	2	8.488	6.944	6.513	5.800
	3	8.133	6.956	6.103	5.907
	ค่าเฉลี่ย	8.193±0.270	6.944±0.012	6.309±0.205	5.920±0.127



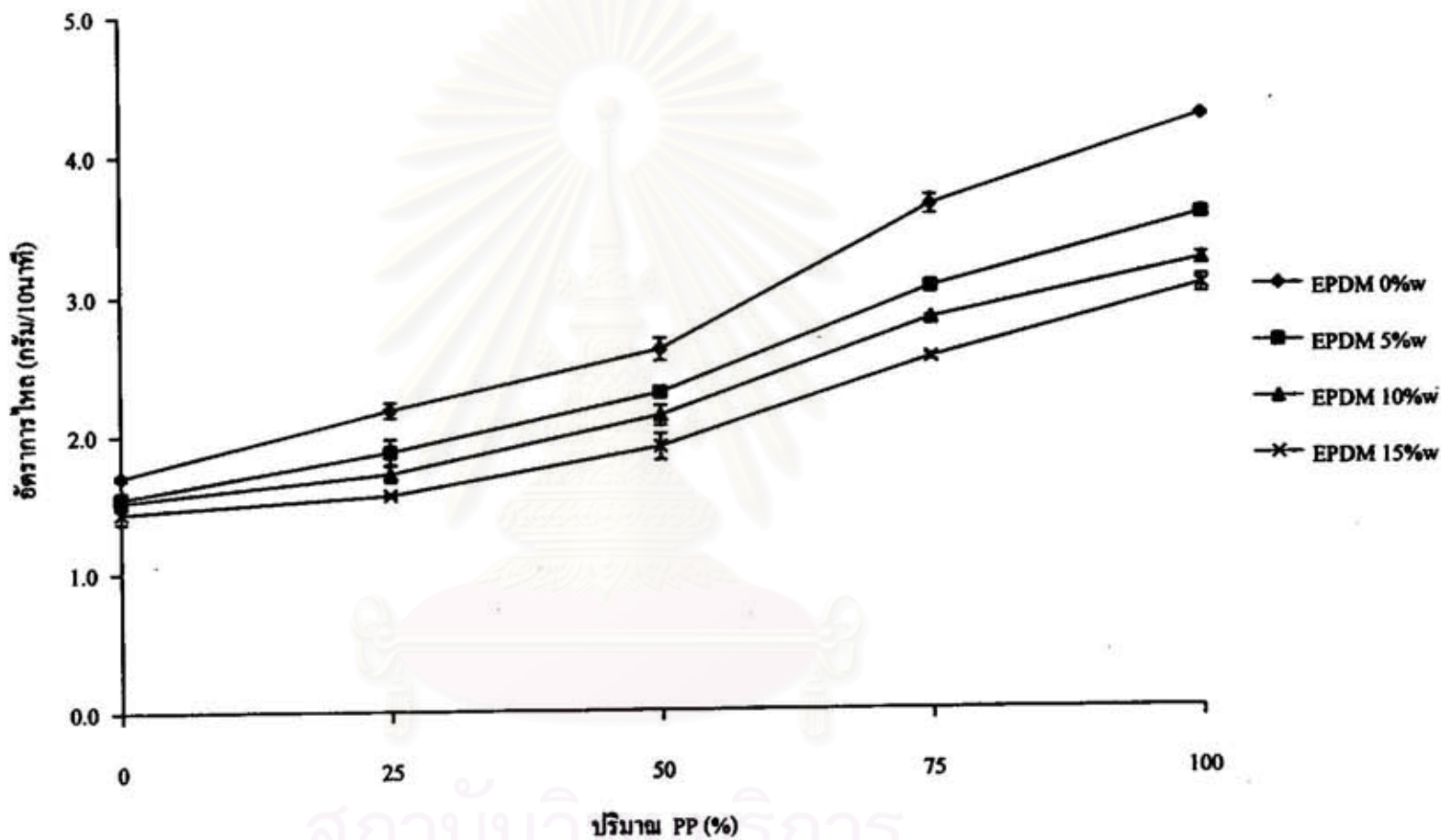
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับปริมาณ PP และ EPDM อุณหภูมิ 170 °C



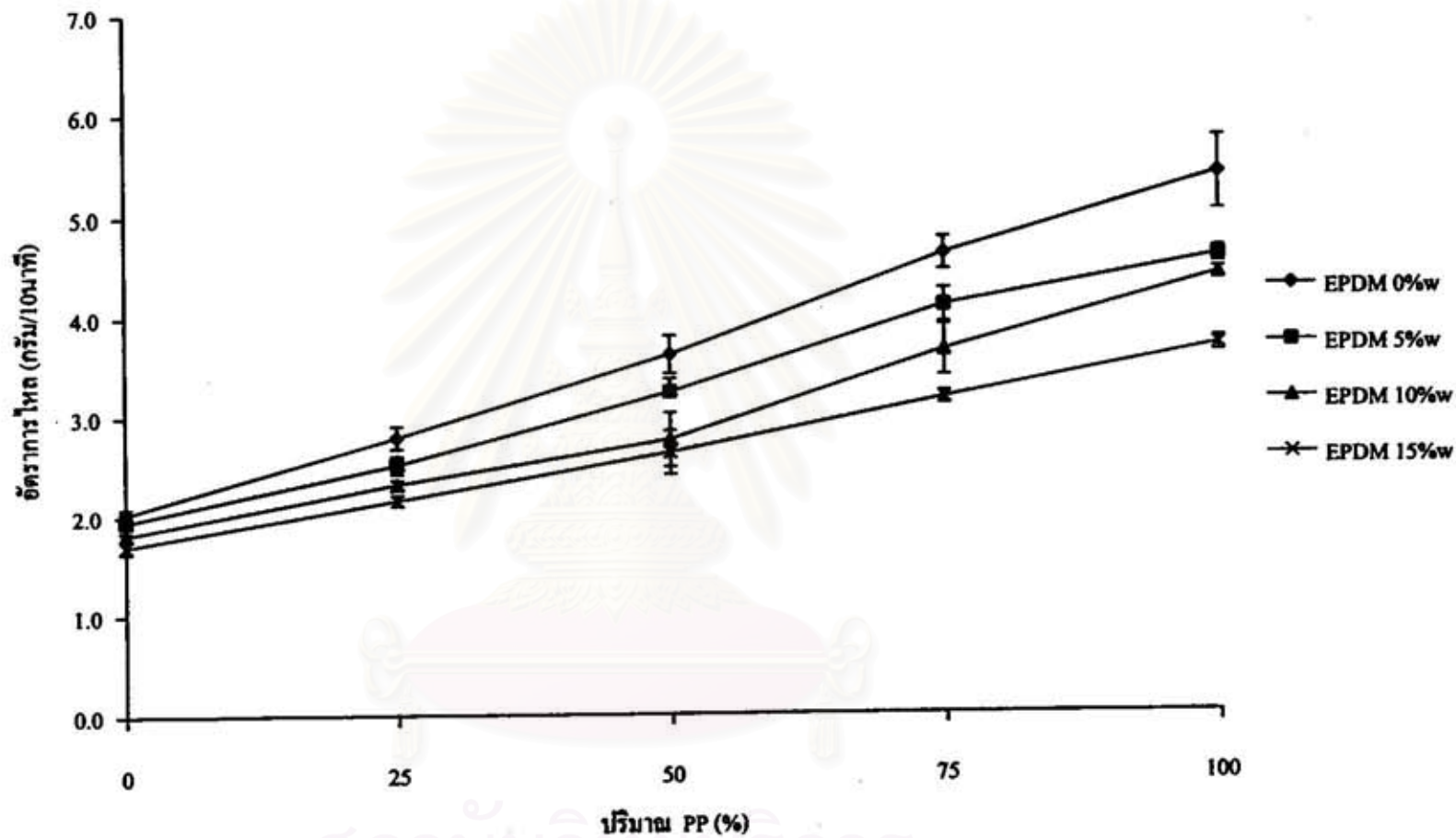
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับปริมาณ PP และ EPDM อุณหภูมิ 190 °C



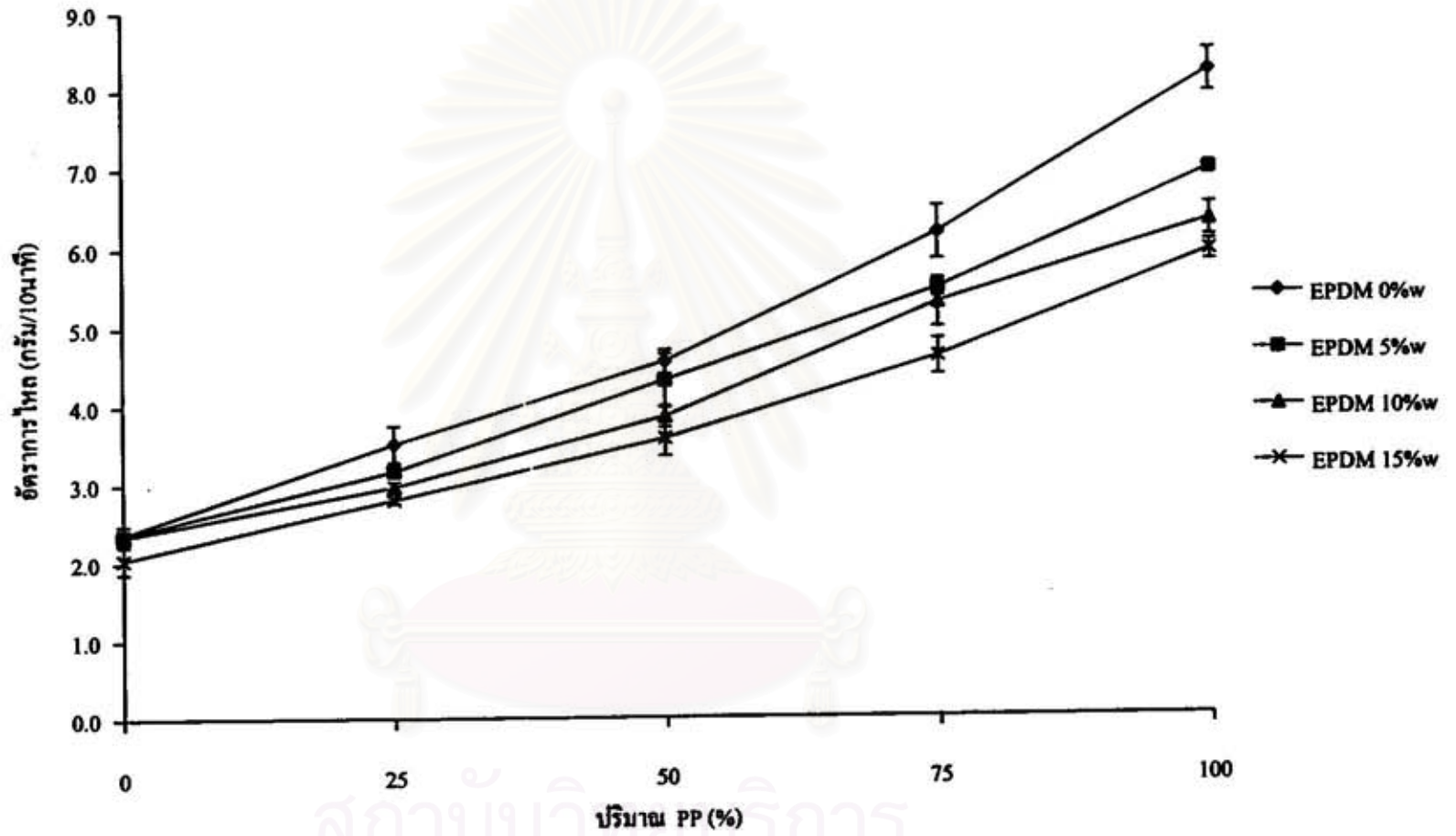
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหมของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับปริมาณ PP และ EPDM อุณหภูมิ 210°C



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับปริมาณ PP และ EPDM อุณหภูมิ 230°C



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับปริมาณ PP และ EPDM อุณหภูมิ 250°C



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับปริมาณ PP และ EPDM อุณหภูมิ 270°C

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนสีของโพลีเมอร์ผสมที่อุณหภูมิ 250 และ 270 องศาเซลเซียส

HDPE/PP (%w/w)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)																							
	170				190				210				230				250				270			
	0'	5'	10'	15'	0'	5'	10'	15'	0'	5'	10'	15'	0'	5'	10'	15'	0'	5'	10'	15'	0'	5'	10'	15'
100/0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/
75/25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/
50/50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/
25/75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/
0/100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/

- หมายเหตุ
- 1 % EPDM โดยน้ำหนัก
 - โพลีเมอร์ไม่เปลี่ยนสี
 - / โพลีเมอร์เปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ผลการตรวจสอบโครงสร้างระดับจุลภาค

จากการนำผิวหน้าของชิ้นทดสอบที่ถูกนำไปหักที่อุณหภูมิในโครเจน จำนวน 20 ชิ้น สำหรับส่วนผสมตามตารางที่ 3.1 และอีก 10 ชิ้นสำหรับโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP ที่ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 190°C และ 230°C ไปตรวจสอบโครงสร้างระดับจุลภาคด้วยเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า จะได้ภาพที่แสดงถึงลักษณะที่แตกต่างทางโครงสร้างของชิ้นทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.7-4.16 และภาคผนวก ก

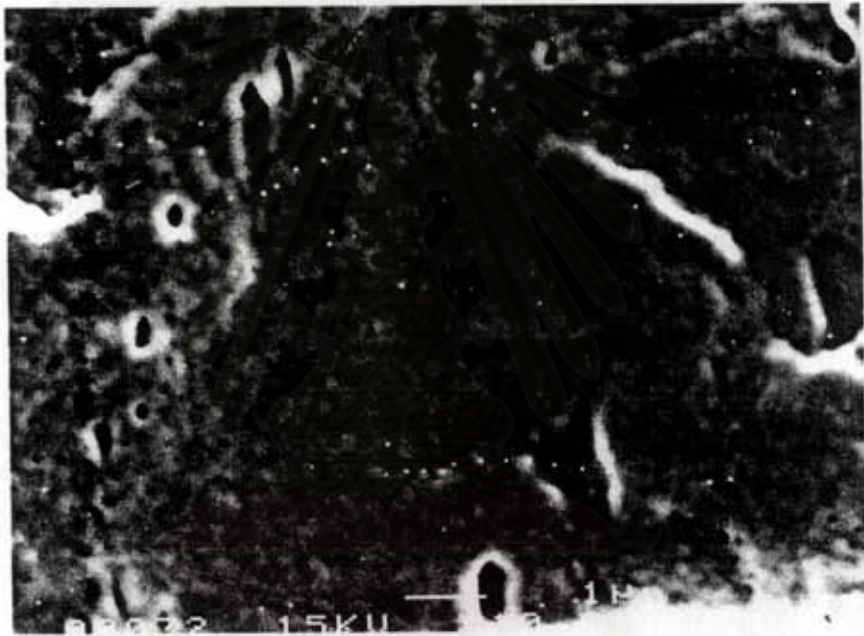
รูปที่ 4.7-4.11 แสดงภาพโครงสร้างจุลภาคของ HDPE/PP ที่ไม่มี EPDM ฉีดขึ้นรูปที่ 210°C ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า จากรูปที่ 4.7 และ 4.11 แสดงโครงสร้างจุลภาคของชิ้นทดสอบที่มีเฉพาะ HDPE และ PP ตามลำดับ จะพบว่าโครงสร้างทั้งสองจะมีลักษณะเป็นพื้นเรียบ

รูปที่ 4.8 และ 4.9 แสดงโครงสร้างจุลภาคของชิ้นทดสอบ HDPE/PP (25/75) และ HDPE/PP (50/50) ตามลำดับ จะเห็นว่าโครงสร้างมีลักษณะเป็นแบบ 2 เฟสอย่างชัดเจน โดยจะมีผลึกกลม (Spherulite) ของ HDPE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1-0.5 μm กระจายอยู่ทั่วไปอย่างสม่ำเสมอบนเนื้อพื้นของ PP โครงสร้างที่มี HDPE 50% จะมีจำนวนผลึกกลมกระจายอยู่เป็นจำนวนมากกว่า HDPE 25%

รูปที่ 4.10 แสดงโครงสร้างจุลภาคของชิ้นทดสอบ HDPE/PP(75/25) จะเห็นว่าโครงสร้างเป็น 2 เฟสชัดเจนเหมือนกับ HDPE/PP (25/75) และ HDPE/PP (50/50) แต่จะเกิดการกลับเฟส (Phase Inversion) โดยที่ PP จะฟอร์มตัวเป็นเฟสที่กระจายอยู่ทั่วไปบนพื้นของ HDPE โดย PP มีลักษณะเป็นผลึกกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-8 μm ซึ่งใหญ่กว่าขนาดผลึกกลมของ HDPE

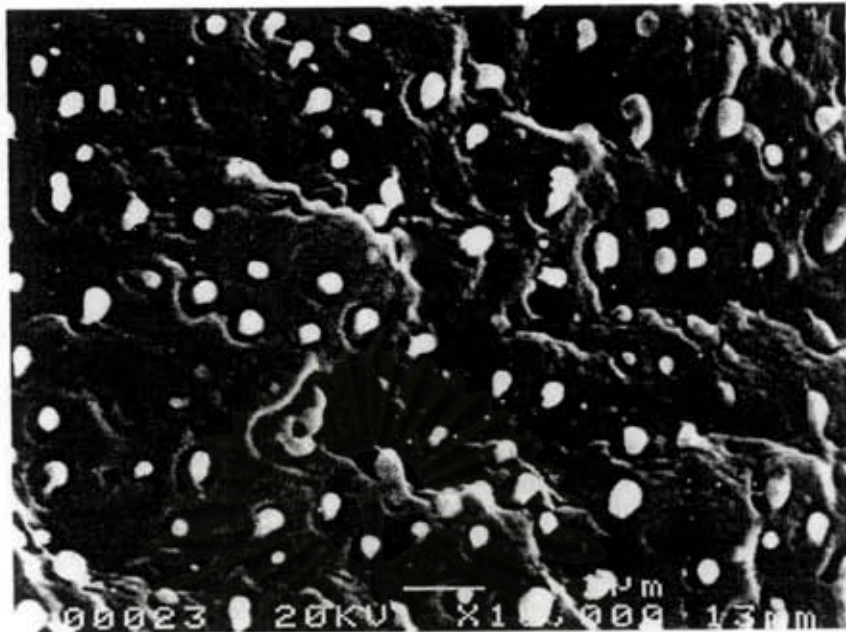
รูปที่ 4.12-4.14 แสดงโครงสร้างของชิ้นทดสอบ HDPE/PP(25/75) ที่มี EPDM ผสมอยู่ 5 และ 15 % ตามลำดับ โดยฉีดขึ้นรูปที่ 210°C ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า จะเห็นว่า HDPE ยังฟอร์มตัวเป็นเฟสที่กระจายอยู่บนพื้นของ PP แต่เมื่อเพิ่ม EPDM เข้าไป EPDM จะทำให้ HDPE และ PP รวมเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ทำให้การแบ่งเฟสระหว่าง HDPE และ PP มีความชัดเจนน้อยลง จำนวนและขนาดของเฟสที่กระจายลดลง เมื่อ EPDM เพิ่มขึ้นจะทำให้ HDPE และ PP รวมตัวกันได้มากขึ้น

รูปที่ 4.15-4.16 แสดงโครงสร้างของรีนทคสอบ HDPE/PP(25/75) ฉีดขึ้นรูปที่ 190°C และ 230°C ตามลำดับ กำล้างขยาช 10,000 เท่า จะเห็นว่าโครงสร้างมีลักษณะเดียวกันกับการขึ้นรูปที่ 210°C แต่ขนาดของเฟสที่กระจายโดยเฉลี่ยแล้วมีขนาดใหญ่กว่าและมีความสม่ำเสมอของการกระจายน้อยกว่า

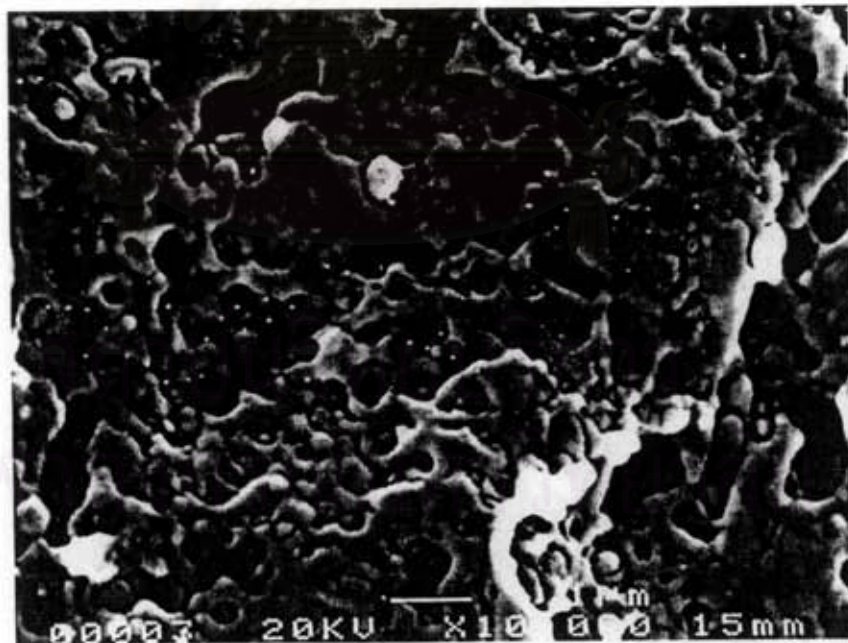


รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้ารอยหักของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (0/100) ไม่มี EPDM ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210°C และมีกำล้างขยาช 10,000 เท่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



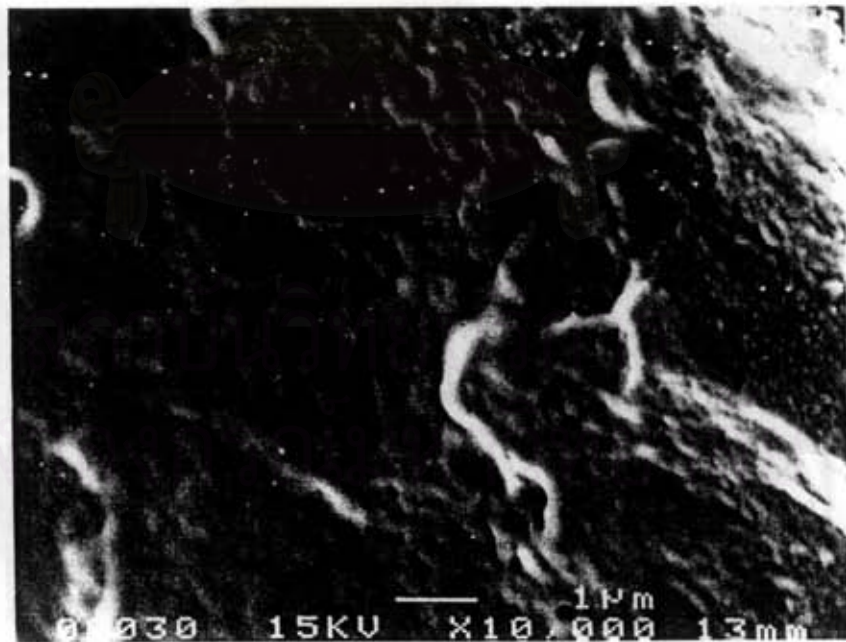
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้ารอยหักของโพลิเมอร์ผสม
HDPE/PP (25/75) ไม่มี EPDM ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210°C
และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า



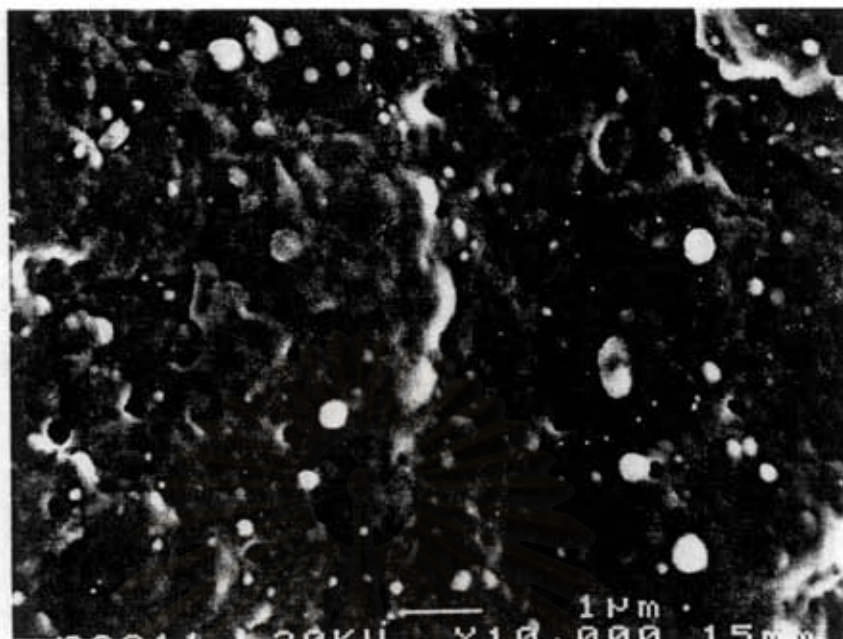
รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้ารอยหักของโพลิเมอร์ผสม
HDPE/PP (50/50) ไม่มี EPDM ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210°C
และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า



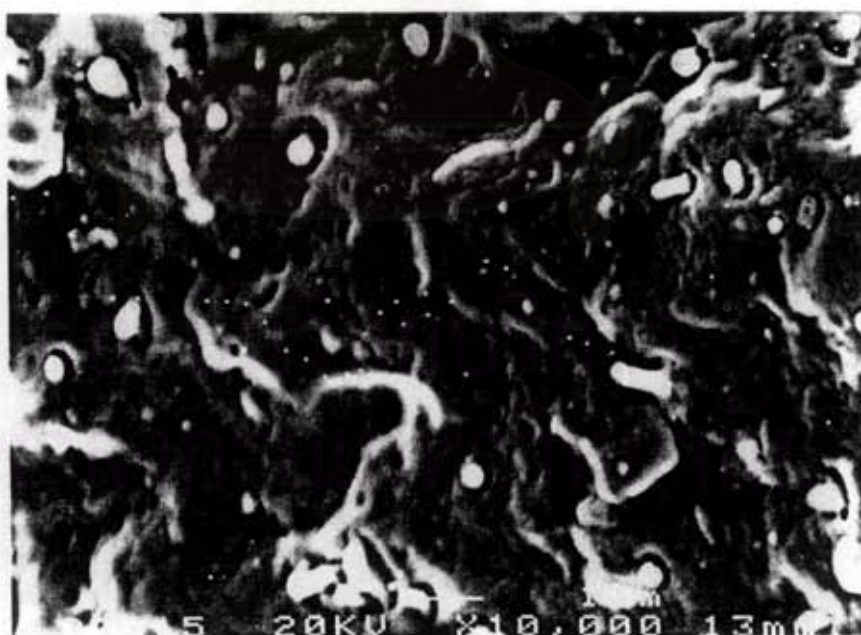
รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้ารอยหักของโพลีเมอร์ผสม
HDPE/PP (75/25) ไม่มี EPDM ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210°C
และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า



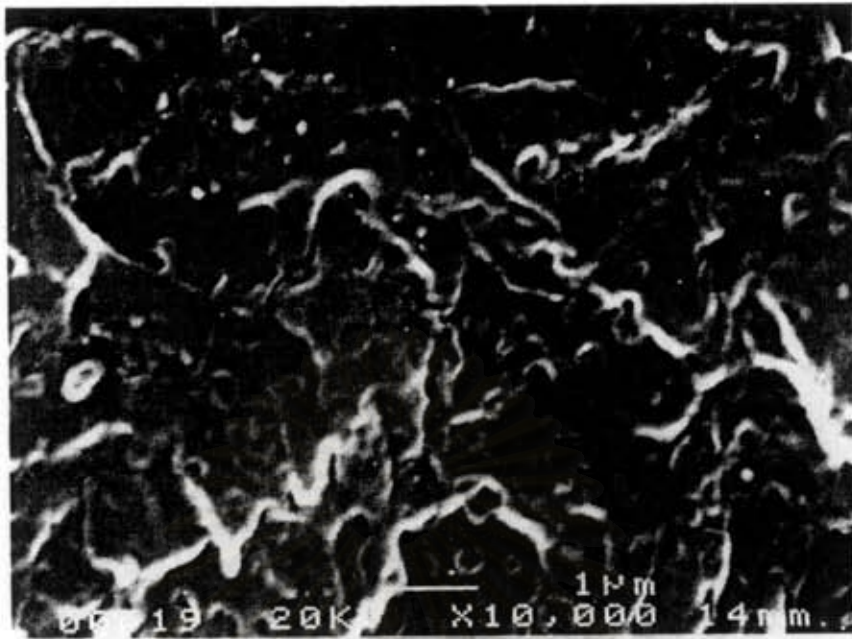
รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้ารอยหักของโพลีเมอร์ผสม
HDPE/PP (100/0) ไม่มี EPDM ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210°C
และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า



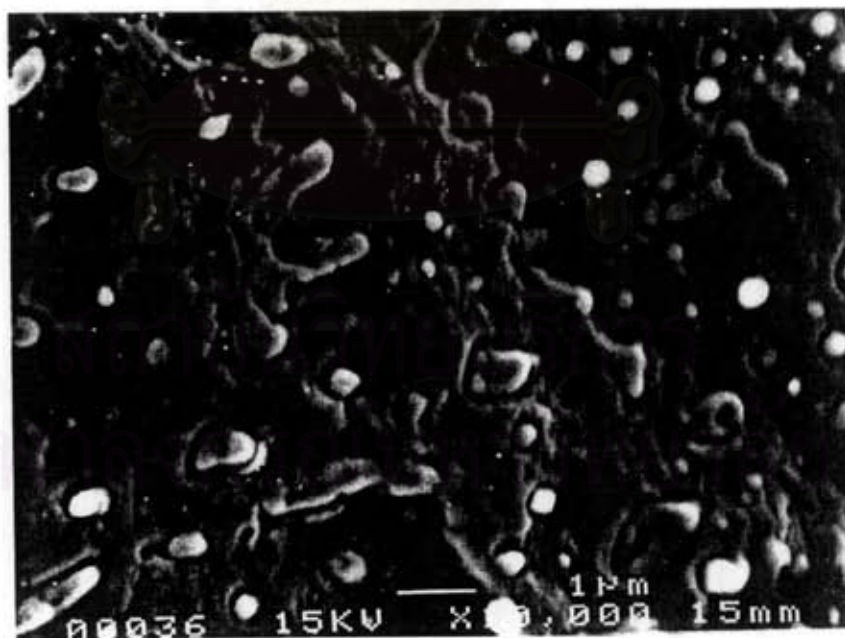
รูปที่ 4.12 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้ารอยหักของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (25/75) ที่มี EPDM 5% ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210°C และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า



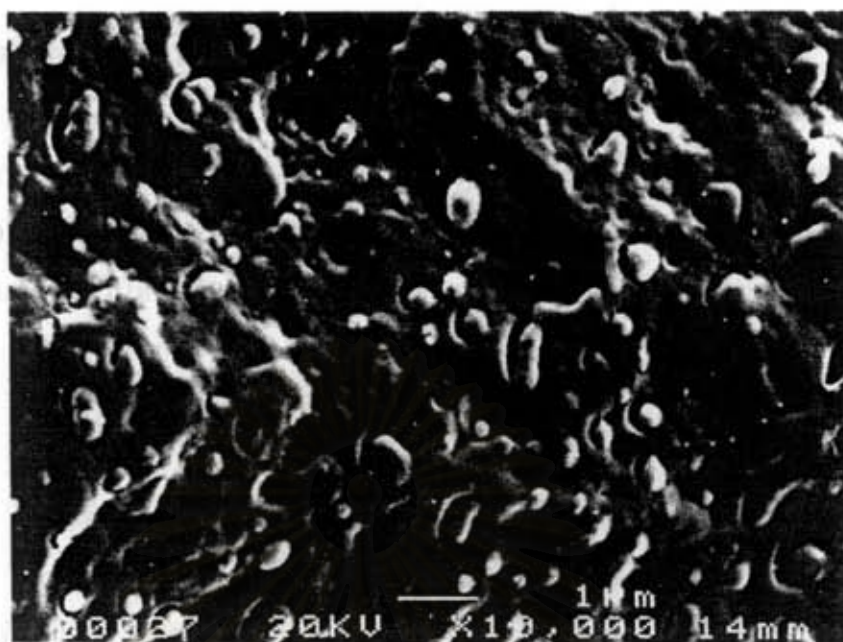
รูปที่ 4.13 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้ารอยหักของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (25/75) ที่มี EPDM 10% ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210°C และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า



รูปที่ 4.14 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้าารอยหักของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (25/75) ที่มี EPDM 15% ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210 °C และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า



รูปที่ 4.15 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้าารอยหักของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (25/75) ไม่มี EPDM ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 190 °C และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า



รูปที่ 4.16 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้าของโพลิเอทิลีนผสม HDPE/PP (25/75) ไม่มี EPDM ฉีดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 230 °C และมีกำลังขยาย 10,000 เท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของชิ้นทดสอบของโพลีเมอร์ผสมโดยขึ้นรูปที่ 190°C 210°C และ 230°C ได้ผลการทดสอบคุณสมบัติดังต่อไปนี้ และจะนำผลการทดสอบคุณสมบัติที่ได้ไปทดสอบความมึนย่ำสำคัญทางสถิติในหัวข้อที่ 4.4 ต่อไป

4.3.1 ความดุ้งจำเพาะ

จากการทดสอบค่าความดุ้งจำเพาะของชิ้นทดสอบได้ผลตามตารางที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.9 จากตารางที่ 4.8 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่า ค่าความดุ้งจำเพาะลดลงเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น เมื่อ ปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น ค่าความดุ้งจำเพาะจะลดลง โดยเฉพาะที่ EPDM 15% ทำให้ความดุ้งจำเพาะลดลงอย่างมาก

จากตารางที่ 4.4 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่าค่าความดุ้งจำเพาะลดลงเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น ในทุกอุณหภูมิของการฉีดขึ้นรูป

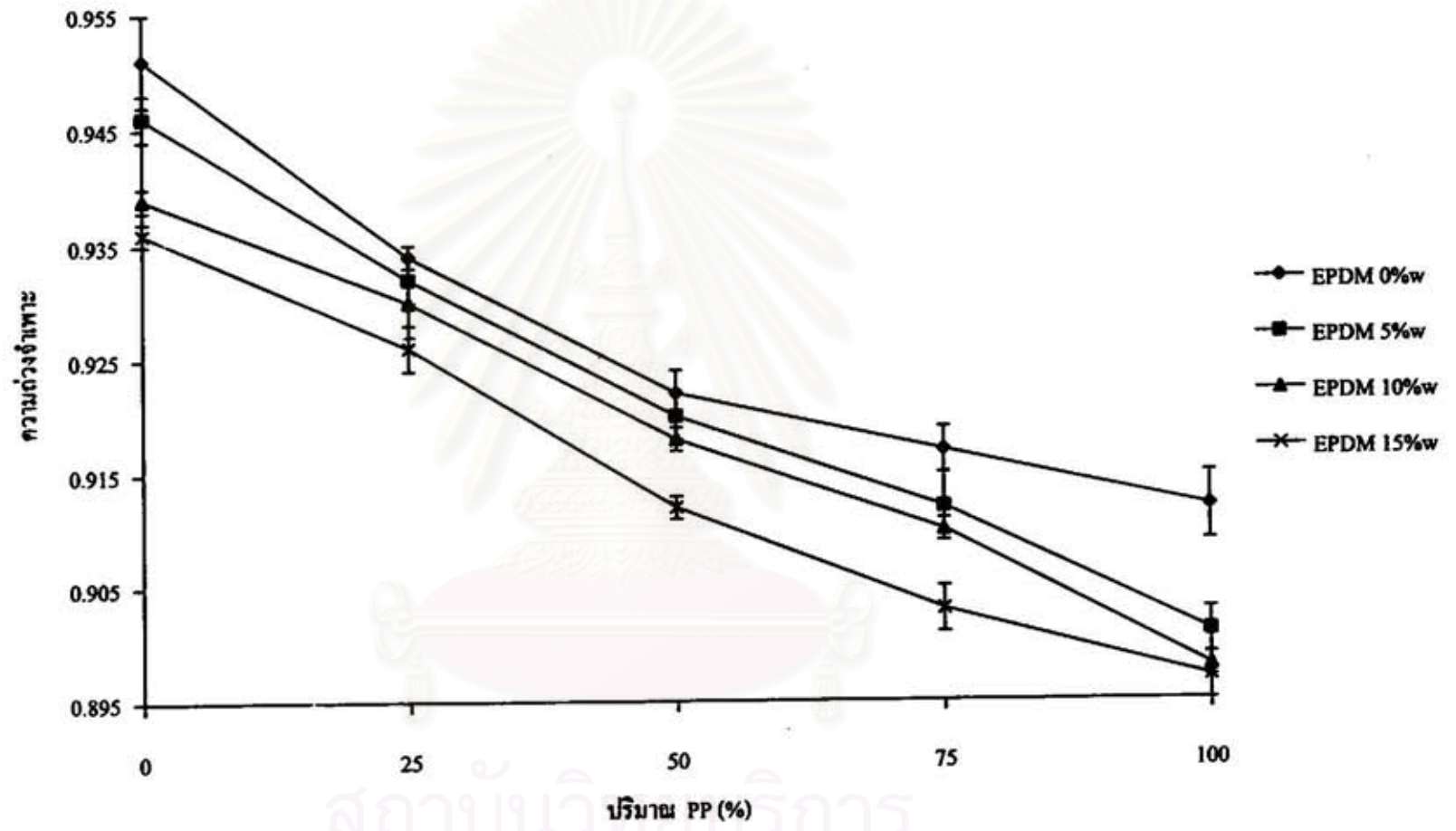
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ผลของค่าความถ่วงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C

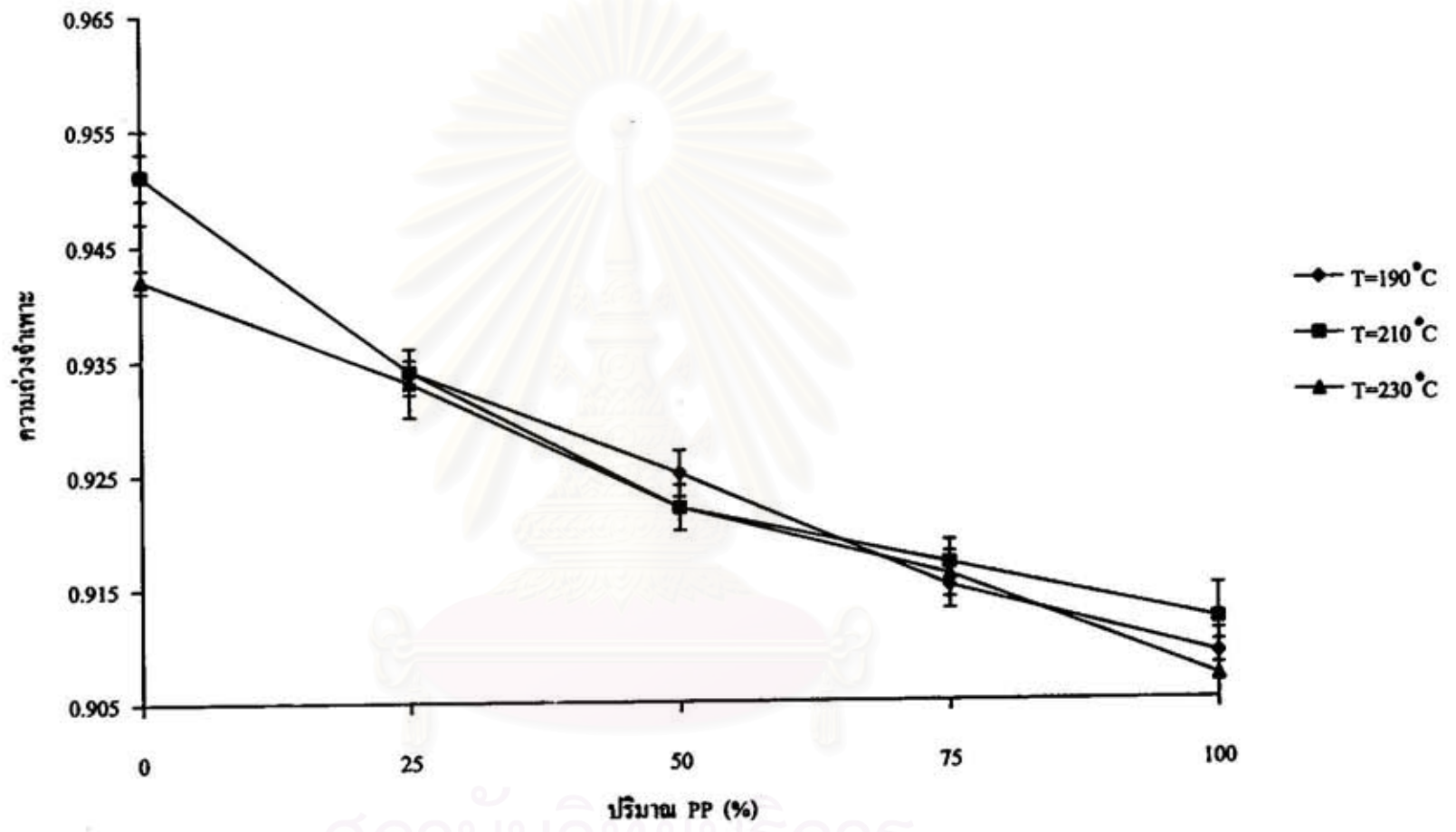
HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	EDPM(%w)			
		0	5	10	15
100/0	1	0.950	0.948	0.940	0.937
	2	0.954	0.945	0.939	0.937
	3	0.948	0.944	0.939	0.935
	ค่าเฉลี่ย	0.951±0.004	0.946±0.002	0.939±0.001	0.936±0.001
75/25	1	0.934	0.932	0.932	0.926
	2	0.935	0.930	0.928	0.928
	3	0.934	0.933	0.931	0.925
	ค่าเฉลี่ย	0.934±0.001	0.932±0.002	0.930±0.002	0.926±0.002
50/50	1	0.920	0.920	0.917	0.912
	2	0.924	0.922	0.919	0.911
	3	0.922	0.919	0.919	0.913
	ค่าเฉลี่ย	0.922±0.002	0.920±0.002	0.918±0.001	0.912±0.001
25/75	1	0.915	0.908	0.909	0.901
	2	0.917	0.914	0.910	0.903
	3	0.919	0.913	0.911	0.904
	ค่าเฉลี่ย	0.917±0.002	0.912±0.003	0.910±0.001	0.903±0.002
0/100	1	0.911	0.901	0.898	0.896
	2	0.910	0.903	0.898	0.897
	3	0.915	0.899	0.899	0.899
	ค่าเฉลี่ย	0.912±0.003	0.901±0.002	0.898±0.001	0.897±0.002

ตารางที่ 4.9 ผลของค่าความด่างจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		190	210	230
100/0	1	0.951	0.950	0.948
	2	0.953	0.954	0.945
	3	0.948	0.948	0.944
	ค่าเฉลี่ย	0.951 ± 0.002	0.951 ± 0.004	0.946 ± 0.002
75/25	1	0.934	0.934	0.932
	2	0.932	0.935	0.936
	3	0.937	0.934	0.930
	ค่าเฉลี่ย	0.934 ± 0.002	0.934 ± 0.001	0.933 ± 0.003
50/50	1	0.926	0.920	0.922
	2	0.926	0.924	0.920
	3	0.923	0.922	0.924
	ค่าเฉลี่ย	0.925 ± 0.002	0.922 ± 0.002	0.922 ± 0.002
25/75	1	0.914	0.915	0.917
	2	0.914	0.917	0.917
	3	0.918	0.919	0.914
	ค่าเฉลี่ย	0.915 ± 0.002	0.917 ± 0.002	0.916 ± 0.002
0/100	1	0.910	0.911	0.910
	2	0.908	0.910	0.903
	3	0.910	0.915	0.907
	ค่าเฉลี่ย	0.909 ± 0.001	0.912 ± 0.003	0.907 ± 0.004



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่จำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับ ปริมาณ PP และ EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความด่งจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP กับ ปริมาณ PP และ อุณหภูมิ

4.3.2 ความทนต่อแรงดึง

จากการทดสอบค่าความทนต่อแรงดึงของชิ้นทดสอบ ได้ผลตามตารางที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.11 จากตารางที่ 4.10 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่า ค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น เมื่อ ปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อแรงดึงลดลง

จากตารางที่ 4.11 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่า ค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น โพลีเมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูปเป็น 210°C จะมีค่าความทนต่อแรงดึง มากกว่า โพลีเมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูปเป็น 190°C และ 230°C โดยค่าความทนต่อแรงดึงที่ 190°C และ 230°C มีค่าใกล้เคียงกัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ผลของค่าความความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM
จึ้นรูปที่ 210°C

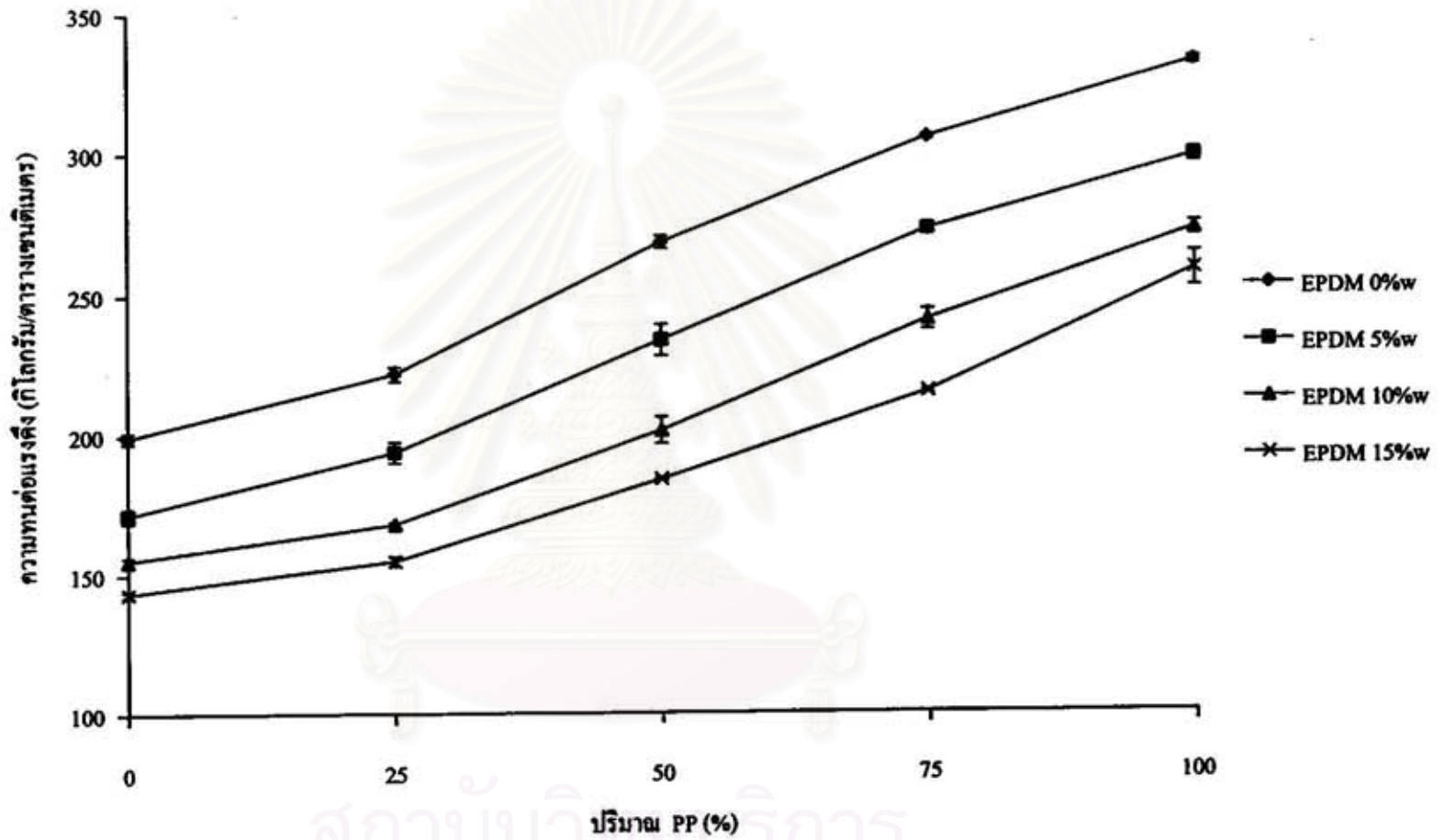
หน่วย: กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	EDPM(%w)			
		0	5	10	15
100/0	1	201.02	168.62	156.48	142.96
	2	199.23	173.67	154.64	144.34
	3	197.19	171.58	153.67	142.29
	ค่าเฉลี่ย	199.17±1.92	171.29±2.54	154.93±1.43	143.20±1.04
75/25	1	223.67	198.06	167.55	153.72
	2	218.93	192.48	167.45	153.65
	3	223.11	191.12	168.88	156.68
	ค่าเฉลี่ย	221.90±2.59	193.89±3.68	167.96±0.80	154.68±1.73
50/50	1	266.23	229.49	196.18	183.47
	2	270.71	231.63	202.76	184.04
	3	268.78	240.05	205.41	184.31
	ค่าเฉลี่ย	268.57±2.25	233.72±5.58	201.45±4.75	183.94±0.43
25/75	1	304.59	273.21	236.72	215.61
	2	305.87	273.11	244.08	215.00
	3	305.20	272.19	241.16	214.36
	ค่าเฉลี่ย	305.22±0.64	272.84±0.56	240.65±3.71	214.99±0.62
0/100	1	332.65	296.07	269.79	264.64
	2	332.65	297.90	274.49	257.45
	3	330.31	300.82	273.27	252.24
	ค่าเฉลี่ย	331.92±1.39	298.26±2.40	272.52±2.44	258.11±6.23

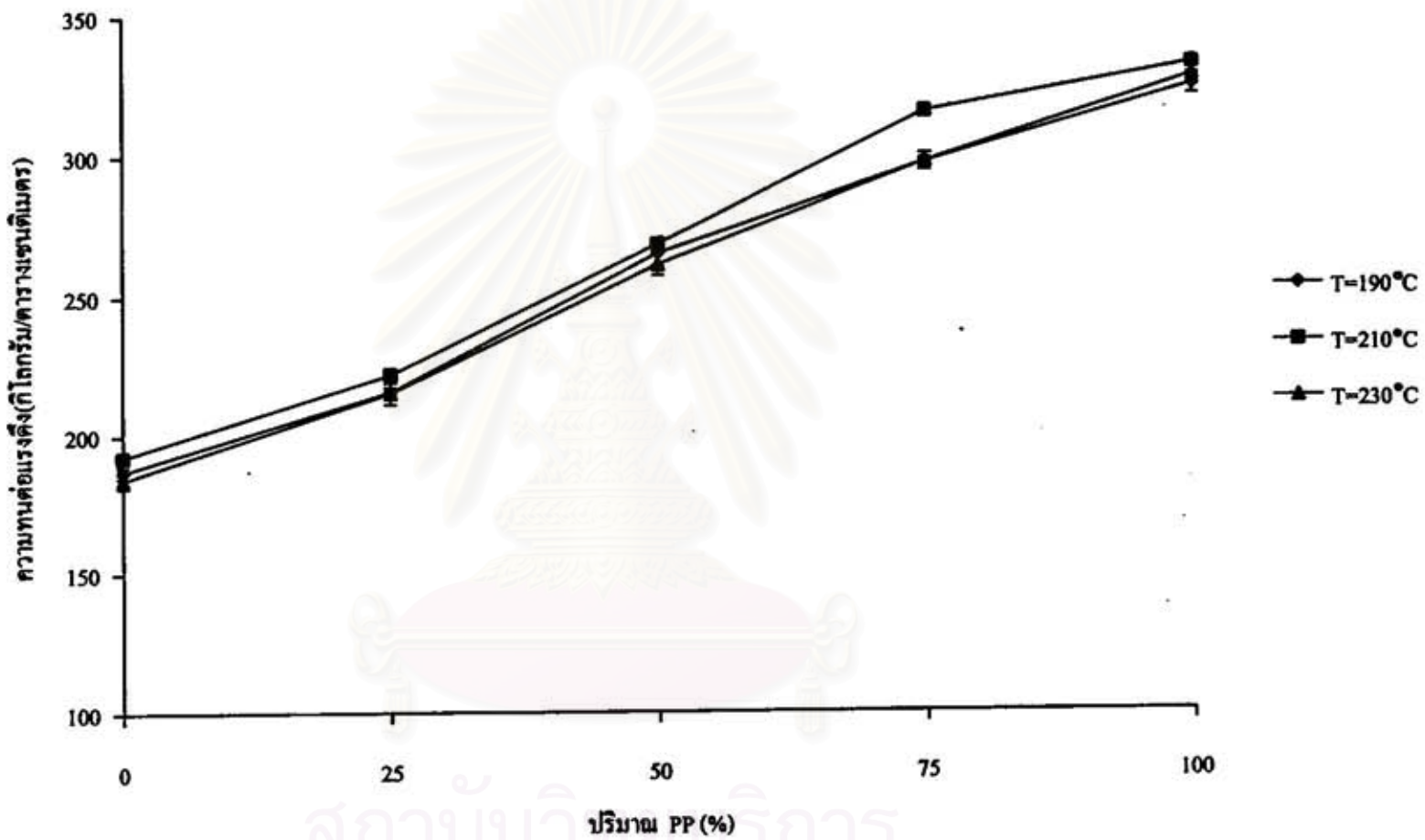
ตารางที่ 4.11 ผลของค่าความความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

หน่วย: กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		190	210	230
100/0	1	184.91	201.02	183.94
	2	186.39	199.23	186.33
	3	188.97	197.19	181.08
	ค่าเฉลี่ย	186.76±2.05	199.17±1.92	183.78±2.63
75/25	1	213.82	223.67	210.84
	2	217.09	218.93	216.41
	3	216.02	223.11	218.29
	ค่าเฉลี่ย	215.64±1.67	221.90±2.59	215.18±3.87
50/50	1	268.72	266.23	260.85
	2	260.23	270.71	257.56
	3	266.89	268.78	265.23
	ค่าเฉลี่ย	265.28±4.47	268.57±2.25	261.21±3.85
25/75	1	294.23	304.59	298.42
	2	300.24	305.87	297.50
	3	297.23	305.20	295.87
	ค่าเฉลี่ย	297.23±3.00	305.22±0.64	297.26±1.29
0/100	1	324.56	332.79	326.89
	2	320.50	332.65	327.76
	3	327.45	330.31	327.86
	ค่าเฉลี่ย	324.17±3.49	331.92±1.39	327.50±0.53



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับ ปริมาณ PP และ EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP กับ ปริมาณ PP และ อุณหภูมิ

4.3.3 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น

จากการทดสอบค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นขึ้นทดสอบ ได้ผลตามตารางที่ 4.12 และตารางที่ 4.13 จากตารางที่ 4.12 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.21 แสดงให้เห็นว่า ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น เมื่อ ปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน HDPE/PP (100/0) HDPE/PP (75/25) และ HDPE/PP (50/50) จะมีการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่า HDPE/PP (25/75) และ HDPE/PP (0/100)

จากตารางที่ 4.13 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่า ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น โทลิมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูป เป็น 210°C จะมีค่า 100% โมดูลัสมากที่สุด รองลงมาคืออุณหภูมิ 230°C และ 190°C ตามลำดับ แต่ค่าก็ไม่ได้แตกต่างกันมาก แต่ HDPE/PP (0/100) ที่อุณหภูมิ 230°C จะมีค่า 100% โมดูลัสมากที่สุด

ตารางที่ 4.12 ผลของค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C

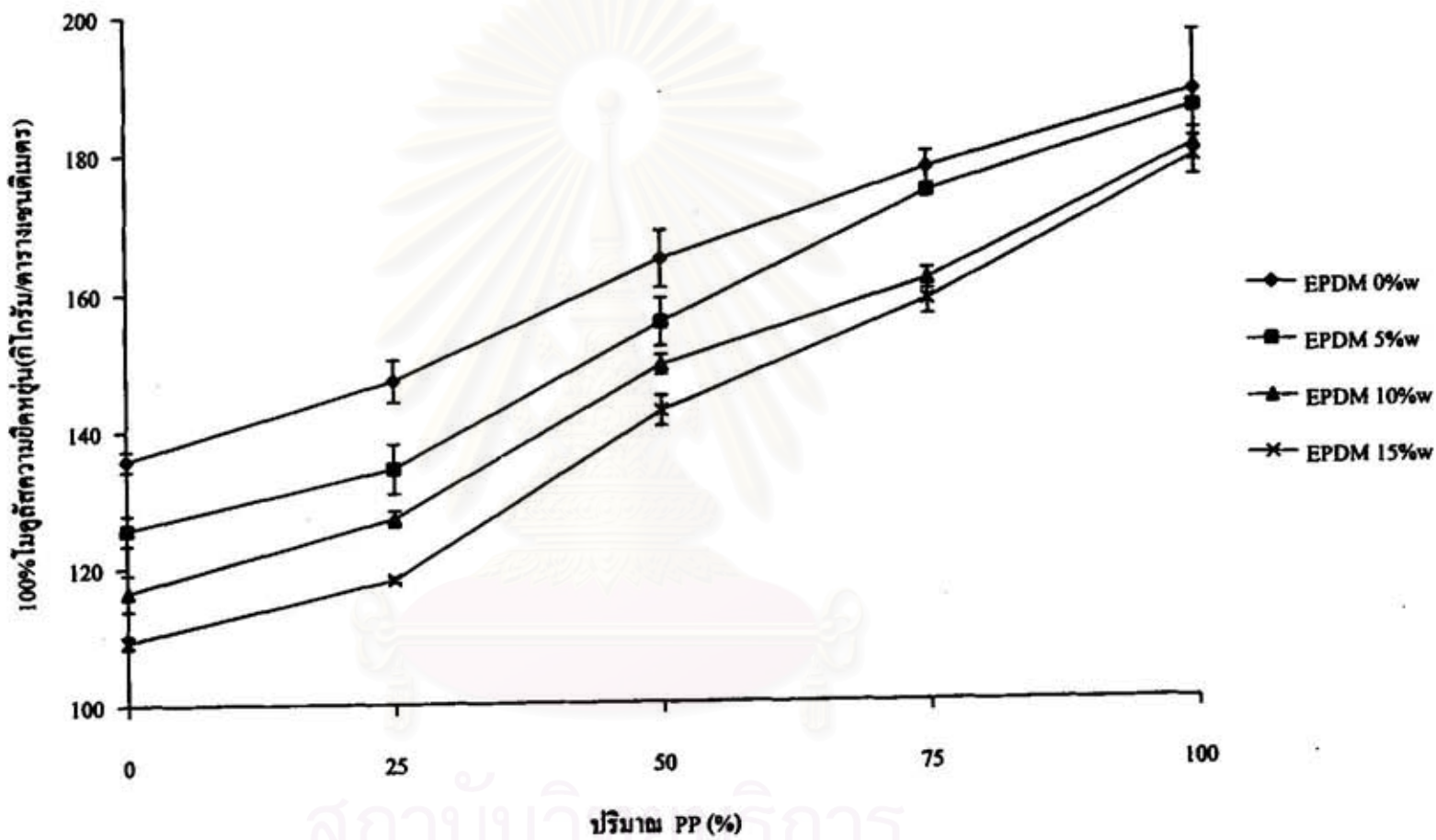
หน่วย: กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	EDPM(%w)			
		0	5	10	15
100/0	1	137.75	123.83	116.63	110.30
	2	135.71	124.79	118.57	108.52
	3	134.90	128.26	114.18	108.93
	ค่าเฉลี่ย	136.12±1.47	125.63±2.33	116.46±2.20	109.25±0.93
75/25	1	149.23	138.34	125.97	118.21
	2	143.67	131.22	128.32	117.73
	3	148.72	133.58	126.94	118.53
	ค่าเฉลี่ย	147.21±3.07	134.38±3.63	127.08±1.18	118.16±0.40
50/50	1	167.50	153.62	149.08	139.95
	2	166.43	153.16	147.86	143.76
	3	159.84	159.44	150.71	143.75
	ค่าเฉลี่ย	164.59±4.15	155.41±3.50	149.22±1.43	142.49±2.20
25/75	1	175.82	174.50	162.67	157.55
	2	180.04	173.61	161.76	160.92
	3	176.08	173.83	159.74	156.85
	ค่าเฉลี่ย	177.31±2.36	173.98±0.46	161.39±1.50	158.44±2.18
0/100	1	195.97	186.13	180.12	179.49
	2	178.86	185.04	177.99	175.46
	3	189.40	186.07	182.54	180.70
	ค่าเฉลี่ย	188.08±8.63	185.75±0.61	180.22±2.28	178.55±2.74

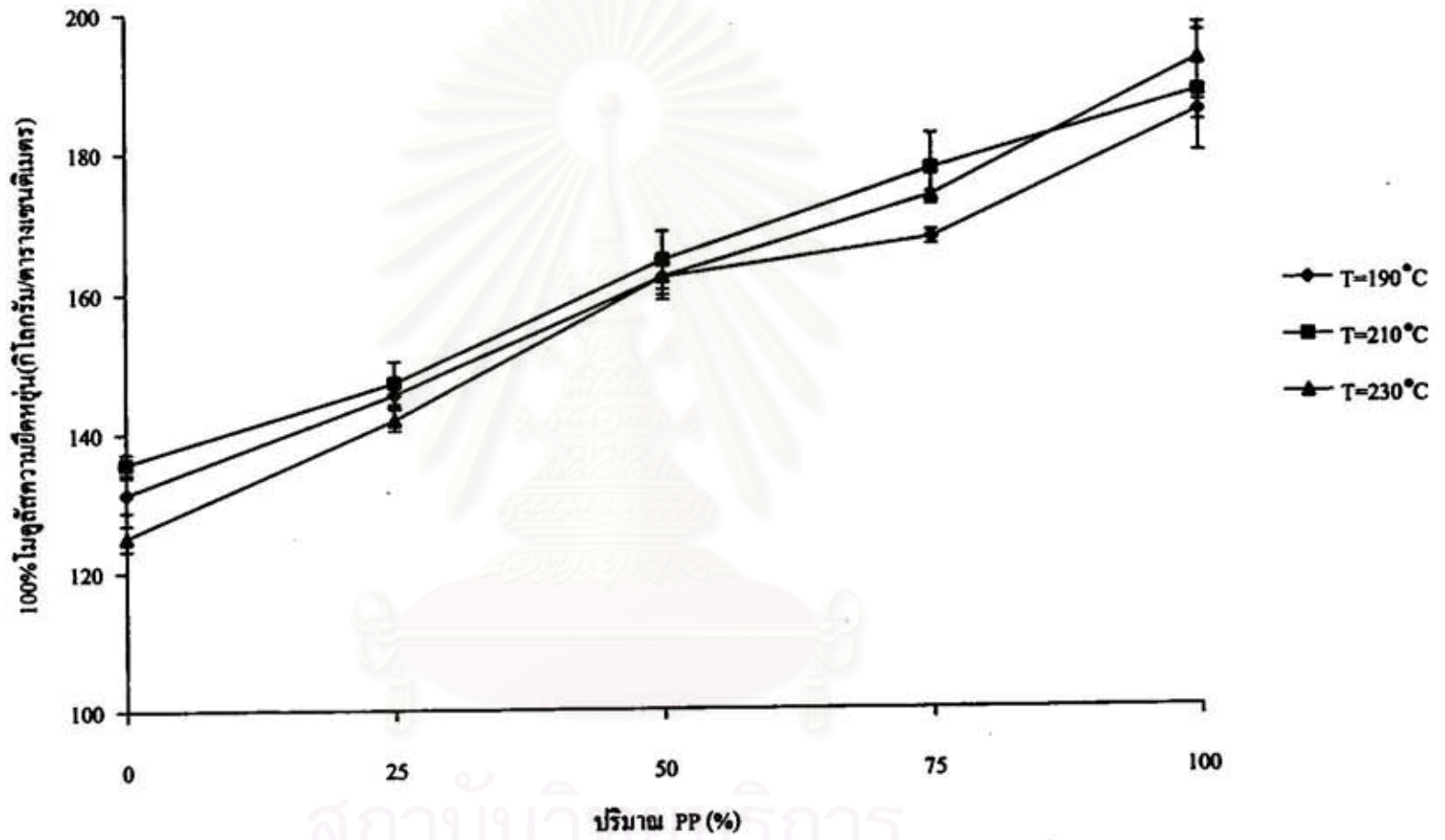
ตารางที่ 4.13 ผลของค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

หน่วย: กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		190	210	230
100/0	1	129.45	137.75	123.13
	2	134.25	135.71	125.22
	3	130.25	134.90	126.80
	ค่าเฉลี่ย	131.32±2.57	136.12±1.47	125.05±1.84
75/25	1	144.59	149.23	140.55
	2	147.60	143.67	141.52
	3	144.28	148.72	143.61
	ค่าเฉลี่ย	145.49±1.83	147.21±3.07	141.89±1.56
50/50	1	164.23	167.50	162.61
	2	163.71	166.43	159.46
	3	158.51	159.84	164.56
	ค่าเฉลี่ย	162.15±3.16	164.59±4.15	162.21±2.57
25/75	1	166.51	175.82	173.87
	2	168.48	180.04	173.82
	3	167.91	176.08	173.01
	ค่าเฉลี่ย	167.63±1.01	177.31±2.36	173.57±0.48
0/100	1	184.74	195.97	196.79
	2	184.23	178.86	187.14
	3	186.94	189.40	194.54
	ค่าเฉลี่ย	185.30±1.44	188.08±8.63	192.82±5.05



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับ ปริมาณ PP และ EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP กับ ปริมาณ PP และ อุณหภูมิ

4.3.4 เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น

จากการทดสอบรับน้ำหนักแบบกด เมื่อผ่านจุดที่รับน้ำหนักจนแรงดึงสูงสุดไปแล้ว ชิ้นงานจะไม่ขาดเลยทีเดียวก่อนจะค่อยๆยืดแล้วขาด ลักษณะของรับน้ำหนักที่ขาด ดังแสดงในรูปที่ 4.23 และผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นรับน้ำหนัก แสดงดังตารางที่ 4.14 และ ตารางที่ 4.15

จากตารางที่ 4.14 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นลดลงเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น แต่ที่ HDPE/PP (75/25) จะมี เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นสูงสุด แสดงถึงการเสริมคุณสมบัติซึ่งกันและกัน เมื่อปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสมเพิ่มขึ้น ยกเว้นที่ EPDM 5% จะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.15 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นลดลงเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น แต่ที่ HDPE/PP (75/25) จะมี ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นสูงสุด แสดงว่า HDPE และ PP มีการเสริมคุณสมบัติซึ่งกันและกัน โพลีเมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูปเป็น 210°C จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมากกว่าโพลีเมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูปเป็น 190°C และ 230°C โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ HDPE/PP (100/0) และ HDPE/PP (75/25)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.23 ลักษณะของจีนทศอบเมื่อขาดหลังจากการทดสอบคุณสมบัติทางแรงดึง

สถาบันวิทย์บริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM
ขึ้นรูปที่ 210°C

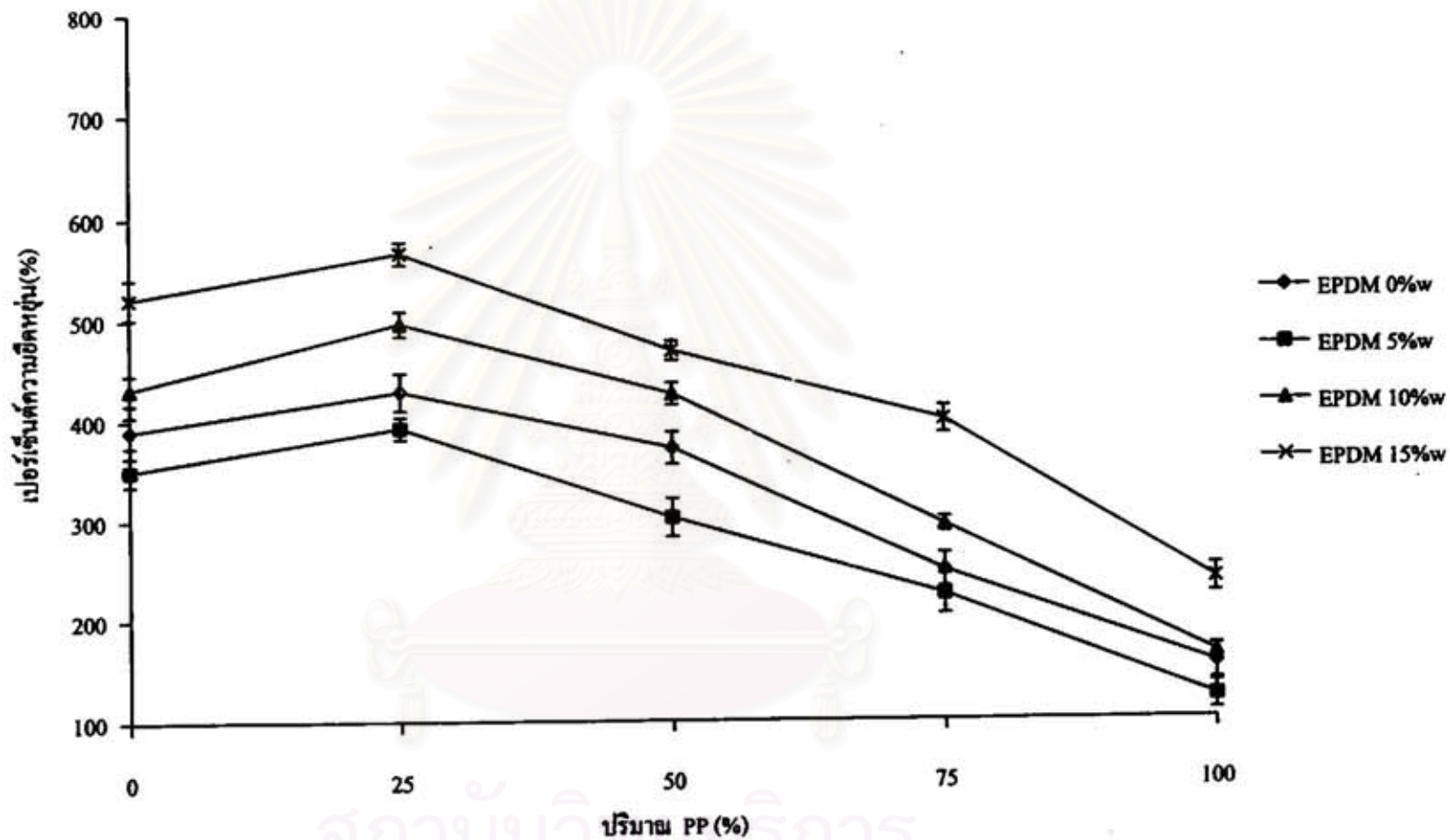
หน่วย: %

HDPE/PP (%w/w)	การ ทดลองที่	EDPM(%w)			
		0	5	10	15
100/0	1	404.50	352.20	425.80	499.00
	2	374.00	362.60	419.60	536.60
	3	389.20	334.70	448.00	527.80
	ค่าเฉลี่ย	389.23±15.25	349.83±14.10	431.13±14.93	521.13±19.67
75/25	1	447.40	381.40	501.40	566.20
	2	410.00	403.67	482.00	554.00
	3	427.70	390.54	505.00	576.40
	ค่าเฉลี่ย	428.37±18.71	391.87±11.19	496.13±12.37	565.53±11.21
50/50	1	382.20	283.40	429.80	459.80
	2	378.60	321.80	433.20	478.90
	3	353.00	300.60	412.80	466.34
	ค่าเฉลี่ย	371.27±15.92	301.93±19.23	425.27±10.93	468.35±9.71
25/75	1	238.60	229.33	302.00	385.45
	2	267.60	240.10	289.00	397.50
	3	237.80	202.35	290.20	412.40
	ค่าเฉลี่ย	248.00±16.98	223.93±19.45	293.73±7.18	398.45±13.50
0/100	1	167.40	135.74	158.00	252.40
	2	135.46	120.30	172.40	224.34
	3	160.40	108.50	163.50	237.50
	ค่าเฉลี่ย	154.42±16.79	121.51±13.67	164.63±7.27	238.08±14.04

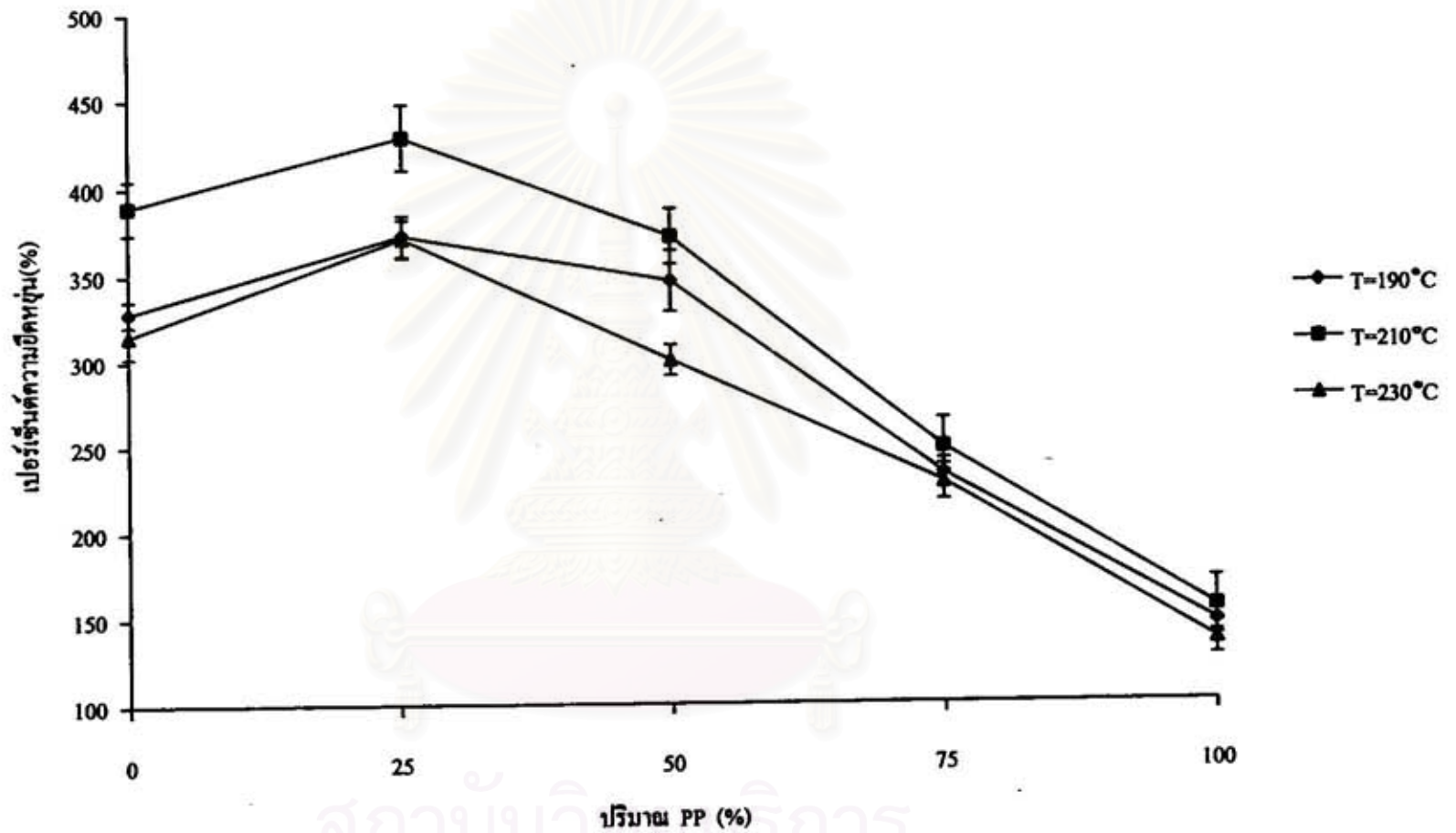
ตารางที่ 4.15 ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

หน่วย: %

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		190	210	230
100/0	1	328.33	404.50	324.00
	2	320.54	374.00	300.50
	3	335.40	389.20	320.00
	ค่าเฉลี่ย	328.09±7.43	389.23±15.25	314.83±12.57
75/25	1	366.80	447.40	382.20
	2	386.00	410.00	360.40
	3	364.40	427.70	370.00
	ค่าเฉลี่ย	372.40±11.84	428.37±18.71	370.87±10.92
50/50	1	347.00	382.20	290.20
	2	327.33	378.60	307.80
	3	362.50	353.00	301.00
	ค่าเฉลี่ย	345.61±17.63	371.27±15.92	299.67±8.88
25/75	1	235.10	238.60	217.00
	2	223.40	267.60	228.20
	3	239.75	237.80	237.53
	ค่าเฉลี่ย	232.75±8.42	248.00±16.98	227.58±10.28
0/100	1	152.94	167.40	128.00
	2	144.35	135.46	145.70
	3	140.72	160.40	132.40
	ค่าเฉลี่ย	146.00±6.28	154.42±16.79	135.37±9.22



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับ ปริมาณ PP และ EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP กับ ปริมาณ PP และ อุณหภูมิ

4.3.5 ความแข็ง

จากการทดสอบค่าความแข็งขึ้นทดสอบ ได้ผลตามตารางที่ 4.16 และ ตารางที่ 4.17 จากตารางที่ 4.16 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.26 แสดงให้เห็นว่า ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อ ปริมาณ PP เพิ่มขึ้น เมื่อ ปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งลดลง ค่าความแข็งของ HDPE/PP (100/0) ,HDPE/PP (75/25) และ HDPE/PP (0/100) ที่มี EPDM 5% และ 10% มีค่าใกล้เคียงกันมาก

จากตารางที่ 4.17 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.27 แสดงให้เห็นว่า ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น โพลีเมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูปเป็น 210°C จะมีความแข็งต่ำสุด ส่วนความแข็งที่อุณหภูมิ 190°C และ 230°C มีค่าใกล้เคียงกันมาก ความแข็งของ HDPE/PP (25/75) และ HDPE/PP (0/100) มีค่าใกล้เคียงกันมากทั้ง 3 อุณหภูมิ

ตารางที่ 4.16 ผลของค่าความแข็งของโพลีเมอร์ HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C

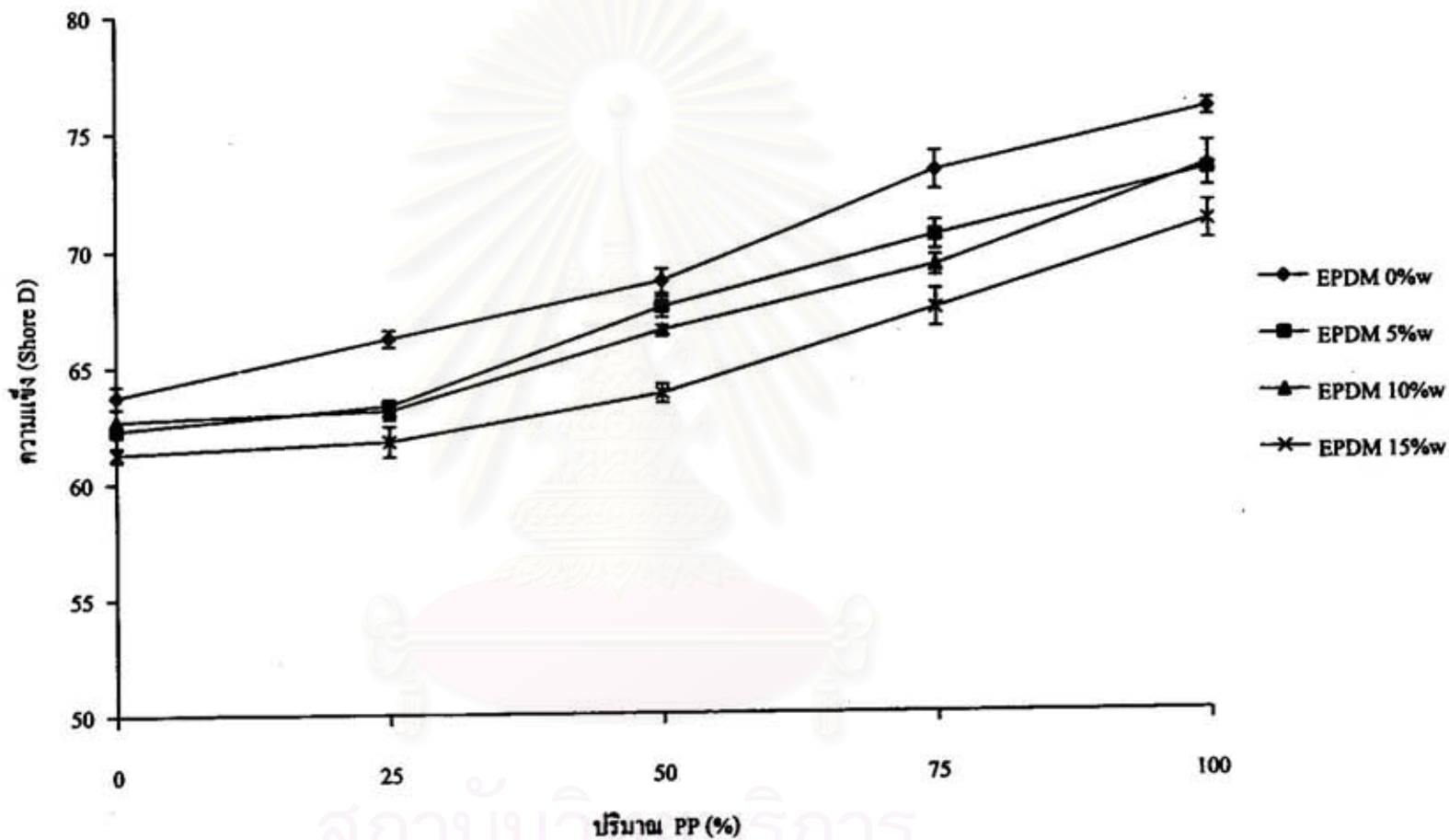
หน่วย: Shore D

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	EDPM(%w)			
		0	5	10	15
100/0	1	63.40	62.40	62.10	61.60
	2	63.50	62.50	63.20	61.20
	3	64.30	62.00	62.80	61.00
	ค่าเฉลี่ย	63.73±0.49	62.30±0.26	62.70±0.56	61.27±0.30
75/25	1	65.90	63.40	63.10	61.00
	2	66.10	63.20	62.70	62.20
	3	66.60	63.30	63.50	62.10
	ค่าเฉลี่ย	66.20±0.36	63.30±0.10	63.10±0.40	61.77±0.66
50/50	1	68.40	67.52	66.50	64.00
	2	69.20	67.04	66.70	63.30
	3	68.20	67.90	66.30	64.00
	ค่าเฉลี่ย	68.60±0.53	67.49±0.44	66.50±0.20	63.77±0.40
25/75	1	73.70	69.80	68.90	66.50
	2	73.70	71.00	69.00	68.10
	3	72.30	70.70	69.70	67.50
	ค่าเฉลี่ย	73.23±0.81	70.50±0.62	69.20±0.44	67.37±0.81
0/100	1	75.50	73.00	72.30	71.80
	2	75.70	73.50	74.00	70.20
	3	76.20	73.20	73.90	71.10
	ค่าเฉลี่ย	75.80±0.36	73.20±0.25	73.40±0.95	71.03±0.80

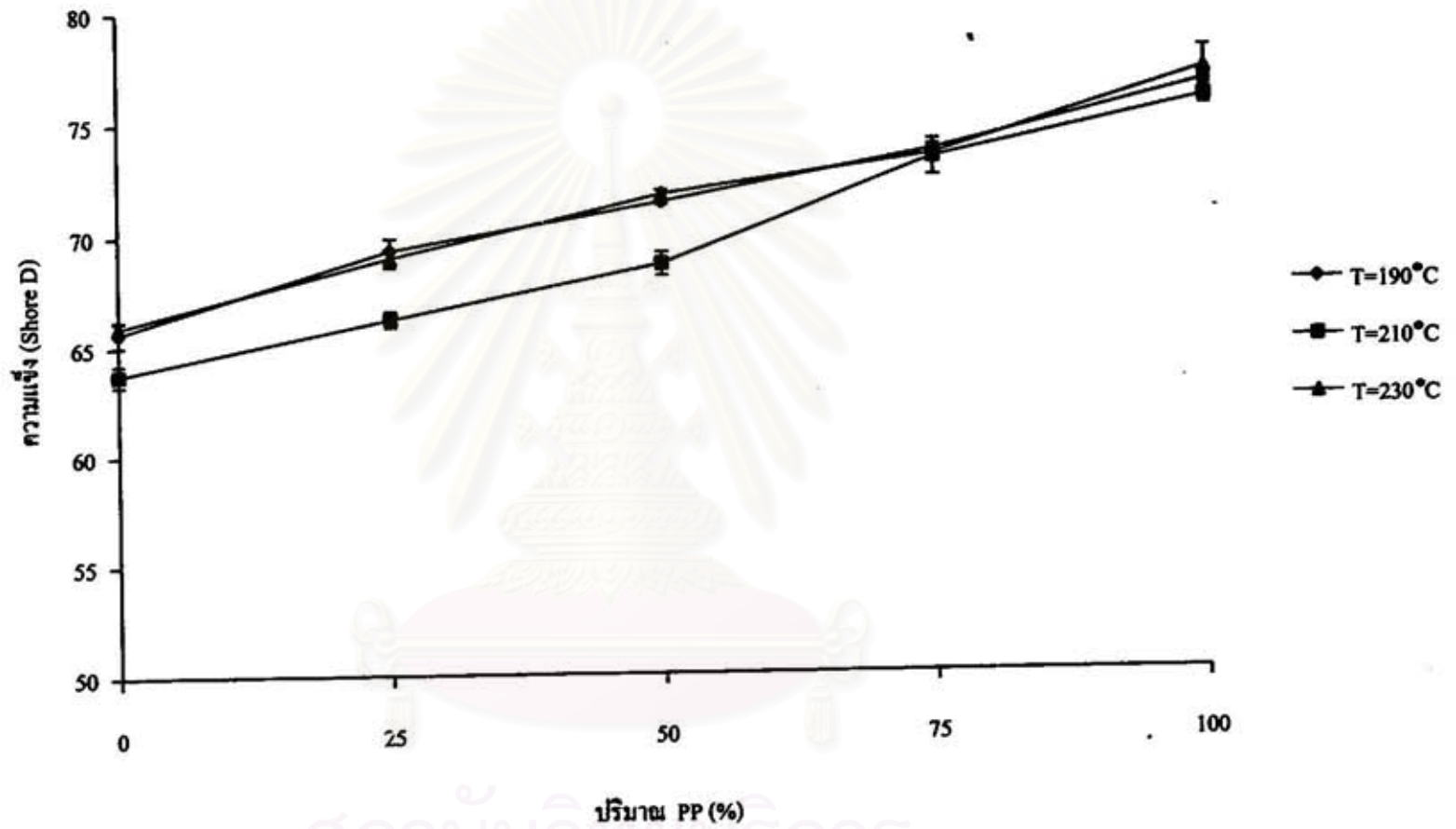
ตารางที่ 4.17 ผลของค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

หน่วย: Shore D

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		190	210	230
100/0	1	65.00	63.40	65.60
	2	65.70	63.50	66.00
	3	66.20	64.30	66.10
	ค่าเฉลี่ย	65.63±0.60	63.73±0.49	65.90±0.26
75/25	1	69.90	65.90	69.10
	2	68.80	66.10	68.50
	3	69.20	66.60	69.30
	ค่าเฉลี่ย	69.30±0.56	66.20±0.36	68.97±0.42
50/50	1	71.30	68.40	71.50
	2	71.50	69.20	71.70
	3	71.30	68.20	71.90
	ค่าเฉลี่ย	71.37±0.12	68.60±0.53	71.70±0.20
25/75	1	73.70	73.70	73.40
	2	73.30	73.70	73.50
	3	73.70	72.30	73.20
	ค่าเฉลี่ย	73.57±0.23	73.23±0.81	73.37±0.15
0/100	1	76.70	75.50	76.00
	2	76.60	75.70	77.50
	3	76.30	76.20	77.80
	ค่าเฉลี่ย	76.53±0.21	75.80±0.36	77.10±0.96



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับ ปริมาณ PP และ EPDM ขึ้นรูปที่ อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP กับ ปริมาณ PP และ อุณหภูมิ

4.3.6 ความทนต่อแรงกระแทก

จากการทดสอบค่าความทนต่อแรงกระแทก ได้ผลตามตารางที่ 4.18 และ ตารางที่ 4.19 จากตารางที่ 4.18 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.28 แสดงให้เห็นว่า ค่าความทนต่อแรงกระแทกลดลงเมื่อ ปริมาณ PP เพิ่มขึ้น เมื่อ ปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ส่วนผสมของ HDPE/PP เป็น 100/0, 75/25, 50/50 และ 27/75 ความทนต่อแรงกระแทกจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่วนที่ HDPE/PP (0/100) จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และที่ HDPE/PP (100/0) และ HDPE/PP (75/25) ที่มี EPDM 15% มีค่าความแข็งสูงกว่าที่มี EPDM 10% เล็กน้อย

จากตารางที่ 4.19 และกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.29 แสดงให้เห็นว่า ค่าความทนต่อแรงกระแทกลดลงเมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อแรงกระแทกใกล้เคียงกันมากที่สุดทุกอุณหภูมิในการฉีด แต่ที่ส่วนผสม HDPE/PP (100/0) อุณหภูมิ 190°C มีความทนต่อแรงกระแทกสูงสุด รองลงมาเป็นอุณหภูมิ 210°C และ 230°C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.18 ผลของค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM
 ขึ้นรูปที่ 210°C

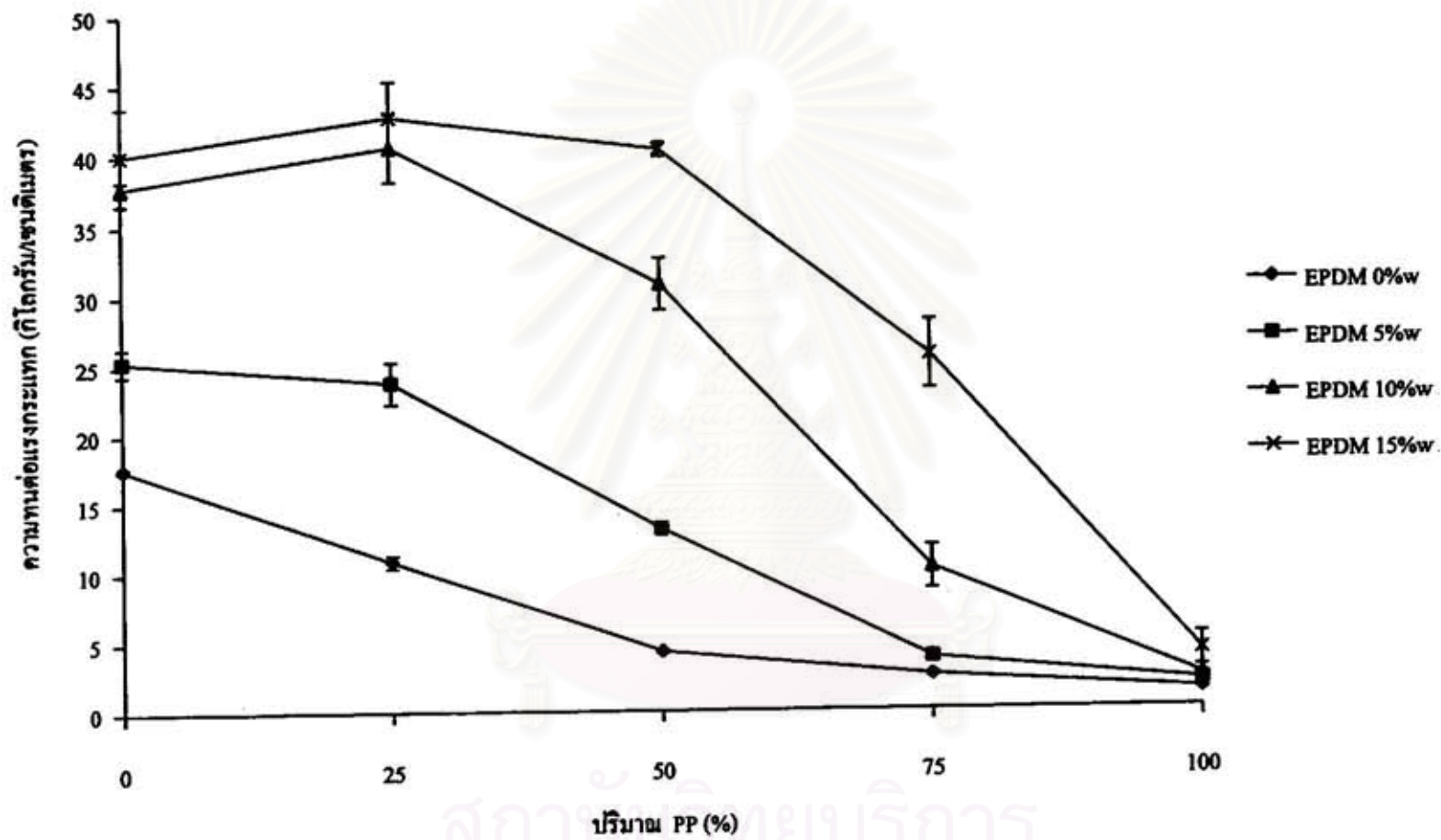
หน่วย : กิโลกรัม/เซนติเมตร

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	EDPM(%w)			
		0	5	10	15
100/0	1	17.71	24.24	37.43	36.44
	2	17.55	25.64	37.42	43.70
	3	17.46	26.11	38.28	39.34
	ค่าเฉลี่ย	17.57±0.13	25.33±0.97	37.71±0.49	39.99±3.43
75/25	1	10.93	22.36	37.73	42.95
	2	11.20	25.37	41.51	39.91
	3	10.30	23.45	42.28	45.08
	ค่าเฉลี่ย	10.81±0.46	23.73±1.52	40.51±2.44	42.65±2.6
50/50	1	4.39	13.45	32.47	39.69
	2	4.29	13.31	28.78	40.65
	3	4.12	12.59	30.94	40.41
	ค่าเฉลี่ย	4.27±0.14	13.12±0.46	30.73±1.85	40.25±0.50
25/75	1	2.39	3.69	11.76	28.00
	2	2.34	3.50	10.18	25.60
	3	2.58	4.00	8.67	23.04
	ค่าเฉลี่ย	2.44±0.13	3.73±0.25	10.20±1.54	25.55±2.48
0/100	1	1.29	1.86	2.28	4.32
	2	1.31	1.92	2.30	5.12
	3	1.31	1.96	2.30	2.77
	ค่าเฉลี่ย	1.30±0.01	1.91±0.05	2.29±0.01	4.07±1.19

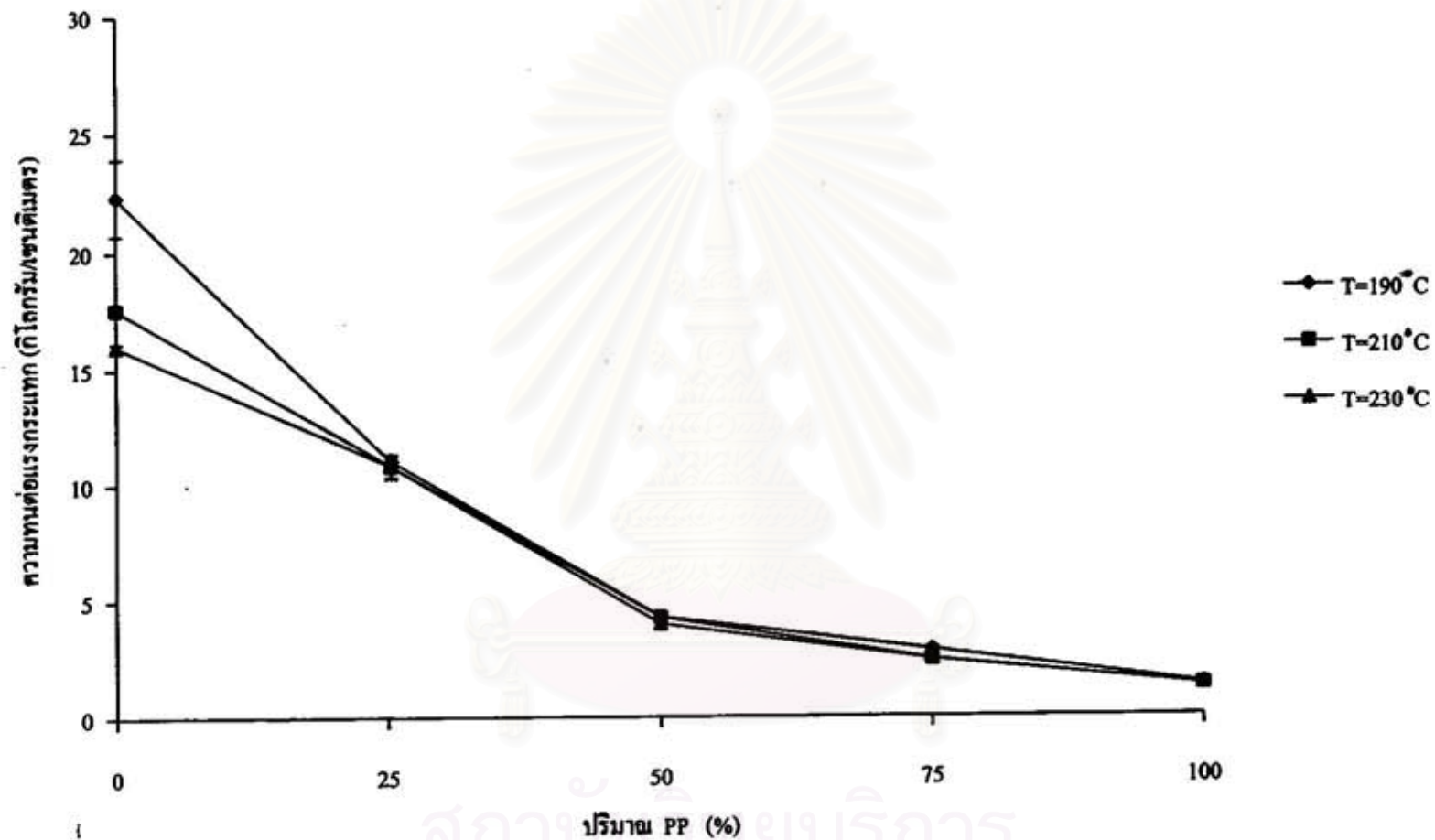
ตารางที่ 4.19 ผลของค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

หน่วย : กิโลกรัม/เซนติเมตร

HDPE/PP (%w/w)	การทดลองที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		190	210	230
100/0	1	23.89	17.71	15.90
	2	20.67	17.55	16.15
	3	22.36	17.46	15.90
	ค่าเฉลี่ย	22.31±1.61	17.57±0.13	15.98±0.14
75/25	1	10.82	10.93	10.79
	2	11.20	11.20	10.27
	3	11.08	10.30	11.34
	ค่าเฉลี่ย	11.03±0.19	10.81±0.46	10.80±0.54
50/50	1	4.28	4.39	4.17
	2	4.41	4.29	2.83
	3	4.17	4.12	3.98
	ค่าเฉลี่ย	4.29±0.12	4.27±0.14	3.99±0.17
25/75	1	2.92	2.39	2.41
	2	2.74	2.34	2.43
	3	2.89	2.58	2.46
	ค่าเฉลี่ย	2.85±0.10	2.44±0.13	2.43±0.02
0/100	1	1.39	1.29	1.31
	2	1.31	1.31	1.28
	3	1.34	1.31	1.37
	ค่าเฉลี่ย	1.35±0.04	1.30±0.01	1.32±0.04



รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM กับ ปริมาณ PP และ EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP กับ ปริมาณ PP และ อุณหภูมิ

4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ

จากข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพในหัวข้อที่ 4.3 นั้นนำมาทำการทดสอบความแปรปรวนและการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 7.5.1 มาช่วยในการคำนวณ ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

4.4.1.1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าอัตราการใช้

เมื่อนำผลการทดสอบอัตราการใช้ในตารางที่ 4.1-4.6 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.20 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP, EPDM และ อลูมิเนียม ส่งผลต่อค่าอัตราการใช้ของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับ EPDM ,ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับอลูมิเนียม และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่าง EPDM กับอลูมิเนียม ส่งผลต่อค่าความดงจำเพาะของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP, EPDM และ อลูมิเนียม ส่งผลต่อค่าความดงจำเพาะของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้กับปริมาณ PP, และ EPDM ที่อลูมิเนียมต่างๆ ในรูปที่ 4.1-4.6 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.20 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP , EPDM และ อลูมิเนียม ที่มีต่อค่าอัตราการใช้ของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าอัตราการใช้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่อปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าอัตราการใช้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่ออลูมิเนียมเพิ่มขึ้นทำให้ค่าอัตราการใช้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าอัตราการไหลของของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

			Sum of Square	Df	Mean Square	F
Melt Flow Rate of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends	Main Effects	(Combine)	734.622	12	61.219	1644.833 ^{ns}
		HDPE/PP	135.625	4	33.906	911.004 ^{ns}
		EPDM	21.082	3	7.027	188.811 ^{ns}
	2-WAY Interaction	Temperature	574.275	5	114.855	3085.948 ^{ns}
		(Combine)	124.072	47	2.640	70.928 ^{ns}
		HDPE/PP*	4.191	12	0.349	9.384 ^{ns}
		EPDM				
		HDPE/PP*	113.266	20	5.663	152.163 ^{ns}
		Temperature				
	3-WAY Interaction	EPDM *	6.415	15	0.428	11.491 ^{ns}
		Temperature				
		HDPE/PP*	5.847	60	0.097	2.618 ^{ns}
		EPDM*				
		Temperature				
Model		865.056	119	7.269	195.315 ^{ns}	
Residual		8.932	240	0.037		
Total		873.989	359	2.435		

หมายเหตุ -^{ns} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

4.4.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าความดงจำเพาะ

1.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

เมื่อนำผลการทดสอบค่าความดงจำเพาะในตารางที่ 4.8 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.21 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP และ EPDM ส่งผลต่อค่าความดงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/ EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วน

ของ HDPE/PP กับ EPDM ส่งผลต่อค่าความดงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความดงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

			Sum of Square	df	Mean Square	F
Specific Gravity of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends	Main Effects	(Combine)	0.01384	7	0.00197	611.311 ^{**}
		HDPE/PP	0.01265	4	0.00316	977.804 ^{**}
		EPDM	0.00190	3	0.00040	122.653 ^{**}
	2-WAY Interaction	HDPE/PP* EPDM	0.00017	12	0.00001	4.577 ^{**}
	Model		0.01401	19	0.00074	228.111 ^{**}
	Residual		0.00013	40	0.00000	
	Total		0.01414	59	0.00024	

หมายเหตุ -^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดงจำเพาะกับปริมาณ PP และ EPDM ในรูปที่ 4.17 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.21 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP กับ EPDM ที่มีต่อค่าความดงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความดงจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่อปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความดงจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และยังพบว่าที่ EPDM 15% ความดงจำเพาะจะลดลงอย่างมาก

2.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำผลการทดสอบค่าความดงจำเพาะในตารางที่ 4.9 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.22 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP และ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่าความดงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่าง

สัดส่วนของ HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูปไม่ส่งผลต่อค่าความด่างจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความด่างจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

			Sum of Square	df	Mean Square	F
Specific Gravity of HDPE/PP Binary Blends	Main Effects (Combine)	HDPE/PP	0.00882	6	0.00147	275.89 ¹
		Temperature	0.00876	4	0.00219	410.806 ¹
	2-WAY	HDPE/PP*	0.00006	2	0.00003	5.754 ²
	Interaction	Temperature	0.00006	8	0.00001	1.384 ³
	Model		0.00888	14	0.00063	118.986 ¹
	Residual		0.00016	30	0.00000	
	Total		0.00904	44	0.00020	

- หมายเหตุ
- ¹ หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %
 - ² หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 97.5 %
 - ³ หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 50 %

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความด่างจำเพาะกับ ปริมาณ PP และ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ในรูปที่ 4.18 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตาราง ที่ 4.22 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ที่มีต่อค่าความด่างจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้นจะส่งผล ให้ค่าความด่างจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่ออุณหภูมิในการขึ้นรูปเปลี่ยนไปส่งผลให้ค่า ความด่างจำเพาะเปลี่ยน ไปอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่เห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ชัดเจน

4.4.1.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าความทนต่อแรงดึง

1.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำผลการทดสอบค่าความทนต่อแรงดึงในตารางที่ 4.10 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.23 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP และ EPDM ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับ EPDM ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับ ปริมาณ PP และ EPDM ในรูปที่ 4.19 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.23 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP กับ EPDM ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่อปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

		Sum of Square	df	Mean Square	F
Tensile Strength of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends	Main Effects (Combine)	171838.8	7	24548.405	3005.913 ¹⁾
	HDPE/PP	124268.1	4	31067.020	3804.107 ¹⁾
	EPDM	47570.754	3	15856.918	1941.654 ¹⁾
	2-WAY Interaction	1445.384	12	120.449	14.749 ¹⁾
	Model	173284.2	19	9120.222	1116.757 ¹⁾
	Residual	326.668	40	8.167	
	Total	173610.9	59	2942.557	

หมายเหตุ -¹⁾ หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

2.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำผลการทดสอบค่าความทนต่อแรงดึงในตารางที่ 4.11 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.24 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP และ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่าง สัดส่วนของ HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ไม่ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับ ปริมาณ PP และอุณหภูมิในการขึ้นรูป ในรูปที่ 4.20 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนใน ตารางที่ 4.24 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่ออุณหภูมิในการขึ้นรูปเปลี่ยนไปส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โพลิเมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิในการขึ้นรูปเป็น 210°C จะมีค่าความทนต่อแรงดึงมากกว่าโพลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 190 °C

และ 230°C ซึ่งที่ 2 อุณหภูมินี้ มีค่าความทนต่อแรงดึงใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

			Sum of Square	df	Mean Square	F
Tensile Strength of HDPE/PP Binary Blends	Main Effects	(Combine)	119904.3	6	19984.045	741.899 ¹
		HDPE/PP	118909.2	4	29727.309	1103.614 ¹
		Temperature	995.034	2	497.517	18.470 ¹
	2-WAY	HDPE/PP*	306.072	8	38.259	1.420 ²
	Interaction	Temperature				
	Model		120210.3	14	8586.453	318.769 ¹
	Residual		808.090	30	26.936	
	Total		121018.4	44	2750.419	

หมายเหตุ -¹ หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

-² หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 50 %

4.4.1.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบ ค่า 100% โมดูลัสของ ความยืดหยุ่น

1.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำผลการทดสอบค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.12 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.25 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP และ EPDM ส่งผลต่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น ของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับ EPDM ส่งผลต่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

	Sum of Square	df	Mean Square	F
100% Modulus of Elasticity of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends	34379.228	7	4911.318	563.988 ^{a1}
Main Effects (Combine)				
HDPE/PP	30465.406	4	7616.352	874.618 ^{a1}
EPDM	3913.822	3	1304.607	149.814 ^{a1}
2-WAY Interaction				
HDPE/PP* EPDM	409.947	12	34.162	3.923 ^{a2}
Model	3489.175	19	1831.009	210.263 ^{a1}
Residual	348.328	40	8.708	
Total	35137.503	59	595.551	

หมายเหตุ -^{a1} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

-^{a2} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.73 %

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP และ EPDM ในรูปที่ 4.21 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.25 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP กับ EPDM ที่มีต่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ดังนี้ คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่อปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ HPDE/PP(100/0), HPDE/PP(75/25) และ HPDE/PP(50/50) จะมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ลดลงอย่างมาก

2.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำผลการทดสอบ ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.13 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.26 จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของ HDPE/PP และ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

		Sum of Square	df	Mean Square	F
100% Modulus of Elasticity of HDPE/PP	Main Effects (Combine)	18872.413	6	3145.402	277.260 ¹
	HDPE/PP	18714.935	4	4678.734	412.420 ¹
	Temperature	157.478	2	78.739	6.941 ²
Binary Blends	2-WAY HDPE/PP*	312.863	8	39.108	3.447 ³
	Interaction Temperature				
Model		19185.276	14	1370.377	120.796 ¹
Residual		30340.338	30	11.345	
Total		19525.614	44	443.764	

- หมายเหตุ
- ¹ หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %
 - ² หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
 - ³ หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 97.5 %

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP และ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ในรูปที่ 4.22 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.26 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วนของ PP/HDPE กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูปที่มีต่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ดังนี้ คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่ออุณหภูมิในการขึ้นรูปเปลี่ยนไปส่งผลให้ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิ 210°C จะมีค่ามากที่สุดรองลงมาเป็นอุณหภูมิ 190°C และ 230°C ตามลำดับ แต่ที่ HDPE/PP (0/100) อุณหภูมิ 230°C มีค่าสูงสุด

4.4.1.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น

1.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.14 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.27 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ส่วนของ HDPE/PP และ EPDM ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ส่วนของ HDPE/PP กับ EPDM ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

			Sum of Square	df	Mean Square	F
% Elongation	Main Effects	(Combine)	903081.8	7	129011.7	606.957 st
of		HDPE/PP	690651.2	4	172662.8	812.321 st
HDPE/PP/EPDM		EPDM	212430.6	3	70810.199	333.139 st
Ternary Blends	2-WAY	HDPE/PP *	10981.706	12	915.142	4.305 st
	Interaction	EPDM				
	Model		914063.5	19	48108.604	226.335 st
	Residual		8502.191	40	212.555	
	Total		922565.7	59	15636.706	

หมายเหตุ -st หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น กับ ปริมาณ PP และ EPDM ในรูปที่ 4.24 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.27 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP กับ EPDM ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น ของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ดังนี้คือ เมื่อ ปริมาณ PP เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญและพบว่าที่ HDPE/PP(75/25) ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์

ความยืดหยุ่นมีค่าสูงกว่าที่ส่วนผสมอื่นๆ เมื่อปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ EPDM 5% จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นต่ำที่สุด

2.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.15 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.28 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP และ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับ อุณหภูมิ ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

		Sum of Square	df	Mean Square	F
%Elongation of HDPE/PP	Main Effects (Combine)	371906.6	6	61984.425	361.850 ¹¹
	HDPE/PP	353387.2	4	88346.808	515.747 ¹¹
Binary Blends	Temperature	18519.319	2	9259.660	54.056 ¹¹
	2-WAY HDPE/PP*	6490.217	8	811.277	4.736 ¹²
	Interaction Temperature				
	Model	378396.8	14	27028.341	157.785 ¹¹
	Residual	5138.961	30	171.299	
	Total	383535.7	44	8716.721	

- หมายเหตุ -¹¹ หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %
 -¹² หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.73 %

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP และ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ในรูปที่ 4.25 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนใน

ตารางที่ 4.28 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่ออุณหภูมิในการขึ้นรูปเปลี่ยนไปส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210°C จะมีค่ามากที่สุดรองลงมาเป็นอุณหภูมิ 190°C และ 230°C ตามลำดับ

4.4.1.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าความแข็ง

1.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำผลการทดสอบค่าความแข็งในตารางที่ 4.16 มาทำการวิเคราะห์ ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.29 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP และ EPDM ส่งผลต่อค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับ EPDM ส่งผลต่อค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับปริมาณ PP และ EPDM ในรูปที่ 4.26 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.29 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน PP/HDPE กับ EPDM ที่มีต่อความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าที่ HDPE/PP (100/0), HDPE/PP (75/25) และ HDPE/PP (0/100) ที่มี EPDM 5% และ 10% มีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

			Sum of Square	df	Mean Square	F
Hardness of HDPE/PP/EPDM	Main Effects	(Combine)	1132.646	7	161.807	561.595 st
		HDPE/PP	981.296	4	245.324	851.464 st
		EPDM	151.351	3	50.450	175.101 st
Ternary Blends	2-WAY	HDPE/PP*	16.791	12	1.399	4.857 st
	Interaction	EPDM				
Model			1149.438	19	60.497	209.971 st
Residual			11.525	40	0.288	
Total			1160.962	59	19.677	

หมายเหตุ -st หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

2.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำผลการทดสอบค่าความแข็งในตารางที่ 4.17 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.30 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับอุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับ %PP ใน โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP และ อุณหภูมิ ในรูปที่ 4.27 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนใน ตารางที่ 4.28 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP กับ อุณหภูมิ ที่มีต่อค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ดังนี้คือ-เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และ เมื่ออุณหภูมิในการขึ้นรูปเปลี่ยนไปส่งผลให้ค่าความแข็งเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 210 °C จะมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสมที่มีอุณหภูมิในการขึ้นรูปเป็น 190 °C

และ 230 °C มีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

		Sum of Square	df	Mean Square	F
Hardness of HDPE/PP Binary Blends	Main Effects (Combine)	740.892	6	123.482	535.842 ¹¹
	HDPE/PP	707.282	4	176.821	767.302 ¹¹
	Temperature	33.609	2	16.805	72.923 ¹¹
	2-WAY HDPE/PP*	12.235	8	1.529	6.637 ¹¹
	Interaction Temperature				
	Model	753.127	14	53.795	233.439 ¹¹
	Residual	6.913	30	0.230	
	Total	760.040	44	17.274	

หมายเหตุ -¹¹ หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

4.4.1.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าความทนต่อแรง

กระแทก

1.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำผลการทดสอบค่าความทนต่อแรงกระแทกในตารางที่ 4.18 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.31 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP และ EPDM ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับ EPDM ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณ PP และ EPDM ในรูปที่ 4.27 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.31 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

กับ EPDM ที่มีต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อปริมาณ EPDM เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะโพลิเมอร์ผสม ที่มีส่วนผสมของ PP 25% ขึ้นไปค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ตารางที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

			Sum of Square	df	Mean Square	F
Impact Strength of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends	Main Effects	(Combine)	11997.645	7	1713.949	813.524 st
		HDPE/PP	7089.955	4	1772.489	841.309 st
		EPDM	4907.690	3	1635.897	776.476 st
	2-WAY Interaction	HDPE/PP* EPDM	1561.091	12	130.091	6.747 st
	Model		13558.736	19	713.618	338.718 st
	Residual		84.273	40	2.107	
	Total		13643.009	59	231.237	

หมายเหตุ -st หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

2.) โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำผลการทดสอบค่าความทนต่อแรงกระแทกในตารางที่ 4.19 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.32 จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของ HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ HDPE/PP กับอุณหภูมิในการขึ้นรูป ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

			Sum of Square	df	Mean Square	F
Impact Strength of HDPE/PP Binary Blends	Main Effects	(Combine)	1894.100	6	315.683	1452.367 ^{**}
		HDPE/PP	1876.866	4	469.216	2158.728 ^{**}
		Temperature	17.235	2	8.617	39.646 ^{**}
	2-WAY	HDPE/PP	48.295	8	6.037	27.774 ^{**}
	Interaction	Temperature				
	Model		1942.396	14	138.743	638.314 ^{**}
	Residual		6.521	30	0.217	
	Total		1948.916	44	44.294	

หมายเหตุ -^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณ PP และ อุณหภูมิในการขึ้นรูป ในรูปที่ 4.29 และ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.32 สามารถอธิบายถึงลักษณะของผลกระทบของสัดส่วน HDPE/PP กับ อุณหภูมิในการขึ้นรูปที่มีต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของ HDPE/PP ได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณ PP เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและเมื่ออุณหภูมิในการขึ้นรูปเปลี่ยนไปส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน แต่ HDPE จะมีค่าความทนต่อแรงกระแทกแตกต่างได้ชัดเจนที่สุดโดย HDPE ขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 190°C จะมีค่าความทนต่อแรงกระแทกมากที่สุด รองลงมาเป็น 210°C และ 230°C ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล

ได้ทำการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS Version 7.5.1 มาช่วยในการวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยแบบ Stepwise โดยมีความน่าจะเป็น F (Probability F) นำเข้า (Enter) เป็น 0.05 และ นำออก (Removal) เป็น 0.10 สมการที่ได้สามารถนำไปใช้ทำนายคุณสมบัติได้ภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้

1. สำหรับการทำนายคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของโพลีเมอร์ผสม

HDPE/PP/EPDM

HDPE และ PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP มีค่าอยู่ในช่วง 0-100% โดยน้ำหนัก โดยที่สัดส่วนทั้งสองรวมกันเป็น 100%

EPDM มีค่าอยู่ในช่วง 0-15% โดยน้ำหนัก

2. สำหรับการทำนายคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของโพลีเมอร์ผสม

HDPE/PP

HDPE และ PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP มีค่าอยู่ในช่วง 0-100% โดยน้ำหนัก โดยที่สัดส่วนทั้งสองรวมกันเป็น 100%

อุณหภูมิในการฉีดขึ้นรูปมีค่าอยู่ในช่วง 190°C - 230°C

จากการวิเคราะห์การถดถอยได้ผลแสดงดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.1 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าอัตราการไหล

เมื่อนำข้อมูลค่าอัตราการไหลในตารางที่ 4.3 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.33 จากตารางที่ 4.33 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหล HDPE PP EPDM และ อุณหภูมิได้ดังนี้

$$\bar{Y} = 1.317 + 1.220 \cdot 10^{-3} X_2 - 1.410 \cdot 10^{-3} X_3 - 4.21 \cdot 10^{-7} X_1^2 X_2 - 2.67 \cdot 10^{-3} X_3^2 X_2 \quad (4.1)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยอัตราการไหล (g/10 min)

X_1 = HDPE ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = EPDM (%wt)

จากสมการถดถอยที่ (4.1) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (Coefficient of Determination : R^2) เท่ากับ 0.982

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าอัตราการไหลของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	10.223	4	2.556	736.843 ^{**}
Residual	0.191	55	0.003	
Total	10.414	59		
R Square = 0.982 Std.Error of the Estimate = 0.23412				
Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	T	Sig
(Constant)	1.317	0.024	56.011	0.000
PP	1.220E-02	0.000	41.038	0.000
EPDM	-2.67E-05	0.000	-11.720	0.000
HDPE^2*PP	-1.41E-02	0.002	-6.440	0.000
EPDM^2*PP	-4.21E-07	0.000	-3.246	0.002

Predictors : (Constant), PP, EPDM, HDPE^2 PP, EPDM^2*PP

Dependent Variable : Melt Flow Rate of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends

หมายเหตุ -^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %
E-04 หมายถึง 10^{-4}

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความด่งจำเพาะ

1.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำข้อมูลค่าความด่งจำเพาะในตารางที่ 4.8 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.33 จากตารางที่ 4.33 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างความด่งจำเพาะกับ HDPE, PP และ EPDM ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \bar{Y} = & 0.909 + 1.592 \cdot 10^{-4} X_1 - 9.45 \cdot 10^{-4} X_3 + 2.507 \cdot 10^{-4} X_1^2 \\ & + 1.349 \cdot 10^{-7} X_1 X_2 X_3 \end{aligned} \quad (4.2)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความด่งจำเพาะ

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = EPDM (%wt)

จากสมการถดถอยที่ (4.2) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความด่งจำเพาะของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.978

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความถ่วงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	1.384E-02	4	3.460E-03	625.670 ^{**}
Residual	3.410E-04	55	5.530E-06	
Total	1.414E-02	59		
R Square = 0.978 Std.Error of the Estimate = 2.35E-03				
Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(Constant)	0.909	0.001	932.721	0.000
HDPE	1.592E-04	0.000	3.159	0.003
PP	-9.45E-04	0.000	-10.724	0.000
HDPE^2	2.507E-06	0.000	5.114	0.013
HDPE*PP*EPDM	1.349E-07	0.000		

Predictors : (Constant), HDPE, EPDM, HDPE^2, HDPE*PP*EPDM

Dependent Variable : Specific Gravity of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends

หมายเหตุ ^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำข้อมูลค่าความด่างจำเพาะในตารางที่ 4.9 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.35 จากตารางที่ 4.35 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความด่างจำเพาะกับ HDPE, PP และอุณหภูมิ ได้ดังนี้

$$\bar{Y} = 0.909 + 6.508 \cdot 10^{-4} X_1^2 - 1.20 \cdot 10^{-4} X_1^2 X_3 + 3.022 \cdot 10^{-4} X_2^2 X_1 \quad (4.3)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความด่างจำเพาะ

X_1 = HDPE ใน โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ใน โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = อุณหภูมิในการขึ้นรูป ($^{\circ}\text{C}$)

สมการถดถอยที่ (4.3) นี้สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความด่างจำเพาะของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.974

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความถ่วงจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ANOVA					
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig
Model	8.808E-03	3	2.936E-03	510.100 ^a	
Residual	2.360E-04	41	5.756E-06		
Total	9.044E-03	44			
R Square = 0.974 Std.Error of the Estimate = 2.40E-03					
Coefficients					
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig	
(Constant)	0.909	0.001	1148.146	0.000	
HDPE ²	6.508E-06	0.000	7.384	0.000	
PP ² *HDPE	3.022E-08	0.000	4.515	0.000	
HDPE ² *Temp	-1.20E-08	0.000	-2.885	0.006	

Predictors : (Constant), HDPE², PP²*HDPE, HDPE²*Temp

Dependent Variable : Specific Gravity of HDPE/PP Binary Blends

หมายเหตุ -^a หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.3 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึง

1.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงในตารางที่ 4.10 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.36 จากตารางที่ 4.36 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับ HDPE, PP และ EPDM ได้ดังนี้

$$\bar{Y} = 196.626 + 0.790X_2 - 10.440X_3 + 3.877 \cdot 10^{-2}X_2X_3 + 5.487 \cdot 10^{-4}X_1^2X_3 + 1.872 \cdot 10^{-4}X_2^2X_1 + 5.616 \cdot 10^{-5}X_2^3 + 6.598 \cdot 10^{-3}X_3^3 \quad (4.4)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงดึง (kg/cm²)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = EPDM (%wt)

สมการถดถอยที่ (4.4) นี้สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2)เท่ากับ 0.997

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	173015.4	7	24716.488	2158.386 st
Residual	595.472	52	11.451	
Total	173610.9	59		
R Square = 0.997 Std.Error of the Estimate = 3.3840				
Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(Constant)	196.626	1.620	121.367	0.000
PP	0.790	0.115	6.886	0.000
EPDM	-10.440	0.689	-15.157	0.000
HDPE^2*EPDM	5.487E-04	0.000	7.343	0.000
PP^2*HDPE	1.872E-04	0.000	7.289	0.000
PP^3	5.616E-05	0.000	5.198	0.000
EPDM^3	6.598E-03	0.001	8.589	0.000
PP*EPDM	3.877E-02	0.008	4.976	0.000

Predictors : (Constant), PP, EPDM, HDPE^2*EPDM, PP^2*HDPE, PP^3, EPDM^3, PP*EPDM

Dependent Variable : Tensile Strength of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends

หมายเหตุ -st หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

2.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงดังตารางที่ 4.11 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.37 จากตารางที่ 4.37 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ได้ดังนี้

$$\bar{Y} = 327.519 - 1.381X_1 - 3.31 \cdot 10^{-3}X_1X_2X_3 + 1.749 \cdot 10^{-4}X_2^2X_1 \quad (4.5)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงดึง (kg/cm^2)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = อุณหภูมิในการขึ้นรูป ($^{\circ}\text{C}$)

สมการถดถอยที่ (4.5) นี้สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.981

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.37 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	118839.5	3	39613.176	745.394 ^{**}
Residual	2178.902	41	53.144	
Total	121018.4	44		
R Square = 0.982 Std.Error of the Estimate = 7.2900				
Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(Constant)	327.519	2.412	135.762	0.000
HDPE	-1.381	0.034	-40.396	0.000
PP ² *HDPE	1.749E-04	0.000	4.387	0.000
HDPE*PP*Temp	-3.31E-05	0.000	-3.134	0.003

Predictors : (Constant), HDPE, PP²*HDPE, HDPE*PP*Temp

Dependent Variable : Tensile Strength of HDPE/PP Binary Blends

หมายเหตุ -^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.4 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น

1.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำข้อมูลค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.12 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.38 จากตารางที่ 4.38 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับ HDPE, PP และ EPDM ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \bar{Y} = & 97.715 + 0.380X_1 + 0.638X_2 - 1.886X_3 + 2.496 \cdot 10^{-3}X_2^2 \\ & + 6.218 \cdot 10^{-3}X_2^2X_1 + 1.291 \cdot 10^{-4}X_2^2X_3 \end{aligned} \quad (4.6)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ย 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น (kg/cm²)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = EPDM (%wt)

จากสมการถดถอยที่ (4.6) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของ 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น ของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.986

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.38 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	34640.611	6	5773.435	615.812 ^a
Residual	496.892	53	9.375	
Total	35137.503	59		

R Square = 0.986 Std.Error of the Estimate = 3.0619

Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(Constant)	97.715	13.650	7.159	0.000
PP	0.638	0.160	3.986	0.000
EPDM	-1.886	0.101	-18.614	0.000
PP ² *EPDM	1.291E-04	0.000	6.397	0.000
PP ² *HDPE	6.218E-05	0.000	4.150	0.000
PP ²	2.496E-03	0.001	2.940	0.005
HDPE	0.380	0.137	2.775	0.008

Predictors : (Constant), PP, EPDM, PP²*EPDM, PP²*EPDM, PP², HDPE

Dependent Variable : 100% Modulus of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends

หมายเหตุ -^a หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

2.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำข้อมูลค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.13 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.39 จากตารางที่ 4.39 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น กับ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ได้ดังนี้

$$\bar{Y} = 148.542 + 1.918 \cdot 10^{-3} X_2 X_3 - 3.89 \cdot 10^{-4} X_3^2 X_1 \quad (4.7)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ย 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น (kg/cm²)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = อุณหภูมิในการขึ้นรูป (°C)

จากสมการถดถอยที่ (4.7) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของ 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.964

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.39 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	18825.063	2	9412.532	564.308 ^{**}
Residual	700.550	42	16.680	
Total	19525.614	44		

R Square = 0.964 Std.Error of the Estimate = 4.0841

Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(Constant)	148.542	5.154	28.823	0.000
PP*Temp	1.918E-03	0.000	7.666	0.000
Temp ² *HDPE	-3.89E-06	0.000	-3.372	0.002

Predictors : (Constant), PP*Temp, Temp²*HDPE

Dependent Variable : 100% Modulus of HDPE/PP Binary Blends

หมายเหตุ -^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.5 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น

1.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C

เมื่อนำข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.14 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.40 จากตารางที่ 4.40 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับ HDPE, PP และ EPDM ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \bar{Y} = & 244.527 + 1.329X_1 + 5.817 \cdot 10^{-4}X_1^2X_2 - 1.22 \cdot 10^{-2}X_2^2 \\ & + 4.188 \cdot 10^{-2}X_3^3 \end{aligned} \quad (4.8)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น (%)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP(%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP(%wt)

X_3 = EPDM (%wt)

จากสมการถดถอยที่ (4.8) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.955

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.40 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	880710.8	4	220177.7	289.328 ^a
Residual	41854.864	55	760.998	
Total	922565.7	59		

R Square = 0.955 Std.Error of the Estimate = 27.5862

Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(Constant)	244.527	57.713	4.237	0.000
PP ²	-1.22E-02	0.006	-2.045	0.046
EPDM ³	4.188E-02	0.003	15.909	0.000
HDPE ² *PP	5.817E-04	0.000	5.016	0.000
HDPE	1.329	0.574	2.314	0.024

Predictors : (Constant), PP², EPDM³, HDPE²*PP, HDPE

Dependent Variable : %Elongation of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends

หมายเหตุ ^a หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

2.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.15 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.41 จากตารางที่ 4.41 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับ HDPE, PP และอุณหภูมิได้ดังนี้

$$\bar{Y} = 342.906 - 2.04 \cdot 10^{-3} X_2^2 + 3.914 \cdot 10^{-4} X_1^2 X_2 \quad (4.9)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น (%)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = อุณหภูมิในการขึ้นรูป (°C)

จากสมการถดถอยที่ (4.9) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.917

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.41 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	351747.4	2	175873.7	232.371 ^{*)}
Residual	31788.375	42	756.866	
Total	383535.7	44		
R Square = 0.917 Std.Error of the Estimate = 27.5112				
Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
Constant	342.906	9.083	37.754	0.000
PP ²	-2.04E-02	0.001	-16.281	0.000
HDPE ² *PP	3.914E-04	0.000	5.099	0.000

Predictors : (Constant), PP², HDPE²*PP

Dependent Variable : %Elongation of HDPE/PP Binary Blends

หมายเหตุ -^{*)} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.6 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความแข็ง

1.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำข้อมูลค่าความแข็งในตารางที่ 4.16 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.42 จากตารางที่ 4.42 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับ HDPE, PP และ EPDM ได้ดังนี้

$$\bar{Y} = 63.900 - 0.339X_1 + 2.647 \cdot 10^{-3}X_2^2 + 1.683 \cdot 10^{-5}X_1^2X_3 - 1.45 \cdot 10^{-5}X_2^3 \quad (4.10)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความแข็ง (shore D)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = EPDM (%wt)

จากสมการถดถอยที่ (4.10) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความแข็งของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.975

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.42 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความแข็งของ โพลีเมอร์ผสม
HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	1132.070	4	283.017	538.749 ^{**}
Residual	28.893	55	0.525	
Total	1160.962	59		
R Square = 0.975 Std.Error of the Estimate = 0.7248				
Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(constant)	63.900	0.266	240.053	0.000
PP ²	2.647E-03	0.000	13.109	0.000
EPDM	-0.339	0.023	-14.559	0.000
PP ³	-1.45E-05	0.000	-7.899	0.000
HDPE ² *EPDM	1.683E-05	0.000	3.894	0.000

Predictors : (Constant), PP²,EPDM, PP³,HDPE²*EPDM

Dependent Variable : Hardness of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends

หมายเหตุ -^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำข้อมูลค่าความแข็งในตารางที่ 4.17 มาทำการวิเคราะห์จะ
ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.43 จากตารางที่ 4.43 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์
ระหว่างค่าความแข็งกับ HDPE ,PP และ อุณหภูมิ ได้ดังนี้

$$\bar{Y} = 73.336 - 0.112X_1 \quad (4.11)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความแข็ง (shore D)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = อุณหภูมิในการขึ้นรูป ($^{\circ}\text{C}$)

จากสมการถดถอยที่ (4.11) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความแข็งของโพลีเมอร์ผสม
HDPE/PP ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.929

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.43 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	706.160	1	706.160	563.566 ^{**}
Residual	53.880	43	1.253	
Total	760.040	44		
R Square = 0.929 Std.Error of the Estimate = 1.1194				
Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(Constant)	76.336	0.289	264.115	0.000
HDPE	-0.112	0.005	-23.740	0.000

Predictors : (Constant), HDPE

Dependent Variable : Hardness of HDPE/PP Binary Blends

หมายเหตุ -^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.7 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทก

1.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

เมื่อนำข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกในตารางที่ 4.18 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.44 จากตารางที่ 4.44 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับ HDPE, PP และ EPDM ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \bar{Y} = & 2.416 + 9.111 \cdot 10^{-2} X_1 X_3 + 1.558 \cdot 10^{-3} X_1^2 - 6.77 \cdot 10^{-4} X_1^2 X_3 \\ & - 3.29 \cdot 10^{-3} X_2^2 X_1 - 5.52 \cdot 10^{-4} X_3^2 X_1 \end{aligned} \quad (4.12)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงกระแทก (kg/cm)

X_1 = HDPE ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_2 = PP ในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X_3 = EPDM (%wt)

จากสมการถดถอยที่ (4.12) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความทนต่อแรงกระแทกของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ (R^2) เท่ากับ 0.964

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.44 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	13147.176	5	2629.435	286.366 st
Residual	495.832	54	9.182	
Total	13643.009	59		

R Square = 0.964 Std.Error of the Estimate = 3.0302

Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
(Constant)	2.416	0.867	2.788	0.007
HDPE*EPDM	9.111E-02	0.006	16.077	0.000
HDPE^2*EPDM	-6.77E-04	0.000	-13.403	0.000
HDPE^2	1.558E-03	0.000	9.059	0.000
PP^2*HDPE	-3.29E-05	0.000	-3.630	0.001
EPDM^2*HDPE	-5.52E-04	0.000	-2.166	0.035

Predictors : (Constant), HDPE*EPDM, HDPE^2*EPDM, HDPE^2, PP^2*HDPE, EPDM^2*HDPE

Dependent Variable : Impact Strength of HDPE/PP/EPDM Ternary Blends

หมายเหตุ -st หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

2.) โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

เมื่อนำข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกในตารางที่ 4.19 มาทำการวิเคราะห์จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.45 จากตารางที่ 4.45 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับ HDPE, PP และ อุณหภูมิ ได้ดังนี้

$$\bar{Y} = -1.858 + 1.597 \cdot 10^{-4} X_2 X_3 + 4.617 \cdot 10^{-3} X_1^2 - 1.22 \cdot 10^{-5} X_1^2 X_3 \quad (4.13)$$

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงกระแทก (kg/cm)

X_1 = HDPE (%wt)

X_2 = PP (%wt)

X_3 = อุณหภูมิในการขึ้นรูป ($^{\circ}\text{C}$)

จากสมการถดถอยที่ (4.13) สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความทนต่อแรงกระแทกของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการคำนวณ R^2 เท่ากับ 0.982

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.45 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

ANOVA				
Source	Sum of Square	df	Mean Square	F
Model	1913.813	3	637.938	745.090 ^{**}
Residual	35.104	41	0.856	
Total	1948.916	44		
R Square = 0.982 Std.Error of the Estimate = 0.9253				
Coefficients				
Parameter	Coefficient	Std.error	t	Sig
Constant	-1.858	1.072	-1.734	0.090
HDPE ²	4.617E-03	0.000	12.539	0.000
HDPE ² *Temp	-1.22E-05	0.000	-7.575	0.000
PP*Temp	1.597E-04	0.000	2.690	0.010

Predictors : (Constant), HDPE², HDPE²*Temp , PP*Temp

Dependent Variable : Impact Strength of HDPE/PP Binary Blends

หมายเหตุ -^{**} หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.9 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของโพลิเมอร์ผสม

4.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพ

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับค่าความด่างจำเพาะ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.30 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ โดยการประมาณรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงหรือโพลีโนเมียลดีกรี 2

จากกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.30 จะเห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองนี้มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์ในเชิงลบต่อกัน กล่าวคือเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ความด่างจำเพาะมีแนวโน้มที่จะลดลง

4.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพกับเชิงกล

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP โดยการประมาณรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงหรือโพลีโนเมียลดีกรี 2 ดังต่อไปนี้

4.5.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับคุณสมบัติเชิงกลด้านต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.31 และ 4.32 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่าความทนต่อแรงดึงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น

2.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับค่า 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.33 และ 4.34 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่า 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่น มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

3.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.35 และ 4.36 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น มีแนวโน้มที่จะลดลง

4.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.37 และ 4.38 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกันคือ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น

5.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.39 และ 4.40 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกันคือ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่าความทนต่อแรงกระแทก มีแนวโน้มที่จะลดลง

4.5.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความด่างจำเพาะกับคุณสมบัติเชิงกลด้านต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความด่างจำเพาะกับค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.41 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกันคือ เมื่อค่าความด่างจำเพาะเพิ่มขึ้นค่าความทนต่อแรงดึงมีแนวโน้มที่จะลดลง

2.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความด่างจำเพาะกับค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.42 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่าความด่างจำเพาะเพิ่มขึ้นค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นมีแนวโน้มที่จะลดลง

3.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความด่างจำเพาะกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.43 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่าความด่างจำเพาะเพิ่มขึ้นค่าความแข็งมีแนวโน้มที่จะลดลง

4.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความด่างจำเพาะกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.44 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่อค่าความด่างจำเพาะเพิ่มขึ้นค่าความทนต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

4.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเชิงกล

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP โดยการประมาณรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงหรือโพลิโนเมียลดีกรี 2 ดังต่อไปนี้

4.5.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับคุณสมบัติเชิงกลด้านต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่า 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.45 และ 4.46 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่อค่าความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่า 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

2.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.47 และ 4.48 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่าความทนต่อแรงดึงลดลง ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมีแนวโน้มที่จะลดลง

3.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.49 และ 4.50 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือ เมื่อค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

4.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าความทนต่อ

แรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.51 และ 4.52 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่าความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มที่จะลดลง

4.5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับคุณสมบัติเชิงกลด้านต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.53 และ 4.54 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมีแนวโน้มที่จะลดลง

2.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.55 และ 4.56 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

3.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.57 และ 4.58 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น ความทนต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มที่จะลดลง

4.5.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับคุณสมบัติเชิงกลด้านต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.59 และ 4.60 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีแนวโน้มที่จะลดลง

2.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C แสดงไว้ในรูปที่ 4.61 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

4.5.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP แสดงไว้ในรูปที่ 4.62 และ 4.63 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่าความแข็งเพิ่มขึ้นค่าความทนต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มที่จะลดลง

4.5.4 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่ได้ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติได้ดังนี้

4.5.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและกายภาพ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับค่าความด่างจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP อธิบายได้โดยรูปแบบของความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลดีกรี 2 โดยค่า R^2 ที่ได้มีค่าสูงมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.30

4.5.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

จากการประมวลรูปแบบของสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลในเชิงเส้นตรงและโพลิโนเมียลดีกรี 2 พบว่ามีคู่ของคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กันเป็นแบบเส้นตรงหรือโพลิโนเมียลดีกรี 2 ดังต่อไปนี้

1.) ความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงมีดังต่อไปนี้

ค่าอัตราการไหลกับค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C และโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.31 และ 4.32

ค่าอัตราการไหลกับค่า 100 % โมดูลัสความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.34

ค่าอัตราการไหลกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.35

ค่าอัตราการไหลกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.37

ค่าความดุ้งจำเพาะกับค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.41

ค่าความดุ้งจำเพาะกับค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.42

ค่าความดุ้งจำเพาะกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.43

2.) ความสัมพันธ์ในรูปแบบ โพลิโนเมียลดีกรี 2

ค่าอัตราการไหลกับค่าความดุ้งจะเพาะของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.30

ค่าอัตราการไหลกับค่าความทนต่อแรงดึงของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.32

ค่าอัตราการไหลกับค่า 100% โมดูลัสความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.33

ค่าอัตราการไหลกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.36

ค่าอัตราการไหลกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.39 และ 4.40 ตามลำดับ

ค่าความดุ้งจำเพาะกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.44

4.5.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเชิงกลและเชิงกล

จากการประมวลรูปแบบของสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเชิงกลและเชิงกลในเชิงเส้นตรงและโพลีโนเมียลดีกรี 2 พบว่ามีคู่ของคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กันเป็นแบบเส้นตรงหรือโพลีโนเมียลดีกรี 2 ดังต่อไปนี้

1.) ความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงมีดังต่อไปนี้

ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.46

ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.47

ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.49

ค่า 100 % โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.57

ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.59 และ 4.60 ตามลำดับ

2.) ความสัมพันธ์ในรูปแบบโพลีโนเมียลดีกรี 2

ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.45

ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.48

ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.50

ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.51 และ 4.52 ตามลำดับ

ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น

ของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.53 และ 4.54 ตามลำดับ

ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.55 และ 4.56 ตามลำดับ

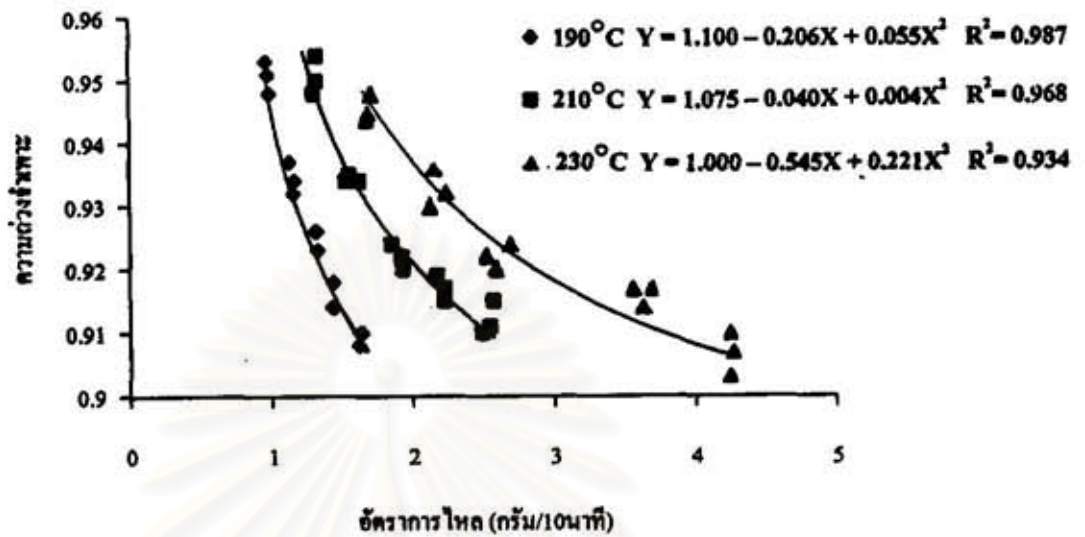
ค่า 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.58

ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.61

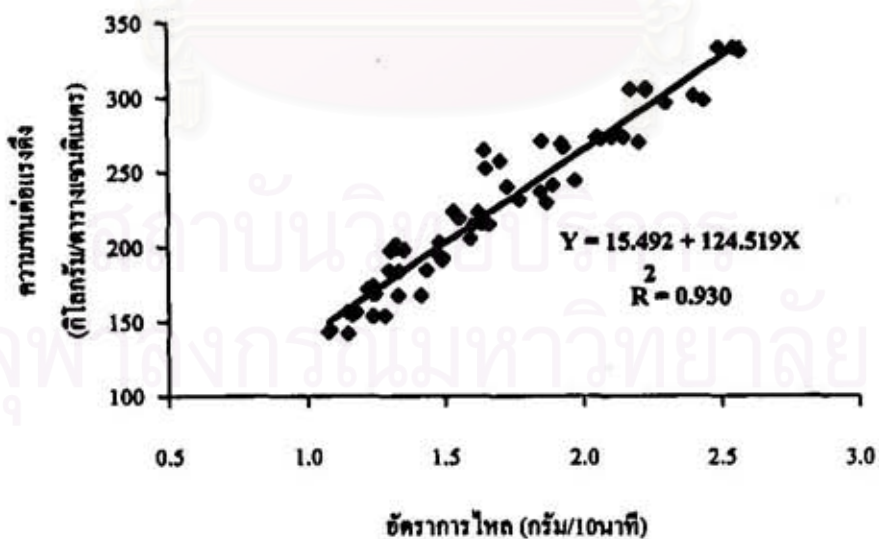
ค่าความแข็งกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C และโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP ดังแสดงในรูปที่ 4.62 และ 4.63 ตามลำดับ



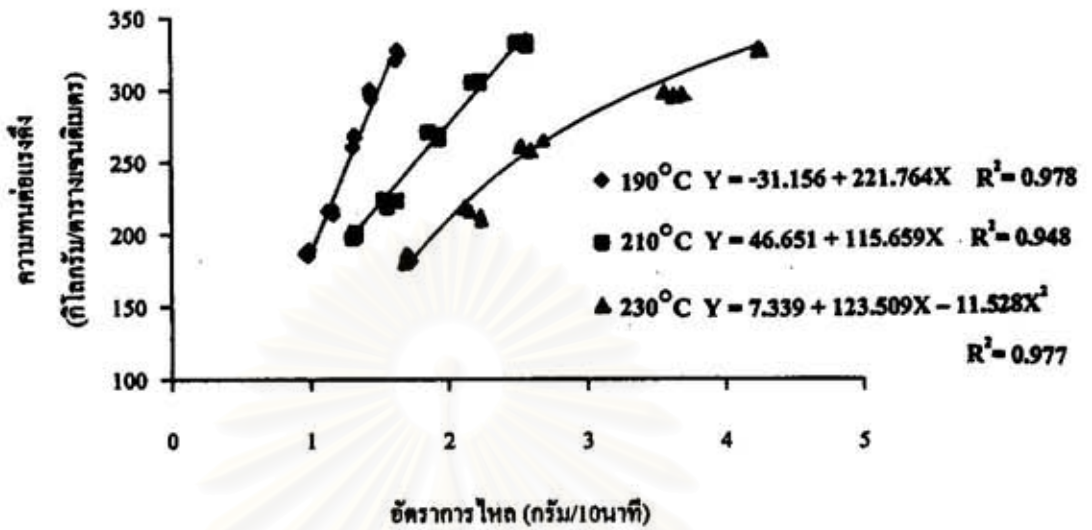
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



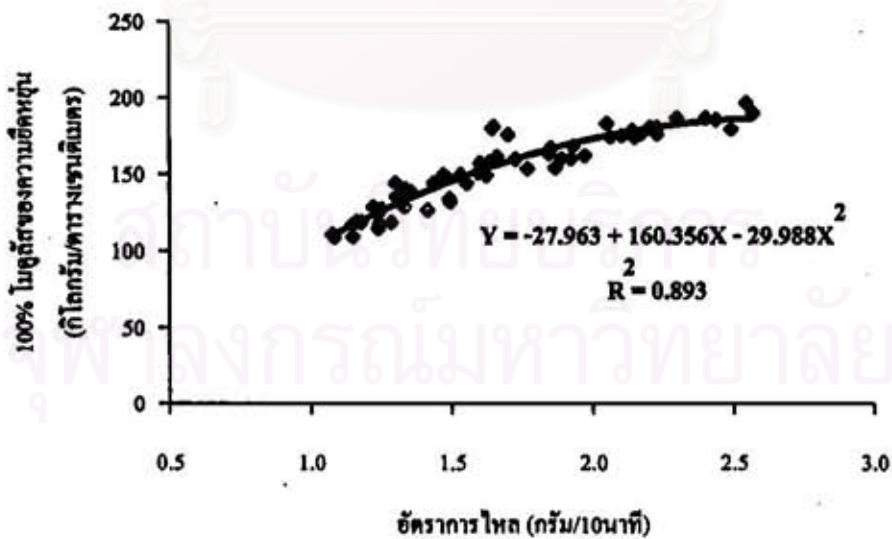
รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความด่งจำเพาะของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



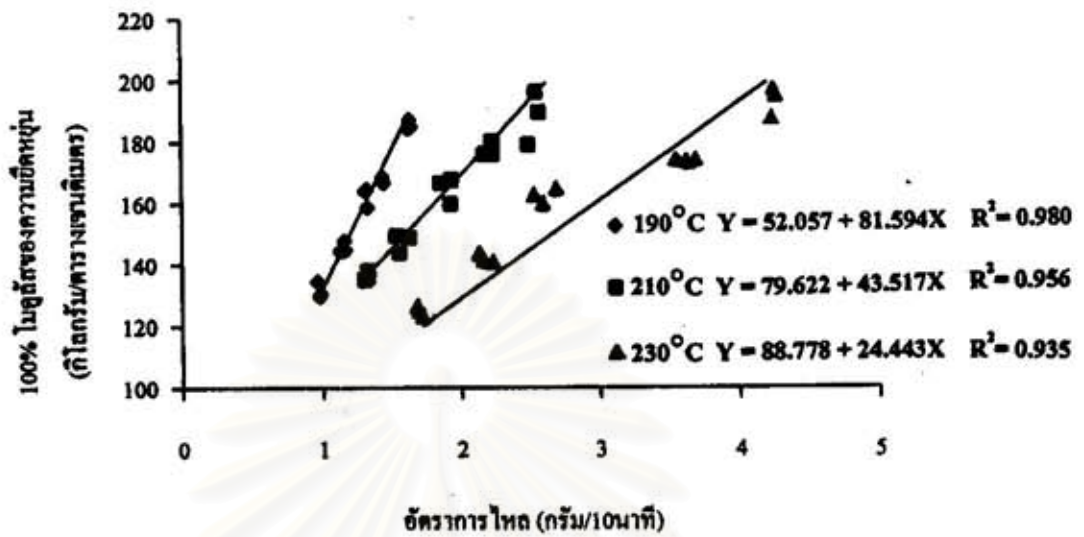
รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



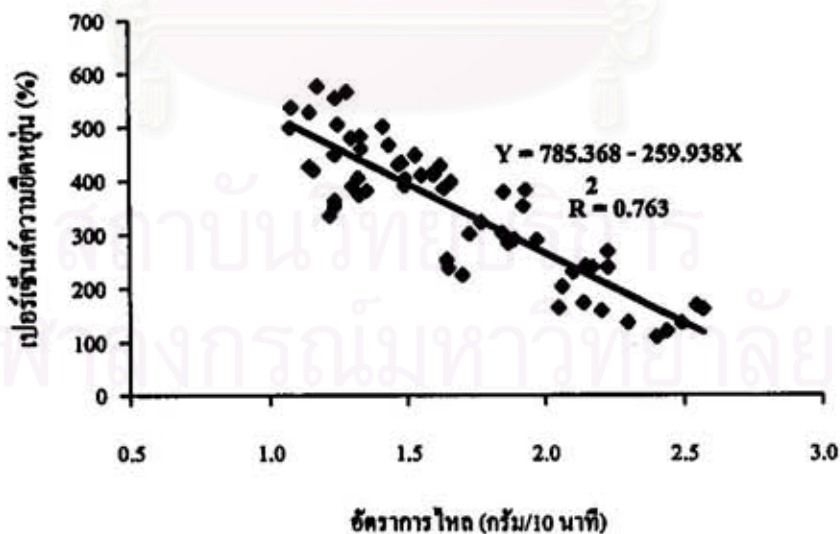
รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ความร้อนกับความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



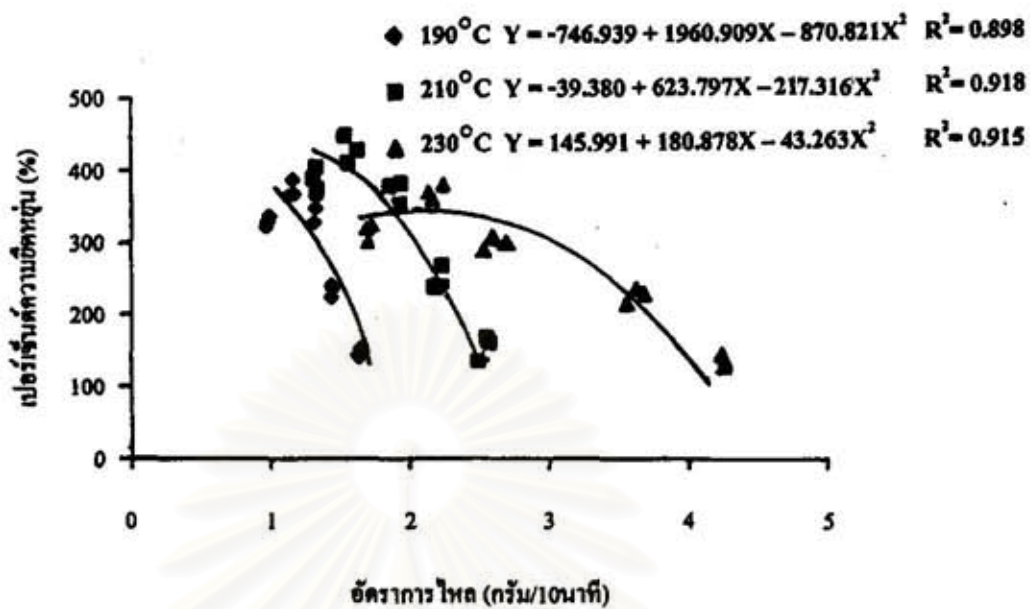
รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ความร้อนกับ 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



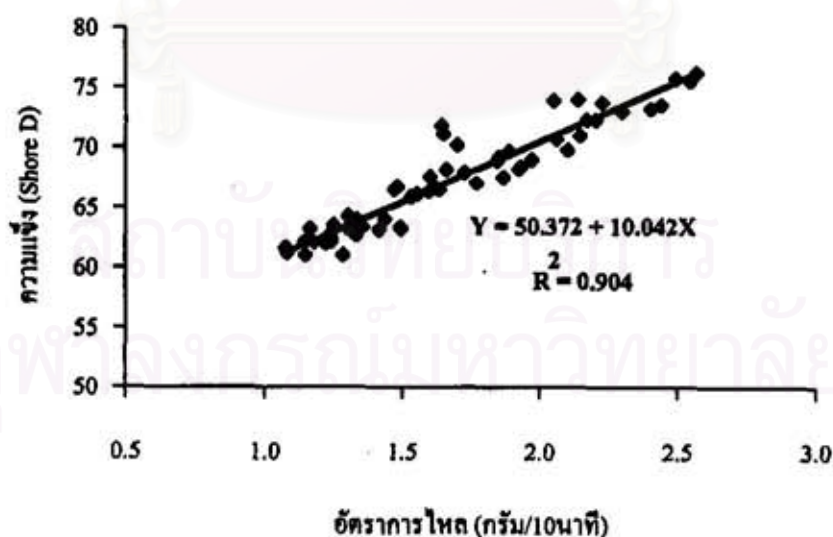
รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับ 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP



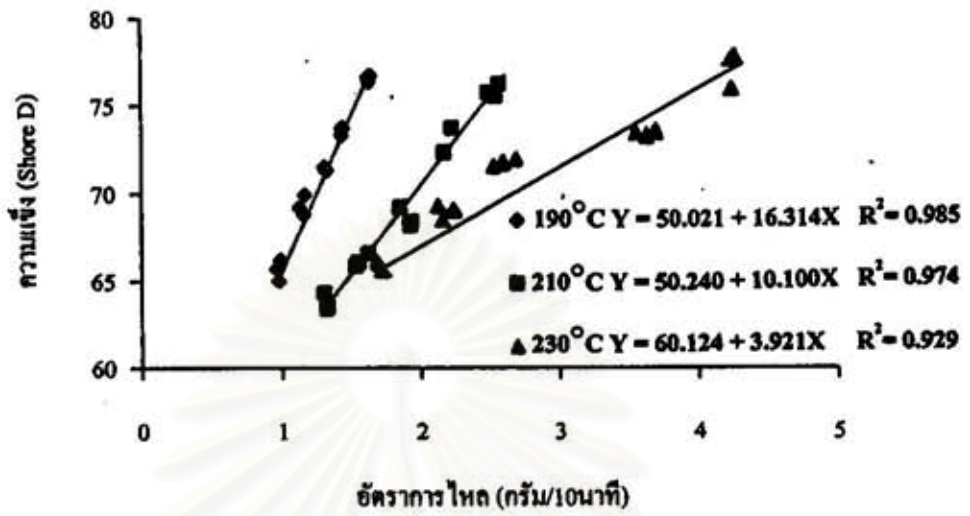
รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP /EPDM ขึ้นรูป 210 องศาเซลเซียส



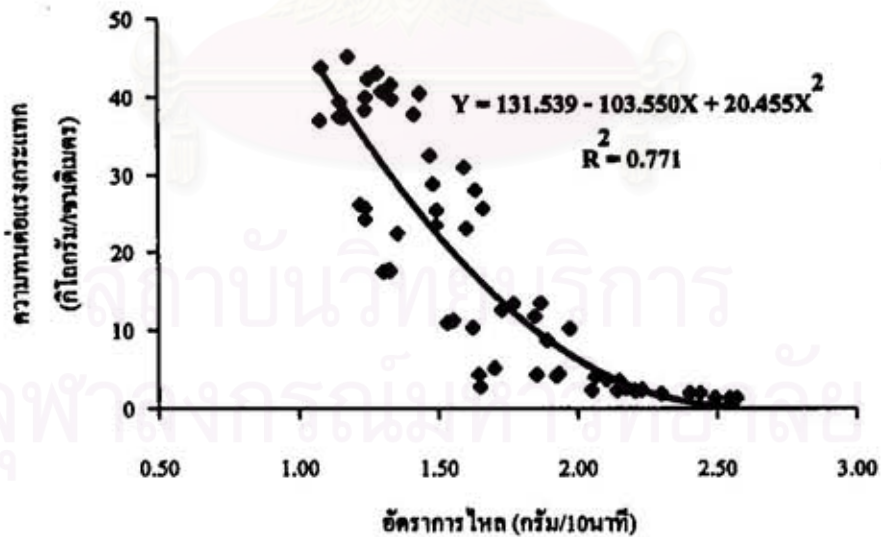
รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้กับเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



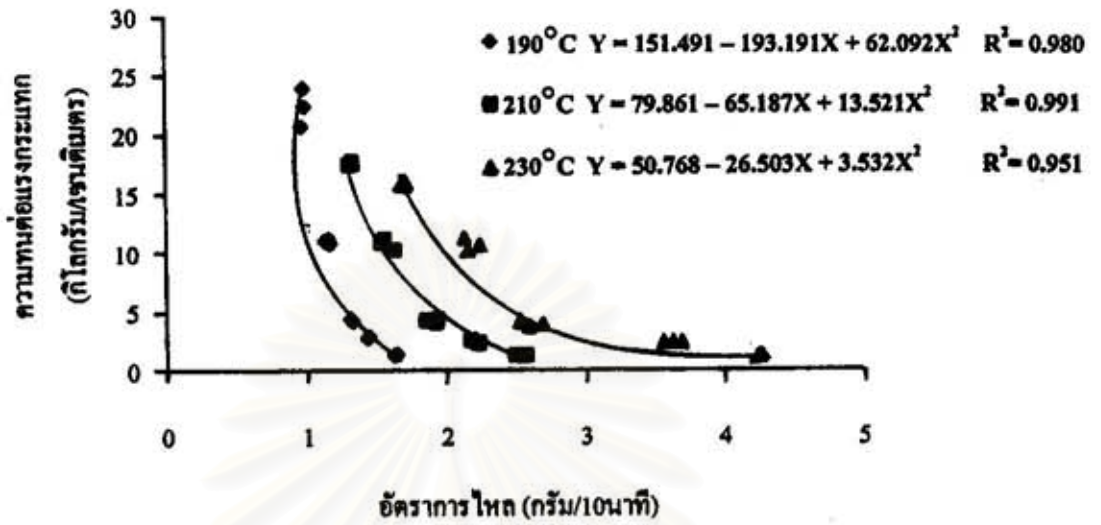
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้กับความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM
 ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



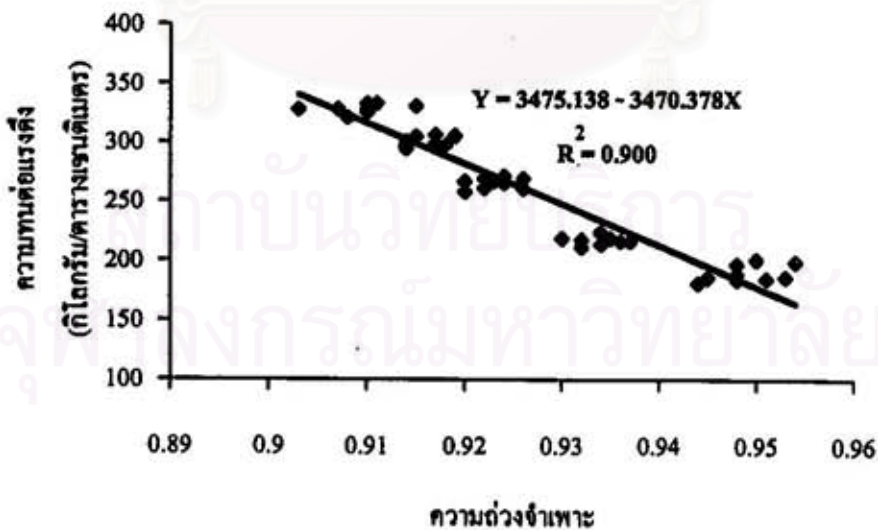
รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้กับความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



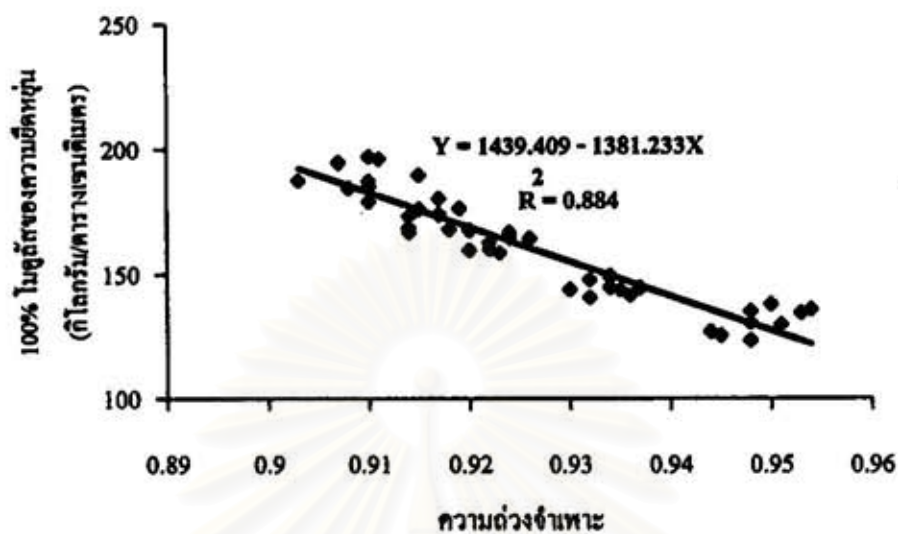
รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้กับความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C



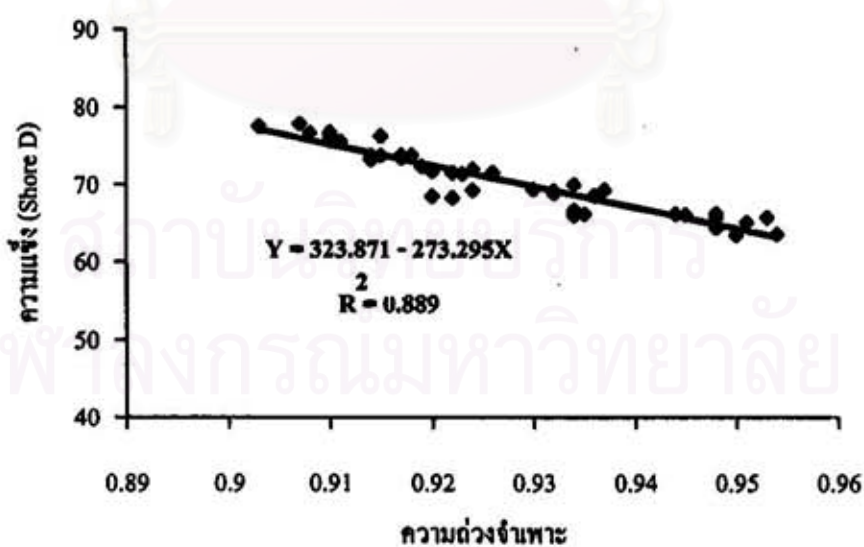
รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



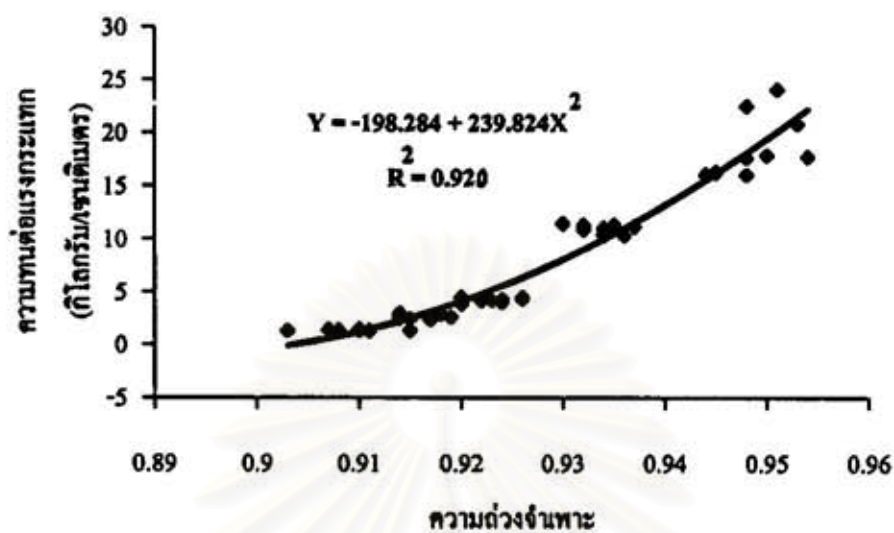
รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างความดัดงอเฉพาะกับความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



รูปที่ 4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างความด่งจำเพาะกับ 100%โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

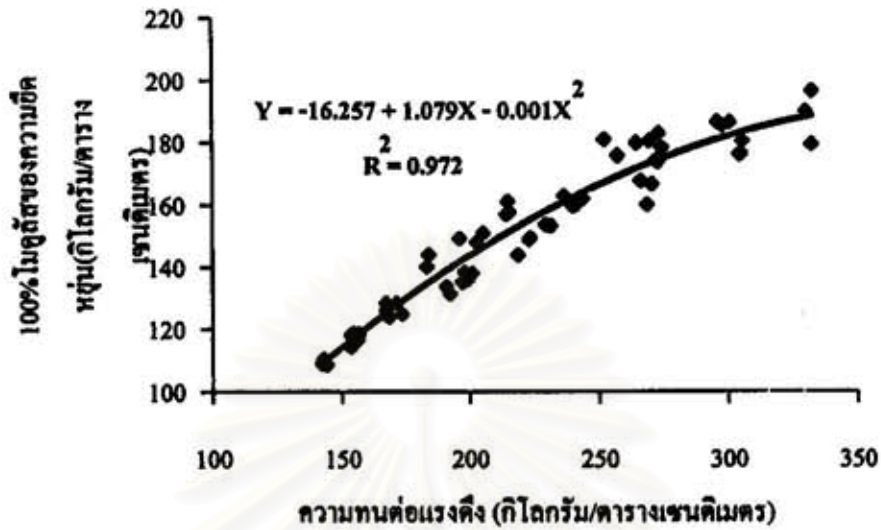


รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างความด่งจำเพาะกับความแข็งของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

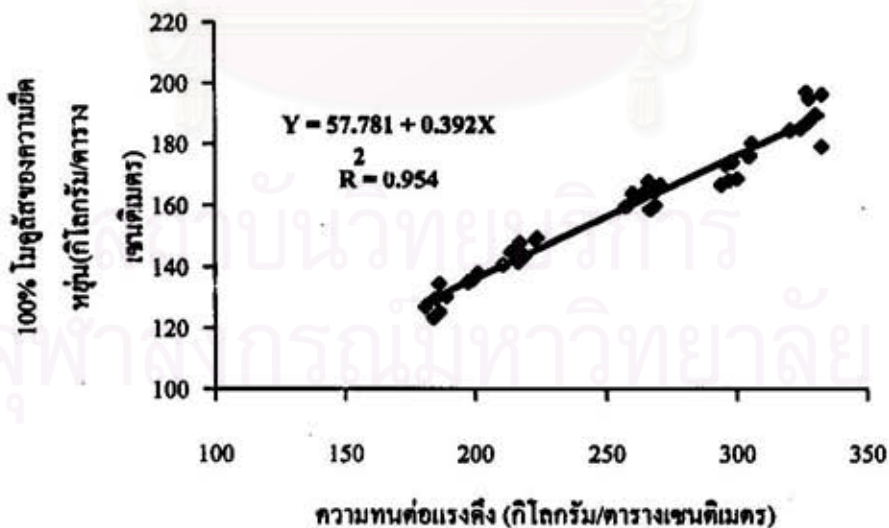


รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างความดุ้งจำเพาะกับความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

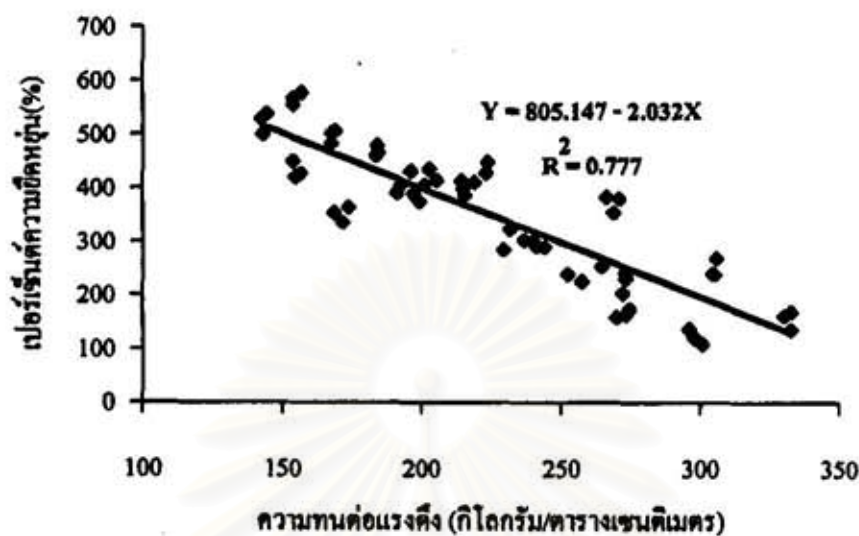
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



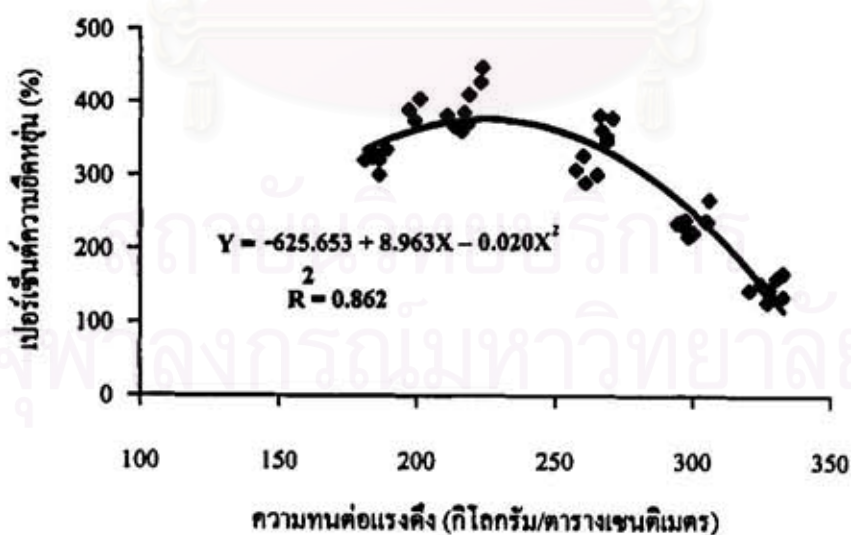
รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับ 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ชั้นรูปที่ 210 อนาคตเซียต



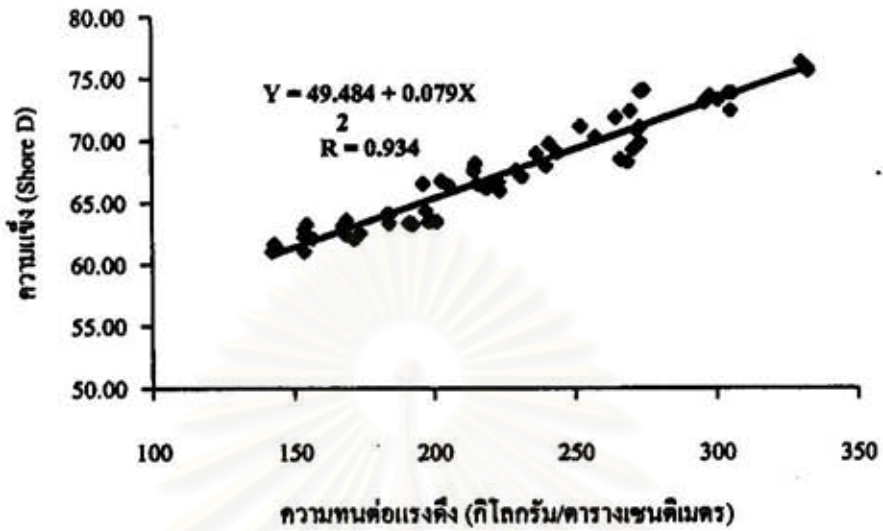
รูปที่ 4.46 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับ 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



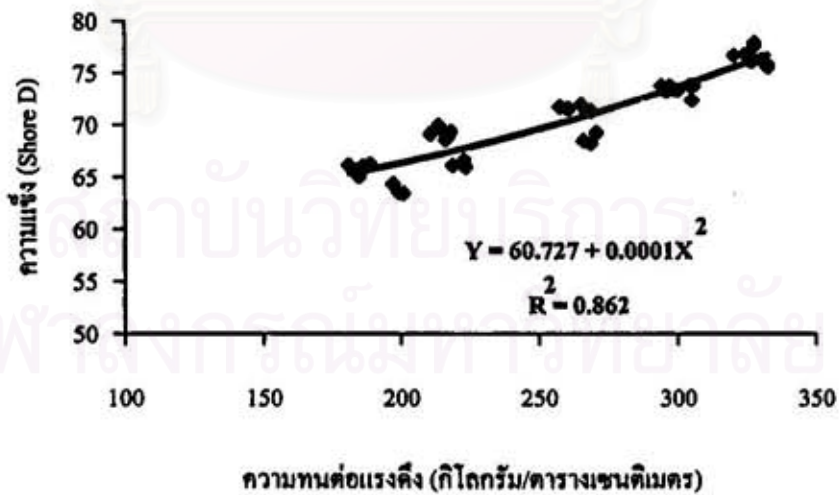
รูปที่ 4.47 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



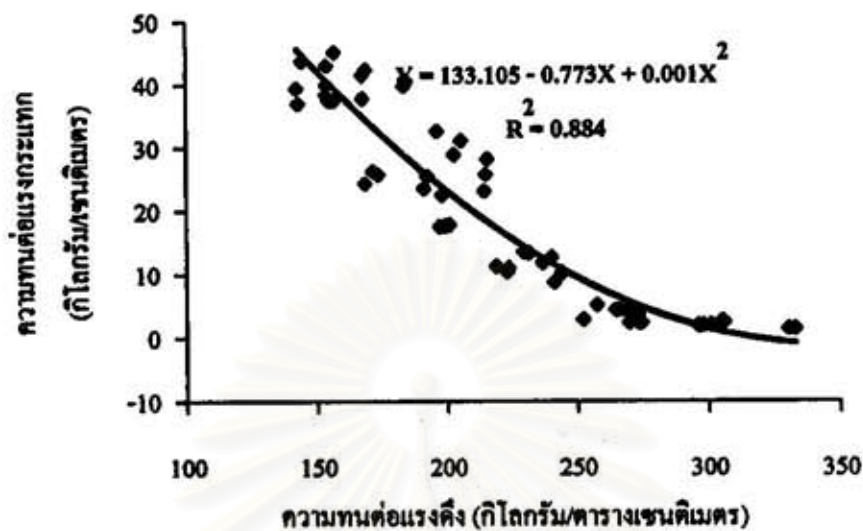
รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



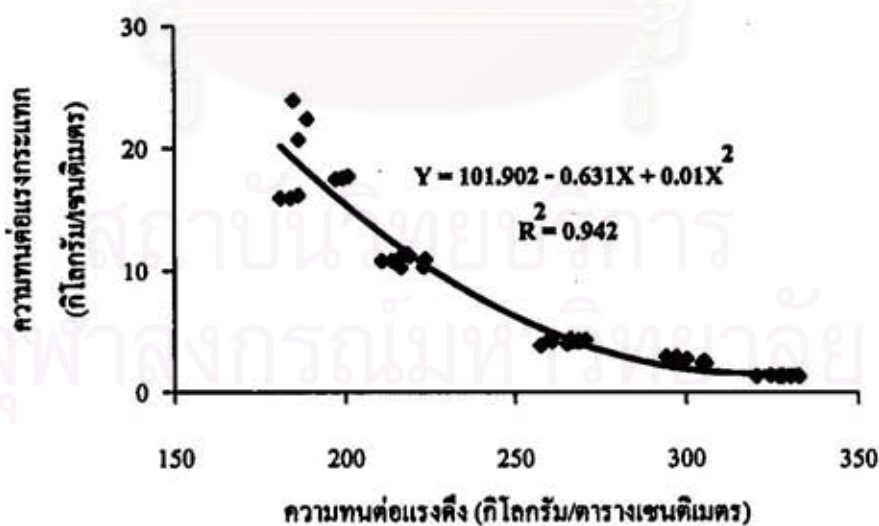
รูปที่ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM
ชั้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



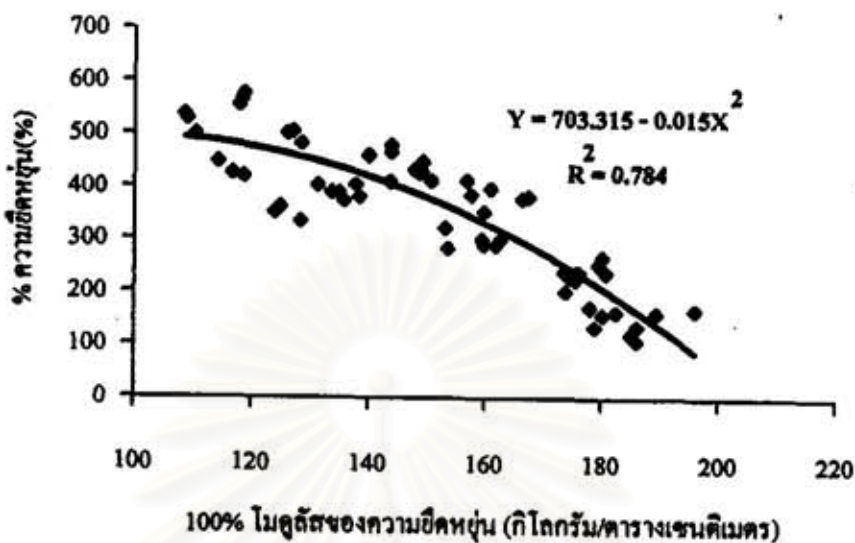
รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



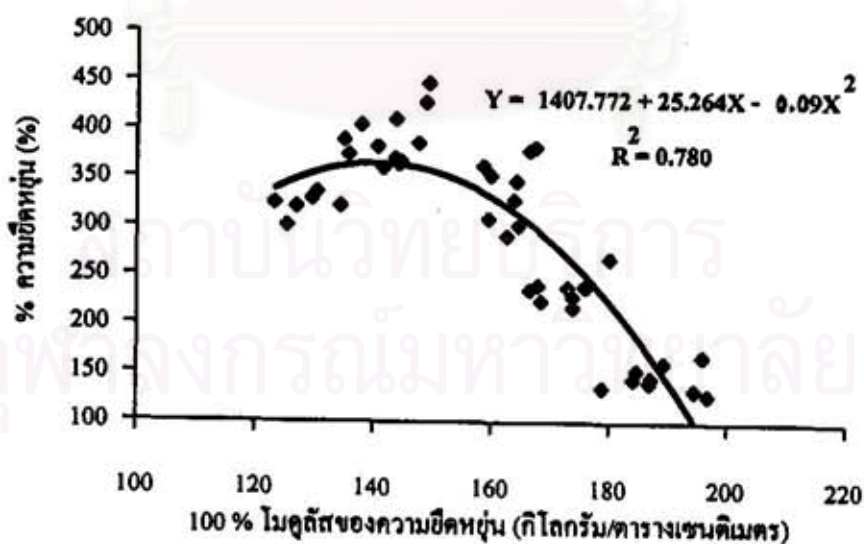
รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



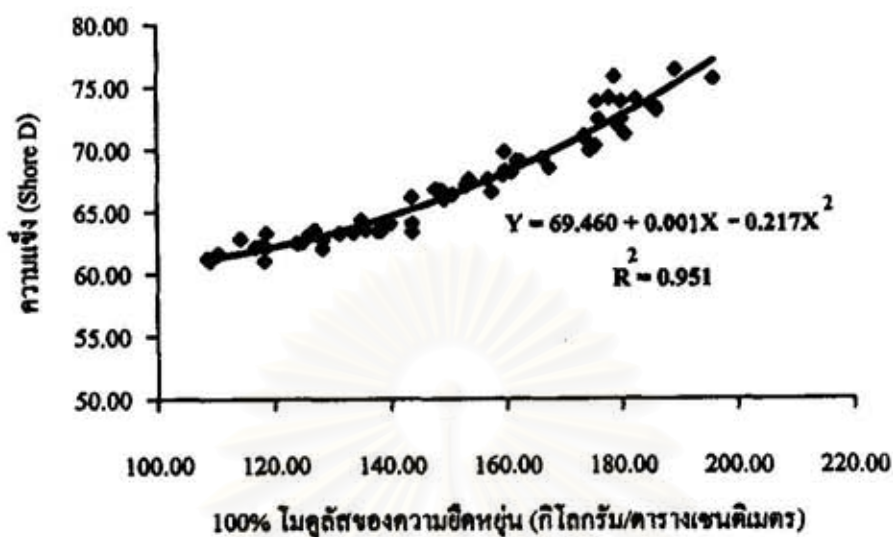
รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



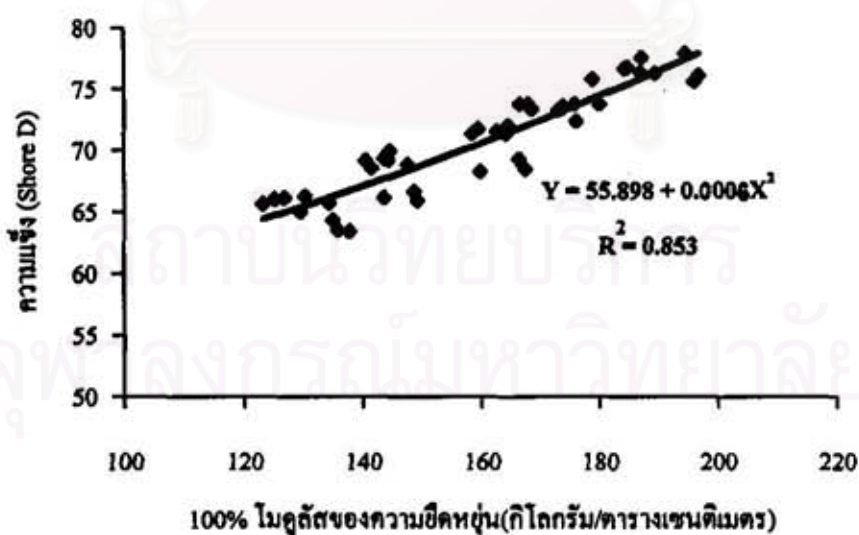
รูปที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่าง 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM



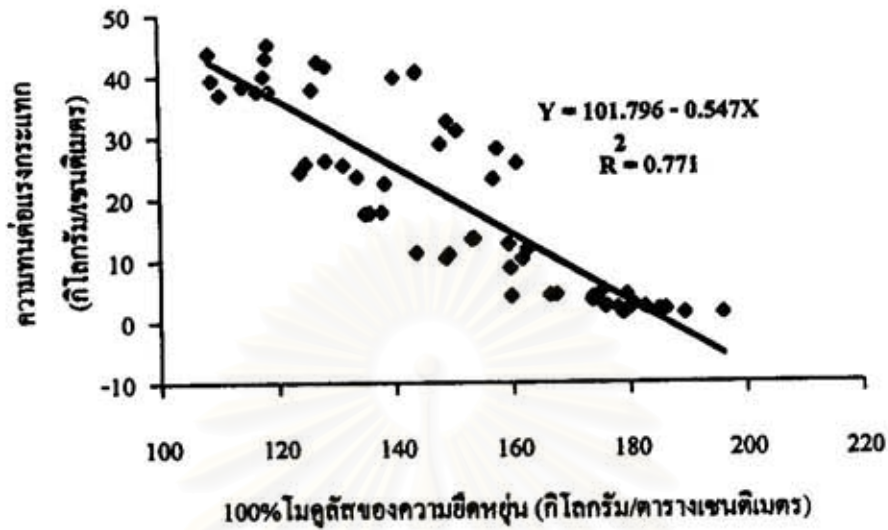
รูปที่ 4.54 ความสัมพันธ์ระหว่าง 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของ โพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



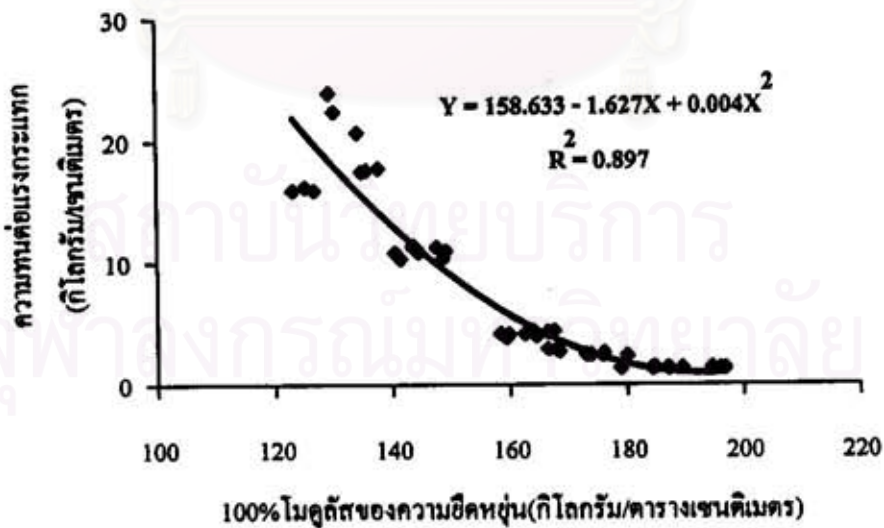
รูปที่ 4.55 ความสัมพันธ์ระหว่าง 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM



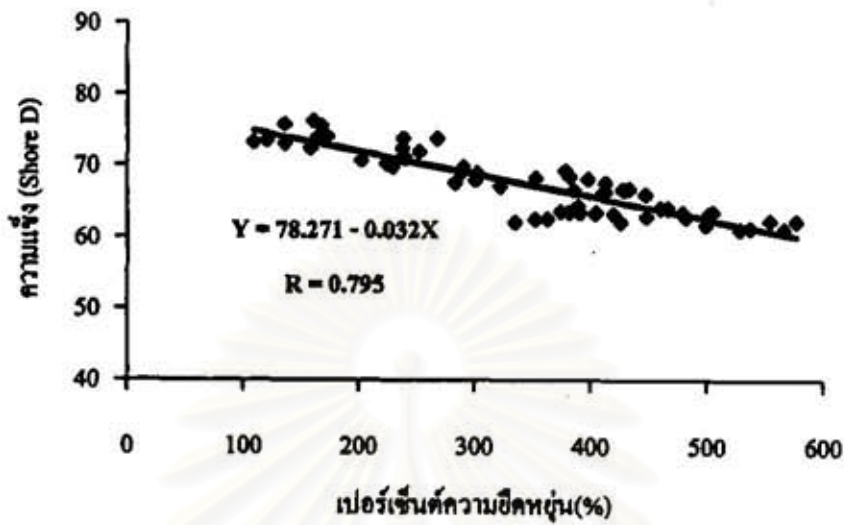
รูปที่ 4.56 ความสัมพันธ์ระหว่าง 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP



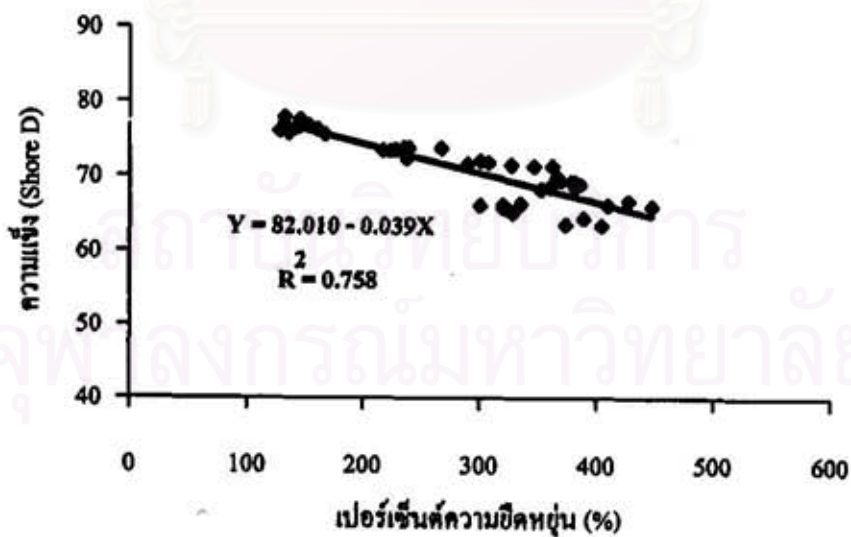
รูปที่ 4.57 ความสัมพันธ์ระหว่าง 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับความทนต่อแรงกระแทกของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM



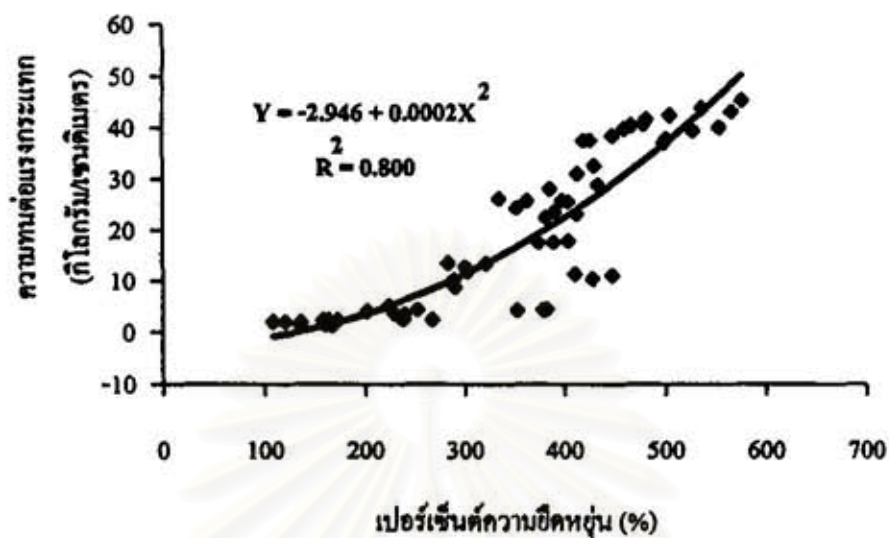
รูปที่ 4.58 ความสัมพันธ์ระหว่าง 100% โมดูลัสของความยืดหยุ่นกับความทนต่อแรงกระแทกของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP



รูปที่ 4.59 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส

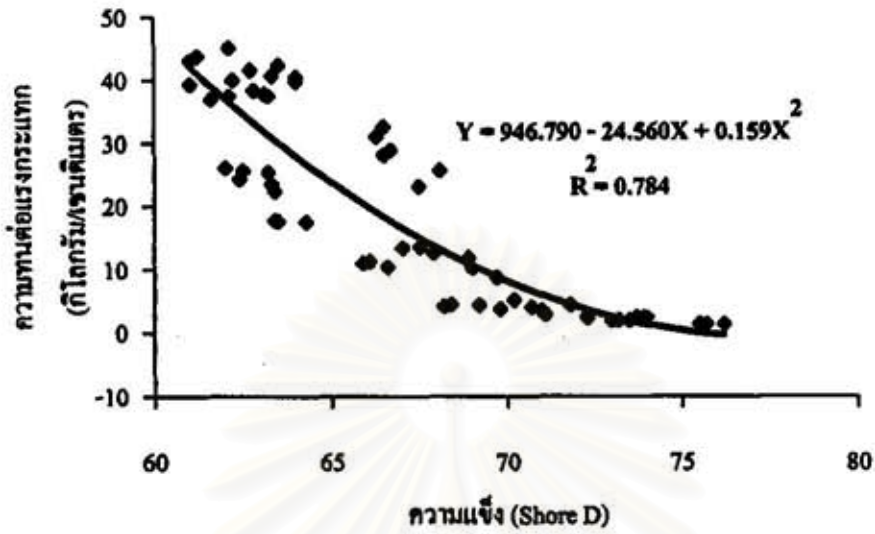


รูปที่ 4.60 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับความแข็งของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

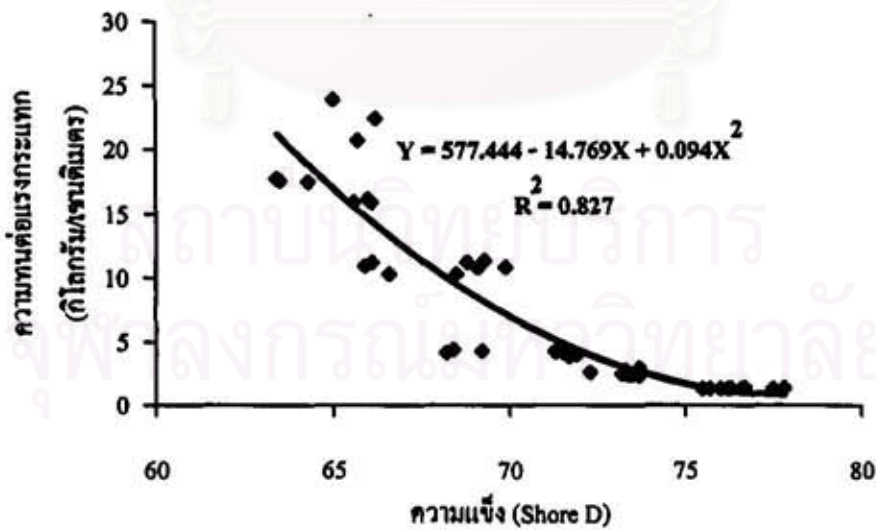


รูปที่ 4.61 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับความทนต่อแรงกระแทกของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.62 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับความทนต่อแรงกระแทกของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.63 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับความทนต่อแรงกระแทกของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

4.6 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดในงานวิจัยนี้ สามารถนำมาสรุปเป็นตารางผลการทดลองได้ดังนี้

4.6.1 ผลสรุปการทดลองอัตราการไหลในขั้นตอนการหาอุณหภูมิในเบื้องต้นของการฉีดขึ้นรูป

หลังจากที่ได้ดำเนินการทดลอง โดยผ่านขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมและทดสอบอัตราการไหล สามารถนำผลที่ได้มาสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 4.46

4.6.2 ผลสรุปการทดลองคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

หลังจากที่ได้ดำเนินการทดลอง โดยผ่านขั้นตอนการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบ คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล สามารถนำผลที่ได้มาสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 4.47

4.6.3 ผลสรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วน HDPE, PP และ EPDM

เมื่อนำผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล มาทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของ HDPE PP และ EPDM ที่มีต่อคุณสมบัติเหล่านี้ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210°C จะได้ผลสรุปของสมการความสัมพันธ์ดังตารางที่ 4.48

4.6.4 ผลสรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วน HDPE, PP และ อุณหภูมิ

เมื่อนำผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล มาทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของ HDPE, PP และ อุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติเหล่านี้ ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP จะได้ผลสรุปของสมการความสัมพันธ์ดังตารางที่ 4.49

4.6.5 ผลสรุปความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ

เมื่อนำผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล มาทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับคุณสมบัติ โดยการประมาณรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงหรือโพลิโนเมียลดีกรี 2 จะได้ผลสรุปของสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับคุณสมบัติทั้งหมดดังตารางที่ 4.50

ตารางที่ 4.46 สรุปผลค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

HDPE/PP (%w/w)	EPDM (%w)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)					
		170	190	210	230	250	270
100/0	0	0.751±0.015	0.978±0.012	1.319±0.013	1.699±0.017	2.025±0.059	2.359±0.122
75/25	0	0.714±0.012	1.150±0.019	1.571±0.047	2.174±0.056	2.787±0.115	3.514±0.232
50/50	0	0.657±0.005	1.318±0.008	1.904±0.043	2.605±0.082	3.612±0.191	4.553±0.154
25/75	0	0.654±0.028	1.438±0.005	2.210±0.032	3.627±0.066	4.609±0.160	6.169±0.336
0/100	0	0.250±0.036	1.632±0.011	2.537±0.040	4.251±0.014	5.382±0.361	8.193±0.270
100/0	5	0.676±0.036	0.894±0.056	1.234±0.011	1.541±0.051	1.944±0.107	2.350±0.042
75/25	5	0.636±0.041	1.042±0.028	1.448±0.081	1.874±0.093	2.510±0.091	3.166±0.057
50/50	5	0.596±0.023	1.221±0.073	1.789±0.072	2.293±0.028	3.231±0.140	4.314±0.340
25/75	5	0.492±0.016	1.342±0.010	2.106±0.042	3.044±0.013	4.094±0.169	5.467±0.105
0/100	5	0.191±0.011	1.469±0.035	2.381±0.072	3.554±0.029	4.578±0.080	6.944±0.012

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.46 สรุปผลค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM (ต่อ)

HDPE/PP (%w/w)	EPDM (%w)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)					
		170	190	210	230	250	270
100/0	10	0.617±0.002	0.802±0.011	1.183±0.050	1.519±0.053	1.811±0.034	2.335±0.040
75/25	10	0.580±0.008	0.957±0.050	1.333±0.082	1.716±0.059	2.315±0.043	2.967±0.089
50/50	10	0.531±0.023	1.060±0.010	1.517±0.068	2.128±0.072	2.752±0.271	3.850±0.132
25/75	10	0.436±0.017	1.231±0.058	1.904±0.064	2.819±0.014	3.644±0.256	5.285±0.311
0/100	10	0.165±0.023	1.447±0.060	2.132±0.077	3.229±0.043	4.394±0.056	6.309±0.205
100/0	15	0.542±0.024	0.624±0.072	1.103±0.040	1.434±0.067	1.696±0.065	2.040±0.175
75/25	15	0.512±0.018	0.837±0.013	1.236±0.053	1.559±0.016	2.153±0.052	2.803±0.042
50/50	15	0.459±0.015	0.937±0.026	1.358±0.071	1.901±0.059	2.622±0.220	3.569±0.220
25/75	15	0.387±0.010	1.094±0.066	1.633±0.030	2.537±0.021	3.163±0.060	4.599±0.228
0/100	15	0.155±0.008	1.352±0.058	1.666±0.031	3.047±0.063	3.687±0.073	5.920±0.127

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.47 สรุปผลค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM

HDPE/PP (%w/w)	EPDM (%w)	คุณสมบัติ					
		ความอวบจำเพาะ	ความทนต่อแรงดึง	100%โมดูลัส ของความยืดหยุ่น	เปอร์เซ็นต์ ความยืดหยุ่น	ความแข็ง	ความทนต่อแรง กระแทก
100/0	0	0.951±0.004	199.17±1.92	136.12±1.47	389.23±15.25	63.73±0.49	17.57±0.13
75/25	0	0.934±0.001	221.90±2.59	147.21±3.07	428.37±18.71	66.20±0.36	10.81±0.46
50/50	0	0.922±0.002	268.57±2.25	164.59±4.15	371.27±15.92	68.60±0.53	4.27±0.14
25/75	0	0.917±0.002	305.22±0.64	177.31±2.36	248.00±16.98	73.23±0.81	2.44±0.13
0/100	0	0.912±0.003	331.92±1.39	188.08±8.63	154.42±16.79	75.80±0.36	1.30±0.01
100/0	5	0.946±0.002	171.29±2.54	125.63±2.33	349.83±14.10	62.30±0.26	25.33±0.97
75/25	5	0.932±0.002	193.89±3.68	134.38±3.63	391.87±11.19	63.30±0.10	23.73±1.52
50/50	5	0.920±0.002	233.72±5.58	155.41±3.50	301.93±19.23	67.49±0.44	13.12±0.46
25/75	5	0.912±0.003	272.84±0.56	173.98±0.46	223.93±19.45	70.50±0.62	3.73±0.25
0/100	5	0.901±0.002	298.26±2.40	185.75±0.61	121.51±13.67	73.20±0.25	1.91±0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.47 สรุปผลค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM (ต่อ)

HDPE/PP (%w/w)	EPDM (%w)	คุณสมบัติ					
		ความดงจำเพาะ	ความทนต่อแรงดึง	100% โมดูลัส ของความยืดหยุ่น	เปอร์เซ็นต์ ความยืดหยุ่น	ความแข็ง	ความทนต่อแรง กระแทก
100/0	10	0.939±0.001	154.93±1.43	116.46±2.20	431.13±14.93	62.70±0.56	37.71±0.49
75/25	10	0.930±0.002	167.96±0.80	127.08±1.18	496.13±12.37	63.10±0.40	40.51±2.44
50/50	10	0.918±0.001	201.45±4.75	149.22±1.43	425.27±10.93	66.50±0.20	30.73±1.85
25/75	10	0.910±0.001	240.65±3.71	161.39±1.50	293.73±7.18	69.20±0.44	10.20±1.54
0/100	10	0.898±0.001	272.52±2.44	180.22±2.28	164.63±7.27	73.40±0.95	2.29±0.01
100/0	15	0.936±0.001	143.20±1.04	109.25±0.93	521.13±19.67	61.27±0.30	39.99±3.43
75/25	15	0.926±0.002	154.68±1.73	118.16±0.40	565.53±11.21	61.77±0.66	42.65±2.60
50/50	15	0.912±0.001	183.94±0.43	142.49±2.20	468.35±9.71	63.77±0.40	40.25±0.50
25/75	15	0.903±0.002	214.99±0.62	158.44±2.18	398.45±13.50	67.37±0.81	25.55±2.48
0/100	15	0.897±0.002	258.11±6.23	178.55±2.74	238.08±14.04	71.03±0.80	4.07±1.19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.48 สรุปผลค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของ โพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

HDPE/PP (%w/w)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คุณสมบัติ					
		ความอ่วงจำเพาะ	ความทนต่อแรงดึง	100% โมดูลัส ของความยืดหยุ่น	เปอร์เซ็นต์ ความยืดหยุ่น	ความแข็ง	ความทนต่อแรง กระแทก
100/0	190	0.951±0.002	186.76±2.05	131.32±2.57	328.09±7.43	65.63±0.60	22.31±1.61
75/25	190	0.934±0.002	215.64±1.67	145.49±1.83	372.40±11.84	69.30±0.56	11.03±0.19
50/50	190	0.925±0.002	265.28±4.47	162.15±3.16	345.61±17.63	71.37±0.12	4.29±0.12
25/75	190	0.915±0.002	297.23±3.00	167.63±1.01	232.75±8.42	73.57±0.23	2.85±0.10
0/100	190	0.909±0.001	324.17±3.49	185.30±1.44	146.00±6.28	76.53±0.21	1.35±0.04
100/0	210	0.951±0.004	199.17±1.92	136.12±1.47	389.23±15.25	63.73±0.49	17.57±0.13
75/25	210	0.934±0.001	221.90±2.59	147.21±3.07	428.37±18.71	66.20±0.36	10.81±0.46
50/50	210	0.922±0.002	268.57±2.25	164.59±4.15	371.27±15.92	68.60±0.53	4.27±0.14
25/75	210	0.917±0.002	305.22±0.64	177.31±2.36	248.00±16.98	73.23±0.81	2.44±0.13
0/100	210	0.912±0.003	331.92±1.39	188.08±8.63	154.42±16.79	75.80±0.36	1.30±0.01
100/0	230	0.946±0.002	183.78±2.63	125.05±1.84	314.83±12.57	65.90±0.26	15.98±0.14
75/25	230	0.933±0.003	215.18±3.87	141.89±1.56	370.87±10.92	68.97±0.42	10.80±0.54
50/50	230	0.922±0.002	261.21±3.85	162.21±2.57	299.67±8.88	71.70±0.20	3.99±0.17
25/75	230	0.916±0.002	297.26±1.29	173.57±0.48	227.58±10.28	73.37±0.15	2.43±0.02
0/100	230	0.907±0.004	327.50±0.53	192.82±5.05	135.37±9.22	77.10±0.96	1.32±0.04

ตารางที่ 4.49 สรุปผลของสมการความสัมพันธ์ระหว่าง HDPE, PP และ EPDM ที่มีผลต่อคุณสมบัติของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

คุณสมบัติ (Y)	สมการความสัมพันธ์	R ²
อัตราการไหล	$Y = 1.137 + 1.22 \cdot 10^{-2} X_2 - 1.41 \cdot 10^{-2} X_3 - 4.21 \cdot 10^{-7} X_1^2 X_2 - 2.67 \cdot 10^{-5} X_3^2 X_2$	0.982
ความถ่วงจำเพาะ	$Y = 0.909 + 1.592 \cdot 10^{-4} X_1 - 9.45 \cdot 10^{-4} X_3 + 1.349 \cdot 10^{-7} X_1 X_2 X_3 + 2.507 \cdot 10^{-4} X_1^2$	0.978
ความทนต่อแรงดึง	$Y = 196.626 + 0.790 X_2 - 10.440 X_3 + 3.877 \cdot 10^{-2} X_2 X_3 + 5.487 \cdot 10^{-4} X_1^2 X_3 + 1.872 \cdot 10^{-4} X_2^2 X_1 + 5.616 \cdot 10^{-5} X_2^3 + 6.598 \cdot 10^{-3} X_3^3$	0.997
100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น	$Y = 97.715 + 0.380 X_1 + 0.638 X_2 - 1.886 X_3 + 2.496 \cdot 10^{-3} X_2^2 + 6.218 \cdot 10^{-3} X_2^2 X_1 + 1.291 \cdot 10^{-4} X_2^2 X_3$	0.986
เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	$Y = 244.527 + 1.329 X_1 - 1.22 \cdot 10^{-2} X_2^2 + 5.817 \cdot 10^{-4} X_1^2 X_2 + 4.188 \cdot 10^{-2} X_3^3$	0.955
ความแข็ง	$Y = 63.900 - 0.339 X_3 + 2.647 \cdot 10^{-3} X_2^2 + 1.683 \cdot 10^{-5} X_1^2 X_3 - 1.45 \cdot 10^{-5} X_2^3$	0.975
ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = 2.416 + 9.11 \cdot 10^{-2} X_1 X_3 + 1.558 \cdot 10^{-3} X_1^2 - 6.77 \cdot 10^{-4} X_1^2 X_3 - 3.29 \cdot 10^{-5} X_2^2 X_1 - 5.52 \cdot 10^{-4} X_3^2 X_1$	0.964

หมายเหตุ

X₁ = สัดส่วนของ PP ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X₂ = สัดส่วนของ HDPE ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)

X₃ = สัดส่วนของ EPDM (%wt)

ตารางที่ 4.50 สรุปผลของสมการความสัมพันธ์ระหว่าง HDPE, PP และ อุณหภูมิ ที่มีผลต่อ คุณสมบัติของโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP

คุณสมบัติ	สมการความสัมพันธ์	R ²
ความถ่วงจำเพาะ	$Y = 0.909 + 6.508 \cdot 10^{-4} X_1^2 - 1.20 \cdot 10^{-3} X_1^2 X_3 + 3.022 \cdot 10^{-4} X_2^2 X_1$	0.974
ความทนต่อแรงดึง	$Y = 327.519 - 1.381 X_1 - 3.31 \cdot 10^{-3} X_1 X_2 X_3 + 1.749 \cdot 10^{-4} X_2^2 X_1$	0.982
100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น	$Y = 148.542 + 1.918 \cdot 10^{-3} X_2 X_3 - 3.89 \cdot 10^{-4} X_2^2 X_1$	0.964
เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	$Y = 342.906 - 2.04 \cdot 10^{-2} X_2^2 + 3.914 \cdot 10^{-4} X_1^2 X_2$	0.917
ความแข็ง	$Y = 76.336 - 0.112 X_1$	0.929
ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = -1.858 + 1.597 \cdot 10^{-4} X_2 X_3 + 4.617 \cdot 10^{-3} X_1^2 - 1.22 \cdot 10^{-3} X_1^2 X_3$	0.982

หมายเหตุ X_1 = สัดส่วนของ HDPE ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)
 X_2 = สัดส่วนของ HDPE ในโพลิเมอร์ผสม HDPE/PP (%wt)
 X_3 = อุณหภูมิ (°C)

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.51 สรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP/EPDM ขึ้นรูปที่ 210 °C

คุณสมบัติ (X)	คุณสมบัติ (Y)	สมการความสัมพันธ์	R ²
อัตราการไหล	ความทนต่อแรงดึง	$Y = 15.492 + 124.519X$	0.930
	100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น	$Y = -27.963 + 160.356X - 29.988X^2$	0.893
	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	$Y = 758.368 - 259.938X$	0.763
	ความแข็ง	$Y = 50.372 + 10.042X$	0.904
	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = 131.539 - 103.55X + 20.455X^2$	0.771
ความทนต่อแรงดึง	100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น	$Y = -16.257 + 1.079X - 0.001X^2$	0.972
	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	$Y = 805.147 - 2.032X$	0.777
	ความแข็ง	$Y = 49.484 + 0.079X$	0.934
	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = 133.105 - 0.773X + 0.001X^2$	0.884
100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	$Y = 703.315 - 0.015X^2$	0.784
	ความแข็ง	$Y = 69.460 + 0.001X - 0.217X^2$	0.951
	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = 101.796 - 0.547X$	0.771
เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	ความแข็ง	$Y = 78.271 - 0.032X$	0.795
	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = -2.946 + 0.0002X^2$	0.800
ความแข็ง	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = 949.790 - 24.560X + 0.159X^2$	0.784

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.52 สรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP

คุณสมบัติ (X)	คุณสมบัติ (Y)	อุณหภูมิ (°C)	สมการความสัมพันธ์	R ²
อัตราการใช้	ความด่าง	190	$Y = 1.100 - 0.206X + 0.055X^2$	0.987
		210	$Y = 1.075 - 0.040X + 0.004X^2$	0.968
		230	$Y = 1.000 - 0.545X + 0.221X^2$	0.934
	ความทนต่อแรงดึง	190	$Y = -31.156 + 221.764X$	0.978
		210	$Y = 46.651 + 115.659X$	0.948
		230	$Y = 7.339 + 123.509X - 11.528 X^2$	0.977
	100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น	190	$Y = 52.057 + 81.594X$	0.980
		210	$Y = 79.622 + 43.517X$	0.956
		230	$Y = 88.778 + 24.443X$	0.935
เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	190	$Y = -746.939 + 1960.909X - 870.821X^2$	0.898	
	210	$Y = -39.380 + 623.797X - 217.316X^2$	0.918	
	230	$Y = 145.991 + 180.878X - 43.263X^2$	0.915	
ความแข็ง	190	$Y = 50.021 + 16.314X$	0.985	
	210	$Y = 50.240 + 10.100X$	0.974	
	230	$Y = 60.124 + 3.921X$	0.929	
ความทนต่อแรงกระแทก	190	$Y = 151.491 - 193.191X + 62.092X^2$	0.980	
	210	$Y = 79.861 - 65.187X + 13.521X^2$	0.991	
	230	$Y = 50.768 - 26.503X + 3.532X^2$	0.951	

ตารางที่ 4.52 สรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติในโพลีเมอร์ผสม HDPE/PP (ต่อ)

คุณสมบัติ (X)	คุณสมบัติ (Y)	สมการความสัมพันธ์	R ²
ความถ่วง	ความทนต่อแรงดึง	$Y = 3475.138 - 3470.378X$	0.900
จำเพาะ	100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น	$Y = 1439.409 - 1381.233X$	0.884
	ความแข็ง	$Y = 323.871 - 273.295X$	0.889
	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = -198.284 + 239.824X^2$	0.920
ความทนต่อแรงดึง	100% โมดูลัสของความยืดหยุ่น	$Y = 57.78 + 0.392X$	0.954
	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	$Y = -625.653 + 8.963X - 0.020X^2$	0.862
	ความแข็ง	$Y = 60.727 + 0.0001X^2$	0.862
	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = 101.902 - 0.631X + 0.001X^2$	0.942
100% โมดูลัสความยืดหยุ่น	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	$Y = -1407.722 + 25.264X - 0.09X^2$	0.780
	ความแข็ง	$Y = 55.898 + 0.0006X^2$	0.853
	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = 158.633 - 1.627X + 0.004X^2$	0.897
เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	ความแข็ง	$Y = 82.010 - 0.039X$	0.758
ความแข็ง	ความทนต่อแรงกระแทก	$Y = 577.444 - 14.769X + 0.094X^2$	0.827

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย