บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

การดำเนินงานวิจัยได้ถูกกำหนดให้เป็นไปตามขั้นตอนของบทที่ 3 คือ การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล Tensile Test และ Impact Test เพื่อหาผลกระทบของสัดส่วน PE (Polyethylene) และ EPDM (Ethylene –Propylene – Diene Copolymer) ที่มีต่อคุณสมบัติเหล่านั้นของโพลิเมอร์ผสม PE / EPDM จึงได้ลำดับผลการทดลอง และการวิเคราะห์ดังนี้

1. ผลทดสอบคุณสมบัติเชิงกล
2. การวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ
3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับคุณสมบัติ
4. สรุปตารางผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

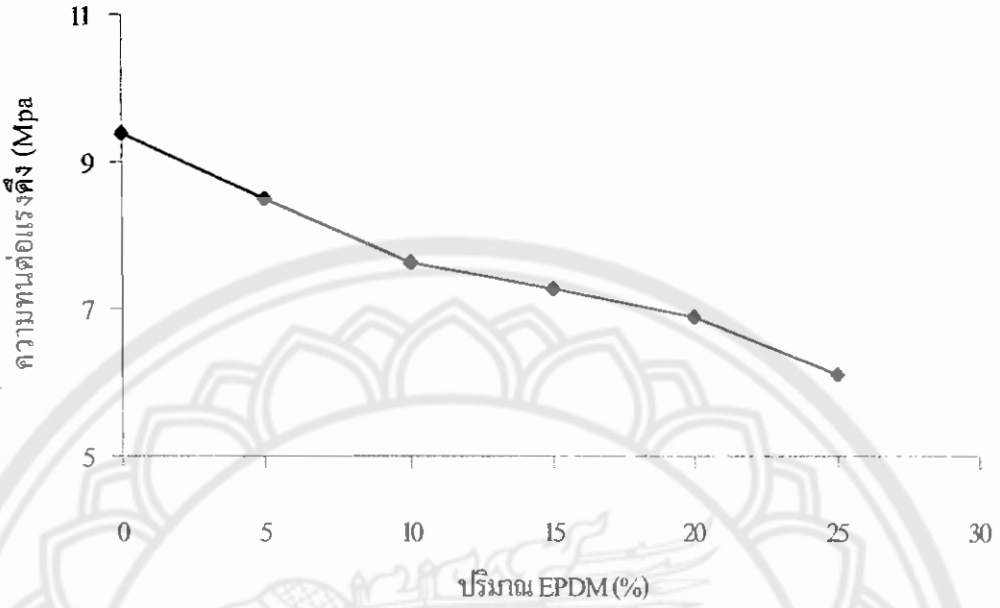
4.1.1 ความทนต่อแรงดึง

จากการทดสอบหาค่าความทนต่อแรงดึงของชิ้นทดสอบโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ได้ผลตามตารางที่ 4.1 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับเปอร์เซ็นต์ของโพลิเมอร์ผสมที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ ดังรูปที่4.1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ของ EPDM ในโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM เพิ่มขึ้น จะทำให้คุณสมบัติความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์มีค่าลดลง โดยคุณสมบัติเชิงกลมีค่าต่ำสุดที่เปอร์เซ็นต์ EPDM เป็น 25 %

ตารางที่ 4.1 ผลของค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

หน่วย : MPa

การทดลองที่	ครั้งที่	PE/PEDM (%w/w)					
		100/0	95/5	90/10	85/15	80/20	75/25
1	1	9.705	8.934	7.580	7.302	6.666	5.970
	2	9.604	8.636	7.710	7.020	6.451	5.690
	3	9.581	8.523	7.130	7.476	7.382	6.032
	4	9.561	8.393	7.420	6.874	6.465	6.234
	5	9.614	8.478	7.700	7.206	7.172	6.075
ค่าเฉลี่ย		9.613	8.593	7.508	7.176	6.827	6.000
2	1	9.192	8.543	7.731	7.238	7.406	6.546
	2	9.372	8.493	7.860	7.093	6.249	5.851
	3	9.414	8.358	7.748	7.682	6.445	6.425
	4	9.389	8.681	8.077	7.102	6.381	6.197
	5	9.391	8.681	7.864	7.359	7.538	6.069
ค่าเฉลี่ย		9.352	8.551	7.856	7.295	6.804	6.218
3	1	8.978	8.472	7.819	7.458	6.256	6.248
	2	9.303	8.619	7.436	7.343	7.009	6.091
	3	9.240	6.937	7.735	7.803	7.422	6.168
	4	9.317	8.655	6.995	6.861	7.002	5.394
	5	9.253	8.476	7.550	7.115	7.381	6.451
ค่าเฉลี่ย		9.218	8.232	7.507	7.316	7.014	6.070
ค่าเฉลี่ยรวม		9.394	8.499	7.627	7.262	6.882	6.096



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความทนต่อแรงดึงกับปริมาณโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

4.1.2 เปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่น

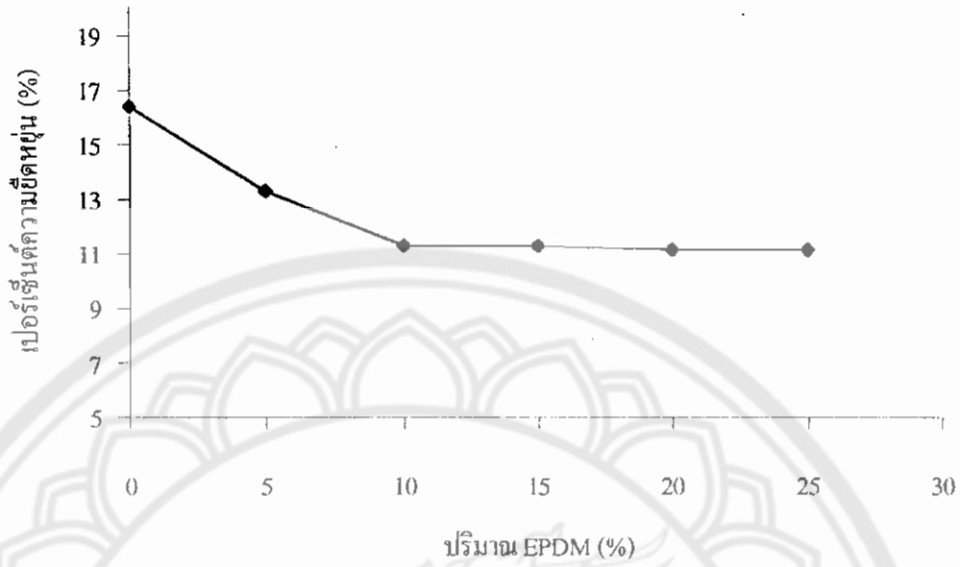
จากการทดสอบชิ้นทดสอบรูปดัมเบล เมื่อผ่านจุดที่ชิ้นทดสอบทนแรงดึงสูงสุดไปแล้ว ชิ้นงานจะไม่ขาดเลยทันที แต่จะค่อยๆยืดแล้วขาด ลักษณะของชิ้นทดสอบที่ขาด แสดงได้ในรูปที่ 4.2 และผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของชิ้นทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 3 เมื่อเปอร์เซ็นต์ของ EPDM ในโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM มีค่ามากขึ้น คือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 % ตามลำดับ มีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.2 ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

หน่วย : %

การทดลองที่	ครั้งที่	PE/PEDM (%w/w)					
		100/0	95/5	90/10	85/15	80/20	75/25
1	1	19.220	13.860	11.170	10.980	11.470	11.080
	2	18.140	12.870	11.370	11.980	11.390	12.350
	3	19.800	13.800	11.270	12.350	11.270	10.980
	4	18.630	11.110	13.860	8.820	10.780	11.860
	5	17.650	11.000	12.870	10.780	10.290	11.390
ค่าเฉลี่ย		18.688	12.528	12.108	10.982	11.040	11.532
2	1	13.210	14.800	9.900	11.090	10.780	10.390
	2	18.480	11.700	10.690	13.600	11.760	10.780
	3	16.510	11.090	11.980	14.360	11.470	11.370
	4	15.240	11.190	10.780	11.090	11.960	12.160
	5	15.750	15.840	12.970	11.860	12.060	11.370
ค่าเฉลี่ย		15.838	12.924	11.264	12.400	11.606	11.214
3	1	16.040	14.060	11.000	9.900	9.310	8.820
	2	13.210	13.560	10.500	11.080	11.270	10.200
	3	14.150	15.660	10.500	10.490	9.900	12.250
	4	14.150	14.850	10.500	9.800	12.750	9.800
	5	15.240	13.560	9.900	11.000	10.880	12.380
ค่าเฉลี่ย		14.558	14.338	10.480	10.454	10.822	10.690
ค่าเฉลี่ยรวม		16.361	13.263	11.284	11.279	11.156	11.145



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับปริมาณโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

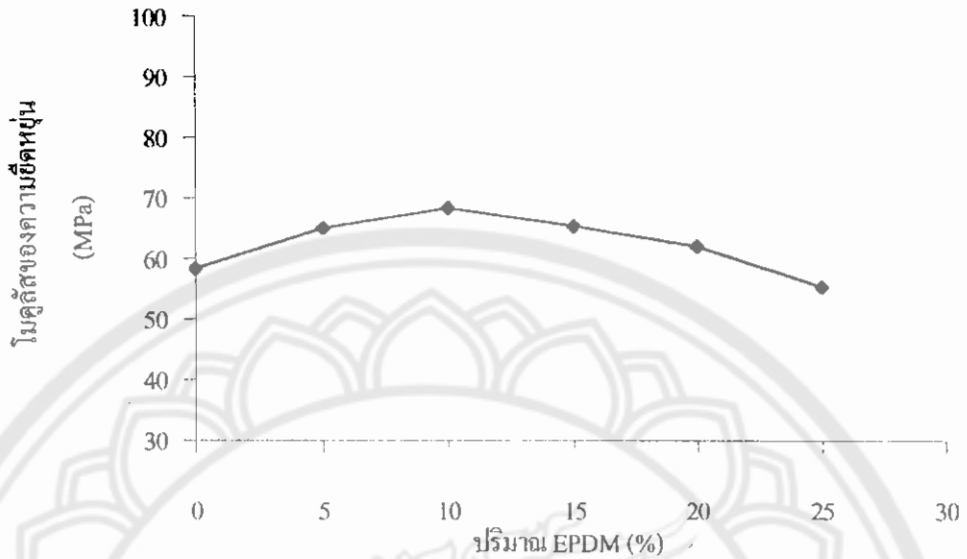
4.1.3 โมดูลัสของความยืดหยุ่น

จากการทดสอบหาค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของชิ้นทดสอบได้ผลตามตารางที่ 4.3 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆจนเมื่อเปอร์เซ็นต์ EPDM ในโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM มีค่าที่ระดับ 10 % ซึ่งจะให้ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นสูงที่สุด และจะให้ค่าลดลงเมื่อพ้นระดับ EPDM ที่ 10 % แต่จะไม่ลดลงมากนัก

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

หน่วย : MPa

การทดลองที่	ครั้งที่	PE/PEDM (%w/w)					
		100/0	95/5	90/10	85/15	80/20	75/25
1	1	50.490	64.460	67.860	66.500	58.120	53.880
	2	52.940	67.100	67.810	58.600	56.640	46.070
	3	48.390	61.760	63.270	60.530	65.500	54.940
	4	51.320	75.540	53.540	77.940	59.970	52.560
	5	54.470	77.070	59.830	66.860	69.700	53.340
ค่าเฉลี่ย		51.522	69.186	62.462	66.086	61.986	52.158
2	1	69.580	57.720	78.010	65.270	68.700	63.000
	2	50.710	72.590	73.540	52.150	53.140	54.280
	3	57.020	75.370	64.670	53.500	56.190	56.510
	4	61.610	77.580	74.930	64.040	53.350	50.960
	5	59.630	54.800	60.630	62.050	62.500	53.380
ค่าเฉลี่ย		59.710	67.612	70.356	59.402	58.776	55.626
3	1	56.030	60.260	71.080	75.330	67.200	76.200
	2	70.420	63.560	70.820	66.270	62.190	59.720
	3	65.300	44.300	73.670	74.390	74.970	50.310
	4	65.840	58.280	66.620	70.010	54.920	55.040
	5	60.720	62.510	76.260	64.680	67.840	52.110
ค่าเฉลี่ย		63.662	57.782	71.690	70.136	65.424	58.676
ค่าเฉลี่ยรวม		58.298	64.860	68.170	65.208	62.062	55.487



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับปริมาณโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

4.1.4 ความทนต่อแรงกระแทก

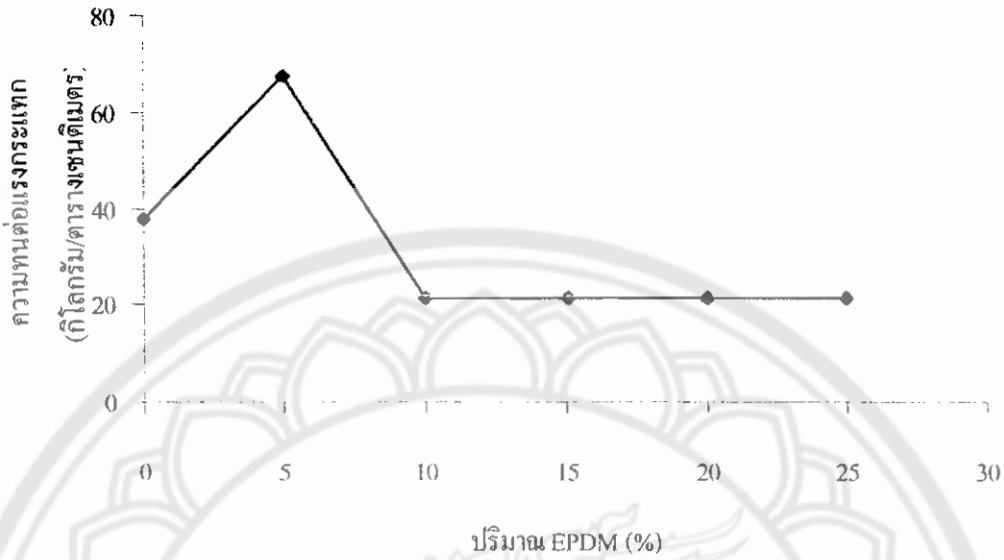
จากการทดสอบค่าความทนต่อแรงกระแทก ได้ผลตามตารางที่ 4.4 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ค่าความทนต่อแรงกระแทกจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรกๆคือ ปริมาณสัดส่วน EPDM 0-5% ต่อจากนั้นค่าความทนต่อแรงกระแทกจะลดลงจนเกือบคงที่ในช่วง 10-25%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่ามีค่าผลการทดสอบเป็นศูนย์อยู่หลายค่า ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองได้ค่ามุมตกกระทบเท่ากับค่าของมุมเงย ซึ่งเมื่อนำมาคำนวนตามสมการที่ 3.1 จะทำให้ได้ค่าพลังงานที่ใช้ในการกระแทกเป็นศูนย์

ตารางที่ 4.4 ผลของค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

หน่วย : Kg/cm^2

การทดลองที่	ครั้งที่	PE/PEDM (%w/w)					
		100/0	95/5	90/10	85/15	80/20	75/25
1	1	80.850	0.000	40.430	0.000	40.430	0.000
	2	80.850	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	40.430	80.850	0.000	0.000	80.850	40.430
	4	0.000	40.430	80.850	80.850	0.000	40.430
	5	40.430	40.430	0.000	80.850	0.000	0.000
ค่าเฉลี่ย		48.512	32.342	24.256	32.340	24.256	16.172
2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	40.430
	2	40.430	80.850	121.250	40.430	0.000	0.000
	3	0.000	202.020	0.000	0.000	80.850	40.430
	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	40.430
	5	80.850	202.020	40.430	0.000	80.850	0.000
ค่าเฉลี่ย		24.256	96.978	32.336	8.086	32.340	24.258
3	1	40.430	40.430	0.000	0.000	40.430	40.430
	2	80.850	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	0.000	202.500	0.000	80.850	0.000	40.430
	4	80.850	80.850	40.430	40.430	0.000	40.430
	5	0.000	40.430	0.000	0.000	0.000	0.000
ค่าเฉลี่ย		40.426	72.842	8.086	24.256	8.086	24.258
ค่าเฉลี่ยรวม		37.731	67.387	21.559	21.561	21.561	21.563



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ

จากข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลต่างๆในหัวข้อ 4.1 นั้น ได้นำมาทำการทดสอบความแปรปรวนและการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 9.0 มาช่วยในการคำนวนได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

4.2.1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าความทนต่อแรงดึง

เมื่อนำผลการทดลองค่าความทนต่อแรงดึงในตารางที่ 4.1 มาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนจะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.5 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสัดส่วนของ EPDM ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ PE กับ EPDM ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.5 ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

	Sum of squares	df	Mean square	F
Between Groups	102.767	5	20.553	174.248
Within Groupss	9.908	84	0.116	
Total	112.676	89		

4.2.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น

เมื่อนำผลของการถดถอยค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.2 มาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนจะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.6 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสัดส่วนของ EPDM ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสัดส่วนของ PE กับ EPDM ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

	Sum of squares	df	Mean Square	F
Between Groups	4139.76	5	827.952	42.528
Within Groups	1635.345	84	19.468	
Total	5775.105	85		

4.2.1.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

เมื่อนำผลการทดลองค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.3 มาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนจะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.7 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสัดส่วนของ EPDM ส่งผลต่อค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น ของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และปฏิสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของ PE กับ EPDM ส่งผลต่อค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 4.7 ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

	Sum of squares	df	Mean Square	F
Between Groups	1679.098	5	335.820	6.002
Within Groups	4699.998	84	55.952	
Total	6379.096	89		

4.2.1.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบค่าความทนต่อแรงกระแทก

เมื่อนำผลการทดลองค่าความทนต่อแรงกระแทกในตารางที่ 4.4 มาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.8 จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสัดส่วน EPDM ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ PE/EPDM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.8 ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

	Sum of squares	df	Mean Square	F
Between Groups	25814.228	5	5162.846	2.787
Within Groups	155615.50	84	1852.565	
Total	181429.73	85		

4.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล

ได้ทำการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมการทดสอบสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 9.0 มาช่วยในการวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยแบบ Stepwise โดยมีความน่าจะเป็น F (Probability) นำเข้า Enter เป็น 0.05 และนำออก (Removal) เป็น 0.1 สมการที่ได้สามารถนำไปใช้ในการทำนายคุณสมบัติได้ภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้ คือ สำหรับการทำนายคุณสมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

PE ในโพลิเมอร์ผสมมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 100%

EPDM มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 25% โดยน้ำหนัก จากการวิเคราะห์การถดถอยได้ผลแสดงดังต่อไปนี้

4.2.2.1 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึง

เมื่อนำข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงในตารางที่ 4.1 มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าการถดถอยของข้อมูล จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.9 จากตารางที่ 4.9 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับ PE และ EPDM ได้ดังสมการที่ 4.1

$$\overline{Y} = 9.612 - 0.123X_2 \qquad \text{..... (4.1)}$$

$\overline{Y}$ = ค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงดึง (Mpa)

X_2= EPDM (%W)

สมการการถดถอยที่ (4.1) นี้สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (The Coefficient of Determination) R^2 เท่ากับ 0.972

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

ANOVA

Model	Sum of squares	df	Mean Square	F
Regression	6.658	1	6.658	138.554
Residual	0.192	4	4.85E-0.2	
Total	6.850	5		

R Square เท่ากับ 0.972

Standard Error of the Estimate เท่ากับ 0.2192

Coefficients

Model	Unstandardized coefficients		standardized coefficients	t	Sig
	B	Std. error	Beta		
Constant	9.162	0.159		57.784	0.000
EPDM(X_2)	-0.123	0.010	-0.986	-11.771	0.000

Predictors : (Constant) , X_2

Dependent Variable : Tensile strengtf of PE/EPDM Binary Blends ($\overline{Y}$)

4.2.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น

เมื่อนำข้อมูลของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.2 มาทำการวิเคราะห์หาการถดถอยของข้อมูลจะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.10 จากตารางที่ 4.10 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับปริมาณ PE และ EPDM ได้ดังสมการที่ 4.2

$$\overline{Y} = 16.088 - 0.593X_2 + 1.633\times10^{-4}\, X_1X_2^2 \qquad \text{..... (4.2)}$$

$\overline{Y}$ = ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น (%)

X_1 = ปริมาณ PE (%)

X_2 = ปริมาณ EPDM (%W)

จากสมการการถดถอยที่ 4.2 สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของความทนต่อแรงดึงของโพลิ เมอร์ผสม PE/EPDM ได้ด้วยสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (The Coefficient of Determination) R^2 เท่ากับ 0.962

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

ANOVA

Model	Sum of Square	df	Mean Square	F
Regression	21.209	2	10.604	38.056
Residual	0.836	3	0.279	
Total	22.045	5		

R Square เท่ากับ 0.962

Std Error of the Estimate เท่ากับ 0.5279

Coefficients

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	16.088	0.478		33.627	0.000
EPDM(X_2)	-0.593	0.090	-2.643	-6.591	0.007
PE * EPDM ∧ 2 ($X_1X_2^2$)	1.633E	0.000	1.894	4.724	0.018

Predictor : (Constant) , EPDM , PE * EPDM ∧ 2

Dependent Variable : %Elongation of PE/EPDM Binary Blends

4.2.2.3 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

เมื่อนำข้อมูลของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นในตารางที่ 4.3 มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาการถดถอยของข้อมูล จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.11 จากตารางที่ 4.11 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับ PE และ EPDM ได้ดังสมการที่ 4.3

$$\overline{Y} = 58.593 + 1.529 \times 10^{-4} X_1^2 X_2 - 6.617 \times 10^{-6} X_1^2 X_2^2 \quad \text{..... (4.3)}$$

$\overline{Y}$ = ค่าเฉลี่ยโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Mpa)

X_1 = ปริมาณ PE (%)

X_2 = ปริมาณ EPDM (%W)

จากสมการการถดถอยที่ 4.3 สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ได้ด้วยสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (The Coefficient of Determination) R^2 เท่ากับ 0.971

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

ANOVA

Model	Sum of Square	df	Mean Square	F
Regression	109.057	2	54.528	49.810
Residual	3.284	3	1.095	
Total	112.341	5		

R Square เท่ากับ 0.971

Std. Error of the Estimate เท่ากับ 3.0619

Coefficients

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	58.593	0.948		61.788	0.000
PE ∧ 2 * EPDM	1.529E –0.4	0	3.017	8.570	0.003
PE ∧ 2 * EPDM ∧ 2	-6.617E-0.6	0	-3.401	-9.661	0.002

Predictor : (Constant) , PE ∧ 2 * EPDM ,PE ∧ 2 * EPDM ∧ 2

Dependent Variable : Modulus of Elastic of PE/EPDM Binary Blends

4.2.2.4 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลค่าความทนต่อการกระแทก

เมื่อนำข้อมูลของค่าความทนต่อการกระแทกในตารางที่ 4.4 มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาการถดถอยของข้อมูลจะได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.12 จากตารางที่ 4.12 สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ ระหว่างค่าความทนต่อการกระแทก กับ PE และ EPDM ได้ดังสมการที่ 4.4

$$\overline{Y} = 45.668 - 1.882 \times 10^{-4} X_1^2 X_2 + 3.369 \times 10^{-6} X_1^2 X_2 \quad .....(4.4)$$

$\overline{Y}$ = ค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงกระแทก (kg - cm)

X_1 = ปริมาณ PE (% w)

X_2 = ปริมาณ EPDM (% w)

จากสมการการถดถอยที่ 4.4 สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของค่าความทนต่อแรงกระแทก ของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (The Coefficient of Determination) R^2 เท่ากับ 0.508

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยของข้อมูล ค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

ANOVA

Model	Sum of Square	df	Mean Square	F
Regression	499.116	2	249.558	1.552
Residual	482.525	3	160.842	
Total	981.641	5		

R Square เท่ากับ 0.508

Standard Error of the Estimate เท่ากับ 12.6823

Coefficients

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	45.668	11.454		3.973	0.029
PE ∧ 2 * EPDM	-1.882E-0.4	0.00	-1.256	0.870	0.448
PE ∧ 2 * EPDM ∧ 2	3.369E-0.6	0.00	0.586	0.406	0.712

Predictor : (Constant) , PE ∧ 2 * EPDM ,PE ∧ 2 * EPDM ∧ 2

Dependent Variable : Impact of Elastic of PE/EPDM Binary Blends

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของโพลิเมอร์ผสม

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเชิงกล

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM โดยการประมาณรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง ดังต่อไปนี้

4.3.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับคุณสมบัติเชิงกลด้านต่างๆ

1) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM แสดงไว้ในรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่อค่าความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

2) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM แสดงไว้ในรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่อค่าความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

3) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM แสดงไว้ในรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่อค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อแรงกระแทกก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม

4.3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับคุณสมบัติเชิงกลด้านต่างๆ

1) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับค่า โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM แสดงไว้ในรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกันเพียงเล็กน้อย คือเมื่อค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยไม่มากนัก หรือเกือบจะไม่เพิ่มเลย

2) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM แสดงไว้ในรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงบวกต่อกัน คือเมื่อค่าความทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

4.3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับคุณสมบัติเชิงกลด้านต่างๆ

1) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM แสดงไว้ในรูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั้งสองมีแนวโน้มในเชิงลบต่อกัน คือเมื่อค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นมีแนวโน้มที่จะลดลง

4.3.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่ได้ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติได้ดังนี้

4.3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเชิงกลและเชิงกล

จากการประมาณรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเชิงกลและเชิงกลในเชิงเส้นตรง พบว่ามีคู่ของคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กันเป็นแบบเส้นตรงดังต่อไปนี้

1)ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ดังแสดงในรูปที่ 4.5

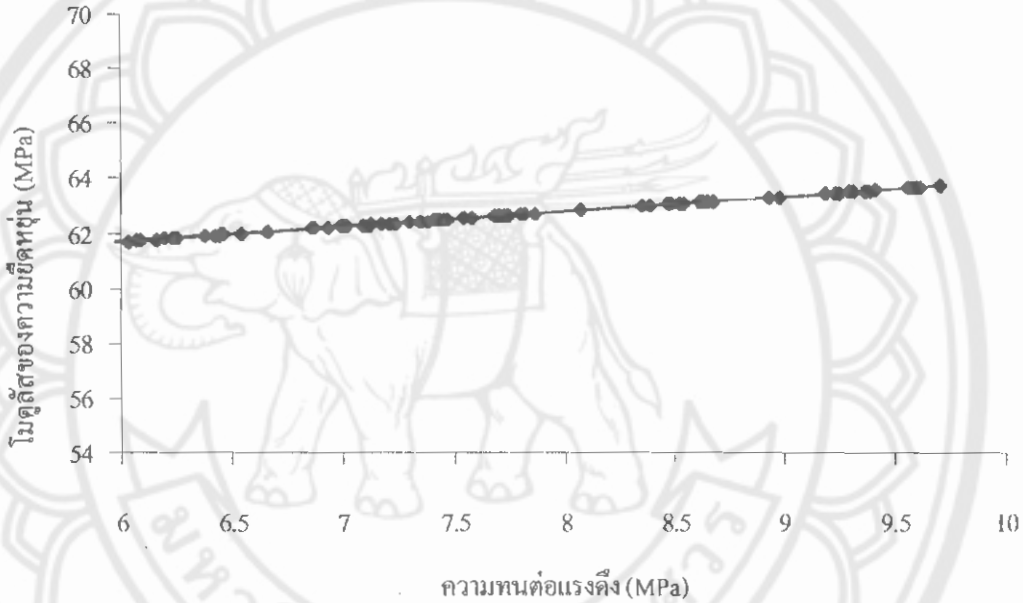
2)ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ดังแสดงในรูปที่ 4.6

3)ค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ดังแสดงในรูปที่ 4.7

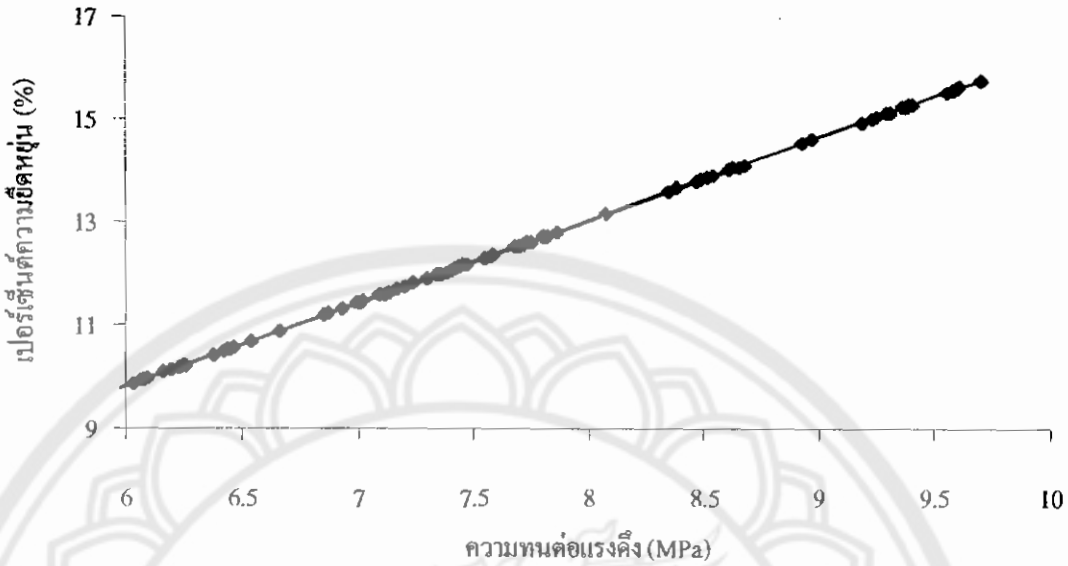
4)ค่าความทนต่อแรงกระแทกกับค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ดังแสดงในรูปที่ 4.8

5)ค่าความทนต่อแรงกระแทกกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ดังแสดงในรูปที่ 4.9

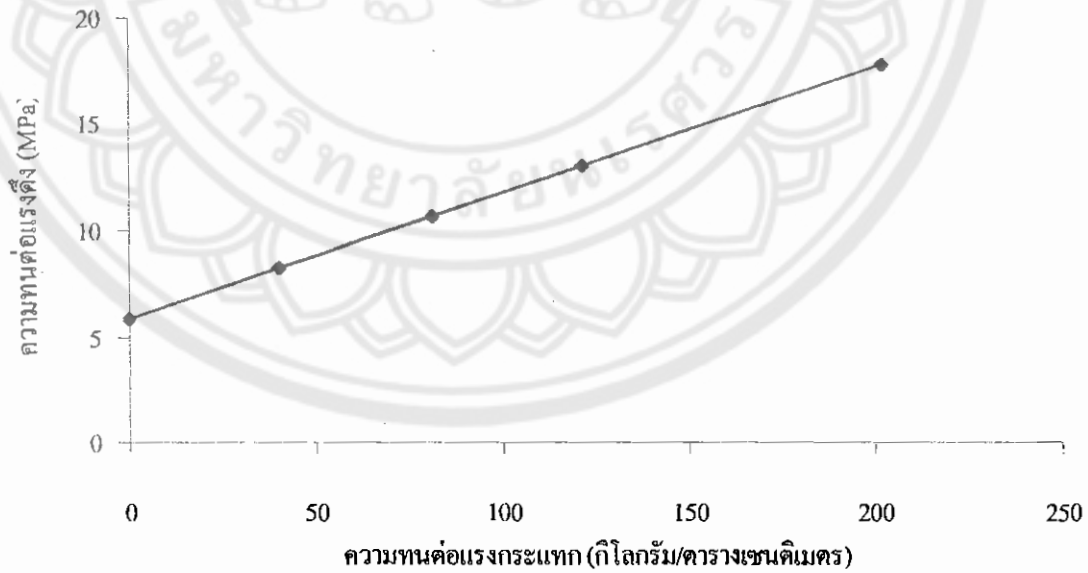
6)ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ดังแสดงในรูปที่ 4.10



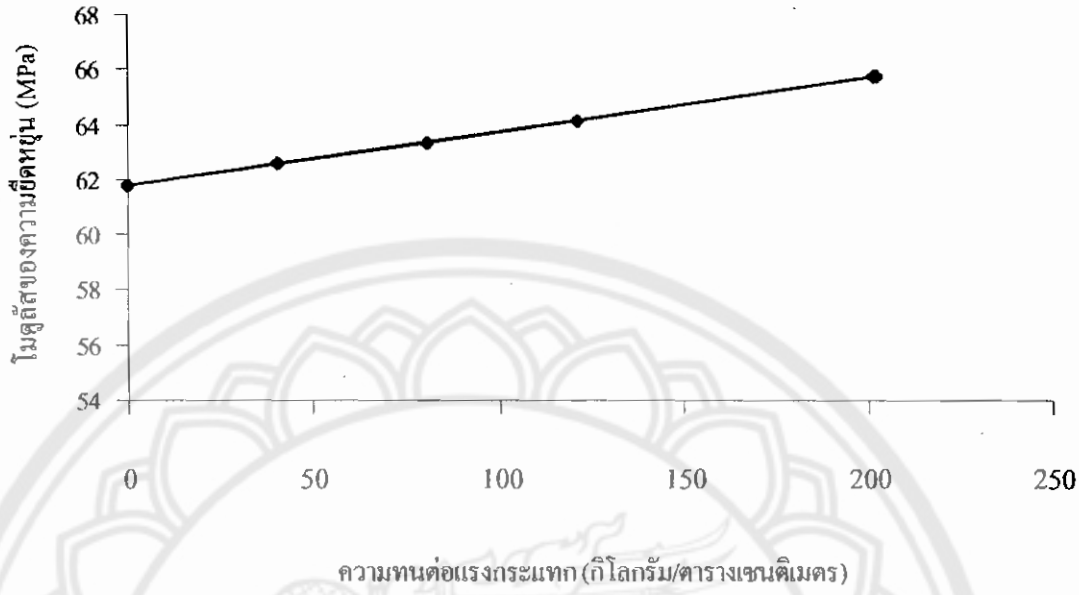
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM



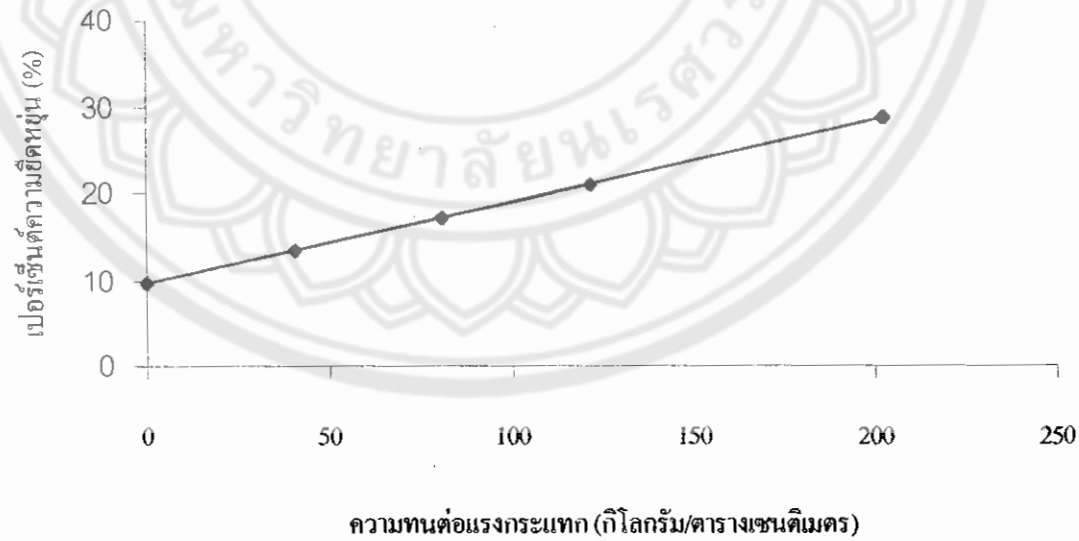
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสมPE/EPDM



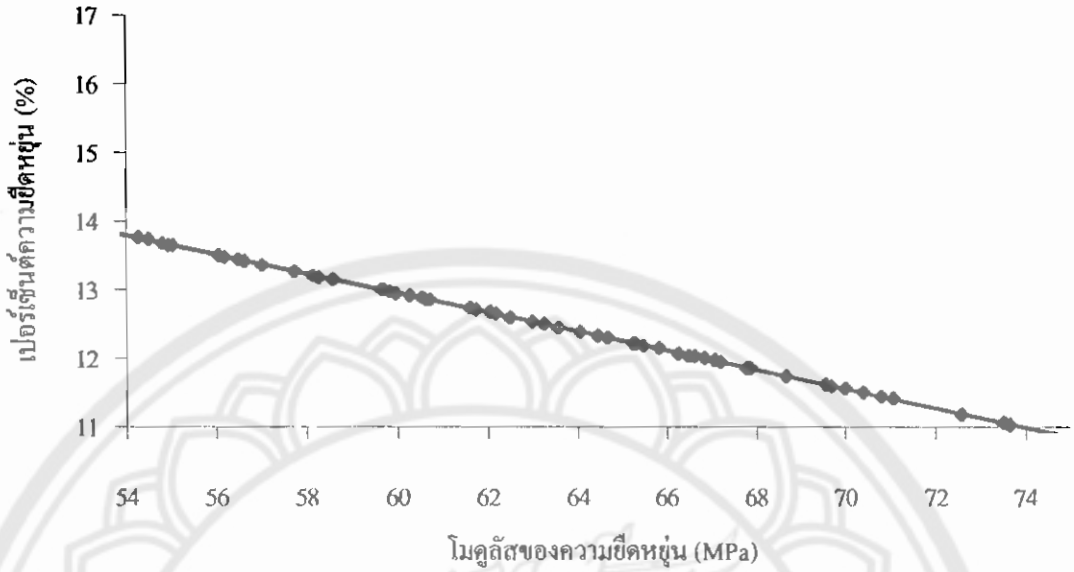
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทกกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น ของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

4.4 สรุปผลตารางการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดในงานวิจัยนี้ สามารถนำมาสรุปเป็นตารางผลการทดลองได้ดังนี้

4.4.1 ผลสรุปการทดลองคุณสมบัติเชิงกล

หลังจากที่ได้ดำเนินการทดลอง โดยผ่านขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบและทำการทดสอบ คุณสมบัติเชิงกล สามารถนำผลที่ได้มาสรุปเป็นตารางดังตารางสรุปผลค่าเฉลี่ยคุณสมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM ดังตารางที่ 4.13

4.4.2 ผลสรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนของPE และ EPDM

เมื่อนำผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลมาทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนของ PE และ EPDM ที่มีต่อคุณสมบัติเหล่านี้ในโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM จะได้ผลสรุปของสมการความสัมพันธ์ดังตารางที่ 4.14

4.4.3 ผลสรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ

เมื่อนำผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลมาทำการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับคุณสมบัติ โดยการประมาณรูปแบบความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง จะได้ผลสรุปของสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับคุณสมบัติทั้งหมดดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.13 สรุปผลค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

PE/EPDM (%w/w)	ครั้งที่	คุณสมบัติ			
		ความทนต่อแรงดึง(Mpa)	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น(%)	โมดูลัสของความยืดหยุ่น(Mpa)	ความทนต่อแรงกระแทก(Kg/cm^2)
100/0	1	9.613	18.688	51.522	48.512
	2	9.352	15.838	59.710	24.256
	3	9.218	14.558	63.662	40.426
95/5	1	8.593	12.528	69.186	32.342
	2	8.551	12.924	67.612	96.978
	3	8.232	14.338	57.782	72.842
90/10	1	7.508	12.108	62.462	24.256
	2	7.856	11.264	70.356	32.336
	3	7.507	10.480	71.690	8.086
85/15	1	7.176	10.982	66.086	32.340
	2	7.295	12.400	59.402	8.086
	3	7.316	10.454	70.136	24.256
80/20	1	6.827	11.040	61.986	24.256
	2	6.804	11.606	58.776	32.340
	3	7.014	10.822	65.424	8.086
75/25	1	6.000	11.532	52.158	16.172
	2	6.218	11.214	55.626	24.258
	3	6.070	10.690	58.676	24.258

ตารางที่ 4.14 สรุปผลของสมการความสัมพันธ์ระหว่าง PE และ EPDM ที่มีผลต่อคุณสมบัติของโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

คุณสมบัติ (Y)	สมการความสัมพันธ์	R^2
ความทนต่อแรงดึง	$\overline{Y} = 9.612 - 0.123X_2$	0.972
เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	$\overline{Y} = 16.088 - 0.593X_2 + 1.633\times10^{-4}\ X_1X_2^2$	0.962
โมดูลัสของความยืดหยุ่น	$\overline{Y} = 58.593 + 1.529\times10^{-4}X_1^2X_2 - 6.617\times10^{-6}X_1^2X_2^2$	0.971
ความทนต่อแรงกระแทก	$\overline{Y} = 45.668 - 1.882\times10^{-4}X_1^2X_2 + 3.369\times10^{-6}X_1^2X_2$	0.508

หมายเหตุ X_1 = สัดส่วนของ PE ในโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM (%wt)

X_2 = สัดส่วนของ EPDM ในโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM (%wt)

ตารางที่ 4.15 สรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเชิงกลในโพลิเมอร์ผสม PE/EPDM

คุณสมบัติ (X)	คุณสมบัติ (Y)	สมการความสัมพันธ์	R^2
ความทนต่อแรงดึง	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	Y = 0.202 + 1.603X	0.79811
	โมดูลัสของความยืดหยุ่น	Y = 58.38 + 0.55 X	-
เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	โมดูลัสของความยืดหยุ่น	Y = 21.35 – 0.14 X	-
ความทนต่อแรงกระแทก	โมดูลัสของความยืดหยุ่น	Y = 61.76511 + 0.019499 X	-
	ความทนต่อแรงยืดหยุ่น	Y = 5.863183 + 0.059042 X	0.49487
	เปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น	Y = 9.603701 + 0.094112 X	0.39417

หมายเหตุ : จากตารางที่ 4.15 ค่า R^2 ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึงกับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น , ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับโมดูลัสของความยืดหยุ่น และ ความทนต่อแรงกระแทกกับค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น มีค่าน้อยมาก ซึ่งในทางสถิติถือว่าไม่มีผลกระทบต่อสัดส่วนผสม ดังนั้นจึงไม่ได้นำค่า R^2 มาแสดงไว้ในที่นี้