

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้ทำการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่เก็บข้อมูล เตรียมส่วนผสม ทำการทดลองและทำงานทดสอบชิ้นงานของโพลีเมอร์ผสมเรียบร้อยแล้ว จึงนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์และศึกษาในด้าน

1. ความสัมพันธ์ที่สามารถบอกคุณสมบัติเชิงกล
 - 1) ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength)
 - 2) เปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่น (% Elongation)
 - 3) โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)
 - 4) ความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength)
2. การวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ
3. สรุปตารางผลการทดลอง
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

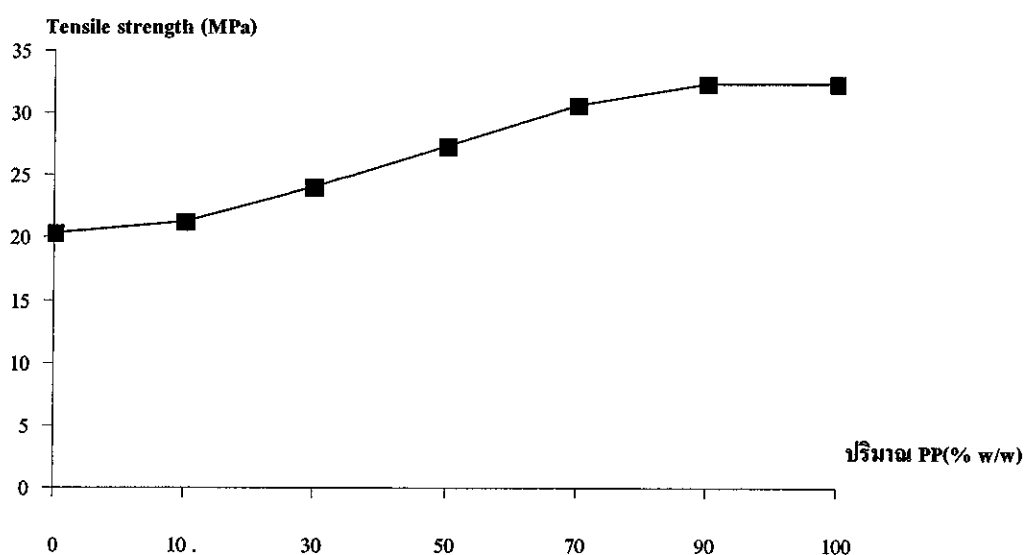
4.1.1 ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength)

จากการทดสอบหาค่าความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสมระหว่าง โพลีโพรพิลีนและ โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง 7 ส่วนผสม ณ อุณหภูมิหัวฉีดที่ 180°C, 200°C, 220°C และ 240°C ซึ่งแสดงค่าความทนต่อแรงดึงของพลาสติก ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของพลาสติกที่อัตราส่วนผสมต่างๆ ดังตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3, 4.4

ตารางที่ 4.1 ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) ที่อุณหภูมิ 180°C

หน่วย : MPa

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	20.458	21.083	24.375	27.958	31.166	33.500	33.625
2	21.000	21.125	24.208	26.458	30.833	33.041	33.458
3	20.791	21.333	24.541	27.541	31.083	32.583	33.333
4	21.083	20.916	24.041	27.541	31.041	32.541	33.166
5	20.625	21.166	23.625	27.250	30.500	32.166	33.250
6	20.935	21.458	24.375	27.666	30.208	31.375	33.208
7	19.421	21.958	23.791	27.041	30.291	32.375	33.041
8	19.101	21.375	23.750	27.500	30.916	32.125	33.541
9	20.457	20.875	24.041	27.583	30.041	31.791	33.208
10	19.957	21.083	24.375	27.000	30.166	31.583	33.125
Mean	20.383	21.237	24.112	27.354	30.625	32.308	33.296
Std.	0.645	0.299	0.297	0.405	0.407	0.617	0.187



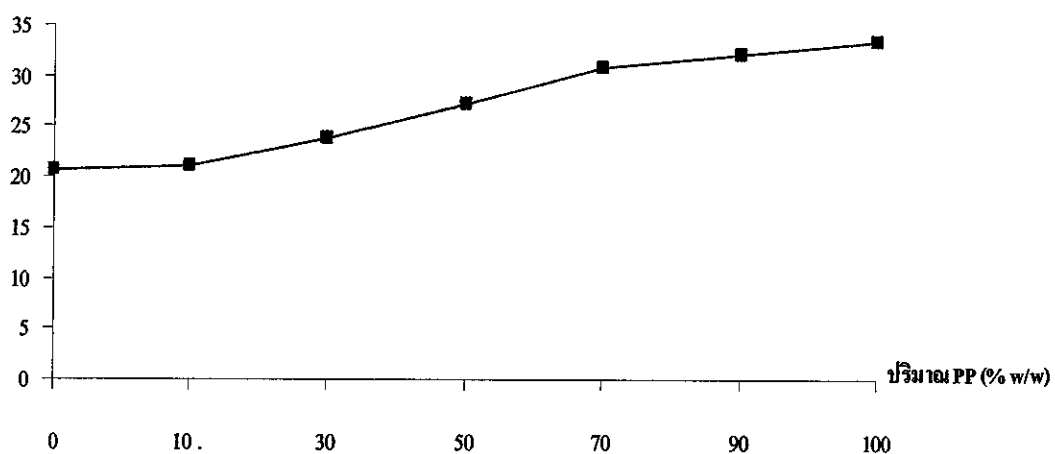
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงดึงกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 180°C

ตารางที่ 4.2 ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) ที่อุณหภูมิ 200°C

หน่วย : MPa

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	20.708	21.500	24.000	27.083	31.500	32.791	34.250
2	20.958	21.083	23.583	27.000	30.958	32.291	33.416
3	20.750	21.041	23.791	27.041	30.857	32.041	33.375
4	20.625	21.458	23.708	27.750	30.541	32.083	33.083
5	20.416	21.041	24.250	27.146	30.458	31.666	33.041
6	20.625	21.250	23.916	27.083	30.875	32.041	32.875
7	20.583	20.916	23.791	27.500	30.791	32.250	33.000
8	20.750	21.125	23.708	27.735	30.583	32.291	33.458
9	20.833	20.833	23.416	26.750	30.166	31.958	33.250
10	20.625	20.708	23.875	26.708	30.833	31.250	33.041
Mean	20.687	21.096	23.804	27.180	30.756	32.066	33.279
Std.	0.141	0.240	0.218	0.349	0.337	0.387	0.381

Tensile strength (MPa)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงดึงกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 200°C

พี
455
.158
จ177ด
2526

4740405

22 ก.ค. 2541



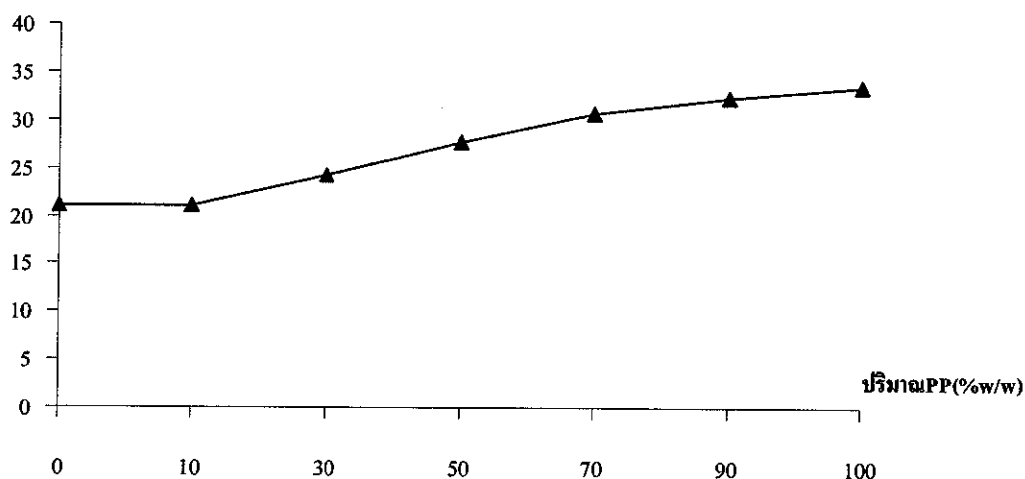
สำนักหอสมุด

ตารางที่ 4.3 ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) ที่อุณหภูมิ 220°C

หน่วย : MPa

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	21.166	21.541	23.958	28.208	30.916	32.500	34.416
2	21.000	21.333	24.000	27.500	30.708	32.208	33.916
3	21.291	20.958	24.333	27.583	31.083	32.166	33.375
4	20.875	21.125	24.666	27.666	30.708	32.500	33.208
5	20.625	21.125	23.791	27.833	30.625	32.333	33.416
6	21.250	20.708	24.375	26.833	30.750	31.916	33.166
7	21.166	21.333	24.041	26.833	30.250	31.666	32.916
8	20.666	20.875	23.875	28.166	29.958	31.916	33.083
9	20.833	21.250	23.916	27.333	30.166	32.000	33.291
10	20.458	20.500	24.416	28.291	30.291	32.833	33.125
Mean	20.933	21.075	24.137	27.625	30.546	32.204	33.391
Std.	0.273	0.301	0.274	0.498	0.342	0.330	0.433

Tensile strength(MPa)



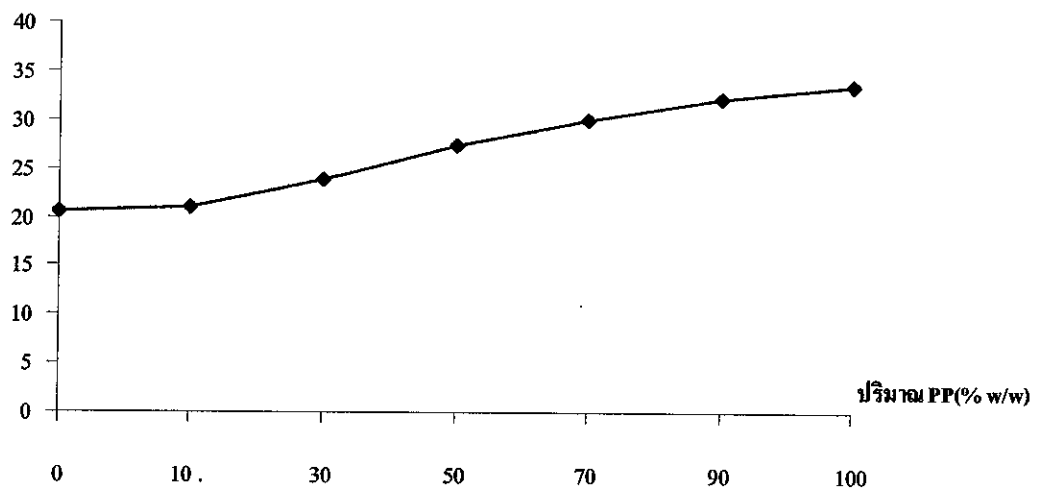
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงดึงกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 220°C

ตารางที่ 4.4 ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) ที่อุณหภูมิ 240°C

หน่วย : MPa

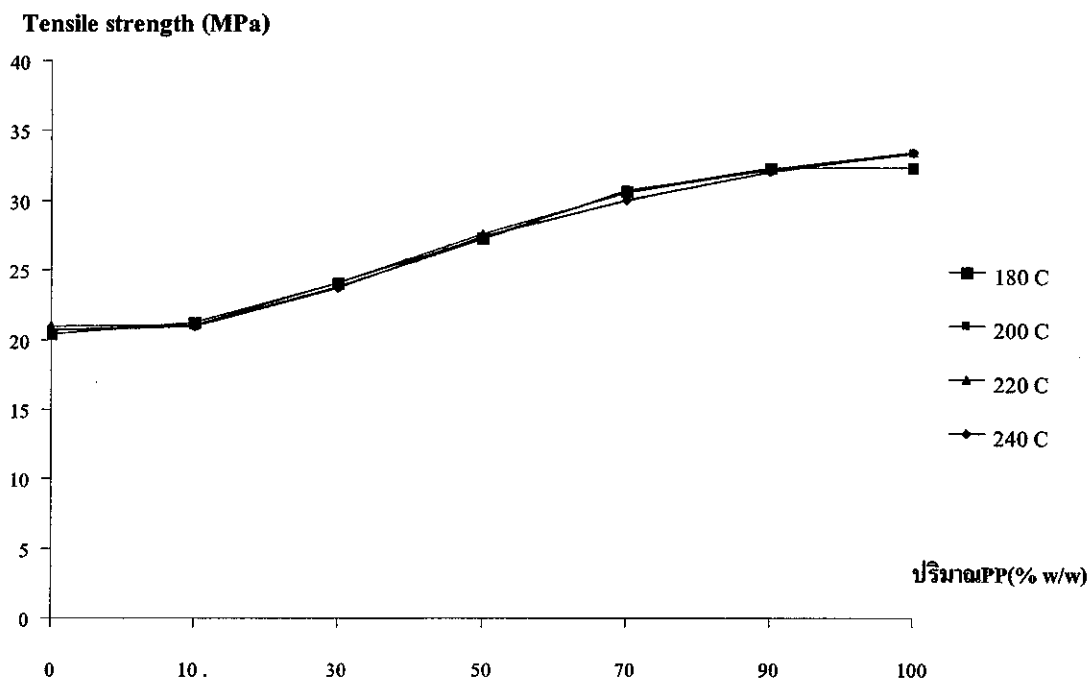
NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	21.041	21.041	23.916	27.833	30.416	32.500	33.458
2	21.166	21.000	23.958	27.708	29.916	32.125	33.125
3	20.666	20.875	23.916	27.083	29.833	32.250	33.416
4	20.333	21.083	23.625	27.208	29.708	32.041	33.208
5	20.666	21.083	23.833	27.750	30.041	31.666	34.083
6	20.416	20.833	23.958	27.291	29.833	32.041	33.250
7	20.875	20.958	23.458	27.166	30.125	31.833	33.041
8	19.958	21.250	23.625	27.500	29.875	31.958	33.291
9	20.875	21.125	23.916	27.083	30.416	32.000	33.250
10	20.750	20.791	23.416	27.291	30.000	32.000	33.666
Mean	20.675	21.004	23.762	27.391	30.016	32.041	33.379
Std.	0.340	0.135	0.201	0.270	0.229	0.213	0.302

Tensile strength(MPa)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงดึงกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 240°C

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงดึงกับปริมาณ โพลีเมอร์ผสมของ PP/HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ สามารถสรุปได้ดังกราฟ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงดึงกับปริมาณ PP/HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่ากราฟทั้ง 4 เส้นมีความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ โพลีโพรพิลีน(PP) เพิ่มขึ้นและ โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) มีปริมาณลดลง

4.1.2 เปอร์เซนต์ของความยืดหยุ่น (% Elongation)

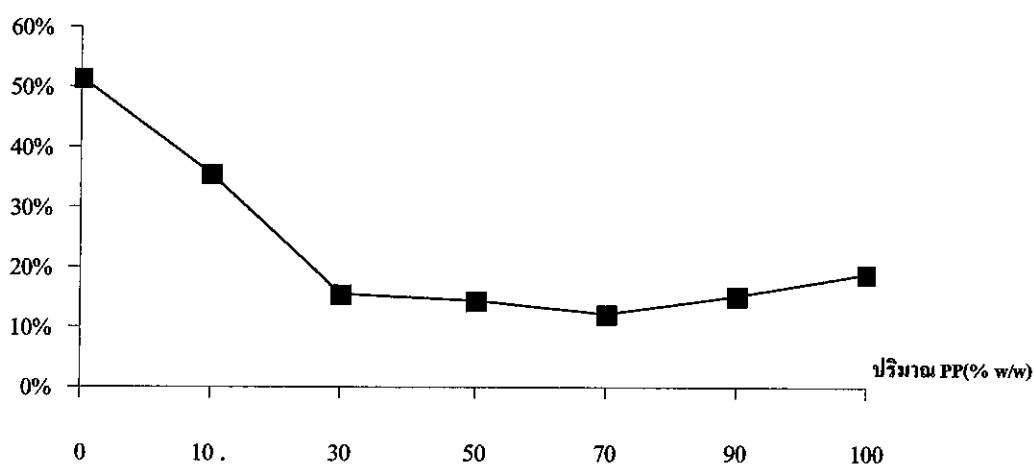
จากการทดสอบแรงดึง เมื่อชิ้นงานที่ทำการทดสอบทนแรงดึงสูงสุดแล้วแต่ชิ้นงานยังไม่ขาดทันทีแรงดึงเริ่มลดลง ชิ้นงานจะค่อยๆยืดแล้วจึงขาด ซึ่งแสดงค่าเปอร์เซนต์ของความยืดหยุ่นของพลาสติกที่อุณหภูมิและส่วนผสมต่างๆ ดังในตารางที่ 4.5 ,4.6 ,4.7 ,4.8

ตารางที่ 4.5 ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น(% Elongation) ที่อุณหภูมิ 180 °C

หน่วย : %

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	47%	30%	17%	15%	12%	14%	19%
2	61%	44%	16%	15%	11%	14%	20%
3	48%	55%	17%	12%	11%	18%	18%
4	60%	33%	16%	14%	10%	14%	21%
5	57%	31%	13%	15%	12%	13%	19%
6	40%	30%	11%	17%	11%	13%	18%
7	49%	31%	16%	15%	15%	14%	18%
8	52%	32%	18%	14%	12%	17%	18%
9	49%	37%	15%	16%	13%	12%	19%
10	52%	32%	15%	13%	14%	21%	18%
Mean	51%	36%	15%	15%	12%	15%	19%
Std.	6%	8%	2%	1%	1%	3%	1%

% Elongation

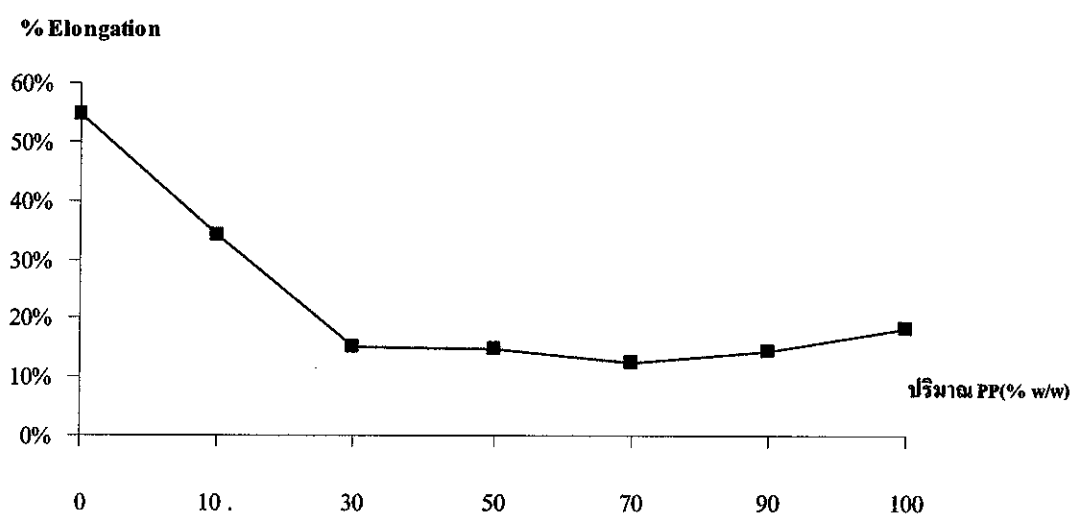


รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 180°C

ตารางที่ 4.6 ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น(% Elongation) ที่อุณหภูมิ 200 °C

หน่วย : %

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	59%	30%	17%	14%	12%	14%	17%
2	44%	30%	14%	15%	14%	13%	18%
3	49%	37%	18%	15%	12%	12%	18%
4	82%	40%	20%	15%	14%	16%	18%
5	51%	32%	14%	13%	15%	17%	18%
6	56%	39%	17%	15%	11%	14%	19%
7	50%	34%	9%	15%	13%	14%	18%
8	54%	32%	14%	16%	12%	17%	19%
9	48%	38%	16%	14%	12%	12%	19%
10	55%	31%	13%	16%	11%	17%	18%
Mean	55%	34%	15%	15%	12%	14%	18%
Std.	10%	4%	3%	1%	1%	2%	1%

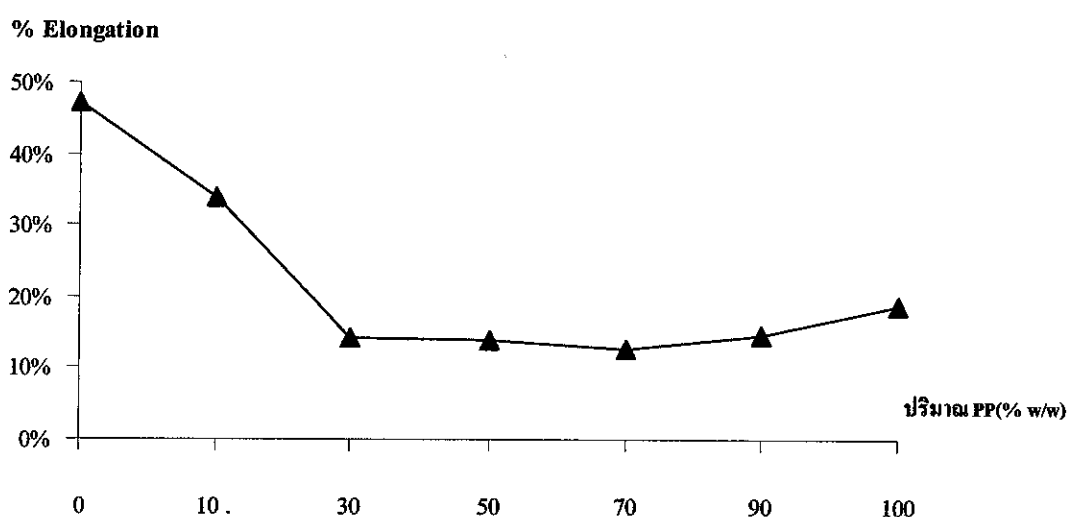


รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับปริมาณPP/HDPEที่อุณหภูมิ 200°C

ตารางที่ 4.7 ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น(% Elongation) ที่อุณหภูมิ 220°C

หน่วย : %

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	50%	30%	16%	15%	14%	14%	19%
2	41%	28%	15%	15%	16%	13%	18%
3	44%	34%	14%	13%	14%	17%	18%
4	47%	33%	12%	13%	12%	14%	19%
5	44%	51%	13%	15%	13%	17%	18%
6	56%	36%	12%	14%	11%	15%	20%
7	41%	35%	16%	15%	11%	14%	19%
8	55%	30%	13%	14%	12%	14%	22%
9	43%	32%	19%	13%	13%	14%	16%
10	51%	32%	14%	14%	12%	14%	18%
Mean	47%	34%	14%	14%	13%	15%	19%
Std.	5%	6%	2%	1%	2%	1%	1%

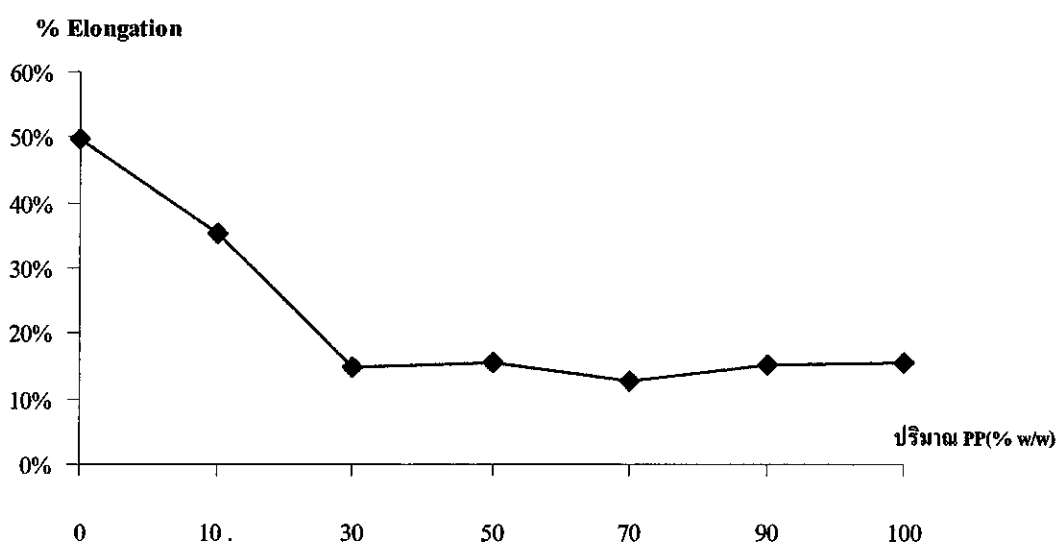


รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับปริมาณPP/HDPEที่อุณหภูมิ 220°C

ตารางที่ 4.8 ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น(% Elongation) ที่อุณหภูมิ 240 °C

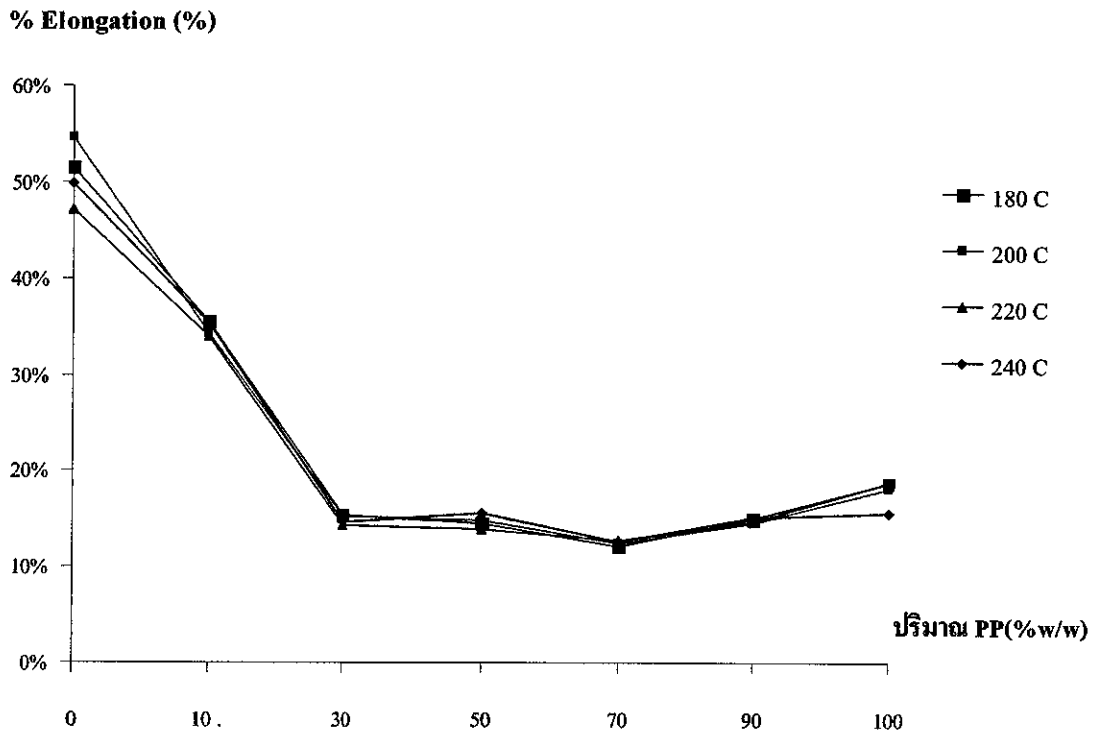
หน่วย : %

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	52%	36%	14%	13%	12%	16%	13%
2	47%	34%	16%	13%	12%	14%	13%
3	54%	34%	9%	13%	16%	14%	13%
4	54%	33%	9%	13%	12%	16%	13%
5	44%	33%	16%	14%	12%	18%	14%
6	63%	43%	17%	12%	12%	18%	12%
7	42%	27%	16%	15%	13%	11%	15%
8	49%	40%	14%	14%	13%	13%	14%
9	43%	36%	19%	16%	13%	15%	16%
10	49%	39%	18%	33%	12%	14%	33%
Mean	50%	35%	15%	16%	13%	15%	16%
Std.	6%	4%	3%	6%	1%	2%	6%



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับปริมาณPP/HDPEที่อุณหภูมิ 240°C

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น (% Elongation) กับปริมาณโพลิเมอร์ผสมของ PP/HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ สามารถสรุปได้ดังกราฟ



รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP/HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.10 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ของค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นนี้มีลักษณะลดลง เมื่อปริมาณโพลิโพรพิลีนมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งคือที่ PP/HDPE (%w/w) เป็น 70/30 พบว่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเมื่อปริมาณ โพลิโพรพิลีน (PP) เป็น 100% หรือ โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) มีค่าเป็น 0%

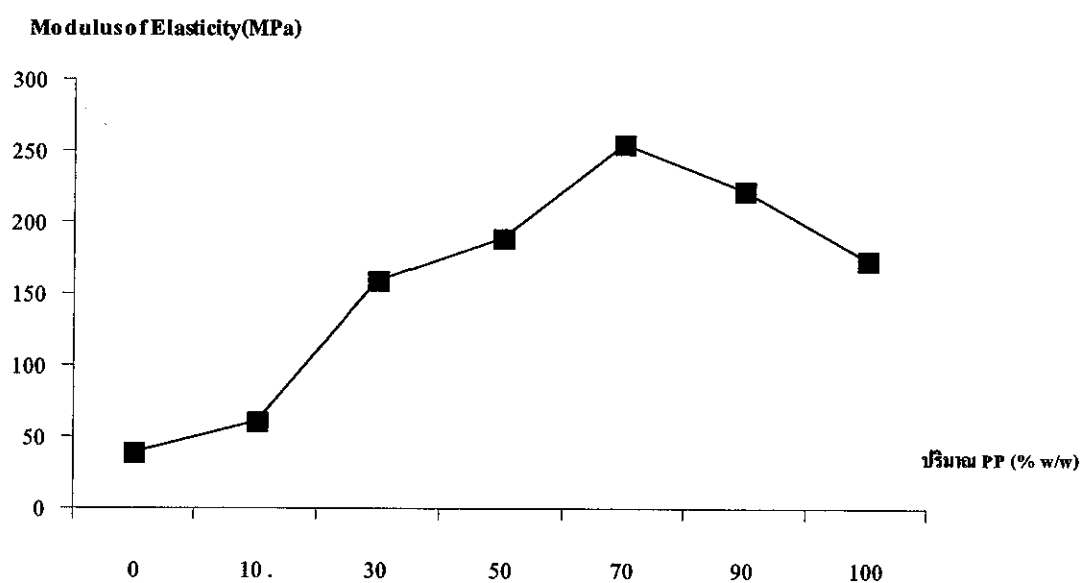
4.1.3 โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

จากการทดสอบแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม สามารถหาค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของชิ้นงานที่อุณหภูมิและส่วนผสมต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วดังแสดงในตารางที่ 4.9 ,4.10 ,4.11 ,4.12

ตารางที่ 4.9 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ที่อุณหภูมิ 180 °C

หน่วย : MPa

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	43.160	70.511	145.958	191.493	271.008	242.752	180.779
2	34.426	48.340	148.515	177.570	270.464	234.333	167.290
3	43.587	38.646	147.837	223.910	272.657	177.081	186.217
4	35.374	62.810	148.401	193.950	307.336	234.107	156.443
5	36.375	64.839	176.305	184.121	262.931	255.285	178.763
6	36.184	72.249	221.590	167.672	267.327	239.503	183.469
7	52.338	69.929	146.858	180.273	208.903	226.398	186.469
8	36.733	67.857	131.215	197.841	253.409	186.773	138.284
9	41.749	56.725	158.164	171.320	227.583	264.925	177.582
10	38.379	65.070	163.590	209.302	209.486	151.114	184.027
Mean	39.830	61.698	158.843	189.745	255.110	221.227	173.932
Std.	5.209	21.242	22.713	16.530	29.515	35.047	15.159



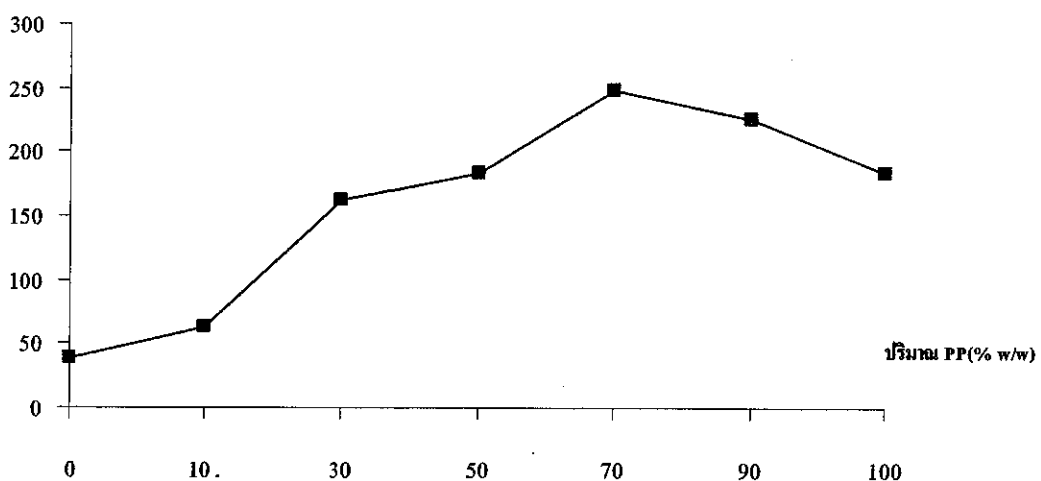
รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 180 °C

ตารางที่ 4.10 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ที่อุณหภูมิ 200 °C

หน่วย : MPa

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	35.217	72.635	143.712	194.841	254.032	235.906	196.839
2	47.849	69.351	167.255	180.000	227.632	252.273	186.681
3	42.520	57.914	131.441	183.952	266.163	267.008	184.392
4	25.060	65.548	116.788	181.372	221.311	201.779	186.909
5	40.188	54.909	173.214	204.597	208.616	186.270	184.586
6	36.962	61.157	141.514	180.333	270.833	225.640	176.747
7	41.331	66.640	253.095	188.356	236.853	227.112	188.571
8	38.785	54.679	166.957	167.944	265.939	195.703	176.881
9	43.766	67.859	149.146	189.716	253.495	273.145	174.583
10	37.500	65.070	180.871	165.888	280.300	187.125	181.543
Mean	38.918	63.576	162.399	183.700	248.517	225.196	183.773
Std.	5.790	5.843	35.676	11.021	22.545	30.466	6.355

Modulus of Elasticity (MPa)



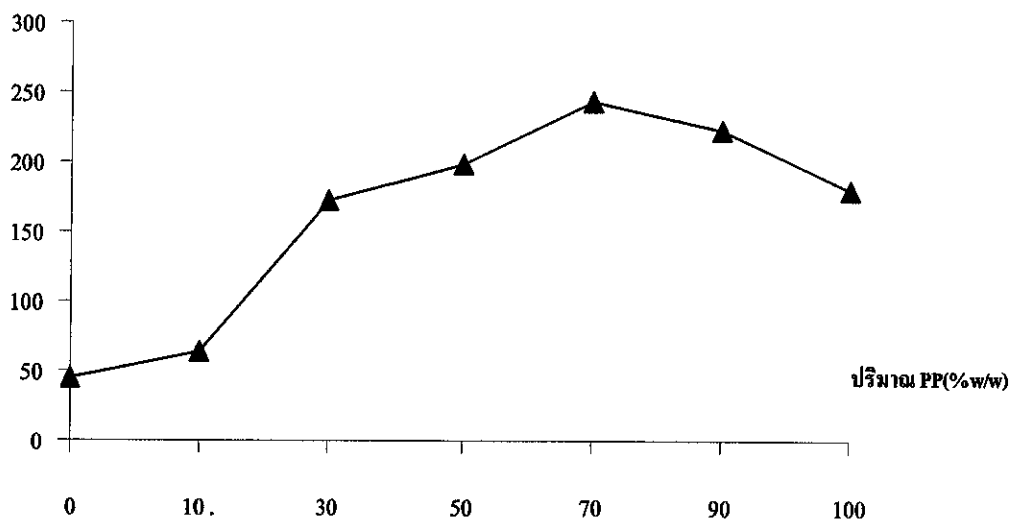
รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 200 °C

ตารางที่ 4.11 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ที่อุณหภูมิ 220 °C

หน่วย : MPa

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	42.759	72.043	146.981	190.594	227.323	233.812	177.402
2	51.094	76.462	156.862	187.074	187.243	253.606	184.326
3	48.832	61.823	177.613	220.664	222.021	189.211	184.392
4	44.604	63.629	205.550	217.842	262.461	228.873	173.863
5	47.196	41.749	184.426	190.636	235.576	187.982	187.730
6	38.219	58.005	196.572	186.340	272.123	208.601	168.355
7	51.125	61.834	154.108	185.055	277.522	234.562	169.670
8	37.919	70.523	187.992	202.633	253.881	221.638	153.874
9	48.336	65.993	126.539	203.977	228.530	231.884	205.500
10	39.801	64.465	180.859	202.078	258.897	236.208	179.469
Mean	44.989	63.653	171.750	198.689	242.558	222.638	178.458
Std.	4.833	8.979	23.433	12.282	26.167	20.127	13.018

Modulus of Elasticity (MPa)



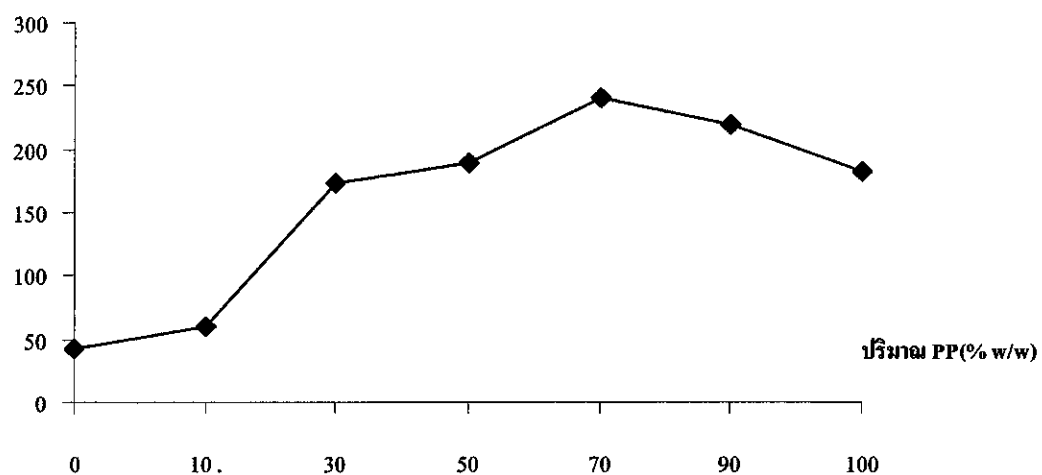
รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 220 °C

ตารางที่ 4.12 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ที่อุณหภูมิ 240 °C

หน่วย : MPa

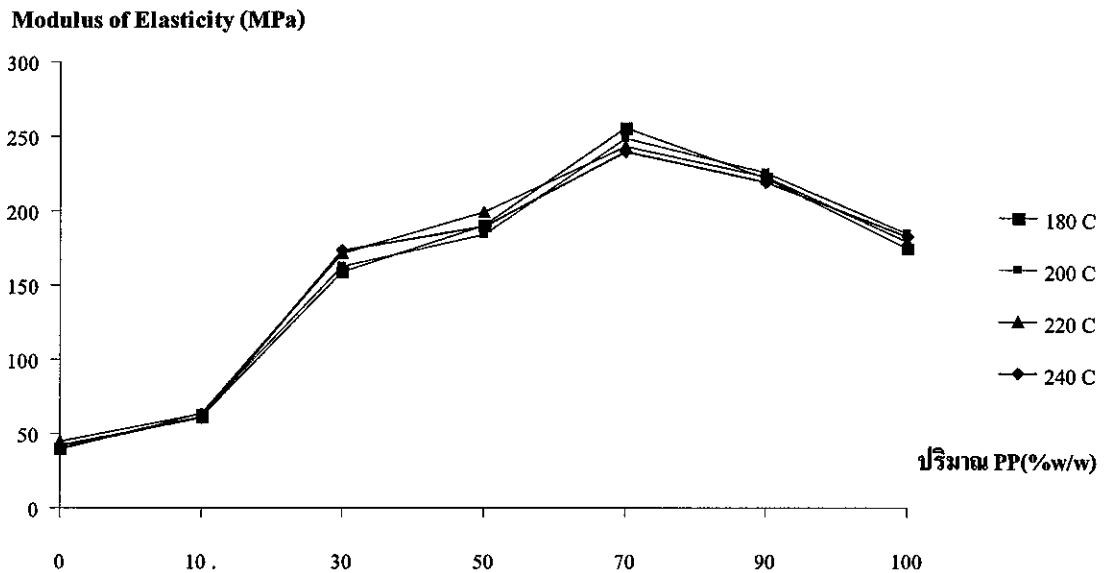
NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	40.231	58.610	174.569	214.100	245.290	200.310	224.550
2	45.226	62.500	153.576	208.330	257.896	232.789	198.353
3	38.058	61.943	268.719	205.174	192.470	233.958	187.730
4	37.653	63.887	271.551	210.914	249.647	196.570	189.760
5	47.075	64.870	148.956	196.808	256.760	174.950	193.653
6	32.201	48.561	138.485	229.336	246.553	177.022	176.861
7	49.584	79.086	151.341	187.351	231.730	289.390	170.314
8	41.065	52.992	165.209	192.307	226.325	249.671	201.763
9	48.099	59.173	128.580	169.268	237.625	207.792	157.582
10	42.346	54.002	127.956	83.458	247.933	222.222	151.648
Mean	42.154	60.562	172.894	189.705	239.223	218.467	185.221
Std.	5.150	7.928	50.552	38.692	18.282	33.162	23.019

Modulus of Elasticity (MPa)



รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP/HDPE ที่อุณหภูมิ 240 °C

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) กับ ปริมาณโพลิเมอร์ผสมของ PP/HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ สามารถสรุปได้ดังกราฟ



รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นกับปริมาณ PP/HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.15 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นนี้มีลักษณะเพิ่มขึ้น เมื่อ ปริมาณโพลิโพรพิลีนมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงจุดๆหนึ่งคือที่สัดส่วน PP/HDPE (%w/w) เป็น 70/30 พบว่าค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนเมื่อปริมาณโพลิโพรพิลีน (PP) เป็น 100% หรือ โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) มีค่าเป็น 0%

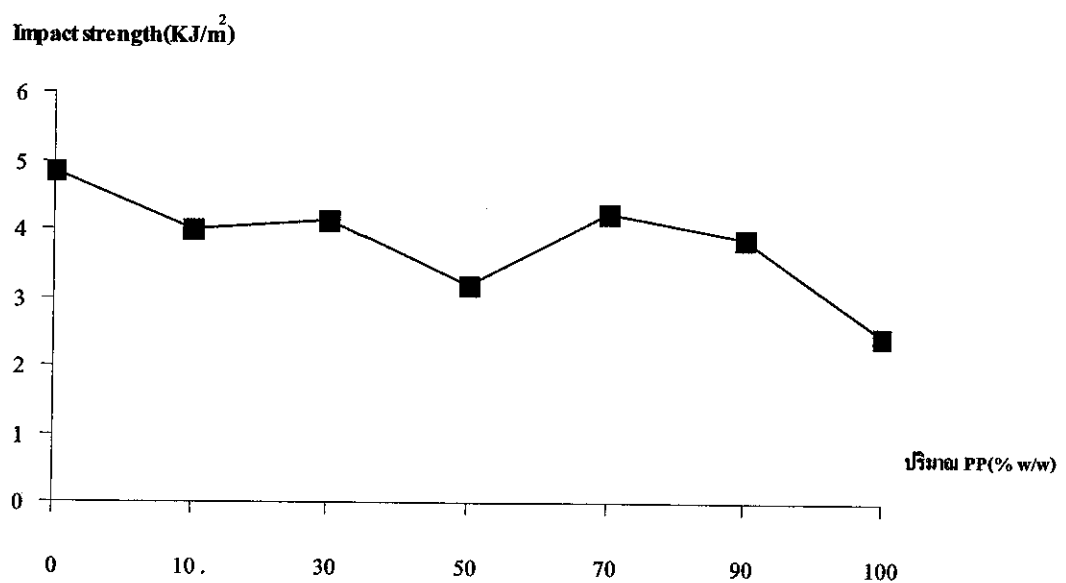
4.4. ความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength)

จากการทดสอบแรงกระแทก แสดงผลของค่าความทนต่อแรงกระแทกที่อุณหภูมิและ สัดส่วนผสมต่างๆ ดังในตารางที่ 4.13 , 4.14 , 4.15 , 4.16

ตารางที่ 4.13 ค่าความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ที่อุณหภูมิ 180 °C

หน่วย : KJ/m²

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	4.700	4.700	4.400	4.200	4.400	3.300	2.400
2	4.700	3.900	3.800	3.200	4.300	3.700	2.100
3	6.000	4.200	4.300	2.500	5.100	3.800	2.100
4	4.300	3.100	3.800	2.500	4.400	2.900	1.900
5	4.100	3.500	3.200	2.900	4.300	3.600	2.600
6	4.500	3.700	4.700	5.200	3.600	4.600	2.100
7	5.100	4.700	4.200	2.300	4.300	4.800	2.900
8	5.300	4.500	3.900	2.900	4.000	4.200	2.700
9	4.800	3.900	4.800	2.600	3.900	3.000	3.000
10	4.900	3.700	4.100	3.400	4.000	4.900	2.700
Mean	4.840	3.990	4.120	3.170	4.230	3.880	2.450
Std.	0.512	0.503	0.449	0.858	0.380	0.685	0.372

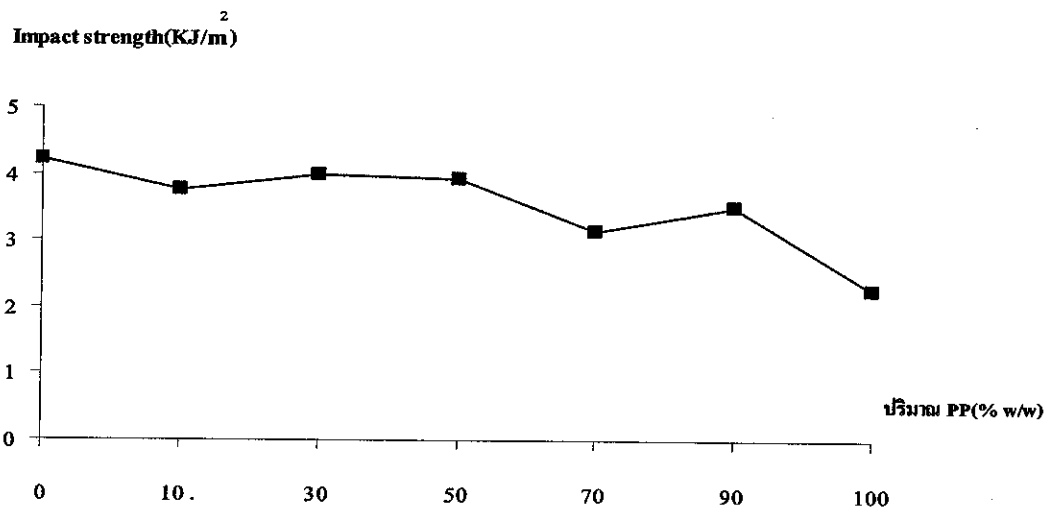


รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณPP/HDPEที่อุณหภูมิ180°C

ตารางที่ 4.14 ค่าความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ที่อุณหภูมิ 200 °C

หน่วย : KJ/m²

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	5.100	4.400	4.200	4.000	3.500	3.900	2.300
2	4.200	4.600	3.400	3.900	2.600	4.000	2.100
3	3.700	3.900	4.300	4.000	2.500	4.200	2.500
4	3.900	3.700	4.300	2.300	3.800	2.700	2.700
5	4.500	4.200	3.900	4.200	3.300	4.300	2.200
6	4.700	3.500	4.500	4.300	2.800	4.300	1.900
7	3.900	3.100	4.700	4.300	2.900	4.200	2.200
8	4.200	2.900	3.100	4.200	3.800	2.400	1.900
9	3.800	3.700	3.700	3.700	3.000	3.000	2.400
10	4.200	3.500	3.900	4.300	3.300	1.900	2.400
Mean	4.220	3.750	4.000	3.920	3.150	3.490	2.260
Std.	0.417	0.514	0.473	0.572	0.441	0.902	0.245

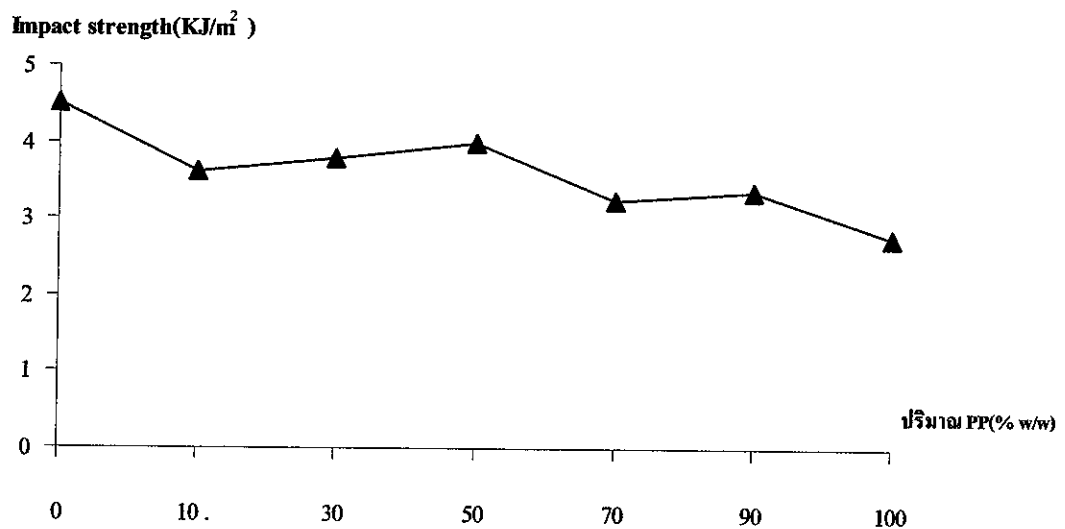


รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณPP/HDPEที่อุณหภูมิ200°C

ตารางที่ 4.15 ค่าความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ที่อุณหภูมิ 220 °C

หน่วย : KJ/m²

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	4.800	4.700	4.400	3.900	1.900	2.300	2.700
2	4.900	3.300	4.400	4.500	2.700	4.700	2.100
3	4.500	3.500	3.600	4.200	3.400	2.800	2.800
4	4.700	3.400	4.200	4.500	1.900	4.000	3.000
5	4.200	4.100	3.400	3.400	4.400	3.000	2.500
6	5.100	3.900	3.900	4.000	3.300	2.500	3.000
7	3.900	3.700	3.300	4.200	4.200	3.000	3.200
8	4.200	3.400	4.000	2.300	4.200	2.900	3.200
9	3.700	3.100	3.000	4.500	2.100	4.600	3.200
10	5.000	2.900	3.800	4.500	4.200	3.800	1.900
Mean	4.500	3.600	3.800	4.000	3.230	3.360	2.760
Std.	0.456	0.498	0.449	0.659	0.965	0.811	0.512

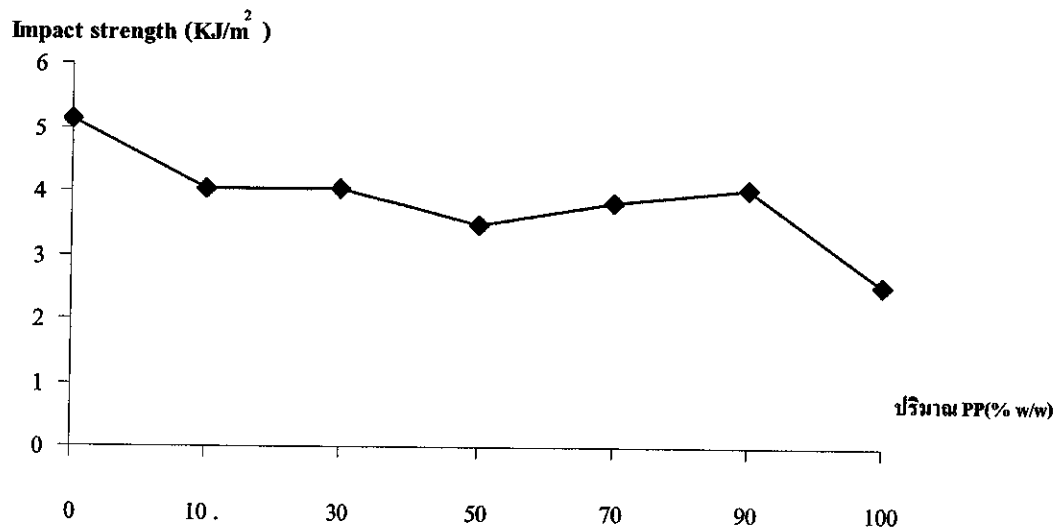


รูปที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณPP/HDPEที่อุณหภูมิ220°C

ตารางที่ 4.16 ค่าความทนต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ที่อุณหภูมิ 240 °C

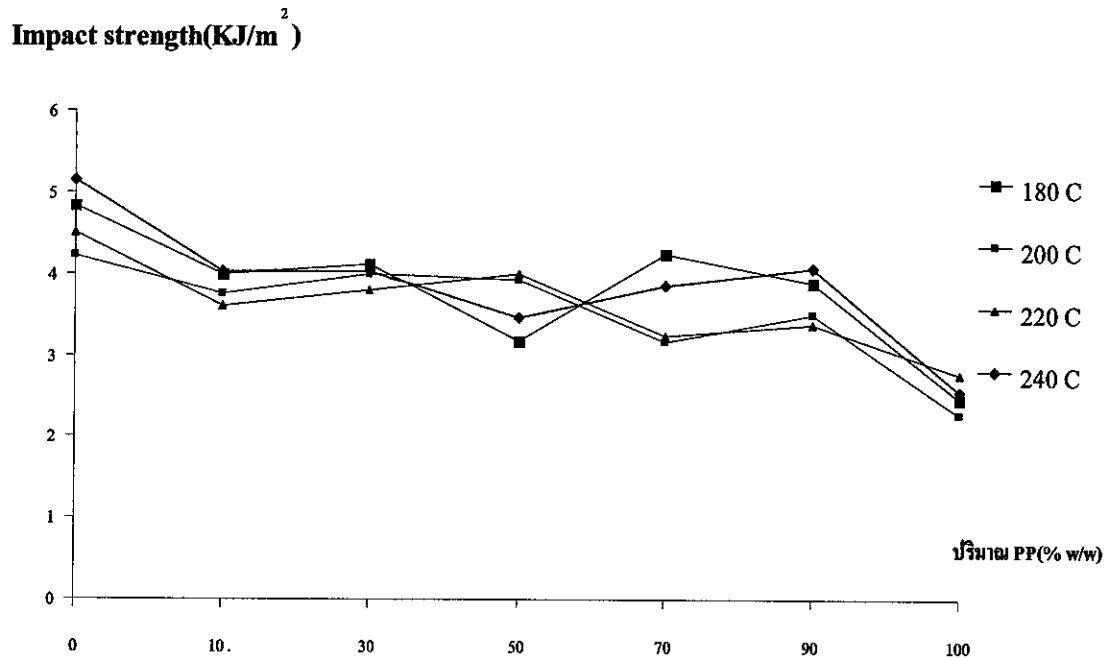
หน่วย : KJ/m²

NO.	PP/HDPE(% w/w)						
	0/100	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
1	6.000	4.400	4.200	3.000	4.300	4.300	1.700
2	4.400	4.200	4.400	3.300	4.300	4.000	2.300
3	5.200	4.200	4.300	4.000	3.400	4.300	2.800
4	4.900	4.700	3.800	3.300	4.200	3.700	2.700
5	5.300	4.900	3.200	3.200	3.900	4.400	2.900
6	5.600	3.500	4.400	3.200	2.800	4.500	2.800
7	4.700	3.700	3.300	3.500	4.500	4.200	2.500
8	5.900	4.200	4.200	3.300	2.300	3.200	2.700
9	4.300	3.100	4.300	3.200	4.300	3.900	2.900
10	5.100	3.400	4.200	4.600	4.400	4.000	2.100
Mean	5.140	4.030	4.030	3.460	3.840	4.050	2.540
Std.	0.554	0.555	0.422	0.457	0.719	0.367	0.397



รูปที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ของความทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณPP/HDPEที่อุณหภูมิ240°C

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความทนต่อแรงกระแทก(Impact Strength) กับปริมาณโพลิเมอร์ผสมของ PP/HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ สามารถสรุปได้ดังกราฟ



รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ของค่าความทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณ PP/HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.20 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ของค่าความทนต่อแรงกระแทกในช่วงแรกมีแนวโน้มลดลง แต่มีบางค่าที่เพิ่มขึ้น แต่ในช่วงท้ายของกราฟมีค่าลดลงเรื่อยๆ

4.2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากผลการทดลองตามคุณสมบัติเชิงกล จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อใช้ในการสรุปผล ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรง (Linear Regression) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 12.0 มาใช้ในการคำนวณเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of variance)

จากผลการทดลองตามคุณสมบัติเชิงกลในหัวข้อที่ 4.1 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณสมบัติและข้อสรุปของโพลีเมอร์ผสมได้ดังนี้

4.2.1.1 ข้อมูลการทดสอบของค่าความทนต่อแรงดึง

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาค่าความทนต่อแรงดึงของPPและHDPEทั้ง 4 อุณหภูมิมาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูล จะได้ผลของการวิเคราะห์ดังในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดสอบของค่าความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ PP/HDPE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6533.678(a)	27	241.988	1841.861	.000
Intercept	204314.392	1	204314.392	1555112.426	.000
PP	6525.959	6	1087.660	8278.582	.000
Temp	2.067	3	.689	5.245	.002
PP * Temp	5.652	18	.314	2.390	.002
Total	210881.179	280			
Corrected Total	6566.786	279			

a R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .994)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่าปริมาณสัดส่วน PP ส่งผลต่อความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์PP/HDPE อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

4.2.1.2 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่น

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของPPและHDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิ มาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูล จะได้ผลของการวิเคราะห์ดังในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ PP/HDPE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	50622.986(a)	27	1874.925	101.091	.000
Intercept	146743.214	1	146743.214	7912.039	.000
PP	50203.686	6	8367.281	451.144	.000
Temp	72.157	3	24.052	1.297	.276
PP * Temp	347.143	18	19.286	1.040	.416
Total	202040.000	280			
Corrected Total	55296.786	279			

a R Squared = .915 (Adjusted R Squared = .906)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่าปริมาณสัดส่วนPPส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ PP/HDPE ที่สัดส่วนต่างๆอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

4.2.1.3 ข้อมูลของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของ PP และ HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิมาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูล จะได้ผลของการวิเคราะห์ดังในตารางที่ 4.19 ซึ่งเปรียบเทียบกันแต่ละอุณหภูมิดังนี้

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ PP/HDPE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1454715.899(a)	27	53878.367	94.961	.000
Intercept	7032414.024	1	7032414.024	12394.700	.000
PP	1449338.545	6	241556.424	425.746	.000
Temp	387.765	3	129.255	.228	.877
PP * Temp	4989.590	18	277.199	.489	.962
Total	8630107.832	280			
Corrected Total	1597693.808	279			

a R Squared = .911 (Adjusted R Squared = .901)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่าปริมาณสัดส่วน PP ส่งผลต่อค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ PP/HDPE ที่สัดส่วนต่างๆอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

4.2.1.4 ข้อมูลของค่าความทนต่อแรงกระแทก

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาค่าความทนต่อแรงกระแทกของ PP และ HDPE ทั้ง 4 อุณหภูมิมาทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูลจะได้ผลของการวิเคราะห์ดังในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกของ โพลีเมอร์ PP/HDPE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	123.535(a)	27	4.575	13.037	.000
Intercept	3848.756	1	3848.756	10966.728	.000
PP	99.952	6	16.659	47.467	.000
Temp	5.240	3	1.747	4.977	.002
PP * Temp	18.344	18	1.019	2.904	.000
Total	4060.730	280			
Corrected Total	211.974	279			

a R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .538)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่าปริมาณสัดส่วน PP ส่งผลต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลีเมอร์ PP/HDPE ที่สัดส่วนต่างๆอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

4.2.2 การวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรง (Linear Regression)

4.2.2.1 การวิเคราะห์การถดถอยความทนต่อแรงดึง

จากผลการทดลองตามคุณสมบัติเชิงกลในหัวข้อที่ 4.1 ที่อุณหภูมิ 180°C, 200°C, 220°C, 240°C นำข้อมูลความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสมที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4.22 เพื่อหาการถดถอยของข้อมูล สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงดึง อุณหภูมิและสัดส่วน PP (%w/w) ได้ดังสมการที่ 4.1

$$\bar{Y} = 20.627 - 1.491 \times 10^{-3} X_1 + 0.134 X_2 \quad (4.1)$$

เมื่อ \bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงดึง (MPa)

X_1 = อุณหภูมิ (°C)

X_2 = ปริมาณ PP (%w/w)

จากสมการถดถอยที่ 4.1 สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของค่าความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE ได้ด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) เท่ากับ 0.985

ตารางที่ 4.21 แสดงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของความทนต่อแรงดึงของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.992(a)	.985	.984	.6060

a Predictors: (Constant), Temp, PP

หมายเหตุ ค่า R คือค่าแสดงสัมประสิทธิ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

ค่า R^2 คือส.ป.ส.การทำนายแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

ค่า Adjusted R^2 แสดงค่า R^2 ที่มีอัตราการปรับแก้ให้เหมาะสมระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

ค่า Std. Error of the Estimate แสดงค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระ

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสม PP/HDPE

ANOVA (b)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	6464.632	2	3232.316	8801.331	.000(a)
Residual	101.729	277	.367		
Total	6566.361	279			

a Predictors : (Constant), Temp, PP

b Dependent Variable: Tensile Strength

Coefficients (a)

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
	B	Std. Error			
(Constant)	20.627	.346		59.658	.000
PP	.134	.001	.992	132.672	.000
Temp	-1.491E-03	.002	-.007	-.921	.358

a Dependent Variable: Tensile Strength

หมายเหตุ ค่า B แสดงค่าส.ป.ส.การถดถอยของตัวแปรอิสระกับค่าคงที่

ค่า Std. Error แสดงค่าประมาณการคลาดเคลื่อนมาตรฐานของส.ป.ส.ถดถอยของตัวแปรแต่ละตัว

ค่า Beta แสดงค่าส.ป.ส.แบบคะแนนมาตรฐานและบอกถึงผลของแปรอิสระ

จากค่า B ที่ได้จากการหา Coefficients สามารถนำไปเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4.1 ซึ่งสมการที่ได้มีค่า Std. Error เล็กน้อยดังแสดงในตาราง

4.2.2.2 เปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่น

จากผลการทดลองตามคุณสมบัติเชิงกลในหัวข้อที่ 4.1 ที่อุณหภูมิ 180°C, 200°C, 220°C, 240°C นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสมที่ได้จากผลการทดลองมาวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.24 เพื่อหาการถดถอยของข้อมูล สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่น อุณหภูมิและสัดส่วน PP (%w/w) ได้ดังสมการที่ 4.2

$$\bar{Y} = 39.955 - 1.493 \times 10^{-2} X_1 - 0.278 X_2 \quad (4.2)$$

เมื่อ \bar{Y} = ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่น (%)

X_1 = อุณหภูมิ (°C)

X_2 = ปริมาณ PP (%w/w)

จากสมการถดถอยที่ 4.2 สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE ได้ด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) เท่ากับ 0.506

ตารางที่ 4.23 ตารางแสดงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.711(a)	.506	.503	9.897

a Predictors: (Constant), PP

หมายเหตุ ค่า R คือค่าแสดงสัมประสิทธิ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

ค่า R^2 คือส.ป.ส.การทำนายแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

ค่า Adjusted R^2 แสดงค่า R^2 ที่มีอัตราการใช้ตัวแปรที่เหมาะสมระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

ค่า Std. Error of the Estimate แสดงค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระ

ตารางที่ 4.24 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยของเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม PP/HDPE

ANOVA (b)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	27803.423	2	13901.712	141.926	.000(a)
Residual	27132.287	277	97.950		
Total	54935.711	279			

a Predictors: (Constant), PP

b Dependent Variable: Elongation

Coefficients (a)

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
	B	Std. Error			
(Constant)	39.995	5.647		7.076	.000
PP	-.278	.016	-.711	-16.838	.000
Temp	-1.493E-02	.026	-.024	-.564	.573

a Dependent Variable: Elongation

หมายเหตุ ค่า B แสดงค่าส.ป.ส.การถดถอยของตัวแปรอิสระกับค่าคงที่

ค่า Std. Error แสดงค่าประมาณการคลาดเคลื่อนมาตรฐานของส.ป.ส.ถดถอยของตัวแปรแต่ละตัว

ค่า Beta แสดงค่าส.ป.ส.แบบคะแนนมาตรฐานและบอกถึงผลของแปรอิสระ

จากค่า B ที่ได้จากการหา Coefficients สามารถนำไปเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4.2 ซึ่งสมการที่ได้มีค่า Std. Error ของค่า Constant เท่ากับ 5.647 ซึ่งมีค่าค่อนข้างมากเนื่องมาจากที่สัดส่วนผสมและอุณหภูมิต่างๆ มีค่า % Elongation มีค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดค่อนข้างแตกต่างกันมาก และมีความแปรปรวนสูงดังตารางที่ 4.18 เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ทำให้มีค่า Error สูง

4.2.2.3 โมดูลัสของความยืดหยุ่น

จากผลการทดลองตามคุณสมบัติเชิงกลในหัวข้อที่ 4.1 ที่อุณหภูมิ 180°C, 200°C, 220°C, 240°C นำข้อมูลโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสมที่ได้จากตารางมาวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.26 เพื่อหาการถดถอยของข้อมูล สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น อุณหภูมิและสัดส่วน PP (%w/w) ได้ดังสมการที่ 4.3

$$\bar{Y} = 69.556 + 2.869 \times 10^{-2} X_1 + 1.658 X_2 \quad (4.3)$$

เมื่อ \bar{Y} = ค่าเฉลี่ยโมดูลัสของความยืดหยุ่น (MPa)

X_1 = อุณหภูมิ (°C)

X_2 = ปริมาณ PP (%w/w)

จากสมการถดถอยที่ 4.3 สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE ได้ด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.619

ตารางที่ 4.25 แสดงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.787(a)	.619	.617	46.8502

a Predictors: (Constant), PP

หมายเหตุ ค่า R คือค่าแสดงสัมประสิทธิ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

ค่า R^2 คือส.ป.ส.การทำนายแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

ค่า Adjusted R^2 แสดงค่า R^2 ที่มีอัตราการปรับแก้ให้เหมาะสมระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

ค่า Std. Error of the Estimate แสดงค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระ

ตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของโมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม

PP/HDPE

ANOVA (b)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	989689.261	2	494844.631	225.448	.000(a)
Residual	607998.936	277	2194.942		
Total	1597688.197	279			

a Predictors: (Constant), PP

b Dependent Variable: Modulus Of Elasticity

Coefficients (a)

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
	B	Std. Error			
(Constant)	69.556	26.730		2.602	.010
PP	1.658	.078	.787	21.233	.000
Temp	2.869E-02	.125	.008	.229	.819

a Dependent Variable: Modulus Of Elasticity

หมายเหตุ ค่า B แสดงค่าส.ป.ส.การถดถอยของตัวแปรอิสระกับค่าคงที่

ค่า Std. Error แสดงค่าประมาณการคลาดเคลื่อนมาตรฐานของส.ป.ส.ถดถอยของตัวแปรแต่ละตัว

ค่า Beta แสดงค่าส.ป.ส.แบบคะแนนมาตรฐานและบอกถึงผลของแปรอิสระ

จากค่า B ที่ได้จากการหา Coefficients สามารถนำไปเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4.3 ซึ่งสมการที่ได้มีค่า Std. Error ของค่า Constant เท่ากับ 26.730 ซึ่งมีค่าค่อนข้างมากเนื่องมาจากที่สัดส่วนผสมและอุณหภูมิต่างๆ มีค่า Modulus of Elasticity มีค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดค่อนข้างแตกต่างกันมากและมีความแปรปรวนสูงดังตารางที่ 4.19 เนื่องจากความแปรปรวนมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับ % Elongation ทำให้ค่า Error สูงขึ้น

4.2.2.4 ความทนแรงกระแทก

จากผลการทดลองตามคุณสมบัติเชิงกลในหัวข้อที่ 4.1 ที่อุณหภูมิ 180°C, 200°C, 220°C, 240°C นำข้อมูลค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสมที่ได้จากตารางมาวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.28 เพื่อหาการถดถอย ของข้อมูล สามารถสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนต่อแรงกระแทก อุณหภูมิและสัดส่วน PP (%w/w) ได้ดังสมการที่ 4.4

$$\bar{Y} = 4.132 + 1.207 \times 10^{-3} X_1 - 1.356 \times 10^{-2} X_2 \quad (4.4)$$

เมื่อ \bar{Y} = ค่าเฉลี่ยความทนต่อแรงกระแทก (KJ/m²)

X_1 = อุณหภูมิ (°C)

X_2 = ปริมาณ PP (%w/w)

จากสมการถดถอยที่ 4.4 สามารถทำนายค่าเฉลี่ยของค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE ได้ด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.313

ตารางที่ 4.27 แสดงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.560(a)	.313	.308	.7250

a Predictors: (Constant), Temp, PP

หมายเหตุ ค่า R คือค่าแสดงสัมประสิทธิ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

ค่า R² คือส.ป.ส.การทำนายแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

ค่า Adjusted R² แสดงค่า R² ที่มีอัตราการปรับแก้ให้เหมาะสมระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

ค่า Std. Error of the Estimate แสดงค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยตัวแปรอิสระ

ตารางที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของความทนต่อแรงกระแทกของโพลีเมอร์ผสม
PP/HDPE

ANOVA (b)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	66.382	2	33.191	63.149	.000(a)
Residual	145.592	277	.526		
Total	211.974	279			

a Predictors: (Constant), Temp, PP

b Dependent Variable: Impact Strength

Coefficients (a)

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
	B	Std. Error			
(Constant)	4.132	.414		9.989	.000
PP	-1.356E-02	.001	-.559	-11.221	.000
Temp	1.207E-03	.002	.031	.623	.534

a Dependent Variable: Impact Strength

หมายเหตุ ค่า B แสดงค่าส.ป.ส.การถดถอยของตัวแปรอิสระกับค่าคงที่
ค่า Std. Error แสดงค่าประมาณการคลาดเคลื่อนมาตรฐานของส.ป.ส.ถดถอยของตัวแปรแต่ละตัว
ค่า Beta แสดงค่าส.ป.ส.แบบคะแนนมาตรฐานและบอกถึงผลของแปรอิสระ

จากค่า B ที่ได้จากการหา Coefficients สามารถนำไปเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4.4 ซึ่งสมการที่ได้มีค่า Std. Error เล็กน้อยดังแสดงในตาราง

4.3 การสรุปผลตารางการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติและสมการความสัมพันธ์สามารถสรุปเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 4.29 ตารางสรุปผลค่าเฉลี่ยค่าคุณสมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์ผสม PP/HDPE

Properties	Temp. (°C)	PP/HDPE(%w/w)						
		0/100	10/90.	30/70	50/50	70/30	90/10	100/0
Tensile strength (MPa)	180	20.383	21.237	24.112	27.354	30.625	32.308	33.296
	200	20.687	21.096	23.804	27.180	30.756	32.066	33.279
	220	20.933	21.075	24.137	27.625	30.546	32.204	33.391
	240	20.675	21.004	23.762	27.391	30.016	32.041	33.379
% Elongation (%)	180	51%	36%	15%	15%	12%	15%	19%
	200	55%	34%	15%	15%	12%	14%	18%
	220	47%	34%	14%	14%	13%	15%	19%
	240	50%	35%	15%	16%	13%	15%	16%
Modulus of Elasticity (MPa)	180	39.830	61.698	158.843	189.745	255.110	221.227	173.932
	200	38.918	63.576	162.399	183.700	248.517	225.196	183.773
	220	44.989	63.653	171.750	198.689	242.558	222.638	178.458
	240	42.154	60.562	172.894	189.705	239.223	218.467	185.221
Impact strength (KJ/m ²)	180	4.840	3.990	4.120	3.170	4.230	3.880	2.450
	200	4.220	3.750	4.000	3.920	3.150	3.490	2.260
	220	4.500	3.600	3.800	4.000	3.230	3.360	2.760
	240	5.140	4.030	4.030	3.460	3.840	4.050	2.540

ตารางที่ 4.30 ตารางสรุปผลของสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PP (%w/w) กับคุณสมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์ผสมPP/HDPE

Properties	สมการความสัมพันธ์	R ²
Tensile Strength (MPa)	$\bar{Y} = 20.627 - 1.491 \times 10^{-3} X_1 + 0.134 X_2$	0.985
%Elongation (%)	$\bar{Y} = 39.955 - 1.493 \times 10^{-2} X_1 - 0.278 X_2$	0.506
Modulus of Elasticity (MPa)	$\bar{Y} = 69.556 + 2.869 \times 10^{-2} X_1 + 1.658 X_2$	0.619
Impact Strength (KJ/m ²)	$\bar{Y} = 4.132 + 1.207 \times 10^{-3} X_1 - 1.356 \times 10^{-2} X_2$	0.313

หมายเหตุ X_1 = อุณหภูมิ (°C)

X_2 = ปริมาณ PP (%w/w)

R² = ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ \bar{Y}

4.4 การวิจารณ์ผลการทดลอง

4.4.1 คุณสมบัติเชิงกล

4.4.1.1 ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) จากรูปที่ 4.5 พบว่าปริมาณสัดส่วน PP/HDPE มีผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เมื่อปริมาณสัดส่วนของ PP เพิ่มขึ้นเป็น 100% และ HDPE ลดลงเป็น 0% (%w/w) ทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ คือสัดส่วน PP/HDPE ช่วง 0/100 ถึง 10/90 ค่าความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและในช่วง 10/90 ถึง 100/0 ค่าความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สำหรับด้านอุณหภูมิของหัวฉีดเมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 180 °C เป็น 200 °C, 220 °C, 240 °C พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของหัวฉีดแล้วค่าความทนต่อแรงดึงมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเล็กน้อย ทำให้แนวโน้มของค่าความทนต่อแรงดึงยังคงเหมือนเดิม แสดงให้เห็นว่าปริมาณ PP/HDPE มีผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงของโพลีเมอร์ผสมเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่หัวฉีด

ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของอภิรักษ์ อุดมศักดิ์กุลพบว่าคุณสมบัติของโพลีเมอร์ผสมจะแปรไปตามปริมาณโพลีเมอร์ที่มากกว่าเป็นผลให้ความทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างเช่นขนาดผลึกกลมที่กระจายบนเนื้อพื้นที่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านแรงดึง เมื่อขนาดผลึกกลมเล็กลงทำให้ความทนต่อแรงดึงที่จุดขาดดีขึ้น แต่ทั้งนี้ผลการทดลองจะตรงข้ามกับงานวิจัยของสุมาลีและคณะพบว่า %PP เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงลดลง ซึ่งสาเหตุที่ผลการทดลองไม่สอดคล้องกับผลมาจากปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อผลการทดลองเช่น ชนิดของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทดสอบ การกระจายของเม็ดพลาสติกในการผสม เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ วิธีการวัดผลการทดลอง เป็นต้น

4.4.1.2 เปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่น (% Elongation) จากรูปที่ 4.10 พบว่าปริมาณสัดส่วน PP/HDPE มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เมื่อปริมาณสัดส่วนของ PP เพิ่มขึ้นเป็น 100% และ HDPE ลดลงเป็น 0% (% w/w) ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นมีค่าลดลงเรื่อยๆ กล่าวคือสัดส่วน PP/HDPE ช่วง 0/100 ถึง 10/90 ค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วง 30/70 ถึง 90/10 ค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นมีค่าลดลงเล็กน้อย และในช่วง 90/10 ถึง 100/0 ค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย สำหรับด้านอุณหภูมิของหัวฉีดเมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 180 °C เป็น 200 °C, 220 °C, 240 °C พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของหัวฉีดแล้วค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเล็กน้อย ทำให้แนวโน้มของค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นยังคงเหมือนเดิม แสดงให้เห็นว่าปริมาณ PP/HDPE มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของโพลีเมอร์ผสมเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่หัวฉีด

ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของสุมาลีและคณะพบว่า%โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเพิ่มขึ้นทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่นลดลง และงานวิจัยของอภิรักษ์นา อุดมศักดิ์กุลพบว่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับขนาดของเฟสที่กระจายบนพื้นที่เป็นอย่างมาก

4.4.1.3 โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) จากรูปที่ 4.15 พบว่าปริมาณสัดส่วน PP/HDPE มีผลต่อค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นที่ระดับความเข้มข้นที่ 95% เมื่อปริมาณสัดส่วนของ PP เพิ่มขึ้นเป็น 100% และHDPE ลดลงเป็น 0%(% w/w) ทำให้ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ คือสัดส่วน PP/HDPE ช่วง 0/100 ถึง 10/90 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในช่วง10/90 ถึง 70/30 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และในช่วง70/30 ถึง 100/0 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าลดลงเรื่อยๆ และสำหรับด้านอุณหภูมิของหัวฉีดเมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิจาก180 °C เป็น 200 °C,220 °C,240 °C พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของหัวฉีดแล้วค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเล็กน้อย ทำให้แนวโน้มของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นยังคงเหมือนเดิม แสดงให้เห็นว่าปริมาณ PP/HDPEมีผลต่อค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์ผสมเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่หัวฉีด

ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของสุมาลีและคณะพบว่า%PPเพิ่มขึ้นทำให้ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับอภิรักษ์นา อุดมศักดิ์กุลซึ่งมีเหตุผลเดียวกับค่าความทนต่อแรงดึง

4.4.1.4 ความทนต่อแรงกระแทก (Impact strength) จากรูปที่ 4.20 พบว่าปริมาณสัดส่วน PP/HDPE มีผลต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกที่ระดับความเข้มข้นที่ 95% เมื่อปริมาณสัดส่วนของ PP เพิ่มขึ้นเป็น 100% และHDPE ลดลงเป็น 0%(% w/w) ทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีค่าลดลงเรื่อยๆ และสำหรับด้านอุณหภูมิของหัวฉีดเมื่อทำการเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 180 °Cเป็น 200 °C, 220°C, 240°C พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของหัวฉีดแล้วค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการเปลี่ยนแปลงไปคือที่อุณหภูมิที่ 180 °C สัดส่วน PP/HDPE ช่วง 0/100 ถึง 50/50 ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการลดลงแบบขั้นบันได ช่วง 50/50 ถึง 70/30 ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ช่วง และในช่วง70/30 ถึง 100/0 ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการลดลงเรื่อยๆ อุณหภูมิที่ 200 °C และ220 °C สัดส่วน PP/HDPE ช่วง 0/100 ถึง 10/90 ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการลดลงเรื่อยๆ ช่วง 10/90 ถึง 50/50 ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และในช่วง50/50 ถึง 100/0 ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการลดลงแบบขั้นบันได และ ที่อุณหภูมิ 240 °C สัดส่วนPP/HDPE ช่วง0/100ถึง50/50ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการลดลงแบบขั้นบันไดช่วง50/50ถึง90/10ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการเพิ่มขึ้นเรื่อย และในช่วง 90/10 ถึง 100/0 ค่าความทนต่อแรงกระแทกมีการลดลงเรื่อยๆทำให้แนวโน้มของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นมีค่าเปลี่ยนแปลงไป แสดงให้เห็นว่าปริมาณ PP/HDPEและอุณหภูมิที่หัวฉีดมีผลต่อค่าความทนต่อแรงกระแทกของโพลิเมอร์ผสมซึ่ง

ต่างจากแนวโน้มของค่าความทนต่อแรงดึง เปรอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นและ โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม

ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของสุมาลีและคณะพบว่า%PPเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความทนต่อแรงกระแทกลดลง และสอดคล้องกับอภิธานนา อุดมศักดิ์กุลพบว่าที่อุณหภูมิ 240°C มีค่าความทนต่อแรงกระแทกต่ำมาก อาจเนื่องมาจาก โพลีเมอร์เกิดการเสื่อมทำให้คุณสมบัตินี้ด้อยลง

4.4.2 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกล

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ โดยได้ทำการประมาณรูปแบบความสัมพันธ์ของสมการ ได้ดังนี้

4.4.2.1 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกลของค่าความทนต่อแรงดึง

ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกลของค่าความทนต่อแรงดึงของ โพลีเมอร์ผสม PP/HDPE มีรูปแบบสมการเป็นแบบเส้นตรง

4.4.2.2 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกลของค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่น

ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกลของค่าเปอร์เซ็นต์ของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม PP/HDPE มีรูปแบบสมการเป็นแบบเส้นตรง

4.4.2.3 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกลของค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น

ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกลของค่า โมดูลัสของความยืดหยุ่นของ โพลีเมอร์ผสม PP/HDPE มีรูปแบบสมการเป็นแบบเส้นตรง

4.4.2.4 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกลของค่าความทนต่อแรงกระแทก

ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเชิงกลของค่าค่าความทนต่อแรงกระแทกของ โพลีเมอร์ผสม PP/HDPE มีรูปแบบสมการเป็นแบบเส้นตรง