

บทที่ 3

ผลการทดลอง

จากการทดลองสังเคราะห์ ซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนนิต และซิงค์สแตนนิตโดยใช้สแตนนิก คลอไรด์ (SnCl_4) เพื่อนำไปใช้เป็นสารลดการติดไฟในพลาสติก ได้ผลดังนี้

3.1 ผลการสังเคราะห์ ซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนนิต

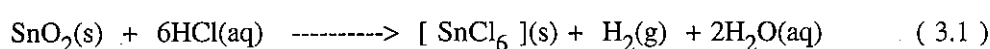
ในการสังเคราะห์ซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนนิต โดยใช้สแตนนิกคลอไรด์ (SnCl_4) โดยใช้สภาวะในการเตรียมคือ ความเข้มข้นของกรด HCl เท่ากับ 0.01 M ใช้เวลาในการหลอม 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 100°C และตกตะกอนที่ $\text{pH} = 10$ ได้ผลดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละขั้นตอน

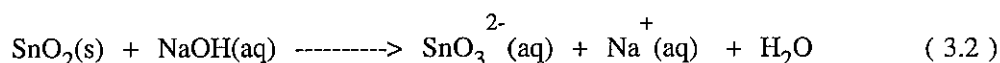
ครั้งที่	ปริมาณ SnCl_4 ที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณ SnO_2 ที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$ ที่ได้ (กรัม)	ปริมาณ $\text{ZnSn}(\text{OH})_6$ ที่ได้ (กรัม)
1	20.00	9.20	16.10	16.26
2	20.00	9.22	16.13	16.04
3	20.00	9.20	16.11	16.19

ในการเตรียมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนนิต จำเป็นต้องตกตะกอน SnO_2 ที่ pH เท่ากับ 7 เนื่องจาก SnO_2 มีสมบัติเป็น amphoteric ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับกรดหรือเบสได้

โดยที่ pH ต่ำกว่า 7 SnO_2 สามารถทำปฏิกิริยากับกรด HCl ตามสมการ (3.1)



ถ้า pH มากกว่า 7 SnO_2 สามารถทำปฏิกิริยากับ NaOH ตามสมการ (3.2)



จึงจำเป็นต้องตกตะกอน SnO_2 ที่ pH เท่ากับ 7 เพื่อเอาน้ำ SnO_2 มาหลอมกับ NaOH เพื่อให้หมู่ไฮดรอกซี ($-\text{OH}$) เข้าไปโคออร์ดิเนต (coordinate) กับสแตนนิกไอออน (Sn^{4+}) เกิดเป็นสารประกอบ โซเดียมไฮดรอกซีสแตนเนต ($\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$)

จากตาราง 3.1 เมื่อใช้สแตนนิกคลอไรด์ (SnCl_4) เป็นสารตั้งต้นละลายในกรดไฮโดรคลอริกจะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจนได้ผลิตภัณฑ์คือ ซิงค์ไฮดรอกซีสแตนเนต ($\text{ZnSn}(\text{OH})_6$) หลังจากเติม สารละลาย 10 % ซิงค์คลอไรด์ ตามสมการ (2.1) (2.2) และ (2.3) ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ทั้งหมด (% yield) ได้ 81 % ซึ่งการสูญหายของผลิตภัณฑ์อาจเกิดขึ้นเนื่องจากโซเดียมไฮดรอกซีสแตนเนต ละลายน้ำได้ดี จึงอาจสูญหายได้เนื่องจากการล้างตะกอน

ในการตกตะกอนซิงค์ไฮดรอกซีสแตนเนต ด้วย สารละลาย 10 % ซิงค์คลอไรด์ อาจจะมี ซิงค์ไฮดรอกไซด์ (zinc hydroxide) เกิดขึ้นเนื่องจาก NaOH ที่ปนมาจากการล้างโซเดียมไฮดรอกซีสแตนเนตด้วยสารละลาย 30 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นหลังจากล้างโซเดียมไฮดรอกซีสแตนเนตด้วยสารละลาย 30 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ควรล้างด้วยเอทานอล และ ไดเอทิลอีเธอร์หลายๆครั้ง

3.2 ผลการสังเคราะห์ซิงค์สแตนเนต

ในการสังเคราะห์ซิงค์สแตนเนต โดยใช้สแตนนิกคลอไรด์ (SnCl_4) โดยใช้สภาวะในการเตรียมคือ ความเข้มข้นของกรด HCl เท่ากับ 0.01 M ใช้เวลาในการหลอม 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 100°C และตกตะกอนที่ $\text{pH} = 12 - 13$ ได้ผลดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ปริมาณซิงค์สแตนเนตที่สังเคราะห์ได้จากสแตนนิกคลอไรด์

ครั้งที่	ปริมาณ SnCl_4 ที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณ ZnSnO_3 ที่ได้ (กรัม)
1	20.00	15.8954
2	20.00	15.6986
3	20.00	15.5782

จากตาราง 3.2 สามารถเตรียมซิงค์สแตนเนต จากสมแตนนิกคัลไฮดรอกไซด์ โดยใช้สภาวะการเตรียมคือ ความเข้มข้นของกรด HCl เท่ากับ 0.01 M pH ในการตกตะกอน เท่ากับ 12 - 13 ได้ผลิตภัณฑ์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 79 % (% yield)

3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ ดีบุก (Sn) และ สังกะสี (Zn) ในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนตและ ซิงค์สแตนเนต แสดงในตาราง 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ

3.3.1 การ standardization สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไอโอเดต

ผลการ standardization สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไอโอเดต ด้วยโลหะดีบุก 99 % ได้ผลดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3 การ standardization สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไอโอเดต

น้ำหนักโลหะดีบุก 99 % (กรัม)	ปริมาณ โปแตสเซียมไอโอเดตที่ใช้ (มิลลิลิตร)
0.1656	31.20
0.1587	30.40
0.0648	12.30

จากผลในตาราง 3.3 นำไปคำนวณ โดยใช้สมการ (2.10) ได้ผลคือ 1 มิลลิลิตร ของสารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไอโอเดต สามารถทำปฏิกิริยา (equivalent) พอดีกับโลหะดีบุก 5.2623 มิลลิกรัม

3.3.2 การหาปริมาณ Sn ในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และ ซิงค์สแตนเนต

ผลการวิเคราะห์หา % Sn ในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต แสดงในตาราง 3.4

ตาราง 3.4 ปริมาณ Sn ในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต

สารประกอบ	% Sn ทางทฤษฎี		% Sn จากการสังเคราะห์			
	การคำนวณ	หนังสืออ้างอิง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ZnSn(OH)_6	41.60	41.00	40.52	40.38	40.39	40.43
ZnSnO_3	51.20	51.00	50.62	50.13	49.98	50.24

จากตาราง 3.4 พบว่า % Sn ในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต ที่สังเคราะห์ได้เท่ากับ 40.43 % และ 50.24 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ ค่าที่ได้จากการคำนวณ และหนังสืออ้างอิง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน สาเหตุที่อาจทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนคือ เนื่องจากการวิเคราะห์ % Sn โดยวิธี iodometric titration นี้ จะต้องไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปในระบบ เพราะว่อกออกซิเจนจะไปออกซิไดส์สแตนนัสออกไซด์ (Sn^{2+}) ไปเป็นสแตนนิกออกไซด์ (Sn^{4+}) จะทำให้การหาปริมาณของ Sn ได้น้อยลง นอกจากนี้เนื่องจากต้องทำการไตเตรตที่อุณหภูมิต่ำ (15°C) จะมีไอน้ำมาเกาะที่ flask ทำให้มองเห็นจุดยุติยาก

3.2.3 การหาปริมาณ Zn ในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และ ซิงค์สแตนเนต

ผลการวิเคราะห์หา % Zn ในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต แสดงในตาราง 3.5

ตาราง 3.5 ปริมาณ Zn ในสารประกอบซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต

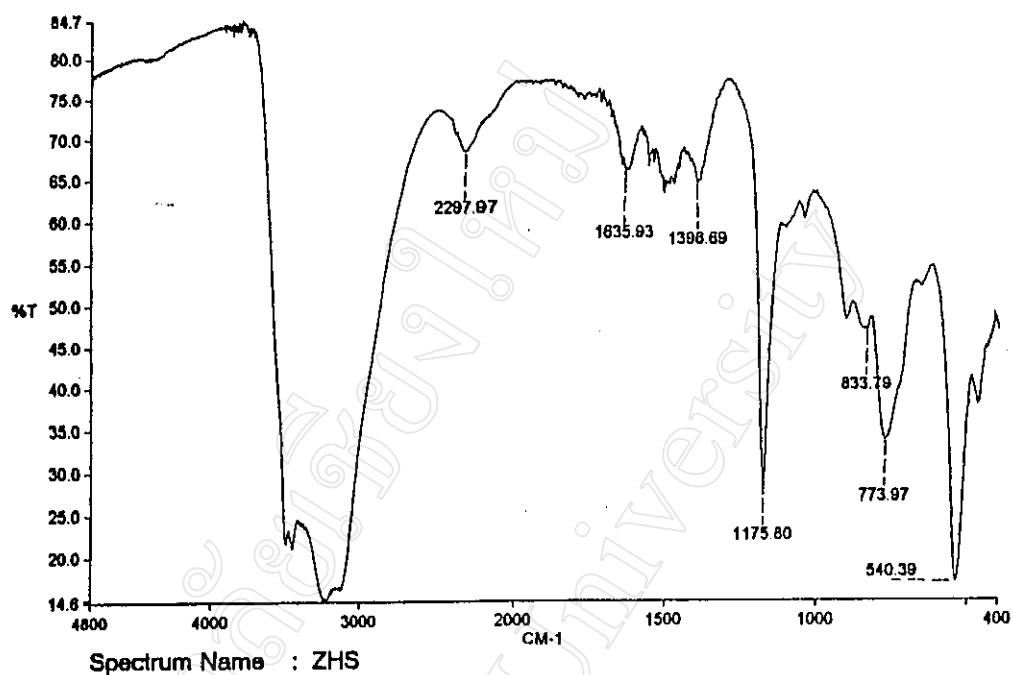
สารประกอบ	% Zn ทางทฤษฎี		% Zn จากการสังเคราะห์			
	การคำนวณ	หนังสืออ้างอิง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ZnSn(OH)_6	22.80	23.00	22.92	22.52	23.10	22.85
ZnSnO_3	28.14	28.00	29.75	28.16	28.29	28.73

จากตาราง 3.5 จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ Zn ที่สังเคราะห์ได้เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ และ ค่าที่ได้จากหนังสืออ้างอิง มีค่าใกล้เคียงกัน การที่หาปริมาณ Zn ได้สูงกว่าค่าทางทฤษฎีนั้น อาจเนื่องมาจากมีซิงค์ไฮดรอกไซด์ $\{\text{Zn(OH)}_2\}$ ปนมา

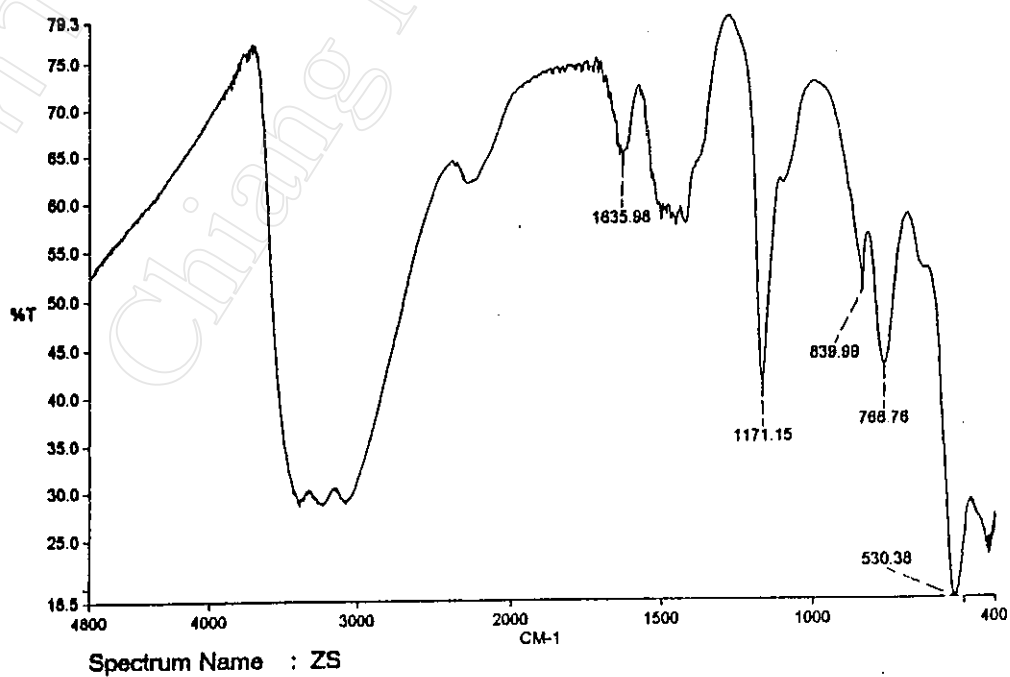
จากตาราง 3.4 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ของ Sn และ Zn ของสารประกอบที่เตรียมได้ มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี สารประกอบที่เตรียมได้น่าจะเป็น ซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต ตามต้องการ

3.3 การวิเคราะห์ซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนตด้วยเทคนิค infrared spectroscopy

เมื่อนำสารตัวอย่างที่สังเคราะห์ขึ้นมาไปตรวจสอบด้วย เครื่องมือ FTIR สารทั้งสองตัวจะให้ IR spectra ดังรูป 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ โดยที่ซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนตจะแสดง OH band ที่ 3200 cm^{-1} ส่วนซิงค์สแตนเนต จะไม่แสดง band นี้



รูป 3.1 IR spectra ของซิงค์ไฮดรอกไซด์เดนเนต



รูป 3.2 IR spectra ของซิงค์สเดนเนต

3.4 การทดสอบสมบัติการติดไฟของพลาสติก

การทดสอบการติดไฟของพลาสติก จะทำการทดสอบหลังจากที่ได้เตรียมตัวอย่าง และนำตัวอย่างที่จะทดสอบไปเก็บไว้ในห้องทดสอบที่มีอุณหภูมิ เท่ากับ 23°C และความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 55 % เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดสอบการติดไฟเป็นดังนี้

3.4.1 พลาสติกพอลิโพรพิลีน

การทดสอบการติดไฟของพลาสติกพอลิโพรพิลีน จะทำการทดสอบหาเวลาเฉลี่ยในการติดไฟ ระยะทางเฉลี่ยในการติดไฟ และอัตราการติดไฟ เมื่อไม่ได้เติมสารใดเลยเปรียบเทียบกับเมื่อผสมสารลดการติดไฟ ในอัตราส่วน 1 2 3 4 5 เปอร์เซ็นต์ และผลการทดสอบแสดงในตาราง 3.6 ถึง 3.11

ตาราง 3.6 ผลการติดไฟของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อไม่ได้เติมสารลดการติดไฟ

ครั้งที่	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	196.45	100.00	0.51
2	199.04	94.35	0.47
3	191.41	98.17	0.51
4	194.34	100.07	0.51
5	195.09	97.89	0.50
6	196.70	99.95	0.51
7	196.65	99.90	0.51
8	196.70	100.03	0.51
9	193.82	100.17	0.52
10	195.33	100.10	0.51
เฉลี่ย	195.53	99.06	0.51

ตาราง 3.7 ผลของการติดไฟของพอลิโพรพิลีน เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 1 เปอร์เซ็นต์

ครั้งที่	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	135.12	86.19	0.64	140.11	95.32	0.68	153.18	94.99	0.62
2	130.02	88.76	0.68	145.02	95.23	0.66	154.97	91.23	0.59
3	132.99	80.11	0.60	142.62	91.14	0.64	150.11	90.03	0.60
4	129.05	81.23	0.63	138.12	95.24	0.69	148.31	89.98	0.61
5	140.65	84.97	0.60	144.11	91.14	0.63	140.10	90.00	0.64
6	125.05	84.35	0.67	149.01	90.13	0.60	145.02	89.14	0.61
7	128.41	79.98	0.62	140.05	92.19	0.66	155.01	93.20	0.60
8	125.21	86.05	0.69	146.08	90.06	0.62	149.05	89.99	0.60
9	122.13	80.24	0.66	141.98	91.07	0.64	151.01	91.03	0.60
10	125.22	80.12	0.64	142.06	90.05	0.63	151.00	91.00	0.60
เฉลี่ย	129.39	83.16	0.64	142.92	92.16	0.65	152.09	93.00	0.61

ตาราง 3.8 ผลของการติดไฟของพอลิพรพิลีน เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 2 เบอร์ขึ้นต่อ

ครั้งที่	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	80.14	54.30	0.68	91.89	69.11	0.75	85.00	65.39	0.77
2	80.00	50.22	0.63	96.00	61.23	0.64	91.20	68.79	0.75
3	75.62	57.30	0.76	90.12	66.34	0.74	88.98	65.34	0.73
4	70.12	55.01	0.78	90.32	60.96	0.67	94.35	69.16	0.73
5	72.11	58.00	0.80	91.00	65.00	0.71	89.01	66.12	0.74
6	79.01	55.09	0.70	90.14	64.02	0.71	90.00	70.00	0.78
7	75.00	54.11	0.72	85.67	60.26	0.70	91.28	68.10	0.75
8	74.13	53.21	0.72	89.98	60.21	0.67	88.23	68.54	0.78
9	71.24	54.98	0.77	88.37	60.52	0.68	85.01	68.93	0.81
10	70.00	55.02	0.79	90.01	61.23	0.68	91.00	69.22	0.76
เฉลี่ย	74.74	54.66	0.73	90.35	62.89	0.70	88	67.31	0.76

ตาราง 3.9 ผลของการติดไฟของพอลิโพรพิลีน เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 3 เปอร์เซนต์

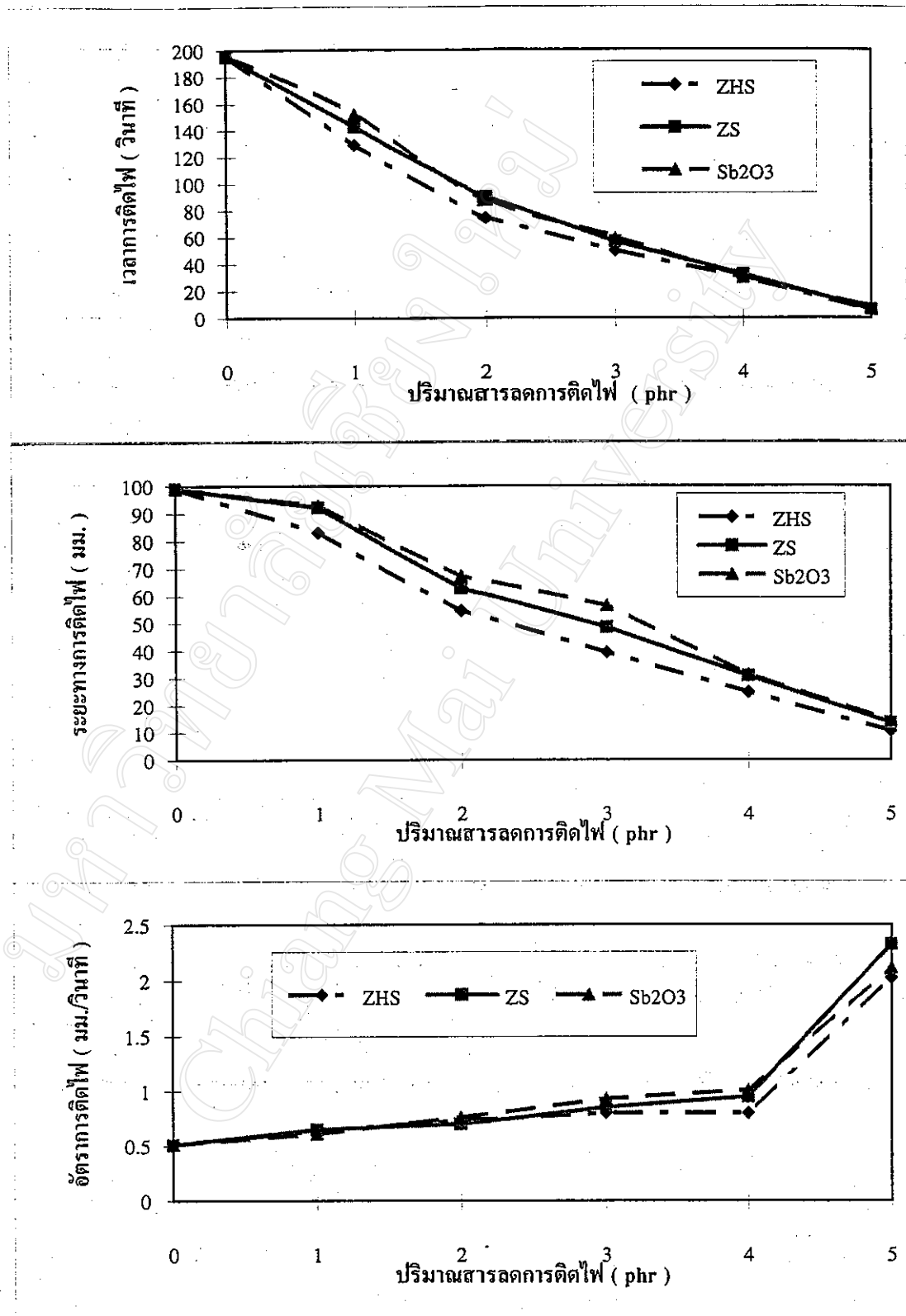
ครั้งที่	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	48.98	39.56	0.81	59.64	46.99	0.79	60.21	60.07	1.00
2	52.01	40.32	0.78	55.74	47.63	0.85	63.02	59.63	0.95
3	50.05	43.02	0.86	60.05	45.99	0.77	59.98	56.98	0.95
4	45.87	40.23	0.88	62.31	47.68	0.77	59.45	55.67	0.94
5	49.56	41.05	0.83	58.39	48.89	0.84	57.23	60.08	1.05
6	55.00	40.00	0.73	56.94	50.12	0.88	55.32	59.03	1.07
7	50.14	38.13	0.76	52.99	47.75	0.90	61.37	54.10	0.88
8	53.02	37.23	0.70	55.01	47.69	0.87	60.01	52.00	0.87
9	47.39	38.92	0.82	54.00	52.08	0.96	60.01	55.14	0.92
10	49.51	39.14	0.79	54.03	50.00	0.93	60.61	52.22	0.86
เฉลี่ย	50.15	39.35	0.80	56.91	48.48	0.85	88	56.49	0.93

ตาราง 3.10 ผลของการติดไฟของพอลิไพร์ลีน เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 4 เปอร์เซ็นต์

ครั้งที่	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	23.00	24.64	1.07	37.01	32.08	0.87	29.47	30.01	1.02
2	25.12	30.05	1.20	30.25	30.61	1.01	29.34	32.67	1.11
3	25.00	25.31	1.01	31.68	32.54	1.03	25.7	30.78	1.20
4	29.04	23.09	0.8	36.06	30.54	0.85	29.61	30.69	1.04
5	49.56	28.31	1.40	33.54	29.39	0.88	30.07	34.57	1.15
6	20.17	27.01	0.87	30.12	29.87	0.99	27.98	31.54	1.13
7	31.00	29.04	0.99	29.34	30.17	1.03	28.36	30.64	1.08
8	29.30	28.00	0.99	34.21	31.25	0.91	28.69	31.67	1.10
9	28.17	27.64	1.05	31.32	30.65	0.98	30.07	30.17	1.00
10	26.34	25.14	0.84	32.15	30.19	0.94	30.57	30.68	1.00
เฉลี่ย	30.05	24.89	0.80	32.57	30.73	0.95	30.02	31.34	1.01

ตาราง 3.11 ผลของการติดไฟของพอลิพรพิลีน เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 5 เปอร์เซ็นต์

ครั้งที่	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	5.07	11.07	2.18	7.02	14.1	2.01	7.00	14.89	2.13
2	8.04	12.64	1.57	9.01	14.09	1.56	5.69	14.59	2.56
3	3.25	10.31	3.17	4.32	13.54	3.13	7.04	14.92	2.12
4	5.34	11.97	2.24	6.54	14.08	2.15	6.54	13.56	2.07
5	6.41	15.21	2.37	5.32	13.54	2.55	6.87	13.97	2.03
6	3.67	12.64	3.44	6.87	10.98	1.60	7.15	14.31	2.00
7	9.64	10.89	1.13	5.01	12.31	2.46	7.00	14.54	2.08
8	5.30	11.31	2.13	4.39	14.32	3.26	7.32	14.88	2.03
9	4.39	13.84	3.15	6.10	15.21	2.49	6.71	14.42	2.15
10	5.41	10.04	1.86	7.14	14.12	1.98	7.63	14.62	1.92
เฉลี่ย	5.65	10.56	2.02	6.17	13.63	2.32	7.32	14.47	2.11



รูป 3.3 ผลการติดไฟของพลาสติกโพลีโพรไพลีน เมื่อเติมสารลดการติดไฟชนิดต่างๆ

3.4.2 พลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

การทดสอบการติดไฟของพลาสติกโพลีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง จะทำการทดสอบหาเวลาเฉลี่ยในการติดไฟ ระยะทางเฉลี่ยในการติดไฟ และอัตราการติดไฟ เมื่อไม่ได้เติมสารใดเลยเปรียบเทียบกับเมื่อผสมสารลดการติดไฟ ในอัตราส่วน 1 2 3 4 5 เปอร์เซ็นต์ และผลการทดสอบแสดงในตาราง 3.12 ถึง 3.17

ตาราง 3.12 ผลการติดไฟของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเมื่อไม่ได้เติมสารลดการติดไฟ

ครั้งที่	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	210.04	100.23	0.48
2	210.10	100.20	0.48
3	205.17	100.23	0.49
4	200.98	100.10	0.50
5	210.15	100.22	0.48
6	208.53	100.16	0.48
7	211.00	99.95	0.47
8	210.11	98.97	0.47
9	209.15	99.84	0.48
10	210.06	100.11	0.48
เฉลี่ย	208.53	100.01	0.48

ตาราง 3.13 ผลของการติดไฟของพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 1 เปอร์เซ็นต์

ครั้งที่	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	156.13	85.06	0.54	162.01	91.23	0.56	171.06	85.66	0.50
2	155.48	85.00	0.55	161.24	91.26	0.57	171.00	85.36	0.50
3	158.36	84.22	0.53	165.02	91.34	0.55	170.59	86.10	0.50
4	160.02	84.30	0.53	161.38	90.67	0.56	165.97	88.64	0.53
5	160.3	84.05	0.52	158.98	90.74	0.57	170.21	85.07	0.50
6	151.94	85.14	0.56	155.47	91.14	0.59	169.24	86.24	0.51
7	152.89	83.10	0.54	164.02	92.35	0.56	165.37	84.37	0.51
8	150.99	85.31	0.57	160.35	90.10	0.56	170.21	85.04	0.50
9	151.94	85.64	0.56	161.50	90.07	0.56	171.02	84.36	0.49
10	150.67	86.41	0.57	163.07	90.04	0.55	166.85	84.14	0.50
เฉลี่ย	150.67	85.74	0.56	161.3	90.89	0.56	168.96	85.50	0.50

ตาราง 3.14 ผลของการติดไฟของพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 2 เปอร์เซ็นต์

ครั้งที่	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	105.21	69.00	0.66	110.12	69.97	0.64	100.07	54.37	0.54
2	110.38	65.34	0.59	107.98	69.87	0.65	102.36	50.13	0.49
3	107.29	68.03	0.63	111.36	72.05	0.65	107.00	55.23	0.52
4	104.36	69.00	0.66	104.28	71.63	0.69	104.26	55.31	0.53
5	113.21	65.14	0.58	109.54	70.15	0.64	109.06	51.87	0.48
6	111.28	66.13	0.59	112.04	70.15	0.63	100.10	56.10	0.56
7	110.39	64.38	0.58	115.10	72.61	0.63	100.10	55.03	0.55
8	101.87	66.15	0.65	105.99	72.04	0.68	101.23	55.00	0.54
9	106.98	66.09	0.62	107.88	72.67	0.67	100.21	54.01	0.54
10	102.04	66.21	0.65	111.06	70.11	0.63	100.03	50.21	0.50
เฉลี่ย	107.3	67.61	0.65	109.54	71.13	0.65	100.05	53.73	0.53

ตาราง 3.15 ผลของการติดไฟของพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 3 เปอร์เซนต์

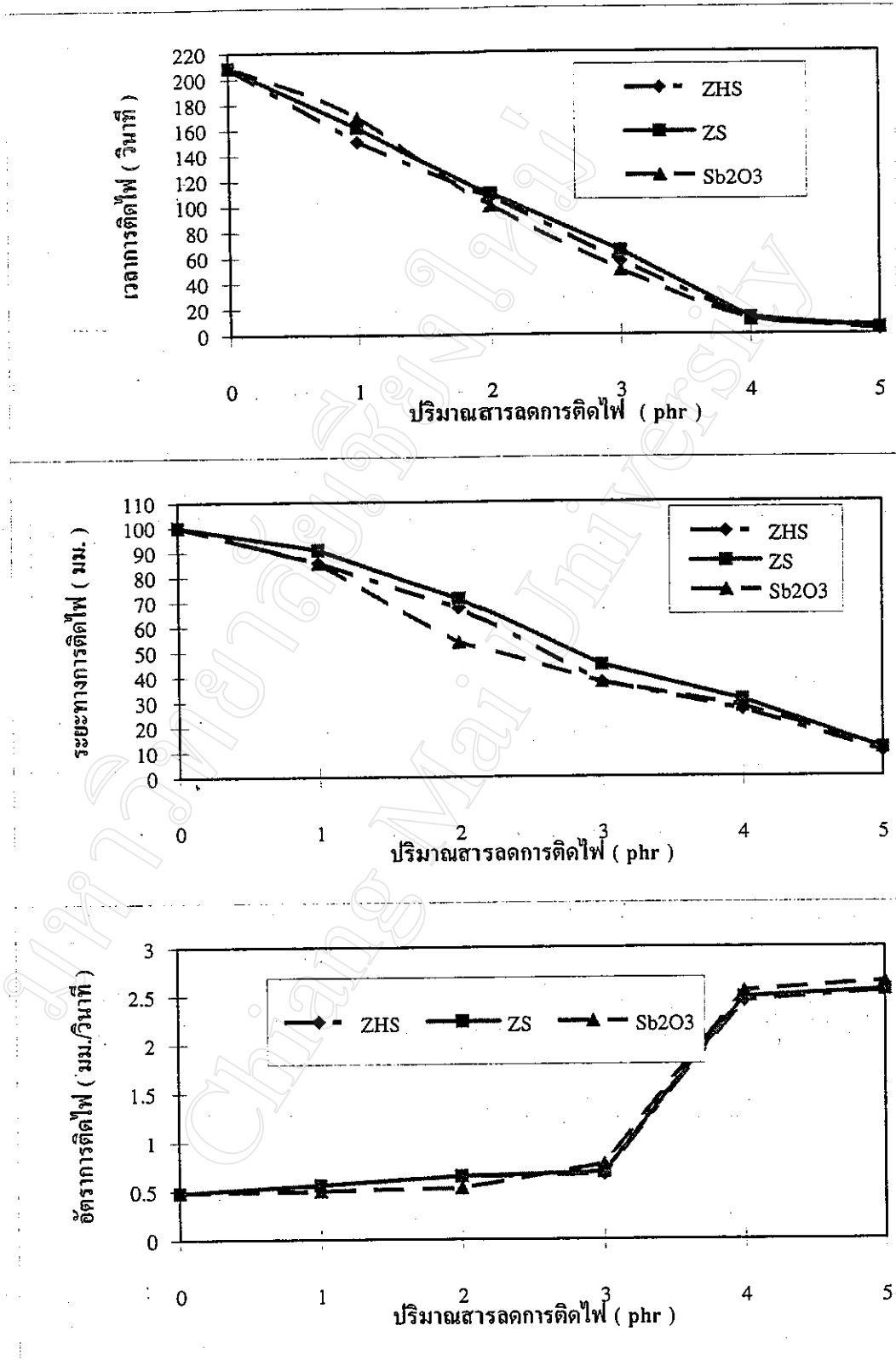
ครั้งที่	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	57.11	37.55	0.66	61.57	45.21	0.73	51.01	36.22	0.71
2	60.01	39.25	0.65	65.87	44.8	0.68	54.23	38.06	0.70
3	60.57	38.77	0.64	68.44	45.36	0.66	48.25	38.10	0.79
4	58.99	40.00	0.68	65.04	45.07	0.69	50.14	37.14	0.74
5	57.61	39.10	0.68	65.14	44.35	0.68	50.02	39.10	0.78
6	56.32	37.11	0.66	64.98	44.18	0.68	47.54	38.55	0.81
7	55.32	36.88	0.67	61.38	43.14	0.70	46.87	37.41	0.80
8	55.00	36.88	0.67	62.11	44.50	0.72	48.00	37.00	0.77
9	54.21	36.22	0.67	65.90	43.21	0.66	48.00	37.11	0.77
10	52.01	35.44	0.68	68.24	45.77	0.67	48.16	38.04	0.79
เฉลี่ย	56.72	37.72	0.67	64.87	44.58	0.69	49.56	37.67	0.77

ตาราง 3.17 ผลของการติดไฟของพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 5 เปอร์เซ็นต์

ที่ เครื่อง	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	4.66	10.03	2.32	4.88	11.38	2.33	4.98	11.97	2.40
2	3.67	9.67	2.63	4.37	11.67	2.67	4.78	11.68	2.44
3	3.54	9.55	2.70	4.67	10.61	2.27	4.69	12.34	2.63
4	3.97	9.29	2.34	4.69	10.44	2.23	3.97	11.34	2.86
5	3.57	10.64	2.98	5.00	11.77	2.35	3.80	10.97	2.89
6	3.64	10.30	2.83	3.87	10.13	2.62	4.00	10.65	2.66
7	3.28	9.33	2.84	3.91	10.19	2.61	4.15	10.33	2.49
8	3.11	9.97	3.21	3.89	11.53	2.96	3.86	10.04	2.60
9	3.99	9.21	2.31	4.27	11.84	2.77	3.94	10.67	2.71
10	3.34	9.26	2.77	4.31	11.63	2.70	4.00	11.05	2.76
เฉลี่ย	3.64	9.73	2.54	4.39	11.12	2.55	4.49	11.51	2.64

ตาราง 3.17 ผลของการติดไฟของพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสมสารลดการติดไฟ 5 เปอร์เซ็นต์

ที่ เครื่อง	ZHS			ZS			Sb ₂ O ₃		
	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)	เวลาการติดไฟ (วินาที)	ระยะทางการติดไฟ (มม.)	อัตราการติดไฟ (มม./วินาที)
1	4.66	10.03	2.32	4.88	11.38	2.33	4.98	11.97	2.40
2	3.67	9.67	2.63	4.37	11.67	2.67	4.78	11.68	2.44
3	3.54	9.55	2.70	4.67	10.61	2.27	4.69	12.34	2.63
4	3.97	9.29	2.34	4.69	10.44	2.23	3.97	11.34	2.86
5	3.57	10.64	2.98	5.00	11.77	2.35	3.80	10.97	2.89
6	3.64	10.30	2.83	3.87	10.13	2.62	4.00	10.65	2.66
7	3.28	9.33	2.84	3.91	10.19	2.61	4.15	10.33	2.49
8	3.11	9.97	3.21	3.89	11.53	2.96	3.86	10.04	2.60
9	3.99	9.21	2.31	4.27	11.84	2.77	3.94	10.67	2.71
10	3.34	9.26	2.77	4.31	11.63	2.70	4.00	11.05	2.76
เฉลี่ย	3.64	9.73	2.54	4.39	11.12	2.55	4.49	11.51	2.64



รูป 3.4 ผลการตีไฟฟ้าของพลาสติกโพลีเอทรีลีน ชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อเติมสารลดการตีไฟฟชนิตต่างๆ

จากตาราง 3.6 ถึง 3.17 จะเห็นว่าทั้งซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ สามารถทำให้พลาสติกติดไฟได้น้อยลง ซึ่งสามารถดูได้จากเวลาเฉลี่ยในการติดไฟ (average time of burning, ATB) และระยะทางเฉลี่ยในการติดไฟ (average extention of burning, AEB) โดยที่การใช้ซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ ในระดับปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เวลาเฉลี่ยในการติดไฟ และระยะทางเฉลี่ยในการติดไฟลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับไม่มีการผสมซิงค์ไฮดรอกซี สเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ และยังในระดับปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์นั้นพลาสติกจะติดไฟได้น้อยมาก (ATB น้อยกว่า 5 วินาที) ดังนั้นในการทดสอบครั้งนี้จึงทำการทดสอบการลดการติดไฟของพลาสติก เมื่อผสมสารลดการติดไฟลงไปในระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบนี้ แสดงว่าทั้งซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ เข้าไปมีอิทธิพลช่วยเสริมการลดการติดไฟของ octabromodiphenyl

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ พบว่าซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต สามารถทำให้พลาสติกติดไฟได้น้อยที่สุด อาจจะเป็นเพราะว่า เมื่อซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนตได้รับความร้อนจากการลุกไหม้ มันจะสลายตัวให้โมเลกุลของน้ำออกมา ซึ่งน้ำนี้จะไปทำให้อุณหภูมิของพลาสติกลดต่ำลงไม่ถึงจุดติดไฟ จึงทำให้การติดไฟลดลง

ในการศึกษาการลดการติดไฟในครั้งนี้ยังพบว่า พลาสติกที่เติมซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ จะเกิดชั้นของถ่านปกคลุมผิวของพลาสติกมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อไม่ได้ผสมซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ ซึ่งอาจหมายความว่าทั้งซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ จะไปทำให้การเผาไหม้ของพลาสติกไม่สมบูรณ์ โดยอาจจะเข้าไปทำให้ octabromodiphenyl สลายตัวให้โบรมีนออกมาปกคลุมผิวของพลาสติกไว้ ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับพลาสติกได้อย่างสมบูรณ์ หรืออาจจะไปทำให้อุณหภูมิของพลาสติกลดลง การเผาไหม้จึงเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์

พิจารณาอัตราการติดไฟ จากรูป 3.3 และ 3.4 จะเห็นว่าเมื่อระดับปริมาณของสารลดการติดไฟมากขึ้น อัตราการติดไฟจะมากขึ้น เนื่องผลการทดสอบการติดไฟครั้งนี้ไม่มีตัวอย่างใดเลยที่ติดไฟจนถึงจุดที่ทำเครื่องหมายไว้จึงทำการวัดเวลา และระยะทางเฉลี่ยในการติดไฟ แล้วคำนวณหาอัตราการติดไฟ จึงเป็นค่าที่ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าอัตราการติดไฟมาเปรียบเทียบกันระหว่างสารลดการติดไฟชนิดต่างๆที่ระดับปริมาณที่เท่า

กัน พบว่าซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต จะทำให้พลาสติกติดไฟได้น้อยที่สุดที่ระดับปริมาณเดียวกัน ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนที่ระดับปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

จากการสังเกตการลุกไหม้ของพลาสติกที่ผสมซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ พบว่าวันที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะมีปริมาณน้อยกว่าการลุกไหม้ของพลาสติกที่ไม่ได้เติมซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถทำการวัดปริมาณ วันที่เกิดขึ้นมาได้ เนื่องจากความไม่พร้อมในด้านเครื่องมือ

3.5 การทดสอบสมบัติเชิงกลของพลาสติกเมื่อเติมซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนตและซิงค์สเตนเนต

การทดสอบสมบัติเชิงกลของพลาสติกเมื่อเติมซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ จะทำการทดสอบหลังจากที่เตรียมตัวอย่าง และนำตัวอย่างไปเก็บไว้ในห้องทดสอบที่มีอุณหภูมิ 23°C ความชื้นสัมพัทธ์ 55 % เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยจะทำการทดสอบหาค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติก (tensile strength) ค่าการทนต่อแรงกระแทก (impact strength) และค่าอัตราการไหลของพลาสติก (melt flow rate) ซึ่งผลการทดสอบเป็นดังนี้

3.5.1 การทนต่อแรงดึง (tensile strength)

ผลของซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ ที่มีต่อการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเป็นดังนี้

3.5.1.1 พลาสติกพอลิโพรพิลีน

ผลของซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และ แอนติโมนี ไตรออกไซด์ ที่มีต่อการทนต่อแรงดึงในพลาสติกพอลิโพรพิลีน แสดงในตาราง 3.18 3.19 และ 3.20 ตามลำดับ โดยที่ค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ไม่ได้ผสมซิงค์ไฮดรอกซีสเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ เท่ากับ 470 kg/cm^2

ตาราง 3.18 ค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์
สแตนเนต

ปริมาณ ZHS (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงดึง (kg/cm. ²)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1.00	467	476	479	475	470	473
2.00	475	465	468	470	470	470
3.00	468	462	465	465	469	466
4.00	465	461	461	458	455	460
5.00	456	453	455	458	453	455

ตาราง 3.19 ค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อผสมซิงค์สแตนเนต

ปริมาณ ZS (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงดึง (kg/cm. ²)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1.00	468	472	470	467	470	469
2.00	470	470	465	464	469	468
3.00	457	463	466	459	462	461
4.00	462	460	460	458	455	459
5.00	455	456	455	452	450	454

ตาราง 3.20 ค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อผสมแอนติโมนี ไตรออกไซด์

ปริมาณ Sb_2O_3 (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงดึง (kg/cm.^2)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1.00	467	472	480	475	470	473
2.00	475	470	468	470	470	471
3.00	473	469	470	465	469	469
4.00	468	461	461	458	455	461
5.00	460	460	455	458	453	457

จากตาราง 3.18 3.19 และ 3.20 เมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนีไตรออกไซด์สูงในระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิโพรพิลีน มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับพอลิโพรพิลีนที่ไม่ได้ผสม ซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ เนื่องจากซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนีไตรออกไซด์ เข้าไปแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของพอลิโพรพิลีนทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (intermolecular force) ของพอลิโพรพิลีนลดลง เมื่อการยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลน้อยลง จึงทำให้ความยืดหยุ่น (elasticity) ความสามารถในการทนต่อแรงดึงจึงลดลง แต่เมื่อพิจารณาในเชิงอุตสาหกรรมแล้ว การเปลี่ยนแปลงนี้น้อยมากอาจกล่าวได้ว่าการใช้ซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต และซิงค์สแตนเนต ในระดับปริมาณนี้จะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของพลาสติกพอลิโพรพิลีน ในการนำไปใช้งานการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรม

และถ้าพิจารณาในการทดสอบแต่ละครั้ง ผลการทดสอบจะมีการแปรปรวนอยู่บ้าง อาจมีสาเหตุมาจาก การกระจายตัวของสารที่เติมลงไปอาจจะไม่สม่ำเสมอ และในการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบค่าการทนต่อแรงดึงนี้ มีผลต่อค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิโพรพิลีน ด้วยตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 638 จึงแนะนำให้ทำการทดสอบอย่างน้อย 5 ครั้งเพื่อให้ผลการทดสอบมีความเชื่อถือได้

3.5.1.2 พลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

ผลของซิงค์ไฮดรอกไซด์เตนเนต ซิงค์สแตนเนต และ แอนติโมนีไดรอกไซด์ ที่มีต่อการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง แสดงในตาราง 3.21 3.22 และ 3.23 ตามลำดับ โดยที่ค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ไม่ได้ผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์เตนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนี ไดรอกไซด์ เท่ากับ 260 kg/cm^2

ตาราง 3.21 ค่าการทนต่อแรงดึงของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์เตนเนต

ปริมาณ ZHS (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงดึง (kg/cm^2)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1.00	256	259	260	255	258	258
2.00	256	255	256	251	254	254
3.00	255	250	252	252	249	252
4.00	246	242	246	244	246	245
5.00	242	244	240	240	242	242

ตาราง 3.22 ค่าการทนต่อแรงดึงของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสมซิงค์สแตนเนต

ปริมาณ ZS (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงดึง (kg/cm^2)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1.00	260	264	261	258	258	260
2.00	253	259	257	255	255	256
3.00	256	256	250	252	256	254
4.00	251	250	250	248	245	249
5.00	244	248	240	244	243	244

ตาราง 3.23 ค่าการทนต่อแรงดึงของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสมแอนติโมนี ไตรออกไซด์

ปริมาณ Sb_2O_3 (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงดึง (kg/cm.^2)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1.00	260	264	258	256	259	259
2.00	253	259	257	256	256	256
3.00	255	250	251	250	252	252
4.00	250	248	248	244	245	247
5.00	245	245	240	241	240	242

จากตาราง 3.21 3.22 และ 3.23 พบว่าเมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต ซิงค์สแตนเนต และ แอนติโมนีไตรออกไซด์ ในระดับปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ลงในพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ค่าการทนต่อแรงดึงของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเปลี่ยนแปลงจากเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

3.5.2 การทนต่อแรงกระแทก (impact strength)

การทดสอบทนต่อการกระแทกครั้งนี้ เป็นแบบ notched izod impact strength โดยที่ก่อนการทดสอบจะต้องทำให้เกิดรอยบาก (notch) ขึ้นในตัวอย่างก่อน ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ASTM D 56 ผลของซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต และซิงค์สแตนเนตที่มีต่อค่าการทนต่อแรงกระแทกของพลาสติกพอลิโพรพิลีน พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง แสดงตามลำดับในข้างล่างนี้

3.5.2.1 พลาสติกพอลิโพรพิลีน

ผลของซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต ซิงค์สแตนเนต และ แอนติโมนีไตรออกไซด์ ที่มีต่อการทนต่อแรงกระแทกในพลาสติกพอลิโพรพิลีน แสดงในตาราง 3.24 3.25 และ 3.26 ตามลำดับ โดยที่ค่าทนต่อการกระแทกของพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ไม่ได้เติมซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ เท่ากับ 4.0 kg - cm./cm.

ตาราง 3.24 ค่าการทนต่อแรงกระแทกของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์แทนเนต

ปริมาณ ZHS (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงกระแทก (kg - cm./cm.)										
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	เฉลี่ย
1.00	3.11	3.08	3.15	3.14	3.10	3.10	3.08	3.09	3.13	3.12	3.11
2.00	3.08	3.06	3.04	3.05	3.07	3.05	3.09	3.06	3.03	3.05	3.06
3.00	3.02	3.04	3.00	3.02	2.99	2.99	2.94	3.01	3.00	3.03	3.00
4.00	3.03	3.00	2.99	2.98	2.92	2.93	3.00	2.99	2.96	2.97	2.98
5.00	3.00	2.95	2.91	2.96	2.93	2.98	2.90	2.93	2.95	2.93	2.94

ตาราง 3.25 ค่าการทนต่อแรงกระแทกของพลาสติกพอลิโพรพิลีนเมื่อผสมซิงค์สแตนเนต

ปริมาณ ZS (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงกระแทก (kg - cm./cm.)										
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	เฉลี่ย
1.00	3.09	3.08	3.11	3.16	3.14	3.10	3.08	3.10	3.07	3.12	3.10
2.00	3.05	3.05	3.09	3.04	3.06	3.05	3.04	3.10	3.08	3.09	3.06
3.00	3.06	3.00	3.01	3.02	3.04	2.99	2.98	2.99	3.07	2.99	3.01
4.00	3.03	3.01	3.00	2.98	2.94	2.94	2.93	2.91	2.99	3.00	2.97
5.00	2.99	3.00	2.95	2.94	2.93	2.98	2.91	2.93	2.95	2.90	2.95

ตาราง 3.26 ค่าการทนต่อแรงกระแทกของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อผสมแอนติโมนี ไตรออกไซด์

ปริมาณ Sb_2O_3 (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงกระแทก (kg - cm./cm.)										
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	เฉลี่ย
1.00	3.11	3.09	3.16	3.19	3.09	3.10	3.08	3.15	3.16	3.14	3.13
2.00	3.09	3.15	3.02	3.01	3.05	3.06	3.04	3.06	3.07	3.06	3.06
3.00	3.06	3.01	3.02	3.02	3.05	2.99	2.96	3.02	2.94	3.00	3.01
4.00	3.01	2.95	2.91	2.98	2.95	2.95	3.04	2.96	2.99	2.98	2.97
5.00	2.94	2.93	2.95	2.96	2.93	2.91	2.90	2.93	2.95	2.93	2.93

จากตาราง 3.24 3.25 และ 3.26 เมื่อเติมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนีไตรออกไซด์ พบว่าค่าการทนต่อแรงกระแทกของพลาสติกพอลิโพรพิลีน มีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับพอลิโพรพิลีนที่ไม่ได้ผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ อาจเนื่องมาจากทั้งซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนีไตรออกไซด์ เมื่อเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของพอลิโพรพิลีน จะทำให้ความเหนียว (toughness) ของพอลิโพรพิลีนลดลง จึงทำให้ค่าการทนต่อแรงกระแทกของพลาสติกลดลง เพราะความเหนียวของพลาสติกมีมาก มันจะดูดซับพลังงานที่มากระแทกได้มาก พลาสติกจะทนต่อแรงกระแทกได้มาก

อย่างไรก็ตาม จากค่าการทนต่อแรงกระแทกที่เปลี่ยนแปลงในการทดสอบครั้งนี้ อาจกล่าวได้ว่าการใช้ซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต ในระดับปริมาณนี้สามารถนำไปใช้งานในการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรม ที่ไม่ต้องการสมบัติการทนต่อแรงกระแทกมากนัก

3.5.2.2 พลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

ผลของซิงค์ไฮดรอกซีไซด์ แอนติโมนีไดรอกไซด์ ที่มีต่อการทนต่อแรงกระแทกของพลาสติก พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง แสดงในตาราง 3.27 3.28 และ 3.29 ตามลำดับ โดยที่ค่าการทนต่อแรงกระแทกของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ไม่ได้เติมซิงค์ไฮดรอกซีไซด์ แอนติโมนีไดรอกไซด์ เท่ากับ 20 kg - cm./cm.

ตาราง 3.27 ค่าการทนต่อแรงกระแทกของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสม
ซิงค์ไฮดรอกซีไซด์

ปริมาณ ZHS (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงกระแทก (kg - cm./cm.)										
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	เฉลี่ย
1.00	19.3	19.0	19.0	19.5	19.2	19.1	19.1	19.3	19.3	19.2	19.2
2.00	19.2	19.1	19.0	19.0	19.2	19.3	19.2	19.1	19.1	19.0	19.1
3.00	19.2	19.0	19.0	18.8	18.5	18.9	18.9	18.8	18.8	18.7	18.9
4.00	18.5	18.5	18.7	18.4	18.5	18.3	18.3	18.4	18.6	18.2	18.4
5.00	18.1	18.0	17.6	18.1	17.8	18.2	17.8	18.0	17.8	17.7	17.9

ตาราง 3.28 ค่าการทนต่อแรงกระแทกของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสม
ซิงค์สเตนแนต

ปริมาณ ZS (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงกระแทก (kg - cm./cm.)										
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	เฉลี่ย
1.00	19.3	19.5	19.2	19.2	19.2	19.5	19.6	19.4	19.4	19.2	19.4
2.00	19.1	19.1	19.3	19.0	19.0	18.9	18.9	19.0	19.0	19.0	19.0
3.00	18.8	18.9	18.7	18.8	18.6	18.9	18.4	18.5	18.7	18.5	18.7
4.00	18.1	18.5	18.3	18.3	18.2	18.0	18.1	18.2	18.0	18.1	18.2
5.00	17.5	17.6	17.5	17.4	17.5	17.3	17.1	17.3	17.3	17.1	17.4

ตาราง 3.29 ค่าการทนต่อแรงกระแทกของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อผสม
แอนติโมนี ไตรออกไซด์

ปริมาณ Sb ₂ O ₃ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการทนต่อแรงกระแทก (kg - cm./cm.)										
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	เฉลี่ย
1.00	19.6	19.9	19.1	19.4	19.5	19.6	19.6	19.6	19.3	19.5	19.5
2.00	19.5	19.5	19.6	19.4	19.5	19.5	19.2	19.3	19.3	19.6	19.4
3.00	19.0	19.1	19.3	19.0	19.1	19.2	19.0	19.0	18.9	18.9	19.0
4.00	18.4	18.6	18.0	18.2	18.2	18.1	18.0	18.2	18.2	18.1	18.2
5.00	18.0	18.0	17.6	17.5	17.8	17.8	17.4	17.5	17.3	17.2	17.6

จากตาราง 3.27 3.28 และ 3.29 พบว่าเมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และ แอนติโมนีไตรออกไซด์ ลงในพลาสติก พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง มีผลเช่นเดียวกับพอลิโพรพิลีน

3.5.3 อัตราการไหล (melt flow index)

อิทธิพลของซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ ที่มีต่ออัตราการไหลของพลาสติกโพลีพรไพลีน และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเป็นดังนี้

3.5.3.1 พลาสติกพอลิโพรพิลีน

ผลของซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และ แอนติโมนีไตรออกไซด์ ที่มีต่ออัตราการไหลใน พลาสติกพอลิโพรพิลีนแสดงในตาราง 3.30 3.31 และ 3.32 ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลของพอลิโพรพิลีนที่ไม่ได้เติมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และ แอนติโมนี ไตรออกไซด์ เท่ากับ 4.05 กรัม/10 นาที

ตาราง 3.30 อัตราการไหลเมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ลงในพอลิโพรพิลีน

ปริมาณ ZHS (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการไหล (กรัม/10 นาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	4.16	4.09	4.25	4.17
2.00	4.75	4.65	4.38	4.59
3.00	5.02	4.95	4.90	4.95
4.00	5.14	5.02	4.96	5.04
5.00	4.67	4.76	4.79	4.74

ตาราง 3.31 อัตราการไหลเมื่อผสมซิงค์สแตนเนต ลงในพอลิโพรพิลีน

ปริมาณ ZS (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการไหล (กรัม / 10 นาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	4.55	4.72	4.49	4.59
2.00	4.33	4.40	4.38	4.37
3.00	4.57	4.63	4.66	4.62
4.00	4.38	4.42	4.30	4.37
5.00	4.41	4.28	4.35	4.35

ตาราง 3.32 อัตราการไหลเมื่อผสมแอนติโมนีไตรออกไซด์ ลงในพอลิโพรพิลีน

ปริมาณ Sb_2O_3 (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการไหล (กรัม / 10 นาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	4.68	4.61	4.58	4.62
2.00	4.81	4.62	4.68	4.70
3.00	4.53	4.49	4.53	4.52
4.00	5.08	4.96	4.91	4.98
5.00	5.19	5.11	5.26	5.19

จากตาราง 3.30 3.31 และ 3.32 เมื่อเติมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต สูงในระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ทำให้อัตราการไหลของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเทียบกับพอลิโพรพิลีนที่ไม่ได้เติมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ อาจกล่าวได้ว่าดังนั้นการใช้ซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และซิงค์สแตนเนต ในระดับปริมาณนี้จะไม่มีผลต่ออัตราการไหลของพอลิโพรพิลีนจึงไม่มีผลเสียต่ออัตราการผลิต

สินค้า เมื่อนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรม และการที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยนี้จะมีผลดีในการเพิ่มผลผลิตได้สูงขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับผลของ แอนติโมนีไดรอกไซด์ จะเห็นว่า ทั้งซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต และ ซิงค์สแตนเนต ทำให้อัตราการไหลของพอลิโพรพิลีนเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ในระดับปริมาณที่ใช้เท่าๆกัน ซึ่งทำให้ง่ายต่อการควบคุมอัตราการผลิตในแต่ละวัน

3.5.3.2 พลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

ผลของซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และ แอนติโมนีไดรอกไซด์ ที่มีต่ออัตราการไหลในพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง แสดงในตาราง 3.33 3.34 และ 3.35 ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ไม่ได้เติมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนี ไดรอกไซด์ เท่ากับ 0.80 กรัม / 10 นาที

ตาราง 3.33 อัตราการไหลเมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์สแตนเนต ลงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

ปริมาณ ZHS (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการไหล (กรัม / 10 นาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	0.82	0.85	0.80	0.82
2.00	0.82	0.81	0.84	0.82
3.00	0.85	0.86	0.82	0.84
4.00	0.83	0.87	0.88	0.86
5.00	0.85	0.85	0.87	0.86

ตาราง 3.34 อัตราการไหลเมื่อผสมซิงค์สเตนเนตลงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

ปริมาณ ZS (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการไหล (กรัม / 10 นาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	0.79	0.80	0.80	0.80
2.00	0.83	0.82	0.80	0.82
3.00	0.85	0.85	0.83	0.84
4.00	0.85	0.87	0.85	0.85
5.00	0.87	0.88	0.88	0.88

ตาราง 3.35 อัตราการไหลเมื่อผสมแอนติโมนี ไตรออกไซด์ ลงใน พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

ปริมาณ Sb_2O_3 (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการไหล (กรัม / 10 นาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1.00	0.80	0.80	0.81	0.80
2.00	0.80	0.82	0.80	0.81
3.00	0.83	0.84	0.82	0.83
4.00	0.83	0.85	0.86	0.85
5.00	0.86	0.85	0.85	0.85

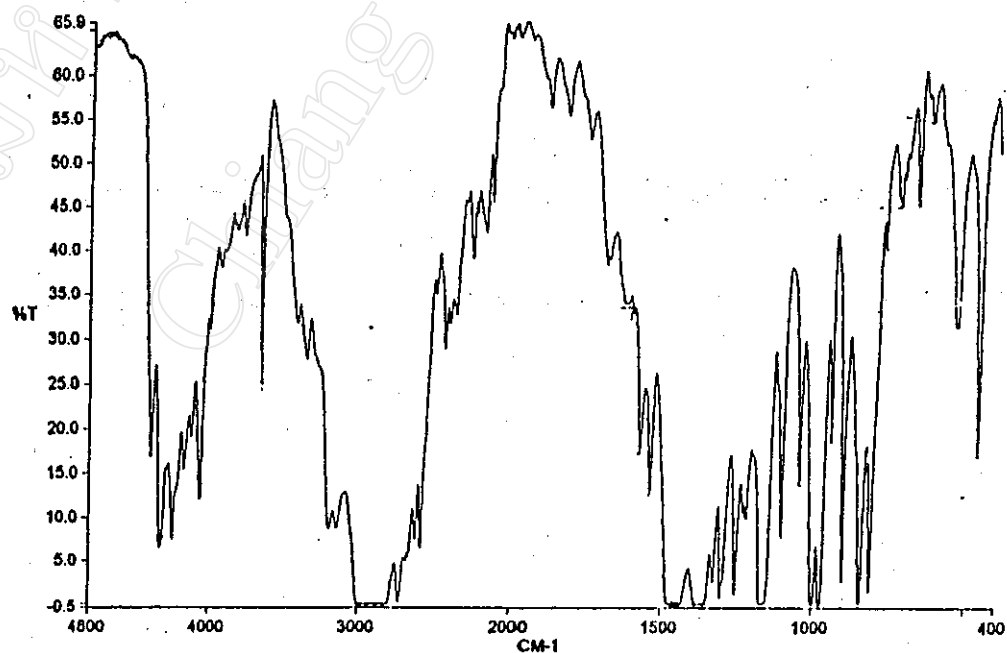
จากตาราง 3.33 3.34 และ 3.35 ผลของซิงค์ไฮดรอกไซด์สเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ ที่มีต่ออัตราการไหลของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงพบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ไม่ได้ผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์สเตนเนต ซิงค์สเตนเนต และแอนติโมนี ไตรออกไซด์ ซึ่งให้ผล

เช่นเดียวกันกับผลที่มีต่อพลาสติกพอลิโพรพิลีน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างซิงค์ไฮดรอกไซด์ แตนเนต ซิงค์สแตนเนต และแอนติโมนีไฮดรอกไซด์ พบว่า แอนติโมนีไฮดรอกไซด์ ทำให้อัตราการไหลของพลาสติก พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าซิงค์ไฮดรอกไซด์ แตนเนต และซิงค์สแตนเนตเล็กน้อย

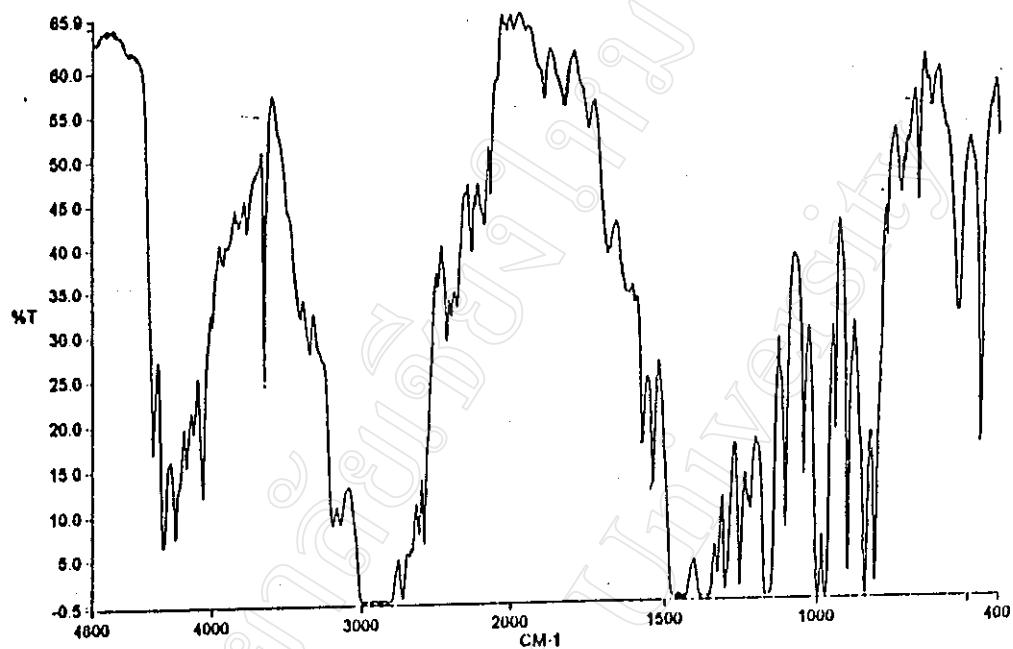
3.6 การวิเคราะห์พลาสติกเมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์ แตนเนต และซิงค์สแตนเนตด้วยเทคนิค infrared spectroscopy

จากรูป 3.5 3.6 และ 3.7 จะเห็นว่า IR spectra ของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อเติมซิงค์ไฮดรอกไซด์ แตนเนต และซิงค์สแตนเนตลงไปไม่มีความแตกต่างจาก IR spectra ของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อไม่ได้เติมซิงค์ไฮดรอกไซด์ แตนเนต และซิงค์สแตนเนต จึงอาจจะสรุปได้ว่าซิงค์ไฮดรอกไซด์ แตนเนต และซิงค์สแตนเนตที่เติมลงไปไม่ได้เข้าไปทำปฏิกิริยากับพลาสติกพอลิโพรพิลีน

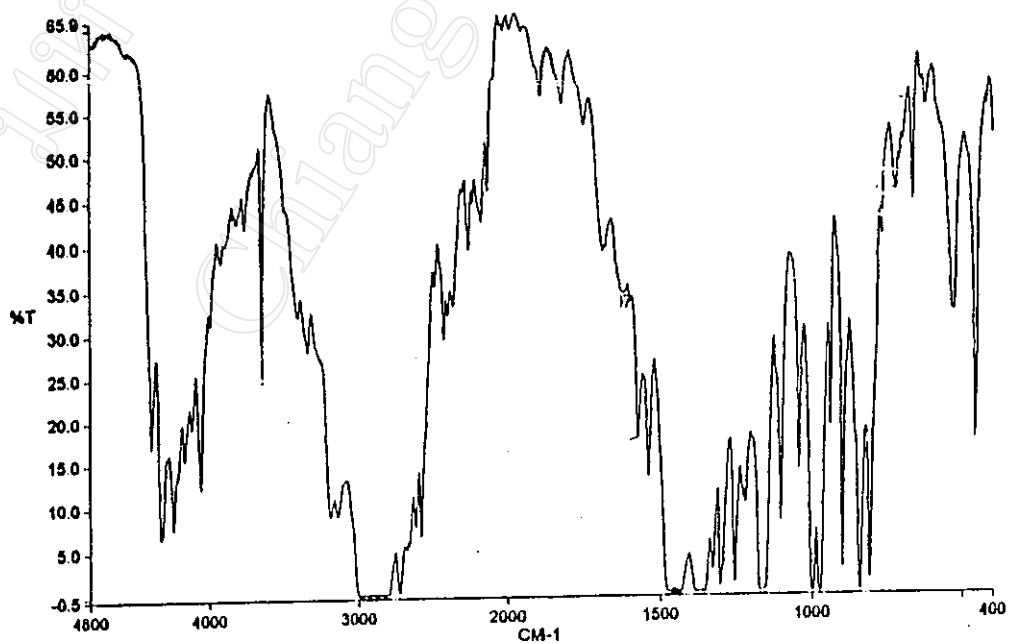
เมื่อนำซิงค์ไฮดรอกไซด์ แตนเนต และซิงค์สแตนเนต ผสมลงในพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ก็ให้ผลเช่นเดียวกับพลาสติกพอลิโพรพิลีน ตามรูป 3.6 3.7 และ 3.8



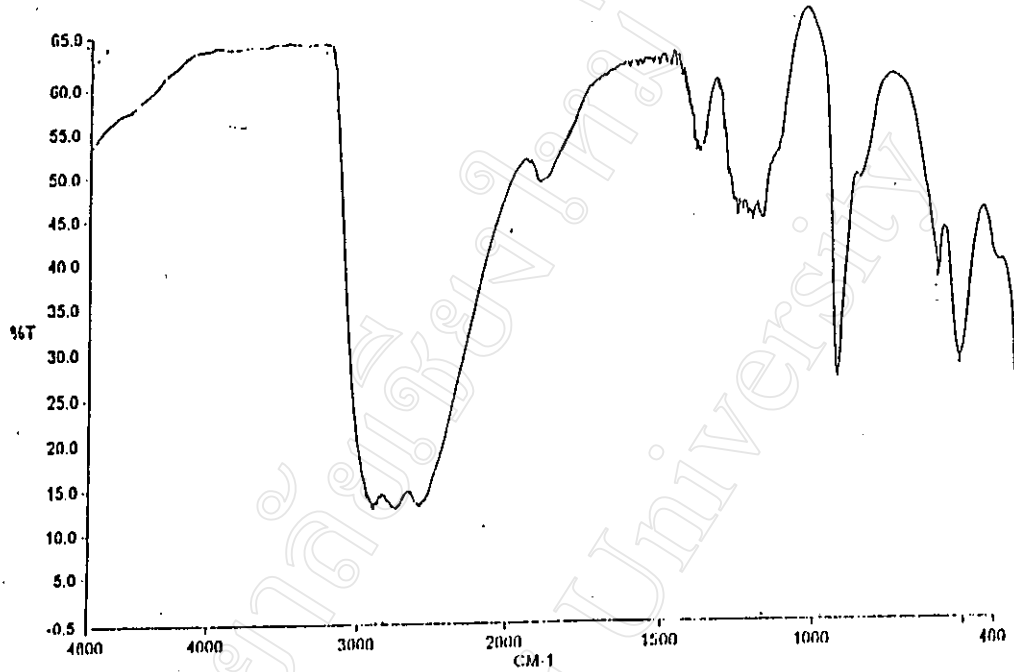
รูป 3.5 IR spectra ของพลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อผสมซิงค์ไฮดรอกไซด์ แตนเนต



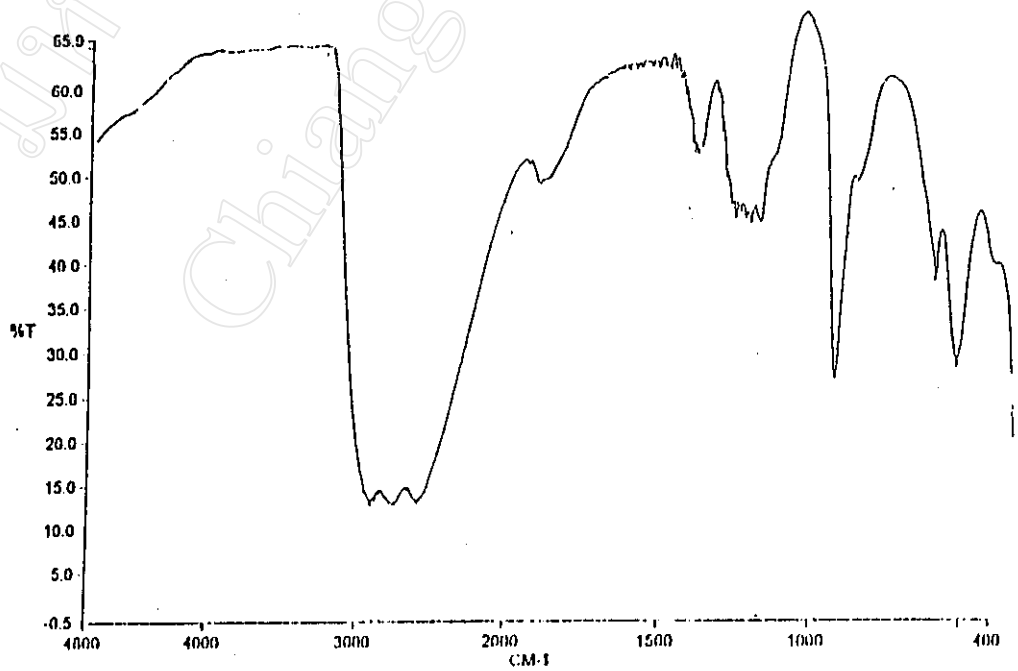
รูป 3.6 IR spectra ของพลาสติกโพลิโพรพิลีน เมื่อผสมซิงค์สแตนเบต



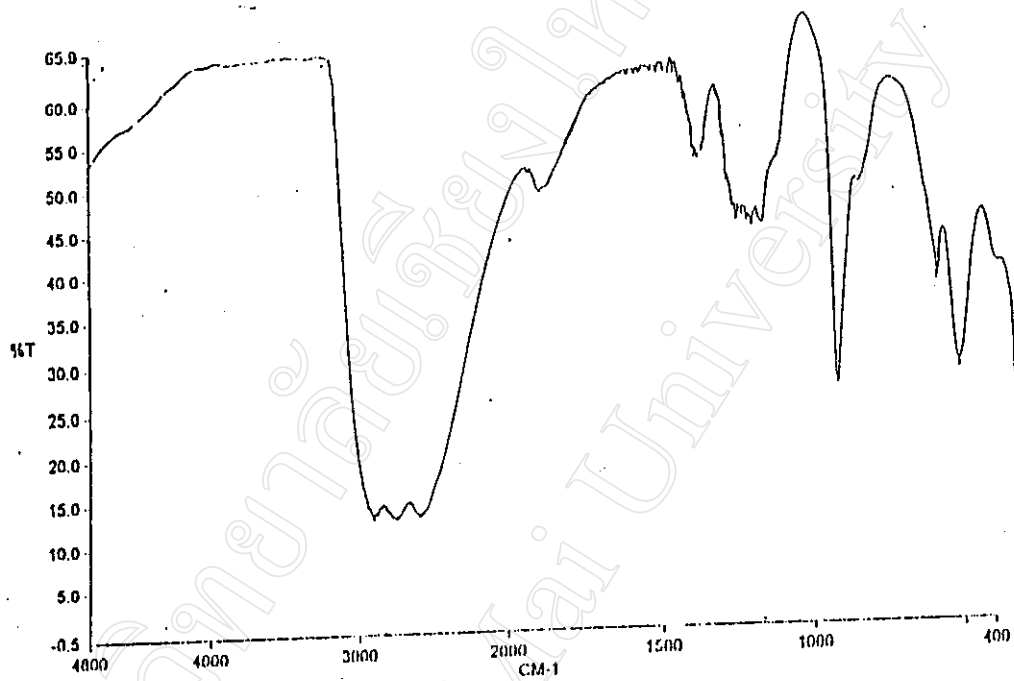
รูป 3.7 IR spectra ของพลาสติกโพลิโพรพิลีน



รูป 3.8 IR spectra ของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อเติมซิงค์ไฮดรอกไซด์



รูป 3.9 IR spectra ของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อเติมซิงค์สเตียเรต



รูป 3.10 IR spectra ของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง