รายการอ้างอิง

[1]. ธราศัย แสงภักดี. การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็งจากน้ำมันปาล์ม. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[2]. วัชรา จันทร์เพียร. การสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนสำหรับการเคลือบผิวจากน้ำมันปาล์มดัดแปร. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

[3]. อรอุษา สรวารี. สารเคลือบผิว (สี วาร์นิช และแลกเกอร์). พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

[4]. ชาญวิทย์ พูนศรีไชยสิทธิ์. การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนความหนาแน่นต่ำชนิดแข็งสำหรับทำกระดานโต้คลื่น. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[5]. Gunter O., Abele L., Avar G.,et al. Polyurethane Handbook. 2nd Edition. New York : Hanser,1994.

[6]. George W. The ici polyurethanes book. 2nd Edition. Netherland,1990.

[7]. MPOB's staff and InterMed Sdn. Bhd. Palm-based polyols and polyurethanes. MPOB Technology. 24 (2002) : 9.

[8]. พิริยา คมสาคร. การศึกษาเทคนิคการผสมและอัตราส่วนของ PE Virgin/PE Recycle ในการเตรียมโฟม PE/EVA. วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546 : 17-19.

[9]. ITP. SAK'S. Dangerous Properties of Industrial Materials. 1996 : 1699

[10]. R.Gatcher and H. Muller. Plastics additives handbook. 4th Edition. Munich : Hanser publisher, 1993.

[11]. ฉัตรชัย เกียรติวัฒนากร. สินแร่ดินเหนียว. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2547.

[12]. Shari, N. Z. K., Ooi, T. L. and Salimaiah, A. Effect of triethanolamine on the properties of palm-based flexile polyurethane foam. Journal of Oil Palm Research.16 (2004) : 66-71.

[13]. Andrew, G., Ivan, J. and Zoran, P. Rigid Polyurethane Foams Base on Soybean Oil. Journal of Applied Polymer Science. 77 (2000) : 467-473.

[14]. Chain K. s. and Gan L. H. Development of a Rigid Polyurethane Foam from Palm oil Journal of Applied Polymer Science. 68 (1997) : 509-515.

[15]. Maznee, T. N., Norin, Ooi, Salmian and Gan. Effects of Additives on Palm-Based Polyurethane Foams. Journal of Oil Palm Research. 13 (2001) : 7-15.

[16]. Ahmed R. and Nehal S. Nanocomposite materials based on polyurethane intercalated into montmorillonite clay. Journal of Materials Science and Engineering A. 399(2005) : 368-376.

[17]. Moon, S. Y., Kim, J. K., Nah, C., and Lee, Y. S. Polyurethane/montmorillonite nanocomposites prepared from crystalline polyols, using 1,4-butanediol and organoclay hybrid as chain extenders. European Polymer Journal. 40(2004) : 1615–1621.

[18]. Cao, X., Lee, L. J., Widya, T., and Macosko, C. Polyurethane/clay nanocomposites Foams : processing, structure and properties. Journal of Polymer. 46(2005) : 775-783.

[19]. Jiong, S., Xia, C. and James, L. Synthesis and foaming of water expandable Polystyrene/clay nanocomposites. Journal of Polymer. 47 (2006) : 6303-6310.

[20]. Daniel, K. and Kurt C. Frisch. Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology. Munich: Hanser publisher, 1991 : 39-45.

[21]. Bing H., et al. Effect of Organophilic Montmorillonite on Polyurethane / montmorillonite Nanocomposites. Journal of Applied Polymer Science. 91(2004) : 2536-2542.

[22]. Jhy-Wen Wu., et al.Thermal conductivity of polyurethane foams. Journal of Heat and Mass Transfer. 42(1999) : 2211-2217.

[23]. วิชัย ริ้วตระกูล. การประยุกต์สเปคโตรสโคปีในเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพมหานคร : ห.จ.ก.นำอักษรการพิมพ์, 2526.

[24]. วิมลรัตน์ ศรีจรัสสิน. Dyeing Laboratory. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. 2547 : 6-9.

[25]. Martin G. Encyclopedia of Composite Materials and components. New York : Wiley Interscience,1993.

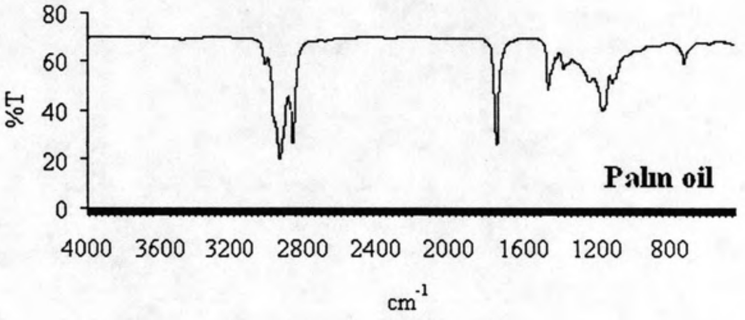
[26]. Macro, Z. and Luigi, C.Preparation and combustion behaviour of polymer/layered silicate nanocomposites based upon PE and EVA. Journal of Polymer. 45 (2004) : 4367-4373.

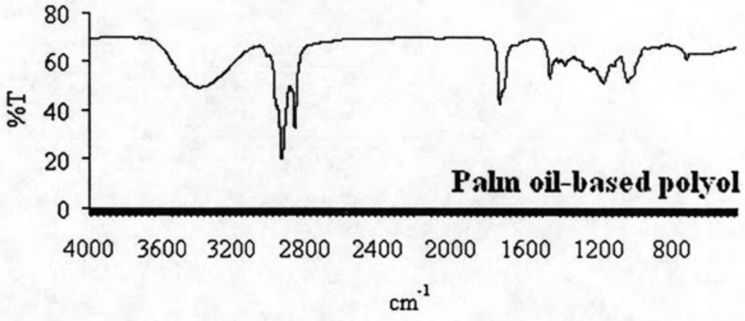
ภาคผนวก

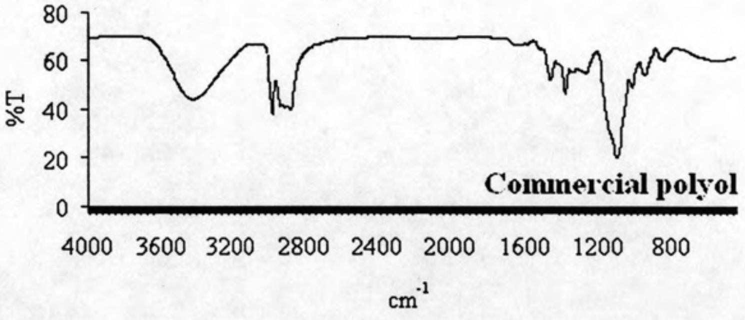
ภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ก.

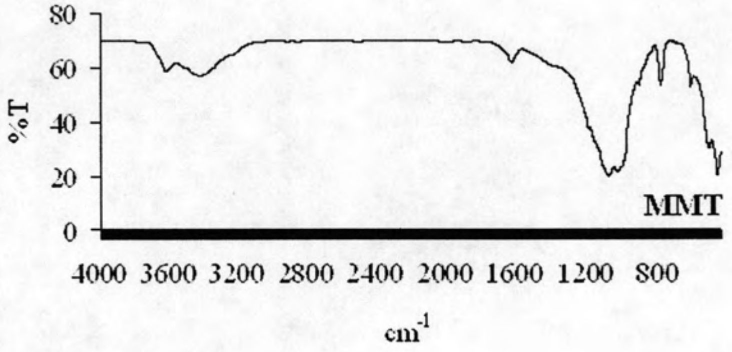
ก1. FTIR สเปกตรัมของน้ำมันปาล์ม และสารประกอบพอลิออล

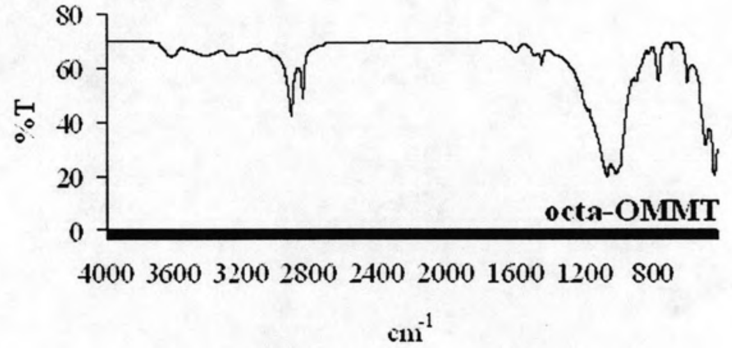


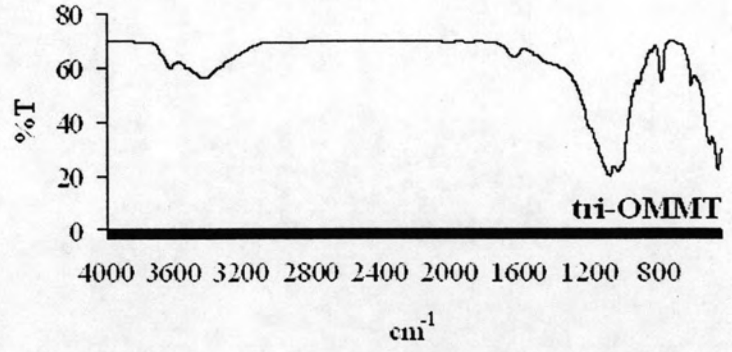




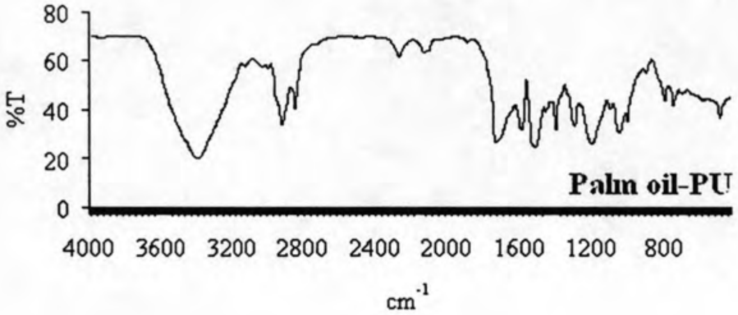
ก2. FTIR สเปกตรัมของมอนต์มอริลโลไนต์

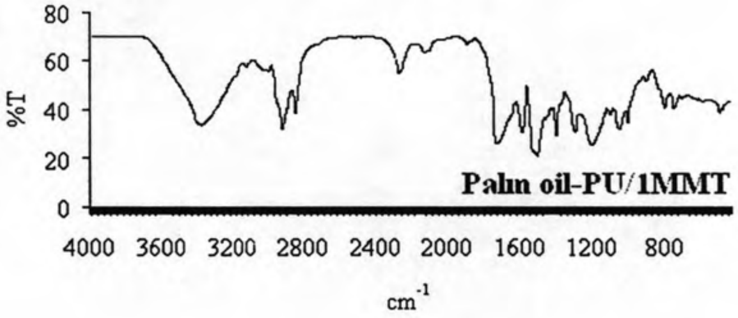


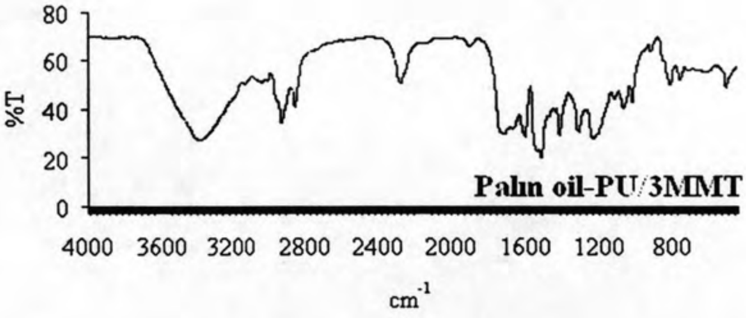


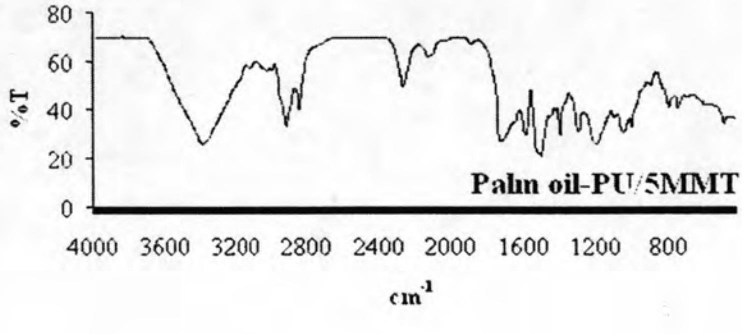


ก3. FTIR สเปกตรัมของโฟมพอลิยูรีเทนนาโนคอมพอสิตที่เตรียมจากสารประกอบพอลิออลที่ได้จากการดัดแปรน้ำมันปาล์ม

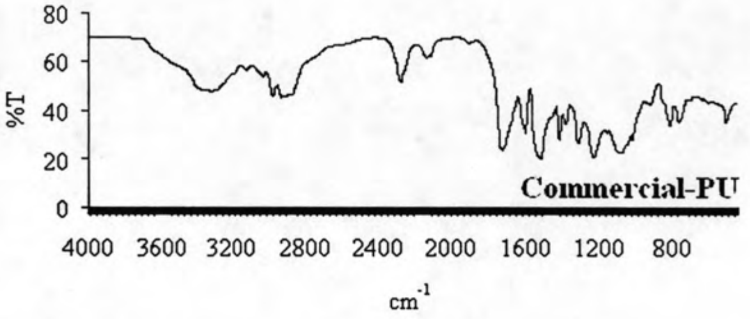


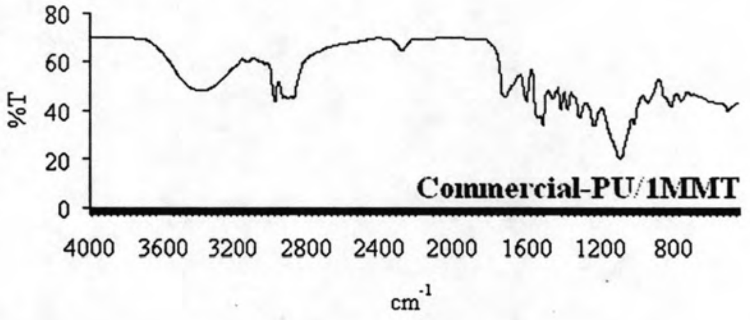


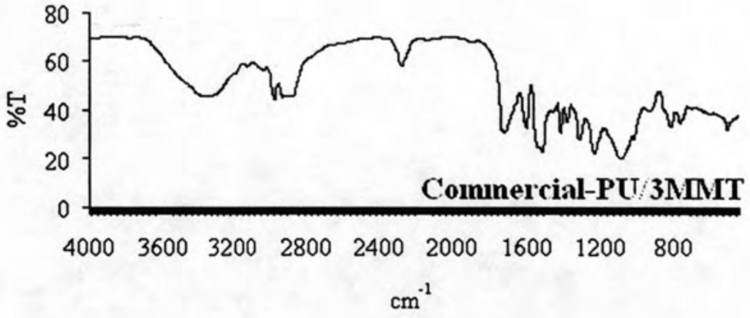




ก4. FTIR สเปกตรัมของโฟมพอลิยูรีเทนนาโนคอมพอสิตที่เตรียมจากสารประกอบพอลิออลทางการค้า



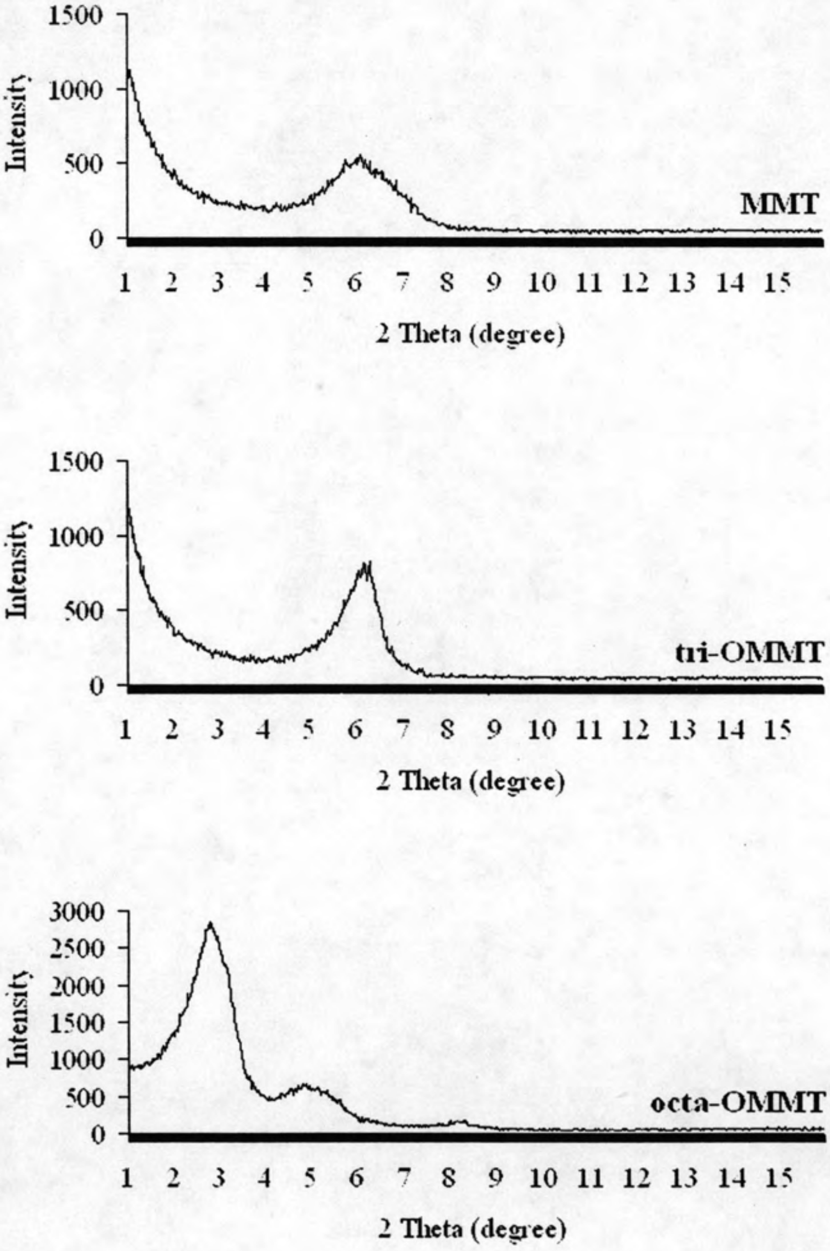




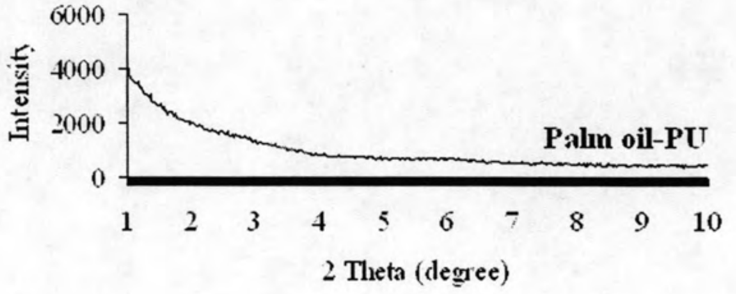
ภาคผนวก ข.

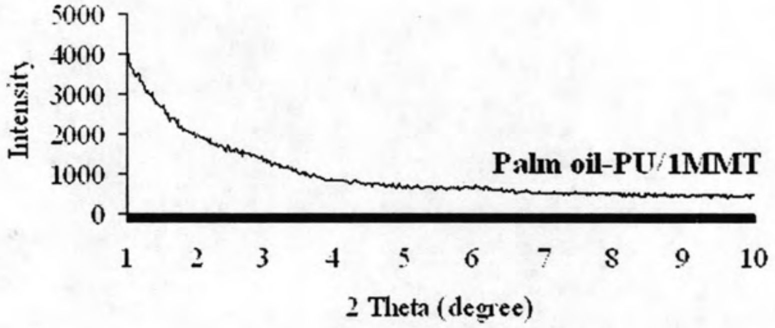
ภาคผนวก ข.

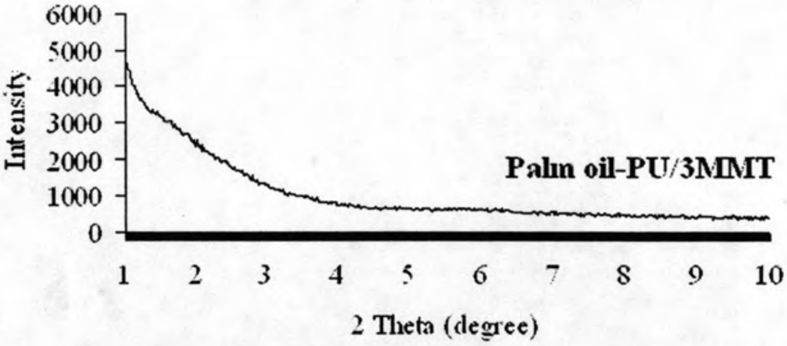
ข1. XRD ดิฟแฟรกโทแกรมของมอนต์มอริลโลไนต์

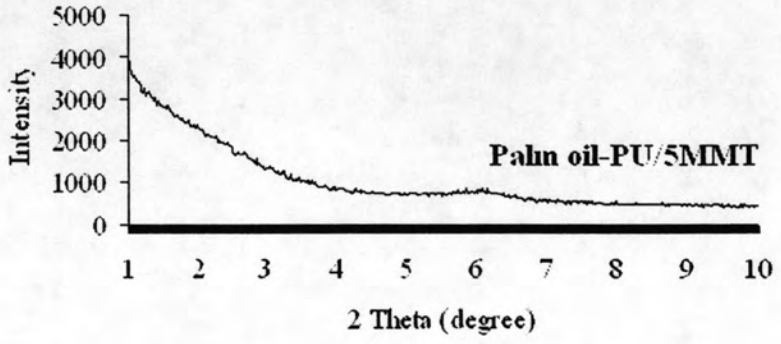


ข2. XRD ดิฟแฟรกโทแกรมของโฟมนาโนคอมพอสิตจากสารประกอบพอลิออลที่เตรียมจากน้ำมันปาล์ม

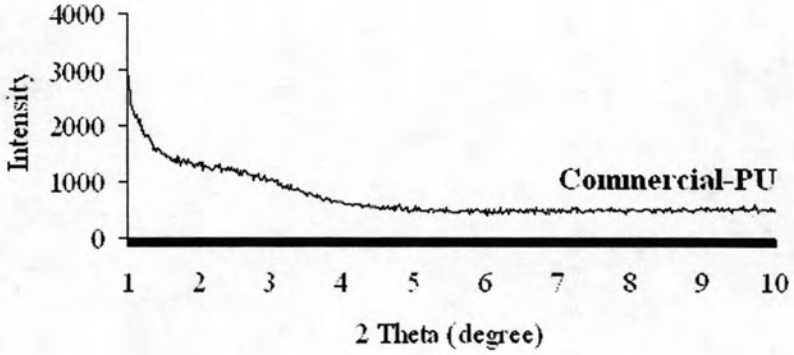


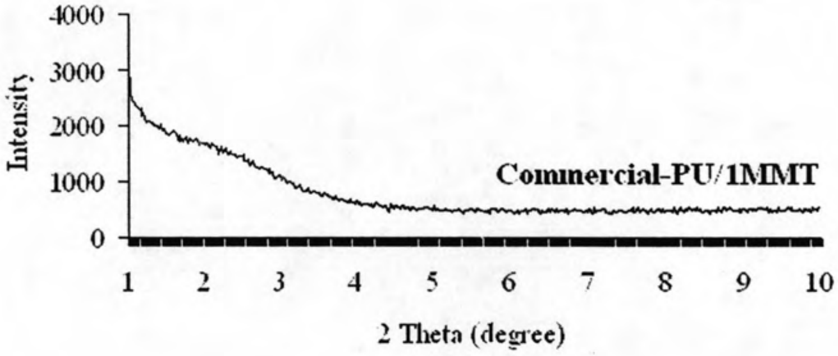


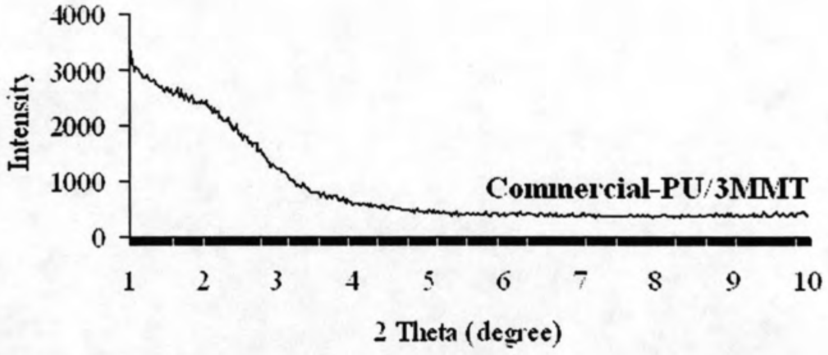




ข3. XRD ดิฟแฟรกโทแกรมของโฟมนาโนคอมพอสิตจากสารประกอบพอลิออลทางการค้า







ภาคผนวก ค.

ภาคผนวก ค.

ค1. ตารางแสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาของโฟมพอลิยูริเทนชนิดแข็ง

ชนิดของสาร	cream time (วินาที)	rise time (วินาที)
Palm oil-PU	46	120
Palm oil-PU/1MMT	44	114
Palm oil-PU/3MMT	48	115
Palm oil-PU/5MMT	45	119
Palm oil-PU/1octa-OMMT	60	68
Palm oil-PU/3octa-OMMT	68	74
Palm oil-PU/5octa-OMMT	84	87
Palm oil-PU/1tri-OMMT	46	124
Palm oil-PU/3tri-OMMT	43	121
Palm oil-PU/5tri-OMMT	49	117
Commercial-PU	19	28
Commercial-PU/1MMT	20	30
Commercial-PU/3MMT	18	34
Commercial-PU/5MMT	21	29

ค2. ตารางแสดงความสูงของโฟมพอลิยูริเทนชนิดแข็ง

ตัวอย่างที่ / ชื่อ	ความสูงโฟม (เซนติเมตร)								เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Palm oil-PU	7.4	7.8	7.7	7.8	7.4	7.3	7.7	7.6	7.59	0.18
Palm oil-PU/1MMT	7.8	7.5	7.9	8	8	7.6	7.6	7.7	7.76	0.19
Palm oil-PU/3MMT	7.5	7.6	7.7	7.5	7.5	7.3	7.2	7	7.41	0.23
Palm oil-PU/5MMT	7.5	7.8	7.8	7.4	7.4	7.2	7.3	7	7.43	0.27
Palm oil-PU /1octa-OMMT	6.6	6.9	6.1	6.5	6.3	6.7	6.2	6.1	6.43	0.29
Palm oil-PU /3octa-OMMT	3.9	4.3	4.1	3.6	4.4	4.4	3.5	4.1	4.04	0.34
Palm oil-PU /5octa-OMMT	2.1	1.6	1.5	2	1.8	1.3	2.4	1.9	1.83	0.34
Palm oil-PU/ 1tri-OMMT	7.1	7.7	7.1	7.4	7.2	7.9	7.9	7.6	7.49	0.30
Palm oil-PU /3tri-OMMT	7.6	7.5	7	7.9	7.7	7.6	7.7	7.7	7.59	0.26
Palm oil-PU /5tri-OMMT	7.7	7.2	7.4	7.7	7.8	7.3	7.1	7.3	7.44	0.24
Commercial-PU	6.4	6.1	6.6	6.2	6.5	6.7	6.7	6.1	6.41	0.25
Commercial-PU /1MMT	6.9	6.7	6.8	6.3	6.1	6.5	6.9	6.3	6.56	0.28
Commercial-PU /3MMT	6.1	6.3	6.3	6.6	6.2	6.9	6.1	6.8	6.41	0.29
Commercial-PU /5MMT	6.4	6.7	6.4	6.8	6.4	6.2	6.6	6.1	6.45	0.24

ภาคผนวก ง.

ภาคผนวก ง.

ง1. ตารางแสดงข้อมูลความหนาแน่น

Palm oil-PU

กว้าง (mm)	ยาว (mm)	หนา (mm)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
49	51.41	40	3.6987	39.10
50.75	51.22	36.25	3.5216	39.11
52.75	53.79	26.65	2.5974	37.99
53.25	51.33	24.5	2.46	38.77
47.5	50.36	37	3.4861	37.61
เฉลี่ย				38.51
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				0.68

Palm oil-PU/1MMT

กว้าง (mm)	ยาว (mm)	หนา (mm)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
52.5	53.99	40.5	4.6	40.07
46.75	49.95	35.75	3.3408	40.02
43.25	55.35	32.5	3.09	39.72
47.25	53.33	35.75	3.65	40.52
50.75	56	34	3.85	39.84
เฉลี่ย				40.03
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				0.31

Palm oil-PU/3MMT

กว้าง (mm)	ยาว (mm)	หนา (mm)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
52.7	53.56	27	3.4156	44.82
48.75	52.78	32	3.6198	43.96
53	53.29	35.25	4.37	43.89
48	50.11	39	4.1866	44.63
50.25	51.34	36.5	4.1982	44.58
เฉลี่ย				44.37
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				0.42

Palm oil-PU/5MMT

กว้าง (mm)	ยาว (mm)	หนา (mm)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
51.25	52.36	26.1	3.23	46.12
50	51.43	31	3.6609	45.92
48.25	49.66	34.75	3.9614	47.58
47.5	54.45	39	4.6721	46.32
38	50.32	31	2.7919	47.10
เฉลี่ย				46.61
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				0.70

Commercial-PU

กว้าง (mm)	ยาว (mm)	หนา (mm)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
51.6	60.25	29.25	4.54	49.93
50.77	52.5	26.5	3.5198	49.83
47.15	61.5	26.45	3.8418	50.09
49.5	51.95	23.5	3.0834	51.02
47.15	55.15	26.45	3.3346	48.48
เฉลี่ย				49.87
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				0.91

Commercial-PU/1MMT

กว้าง (mm)	ยาว (mm)	หนา (mm)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
50.75	51.75	26.5	3.5176	50.54
50.85	50.95	26.25	3.3644	49.47
47.2	52.25	26.5	3.2799	50.19
47.45	50.85	23	2.8	50.45
49.4	57.75	25.1	3.555	49.65
เฉลี่ย				50.06
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				0.48

Commercial-PU/3MMT

กว้าง (mm)	ยาว (mm)	หนา (mm)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
40.4	64.55	25.35	3.85	58.24
47.2	51.5	25.5	3.6357	58.65
45	59.15	25	3.7847	56.88
52.35	56.6	24	3.9626	55.72
49.4	54.75	25.1	3.8338	56.47
เฉลี่ย				57.19
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				1.23

ง2. ตารางแสดงข้อมูลความต้านแรงกด

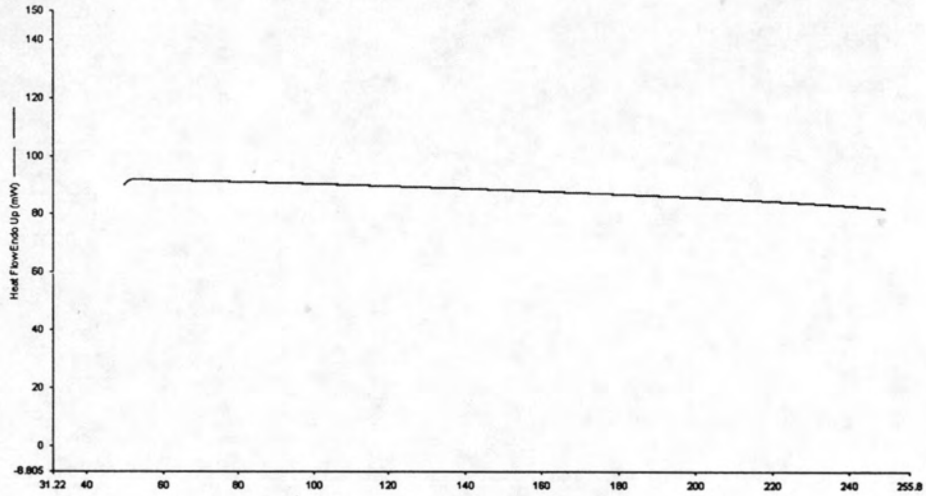
สูตร	ชิ้นที่					เฉลี่ย	SD.
	1	2	3	4	5		
Palm oil-PU	117.77	119.56	115.91	117.12	112.99	116.67	2.44
Palm oil-PU /1MMT	121.65	121.53	120.93	121.95	121.08	121.43	0.42
Palm oil-PU /3MMT	147.38	142.91	142.62	146.14	144.04	144.62	2.07
Palm oil-PU /5MMT	170.71	169.63	173.99	171.17	172.58	171.62	1.70
Commercial-PU	156.45	155.28	156.01	152.71	157.94	155.68	1.92
Commercial-PU /1MMT	171.30	175.16	176.79	172.16	176.77	174.44	2.57
Commercial-PU /3MMT	226.20	227.00	225.30	228.92	226.39	226.76	1.35

ภาคผนวก จ.

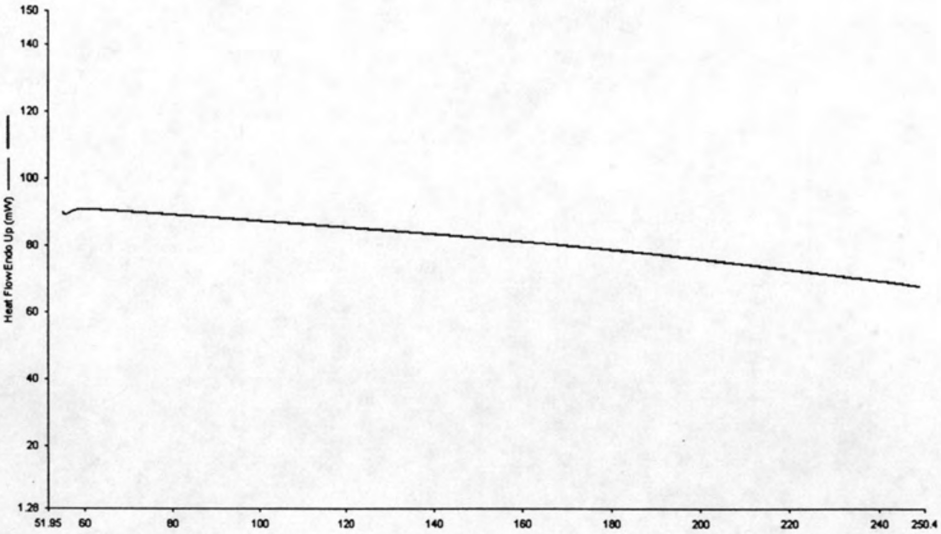
ภาคผนวก จ.

จ1. DSC เทอร์โมแกรม ของโฟมพอลิยูรีเทน

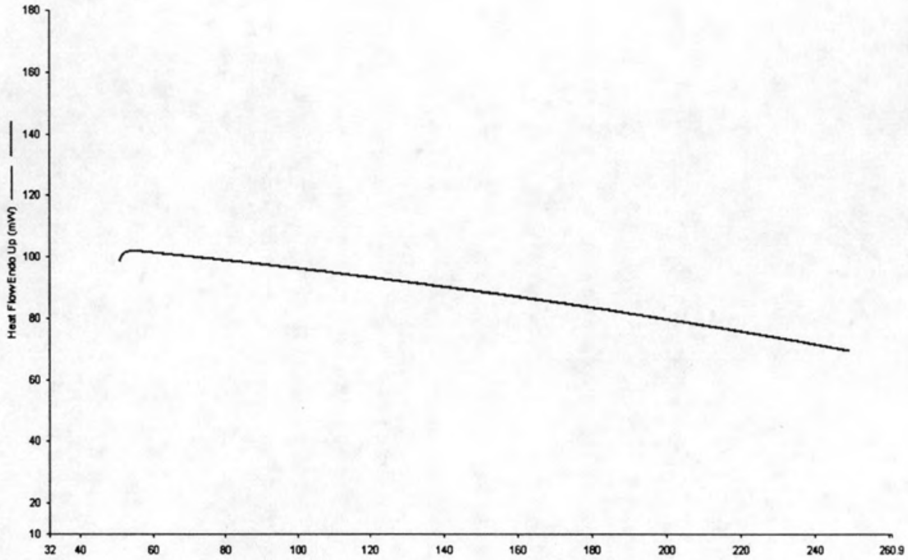
Palm oil-PU



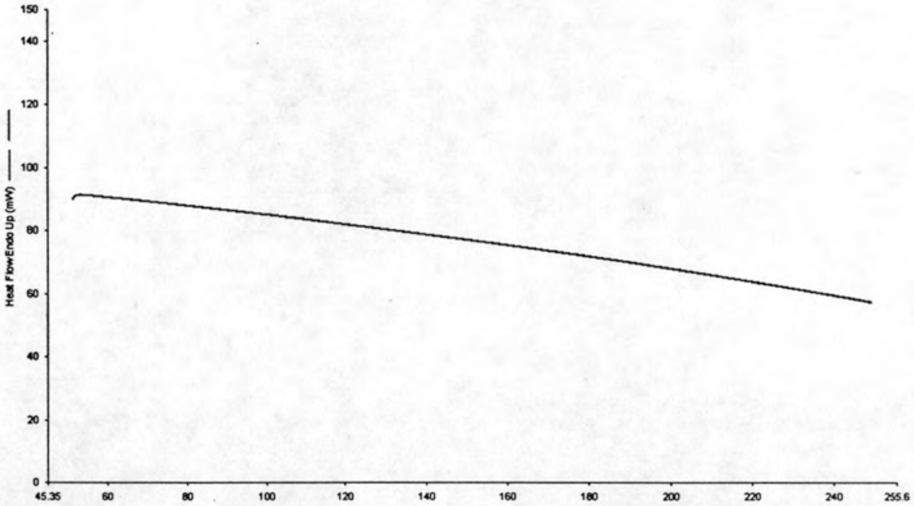
Palm oil-PU/1MMT



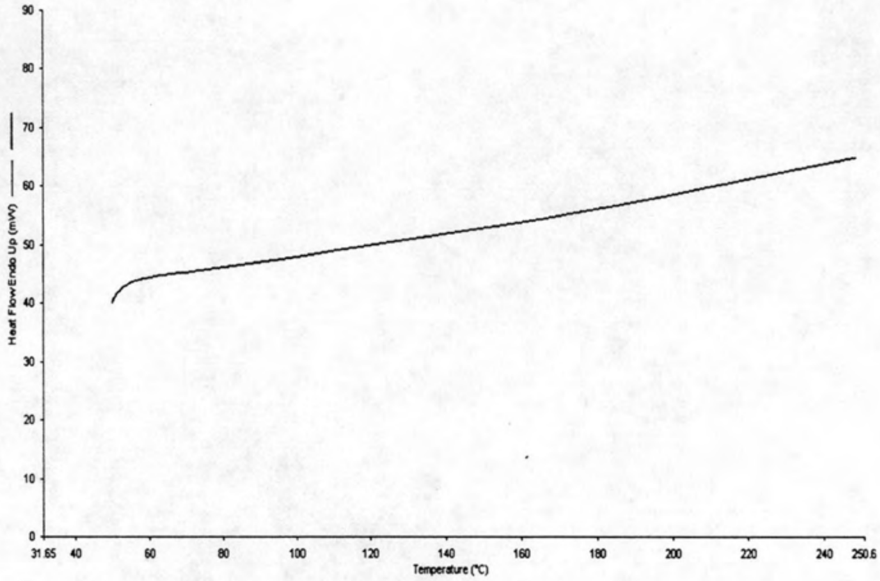
Palm oil-PU/3MMT



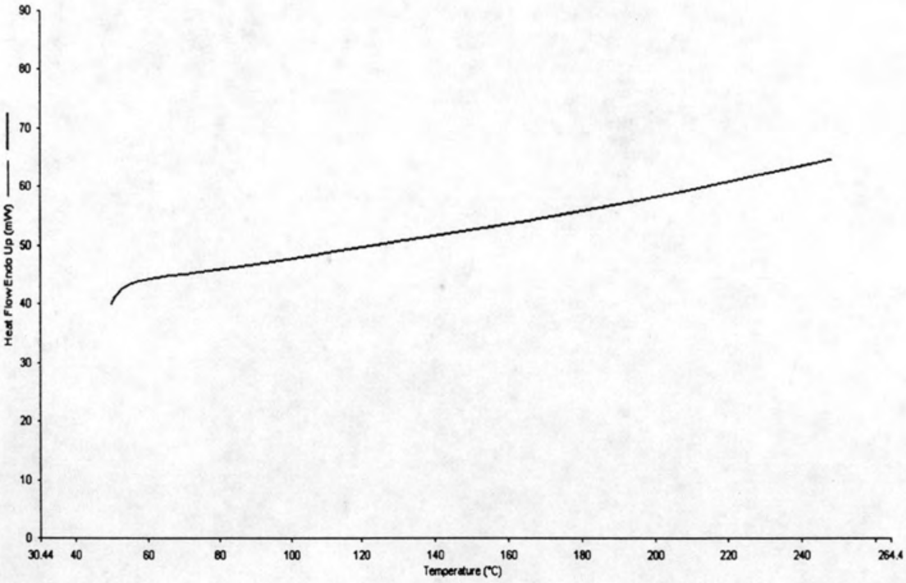
Palm oil-PU/5MMT



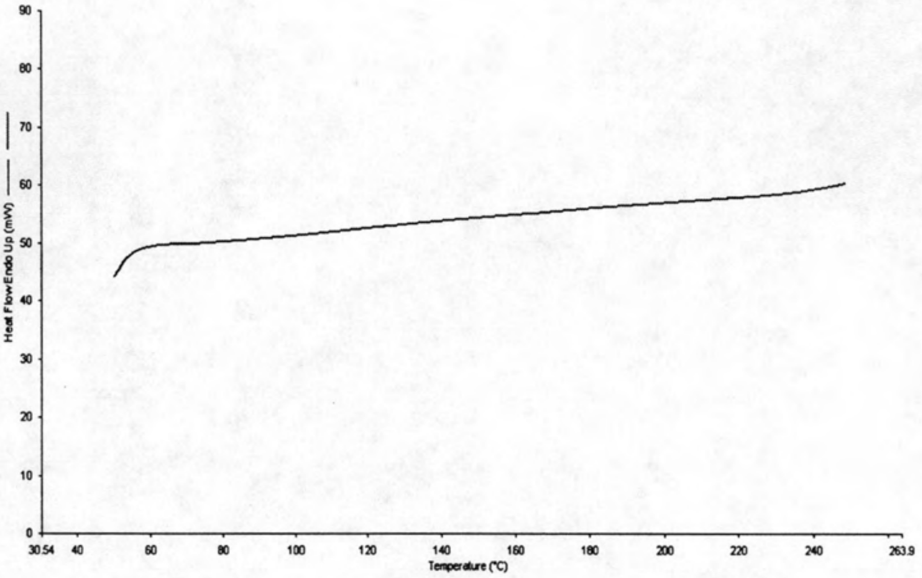
Commercial-PU



Commercial-PU/1MMT



Commercial-PU/3MMT

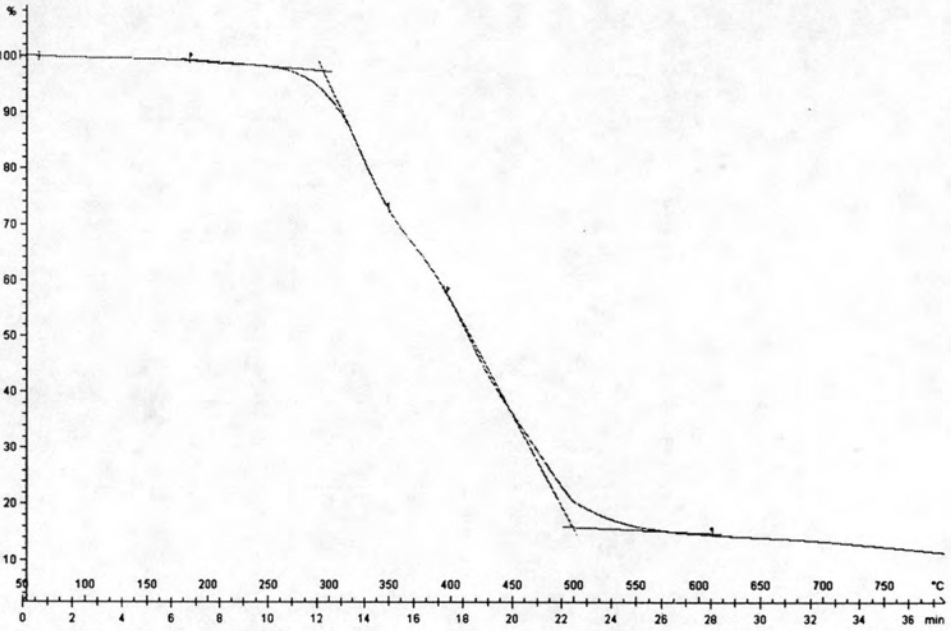


ภาคผนวก ฉ.

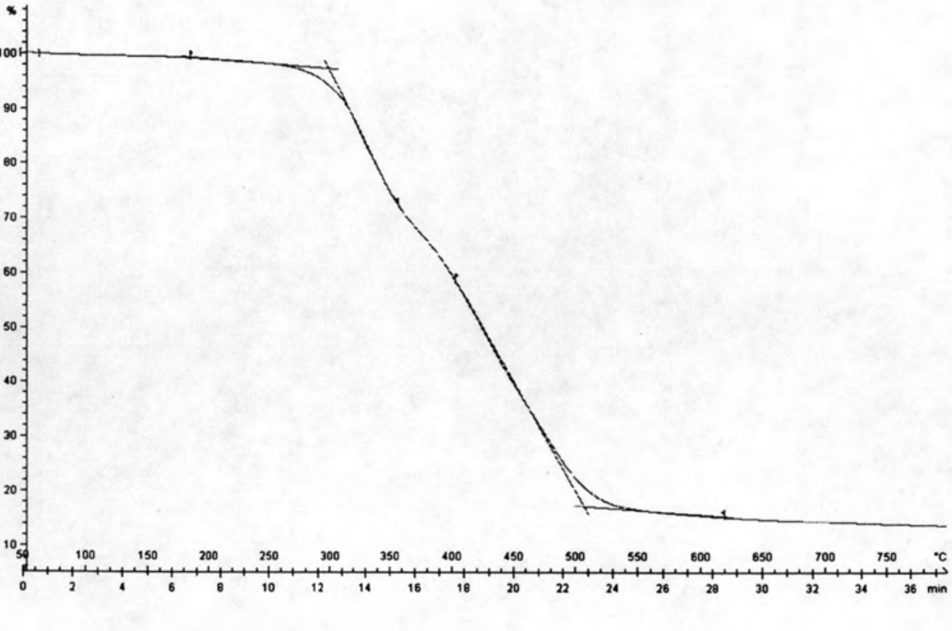
ภาคผนวก ฉ.

ฉ1. TGA เทอร์โมแกรม ของโฟมพอลิยูรีเทน

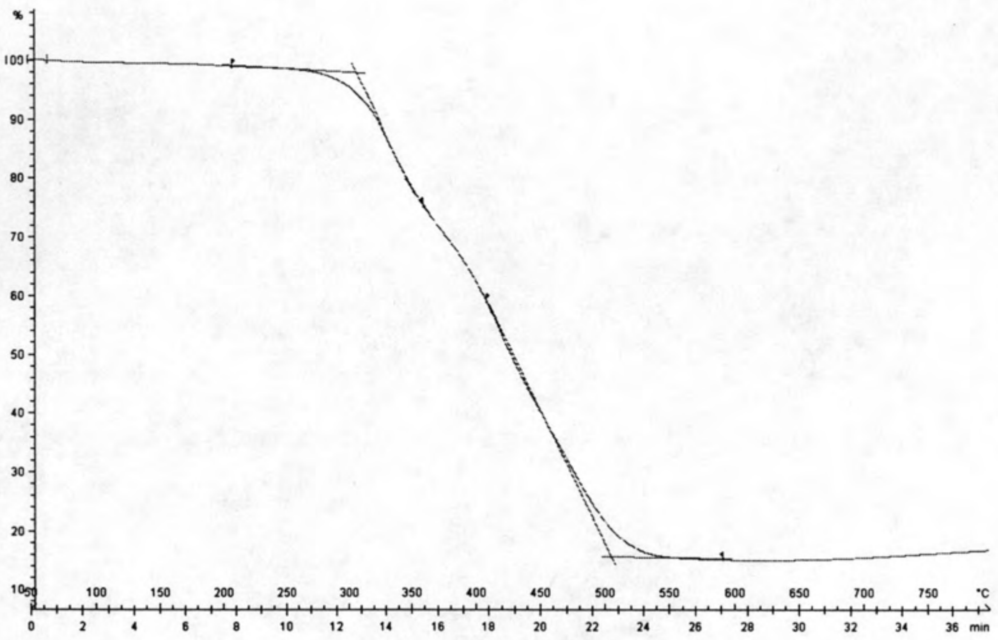
Palm oil-PU



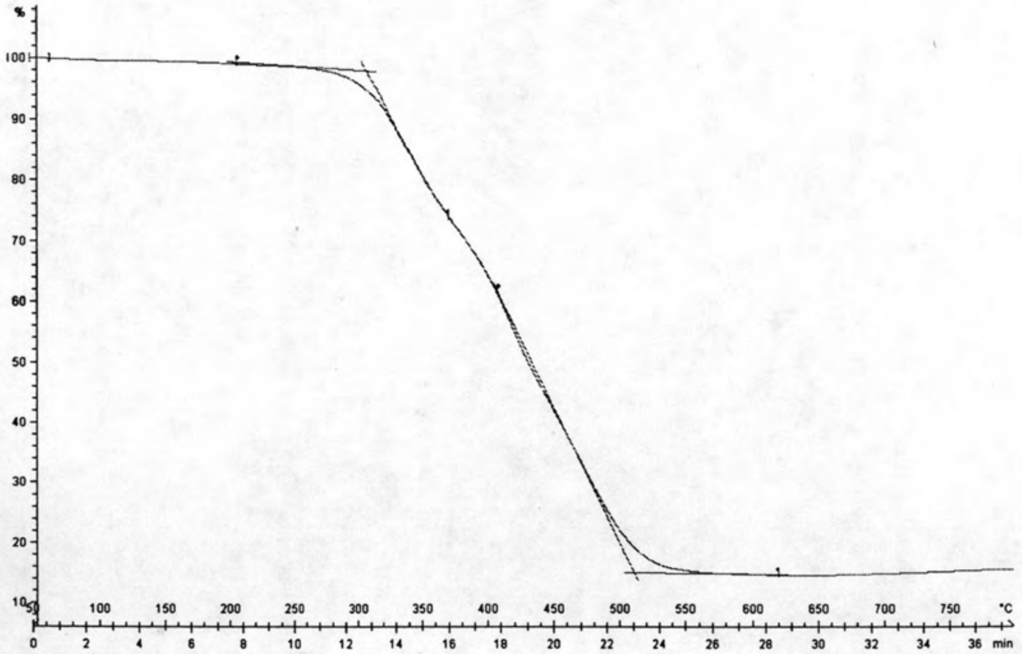
Palm oil-PU/1MMT



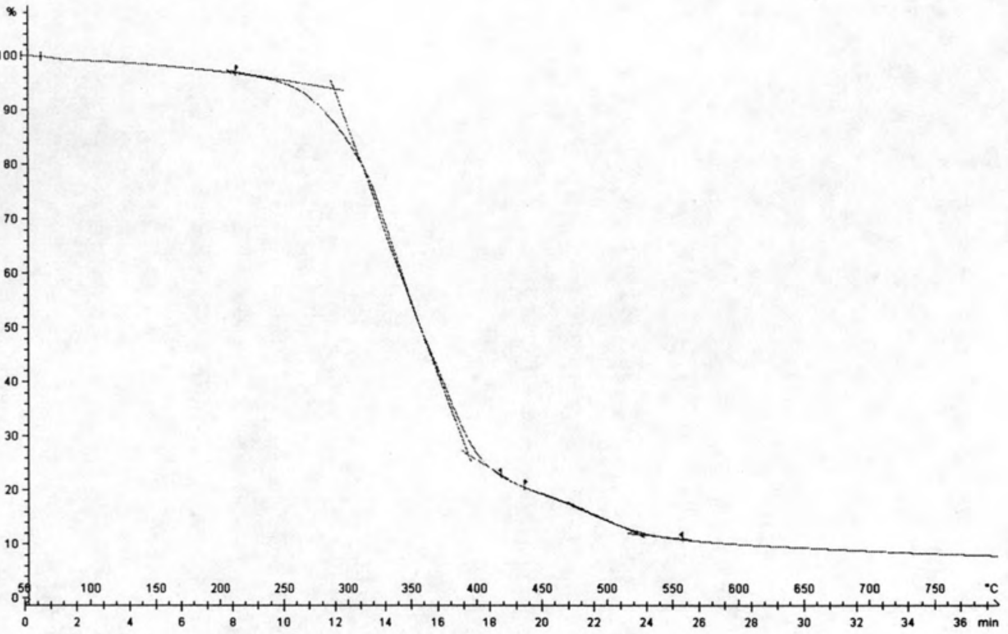
Palm oil-PU/3MMT



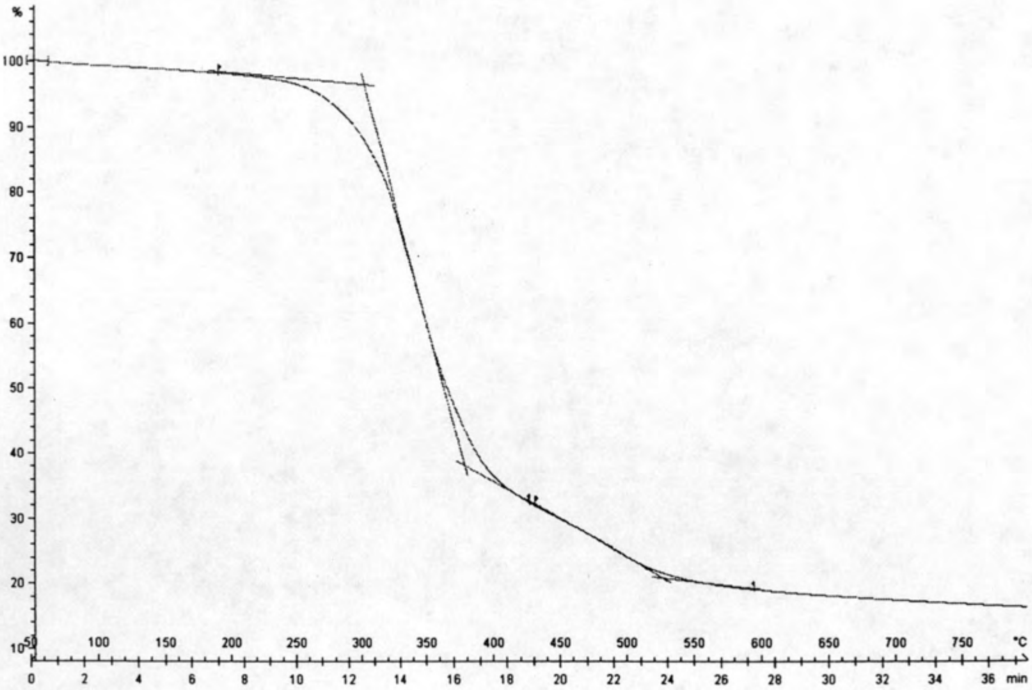
Palm oil-PU/5MMT



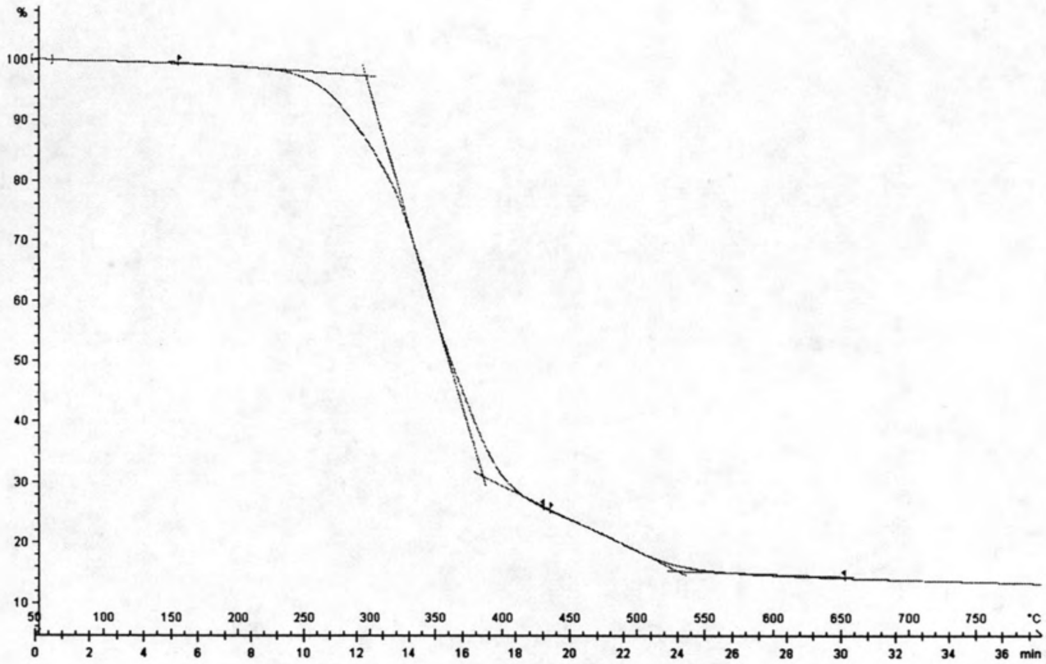
Commercial-PU



Commercial-PU/1MMT



Commercial-PU/3MMT



ภาคผนวก ช

ภาคผนวก ช.

ช1. ความแข็งของโฟมพอลิยูรีเทน

ชนิดของสาร	ตัวอย่างที่	ค่าความแข็ง					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Palm oil-PU	1	32	38	37	41	38	37.2	0.49
	2	42	40	40	36	33	38.2	
	3	34	39	39	38	37	37.4	
	4	40	41.5	35	33	35	36.9	
	5	38	38	37	40	35	37.6	
	เฉลี่ย						37.46	

ชนิดของสาร	ตัวอย่างที่	ค่าความแข็ง					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Palm oil-PU /1MMT	1	40	38	39	43	40	40	1.31
	2	41	45	35	42	42	41	
	3	40	45	39	40	41	41	
	4	34	37	43	42	43	39.8	
	5	44	44	42	43	42.5	43.1	
	เฉลี่ย						40.98	

ชนิดของสาร	ตัวอย่างที่	ค่าความแข็ง					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Palm oil-PU /3MMT	1	36	39	31	40	35	36.2	0.78
	2	35	36	32	37	44	36.8	
	3	38	37	34	35	37	36.2	
	4	32	41	40	32	36	36.2	
	5	33	36	37	42	42	38	
	เฉลี่ย						36.68	

ชนิดของสาร	ตัวอย่างที่	ค่าความแข็ง					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Palm oil-PU /5MMT	1	35	37	37	41.5	39	37.9	1.18
	2	41	38	35	35	33	36.4	
	3	38	38	39	34	39	37.6	
	4	42	41	38	38	39	39.6	
	5	41	38	30	37	40	37.2	
	เฉลี่ย						37.74	

ชนิดของสาร	ตัวอย่างที่	ค่าความแข็ง					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Commercial-PU	1	42	49	40	45	50	45.2	3.49
	2	40	43	42	45	49	43.8	
	3	48	47	47	48	53	48.6	
	4	50	47	55	49	52	50.6	
	5	51	54	54	50	51	52	
	เฉลี่ย						48.04	

ชนิดของสาร	ตัวอย่างที่	ค่าความแข็ง					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Commercial-PU /1MMT	1	49	50	53	49	49	50	1.83
	2	54	50	50	49	52	51	
	3	49	50	52	50	51	50.4	
	4	55	57	59	50	52	54.6	
	5	50	55	48	52	54	51.8	
	เฉลี่ย						51.56	

ชนิดของสาร	ตัวอย่างที่	ค่าความแข็ง					เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Commercial-PU /3MMT	1	54	52	53	54	54	53.4	3.88
	2	47	55	57	55	57	54.2	
	3	60	60	57	55	57	57.8	
	4	54	60	55	57	63	57.8	
	5	62	64	63	64	63	63.2	
	เฉลี่ย						57.28	

ภาคผนวก ซ

I25278068

ภาคผนวก ซ.

ซ1. สมบัติการนำความร้อน

ตัวอย่างที่ / ชื่อ	1	2	3	เฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Palm oil-PU	0.0351	0.0349	0.0347	0.0349	0.0002
Palm oil-PU /1MMT	0.0341	0.0345	0.0343	0.0343	0.0002
Palm oil-PU /3MMT	0.0335	0.0331	0.0334	0.0333	0.0002
Palm oil-PU /5MMT	0.0342	0.0346	0.0348	0.0345	0.0003
Commercial-PU	0.0336	0.0343	0.0339	0.0339	0.0004

ภาคผนวก ฌ.

ภาคผนวก ฌ.

ฌ1. การคำนวณปริมาณพอลิเมอริก MDI ของการสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็งจากการดัดแปรน้ำมันปาล์ม สูตรที่ 1-9

จากสูตรค่าไอโซไซยาเนต (isocyanate value) = $\dfrac{4200}{\text{Equivalent weight}}$

เนื่องจากค่าไอโซไซยาเนตของพอลิเมอริก MDI = 29.3 เปอร์เซ็นต์

$$\therefore \text{Equivalent weight ของ MDI} = \frac{4200}{31.4} = 143.34$$

จากสูตรEquivalent weight = $\dfrac{56.1 \times 1{,}000}{\text{OHV}}$

เนื่องจากค่าไฮดรอกซิล = 385 mg KOH /g

$$\therefore \text{Equivalent weight ของพอลิออล} = \frac{56.1 \times 1{,}000}{385} = 145.71$$

จำนวนMDIที่ต้องการในการทำปฏิกิริยากับพอลิออล 100 ส่วน

$$\frac{100}{145.71} \text{X } 143.34 = 98.37$$

จาก Equivalent weight ของน้ำ = $\dfrac{\text{molecular weight}}{\text{functionality}} = \dfrac{18}{2} = 9$

∴ จำนวน MDI ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ 3ส่วน

$\frac{3}{9}$X143.34 = 47.78 ส่วนโดยน้ำหนักของ MDI

∴ จำนวน MDI ที่ทำปฏิกิริยากับพอลิออล 100ส่วน กับน้ำ 3ส่วน

ที่ 100 index 47.78 + 98.37 = 146.15 ส่วนโดยน้ำหนักของ MDI

110 index 146.15 X $\frac{110}{100}$ = 160.77 ส่วนโดยน้ำหนักของ MDI

ที่ 110 index 160.77 +100 = 260.77

∴ ปริมาณ MDIที่ใช้ = $\frac{160.77}{260.77}$ = 0.6165

ปริมาณพอลิออลที่ใช้=1-0.6 =0.3835

ฌ2. การคำนวณปริมาณพอลิเมอริก MDI ของการสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็งจากการดัดแปรน้ำมันปาล์มสูตรที่ 10-12

จาก ฉ1 จำนวนMDIที่ต้องการในการทำปฏิกิริยากับพอลิออล 100 ส่วน คือ 98.37

จำนวน MDI ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ 3ส่วน คือ 47.78

สูตรที่ 10 ใช้มอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร 1.055 g คิดเป็น 2.75% ของน้ำหนักพอลิออล

สูตรที่ 11 ใช้มอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร 3.229 g คิดเป็น 8.42% ของน้ำหนักพอลิออล

สูตรที่ 12 ใช้มอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร 5.496 g คิดเป็น 14.33% ของน้ำหนักพอลิออล

มอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร 3 ส่วน ประกอบด้วย triethanolamine 2 ส่วน

มอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร 2.75 ส่วน ประกอบด้วย triethanolamine (2 X 2.75)/3 = 1.83 ส่วน

มอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร 8.42 ส่วน ประกอบด้วย triethanolamine (2 X 8.42)/3 = 5.61 ส่วน

มอนต์มอริลโลไนต์ที่ดัดแปร 14.33 ส่วน ประกอบด้วย triethanolamine (2 X 14.33)/3 = 9.5 ส่วน

จาก Equivalent weight ของ triethanolamine = $\frac{\text{molecular weight}}{\text{functionality}} = \frac{149.19}{3}$ = 49.73

∴ จำนวน MDI ที่ทำปฏิกิริยากับ triethanolamine 1.83 ส่วน

$\frac{1.83}{49.73}$ X 143.34 = 5.27 ส่วนโดยน้ำหนักของ MDI

ที่ 100 index 98.37 + 47.78 + 5.27 = 151.42

ที่ 110 index 151.42 X $\frac{110}{100}$ = 166.56

ที่ 110 index 166.56 + 100 = 266.56

∴ จำนวน MDI ที่ใช้ = 166.56/266.56 = 0.6248

ปริมาณพอลิออลที่ใช้ในสูตรที่ 10 คือ 1-0.6248 = 0.3752

จำนวน MDI ที่ทำปฏิกิริยากับ triethanolamine 5.61 ส่วน

$\frac{5.61}{49.73}$ X 143.34 = 16.17 ส่วนโดยน้ำหนักของ MDI

ที่ 100 index 98.37 + 47.78 + 16.17 = 162.32

ที่ 110 index 162.32 X $\frac{110}{100}$ = 178.55

ที่ 110 index 178.55 + 100 = 278.55

∴ จำนวน MDI ที่ใช้ 178.55/278.55 = 0.6410

ปริมาณพอลิออลที่ใช้ในสูตรที่ 11 คือ 1-0.6410 = 0.359

จำนวน MDI ที่ทำปฏิกิริยากับ triethanolamine 9.55 ส่วน

$$\frac{9.55}{49.73} \quad X\ 143.34 = 27.53$$ ส่วนโดยน้ำหนักของ MDI

ที่ 100 index 98.37 + 47.78 + 27.53 = 173.68

ที่ 110 index $173.68\ X \frac{110}{100} = 191.048$

ที่ 110 index 191.048 + 100 = 291.048

$\therefore$ จำนวน MDI ที่ใช้ 191.048/291.048 = 0.6564

ปริมาณพอลิออลที่ใช้ในสูตรที่ 12 คือ 1-0.6410 = 0.3436

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอลิศรา เมืองเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2526 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2548 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นในปีการศึกษา 2548 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายของปีการศึกษา 2549 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี