

รายการอ้างอิง

1. Lawrence, J.R. Polyester resins. New York: Van Nostrand Reinhold, 1960.
2. ปรีชา พหลเทพ. โพลีเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2536.
3. ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. เคมีโพลีเมอร์พื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, 2527.
4. วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์. เอกสารประกอบการสอนวิชาการรีไซเคิลพลาสติก. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
5. เจษฎา ชัยจรีนนท์. เอกสารข้อมูลทางเทคนิค. กรุงเทพฯ: สยามเคมีคอล อินดัสตรี, 2537.
6. บรรณ เลิศ. เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์, 2526.
7. สมพร ทรัพย์ธนกฤต. การใช้พอลิเอสเตอร์จากการผลิตเป็นตัวเติมในพอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว. โครงการวิจัยระดับปริญญาตรี, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
8. Sasee, F.; and Emig, G. Chemical recycling of polymer materials. Chemical Engineering & Technology 21 (1998): 777-789.
9. La Monitia, F.P. Recycling of plastic materials. Toronto-Scarborough: Chem Tec, 1993.
10. Campanelli, J.R.; Kamal, M.R.; and Cooper, G. Kinetics of glycolysis of poly(ethylene terephthalate)melts. Journal of Applied Polymer Science 54 (1994): 1731-1740.
11. Ligorati, F.; Aglietti, G.; and Nova, V.E. U.S. Patent 3,776,945, 1973.
12. Shukla, S.R.; and Mathur, M.R. Action of alkali on polybutylene terephthalate and polyethylene terephthalate polyesters. Journal of Applied Polymer Science 75 (2000): 1097-1102.
13. Vaidya, U.R.; and Nadkarni, V.M. Unsaturated polyesters from PET waste: 3. Kinetics of polycondensation. Journal of Applied Polymer Science 34 (1987): 235-245.
14. Chen, J.W.; and Chen, L.W. The glycolysis of poly(ethylene terephthalate). Journal of Applied Polymer Science 73 (1999): 35-40.

15. Baliga, S.; and Wong, W.T. Depolymerization of poly(ethylene terephthalate) recycled from post-consumer soft-drink bottles. Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry 27 (1989): 2071-2082.
16. Fujita, A.; Sato, M.; and Murakami, M. U.S. Patent 4,609,680, 1986.
17. วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์ และวีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. กระบวนการรีไซเคิลขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว. คัลเลอร์เวย์ 8. 46 (2546): 24-26.
18. Vaidya, U.R.; and Nadkarni, V.M. Unsaturated polyester resins from poly(ethylene terephthalate)waste: 1.Synthesis and Characterization. Industrial & Engineering Chemistry Research 26 (1987): 194-198.
19. Vaidya, U.R.; and Nadkarni, V.M. Unsaturated polyester resins from poly(ethylene terephthalate)waste: 2.Mechanical and dynamic mechanical properties. Industrial & Engineering Chemistry Research 26 (1987): 194-198.
20. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร และอมร เพชรสม. การสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัวจากขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว. รายงานผลการวิจัยทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
21. กิตติภูมิ กลับดี. การเตรียมพอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัวจากเศษผ้าพอลิเอสเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
22. ASTM D2240 Standard Test Method for Rubber Property Durometer Hardness
23. ASTM D256 Standard Test Method for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics
24. ASTM D790 Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ก.1 พอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิมตัว [5]

ผู้ผลิต : บริษัท สยามเคมีคอลอินดัสตรี จำกัด

ชื่อทางการค้า : PolyLite FG-283-TXN

- สมบัติของเรซินเหลว

ลักษณะ : ของเหลวใสอมสีชมพู

ความหนืด (25°C) : 3.5-6.0 พอยส์

ค่าดัชนีของการไม่ไหลย่อย (25°C) : 1.5-3.0

เจลไทม์ (25°C) : 25-40 นาที

(เรซิน / MEKPO หรือ Butanox M-60) : 50 กรัม / 0.5 กรัม)

- สมบัติของเรซินแข็ง ดังแสดงในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 แสดงสมบัติของเรซินแข็งจาก PolyLite FG-283-TXN

สมบัติ	วิธีทดสอบตามมาตรฐาน	ค่าที่ได้	หน่วย
Specific Gravity (25°C)	ASTM D792	1.20	-
Heat Distortion Temperature	ASTM D648	130	°C
Barcol Hardness J-934-1	ASTM D2583	44	GYZ-934-1
Water Absorption	ASTM D570	0.14	%
Flexural Strength	ASTM D790	14.4	kgf./mm ²
Flexural Modulus	ASTM D790	450	kgf./mm ²
Tensile Strength	ASTM D638	7	kgf./mm ²
Tensile Modulus	ASTM 638	487	kgf./mm ²
Tensile Elongation	ASTM D638	2.1	%
Compressive Strength	ASTM D695	14	kgf./mm ²

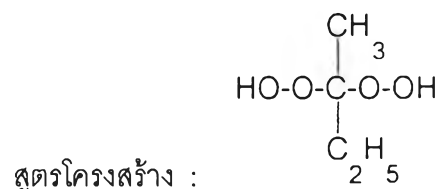
หมายเหตุ : 1. เติม MEKPO 1%

2. อบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 100°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง

ก.2 เมทิลเอทิลคีโตนเปอร์ออกไซด์ (MEKPO) [5]

ชื่อทางการค้า : Butanox M-60

ชื่อทางเคมี : Methyl ethyl ketone peroxide in phthalate plasticizer



ปริมาณเปอร์ออกไซด์ : 36%

ส่วนผสม : 60% DMP, 4% MEK+water

Active oxygen : 9.9%

ลักษณะ : ของเหลวใส ไม่มีสี

ความหนาแน่น : 1170 kg./m³ (20°C)

ความหนืด : 21 mm²/sec (20°C)

ความเป็นกรด : เป็นกรดเล็กน้อย

SADT : 60°C หรือมากกว่า

จุดวาบไฟ : สูงกว่า SADT

self ignition temperature : 220°C

การละลาย : ไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในฟทาเลต

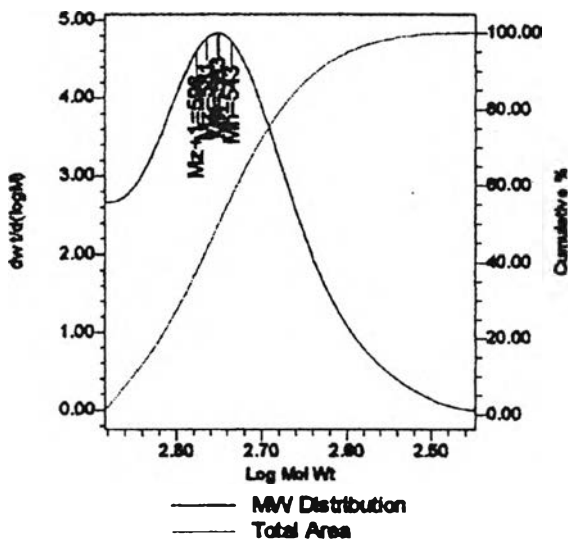
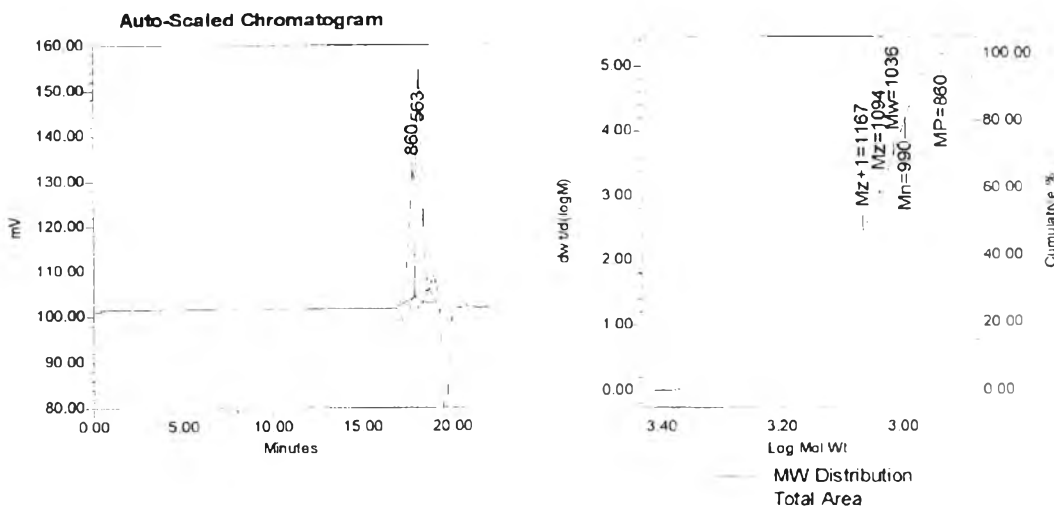
hazardous reaction : ทำปฏิกิริยารุนแรงกับ oxidizing agents สลายตัวอย่าง
รุนแรงเมื่อได้รับความร้อน หรือสัมผัสกับ reducing agents

ก.3 โคบอลต์ออกโทเอต [5]

	Minimum	Maximum
ปริมาณโลหะ : 9.89%	9.6%	10.4%
ความหนืด (การ์ตเนอร์)	-	A
ความหนาแน่น (20°C)	0.96	1.04
จุดวาบไฟ	39°C	
ปริมาณสารที่ไม่ระเหย	42%	60%

ภาคผนวก ข

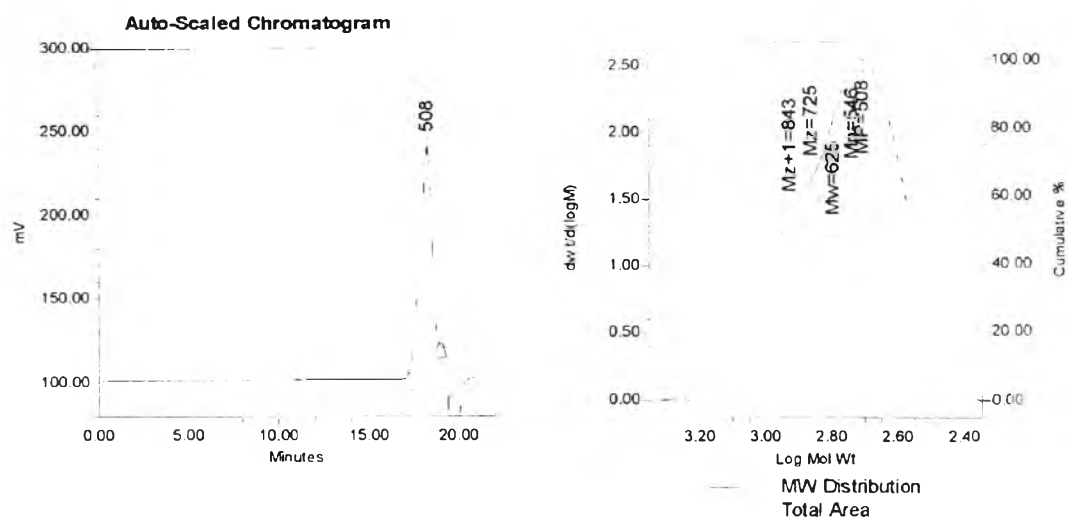
ข.1 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซีไฟรตักส์จากขวดเพต



พืด	Mn	Mw	MP	Mz	Mz+1	PDI	%Area
1	990	1036	860	1094	1167	1.046279	36.04
2	543	563	563	581	598	1.035566	63.96

รูปที่ ข.1 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซีไฟรตักส์จากขวดเพต

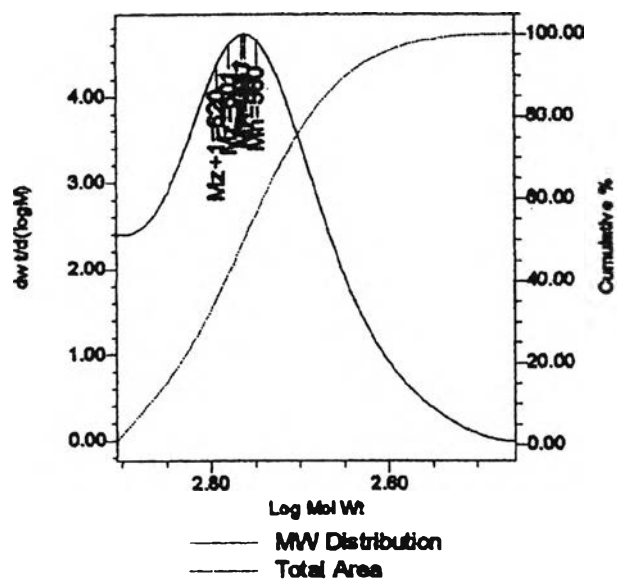
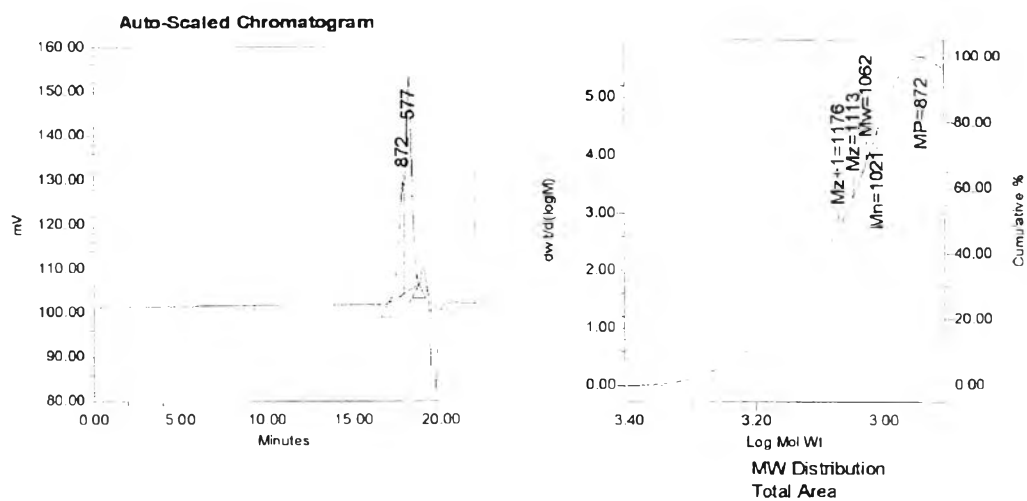
ข.2 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซิโพรดักส์จากผ้า T/C+ ขวดเพต



พีค	Mn	Mw	MP	Mz	Mz+1	PDI	%Area
1	546	625	508	725	843	1.144437	100

รูปที่ ข.2 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซิโพรดักส์จาก ผ้า T/C+ขวดเพต

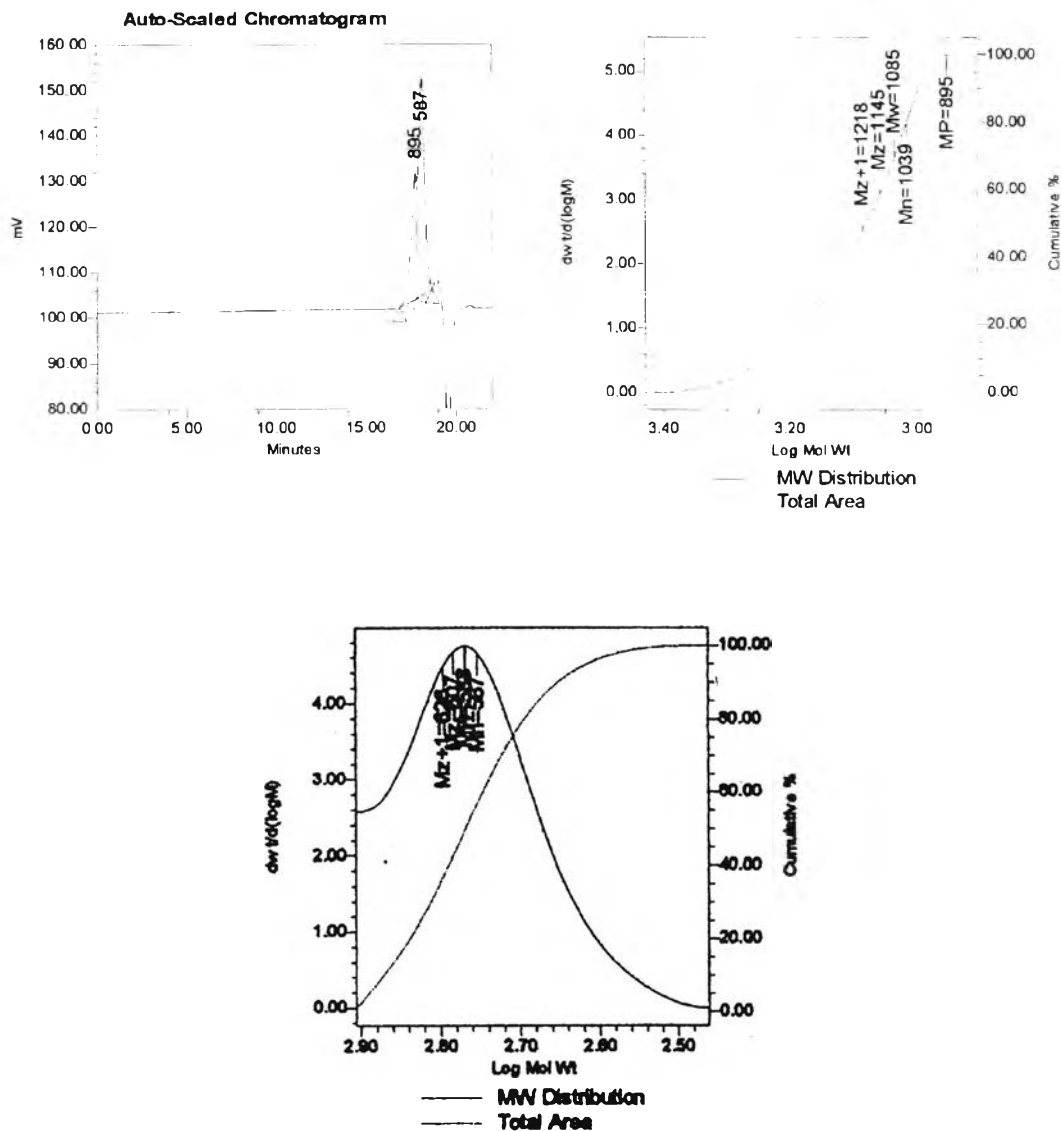
ข.3 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซ์โพรดักส์จากผ้า T/C



พีด	Mn	Mw	MP	Mz	Mz+1	PDI	%Area
1	1021	1062	872	1113	1176	1.040088	30.94
2	560	581	577	601	620	1.037541	69.06

รูปที่ ข.3 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซ์โพรดักส์จากผ้าT/C

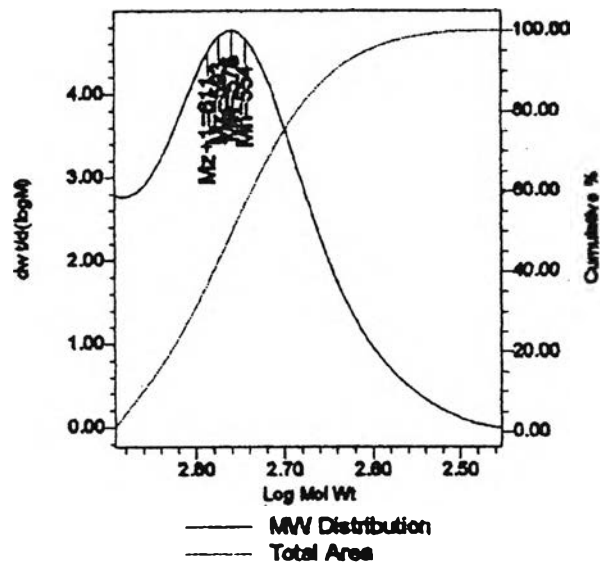
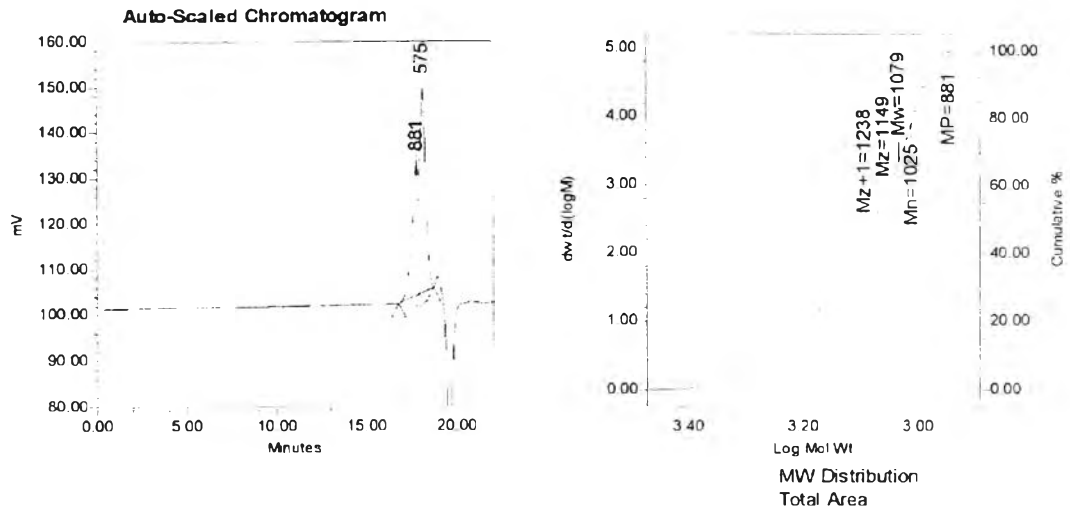
ข.4 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซ์โพรดักส์จากผ้าพอลิเอสเตอร์+ขวดPET



พีค	Mn	Mw	MP	Mz	Mz+1	PDI	%Area
1	1039	1085	895	1145	1218	1.045131	34.70
2	567	588	587	607	626	1.036666	65.30

รูปที่ ข.4 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซ์โพรดักส์จากผ้าพอลิเอสเตอร์+ขวดPET

ข.5 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซ์พรดักส์จากผ้าพอลิเอสเตอร์



พีค	Mn	Mw	MP	Mz	Mz+1	PDI	%Area
1	1025	1079	881	1149	1238	1.052671	38.36
2	554	574	575	593	611	1.036381	61.64

รูปที่ ข.5 น้ำหนักโมเลกุลและการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของไกลโคไลซ์พรดักส์จากผ้าพอลิเอสเตอร์

ภาคผนวก ค

ค.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากขวดเพต

ตารางที่ ค.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากขวดเพต

เวลา,นาทึ่	0	40	80	120	160	170	180	188	190*	192	194	196	198	200
อุณหภูมิ,°C	32	32	32	32	32	33	33	34	35	35	36	38	43	52

เวลา,นาทึ่	202	204	205**	206	208	210	212	214	216	218	220	225	230
อุณหภูมิ,°C	70	101	113	110	107	102	96	90	86	82	78	65	54

เวลา,นาทึ่	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290
อุณหภูมิ,°C	47	43	38	36	35	34	33	32	32	32	32	32

ค.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากผ้า T/C+ขวดเพต

ตารางที่ ค.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากผ้า T/C+ขวดเพต

เวลา,นาทึ่	0	40	80	120	160	170	180	188	190	192	195*	196	198	200
อุณหภูมิ,°C	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32.5	33	33	34	35

เวลา,นาทึ่	202	204	206	208	210	212	214	215**	216	218	220	222	224
อุณหภูมิ,°C	37	39	41	44	50	66	81	111	110	105	98	93	86

เวลา,นาทึ่	226	228	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280
อุณหภูมิ,°C	78	72.5	70	59	51	46	41	37	35	34	33	32	32

* gel time

** cure time

ค.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากผ้า T/C

ตารางที่ ค.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากผ้า T/C

เวลา,นาที่	0	40	80	120	160	200	240	280	320	328	330	332	334*
อุณหภูมิ,°C	32	32	32	32	32	32	32	32	32	33	33	33.5	34.5

เวลา,นาที่	336	338	340	342	344	346	348	350	351**	352	354	356	358
อุณหภูมิ,°C	35	37	39	41	45	55	68	105	106.5	104	99	93	88

เวลา,นาที่	360	362	364	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415
อุณหภูมิ,°C	80	72	67	54	46	40	37	36	34	33	32	32	32

ค.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากผ้าพอลิเอสเตอร์+ขวดเพด

ตารางที่ ค.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากผ้าพอลิเอสเตอร์+ขวดเพด

เวลา,นาที่	0	40	80	120	160	200	240	280	320	330	335	338*	340
อุณหภูมิ,°C	32	32	32	32	32	32	32	32	32	33	34	35	36

เวลา,นาที่	342	344	346	348	350	352	354	356	358	360**	362	364	366
อุณหภูมิ,°C	38	40	43.5	46	50	56	77	80	108	111	109	107	104

เวลา,นาที่	368	370	372	374	376	378	390	395	400	405	410	415	420
อุณหภูมิ,°C	97	91	85	79	74	69	64	54	48	44	41	38	35

เวลา,นาที่	425	430	435	440	445	450
อุณหภูมิ,°C	34	33	32	32	32	32

* gel time

** cure time

ค.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากผ้าพอลิเอสเตอร์

ตารางที่ ค.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีจากผ้าพอลิเอสเตอร์

เวลา, นาที	0	50	100	150	200	250	300	350	380	385	390	395	396*	
อุณหภูมิ, °C	32	32	32	32	32	32	32	32	32	33	33.5	34	34.5	35

เวลา, นาที	398	400	402	404	406	408	410	412	413**	414	416	418	420
อุณหภูมิ, °C	36.5	38	40	43.5	49	62	77	88	108	107	101	95	89

เวลา, นาที	422	424	426	428	430	435	440	445	450	455	460	465	470
อุณหภูมิ, °C	83	78	74	70	66	59.5	53	50	47	45	41	38	36

เวลา, นาที	475	480	485	490	495	500	505	510
อุณหภูมิ, °C	35	34.5	33	33	32	32	32	32

ค.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีทางการค้า

ตารางที่ ค.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยูพีอีทางการค้า

เวลา, นาที	0	5	10	15	16*	18	20	22	24	26	28	30	32	33**
อุณหภูมิ, °C	32	32	32	32	33	35	38	43	47	56	65	89	155	174

เวลา, นาที	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
อุณหภูมิ, °C	172	165	157	147	136	128	118	106	98	90	84	76	70

เวลา, นาที	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
อุณหภูมิ, °C	67	56	48	44	40	37	35	33	32	32	32

* gel time

** cure time

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 สมบัติด้านความแข็งของพอลิเอสเตอร์ที่ได้จากการผสมยูพีอีสังเคราะห์ด้วยยูพีอีทางการค้าที่สัดส่วนต่างๆ

สัดส่วนยูพีอี ทางการค้า (เปอร์เซ็นต์)	ความแข็ง (Shore D)				
	ยูพีอีจาก ขวดเพต	ยูพีอีจาก ผ้า T/C+ขวด	ยูพีอีจากผ้า T/C	ยูพีอีจากผ้าพอลิ เอสเตอร์+ขวด	ยูพีอีจากผ้า พอลิเอสเตอร์
0	86.00	87.67	86.00	85.17	86.83
10	86.25	88.67	86.67	85.65	87.17
20	86.00	88.50	85.75	85.83	87.17
30	87.33	88.67	86.33	86.17	87.85
40	87.83	88.50	88.17	86.00	87.83
50	88.17	88.50	89.00	86.17	88.00
60	88.33	88.84	88.83	86.67	88.65
70	88.50	89.00	88.67	86.67	88.58
80	88.50	89.67	89.00	88.85	88.83
90	88.83	89.83	89.50	88.83	88.67
100	82.46	82.46	82.46	82.46	82.46

ตารางที่ ง.2 สมบัติความทนแรงกระแทกของพอลิเอสเตอร์ที่ได้จากการผสมยูพีอีสังเคราะห์ด้วย ยูพีอีทางการค้าที่สัดส่วนต่างๆ

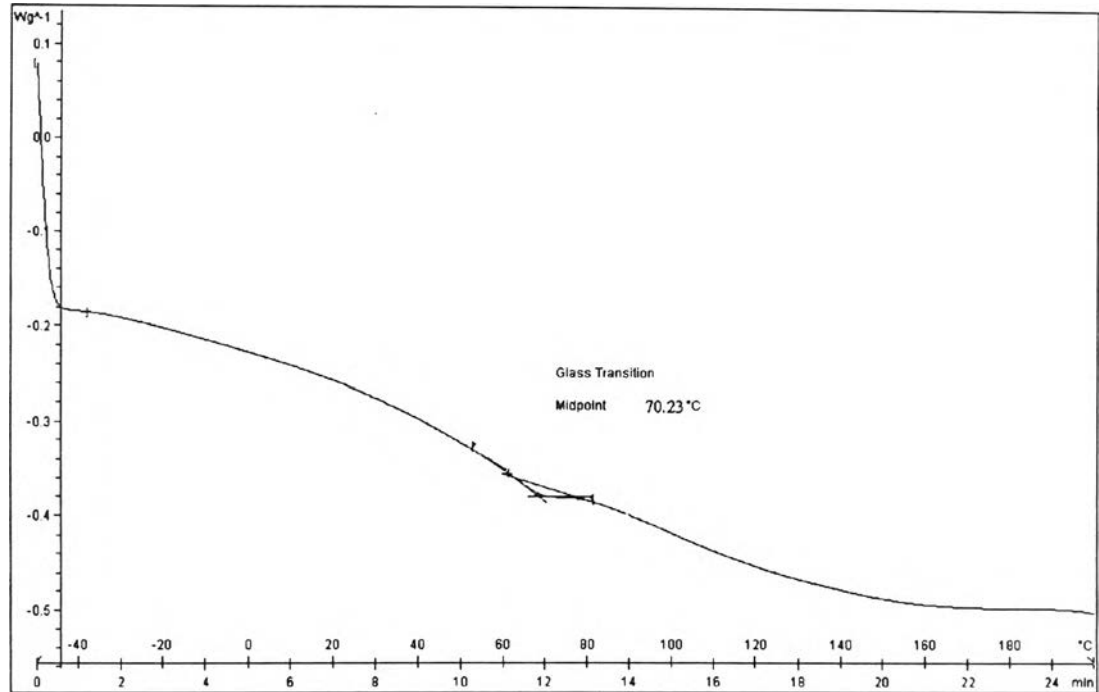
สัดส่วนยูพีอี ทางการค้า (เปอร์เซ็นต์)	ความทนแรงกระแทก (J/m ²)				
	ยูพีอีจาก ขวดPET	ยูพีอีจาก ผ้า T/C+ขวด	ยูพีอีจากผ้า T/C	ยูพีอีจากผ้าพอลิ เอสเตอร์+ขวด	ยูพีอีจากผ้า พอลิเอสเตอร์
0	851.82	860.68	923.63	963.15	761.28
10	807.31	863.45	804.84	919.62	769.93
20	874.92	773.07	840.188	811.40	774.42
30	865.22	770.99	771.43	783.12	763.70
40	789.39	833.52	778.34	814.67	753.76
50	900.29	807.66	769.58	701.67	751.82
60	740.65	821.31	774.52	703.59	767.84
70	742.32	779.09	720.36	675.05	636.36
80	754.93	785.33	724.39	804.16	719.81
90	626.26	742.27	801.65	605.86	699.26
100	820.38	820.38	820.38	820.38	820.38

ตารางที่ ง.3 สมบัติความทนแรงดัดโค้งของพอลิเอสเตอร์ที่ได้จากการผสมยูพีอีสังเคราะห์ด้วย ยูพีอีทางการค้าที่สัดส่วนต่างๆ

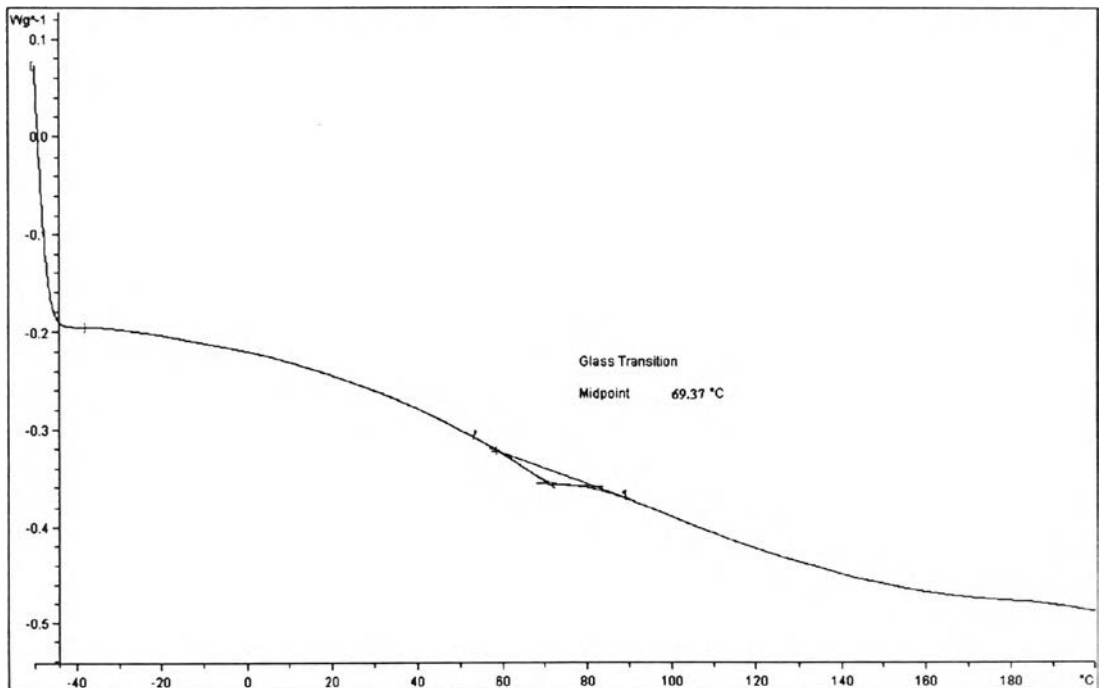
สัดส่วนยูพีอี ทางการค้า (เปอร์เซ็นต์)	ความทนแรงดัดโค้ง (MPa)				
	ยูพีอีจาก ขวดเพต	ยูพีอีจาก ผ้า T/C+ขวด	ยูพีอีจากผ้า T/C	ยูพีอีจากผ้าพอ ลิสเตอร์+ขวด	ยูพีอีจากผ้า พอลิเอสเตอร์
0	24.79	28.97	29.75	23.73	20.26
10	25.04	24.86	31.94	24.06	19.54
20	28.49	27.02	31.13	26.29	23.65
30	31.34	27.08	31.47	32.41	29.25
40	38.00	25.78	30.71	28.82	30.59
50	39.44	39.37	38.19	37.40	29.39
60	41.25	32.19	46.78	44.84	37.56
70	35.08	29.75	33.97	40.06	30.54
80	34.32	35.06	34.50	39.44	31.47
90	31.14	31.39	28.72	39.62	32.27
100	23.20	23.20	23.20	23.20	23.20

ภาคผนวก จ

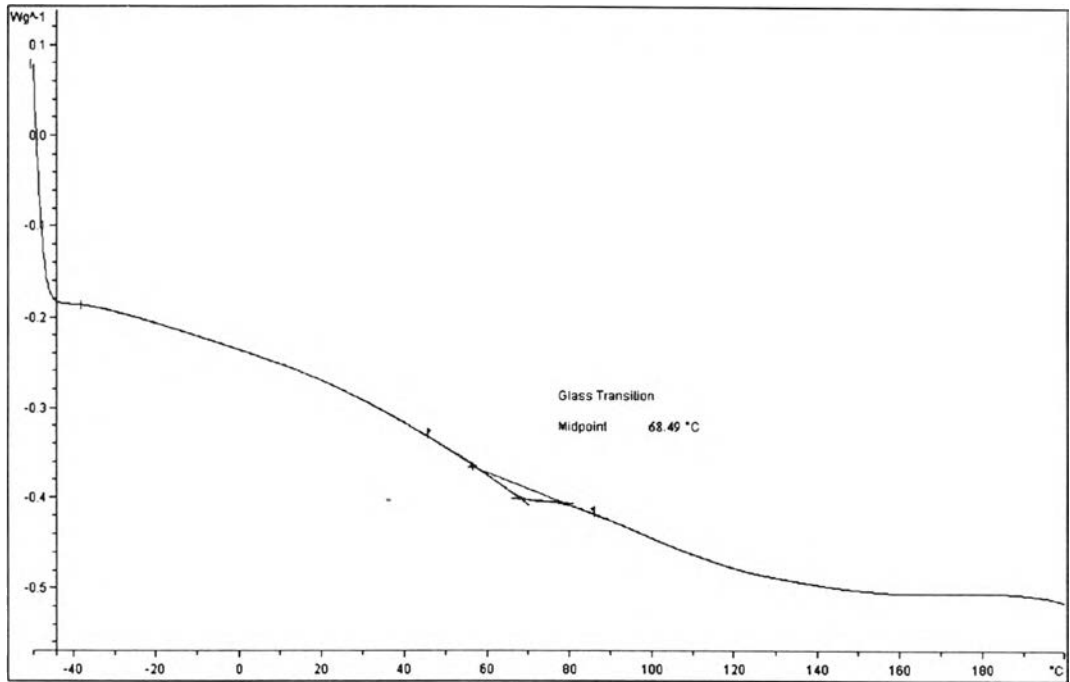
จ.1 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC



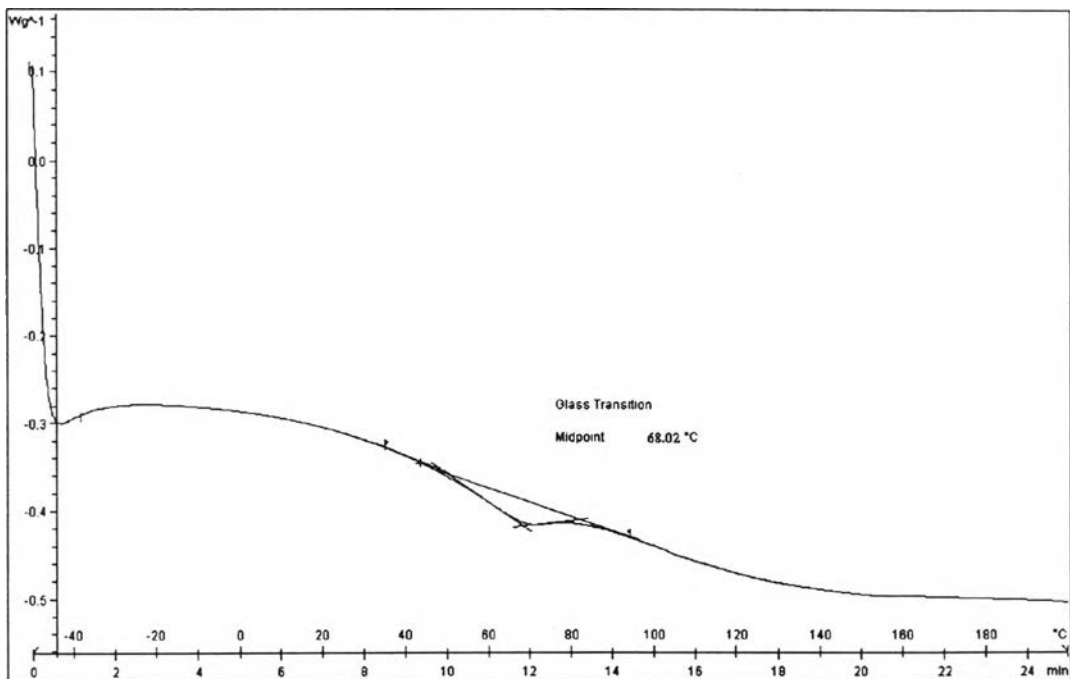
รูปที่ จ.1.1 DSC เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากขวดเพต



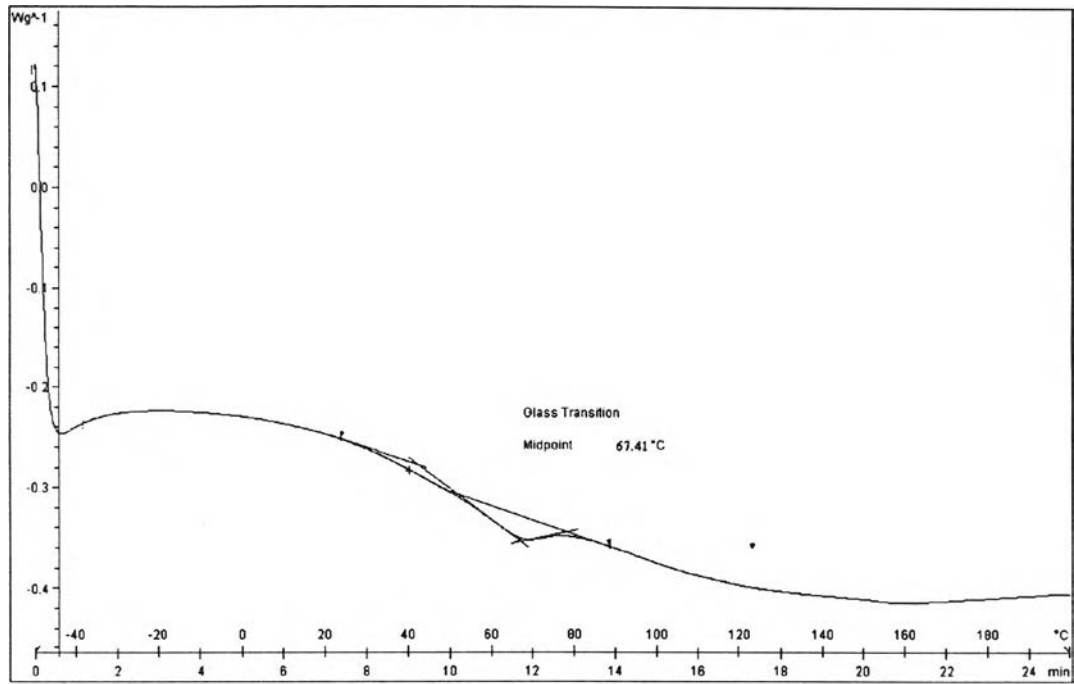
รูปที่ จ.1.2 DSC เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากผ้า T/C+ขวดเพต



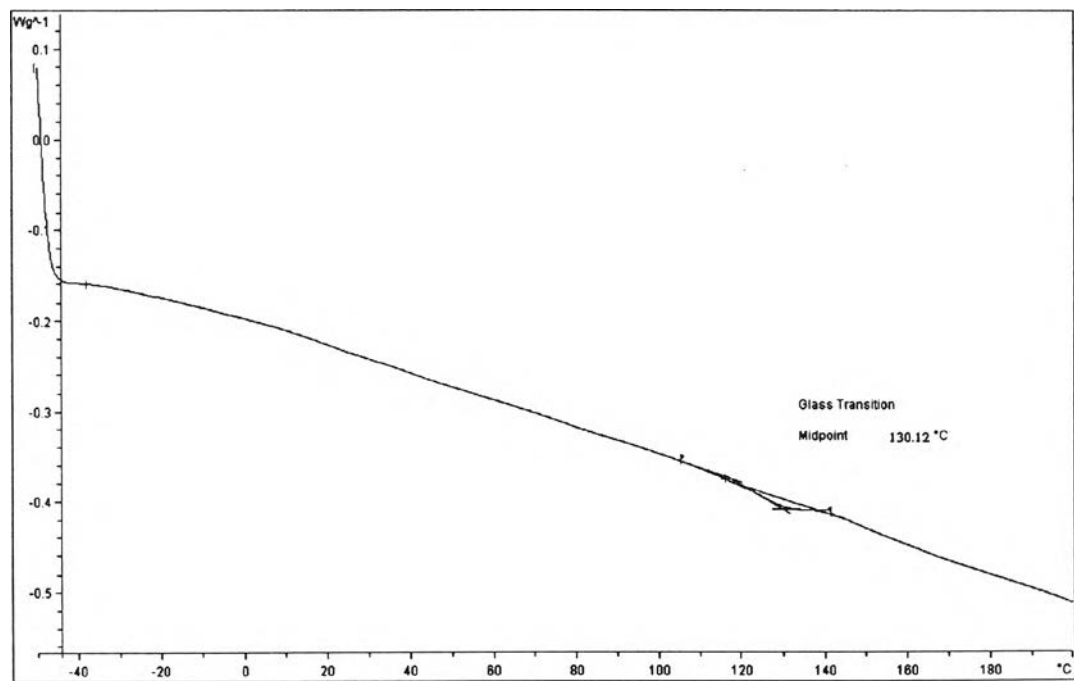
รูปที่ จ.1.3 DSC เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากผ้า T/C



รูปที่ จ.1.4 DSC เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากผ้าพอลิเอสเตอร์+ขวดเพต

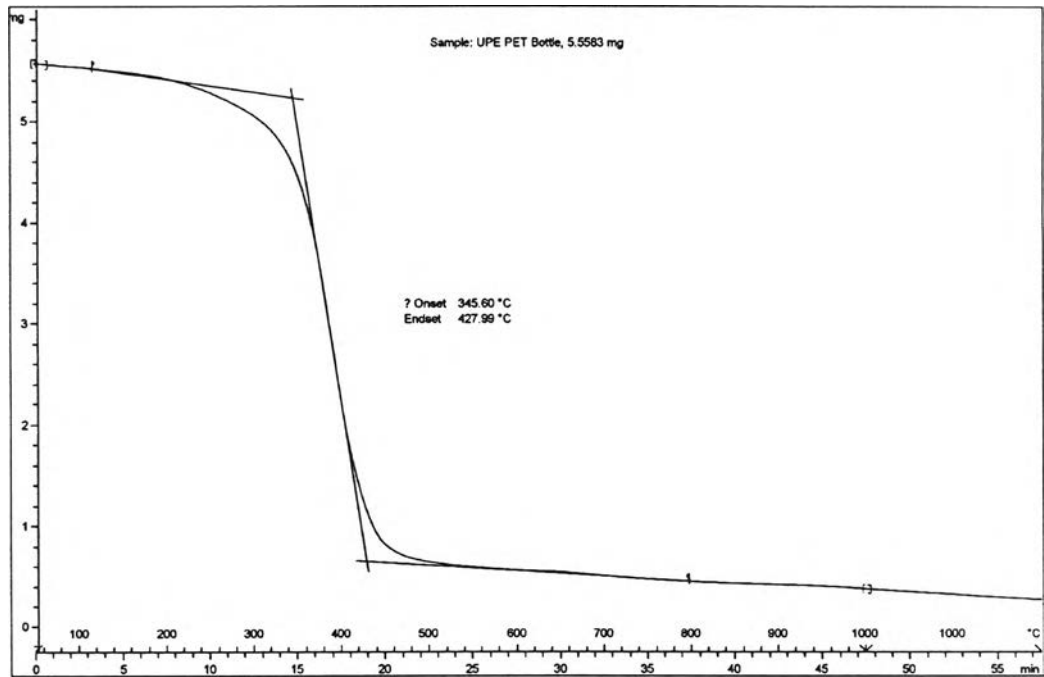


รูปที่ ๑.1.5 DSC เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากผ้าพอลิเอสเตอร์

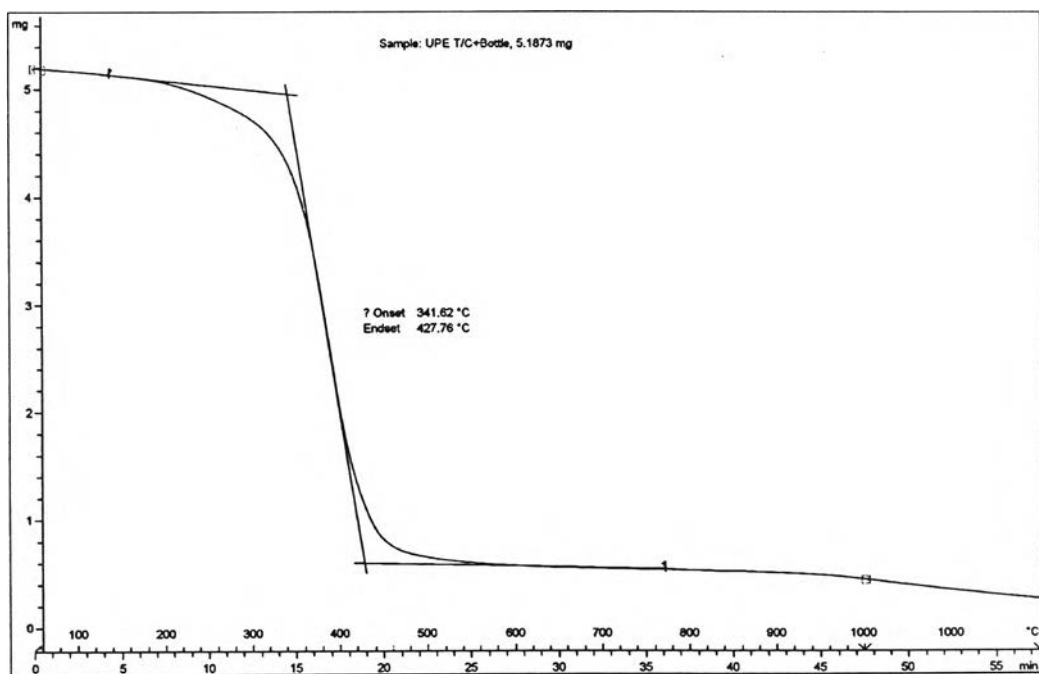


รูปที่ ๑.1.6 DSC เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์ทางการค้า

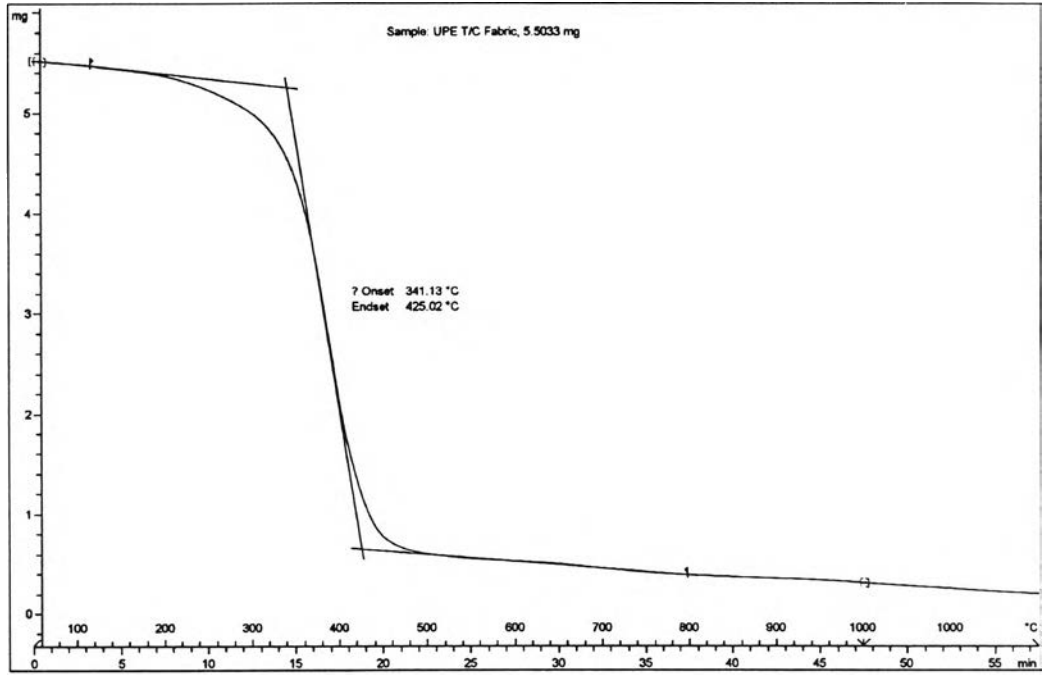
จ.2 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA



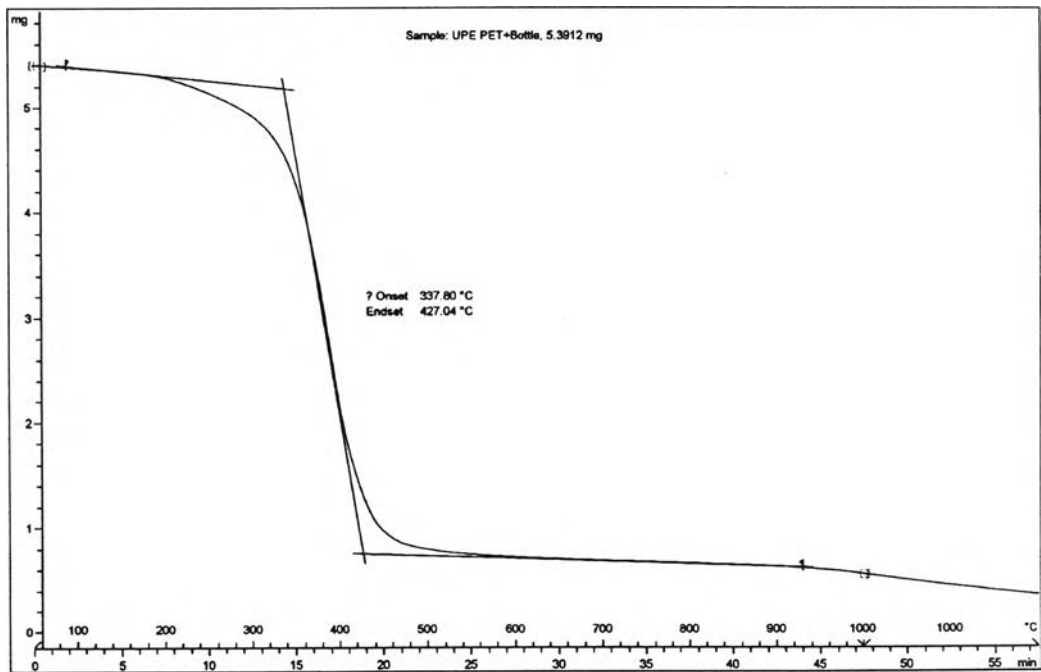
รูปที่ จ.2.1 TGA เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากขวดเพต



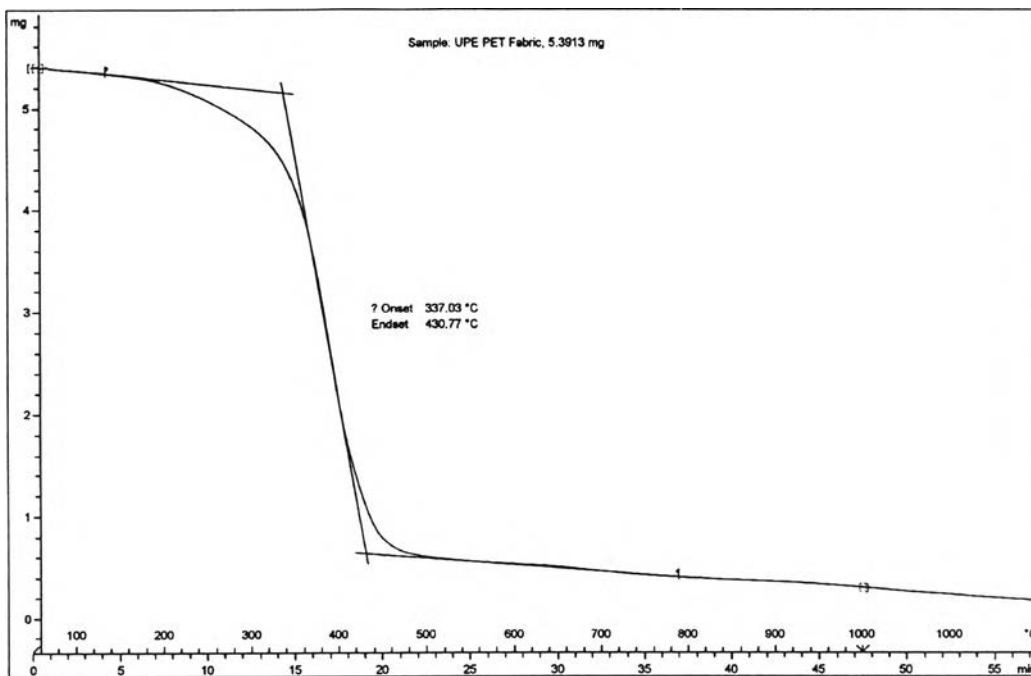
รูปที่ จ.2.2 TGA เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากผ้า T/C+ขวดเพต



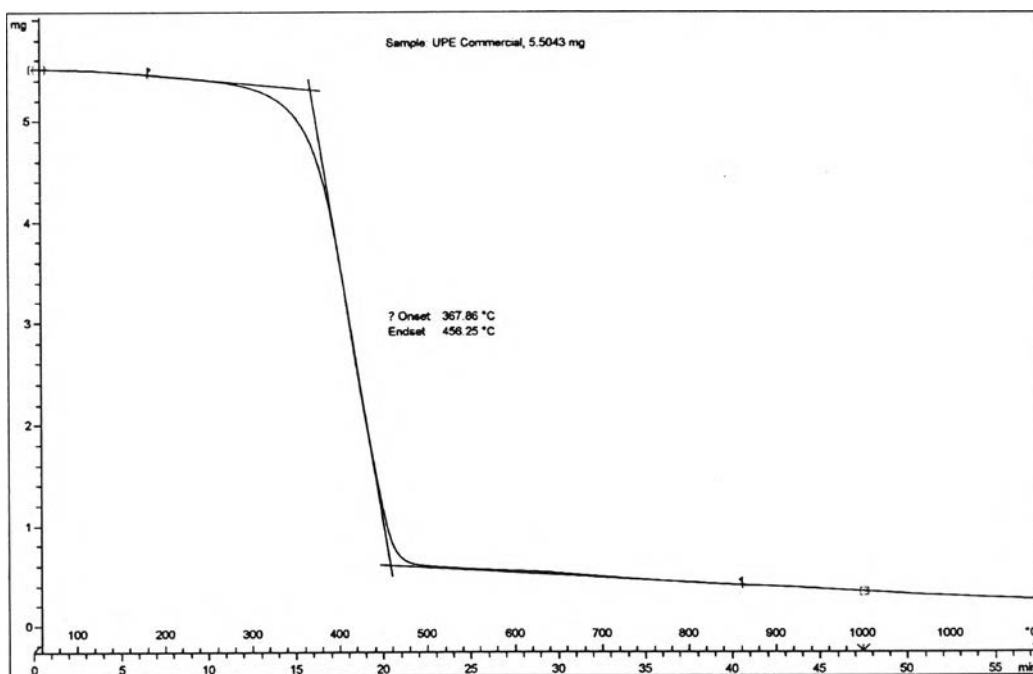
รูปที่ จ.2.3 TGA เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากผ้า T/C



รูปที่ จ.2.4 TGA เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากผ้าพอลิเอสเตอร์+ขวดเพต



รูปที่ จ.2.5 TGA เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์จากผ้าพอลิเอสเตอร์



รูปที่ จ.2.6 TGA เทอร์โมแกรมของพอลิเอสเตอร์ทางการค้า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวธิดารัตน์ ลิ้มปิติ เกิดเมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 ณ จังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคการศึกษาต้นของปีการศึกษา 2547 และสำเร็จการศึกษาในภาคการศึกษาปลายของปีการศึกษา 2548 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี

