

รายการอ้างอิง

- [1] ThaiRoHS. การห้ามใช้ PBB และ PBDE และกระแสดการห้ามใช้ Halogenated Flame Retardants. [ออนไลน์]. 2549. แหล่งที่มา:
http://www.thairohs.org/index.php?option=com_content&task=view&id=177&Itemid=138&PHPSESSID=862cd573fbae2dd530eec2105e4ce13f : ThaiRoHS.org, [2551, พฤศจิกายน 9].
- [2] Peacock, A. HandBook of Polyethylene. USA : Marcel dekker, 2006.
- [3] Saunders, K.J. Organic polymer chemistry an introduction to the organic chemistry of adhesives, fibres, paints, plastics, and rubbers. London : Chapman and Hall, 1988.
- [4] อรุษา สรวารี. สารหน่วงไฟ. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)
- [5] Pentrakoon, D.and Ellis, W. J. An Introduction to plastic foams. Bangkok : Chulalongkorn university press, 2005.
- [6] University of Cambridge. Acoustic Properties of Metallic Foams. <http://www-diva.eng.cam.ac.uk/energy/acoustics/metalfoam.html> : University of Cambridge, 2010.
- [7] Tan, H. Microstructure of a solid propellant. <http://imechanica.org/node/2979> : iMechanica, 2008.
- [8] Sims, G. L. A. and Jafaar, H. A. S. A chemical blowing agent (CBAS) based on azodicarbonamide. Journal of Cellular Plastic 30 (March 1994) : 175-188.

- [9] Lai, W. Effect of Cellulose Fibers on the Mechanical Properties of Low Density Polyethylene Foam. Master's Thesis Department of Materials Science Faculty of Science Chulalongkorn University, 2001.
- [10] Cheasagul, R. Ozone Discoloration of Lignin Solution in Horizontal Pipe. Master's Thesis Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 2001.
- [11] Gerbera Laboratory. Monolignols. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.mm.helsinki.fi/mmsbl/english/research/Gerberalab/lignin_monolignols.html : Gerbera Laboratory, [2550, กันยายน 2].
- [12] สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ลิกนินมีคุณสมบัติอย่างไร. [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา: http://siweb.dss.go.th/Information/FAQ/search_FAQ.asp?QA_ID=75 : สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, [2552, กันยายน 17].
- [13] Boonyaratch, K., Rawin, P. Sulfonation of Lignocellulosic. Master's Thesis Department of Chemical Science Faculty of Science Chulalongkorn University, 1982.
- [14] Casey, J.P. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Wiley-Interscience Publication 1(1980) : 377-491.
- [15] Katsumata, K.S., Maruyama, M. and Meshitsuka, G. Reduction of Aluminum to Radish by Alkaline Oxygen Treated Kraft Lignin. Journal of Wood Science 47 (2001) : 129-134.
- [16] De Chirico, A., Armanini, M., Chini, P., Cioccolo, G., Provasoli, F and Audisio, G. Flame retardants for polypropylene based on lignin. Polymer Degradation and Stability 79 (2003) : 139-145.

- [17] Tengcharoen, P. Decolorization of Wastewater From Lignin Production by White Rot Fungi. Master's Thesis Department of Environmental Science (Inter-department), Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 2003.
- [18] Britt, K.W. Handbook of Pulp and Paper Technology. 2nd ED. New York : Liton Educational Publishing, 1970.
- [19] Magnus, M. Numerical Modeling of the CHEMREC Black Liquor Gasification Process: Conceptual Design Study of the Burner in a Pilot Gasification Reactor. Master's Thesis Department of Fluid Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering, Lulea University of Technology, 2001.
- [20] Alexy, P., Kosikova, B. and Podstranska, G. The effect of blending lignin with polyethylene and polypropylene on physical properties. Polymer 41 (2000) : 4901–4908.
- [21] Li, J., Li, B., Zhang, X., and Su, R. The study of flame retardants on thermal degradation and charring process of manchurian ash lignin in the condensed phase. Polymer Degradation and Stability 72 (2001) : 493-498.
- [22] Li, B., Zhang, X. and Su, R. An investigation of thermal degradation and charring of larch lignin in the condensed phase: the effects of boric acid, guanlyl urea phosphate, ammonium dihydrogen phosphate and ammonium polyphosphate. Polymer Degradation and Stability 75 (2002) : 35-44.
- [23] Pichainarong, W. Separation of lignin from eucalyptus pulping black liquor. Master's Thesis Department of Environmental Science (Inter-department), Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 2002.

- [24] Pongsai, S. Preparation of lignosulfonate from lignin in black liquor from eucalyptus kraft pulping. Master's Thesis Department of Petrochemistry and Polymer Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 2004.
- [25] Tekra. Tek tip Understanding UL 94.: <http://www.tekra.com>, 2010.
- [26] Bykov, I. Characterization of Natural and technical Lignins Using FTIR Spectroscopy. Master's Thesis Department of Chemical Engineering and Geoscience Faculty of Chemical Technology Lulea University of Technology, 2008.
- [27] Ibrahim, M., Ahmed-Haras, M., Sipaut, C., Aboul-Enein, H., and Mohamed. A. Preparation and characterization of a newly water soluble lignin graft copolymer from oil palm lignocellulosic waste. Carbohydrate Polymers (2010) : article in press.
- [28] Garcíaa, A., Toledanoa, A., Serranoa, L., Egüésaa, I., Gonzáleza, M., Marínb, F., and Labidi, J. Characterization of lignins obtained by selective precipitation. Separation Purification Technology 68(2009) : 193-198.
- [29] Entrepreneur. Temperature-duration effects on tensile properties of kenaf bast fiber bundles. Du, Y., Zhang, J. and Xue, A. : <http://www.entrepreneur.com/tradejournals/article/186270558.html>, 2008.
- [30] Canetti, M., Bertini, F., De Chirico, A. and Audisio, G. Thermal degradation behaviour of isotactic polypropylene blended with lignin. Polymer Degradation and Stability 91 (2006) : 494-498.

ภาคผนวก

เลขหมาย..... ๒๗-๒๕๕๓
เลขทะเบียน..... ๗๒๕๔
จำนวนเดือนปี..... ๒๕ ก. ย. ๒๕๖๐

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบด้วยเครื่อง Laser light scattering

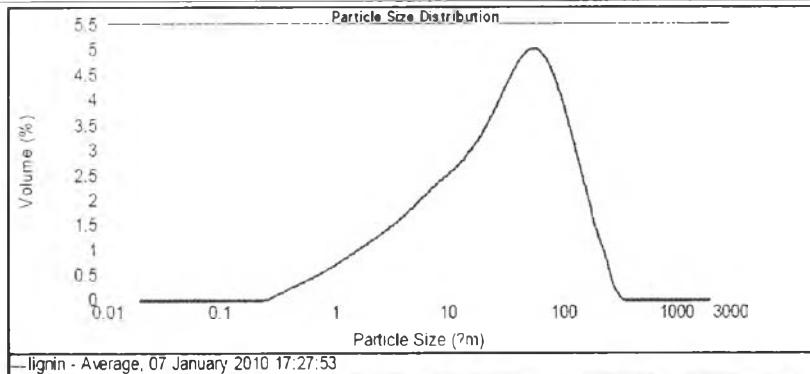


Result Analysis Report

Sample Name: lignin - Average SOP Name: Measured: 07 January 2010 17:27:53
 Sample Source & type: Measured by: User Analysed: 07 January 2010 17:27:54
 Sample bulk lot ref: Result Source: Averaged

Particle Name: lignin	Accessory Name: Hydro 2000MU (A)	Analysis model: General purpose	Sensitivity: Normal
Particle RI: 1.600	Absorption: 1	Size range: 0.020 to 2000.000 um	Obscuration: 10.59 %
Dispersant Name: Water	Dispersant RI: 1.330	Weighted Residual: 0.353 %	Result Emulation: C#
Concentration: 0.0098 %Vol	Span: 3.731	Uniformity: 1.17	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.844 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3.2]: 7.105 um	Vol. Weighted Mean D[4.3]: 49.089 um	

d(0.1): 2.878 um d(0.5): 31.733 um d(0.9): 121.286 um



lignin - Average, 07 January 2010 17:27:53

Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.085	0.70	11.480	2.43	120.226	2.80	1259.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.229	0.78	13.160	2.56	136.038	2.31	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.415	0.86	15.136	2.71	156.489	1.83	1629.987	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.630	0.95	17.378	2.88	181.970	1.39	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.884	1.03	19.960	3.08	208.970	1.01	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.184	1.11	22.920	3.30	239.883	0.63	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	1.20	26.300	3.55	270.420	0.29	2884.032	0.00
0.025	0.00	0.275	0.04	2.884	1.30	30.200	3.85	316.228	0.02	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.13	3.311	1.40	34.674	4.11	363.078	0.00	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.25	3.822	1.50	39.811	4.39	416.889	0.00	4360.458	0.00
0.040	0.00	0.417	0.39	4.365	1.60	45.709	4.69	478.630	0.00	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.55	5.012	1.70	52.481	4.98	549.541	0.00	5754.389	0.00
0.052	0.00	0.550	0.73	5.754	1.74	60.295	5.24	630.562	0.00	6606.584	0.00
0.059	0.00	0.631	0.96	6.607	1.87	69.160	5.49	724.435	0.00	7580.775	0.00
0.069	0.00	0.724	1.24	7.586	1.99	79.430	5.70	831.764	0.00	8786.430	0.00
0.075	0.00	0.832	1.57	8.710	2.10	91.201	5.86	954.580	0.00	10000.000	0.00
0.081	0.00	0.956	1.95	10.000	2.21	104.742	6.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.185	2.47	11.482	2.32	120.225	6.27	1259.925	0.00		

Operator notes:

รูป ก-1 ผลการทดสอบด้วยเครื่อง Laser light scattering ครั้งที่ 1



MASTERSIZER 2000

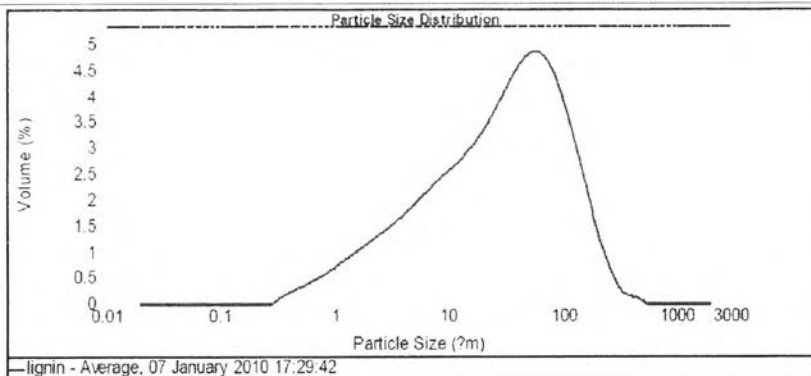
Result Analysis Report

Sample Name: Iginin - Average **SOP Name:** **Measured:** 07 January 2010 17:29:42
Sample Source & type: **Measured by:** User **Analysed:** 07 January 2010 17:29:43
Sample bulk lot ref: **Result Source:** Averaged

Particle Name: Iginin **Accessory Name:** Hydro 2000IU (A) **Analysis model:** General purpose **Sensitivity:** Normal
Particle RI: 1.600 **Absorption:** 1 **Size range:** 0.020 to 2000.000 um **Obscuration:** 11.05 %
Dispersant Name: Water **Dispersant RI:** 1.330 **Weighted Residual:** 0.397 % **Result Emulation:** Off

Concentration: 0.0104 %Vol **Span :** 3.905 **Uniformity:** 1.26 **Result units:** Volume
Specific Surface Area: 0.837 m²/g **Surface Weighted Mean D[3.2]:** 7.166 um **Vol. Weighted Mean D[4.3]:** 50.879 um

d(0.1): 2.841 um d(0.5): 31.313 um d(0.9): 125.108 um



Iginin - Average, 07 January 2010 17:29:42

Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.72	11.482	2.46	120.225	2.80	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.80	13.183	2.58	139.039	2.31	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.136	0.00	1.445	0.89	15.136	2.72	158.892	1.84	1609.587	0.00
0.015	0.00	0.156	0.00	1.660	0.99	17.376	2.88	181.970	1.33	1905.401	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	1.07	19.953	3.06	208.520	1.00	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	1.15	22.959	3.28	239.883	0.66	2511.896	0.00
0.025	0.00	0.300	0.00	2.512	1.24	26.303	3.51	275.473	0.39	2884.022	0.00
0.030	0.00	0.375	0.01	2.884	1.33	30.200	3.74	316.228	0.25	3111.311	0.00
0.035	0.00	0.477	0.01	3.311	1.44	34.674	3.97	362.078	0.13	3801.884	0.00
0.040	0.00	0.603	0.17	3.802	1.54	39.811	4.17	416.868	0.10	4355.108	0.00
0.045	0.00	0.767	0.23	4.365	1.64	45.709	4.32	479.620	0.04	5011.872	0.00
0.050	0.00	0.984	0.29	5.012	1.76	52.481	4.49	549.541	0.00	5754.989	0.00
0.055	0.00	1.270	0.35	5.754	1.86	60.256	4.69	630.857	0.00	6606.934	0.00
0.060	0.00	1.650	0.42	6.607	1.99	69.183	4.86	724.435	0.00	7595.776	0.00
0.065	0.00	2.140	0.49	7.595	2.02	79.433	4.23	831.764	0.00	8709.636	0.00
0.070	0.00	2.800	0.56	8.710	2.14	91.201	3.99	954.592	0.00	10000.000	0.00
0.075	0.00	3.680	0.64	10.000	2.25	104.713	3.66	1096.478	0.00		
0.080	0.00	4.860	0.72	11.482	2.35	120.225	3.26	1268.925	0.00		

Operator notes:

รูป ก-2 ผลการทดสอบด้วยเครื่อง Laser light scattering ครั้งที่ 2



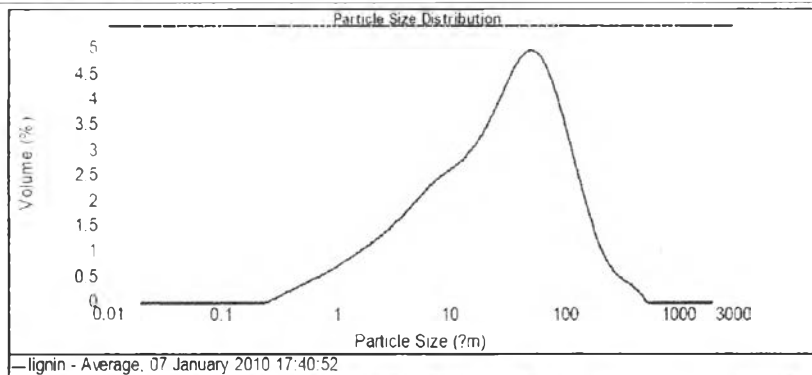
MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name: lignin - Average **SOP Name:** **Measured:** 07 January 2010 17:40:52
Sample Source & type: **Measured by:** User **Analysed:** 07 January 2010 17:40:53
Sample bulk lot ref: **Result Source:** Averaged

Particle Name: lignin	Accessory Name: Hydro 2000(MU (A))	Analysis model: General purpose	Sensitivity: Normal
Particle RI: 1.600	Absorption: 1	Size range: 0.020 to 2000.000 um	Obscuration: 11.74 %
Dispersant Name: Water	Dispersant RI: 1.330	Weighted Residual: 0.656 %	Result Emulation: Off
Concentration: 0.0105 %/Vol	Span : 3.945	Uniformity: 1.31	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0.681 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,2]: 5.807 um	Vol Weighted Mean D[4,3]: 50.290 um	

d(0.1): 2.782 um d(0.5): 29.901 um d(0.9): 120.733 um



Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %
0.090	0.00	0.105	0.00	1.090	0.72	11.492	2.49	120.225	2.40
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.79	13.183	2.00	136.076	1.94
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.92	15.136	2.74	150.490	1.53
0.015	0.00	0.158	0.00	1.650	1.06	17.378	2.91	161.970	1.17
0.017	0.00	0.182	0.00	1.875	1.21	19.963	2.91	176.910	1.17
0.020	0.00	0.209	0.00	2.148	1.35	22.909	3.12	190.683	0.86
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	1.54	26.303	3.37	205.623	0.66
0.026	0.00	0.275	0.01	2.884	1.74	30.200	3.63	216.278	0.51
0.030	0.00	0.316	0.07	3.311	1.95	34.674	3.91	230.078	0.40
0.035	0.00	0.363	0.14	3.802	1.87	39.811	4.15	246.889	0.32
0.040	0.00	0.417	0.20	4.355	1.97	45.709	4.35	265.630	0.21
0.045	0.00	0.479	0.26	5.012	1.73	52.481	4.42	285.541	0.07
0.052	0.00	0.550	0.30	5.784	1.67	60.225	4.45	306.997	0.00
0.060	0.00	0.631	0.35	6.687	2.00	69.040	4.33	329.426	0.00
0.069	0.00	0.724	0.45	7.646	2.12	79.033	4.08	353.764	0.00
0.079	0.00	0.832	0.51	8.710	2.22	91.301	3.74	380.981	0.00
0.091	0.00	0.955	0.57	10.000	2.31	104.713	3.33	409.000	0.00
0.105	0.00	1.094	0.64	11.467	2.40	120.225	2.86	459.925	0.00

Operator notes:

รูป ก-3 ผลการทดสอบด้วยเครื่อง Laser light scattering ครั้งที่ 3



MASTERSIZER 2000

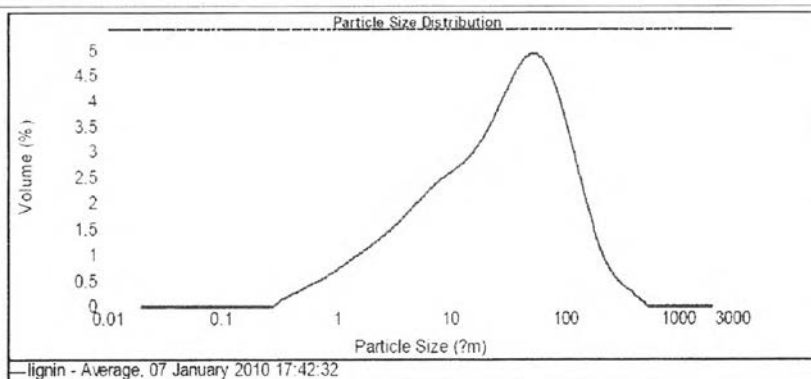
Result Analysis Report

Sample Name: lignin - Average **SOP Name:** **Measured:** 07 January 2010 17:42:32
Sample Source & type: **Measured by:** User **Analysed:** 07 January 2010 17:42:33
Sample bulk lot ref: Averaged **Result Source:** Averaged

Particle Name: lignin **Accessory Name:** Hydro 2000MU (Ar) **Analysis model:** General purpose **Sensitivity:** Normal
Particle RI: 1.500 **Absorption:** 1 **Size range:** 0.020 to 2000.000 um **Obscuration:** 11.52 %
Dispersant Name: Water **Dispersant RI:** 1.330 **Weighted Residual:** 0.550 % **Result Emulation:** C#1

Concentration: 0.0110 %Vol **Span :** 3.919 **Uniformity:** 1.29 **Result units:** Volume
Specific Surface Area: 0.854 m²/g **Surface Weighted Mean D[3,2]:** 7.026 um **Vol. Weighted Mean D[4,3]:** 50.269 um

d(0.1): 2.810 um **d(0.5):** 30.279 um **d(0.9):** 121.463 um



Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %
0.010	0.00	0.100	0.00	1.096	0.72	11.480	2.48	120.226	2.32	1268.025	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.299	0.80	13.163	2.58	138.039	2.84	1445.430	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.89	15.136	2.68	156.496	2.84	1629.981	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.600	0.99	17.378	2.72	171.570	1.60	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.805	0.98	19.963	2.88	208.590	1.21	2187.752	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.088	1.07	22.909	3.09	228.880	0.89	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.230	0.00	2.512	1.16	26.305	3.32	275.425	0.65	2814.022	0.00
0.025	0.00	0.255	0.00	2.884	1.25	30.200	3.58	316.228	0.47	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.295	0.02	3.311	1.37	34.674	3.84	363.078	0.35	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.12	3.800	1.48	39.811	4.09	416.880	0.27	4365.128	0.00
0.040	0.00	0.417	0.18	4.365	1.61	45.709	4.29	478.630	0.19	5011.872	0.00
0.045	0.00	0.470	0.24	5.012	1.74	52.481	4.42	549.541	0.09	5754.388	0.00
0.050	0.00	0.550	0.30	5.754	1.87	60.205	4.44	630.957	0.03	6606.934	0.00
0.055	0.00	0.631	0.37	6.607	1.99	68.983	4.36	724.426	0.00	7525.776	0.00
0.060	0.00	0.724	0.43	7.585	2.10	78.833	4.15	831.364	0.00	8509.636	0.00
0.065	0.00	0.832	0.50	8.710	2.21	91.201	3.84	964.988	0.00	10000.000	0.00
0.070	0.00	0.955	0.57	10.000	2.30	104.713	3.45	1096.478	0.00		
0.080	0.00	1.096	0.64	11.480	2.38	120.226	2.99	1258.925	0.00		

Operator notes:

รูป ก-4 ผลการทดสอบด้วยเครื่อง Laser light scattering ครั้งที่ 4



MASTERSIZER 2000

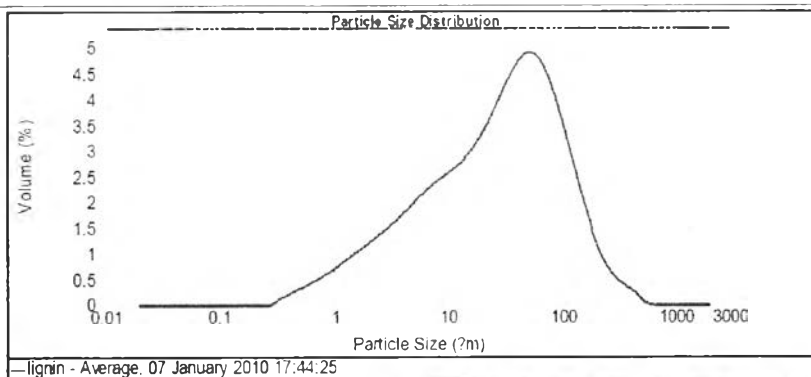
Result Analysis Report

Sample Name: lignin - Average **SOP Name:** **Measured:** 07 January 2010 17:44:25
Sample Source & type: **Measured by:** User **Analysed:** 07 January 2010 17:44:25
Sample bulk lot ref: **Result Source:** Averaged

Particle Name: lignin **Accessory Name:** Hydro 2000MU (A) **Analysis model:** General purpose **Sensitivity:** Normal
Particle RI: 1.500 **Absorption:** 1 **Size range:** 0.020 to 2000.000 um **Obscuration:** 11.89 %
Dispersant Name: Water **Dispersant RI:** 1.330 **Weighted Residual:** 0.526 % **Result Emulation:** Off

Concentration: 0.0110 %Vol **Span:** 3.961 **Uniformity:** 1.32 **Result units:** Volume
Specific Surface Area: 0.855 m²/g **Surface Weighted Mean D[3.2]:** 7.016 um **Vol. Weighted Mean D[4.3]:** 50.449 um

d(0.1): 2.779 um d(0.5): 29.902 um d(0.9): 121.209 um



lignin - Average, 07 January 2010 17:44:25

Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %	Size (µm)	Volume in %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.056	0.73	11.452	2.47	120.236	2.42	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.82	13.193	2.59	138.038	1.56	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.136	0.00	1.445	0.91	15.136	2.73	158.489	1.55	1528.592	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.91	17.378	2.51	181.970	1.18	1625.451	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	1.00	19.993	3.12	208.540	0.89	1737.752	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	1.08	23.000	3.76	238.882	0.66	1866.000	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	1.15	26.300	3.76	275.423	0.56	2034.032	0.00
0.025	0.00	0.275	0.00	2.884	1.29	30.000	3.63	316.228	0.50	2211.311	0.00
0.028	0.00	0.316	0.01	3.311	1.39	34.224	3.89	363.078	0.30	2401.854	0.00
0.035	0.00	0.363	0.12	3.822	1.50	39.811	4.13	416.860	0.20	2605.128	0.00
0.040	0.00	0.417	0.17	4.325	1.62	45.709	4.32	478.620	0.22	2811.672	0.00
0.045	0.00	0.479	0.23	4.919	1.75	52.361	4.43	549.541	0.05	3034.328	0.00
0.052	0.00	0.550	0.30	5.754	1.87	60.296	4.43	630.562	0.02	3284.944	0.00
0.059	0.00	0.631	0.36	6.627	1.99	69.123	4.31	724.435	0.00	3565.775	0.00
0.069	0.00	0.724	0.43	7.596	2.10	79.423	4.08	831.764	0.00	3879.676	0.00
0.079	0.00	0.832	0.50	8.710	2.20	91.201	3.75	954.983	0.00	4220.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.57	10.000	2.29	104.713	3.34	1096.479	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.66	11.482	2.38	120.226	2.88	1254.525	0.00		

Operator notes:

รูป ก-5 ผลการทดสอบด้วยเครื่อง Laser light scattering ครั้งที่ 5



MASTERSIZER 2000

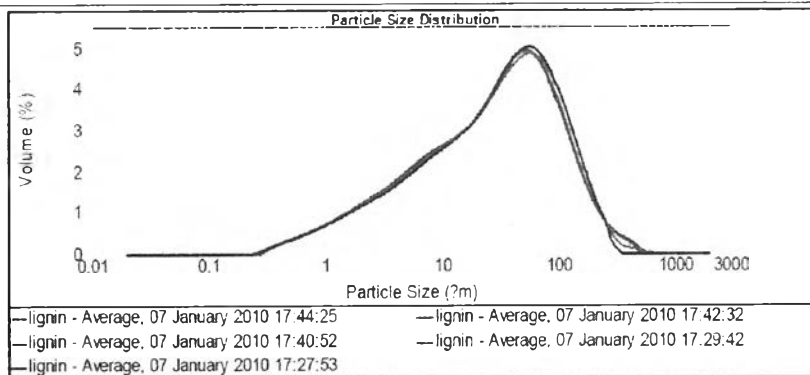
Result Analysis Report

Sample Name: lignin - Average **SOP Name:** **Measured:** 07 January 2010 17:27:53
Sample Source & type: **Measured by:** User **Analysed:** 07 January 2010 17:27:54
Sample bulk lot ref: **Result Source:** Averaged

Particle Name: lignin **Accessory Name:** Hydro 2000MU (A) **Analysis model:** General purpose **Sensitivity:** Normal
Particle RI: 1.500 **Absorption:** 1 **Size range:** 0.020 to 2000.000 um **Obscuration:** 10.59 %
Dispersant Name: Water **Dispersant RI:** 1.330 **Weighted Residual:** 0.353 % **Result Emulation:** Off

Concentration: 0.0096 %Vol **Span :** 3.731 **Uniformity:** 1.17 **Result units:** Volume
Specific Surface Area: 0.844 m²/g **Surface Weighted Mean D[3.2]:** 7.105 um **Vol. Weighted Mean D[4.3]:** 49.089 um

d(0.1): 2.878 um d(0.5): 31.733 um d(0.9): 121.286 um



Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.005	0.70	11.482	2.43	120.225	2.60	1258.825	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.78	13.183	2.55	130.036	2.31	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.85	15.135	2.71	158.889	1.83	1599.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.95	17.378	2.98	181.970	1.39	1805.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	1.03	19.953	3.09	208.930	1.01	2197.702	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	1.11	22.909	3.32	238.883	0.53	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	1.20	26.308	3.58	275.423	0.26	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	1.30	30.200	3.85	316.228	0.02	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.06	3.311	1.40	34.674	4.11	363.078	0.00	3801.594	0.00
0.035	0.00	0.363	0.15	3.802	1.50	39.811	4.30	416.989	0.00	4365.155	0.00
0.040	0.00	0.417	0.19	4.365	1.50	45.709	4.48	478.630	0.00	5011.572	0.00
0.045	0.00	0.479	0.25	5.012	1.62	52.481	4.64	549.541	0.00	5754.399	0.00
0.050	0.00	0.550	0.30	5.754	1.74	60.256	4.81	630.957	0.00	6595.504	0.00
0.052	0.00	0.631	0.35	6.607	1.87	69.183	4.93	724.126	0.00	7550.775	0.00
0.055	0.00	0.724	0.42	7.585	1.99	79.433	5.05	831.764	0.00	8700.126	0.00
0.059	0.00	0.832	0.49	8.710	2.10	91.201	5.17	954.983	0.00	10000.000	0.00
0.061	0.00	0.955	0.55	10.000	2.21	104.713	5.27	1095.475	0.00		
0.105	0.00	1.085	0.63	11.482	2.32	120.225	5.37	1258.825	0.00		

Operator notes:

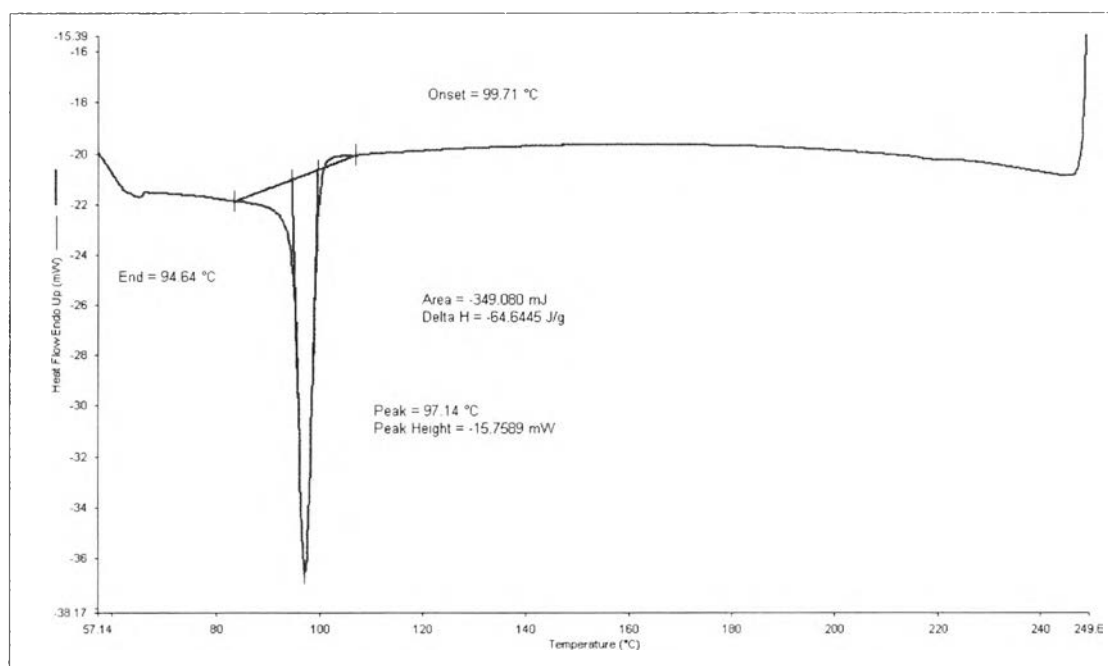
รูป ก-6 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบด้วยเครื่อง Laser light scattering

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบของคอมพาวนด์

ตาราง ข-1 ผลการทดสอบ Melt flow index ของคอมพาวนด์

ชิ้นงานที่	PE	PE+LIG 5phr	PE+LIG 10phr	PE+LIG 15phr	PE+LIG 20phr	PE+FR 0.75phr	PE+FR 10phr
1	2.075	1.668	1.525	1.453	1.352	2.032	2.074
2	2.056	1.684	1.539	1.458	1.359	2.018	2.109
3	2.062	1.684	1.544	1.467	1.367	2.034	2.068
4	2.046	1.690	1.582	1.476	1.37	2.044	2.047
5	2.065	1.718	1.610	1.478	1.37	2.052	2.032
ค่าเฉลี่ย	2.061±0.01	1.689±0.016	1.560 ±0.031	1.466 ±0.010	1.364 ±0.007	2.036 ±0.012	2.066 ±0.026



รูป ข-1 ผลการทดสอบ DSC ของคอมพาวนด์

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานโฟม

ตาราง ค-1 ค่าความหนาแน่นของโฟมที่สูตรต่างๆ

ชิ้นงานที่	Density (kg/m ³)						
	PE	PE+LIG 5phr	PE+LIG 10phr	PE+LIG 15phr	PE+LIG 20phr	PE+FR 0.75phr	PE+FR 10phr
1	93.65	109.69	109.45	103.42	97.82	93.92	105.49
2	90.19	107.37	113.78	122.36	106.43	96.04	103.74
3	92.10	106.34	108.54	102.85	111.78	96.41	106.87
4	98.51	97.11	98.28	101.28	111.01	97.51	107.51
5	96.81	102.89	101.53	107.19	109.67	94.32	109.28
ค่าเฉลี่ย	94.25±3.40	104.68±4.89	106.32±6.28	107.42±8.63	107.34±5.70	95.64±1.50	106.58±2.09

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของชั้นงานโพน

ตาราง ง-1 สมบัติความทนแรงกดของชั้นงานโพน

ชั้นงาน ที่	CD(kpa)						
	PE	PE+LIG 5phr	PE+LIG 10phr	PE+LIG 15phr	PE+LIG 20phr	PE+FR 0.75phr	PE+FR 10phr
1	108.92	123.21	150.86	130.37	98.85	97.42	99.03
2	99.18	153.64	192.16	135.20	147.99	128.21	110.14
3	117.16	116.96	177.85	151.21	148.53	86.92	122.87
4	129.62	137.77	189.87	152.46	151.23	143.05	135.45
5	160.55	156.77	162.83	155.52	149.05	95.53	111.10
ค่าเฉลี่ย	123.08±23.7 4	137.67±17.7 3	174.71±17.71	144.95±11.35	139.13±22.55	110.22±24.1 0	115.72±13.8 8

ตาราง ง-2 ความสามารถในการคืนตัวของชิ้นงานโฟมพอลิเอทีลีน

เวลา (นาที)	A		B		C		ค่าเฉลี่ย CD (%)
	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	
0	1.563	37.625	1.573	36.155	1.573	37.301	37.027
1	1.763	29.641	1.658	32.704	1.823	27.333	29.892
2	1.858	25.848	1.728	29.862	1.873	25.339	27.016
3	1.905	23.952	1.780	27.730	1.903	24.143	25.275
4	1.920	23.353	1.843	25.193	1.915	23.644	24.063
5	1.963	21.657	1.878	23.772	1.950	22.249	22.559
6	1.968	21.457	1.905	22.655	1.970	21.451	21.855
7	1.980	20.958	1.928	21.742	1.980	21.053	21.251
8	2.005	19.960	1.950	20.828	1.995	20.455	20.414
9	2.018	19.461	1.953	20.727	2.003	20.156	20.114
10	2.035	18.762	1.960	20.422	2.015	19.657	19.614
11	2.035	18.762	1.978	19.712	2.023	19.358	19.277
12	2.035	18.762	1.985	19.407	2.033	18.959	19.043
13	2.050	18.164	2.000	18.798	2.040	18.660	18.541
14	2.058	17.864	2.004	18.646	2.053	18.162	18.224
15	2.060	17.764	2.018	18.088	2.058	17.963	17.938
20	2.074	17.216	2.023	17.885	2.060	17.863	17.654
25	2.098	16.267	2.053	16.667	2.110	15.869	16.268
30	2.110	15.768	2.070	15.956	2.130	15.072	15.599
40	2.128	15.070	2.083	15.449	2.151	14.224	14.914
50	2.168	13.473	2.103	14.637	2.180	13.078	13.729
60	2.168	13.473	2.108	14.434	2.188	12.779	13.562
120	2.211	11.727	2.163	12.201	2.235	10.885	11.604
180	2.255	9.980	2.188	11.186	2.268	9.589	10.252
240	2.270	9.381	2.198	10.780	2.280	9.091	9.751
24hr	2.370	5.389	2.333	5.298	2.378	5.203	5.297

ตาราง ง-2 ความสามารถในการคืนตัวของชิ้นงานโฟมพอลิเอทิลีนที่เติมลิกนินลงไป 5 phr

เวลา (นาที)	A		B		C		ค่าเฉลี่ย CD (%)
	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	
0	1.570	38.863	1.645	35.440	1.605	37.742	37.348
1	1.709	31.786	1.745	29.151	1.678	33.114	31.351
2	1.763	29.641	1.890	23.264	1.728	31.120	28.008
3	1.820	27.345	1.953	20.727	1.795	28.429	25.500
4	1.850	26.148	1.975	19.813	1.853	26.136	24.032
5	1.878	25.050	2.005	18.595	1.878	25.140	22.928
6	1.890	24.551	2.053	16.667	1.910	23.844	21.687
7	1.910	23.752	2.088	15.246	1.940	22.648	20.549
8	1.925	23.154	2.125	13.723	1.953	22.149	19.675
9	1.943	22.455	2.138	13.216	2.000	20.255	18.642
10	1.948	22.255	2.155	12.505	1.995	20.455	18.405
11	1.953	22.056	2.165	12.099	2.010	19.856	18.004
12	1.960	21.756	2.183	11.389	2.023	19.358	17.501
13	1.965	21.557	2.188	11.186	2.035	18.860	17.201
14	1.978	21.058	2.198	10.780	2.040	18.660	16.833
15	1.983	20.858	2.208	10.374	2.053	18.162	16.465
20	2.013	19.661	2.235	9.257	2.135	14.872	14.597
25	2.025	19.162	2.243	8.952	2.143	14.573	14.229
30	2.048	18.263	2.258	8.343	2.165	13.676	13.428
40	2.063	17.665	2.280	7.430	2.175	13.278	12.791
50	2.070	17.365	2.298	6.719	2.190	12.679	12.255
60	2.093	16.467	2.300	6.618	2.195	12.480	11.855
120	2.175	13.174	2.310	6.212	2.243	10.586	9.991
180	2.218	11.477	2.338	5.095	2.253	10.187	8.920
240	2.223	11.277	2.341	4.943	2.253	10.187	8.803
24hr	2.379	5.040	2.440	0.934	2.400	4.306	3.427

ตาราง ง-3 ความสามารถในการคืนตัวของชั้นงานโพลีเอทิลีนที่เติมลิกนินลงไป 10 phr

เวลา (นาที)	A		B		C		ค่าเฉลี่ย CD (%)
	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	
0	1.695	32.335	1.703	30.877	1.715	31.619	31.610
1	1.883	24.850	1.888	23.366	1.900	24.242	24.153
2	1.963	21.657	2.025	17.783	2.038	18.760	19.400
3	2.068	17.465	2.085	15.347	2.105	16.069	16.294
4	2.108	15.868	2.170	11.896	2.185	12.879	13.548
5	2.125	15.170	2.198	10.780	2.220	11.483	12.477
6	2.168	13.473	2.225	9.663	2.250	10.287	11.141
7	2.213	11.677	2.243	8.952	2.280	9.091	9.907
8	2.225	11.178	2.253	8.546	2.288	8.792	9.505
9	2.245	10.379	2.278	7.531	2.293	8.593	8.834
10	2.238	10.679	2.298	6.719	2.315	7.695	8.364
11	2.268	9.481	2.303	6.516	2.325	7.297	7.765
12	2.276	9.132	2.308	6.313	2.338	6.798	7.414
13	2.283	8.882	2.330	5.400	2.343	6.599	6.960
14	2.293	8.483	2.338	5.095	2.355	6.100	6.560
15	2.296	8.333	2.355	4.385	2.368	5.602	6.107
20	2.315	7.585	2.365	3.979	2.373	5.403	5.655
25	2.330	6.986	2.373	3.674	2.383	5.004	5.221
30	2.358	5.888	2.380	3.370	2.390	4.705	4.654
40	2.360	5.788	2.380	3.370	2.395	4.506	4.555
50	2.365	5.589	2.385	3.167	2.403	4.207	4.321
60	2.368	5.489	2.393	2.862	2.408	4.007	4.120
120	2.393	4.491	2.403	2.456	2.430	3.110	3.352
180	2.395	4.391	2.413	2.050	2.435	2.911	3.117
240	2.400	4.192	2.418	1.847	2.440	2.711	2.917
24hr	2.430	2.994	2.433	1.238	2.498	0.419	1.550

ตาราง ง-4 ความสามารถในการคืนตัวของชิ้นงานโฟมพอลิเอทิลีนที่เติมลิกนินลงไป 15 phr

เวลา (นาที)	A		B		C		ค่าเฉลี่ย CD (%)
	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	
0	1.670	33.333	1.670	32.197	1.683	32.915	32.815
1	1.840	26.547	1.925	21.843	1.865	25.638	24.676
2	1.935	22.754	2.018	18.088	1.958	21.950	20.931
3	2.008	19.860	2.075	15.753	2.028	19.159	18.257
4	2.028	19.062	2.098	14.840	2.074	17.315	17.072
5	2.065	17.565	2.115	14.129	2.093	16.567	16.087
6	2.098	16.267	2.143	13.013	2.128	15.171	14.817
7	2.108	15.868	2.158	12.404	2.163	13.776	14.016
8	2.138	14.671	2.170	11.896	2.175	13.278	13.281
9	2.145	14.371	2.193	10.983	2.185	12.879	12.744
10	2.148	14.271	2.198	10.780	2.205	12.081	12.377
11	2.155	13.972	2.205	10.475	2.208	11.982	12.143
12	2.163	13.673	2.213	10.171	2.210	11.882	11.908
13	2.168	13.473	2.228	9.562	2.220	11.483	11.506
14	2.170	13.373	2.238	9.156	2.233	10.985	11.171
15	2.185	12.774	2.253	8.546	2.238	10.785	10.702
20	2.200	12.176	2.263	8.140	2.253	10.187	10.168
25	2.205	11.976	2.278	7.531	2.268	9.589	9.699
30	2.215	11.577	2.278	7.531	2.278	9.191	9.433
40	2.220	11.377	2.288	7.125	2.293	8.593	9.032
50	2.238	10.679	2.300	6.618	2.303	8.194	8.497
60	2.250	10.180	2.303	6.516	2.316	7.646	8.114
120	2.268	9.481	2.318	5.907	2.338	6.798	7.396
180	2.278	9.082	2.333	5.298	2.350	6.300	6.893
240	2.280	8.982	2.343	4.892	2.350	6.300	6.725
24hr	2.340	6.587	2.353	4.466	2.368	5.632	5.552

ตาราง ง-5 ความสามารถในการคืนตัวของชิ้นงานโฟมพอลิเอทิลีนที่เติมลิกนินลงไป 20 phr

เวลา (นาที)	A		B		C		ค่าเฉลี่ย CD (%)
	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	
0	1.608	35.828	1.663	32.501	1.613	35.706	34.678
1	1.878	25.050	1.863	24.381	1.743	30.522	26.651
2	1.933	22.854	1.903	22.757	1.848	26.336	23.982
3	1.968	21.457	1.930	21.640	1.910	23.844	22.314
4	2.003	20.060	1.980	19.610	1.993	20.554	20.075
5	2.023	19.261	2.020	17.986	2.060	17.863	18.370
6	2.048	18.263	2.038	17.276	2.078	17.165	17.568
7	2.070	17.365	2.040	17.174	2.115	15.670	16.736
8	2.084	16.816	2.060	16.362	2.140	14.673	15.951
9	2.095	16.367	2.063	16.261	2.148	14.374	15.667
10	2.110	15.768	2.080	15.550	2.175	13.278	14.865
11	2.128	15.070	2.098	14.840	2.198	12.380	14.097
12	2.135	14.770	2.105	14.535	2.192	12.620	13.975
13	2.148	14.271	2.125	13.723	2.205	12.081	13.359
14	2.155	13.972	2.138	13.216	2.223	11.384	12.857
15	2.158	13.872	2.143	13.013	2.228	11.184	12.690
20	2.170	13.373	2.160	12.302	2.245	10.486	12.054
25	2.178	13.074	2.163	12.201	2.280	9.091	11.455
30	2.185	12.774	2.185	11.287	2.288	8.792	10.951
40	2.200	12.176	2.196	10.830	2.303	8.194	10.400
50	2.218	11.477	2.210	10.272	2.308	7.994	9.914
60	2.225	11.178	2.240	9.054	2.320	7.496	9.243
120	2.260	9.780	2.278	7.531	2.340	6.699	8.003
180	2.275	9.182	2.270	7.836	2.340	6.699	7.905
240	2.280	8.982	2.290	7.024	2.357	6.021	7.342
24hr	2.343	6.487	2.345	4.791	2.375	5.303	5.527

ตาราง ง-6 ความสามารถในการคืนตัวของชิ้นงานโฟมพอลิเอทิลีนที่สารหน่วงไฟเชิงการค้าลงไป

0.75 phr

เวลา (นาที)	A		B		C		ค่าเฉลี่ย CD (%)
	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	
0	1.515	39.279	1.513	41.330	1.518	40.326	40.312
1	1.718	31.162	1.593	38.227	1.598	37.180	35.523
2	1.745	30.060	1.673	35.124	1.763	30.692	31.959
3	1.785	28.457	1.700	34.057	1.800	29.217	30.577
4	1.813	27.355	1.745	32.312	1.840	27.645	29.104
5	1.830	26.653	1.793	30.469	1.870	26.465	27.862
6	1.850	25.852	1.810	29.791	1.900	25.285	26.976
7	1.880	24.649	1.838	28.724	1.910	24.892	26.088
8	1.900	23.848	1.858	27.948	1.930	24.105	25.300
9	1.910	23.447	1.863	27.754	1.948	23.417	24.873
10	1.931	22.595	1.895	26.493	1.963	22.827	23.972
11	1.953	21.743	1.900	26.299	1.973	22.434	23.492
12	1.960	21.443	1.915	25.718	1.988	21.844	23.002
13	1.971	20.992	1.923	25.427	2.013	20.861	22.427
14	1.976	20.792	1.940	24.748	2.033	20.075	21.871
15	1.979	20.691	1.948	24.457	2.040	19.780	21.643
20	2.050	17.836	1.983	23.099	2.058	19.092	20.009
25	2.063	17.335	2.023	21.548	2.083	18.109	18.997
30	2.083	16.533	2.050	20.481	2.090	17.814	18.276
40	2.090	16.232	2.086	19.094	2.113	16.929	17.419
50	2.120	15.030	2.105	18.348	2.168	14.766	16.048
60	2.138	14.329	2.270	11.947	2.190	13.881	13.386
120	2.198	11.924	2.293	11.074	2.228	12.407	11.802
180	2.223	10.922	2.308	10.493	2.261	11.079	10.831
240	2.223	10.922	2.310	10.396	2.295	9.752	10.357
24hr	2.355	5.611	2.495	3.220	2.425	4.640	4.490

ตาราง ง-7 ความสามารถในการคืนตัวของชิ้นงานโฟมพอลิเอทิลีนที่สารหน่วงไฟเชิงการค้าลงไป

10 phr

เวลา (นาที)	A		B		C		ค่าเฉลี่ย CD (%)
	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	ความหนา (cm)	Cd(%)	
0	1.598	35.792	1.600	37.132	1.535	38.918	37.280
1	1.743	29.964	1.755	31.041	1.615	35.734	32.246
2	1.820	26.849	1.810	28.880	1.655	34.142	29.957
3	1.858	25.342	1.885	25.933	1.713	31.854	27.710
4	1.890	24.035	1.908	25.049	1.750	30.362	26.482
5	1.948	21.724	1.953	23.281	1.793	28.671	24.559
6	1.955	21.423	1.963	22.888	1.820	27.577	23.962
7	1.958	21.322	1.983	22.102	1.868	25.686	23.037
8	1.970	20.820	2.003	21.316	1.878	25.288	22.475
9	1.980	20.418	2.045	19.646	1.885	24.990	21.685
10	2.000	19.614	2.043	19.745	1.920	23.597	20.985
11	2.018	18.911	2.050	19.450	1.923	23.498	20.619
12	2.030	18.408	2.070	18.664	1.935	23.000	20.024
13	2.048	17.705	2.078	18.369	1.943	22.702	19.592
14	2.053	17.504	2.098	17.583	1.943	22.702	19.263
15	2.055	17.404	2.103	17.387	1.958	22.105	18.965
20	2.068	16.901	2.123	16.601	1.973	21.508	18.337
25	2.080	16.399	2.123	16.601	2.013	19.916	17.639
30	2.103	15.494	2.133	16.208	2.016	19.767	17.157
40	2.113	15.092	2.158	15.226	2.043	18.723	16.347
50	2.123	14.691	2.173	14.637	2.085	17.031	15.453
60	2.145	13.786	2.198	13.654	2.098	16.534	14.658
120	2.170	12.781	2.250	11.591	2.176	13.400	12.591
180	2.195	11.777	2.288	10.118	2.233	11.162	11.019
240	2.230	10.370	2.328	8.546	2.245	10.665	9.860
24hr	2.353	5.446	2.373	6.778	2.320	7.680	6.635

ภาคผนวก จ

สมบัติการติดไฟของโฟม

ตาราง จ-1 ผลการทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL-94 ของชิ้นงานโฟมพอลิเอทิลีน

PE									
ชิ้นงานที่	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาที่ใช้ผ่านเส้นจำกัด (mark) (วินาที)			อัตราการเผาไหม้ (เซนติเมตร/นาที)	ไฟดับที่ระยะ (มิลลิเมตร)	ลักษณะการเผาไหม้	ผ้าฝ้าย	ควันที่เกิดขึ้น
		25 มิลลิเมตร	60 มิลลิเมตร	125 มิลลิเมตร					
1	11.5750	70	188	344	2.1898	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
2	12.7250	78	245	425	1.7291	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
3	13.2500	70	168	333	2.2814	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
4	12.6000	75	191	367	2.0548	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
5	13.2250	76	190	343	2.2472	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก

ตาราง จ-2 ผลการทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL-94 ของชิ้นงานโฟมพอลิเอทิลีนที่มีการเติมลิกนินลงไป 5 phr

PE+LIG 5 phr									
ชิ้นงานที่	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาที่ใช้ผ่านเส้นจำกัด (mark) (วินาที)			อัตราการเผาไหม้ (เซนติเมตร/นาที)	ไฟดับที่ระยะ (มิลลิเมตร)	ลักษณะการเผาไหม้	ผ้าฝ้าย	ควันที่เกิดขึ้น
		25 มิลลิเมตร	60 มิลลิเมตร	125 มิลลิเมตร					
1	13.2000	98	230	534	1.3761	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
2	12.7000	103	278	562	1.3072	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
3	13.3500	110	252	502	1.5306	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
4	13.5750	109	237	587	1.2552	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
5	13.2250	103	242	484	1.5748	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก

ตาราง จ-3 ผลการทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL-94 ของชิ้นงานโพลีเอทิลีนที่มีการเติมลิกนินลงไป 10 phr

PE+LIG 10 phr									
ชิ้นงานที่	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาที่ใช้ผ่านเส้นจำกัด (mark) (วินาที)			อัตราการเผาไหม้ (เซนติเมตร/นาทีก)	ไฟดับที่ระยะ (มิลลิเมตร)	ลักษณะการเผาไหม้	ผ้าฝ้าย	ควันที่เกิดขึ้น
		25 มิลลิเมตร	60 มิลลิเมตร	125 มิลลิเมตร					
1	13.4625	108	293	529	1.4252	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลูกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
2	13.5875	116	304	530	1.4493	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลูกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
3	13.4500	118	333	571	1.3245	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลูกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
4	13.3750	115	300	598	1.2422	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลูกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
5	13.1500	116	291	521	1.4815	ไม่ดับ	หลอมหยุด	ลูกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก

ตาราง จ-4 ผลการทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL-94 ของชิ้นงานโพลีเอทิลีนที่มีการเติมลิกนินลงไป 15 phr

PE+LIG 15 phr									
ชิ้นงานที่	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาที่ใช้ผ่านเส้นจำกัด (mark) (วินาที)			อัตราการเผาไหม้ (เซนติเมตร/นาทีก)	ไฟดับที่ระยะ (มิลลิเมตร)	ลักษณะการเผาไหม้	ผ้าฝ้าย	ควันที่เกิดขึ้น
		25 มิลลิเมตร	60 มิลลิเมตร	125 มิลลิเมตร					
1	12.9875	119	282	567	1.3393	ไม่ดับ	หลอมหยุดตัว แต่ไม่หยุด	-	สีดำ น้อยมาก
2	13.0875	117	280	561	1.3514	ไม่ดับ	หลอมหยุดแค่ในช่วงแรก	ลูกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
3	13.4250	97	265	426	1.8237	ไม่ดับ	หลอมหยุดตัว แต่ไม่หยุด	-	สีดำ น้อยมาก
4	13.4000	110	335	638	1.1364	ไม่ดับ	หลอมหยุดตัว แต่ไม่หยุด	-	สีดำ น้อยมาก
5	13.7625	140	355	655	1.1650	ไม่ดับ	หลอมหยุดแค่ในช่วงแรก	ลูกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก

ตาราง จ-5 ผลการทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL-94 ของชิ้นงานโพลีเอทิลีนที่มีการเติมลิกนินลงไป 20 phr

PE+LIG 20 phr									
ชิ้นงานที่	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาที่ใช้ผ่านเส้นจำกัด (mark) (วินาที)			อัตราการเผาไหม้ (เซนติเมตร/นาที)	ไฟดับที่ระยะ (มิลลิเมตร)	ลักษณะการเผาไหม้	ผ้าฝ้าย	ควันที่เกิดขึ้น
		25 มิลลิเมตร	60 มิลลิเมตร	125 มิลลิเมตร					
1	12.9250	158	389	756	1.0033	ไม่ดับ	หลอมหดตัว แต่ไม่หยด	-	สีดำ น้อยมาก
2	12.6875	128	273	513	1.5584	ไม่ดับ	หลอมหยดแค่ในช่วงแรก	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
3	13.4375	108	326	497	1.5424	ไม่ดับ	หลอมหยดแค่ในช่วงแรก	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
4	13.1250	110	268	566	1.3158	ไม่ดับ	หลอมหยดแค่ในช่วงแรก	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
5	13.5375	124	401	683	1.0733	ไม่ดับ	หลอมหดตัว แต่ไม่หยด	-	สีดำ น้อยมาก

ตาราง จ-6 ผลการทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL-94 ของชิ้นงานโพลีเอทิลีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเชิงการค้าลงไป 0.75 phr

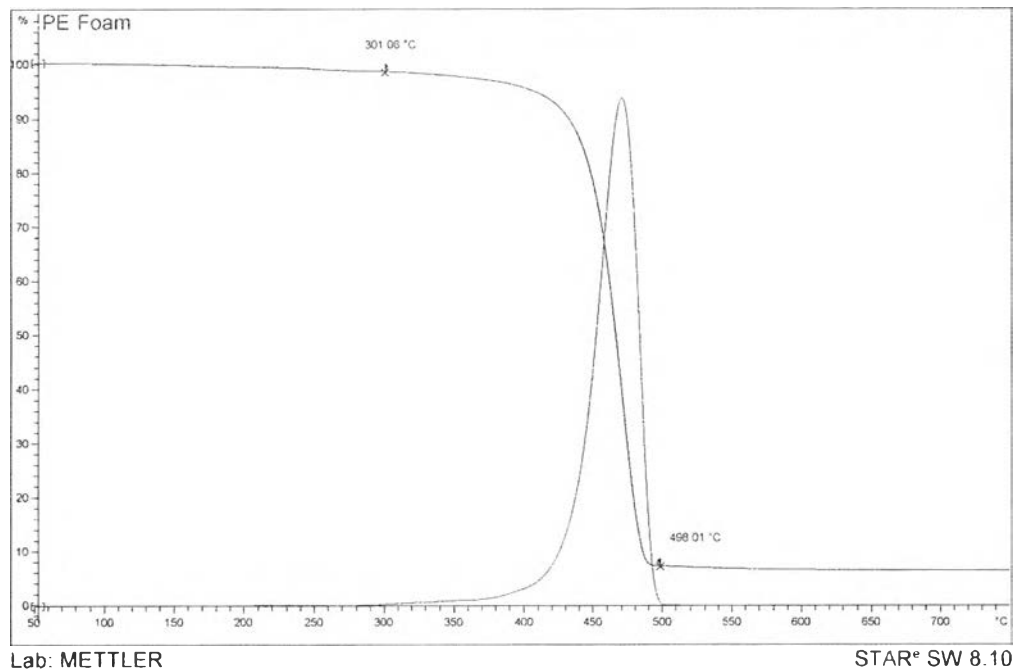
PE+FR 0.75 phr									
ชิ้นงานที่	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาที่ใช้ผ่านเส้นจำกัด (mark) (วินาที)			อัตราการเผาไหม้ (เซนติเมตร/นาที)	ไฟดับที่ระยะ (มิลลิเมตร)	ลักษณะการเผาไหม้	ผ้าฝ้าย	ควันที่เกิดขึ้น
		25 มิลลิเมตร	60 มิลลิเมตร	125 มิลลิเมตร					
1	13.5000	115	257	520	1.4815	ไม่ดับ	หลอมหยด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
2	14.8000	118	250	472	1.6949	ไม่ดับ	หลอมหยด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
3	14.2750	115	237	522	1.4742	ไม่ดับ	หลอมหยด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
4	14.4625	123	247	465	1.7544	ไม่ดับ	หลอมหยด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก
5	13.6750	110	243	536	1.4085	ไม่ดับ	หลอมหยด	ลุกติดไฟ	สีดำ น้อยมาก

ตาราง ๑-7 ผลการทดสอบการลามไฟตามมาตรฐาน UL-94 ของชิ้นงานโพลีเอทิลีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเชิงการค้าลงไป 10 phr

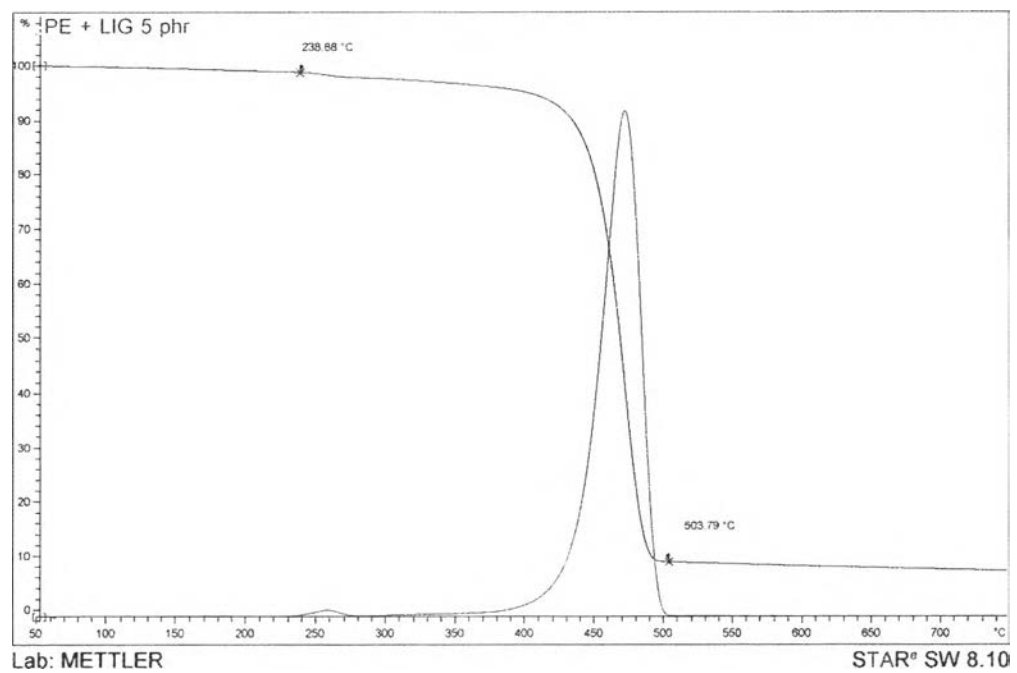
PE+FR 10 phr							
ชิ้นงานที่	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	เวลาที่เริ่มเผาไหม้จนไฟดับ (วินาที)	อัตราการเผาไหม้ (เซนติเมตร/นาที)	ไฟดับที่ระยะ (มิลลิเมตร)	ลักษณะการเผาไหม้	ผ้าฝ้าย	ควันที่เกิดขึ้น
1	13.4625	411	0.6592	48.45	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ นามาก
2	13.6250	116	0.3061	22.50	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ นามาก
3	13.4125	404	0.6531	48.00	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ นามาก
4	13.3850	359	0.6482	47.64	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ นามาก
5	13.3000	166	0.6395	47.00	หลอมหยุด	ลุกติดไฟ	สีดำ นามาก

ภาคผนวก จ

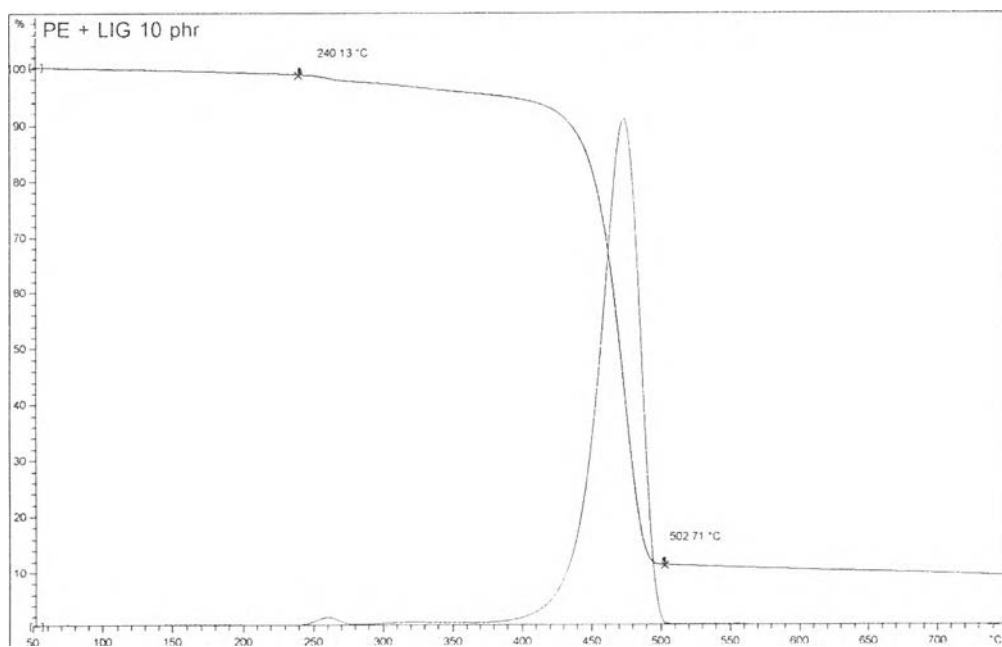
กราฟ TG และ DTG ที่ได้จากการทดสอบของเทคนิค TGA ที่สภาวะไนโตรเจน



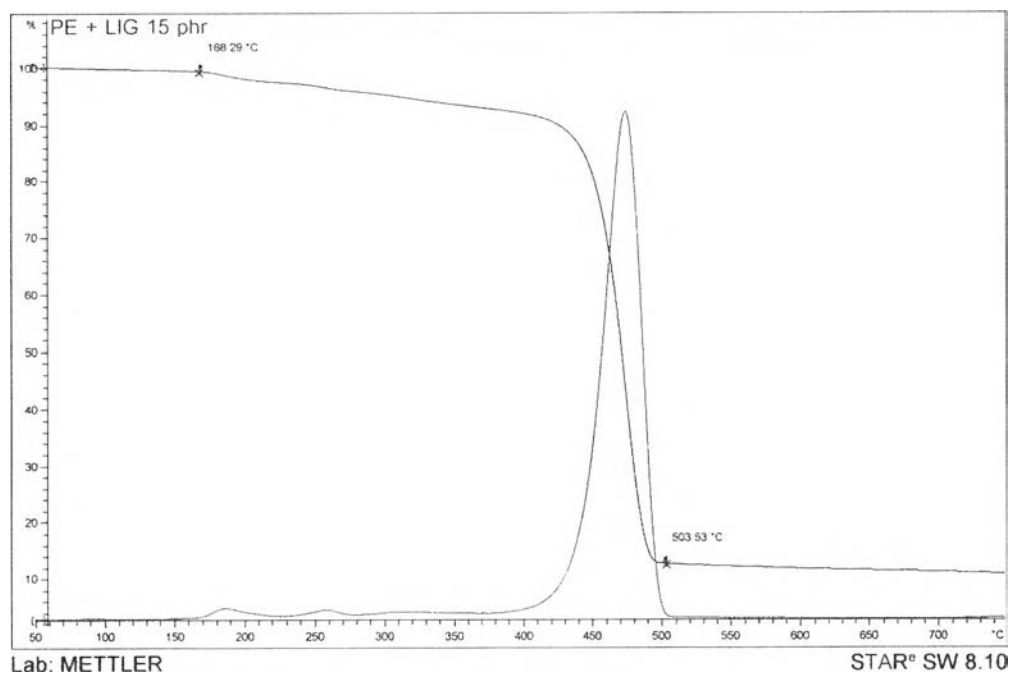
รูป จ-1 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโฟม



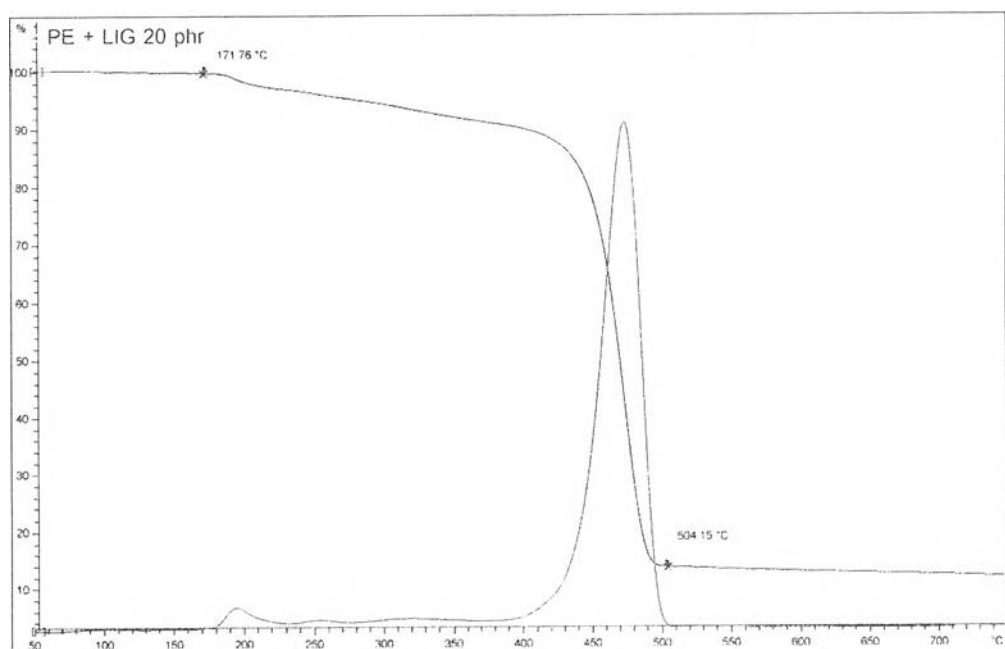
รูป จ-2 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโฟมที่เติมลิกนินลงไป 5 phr



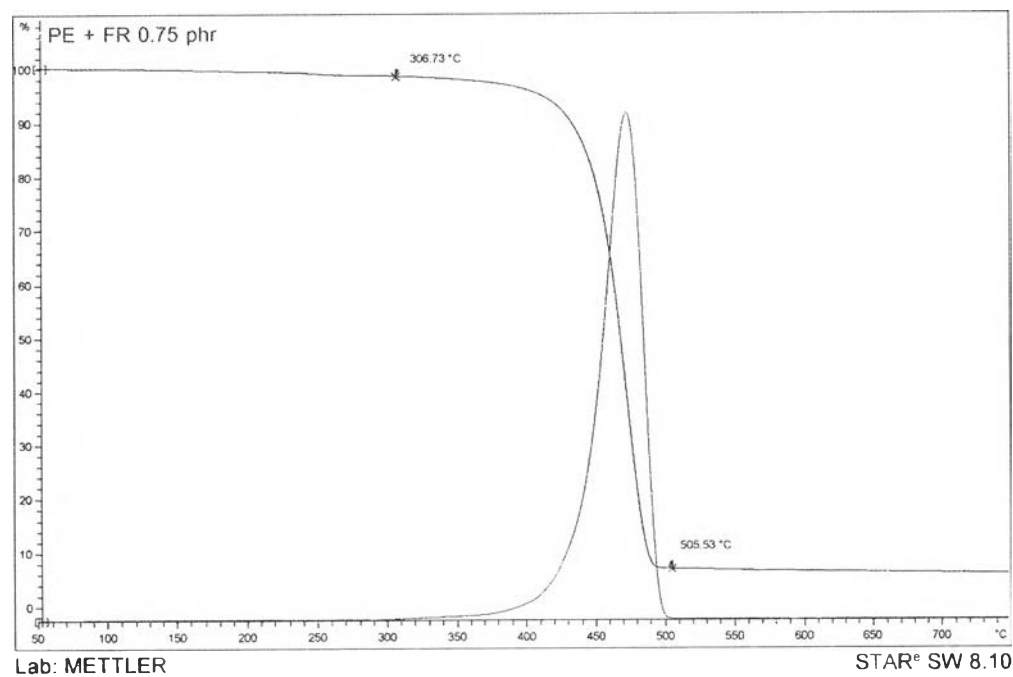
รูป จ-3 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโพรพิลีนที่เติมลิกนินลงไป 10 phr



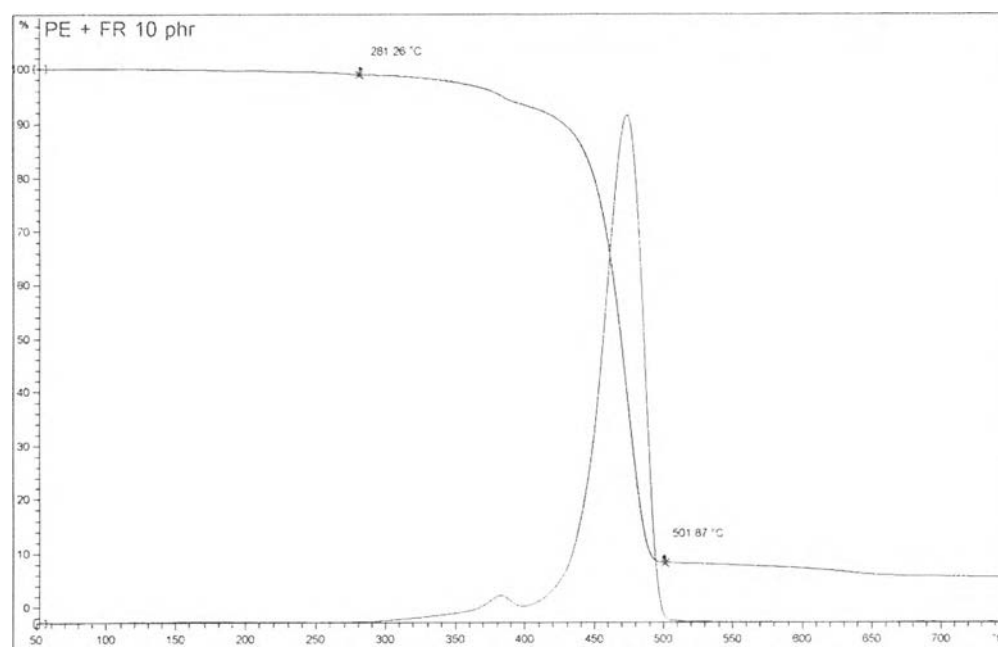
รูป จ-4 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโพรพิลีนที่เติมลิกนินลงไป 15 phr



รูป จ-5 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโพรพิลีนที่เติมลิกนินลงไป 20 phr



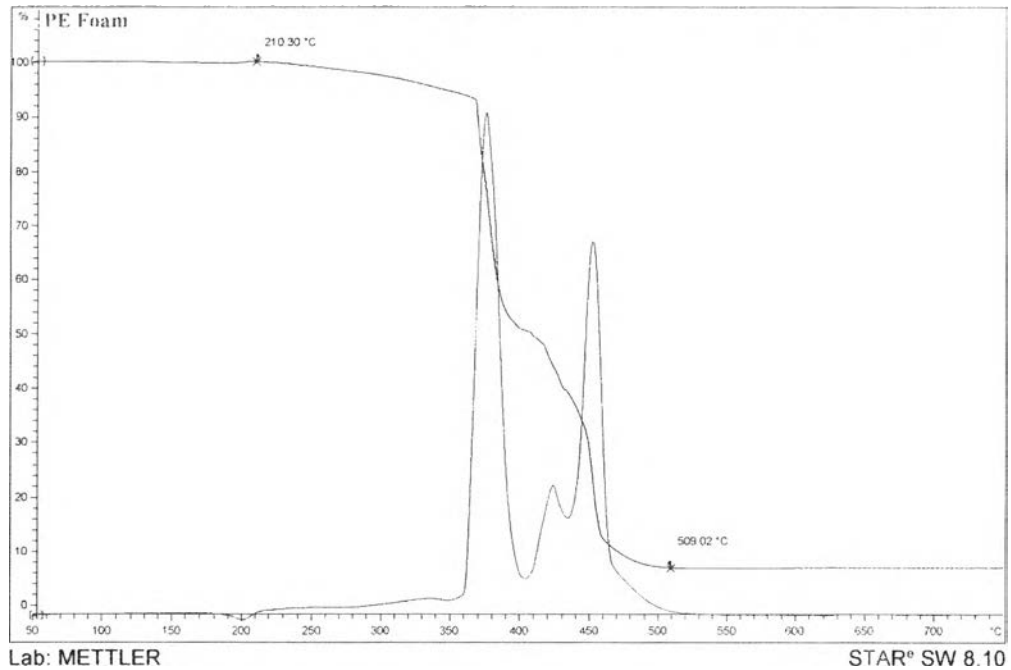
รูป จ-6 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโพรพิลีนที่เติมสารหน่วงไฟเชิงการค้าลงไป 0.75 phr



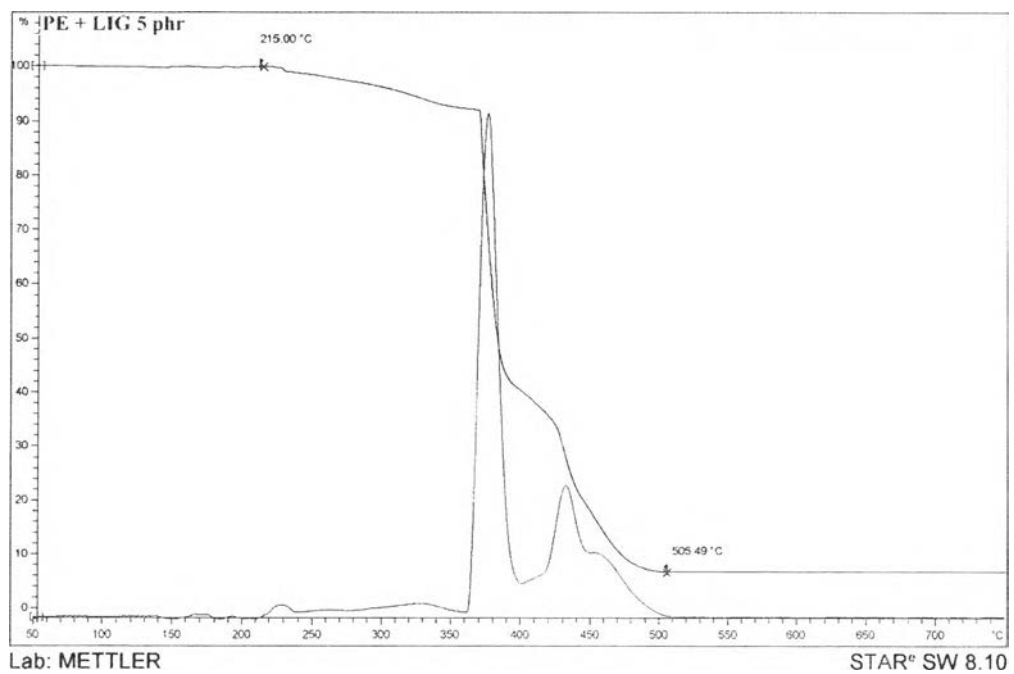
รูป จ-7 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโฟมที่เติมสารหน่วงไฟเชิงการค้าลงไป 10 phr

ภาคผนวก ข

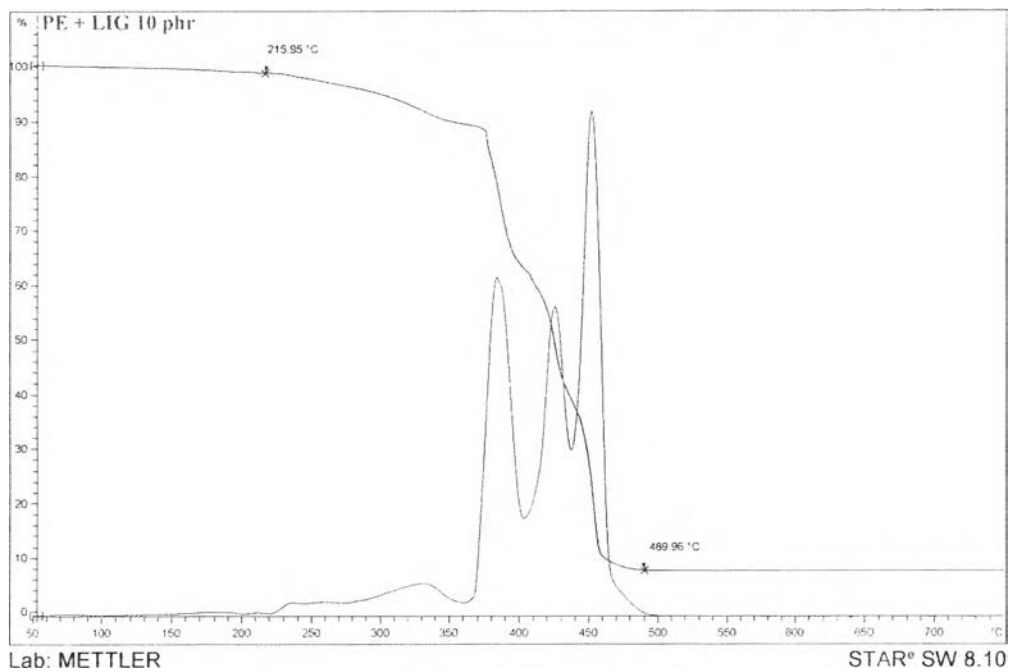
กราฟ TG และ DTG ที่ได้จากการทดสอบของเทคนิค TGA ที่สภาวะไนโตรเจน



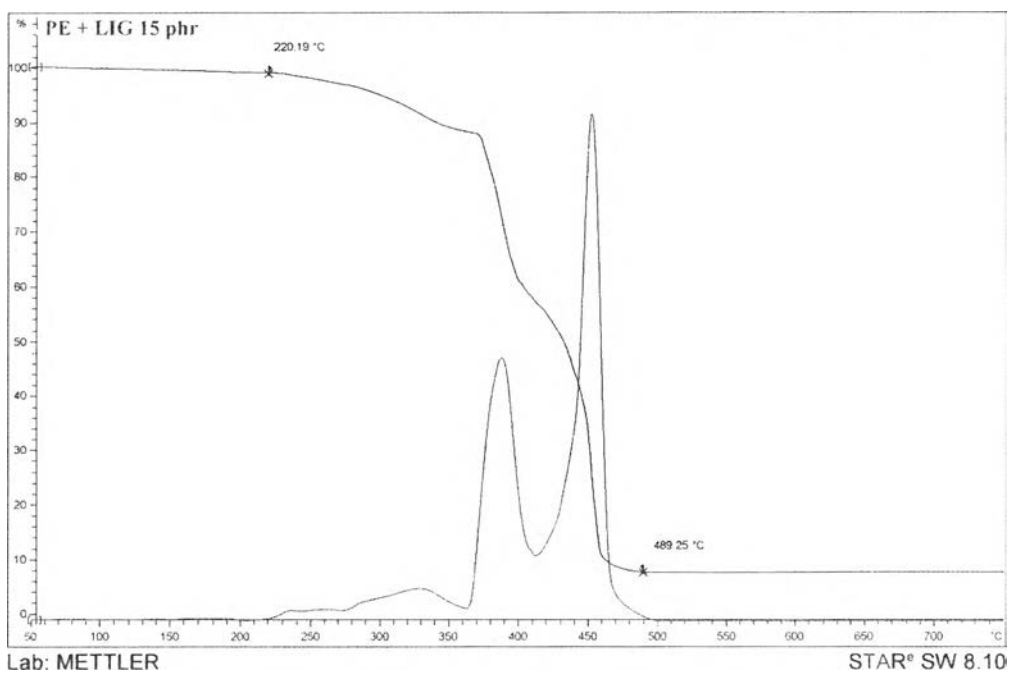
รูป ข-1 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโฟม



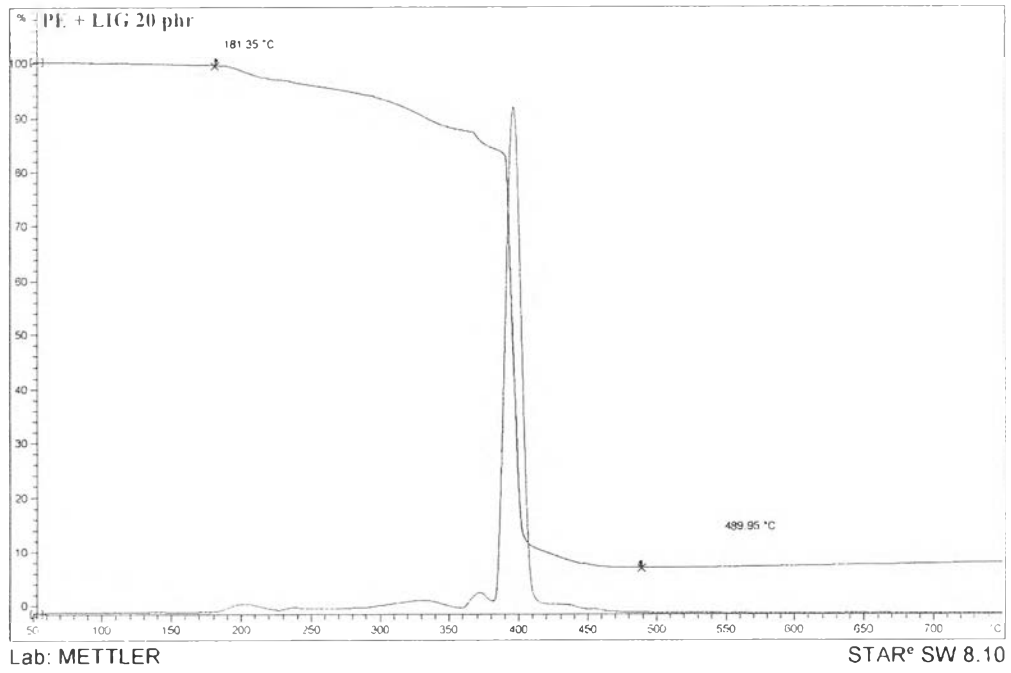
รูป ข-2 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนโฟมที่เติมลิกนินลงไป 5 phr



รูป ช-3 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนไฟมที่เติมลิกนินลงไป 10 phr



รูป ช-4 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนไฟมที่เติมลิกนินลงไป 15 phr



รูป ช-5 กราฟ TG และ DTG ของพอลิเอทิลีนไฟมที่เติมลิกนินลงไป 20 phr

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

เอกอาทิตย์ บุญประเสริฐโพธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ ภาควิชา วิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ศิลปากร ในปีการศึกษา 2550 หลังจากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคปลายของปีการศึกษา 2550 และสำเร็จการศึกษาในภาคต้นปี การศึกษา 2553

