

## รายการอ้างอิง

- [1] Belgacem, M.N.; and Gandini, A. Monomer Polymers and Composites from Renewable Resources. Amsterdam; Boston: Elsevier, 2008.
- [2] Thomas J. Stronger Bioplastic Developed: Kenaf + Polylactic Acid (PLA) [online]. Available from <http://www.metaefficient.com/bioplastics/stronger-bioplastic-developed-kenaf-poly-lactic-acid-pla.html> [2013, April 1]
- [3] Auras, R.; Harte, B.; and Selke, S. An overview of polylactide as packaging materials. *Macromolecular Bioscience*. 2004: 835-864
- [4] เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์. เอกสารประกอบการสอนวิชาสมบัติของพอลิเมอร์. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [5] Saunders, K.J. Organic Polymer Chemistry: An introduction to the organic chemistry of adhesives, fibres, paints, plastics, and rubbers. 2<sup>nd</sup> ed. Chapman & Hall. London; New York : Chapman and Hall, 1988.
- [6] Peacock, J.A.; and Calhoun, A. Polymer Chemistry: Properties and applications. Munich : Hanser Gardner Publications, 2006.
- [7] เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์. เอกสารประกอบการสอนวิชาพลาสติกเชิงพาณิชย์และพลาสติกวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [8] Polymer Science Learning Center, Department of Polymer Science, The University of Southern Mississippi. Linear low density polyethylene [online]. Available from <http://pslc.ws/macrog/pe.htm> [2013, April 1]
- [9] Gail (India) Limited. Structure of linear low density polyethylene [online]. Available from <http://www.gailonline.com/gailnewsite/businesses/petrochemicalsfaqs.html> [2013, April 1]

- [10] Sigma-Aldrich Co. Llc. Glycidyl methacrylate [online]. Available from <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/151238?lang=en&region=TH> [2013, April 2]
- [11] Shi, Q.; Chen, C.; Gao, L.; Jiao, L.; Xu, H.; and Guo, W. Physical and degradation properties of binary or ternary blends composed of poly(lactic acid) thermoplastic starch and GMA grafted POE. Polymer Degradation and Stability. 2011: 175-182.
- [12] Zhizhong, S.; Qiuying, L.; Yongjun, L.; Guohua, H.; and Chifei, W. Compatibility and phase structure of binary blends of poly(lactic acid) and glycidyl methacrylate grafted poly(ethylene octene). European Polymer Journal. 2009 : 2428-2433.
- [13] Martin Zulima.; Jimenez I.; Ngeles, G M. A.; W. Ade H.; A. Kilcoyne D.; and Hernandez-Cruz D. Spectromicroscopy Study of Intercalation and Exfoliation in Polypropylene/Montmorillonite Nanocomposites. J. Phys. Chem. B 113. 2009: 11160–11165.
- [14] เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร. เอกสารประกอบการสอนวิชาฟิล์ม. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [15] เจริญ นาคะสรรค์. กระบวนการแปรรูปพลาสติก. พิมพ์ครั้งแรก. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์นิติธรรม, 2542.
- [16] Plastic.com Llc. Single screw extruder [online]. Available from <http://www.plastics.com/extrusion-what-is-pg2.html> [2013, April 2]
- [17] The All India Plastics Manufacturers' Association. Zone single screw extruder [online]. Available from <http://www.aipma.net/plasticprocess01.html> [2013, April 3]
- [18] Plastic.com Llc. Twin screw extruder [online]. Available from <http://www.plastics.com/extrusion-what-is-pg2.html> [2013, April 3]

- [19] บรรณานุกรม. เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 19. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี, 2546.
- [20] Labtech Engineering. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง Chill Roll Casting.
- [21] Material Answers Llc. Blown film extrusion. [online]. Available from <http://www.polymerprocessing.com/operations/tscrew/big.html>. [2013, April 3]
- [22] Balakrishnan, H.; Hassan, A.; and Wahit, U. Mechanical, Thermal, and Morphological Properties of Polylactic Acid/Linear Low Density Polyethylene Blends. *Journal of Elastomer and Plastics*\_42 (2010): 223-239
- [23] Su, Z.; Li, Q.; Liu, Y.; Hu, G.; and Wu, C. Compatibility and phase structure of binary blends of poly(lactic acid) and glycidyl methacrylate grafted poly(ethylene octane). *European Polymer Journal*\_45 (2009): 2428-2433
- [24] Su, Z.; Li, Q.; Liu, Y.; Hu, G.; and Wu, C. Phase structure of compatibilized poly(lactic acid)/linear low density polyethylene blends. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*\_48 (2009): 823-833.
- [25] ธนวรรณ ชำเกตุ. การเตรียมฟิล์มโคเอ็กซ์ทราซันจากพอลิแล็กติกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นสำหรับการใช้งานด้านบรรจุภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.
- [26] Lehermeier, H.; Dorgan, J.; and Way, J. Gas permeation properties of poly(lactic acid). *Journal of Membrane Science* 190 (2001): 243-251
- [27] Thellen, C.; Orroth, C.; Froio, D.; Ziegler, D.; Lucciarini, J.; Farrell, R.; D'Souza, N.A.; and Rotto, J.A. Influence of montmorillonite layered silicate on plasticized poly(L-lactide) blown films. *Polymer* 46 (2005): 11716-11727

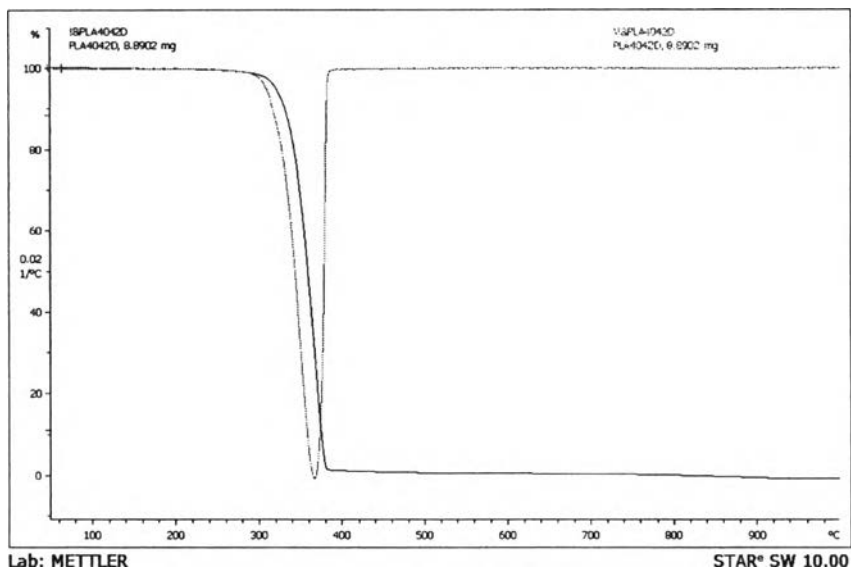
- [28] Zhang, J.; Tashiro, K.; Tsuji, H.; and Domb, A.J. Disorder-to-Order Phase Transition and Multiple Melting Behavior of Poly(L-lactide) Investigated by Simultaneous Measurements of WAXD and DSC. *Macromolecules*. 2008 : 1352-1357.
- [29] Shi, Q.F.; Mou, H.Y.; Gao, L.; Yang, J.; and Guo, W.H. Double-melting behavior of bamboo fiber/talc/poly(lactic acid) composites. *Journal of Polymers and the Environment*. 2010 : 567–575.
- [30] Thellen, C.T.; Orroth, C.; Ratto, J. Seventh annual green chemistry and engineering conference [CD-ROM]. The National Academies, Washington, DC. 2003 : Paper No. 2.
- [31] Ranade, A.; Nayak, K.; Fairbrother, D.; D'Souza NA. Maleated and non-maleated polyethylene-montmorillonite layered silicate blown films. *Polymer* 46. 2005:7323-7333.
- [32] Z\_ enkiewicz, M.; and Richert, J. Permeability of polylactide nanocomposite films for water vapour, oxygen and carbon dioxide. *Polymer Test* 27. 2008: 835–840.
- [33] Z\_ enkiewicz, M.; and Richert, J. Effect of blow moulding ratio on some mechanical properties of polylactide nanocomposites films. *Polymer* 55 (2010): 869-876

ภาคผนวก

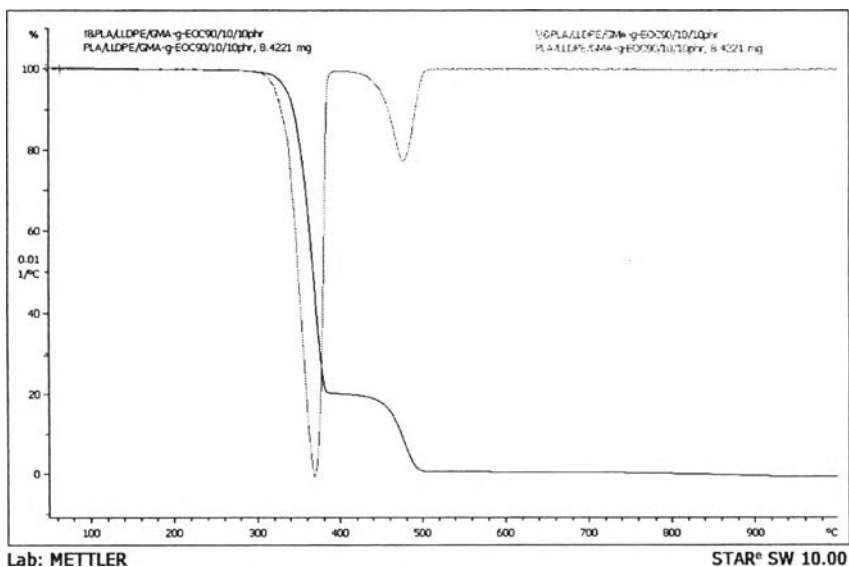
## ภาคผนวก ก

## TGA Thermogram ของพอลิเมอร์

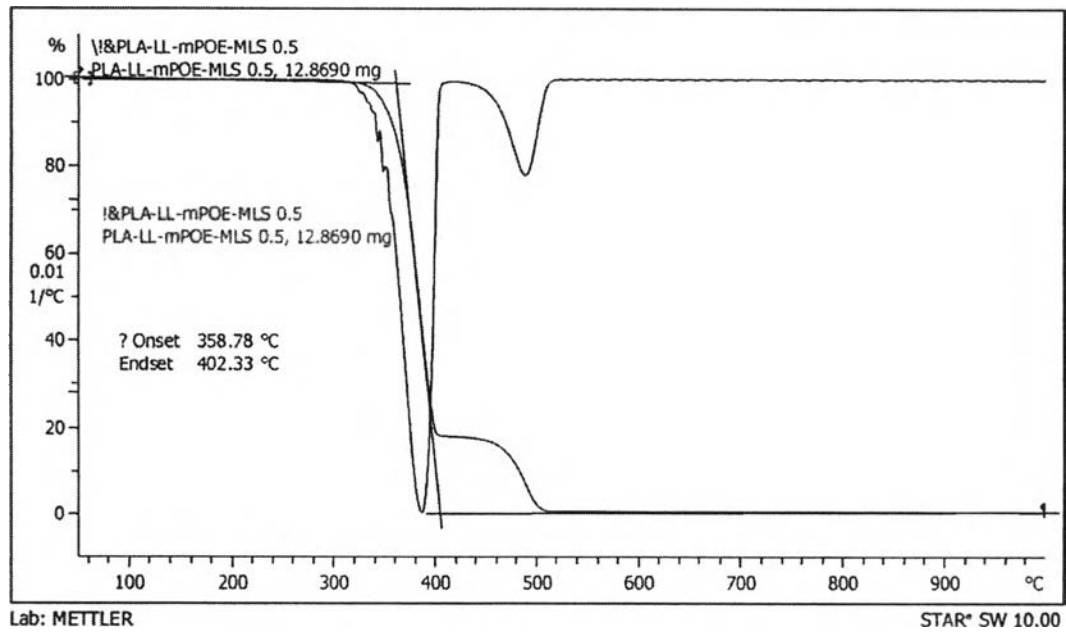
## 1. พอลิแล็กติกแอซิด



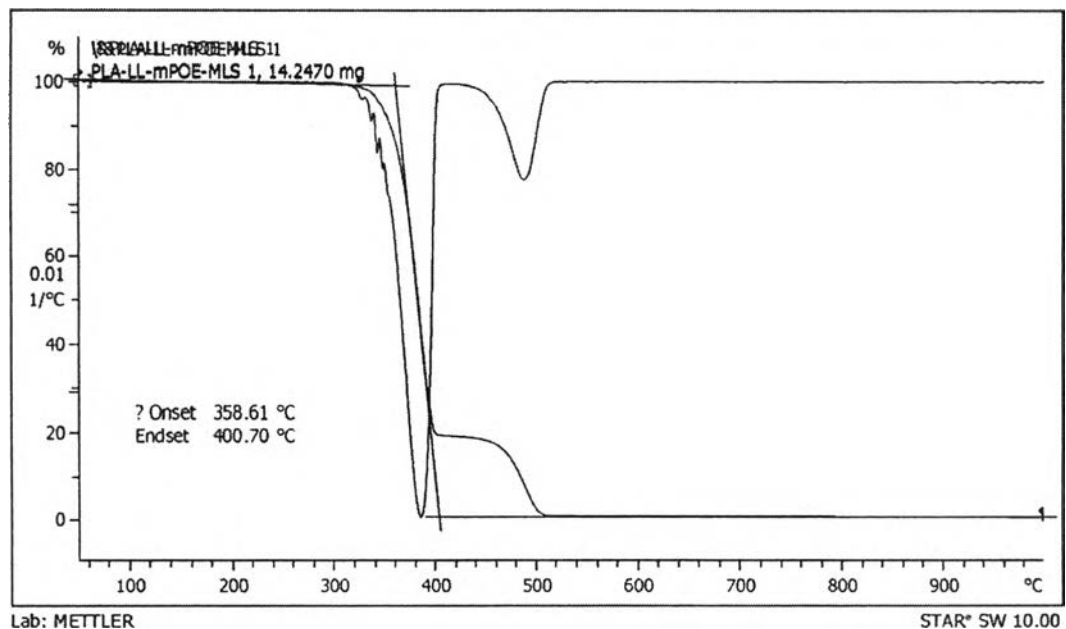
2. พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อัตราส่วน 90:10 เปรอเซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้ไกลซิดิลเมทาคริเลตกราฟต์พอลิเอทิลีนออกทีนโคพอลิเมอร์เป็นสารเสริมสภาพเข้ากันได้ 10 phr



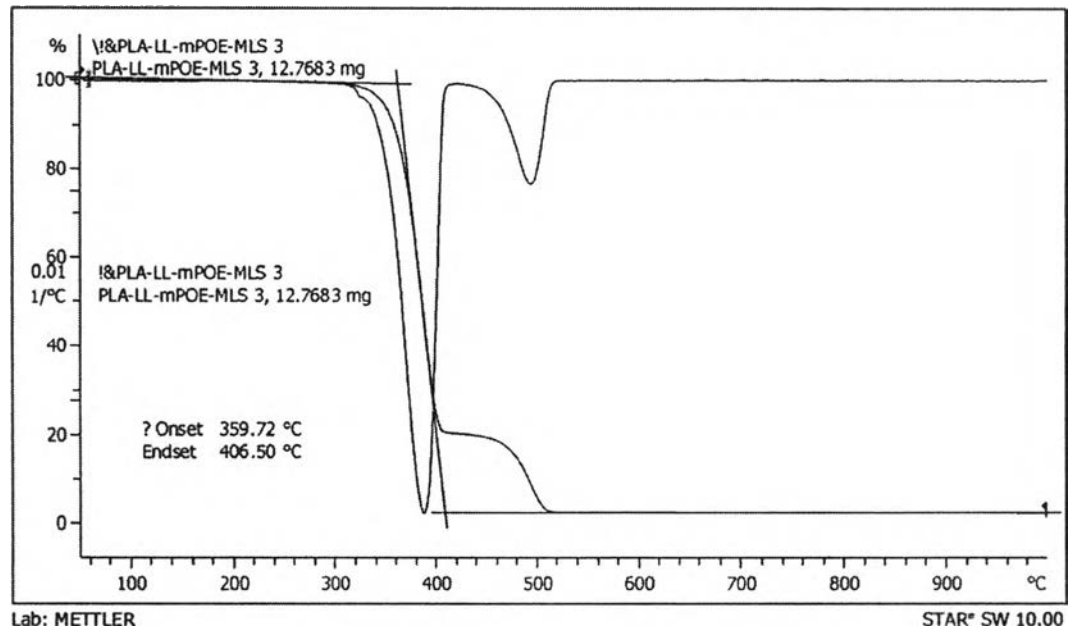
3. พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อัตราส่วน 90:10 เปรอ์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้ไกลซิดิลเมทาคริเลตกราฟต์พอลิเอทิลีนออกทีนโคพอลิเมอร์เป็น สารเสริมสภาพเข้ากันได้ 10 phr และเติมมอนต์มอริลโลไนต์ในอัตราส่วน 0.5 phr



4. พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อัตราส่วน 90:10 เปรอ์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้ไกลซิดิลเมทาคริเลตกราฟต์พอลิเอทิลีนออกทีนโคพอลิเมอร์เป็น สารเสริมสภาพเข้ากันได้ 10 phr และเติมมอนต์มอริลโลไนต์ในอัตราส่วน 1 phr



4. พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อัตราส่วน 90:10 เปรอ์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้ไกลซิดิลเมทาคริเลตกราฟต์พอลิเอทิลีนออกทีนโคพอลิเมอร์เป็น สารเสริมสภาพเข้ากันได้ 10 phr และเติมมอนต์มอริลโลไนต์ในอัตราส่วน 3 phr

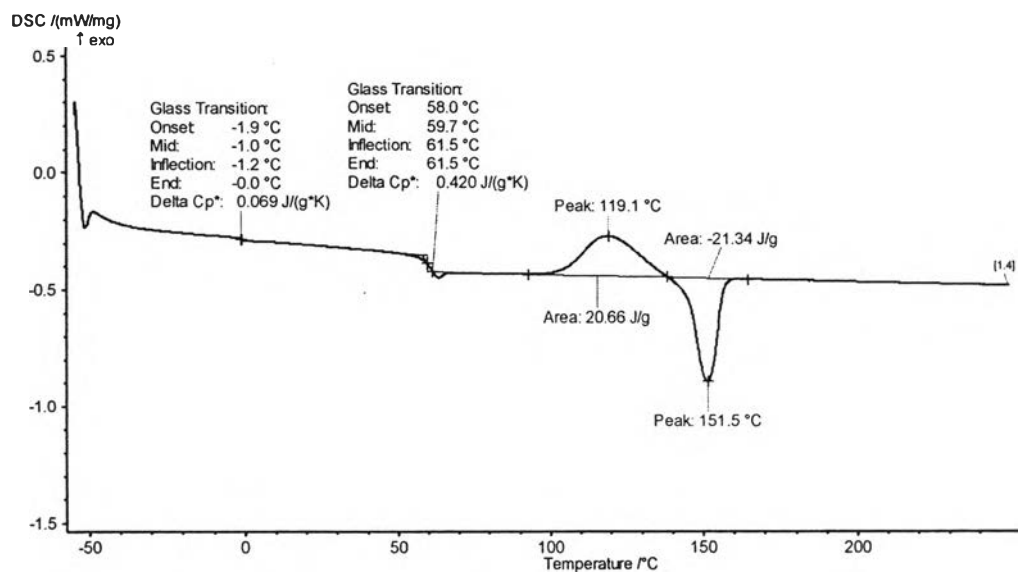




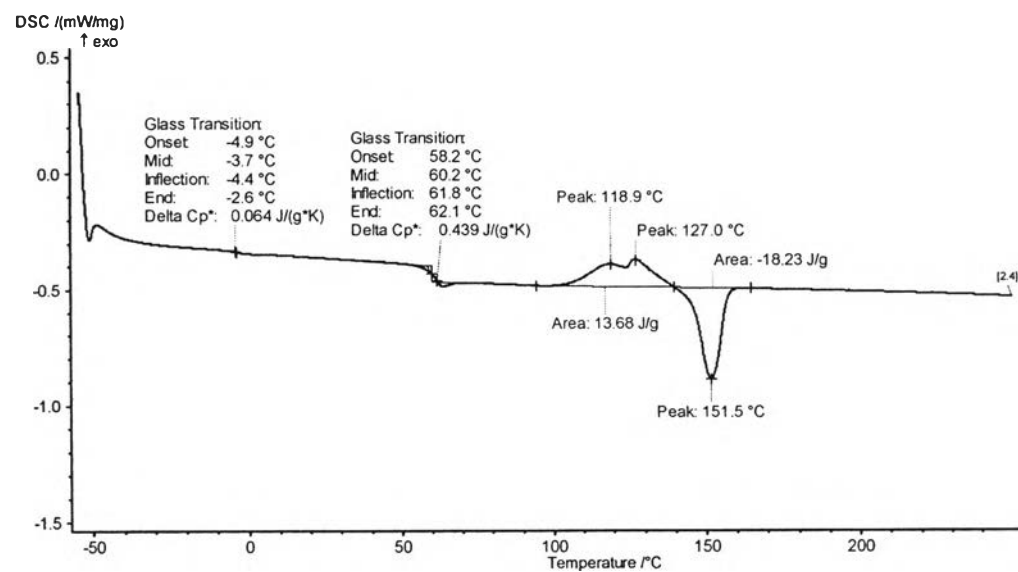
## ภาคผนวก ข

DSC Thermogram ของพอลิเมอร์ ที่ second heat

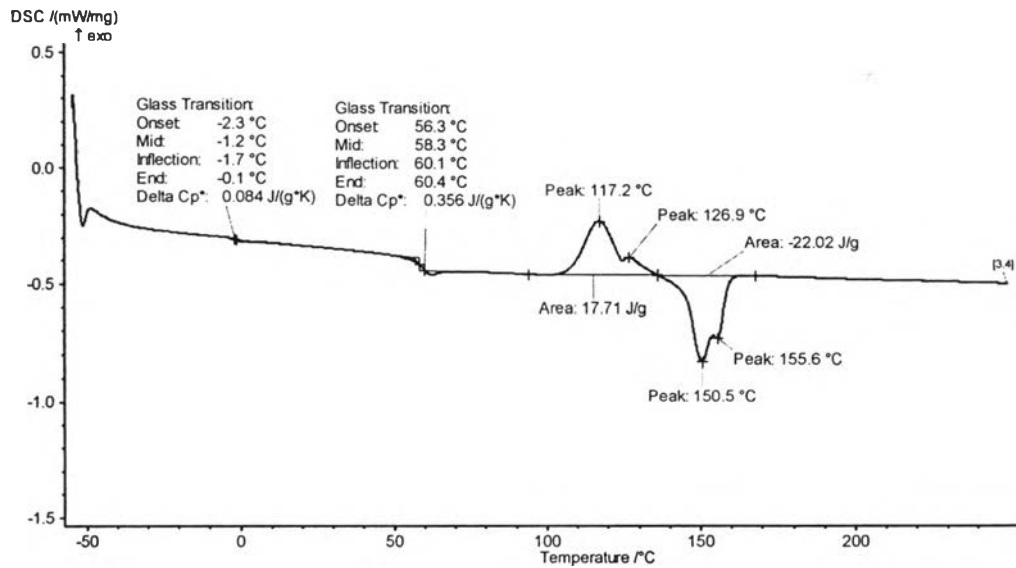
## 1. พอลิแล็กติกแอซิด



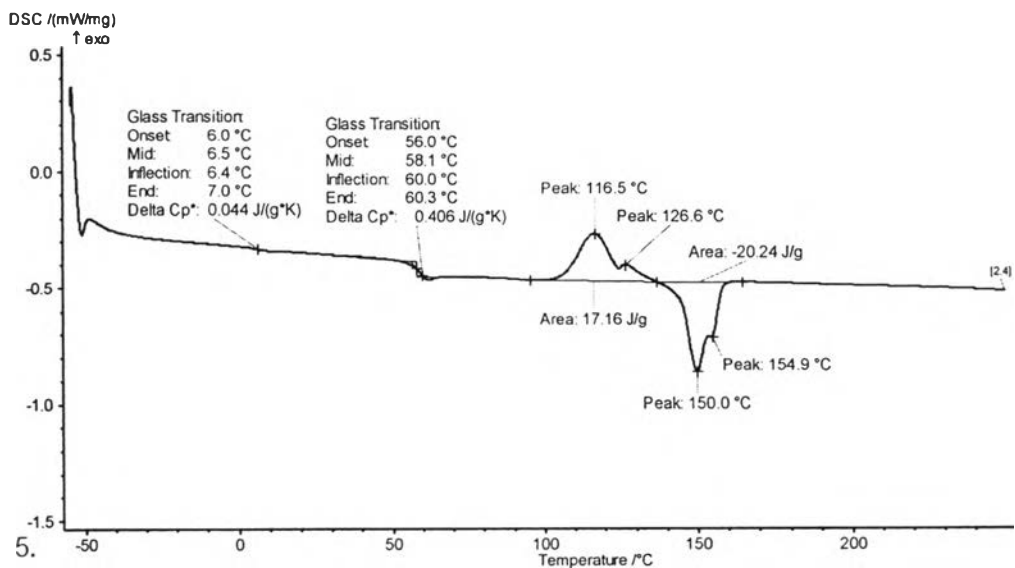
2. พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อัตราส่วน 90:10 เปรอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้ไกลซิดิลเมทาคริเลตกราฟต์พอลิเอทิลีนออกทีนโคพอลิเมอร์เป็นสารเสริมสภาพเข้ากันได้ 10 phr



3. พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเล็กทิกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อัตราส่วน 90:10 เฟอร์เรนต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้ไกลซิดิลเมทาคริเลตกราฟต์พอลิเอทิลีนออกทีนโคพอลิเมอร์เป็น สารเสริมสภาพเข้ากันได้ 10 phr และเติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่อัตราส่วน 1 phr



4. พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเล็กทิกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อัตราส่วน 90:10 เฟอร์เรนต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้ไกลซิดิลเมทาคริเลตกราฟต์พอลิเอทิลีนออกทีนโคพอลิเมอร์เป็น สารเสริมสภาพเข้ากันได้ 10 phr และเติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่อัตราส่วน 3 phr



ภาคผนวก ค

ดัชนีการหลอมไหลของพอลิเมอร์ผสม

พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่อัตราส่วน 90:10 เปรอ์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ใช้ไกลซิดิลเมทาคริเลตกราฟต์พอลิเอทิลีนออกทีนโคพอลิเมอร์เป็น สารเสริมสภาพเข้ากันได้ 10 phr และเติมมอนต์มอริลโลไนต์ที่อัตราส่วน 0.5, 1 และ 3 phr

ครั้งที่	PLA	PLA/LL/mPOE	PLA/LL/mPOE/ MLS 0.5	PLA/LL/mPOE/ MLS 1	PLA/LL/mPOE/ MLS 3
1	5.8	7.8	9.2	12.8	13.4
2	5.7	7.2	10	12.3	13.6
3	5.8	8	10.1	12.5	13.5
4	5.7	7.7	10.3	12.2	14.1
5	5.9	7.6	9.8	12.5	14.2
Average	5.78	7.66	9.88	12.46	13.76

## ภาคผนวก ง

## ความทนแรงดึงของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมชั้นเดียว

## 1. ฟิล์มพอลิแล็กติกแอซิด

## 1.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	40.820	1945.038	10.355
2	39.599	1846.320	13.443
3	41.990	1959.853	12.872
4	39.864	2000.913	9.597
5	40.419	1881.941	12.059
Max	41.990	2000.913	13.443
Min	39.599	1846.320	9.597
Average	40.539	1926.813	11.665
SD	0.940	62.063	1.640

## 1.2 ไนลอน TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	34.011	1699.426	12.176
2	35.745	1596.449	9.888
3	34.089	1804.432	8.718
4	33.664	1615.260	7.700
5	36.810	1761.445	5.943
Max	36.810	1804.432	12.176
Min	33.664	1596.449	5.943
Average	34.864	1695.402	8.885
SD	1.353	90.110	2.340

## 2. พอลิเมอร์ผสม PLA/LL/mPOE

## 2.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	45.738	2077.513	75.793
2	44.142	2146.229	82.443
3	43.275	2101.764	73.143
4	45.060	2057.672	72.355
5	44.242	2146.229	83.536
Max	45.738	2146.229	83.536
Min	43.275	2057.672	72.355
Average	44.491	2105.881	77.454
SD	0.941	40.005	5.225

## 2.2 ไนลอน TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	34.011	1699.426	12.176
2	35.745	1596.449	9.888
3	34.089	1804.432	8.718
4	33.664	1615.260	7.700
5	36.810	1761.445	5.943
Max	36.810	1804.432	12.176
Min	33.664	1596.449	5.943
Average	34.864	1695.402	8.885
SD	1.353	90.110	2.340

## 3. พิล์มพอลิเมอร์ผสม PLA/LL/mPOE/MLS 0.5 phr

## 3.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	46.421	2233.501	66.984
2	49.051	2438.062	62.111
3	48.686	2266.224	60.888
4	47.191	2330.993	65.284
5	48.616	2100.424	59.112
Max	49.051	2438.062	66.984
Min	46.421	2100.424	59.112
Average	47.993	2273.841	62.876
SD	1.129	124.492	3.216



## 3.2 โหนด TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	42.564	1998.675	47.306
2	41.366	2132.030	52.200
3	39.358	1893.507	50.141
4	39.655	2055.900	47.859
5	40.070	2087.827	49.155
Max	42.564	2132.030	52.200
Min	39.358	1893.507	47.306
Average	40.603	2033.588	49.332
SD	1.337	92.157	1.948

## 4. फिल्मพอลิเมอร์ผสม PLA/LL/mPOE/MLS 1 phr

## 4.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	52.817	2471.616	58.506
2	50.564	2572.637	61.688
3	54.912	2416.581	59.300
4	51.651	2493.684	57.329
5	49.695	2397.026	63.258
Max	54.912	2572.637	63.258
Min	49.695	2397.026	57.329
Average	51.928	2470.309	60.016
SD	2.038	69.419	2.4144

## 4.2 ไนลอน TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	40.985	2251.600	46.875
2	41.154	2339.9933	50.038
3	43.913	2374.288	48.146
4	41.270	2434.493	47.327
5	42.809	2142.025	47.184
Max	43.913	2434.493	50.038
Min	40.985	2142.025	46.875
Average	42.026	2308.480	47.914
SD	1.283	114.177	1.276

## 5. ฟิล์มพอลิเมอร์ผสม PLA/LL/mPOE/MLS 3 phr

## 5.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	47.815	1988.179	33.891
2	43.944	2043.277	34.078
3	44.204	2100.915	35.003
4	45.102	2181.080	30.778
5	45.964	2087.220	33.343
Max	47.815	2181.080	35.003
Min	43.944	1988.179	30.778
Average	45.406	2080.134	33.419
SD	1.564	71.565	1.592

## 5.2 โฉนท TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	38.487	1769.495	28.351
2	37.773	1868.064	24.125
3	39.912	1997.734	30.952
4	38.049	1617.747	25.075
5	41.842	1677.389	26.739
Max	41.842	1997.734	30.952
Min	37.773	1617.747	24.125
Average	39.213	1786.086	27.048
SD	1.684	151.611	2.714

ความทนแรงดึงของฟิล์มโคเอ็กซ์ทรูชั้นระหว่างพอลิเมอร์ผสมกับ PLA

1. ฟิล์มโคเอ็กซ์ทรูชั้น PLA-PLA/LL/mPOE

1.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	50.866	2222.060	55.565
2	48.434	2301.172	56.684
3	50.139	2232.608	56.036
4	51.976	2402.156	55.787
5	51.172	2416.543	54.225
Max	51.976	2416.543	56.684
Min	48.434	2222.060	54.225
Average	50.517	2314.908	55.660
SD	1.337	91.548	0.904

## 1.2 ในแนว TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	41.689	2101.060	46.565
2	38.434	2079.172	46.684
3	40.139	2132.608	46.336
4	41.976	2032.156	48.225
5	42.172	2006.543	45.993
Max	42.172	2132.608	46.684
Min	38.434	2006.543	45.993
Average	40.882	2070.308	46.761
SD	1.585	51.056	0.859

## 2. พิล์มโคเอ็กซ์ทริงชั้น PLA-PLA/LL/mPOE/MLS 0.5 phr

## 2.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	53.348	2485.459	51.597
2	54.631	2458.845	50.063
3	56.438	2396.191	50.164
4	56.954	2573.740	53.343
5	56.254	2530.882	53.813
Max	56.954	2573.740	53.813
Min	53.348	2396.191	50.063
Average	55.525	2489.023	51.796
SD	1.495	67.952	1.744



## 2.2 ในแนว TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	39.439	2016.491	44.460
2	41.792	2231.431	45.024
3	42.54	2161.936	44.124
4	43.923	2258.938	45.110
5	41.476	1987.578	44.213
Max	43.923	2258.938	45.110
Min	39.439	1987.578	44.124
Average	41.835	2131.275	44.586
SD	1.638	123.585	0.456

## 3. फिल्मโคเอ็กซ์ทราฐาน PLA-PLA/LL/mPOE/MLS 1 phr

## 3.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	61.161	2692.895	48.739
2	59.625	2638.098	47.669
3	57.386	2606.844	47.112
4	58.7756	2495.766	49.530
5	58.758	2580.765	49.910
Max	61.161	2692.895	49.910
Min	57.386	2495.766	47.112
Average	59.141	2602.874	48.592
SD	1.385	73.008	1.191

## 3.2 โหนด TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	46.514	2396.745	42.623
2	41.084	2279.600	41.097
3	43.807	2362.664	42.906
4	41.916	2077.803	41.583
5	40.590	2319.575	41.641
Max	46.514	2396.745	42.906
Min	40.590	2077.803	41.097
Average	42.782	2287.278	41.970
SD	2.4195	125.147	0.761

## 4. फिल्मโคเอ็กซ์ทิวชั้น PLA-PLA/LL/mPOE/MLS 3 phr

## 4.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	43.339	2183.401	31.560
2	48.649	1688.094	33.468
3	46.197	2091.196	28.904
4	51.181	2169.129	29.188
5	42.068	1866.808	31.935
Max	51.181	2183.401	33.468
Min	42.068	1688.094	28.904
Average	46.287	1999.726	31.011
SD	3.742	215.396	1.933

## 4.2 ไนพพ TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	43.339	2243.401	33.560
2	41.649	2129.094	33.468
3	42.197	2091.196	34.904
4	41.081	2269.129	32.188
5	43.068	2036.808	34.435
Max	43.339	2269.129	34.904
Min	41.081	2036.808	32.188
Average	42.267	2153.926	33.711
SD	0.946	99.430	1.042

ความทนแรงดึงของฟิล์มโคเอ็กซ์ทรูชั้นระหว่างพอลิเมอร์ผสมกับ LLDPE

1. ฟิล์มโคเอ็กซ์ทรูชั้น LL-PLA/LL/mPOE

1.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	40.100	1995.170	79.829
2	43.566	2016.569	78.658
3	42.859	2105.474	81.621
4	41.285	2040.626	79.486
5	42.609	1932.561	80.747
Max	43.566	2105.474	81.621
Min	40.100	1932.561	78.658
Average	42.084	2018.080	80.068
SD	1.382	63.219	1.146

## 1.2 ไนพวง TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	36.679	1783.156	56.084
2	37.032	1715.539	55.559
3	36.156	1849.547	56.843
4	36.823	1670.593	57.379
5	35.482	1802.56	55.402
Max	37.032	1849.547	57.379
Min	35.482	1670.593	55.402
Average	36.435	1764.280	56.254
SD	0.623	71.143	0.844

## 2. फिल्मโคเอ็กซ์ทุรชั้น LL-PLA/LL/mPOE/MLS 0.5 phr

## 2.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	45.989	2195.917	66.825
2	43.489	2178.321	64.487
3	44.807	2031.224	68.624
4	46.705	2207.009	65.732
5	46.116	2165.796	65.121
Max	46.705	2195.917	68.624
Min	43.489	2031.224	64.487
Average	45.421	2155.653	66.158
SD	1.281	71.340	1.625



## 2.2 ไนลอน TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	39.305	1948.512	52.990
2	37.964	1909.235	53.280
3	38.950	1880.336	54.248
4	40.449	2010.639	51.906
5	39.159	2093.910	52.651
Max	40.449	2093.910	54.248
Min	38.950	1880.336	51.906
Average	39.165	1968.527	53.015
SD	0.888	85.422	0.859

## 3. फिल्मโคเอ็กซ์ทอร์ชัน LL-PLA/LL/mPOE/MLS 1 phr

## 3.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	48.191	2345.263	64.499
2	49.512	2396.352	65.348
3	47.916	2265.188	63.296
4	49.651	2472.257	65.383
5	50.600	2302.616	66.198
Max	50.600	2472.257	66.198
Min	47.91610089	2265.188	63.296
Average	49.174	2356.335	64.945
SD	1.109	81.171	1.100

## 3.2 โฉนด TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	41.357	1968.341	50.890
2	41.204	2253.256	52.023
3	40.597	2142.050	51.247
4	42.000	2025.941	51.677
5	41.476	2045.325	51.978
Max	42.000	2253.256	52.023
Min	40.597	1968.341	50.890
Average	41.327	2086.982	51.563
SD	0.505	112.045	0.487

## 4. फिल्मโคเอ็กซ์ทอร์ชัน LL-PLA/LL/mPOE/MLS 3 phr

## 4.1 ในแนว MD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	43.830	2095.836	45.679
2	40.095	2161.218	42.230
3	41.925	2081.098	43.486
4	42.898	2155.370	43.126
5	40.520	1989.291	43.613
Max	51.181	2161.218	45.679
Min	40.095	1989.291	42.230
Average	41.854	2096.563	43.627
SD	1.571	69.616	1.268

## 4.2 โฉนด TD

Sample	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
1	32.457	1890.306	38.807
2	34.503	1621.229	36.643
3	31.878	1765.786	33.320
4	30.917	1502.312	35.803
5	33.931	1674.767	35.012
Max	34.503	1890.306	38.807
Min	30.917	1502.312	33.320
Average	32.737	1690.880	35.917
SD	1.472	146.671	2.028

## ภาคผนวก จ

## ความต้านทานแรงฉีกขาดของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมชั้นเดียว

## 1. ฟิล์มพอลิแล็กติกแอซิด

## 1.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.220
2	0.191
3	0.211
4	0.204
5	0.216
Max	0.220
Min	0.191
Average	0.208
SD	0.0114

## 1.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.391
2	0.348
3	0.396
4	0.3886
5	0.503
Max	0.503
Min	0.348
Average	0.405
SD	0.057

## 2. फिल्मพอลิผสม PLA/LL/mPOE

## 2.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.252
2	0.232
3	0.230
4	0.232
5	0.245
Max	0.252
Min	0.230
Average	0.238
SD	0.00981

## 2.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.346
2	0.414
3	0.380
4	0.372
5	0.398
Max	0.414
Min	0.346
Average	0.405
SD	0.0578

## 3. फिल्मพอลิผสม PLA/LL/mPOE/MLS 0.5 phr

## 3.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.265
2	0.255
3	0.286
4	0.283
5	0.267
Max	0.286
Min	0.255
Average	0.271
SD	0.0130

## 3.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.416
2	0.406
3	0.451
4	0.391
5	0.431
Max	0.451
Min	0.391
Average	0.419
SD	0.0233



## 4. फिल्मพอลิผสม PLA/LL/mPOE/MLS 1 phr

## 4.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.295
2	0.314
3	0.261
4	0.282
5	0.271
Max	0.314
Min	0.261
Average	0.285
SD	0.0207

## 4.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.551
2	0.617
3	0.588
4	0.546
5	0.596
Max	0.617
Min	0.546
Average	0.580
SD	0.0303

## 5. फिल्मพอลิผสม PLA/LL/mPOE/MLS 3 phr

## 5.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.210
2	0.231
3	0.194
4	0.205
5	0.181
Max	0.231
Min	0.181
Average	0.204
SD	0.0187

## 5.1 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.293
2	0.275
3	0.234
4	0.293
5	0.281
Max	0.293
Min	0.234
Average	0.275
SD	0.0245

ความต้านแรงฉีกขาดของฟิล์มโคเอ็กซ์ทรูชันระหว่างพอลิเมอร์ผสมกับ PLA

1. ฟิล์มโคเอ็กซ์ทรูชัน PLA-PLA/LL/mPOE

1.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.341
2	0.317
3	0.344
4	0.324
5	0.351
Max	0.351
Min	0.317
Average	0.335
SD	0.014

1.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.741
2	0.769
3	0.741
4	0.769
5	0.804
Max	0.804
Min	0.741
Average	0.765
SD	0.025

## 2. फिल्मโคเอ็กซ์ทอร์ชั้น PLA-PLA/LL/mPOE/MLS 0.5 phr

## 2.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.447
2	0.437
3	0.410
4	0.455
5	0.462
Max	0.462
Min	0.410
Average	0.442
SD	0.0201

## 2.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.876
2	0.831
3	0.825
4	0.854
5	0.832
Max	0.876
Min	0.825
Average	0.843
SD	0.0210

## 3. फिल्मโคเอ็กซ์ทอร์ชัน PLA-PLA/LL/mPOE/MLS 1 phr

## 3.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.453
2	0.523
3	0.484
4	0.495
5	0.421
Max	0.523
Min	0.421
Average	0.475
SD	0.0394

## 3.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	1.047
2	1.059
3	1.062
4	1.030
5	1.031
Max	1.062
Min	1.030
Average	1.046
SD	0.0149

## 4. फिल्मโคเอ็กซ์ทอร์ชั้น PLA-PLA/LL/mPOE/MLS 3 phr

## 4.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.353
2	0.357
3	0.339
4	0.349
5	0.352
Max	0.357
Min	0.339
Average	0.350
SD	0.006

## 4.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	0.788
2	0.793
3	0.807
4	0.779
5	0.752
Max	1.062
Min	1.030
Average	1.046
SD	0.014

ความต้านแรงฉีกขาดของฟิล์มโคเอ็กซ์ทรูชันระหว่างพอลิเมอร์ผสมกับ LLDPE

1. ฟิล์มโคเอ็กซ์ทรูชัน LL-PLA/LL/mPOE

1.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	1.262
2	1.247
3	1.242
4	1.261
5	1.251
Max	1.262
Min	1.242
Average	1.253
SD	0.009

1.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	2.127
2	2.086
3	2.030
4	2.119
5	1.930
Max	2.127
Min	1.930
Average	2.0581
SD	0.081

## 2. फिल्मโคเอ็กซ์ทอร์ชัน LL-PLA/LL/mPOE/MLS 0.5 phr

## 2.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	1.524
2	1.532
3	1.517
4	1.4985
5	1.520
Max	1.532
Min	1.498
Average	1.518
SD	0.012

## 2.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	2.251
2	2.275
3	2.244
4	2.305
5	2.203
Max	2.305
Min	2.203
Average	2.256
SD	0.037



## 3. फिल्मโคเอ็กซ์ทริงชั้น LL-PLA/LL/mPOE/MLS 1 phr

## 3.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	1.512
2	1.623
3	1.593
4	1.581
5	1.526
Max	1.623
Min	1.512
Average	1.567
SD	0.046

## 3.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	2.680
2	2.657
3	2.728
4	2.704
5	2.739
Max	2.739
Min	2.657
Average	2.702
SD	0.033

## 4. फिल्मโคเอ็กซ์ทอร์ชัน LL-PLA/LL/mPOE/MLS 3 phr

## 4.1 แนว MD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	1.412
2	1.447
3	1.402
4	1.451
5	1.420
Max	1.451
Min	1.402
Average	1.426
SD	0.021

## 4.2 แนว TD

Sample	Tear Strength (MPa)
1	2.230
2	2.253
3	2.236
4	2.235
5	2.214
Max	2.253
Min	2.214
Average	2.234
SD	0.013

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชวลิต ชาญฉลาด เกิดเมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2532 สำเร็จการศึกษา  
ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ แขนงวิชาพอลิเมอร์และสิ่งทอ  
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 หลังจาก  
นั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์  
และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี  
การศึกษา 2554 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายปีการศึกษา 2555

