# รายการอ้างอิง


1. Walter, W. Handbook of Organic Chemistry. England: Prentice Hall Europe, 1996
2. Ying, L.; Xu-Ming, X.; and Bao-Hua, G. Study on strene-assisted melt free-radicall grafting of maleic anhydride onto polypropylene. Polymer 42(2001): 3419-3425
3. อรอุษา สรวารี. สารเติมแต่งพอลิเมอร์. เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546
4. วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์. การดัดแปรพอลิเมอร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546
5. Sathe, S.N.; Rao, G.S.S.; Devi, S. Grafting of maleic anhydride onto polypropylene : synthesis and characterization. Journal of Applied Polymer Science 53(1994): 239-245
6. Sclavons, M.; Franqunit, P.; Carlier, V.; Verfaillie, G.; Fallais, I.; Legras, R.; Laurent, M.; Thyrion, F.c. Quantification of maleic anhydride graft onto polypropylene by chemical and viscometric titratios and FTIR spectroscopy. Polymer 41(2000): 1989-1999
7. Dean, S.; Yang, J.; Yao, Z., Wang, Y.; Huang, H.; Jing, W.; Yin, J.; Costa, G. Functionalization of isotactic polypropylene with maleic anhydride by reactive extrusion : mechanism of melt grafting. Polymer 42(2001): 5549-5557
8. Bettini, S.H.P.; Agneli, J.A.M. Evaluation of methods used for analyzing maleic anhydride grafted onto polypropylene by reactive processing. Polymer Testing 19(2000): 3-15
9. Gaylord, C.N.C.; Mishra, M.K. Nondegradative reaction of maleic anhydride and molten polypropylene in the presence of peroxides. Journal of Polymer Science : Polymer Letters Edition 21(1983) : 23-30
10. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์. Special Topic in Polymer Materials. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
11. Compoy, I.;Arribas, J.M.; Zaporta, M.A.M.; Marco, C.; Gomez, M.A.; Fatou, J.G. Crystallization kinetics of polypropylene-polyamide compatibilized blends. Europe Polymer Journal 31(1995) : 475-480
12. Duvall, J.; Sellitti, C.; Myers, C.; Hiltner, A.; Baer, E. Effect of compatibilization on the properties polypropylene/polyamide- 66 (75/25 wt/wt) Blends. Journal of Applied Polymer Science 52(1994): 195-206

13. Malcolm, B.S. Polymer chemistry : An Introduction. 3rd ed., New York: Oxford University Press, 1999

14. Tedesco, A.; Barbosa, R.V.; Nachtigall, S.M.B.; Mauler, R.S. Comparative study of PP-MA and PP-GMA as compatibilizing agents on polypropylene/nylon 6 blends. Polymer Testing 21(2002): 11-15

15. ดวงหทัย เพ็ญตระกูล. เคมีเชิงฟิสิกส์ของพอลิเมอร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547

16. Brandrup, J. Polymer Handbook. New York : John Wiley & Sons, 1975

17. พัชรียา สุริยะไชย. พอลิเมอร์ผสมของยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยไกลซิดิลเมทาคริเลตและสไตรีน/พอลิเมทาคริเลต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544

18. Metha, I.K.; Kumar, S.; Chauhan, G.S.; Misra, B.N. Grafting onto isotactic polypropylene III Gamma rays induced graft copolymerization of water soluble vinyl monomer. Journal of Applied Polymer Science 41(1990): 1171-1180

19. Roeder, J.; Oliveria, R.V.B.; Goncalves, M.C.; Soldi, V.; Pires, A.T.N. Polypropylene/ polyamide-6 blends : Influence of compatibilizing agent on interface domains. Polymer Testing 21(2002) : 815-821

20. วิชัย ริ้วตระกูล; และคณะ. การประยุกต์สเปคโตรสโคปีในเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์, 2527

21. แม้น อมรสิทธิ์; อมร เพชรสม. Principles and Technique of Instrumental Analysis. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534

22. Vandeberg, J.T. An Infrared Spectroscopy Atlas for the Coating Industry. Pensylvania : Federation of Societies for coating technology, 1980

23. John, A. Lange's handbook of Chemistry. 15th ed., New York : McGraw-Hill,1999

24. อุดมศักดิ์ พาลี. ผลของอัตราส่วนผสมต่อการดูดซึมน้ำ สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่างไนลอน 6 และพอลิโพรพิลีนโคพอลิเมอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

**ตารางที่ ก-1** เปอร์เซ็นต์ผลิตผลจากการสังเคราะห์มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนที่ภาวะต่างๆ

| ภาวะที่* | พอลิโพรพิลีน (%w/v) | เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (%w/v) | มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (%w/v) | เวลา (ชั่วโมง) | % ผลิตผล |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.5 | 0.10 | 1.25 | 6 | 69.5 |
| 2 | 2.5 | 0.10 | 1.25 | 8 | 63.3 |
| 3 | 2.5 | 0.15 | 1.25 | 6 | 60.6 |
| 4 | 2.5 | 0.15 | 1.25 | 8 | 64.3 |
| 5 | 2.5 | 0.30 | 1.25 | 6 | 62.0 |
| 6 | 2.5 | 0.30 | 1.25 | 8 | 62.2 |
| 7 | 2.5 | 0.10 | 2.50 | 6 | 49.0 |
| 8 | 2.5 | 0.10 | 2.50 | 8 | 53.8 |
| 9 | 2.5 | 0.15 | 2.50 | 6 | 48.7 |
| 10 | 2.5 | 0.15 | 2.50 | 8 | 49.6 |
| 11 | 2.5 | 0.30 | 2.50 | 6 | 47.3 |
| 12 | 2.5 | 0.30 | 2.50 | 8 | 49.8 |
| 13 | 2.5 | 0.15 | 1.25 | 6 | 65.0 |

* ภาวะที่ 1- 12 ใช้พอลิโพรพิลีนเกรด P600F ที่มีดัชนีการไหล 10 g/10 min

ภาวะที่ 13 ใช้พอลิโพรพิลีนเกรด P401S ที่มีดัชนีการไหล 2.4 g/10 min

**ตารางที่ ก-2** เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนที่ภาวะต่างๆ และทางการค้า

| ภาวะที่* | พอลิโพรพิลีน (% w/v) | เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (% w/v) | มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (% w/v) | เวลา (ชั่วโมง) | เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.5 | 0.10 | 1.25 | 6 | 0.75 ±0.02 |
| 2 | 2.5 | 0.10 | 1.25 | 8 | 0.73 ±0.05 |
| 3 | 2.5 | 0.15 | 1.25 | 6 | 0.87 ±0.06 |
| 4 | 2.5 | 0.15 | 1.25 | 8 | 0.79 ±0.05 |
| 5 | 2.5 | 0.30 | 1.25 | 6 | 0.70 ±0.04 |
| 6 | 2.5 | 0.30 | 1.25 | 8 | 0.67 ±0.03 |
| 7 | 2.5 | 0.10 | 2.50 | 6 | 0.74 ±0.04 |
| 8 | 2.5 | 0.10 | 2.50 | 8 | 0.69 ±0.02 |
| 9 | 2.5 | 0.15 | 2.50 | 6 | 0.76 ±0.02 |
| 10 | 2.5 | 0.15 | 2.50 | 8 | 0.73 ±0.03 |
| 11 | 2.5 | 0.30 | 2.50 | 6 | 0.66 ±0.05 |
| 12 | 2.5 | 0.30 | 2.50 | 8 | 0.62 ±0.01 |
| 13 | 2.5 | 0.15 | 1.25 | 6 | 0.82 ±0.01 |
| ทางการค้า | - | - | - | - | 0.72 ±0.05 |

* ภาวะที่ 1- 12 ใช้พอลิโพรพิลีนเกรด P600F ที่มีดัชนีการไหล 10 g/10 min

ภาวะที่ 13 ใช้พอลิโพรพิลีนเกรด P401S ที่มีดัชนีการไหล 2.4 g/10 min

1. **วิธีการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน**

ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาจากการไทเทรต

1) มาเลอิกแอนไฮไดรด์ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

2) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มากเกินพอทำปฏิกิริยากับไตรคลอโรอะซีติก

สมมติให้ปริมาตรของไตรคลอโรแอซีติกที่ใช้ในการไทเทรตมีปริมาตร 11.40 มิลลิลิตร

สารตัวอย่างที่ใช้หนัก 1.0018 กรัม

มาเลอิกแอนไฮไดรด์ทีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 98.06 กรัม/โมล

จำนวนโมลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ = (โมลาร์ x ปริมาตร) / 1000

= (0.05 x 10) / 1000 โมล

= $5 \times 10^{-4}$ โมล

จำนวนโมลของไตรคลอโรแอซีติกที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

= (0.03 x ปริมาตรของไตรคลอโรแอซีติกที่ใช้ในการไทเทรต ) / 1000

= (0.03 x 11.40) / 1000 โมล

= $3.42 \times 10^{-4}$ โมล

สมมติให้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับไตรคลอโรแอซีติกเท่ากับ y โมล

ซึ่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับไตรคลอโรแอซีติกในอัตราส่วน 1:1 ดังนั้นจะได้

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ / ไตรคลอโรแอซีติก = 1/1 = $y / 3.42 \times 10^{-4}$

$y = 3.42 \times 10^{-4}$ โมล

∴ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับมาเลอิกแอนไฮไดรด์

= $(5 \times 10^{-4}) - (3.42 \times 10^{-4})$ โมล

= $1.58 \times 10^{-4}$ โมล

จากโมลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ = โมลของมาเลอิกแอนไฮไดรด์

∴ น้ำหนักของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ในสารตัวอย่าง

= $\{(1.58 \times 10^{-4})/2\}$ x (98.06 กรัม/โมล)

= $7.75 \times 10^{-3}$ โมล

สารตัวอย่าง 1.0018 กรัม มีมาเลอิกแอนไฮไดรด์ $7.75 \times 10^{-3}$ กรัม

สารตัวอย่าง 100 กรัม มีมาเลอิกแอนไฮไดรด์ $\{(7.75 \times 10^{-3}) \times 100\} / 1.0018$ กรัม

= 0.77 กรัม

∴ เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเท่ากับ 0.77 เปอร์เซ็นต์

## ภาคผนวก ข

**ตารางที่ ข-1** ค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 โดยใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสม

| **PP/PP-*g*-MAH/PA6** | **PP-*g*-MAH** | **ค่าเฉลี่ย (MPa)** | **ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน** |
|---|---|---|---|
| 70/0/30 | - | 24.6 | 0.35 |
| 70/5/30 | ทางการค้า | 35.4 | 0.65 |
| | MFI 10 | 33.8 | 0.28 |
| | MFI 2.4 | 33.4 | 0.25 |
| 70/10/30 | ทางการค้า | 33.4 | 0.27 |
| | MFI 10 | 35.3 | 0.51 |
| | MFI 2.4 | 34.5 | 0.38 |
| 30/0/70 | - | 46.8 | 3.46 |
| 30/5/70 | ทางการค้า | 53.0 | 0.47 |
| | MFI 10 | 49.6 | 0.51 |
| | MFI 2.4 | 53.2 | 0.52 |

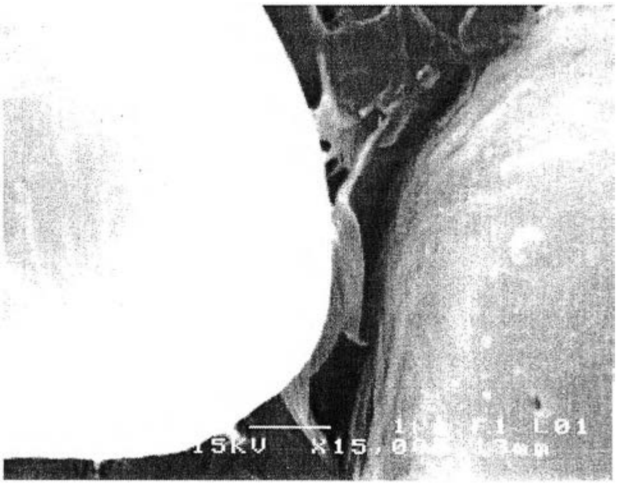
**ตารางที่ ข-2** ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 โดยใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสม

| **PP/PP-*g*-MAH/PA6** | **PP-*g*-MAH** | **ค่าเฉลี่ย** | **ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน** |
|---|---|---|---|
| 70/0/30 | - | 12.2 | 0.60 |
| 70/5/30 | ทางการค้า | 11.5 | 0.85 |
| | MFI 10 | 13.5 | 0.37 |
| | MFI 2.4 | 14.4 | 0.89 |
| 70/10/30 | ทางการค้า | 13.1 | 0.56 |
| | MFI 10 | 14.0 | 0.23 |
| | MFI 2.4 | 13.7 | 0.34 |
| 30/0/70 | - | 18.2 | 1.57 |
| 30/5/70 | ทางการค้า | 18.3 | 1.72 |
| | MFI 10 | 23.7 | 2.73 |
| | MFI 2.4 | 23.0 | 1.51 |

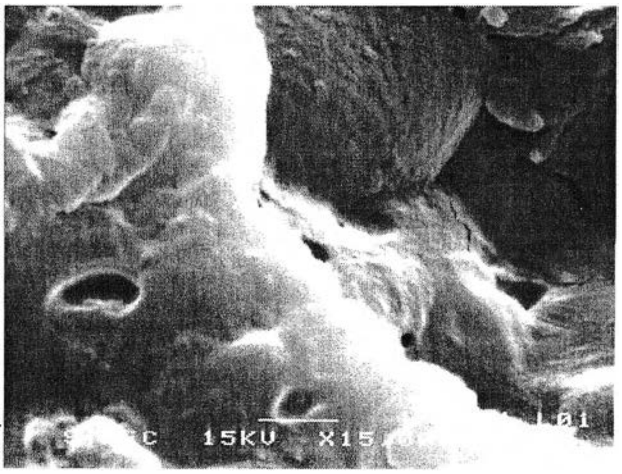
**ตารางที่ ข-3** ค่ายังส์มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 โดยใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสม

| **PP/PP-*g*-MAH/PA6** | **PP-*g*-MAH** | **ค่าเฉลี่ย (MPa)** | **ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน** |
|---|---|---|---|
| 70/0/30 | - | 454.6 | 12.66 |
| 70/5/30 | ทางการค้า | 509.7 | 7.01 |
| | MFI 10 | 471.9 | 12.47 |
| | MFI 2.4 | 449.0 | 7.68 |
| 70/10/30 | ทางการค้า | 456.2 | 7.00 |
| | MFI 10 | 465.1 | 9.46 |
| | MFI 2.4 | 464.5 | 7.50 |
| 30/0/70 | - | 654.4 | 9.32 |
| 30/5/70 | ทางการค้า | 647.5 | 9.87 |
| | MFI 10 | 612.0 | 8.55 |
| | MFI 2.4 | 665.0 | 9.92 |

**ภาคผนวก ค**

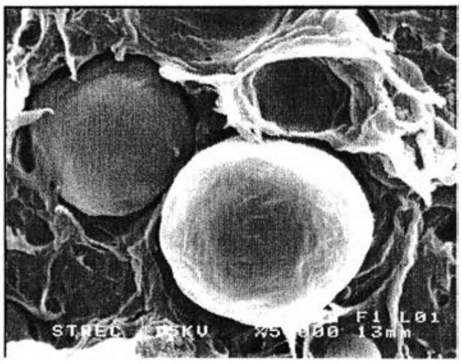



**รูปที่ ค-1** สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์6ในอัตราส่วน 70:30 ที่กำลังขยาย 15000 เท่า

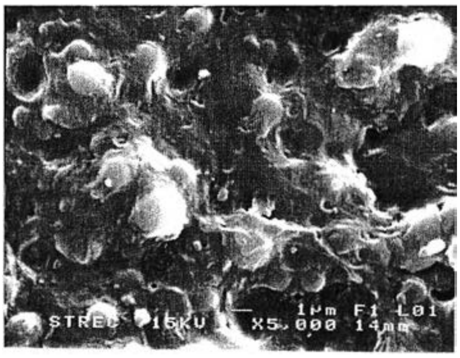



**รูปที่ ค-2** สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70/5/30 ที่กำลังขยาย 15000 เท่า

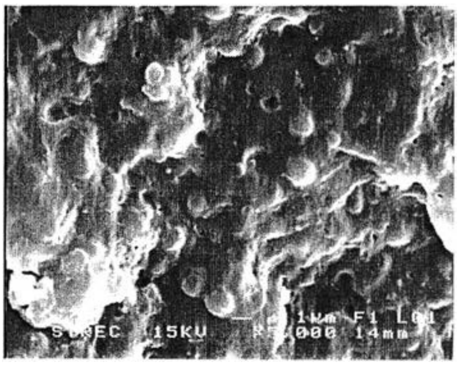
ก )



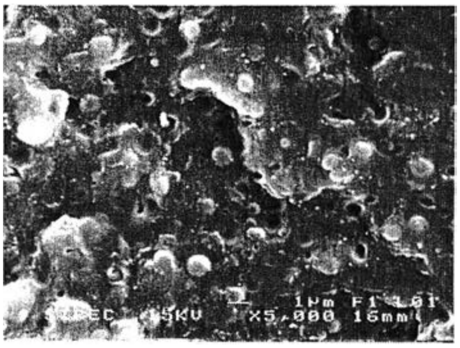
ข )



ค )

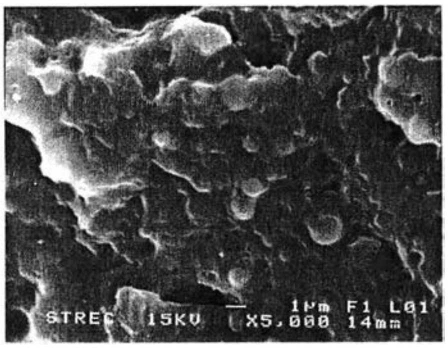


ง )

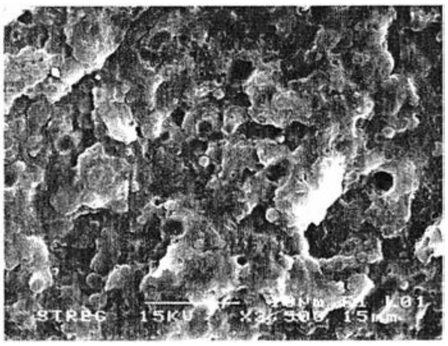


**รูปที่ ค-3** สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์6
ก) 70/0/30 ข) 70/5(ทางการค้า)/30 ค) 70/5(MFI10)/30 ง) 70/5(MFI2.4)/30
ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

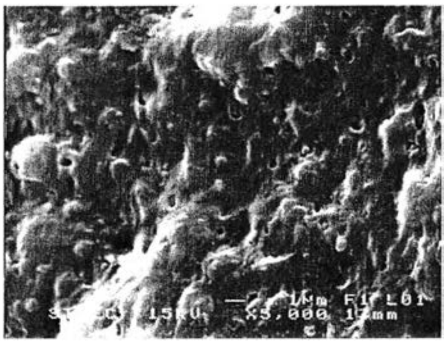
ก)



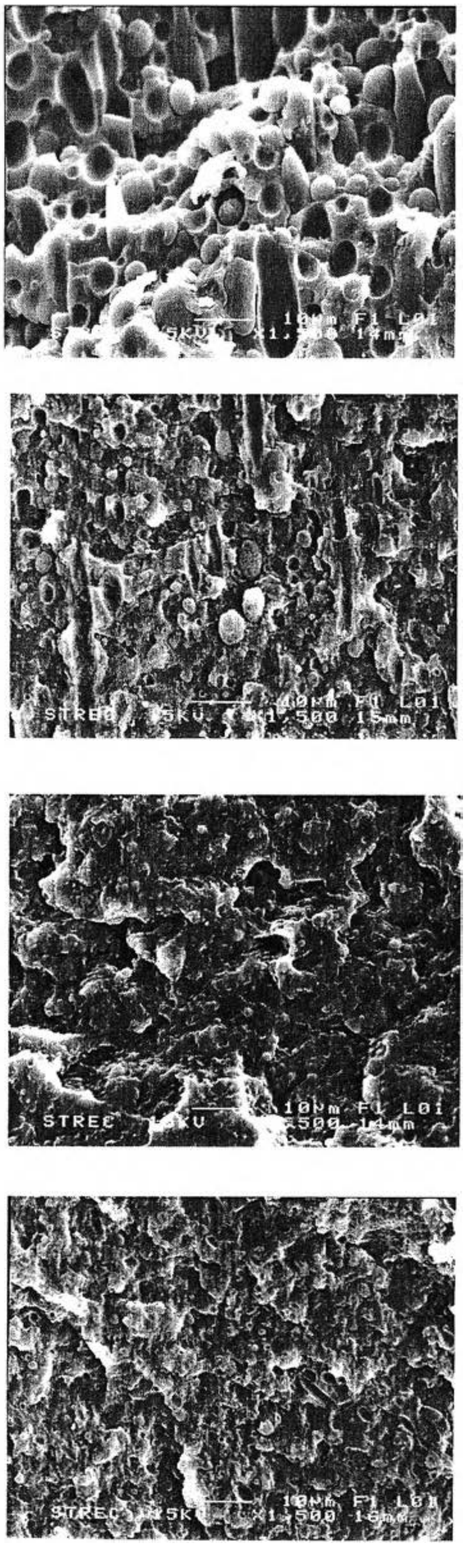

ข)



ค)



**รูปที่ ค-4** สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์6 ก) 70/10(ทางการค้า)370 ข) 70/10(MFI 10)/30 ค) 70/10(MFI 2.4)/30 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า



ก)

ข)

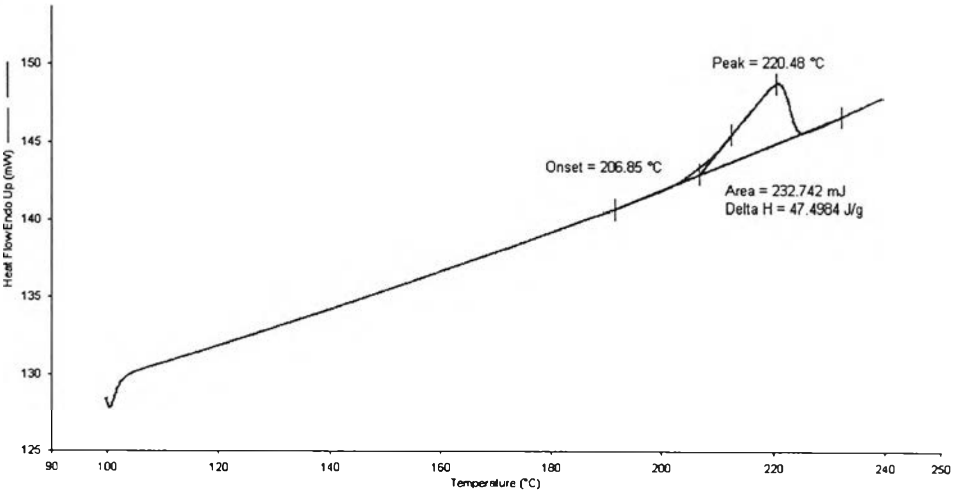
ค)

ง)

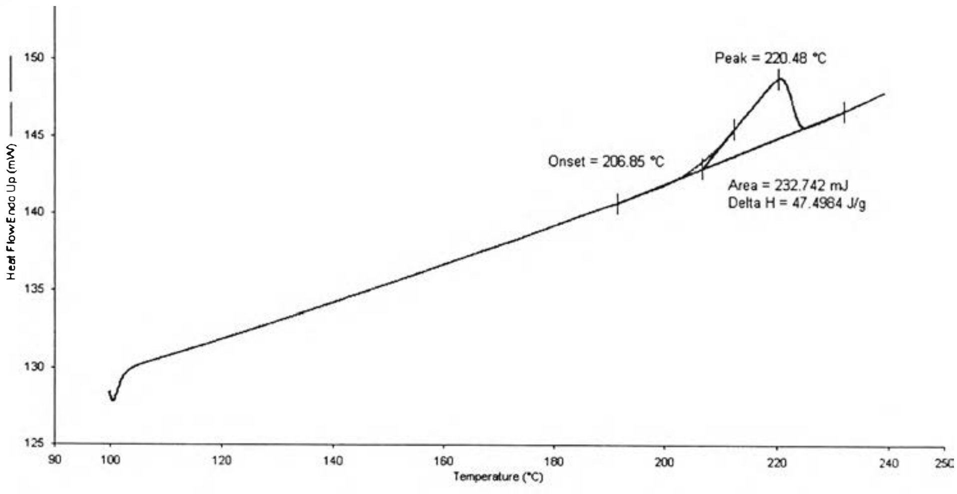
**รูปที่ ค-5** สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์6 ก) 30/0/70 ข) 30/5(ทางการค้า)/70 ค) 30/5(MFI 10)/70 ง) 30/5(MFI 2.4)/70 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า

# ภาคผนวก ง

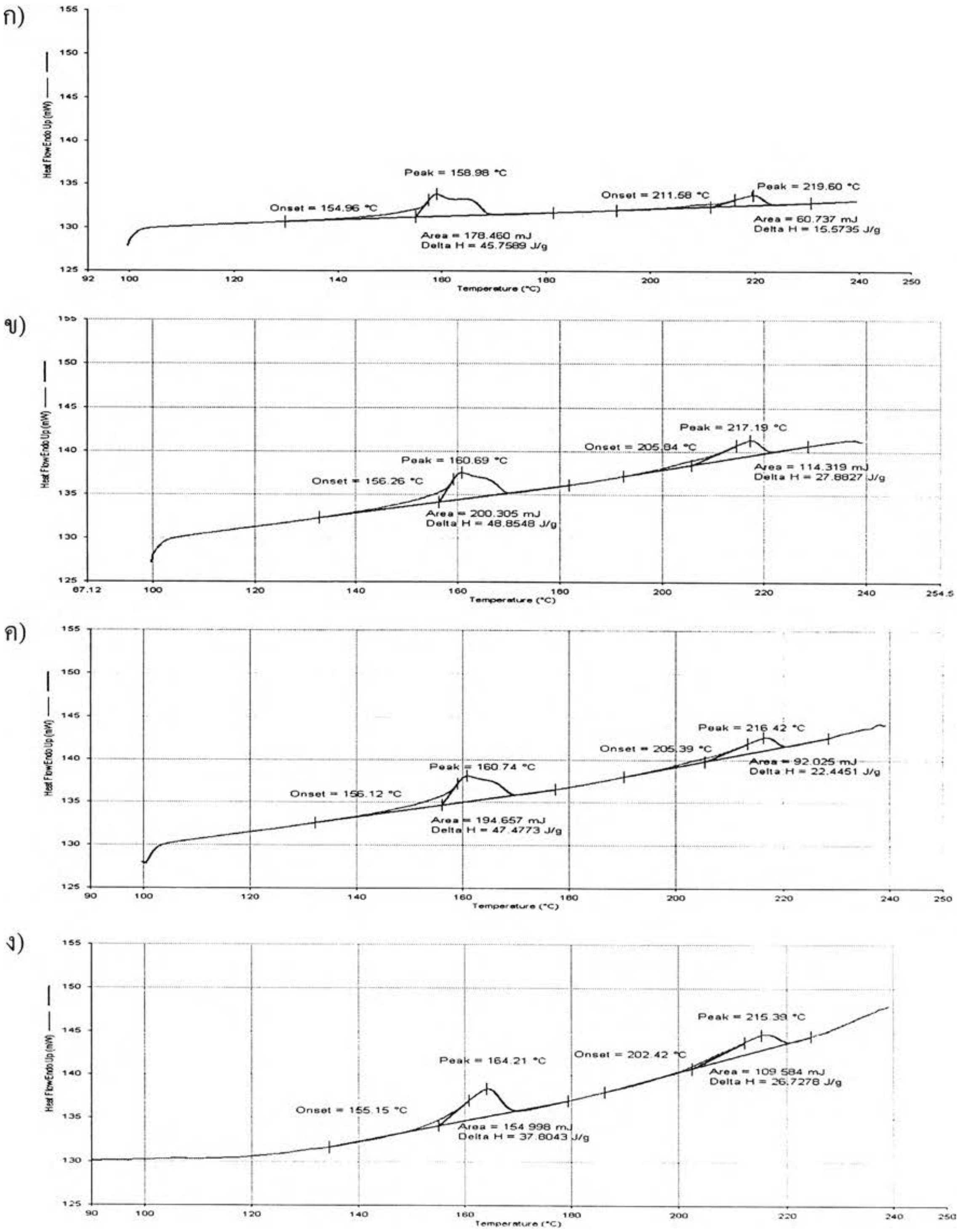
ก)




ข)



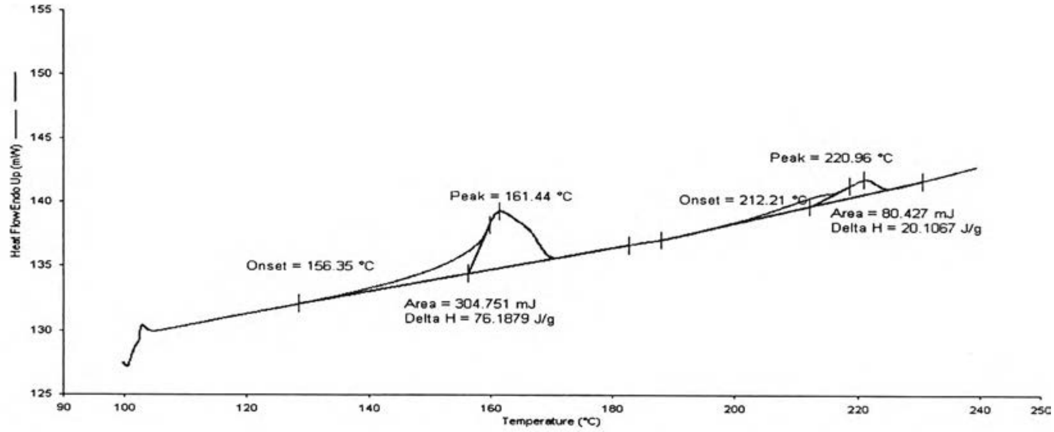

**รูปที่ ง-1** DSC thermogram ก) พอลิโพรพิลีน (เกรดฉีด) ข) พอลิเอไมด์ 6



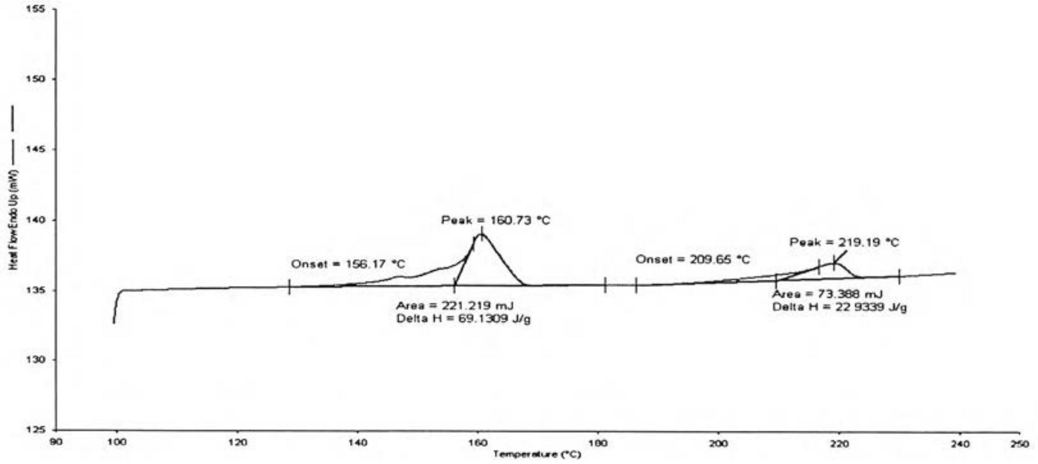

**รูปที่ ง-2** DSC thermogramของระบบพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/ไนลอน6

ก) 70/0/30 ข)70/5(ทางการค้า)/30 ค) 70/5(MFI 10)/30 ง) 70/5(MFI 2.4)/30

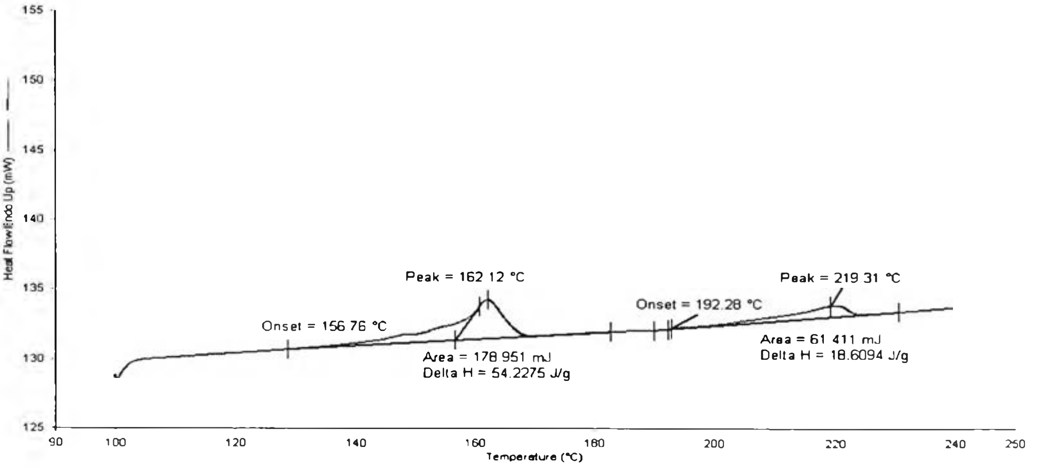
ก)




ข)



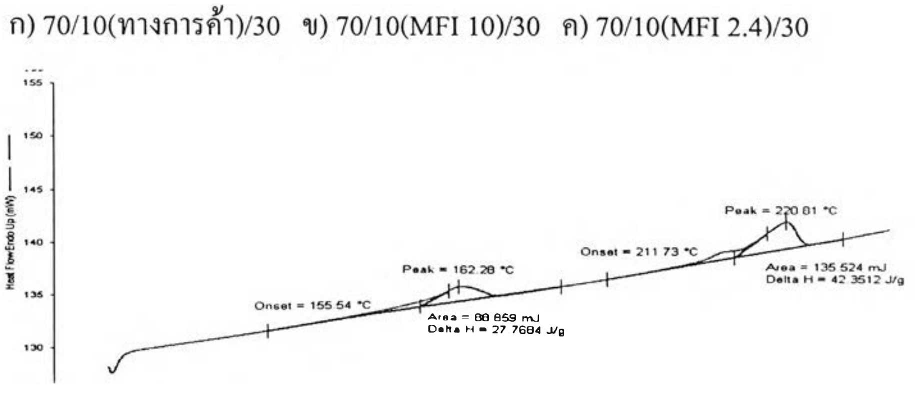

ค)




**รูปที่ ง-3** DSC thermogramของระบบพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์ 6

ก) 70/10(ทางการค้า)/30 ข) 70/10(MFI 10)/30 ค) 70/10(MFI 2.4)/30

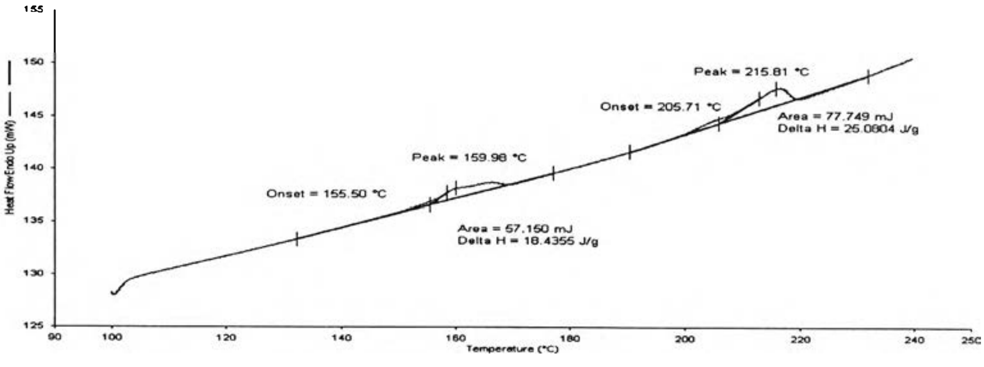
รูป ก)



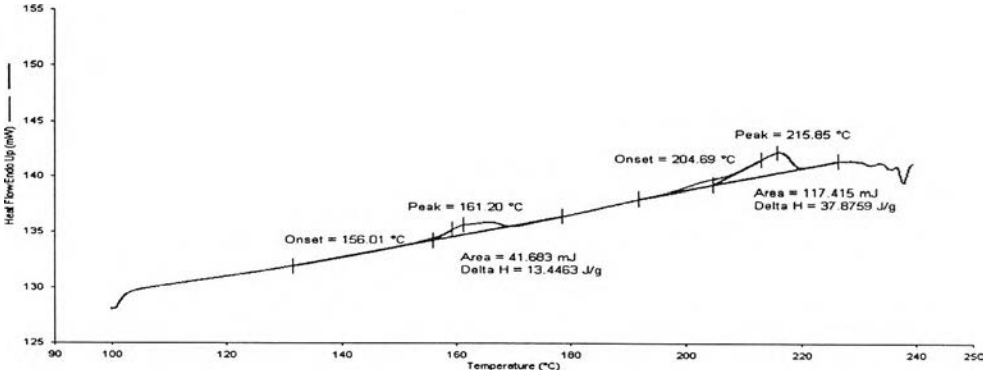

ด์ 6

ง)

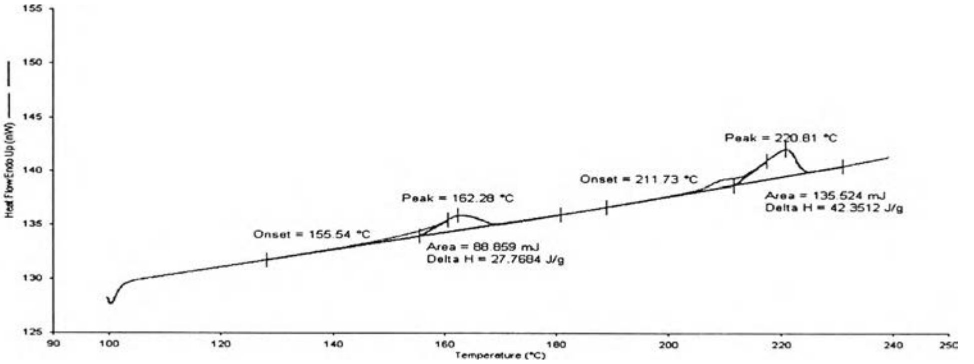
ก)



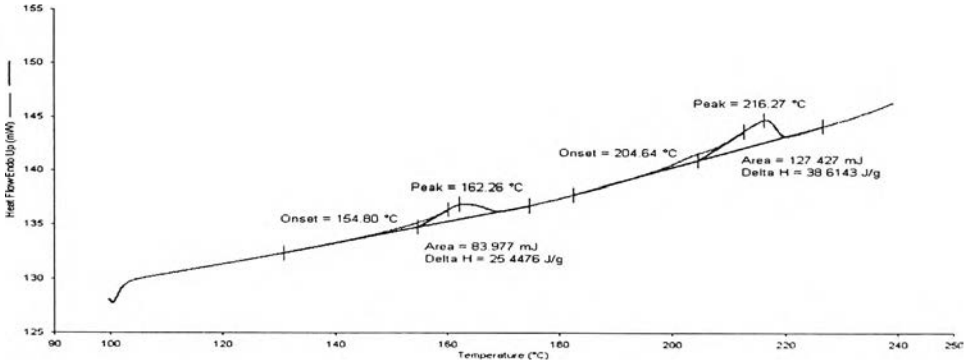

ข)




ค)



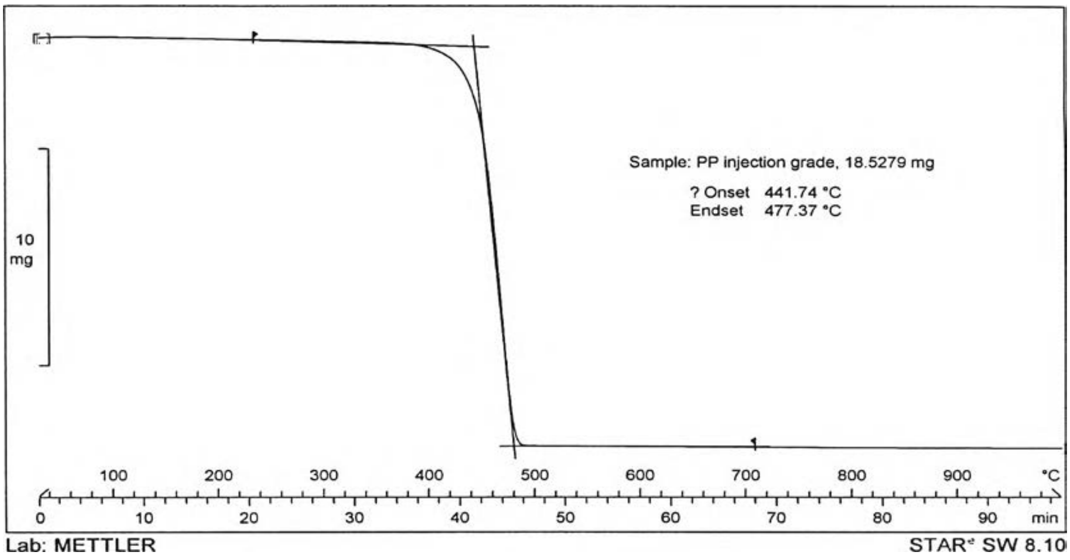

ง)



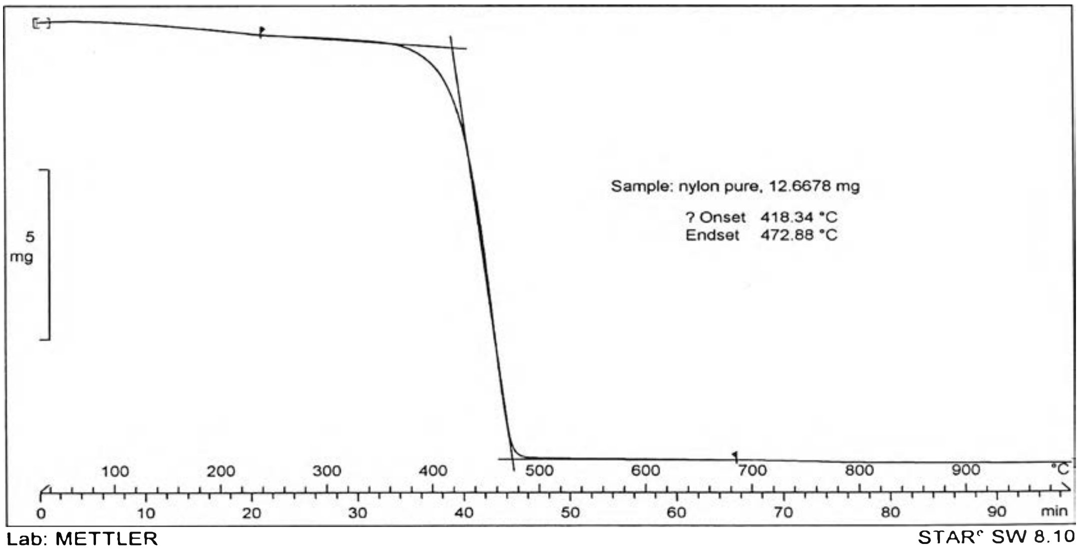

**รูปที่ ง-4** DSC thermogramของระบบพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์ 6 ก) 30/0/70 ข) 30/5(ทางการค้า)/70 ค) 30/5(MFI 10)/70 ง) 30/5(MFI 2.4)/70

# ภาคผนวก จ

ก)

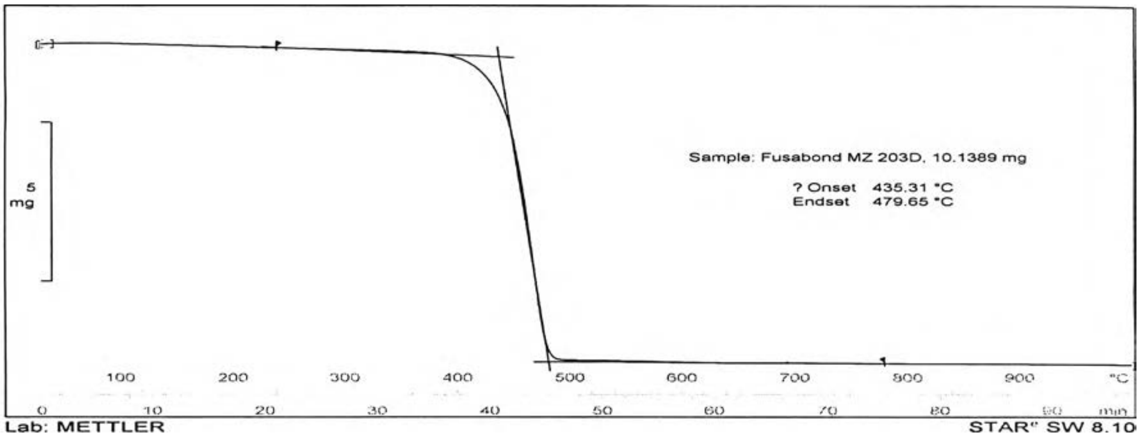



ข)

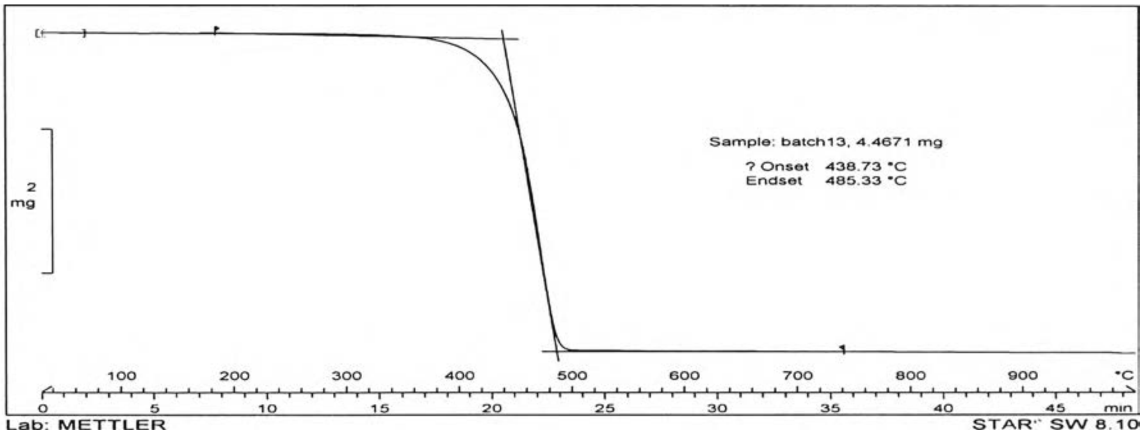



**รูปที่ จ-1** กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ก) พอลิโพรพิลีน ( เกรดฉีด) ข) พอลิเอไมด์ 6

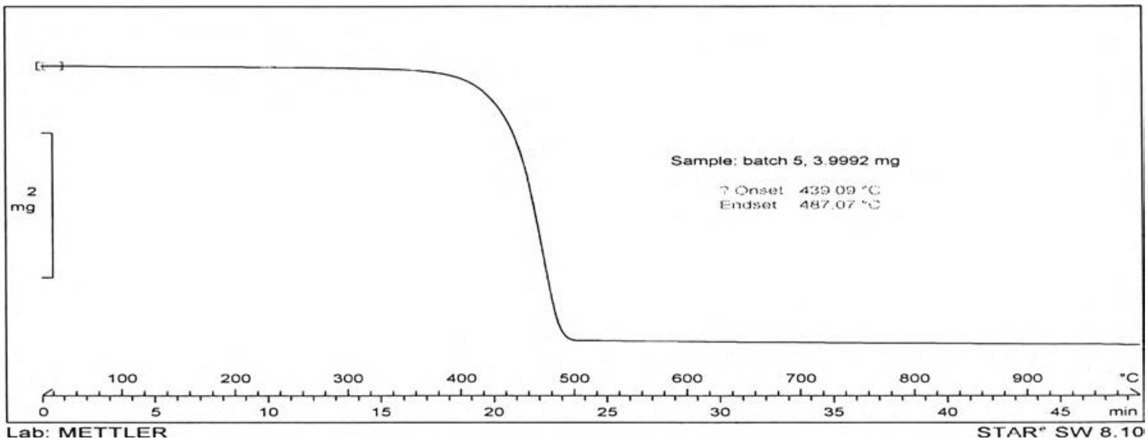
ก)




ข)

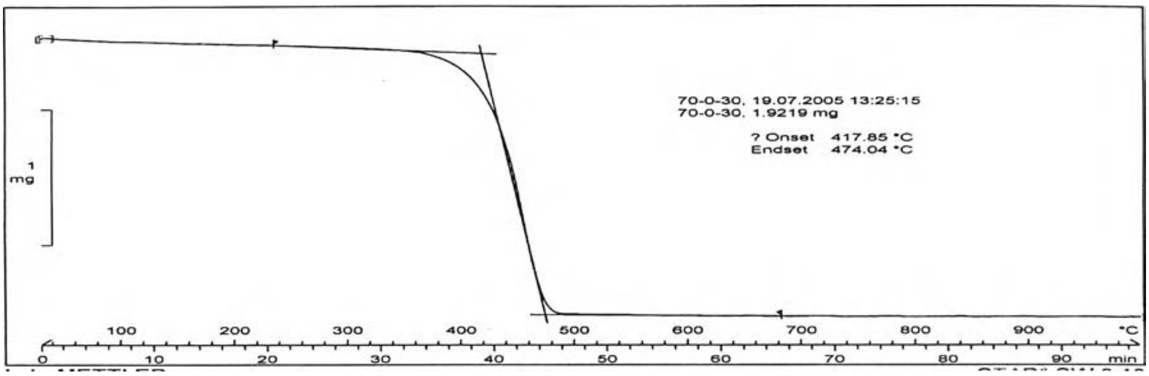



ค)

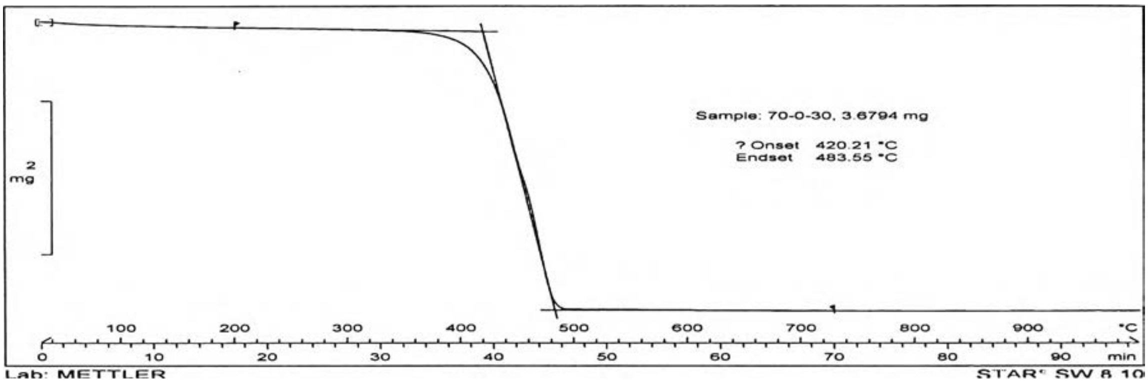



**รูปที่ จ-2** กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGAของ PP-*g*-MAH ก) เกรดทางการค้า ข) ที่เตรียมได้จากพอลิโพรพิลีน MFI 10 ค) ที่เตรียมได้จากพอลิโพรพิลีน MFI 2.4

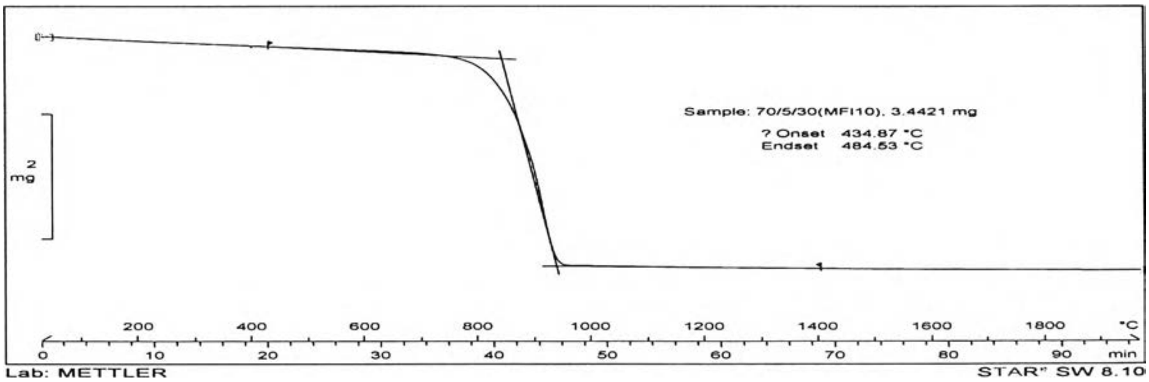
ก)



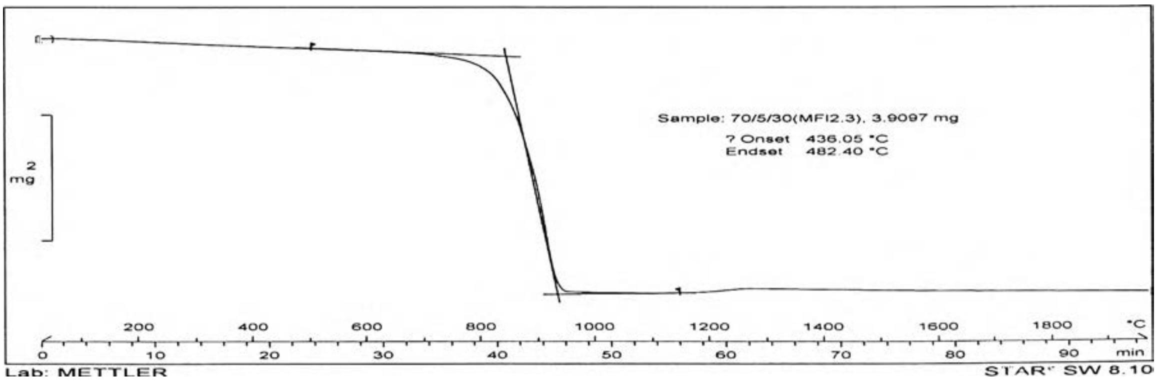

ข)




ค)




ง)

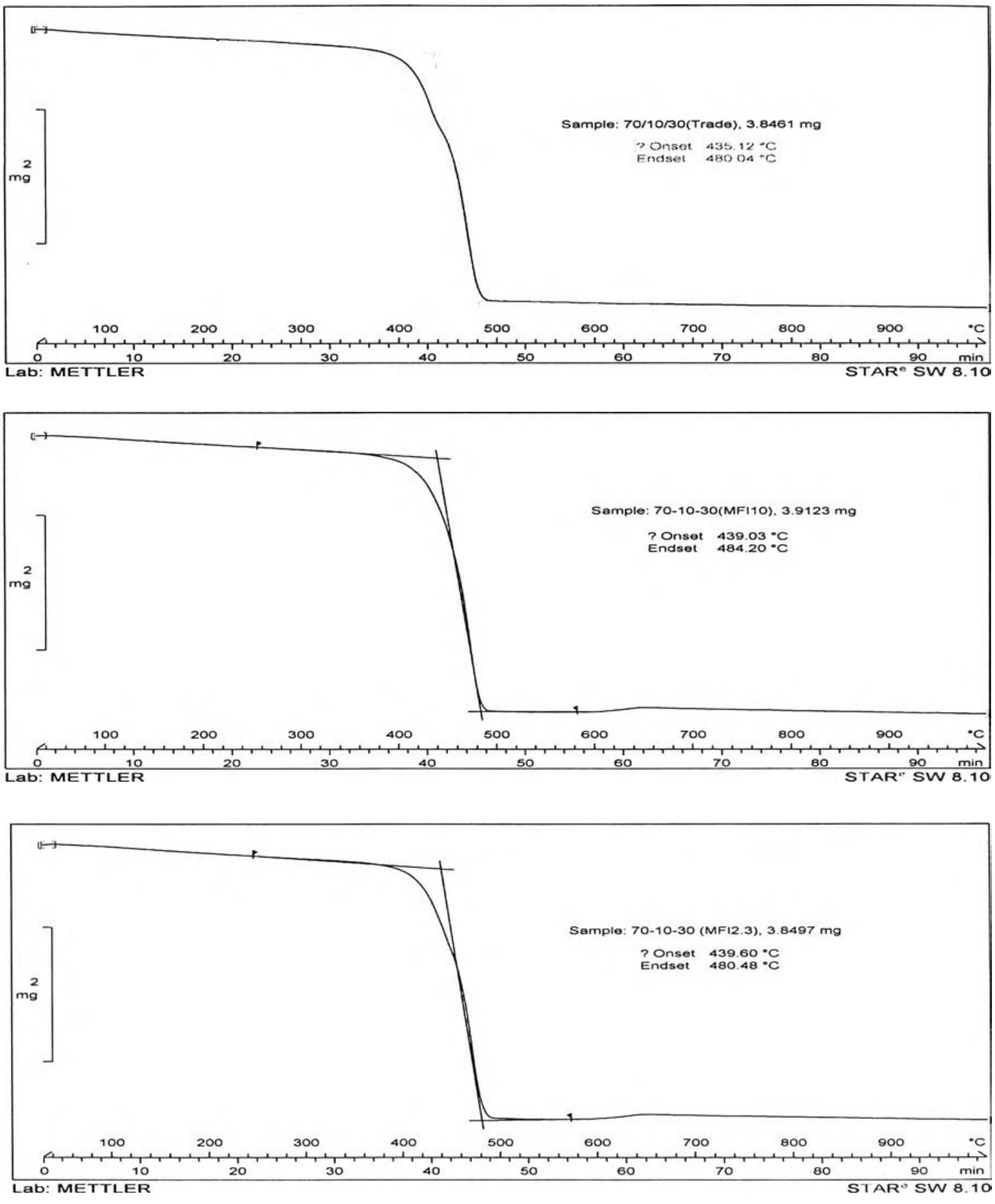



**รูปที่ จ-3** กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGAของระบบพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน / สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์ 6 ก) 70/0/30 ข) 70/5(ทางการค้า)/30 ค) 70/5(MFI 10)/30 ง) 70/5(MFI2.4)/30

ก)

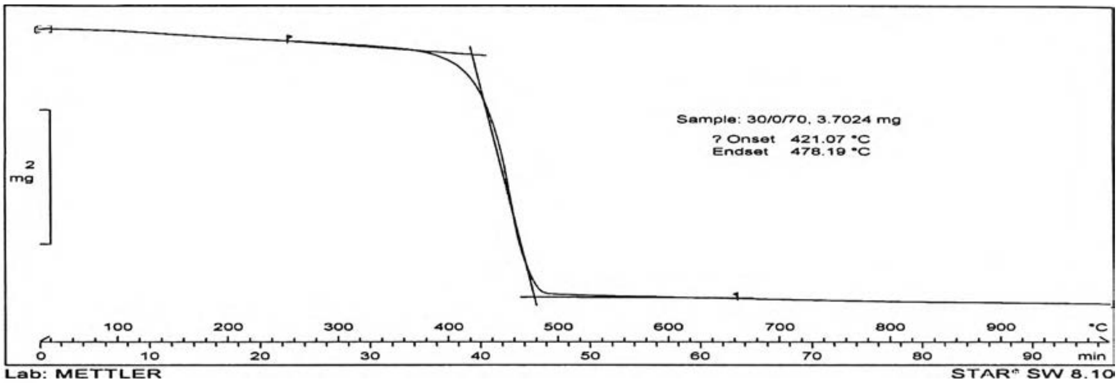
ข)

ค)

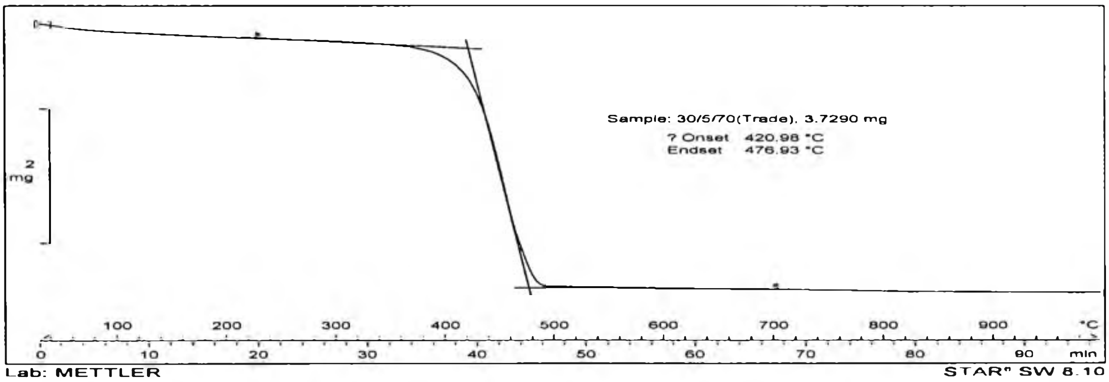



**รูปที่ จ-4** กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGAของระบบพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์ 6 ก) 70/10(ทางการค้า)/30 ข) 70/10(MFI 10)/30 ค) 70/10(MFI 2.4)/30

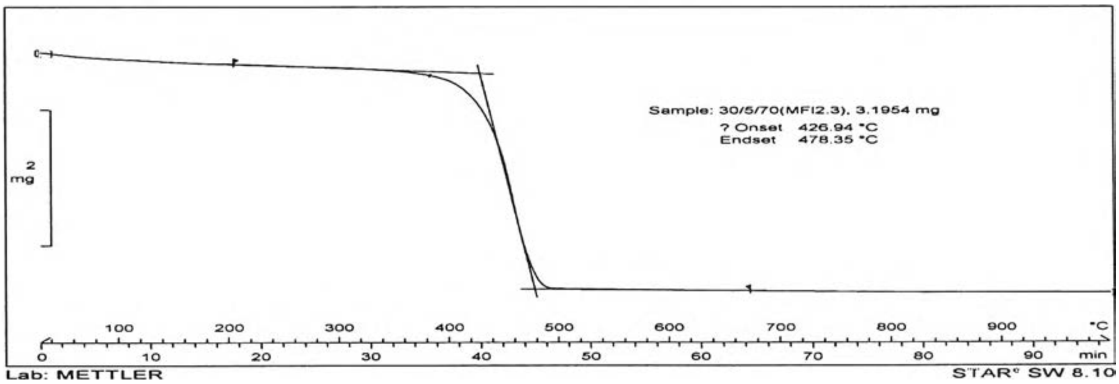
ก)



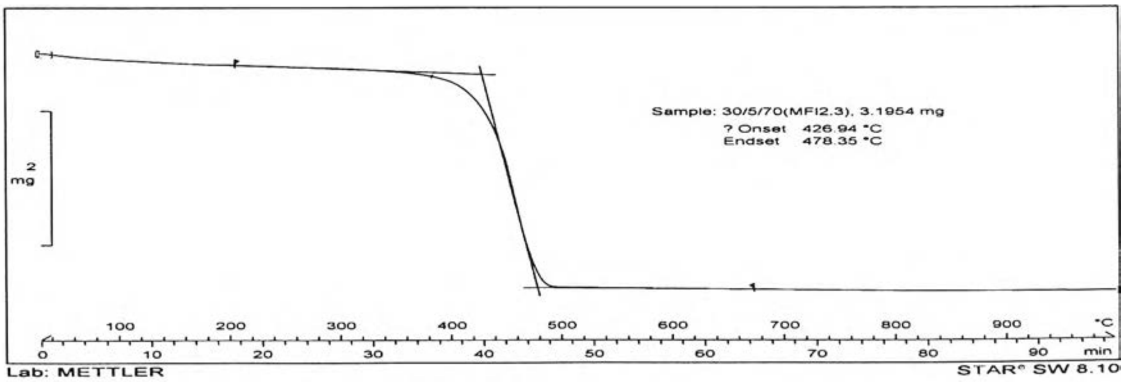

ข)




ค)




ง)




**รูปที่ จ-5** กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของระบบพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์ 6 ก)30/0/70 ข)30/5(ทางการค้า) ค)30/5(MFI10)/70 ง) 30/5(MFI2.4)/70

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุชาดา จงประกอบกิจ เกิดเมื่อวันที่ 11 เมษายน พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2545 หลังจากนั้นศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคปลายของปีการศึกษา 2546 และสำเร็จการศึกษาในภาคต้นปีการศึกษา 2548 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี

สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย