

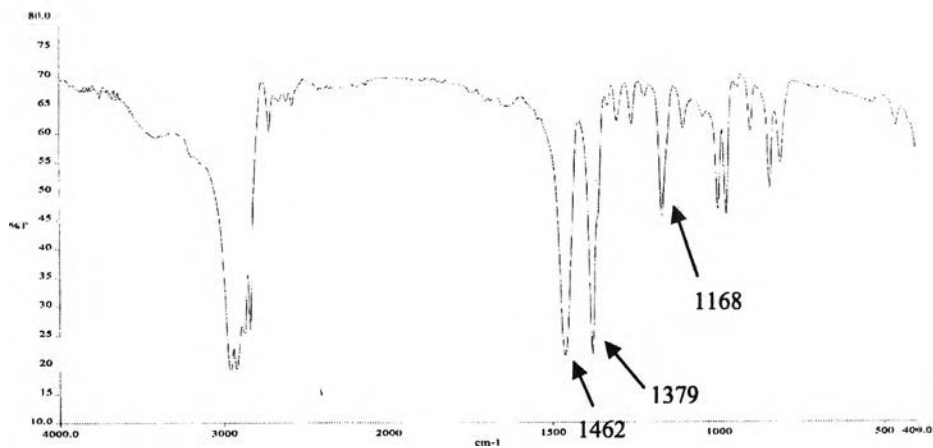


บทที่ 4

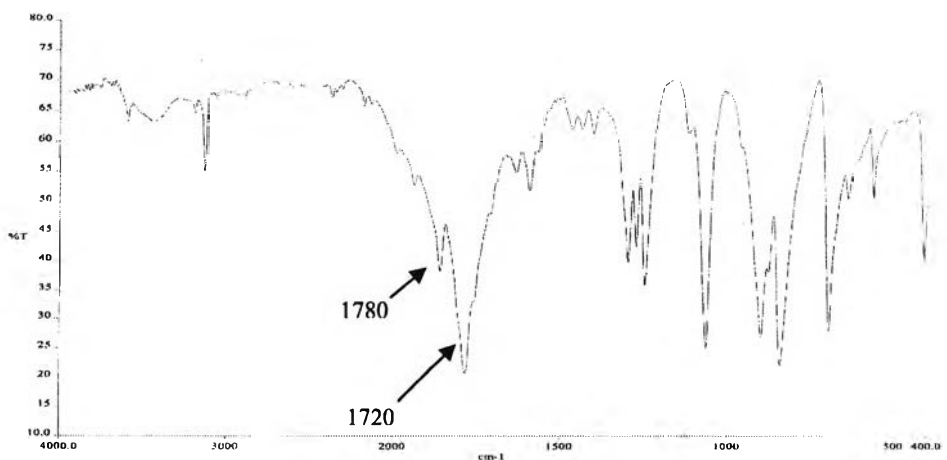
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FT-IR

รูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดง FT-IR สเปกตรัมของพอลิโพรพิลีนและมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.3 แสดง FT-IR สเปกตรัมของมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเกรดทางการค้า และที่สังเคราะห์ได้

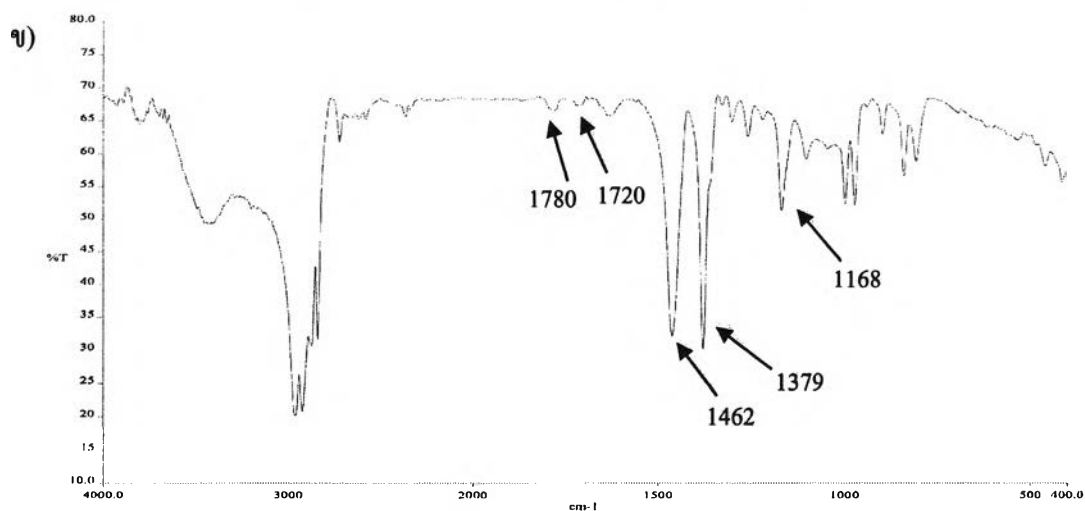
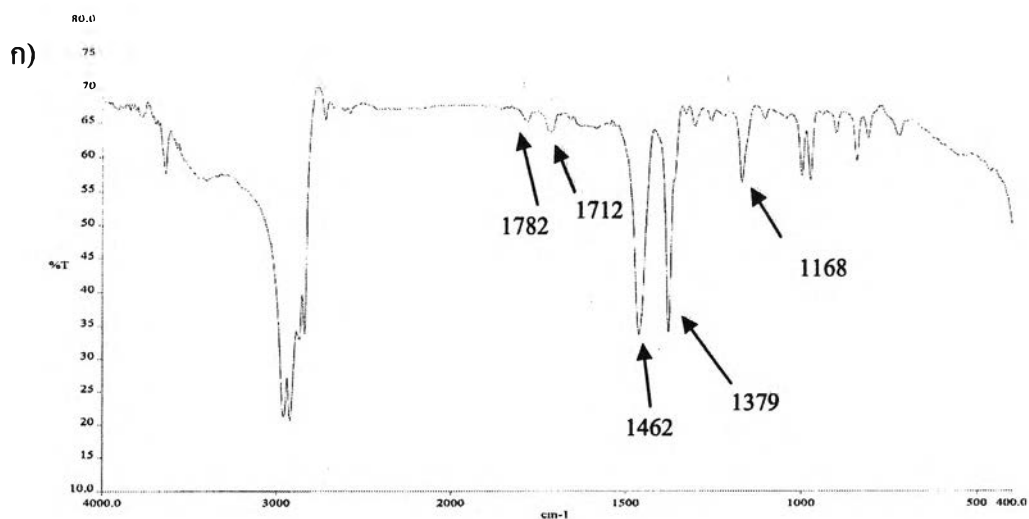


รูปที่ 4.1 FT-IR สเปกตรัมของพอลิโพรพิลีน



รูปที่ 4.2 FT-IR สเปกตรัมของมาเลอิกแอนไฮไดรด์

รูปที่ 4.1 แสดงพีคที่เลขคลื่น 1168 1378 และ 1462 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่แสดงลักษณะของหมู่เมทิลและเมทิลีนของพอลิโพรพิลีน พันธะ C-H แบบสมมาตร พันธะ C-H แบบอสมมาตร ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.2 แสดงพีคที่เลขคลื่น 1720 และ 1780 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่แสดงลักษณะเฉพาะของวงแอนไฮไดรด์

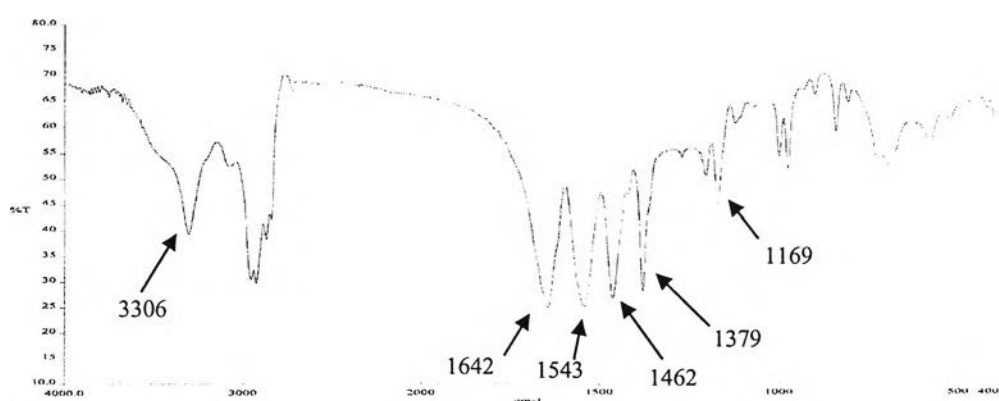


รูปที่ 4.3 FT-IR สเปกตรัมของมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน

ก) ทางการค้า ข) ที่สังเคราะห์ได้

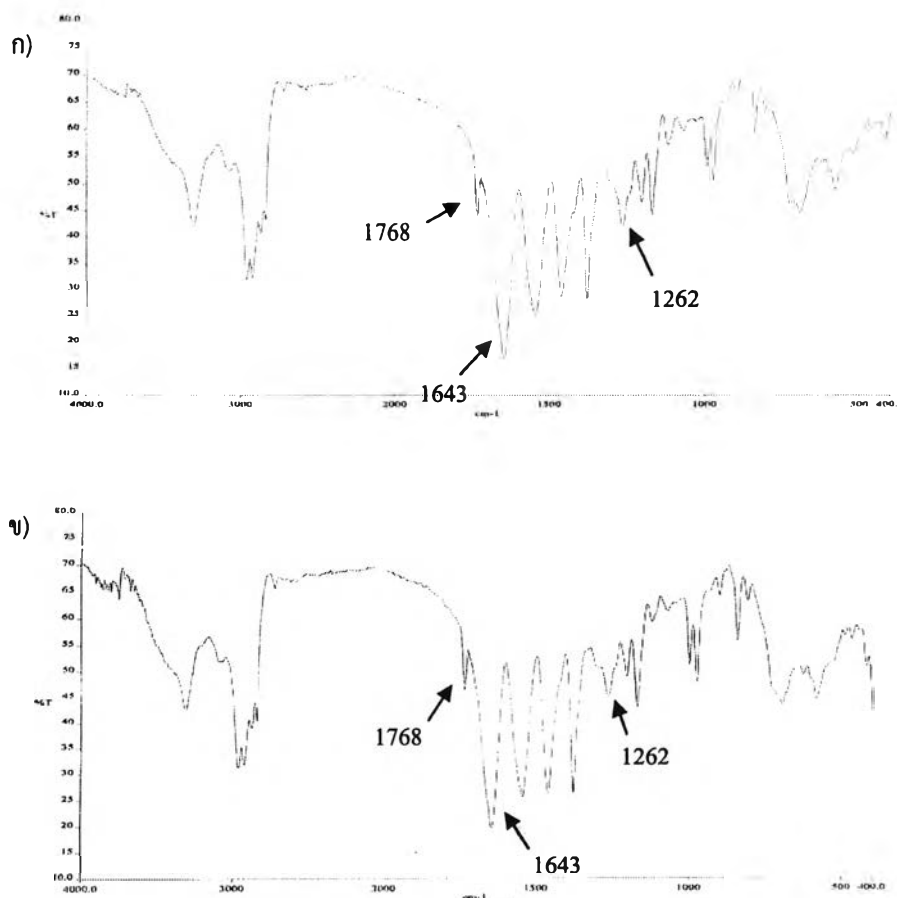
รูปที่ 4.3 ก) และ 4.3 ข) แสดงพิกที่ตำแหน่ง 1168 1379 และ 1462 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิกที่เป็นลักษณะเฉพาะของพอลิโพรพิลีน ซึ่งนอกจากพิกของพอลิโพรพิลีนที่ได้กล่าวไป พบว่าสเปกตรัมของมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนทางการค้าปรากฏพิกที่เลขคลื่น 1712 และ 1782 cm^{-1} ขณะที่กราฟต์โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ได้แสดงพิกที่เลขคลื่น 1720 และ 1780 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิกที่แสดงลักษณะเฉพาะของวงแอนไฮไดรด์ [5,6] แสดงว่าเกิดการกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์บนพอลิโพรพิลีนขึ้นจริง

รูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงตัวอย่างของ FT-IR สเปกตรัม ที่ได้จากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก ที่ไม่ใส่และใส่สารช่วยผสมตามลำดับ



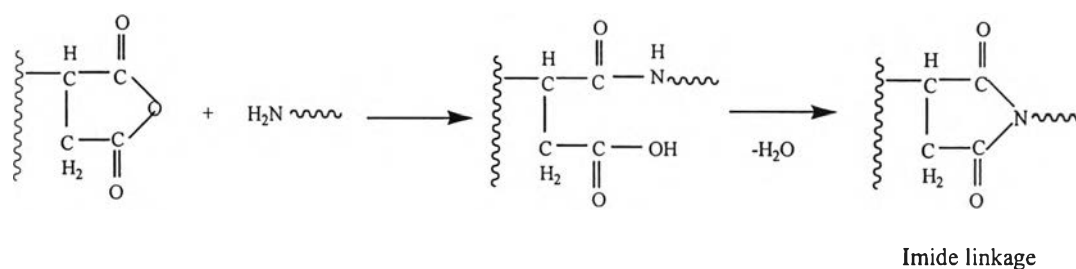
รูปที่ 4.4 FT-IR สเปกตรัมของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก

รูปที่ 4.4 แสดง FT-IR สเปกตรัมของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้ใส่สารช่วยผสม โดยปรากฏพิกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1169 1379 และ 1462 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิกที่แสดงลักษณะเฉพาะของพอลิโพรพิลีน และพิกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1543 1642 และ 3306 cm^{-1} ซึ่งเป็นพิกแสดงลักษณะของพอลิเอไมด์ [21, 22]



รูปที่ 4.5 FT-IR สเปกตรัมของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก โดยใส่สารช่วยผสม 5 phr
 ก) สารช่วยผสมทางการค้า ข) สารช่วยผสมที่เตรียมจากภาวะที่ 3

รูปที่ 4.5 ก) และ ข) แสดง FT-IR สเปกตรัมของพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม (มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน) ในทางการค้าและที่เตรียมได้จากภาวะที่ 3 ปริมาณ 5 phr พบว่าสารช่วยผสมทั้งสองแสดงพีก ณ ตำแหน่งเลขคลื่นที่คล้ายคลึงกัน โดยปรากฏพีกที่เลขคลื่นประมาณ 1262 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ $-\text{C}-\text{N}-$ ที่เป็นวงแหวน [23] และพีกที่เลขคลื่นประมาณ 1643 cm^{-1} มีความชัดเจนมากขึ้น ซึ่งเป็นพีกแสดงการยึด $\text{C}=\text{O}$ ของหมู่เอไมด์และลักษณะของ tertiary amides นอกจากนี้ยังแสดงพีกที่ตำแหน่งเลขคลื่นประมาณ 1768 cm^{-1} ซึ่งเป็นลักษณะของ cyclic imide จากพีกที่กล่าวมาแล้ว แสดงว่าเมื่อเติมสารช่วยผสมลงไปในพอลิเมอร์ผสมแล้ว ได้ทำให้เกิดพันธะเอไมด์ขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างมาเลอิกแอนไฮไดรด์ในสารช่วยผสมและพอลิเอไมด์ 6 ดังแสดงในรูปที่ 4.6

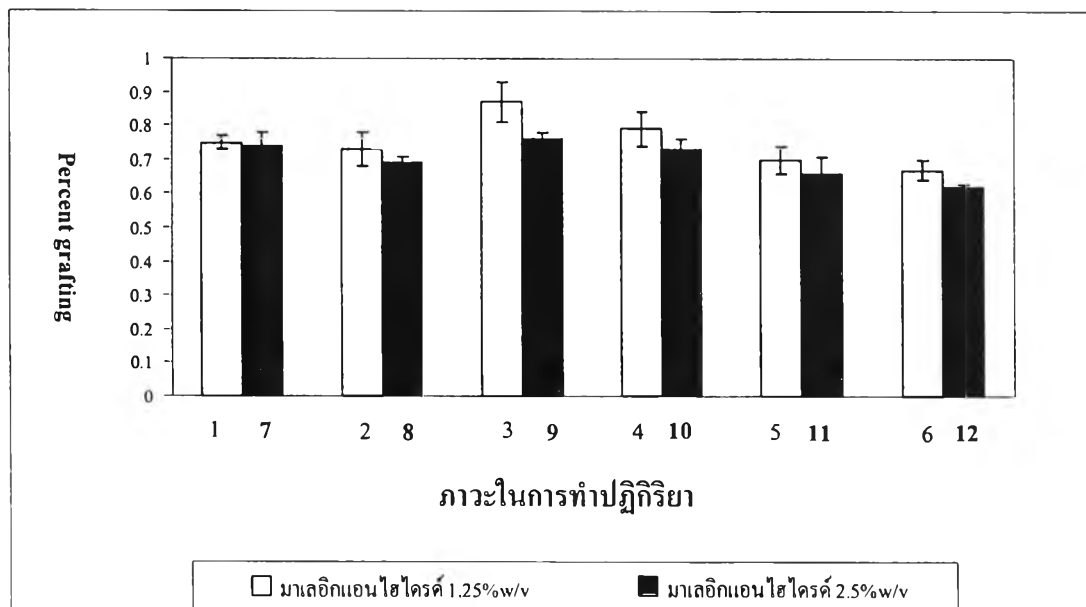


รูปที่ 4.6 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนกับพอลิเอไมด์ 6

4.2 ผลของปัจจัยต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (percent grafting)

4.2.1 ปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์

รูปที่ 4.7 แสดงผลของปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ จากการใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ 1.25 %w/v และ 2.50 %w/v ในการกราฟต์พอลิโพรพิลีนที่มีดัชนีการไหล 10 กรัม/10 นาที ภายใต้ภาวะการกราฟต์ที่ 1-12 ในตารางที่ 3.1

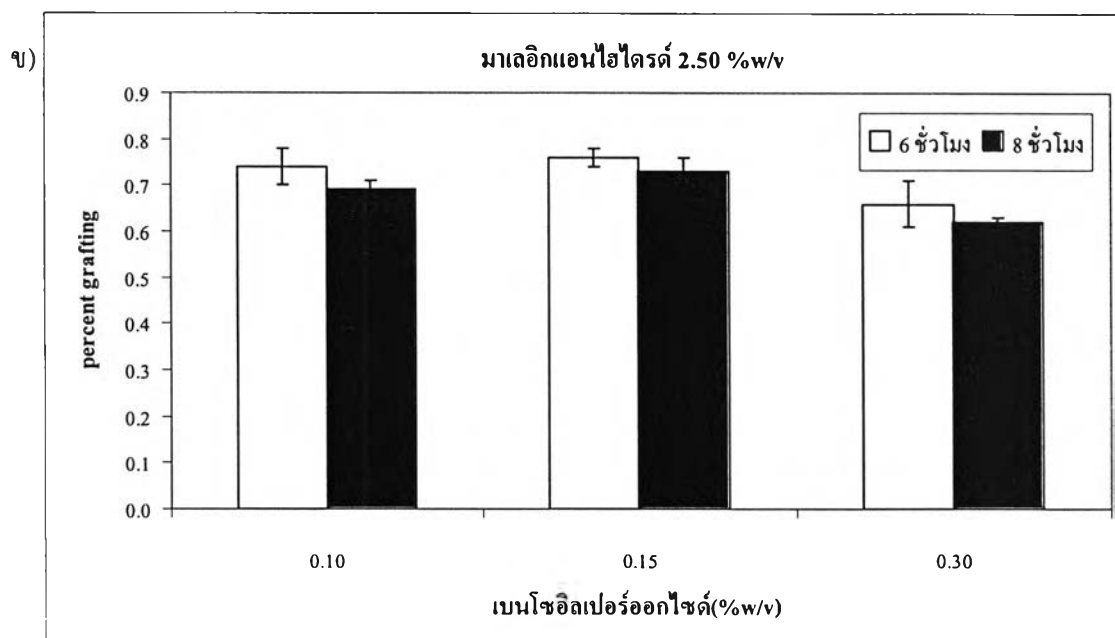
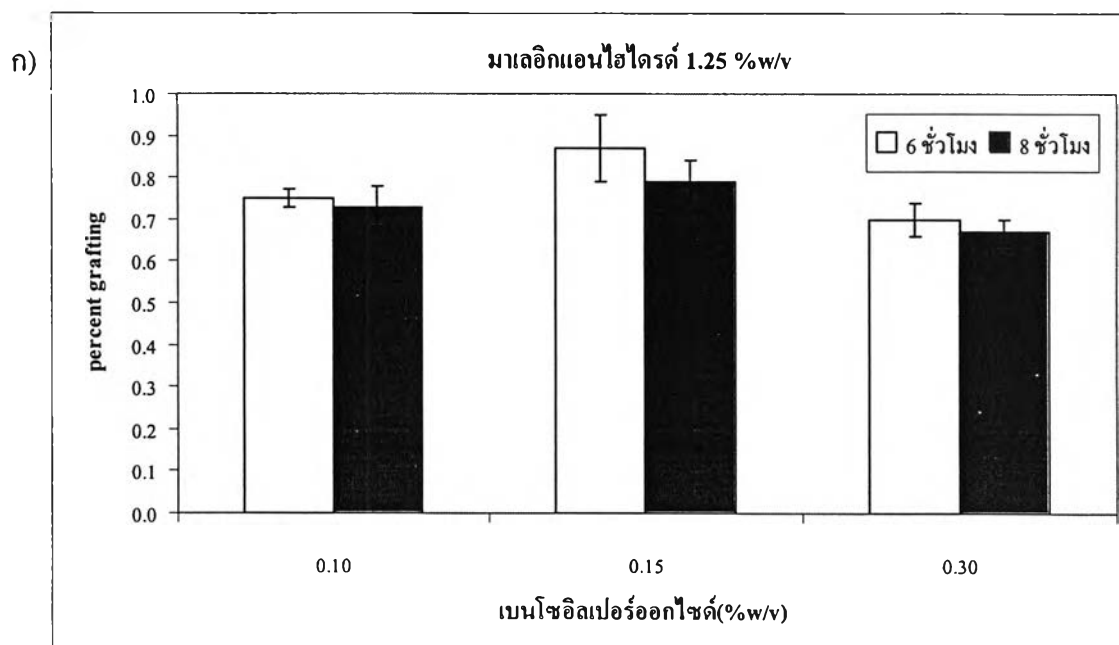


รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณมาเลอิกแอนไฮไดรด์ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์บนพอลิโพรพิลีนที่มีดัชนีการไหล 10 กรัม/10 นาที

รูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของมาเลอิกแอนไฮโดรด์บนพอลิโพรพิลีนเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮโดรด์ปริมาณ 1.25 %w/v และ 2.50 %w/v มีค่าไม่ต่างกันมากนัก และการใช้ปริมาณ 1.25 %w/v แสดงเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ที่สูงกว่าเล็กน้อย เนื่องจากมาเลอิกแอนไฮโดรด์ที่กระจายอยู่ในตัวทำละลายเข้าทำปฏิกิริยากับฟรีแรดิคัลที่อยู่บนพอลิโพรพิลีน ซึ่งเมื่อฟรีแรดิคัลถูกใช้หมดไปจะไม่สามารถเกิดการกราฟต์ได้อีก ดังนั้น การใช้มาเลอิกแอนไฮโดรด์ในปริมาณมากไม่ได้ช่วยให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้น [5]

4.2.2 ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา

รูปที่ 4.8 แสดงผลของปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา (เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์) ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์มาเลอิกแอนไฮโดรด์บนพอลิโพรพิลีน

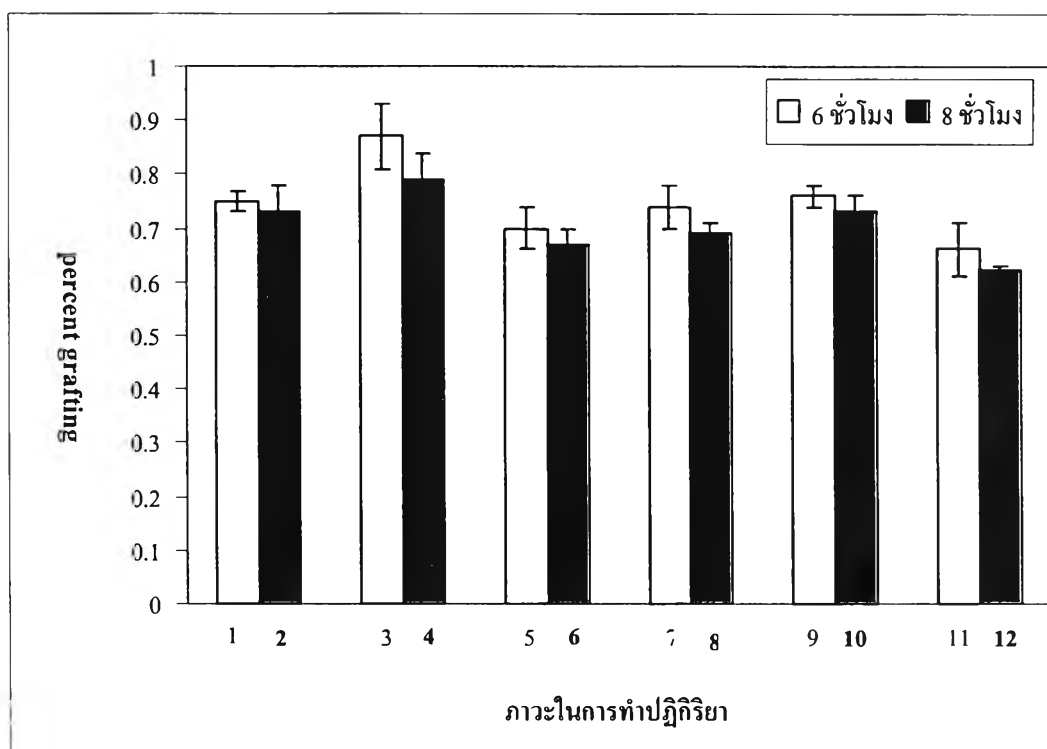


รูปที่ 4.8 ผลของปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรต์บนพอลิโพรพิลีนเมื่อใช้มาเลอิกแอนไฮไดรต์ ก) 1.25 %w/v ข) 2.50 %w/v

รูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 0.10 %w/v เป็น 0.15 %w/v เนื่องจากเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณฟรีเรดิคัลที่เกิดบนพอลิโพรพิลีนมากขึ้น ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การกราฟต์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยาเพิ่มถึงระดับหนึ่ง พบว่า เปอร์เซ็นต์การกราฟต์มีค่าลดลงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเทอมีเนชันระหว่างเรดิคัลของพอลิโพรพิลีน ทำให้ปริมาณเรดิคัลของพอลิโพรพิลีนที่ทำปฏิกิริยากับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ลดลง ส่งผลให้ระดับการกราฟต์ลดลง

4.2.3 เวลาในการทำปฏิกิริยา

รูปที่ 4.9 แสดงผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ใช้ 6 และ 8 ชั่วโมง ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ มาเลอิกแอนไฮไดรด์บนพอลิโพรพิลีน



รูปที่ 4.9 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์บนพอลิโพรพิลีน

รูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้เวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจาก 6 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง ภายใต้ภาวะในการทำปฏิกิริยาเดียวกัน เปอร์เซ็นต์การกราฟต์มีแนวโน้มที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

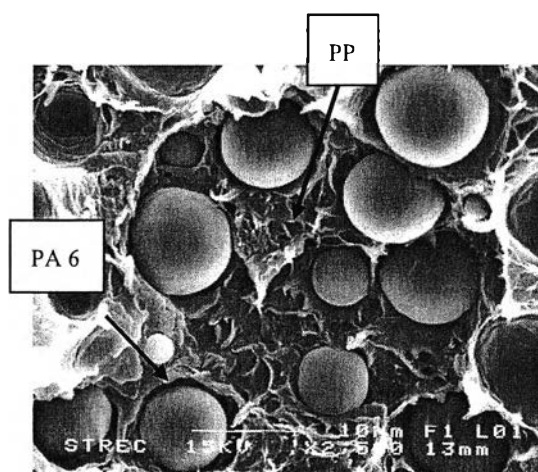
เนื่องจากที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง แรดิคัลบนพอลิโพรพิลีนถูกทำปฏิกิริยาหมดแล้ว ทำให้เมื่อเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 8 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การกราฟต์จึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

จากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ พบว่า ภาวะที่ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การกราฟต์มาเล็กแอนไฮโดรด์บนพอลิโพรพิลีนได้มากที่สุด คือ ภาวะที่ 3 ซึ่งใช้มาเล็กแอนไฮโดรด์ 1.25 %w/v เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 0.15 %w/v เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยมีเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ประมาณ 0.87% ซึ่งในการเตรียมพอลิเมอร์ผสมได้เลือกมาเล็กแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนที่เตรียมจากพอลิโพรพิลีนซึ่งมีดัชนีการไหล 10 กรัม/10 นาที และเตรียมโดยใช้ภาวะที่ 3 นี้ เป็นสารช่วยผสม

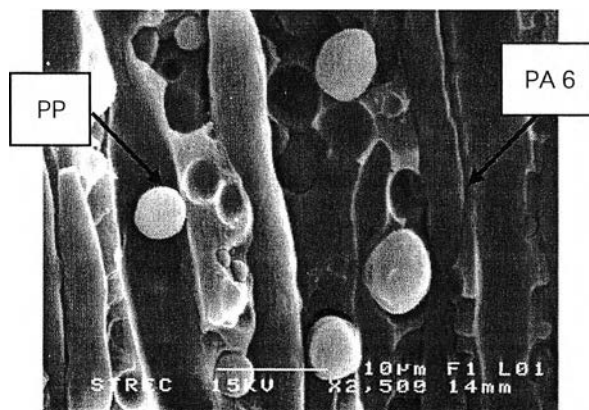
นอกจากนี้ ได้ทดลองใช้พอลิโพรพิลีนที่มีดัชนีการไหล 2.4 กรัม/10 นาที ในการสังเคราะห์มาเล็กแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน โดยเลือกภาวะที่ให้ระดับการกราฟต์มากที่สุดจากการทดลองใช้พอลิโพรพิลีนที่มีดัชนีการไหล 10 กรัม/10 นาที ผลปรากฏว่า การสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์จากพอลิโพรพิลีนที่มีดัชนีการไหล 2.4 กรัม/10 นาที ทำได้ยากมาก เนื่องจากพอลิเมอร์มีความหนืดสูงมาก และให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ประมาณ 0.76%

4.3 การตรวจสอบสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม

รูปที่ 4.10 และ 4.11 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ที่ได้จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค SEM



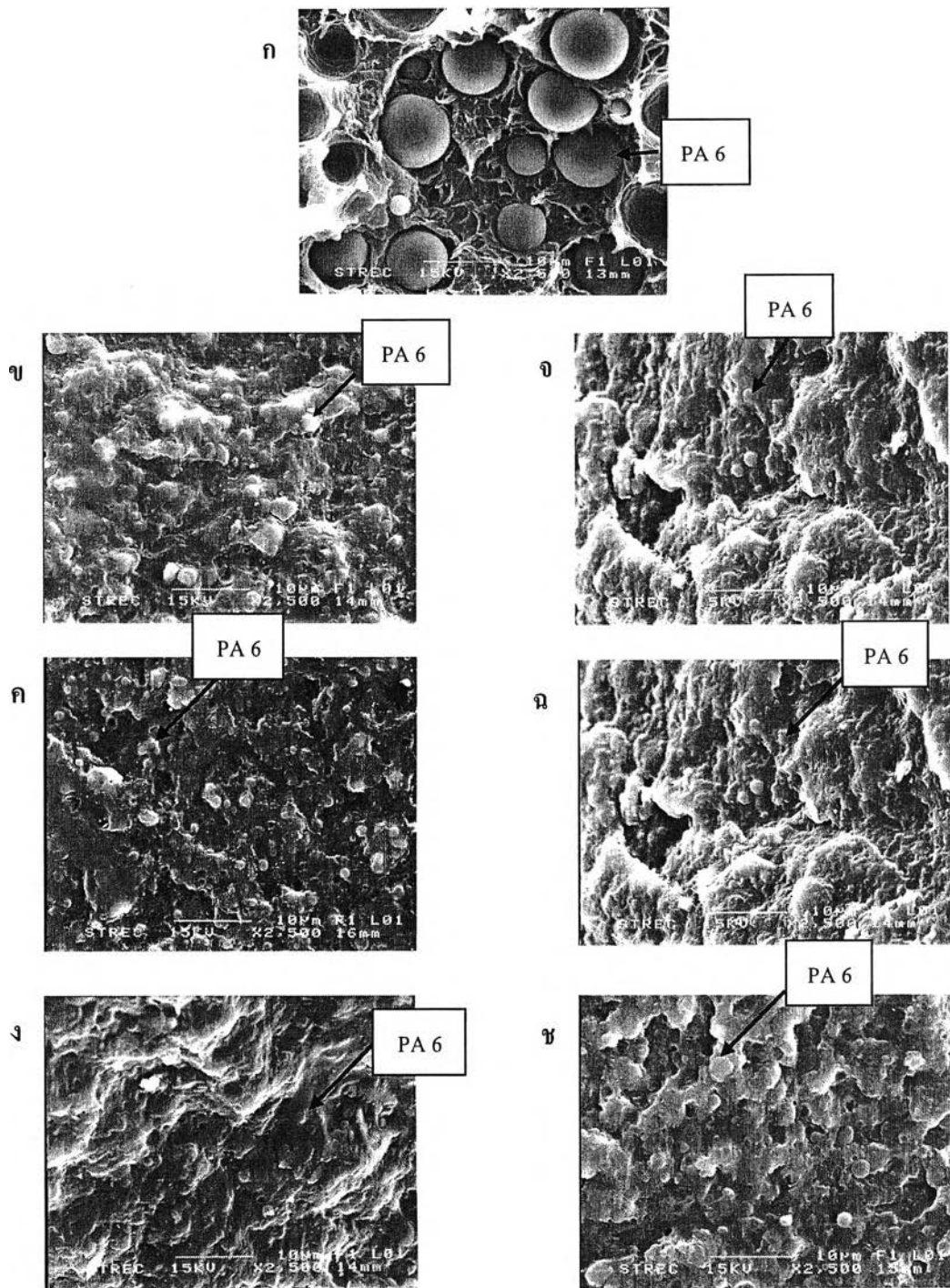
รูปที่ 4.10 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก



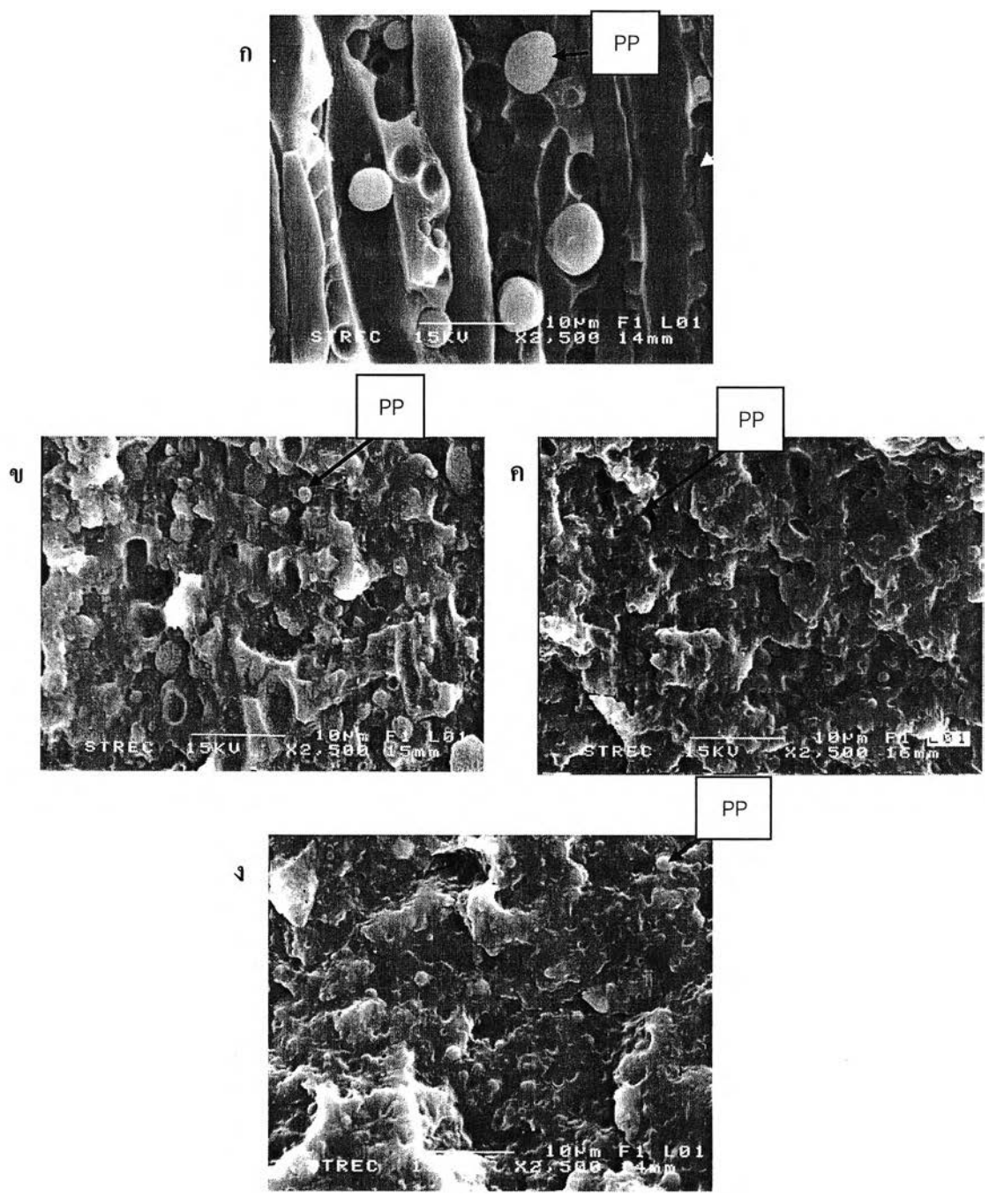
รูปที่ 4.11 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 แสดงให้เห็นสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้ใส่สารช่วยผสม ซึ่งดิสเพอร์สเฟสมีขนาดใหญ่ ที่เกิดจากการรวมกลุ่มของดิสเพอร์สเฟสเพื่อลดพื้นที่ผิวสัมผัส (interfacial area) โดยพฤติกรรมดังกล่าวเป็นไปตามหลักทางเทอร์โมไดนามิกส์ นอกจากนี้ ยังพบว่าที่บริเวณระหว่างผิวสัมผัสของพอลิเมอร์ทั้งสองมีแรงยึดเกาะที่ต่ำมาก โดยดูได้จากการเกิดช่องว่างเล็กๆ (microvoids) รอบอนุภาคของดิสเพอร์สเฟส

รูปที่ 4.12 และ 4.13 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ที่ใส่มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสม



รูปที่ 4.12 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/พอลิเอไมด์ 6
 ก) 70/0/30 ข) 70/5(ทางการค้า)/30 ค) 70/5(MFI 2.4)/30 ง) 70/5(MFI 10)/30
 จ) 70/10(ทางการค้า)/30 ฉ) 70/10(MFI 2.4)/30 ช) 70/10(MFI 10)/30



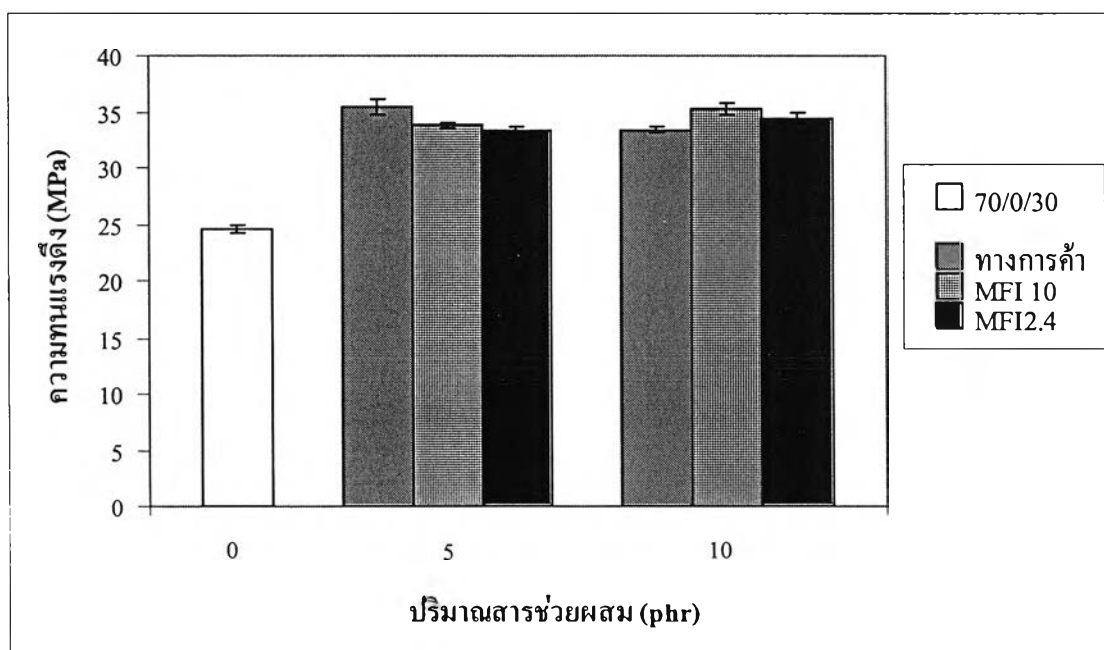
รูปที่ 4.13 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/สารช่วยผสม/ พอลิเอไมด์6
ก) 30/0/70 ข) 30/5(ทางการค้า)/70 ค) 30/5(MFI 2.4)/70 ง) 30/5(MFI 10)/70

จากรูปที่ 4.12 และ 4.13 แสดงให้เห็นสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม ซึ่งดิสเพอร์สเฟสมีขนาดเล็กลงอย่างเห็นได้ชัด แสดงถึงการมีแรงยึดเกาะระหว่างผิวสัมผัสที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอกซิลในมาเลอิกแอนไฮไดรด์ของสารช่วยผสมกับ หมู่เอมีนในพอลิเอไมด์ 6 เกิดพันธะไฮโดรเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งทำหน้าที่คล้ายสะพานเชื่อมระหว่างผิวสัมผัสของแต่ละเฟสที่ไม่สามารถเข้ากันได้ [24] โดยไปลดแรงตึงผิวระหว่างผิวสัมผัสทำให้ ดิสเพอร์สเฟสมีขนาดเล็กลง และมีแรงยึดเกาะระหว่างผิวสัมผัสเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ดิสเพอร์สเฟสมีการกระจายตัวในเมทริกซ์อย่างสม่ำเสมอ

4.4 สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม

4.4.1 ความทนแรงดึง

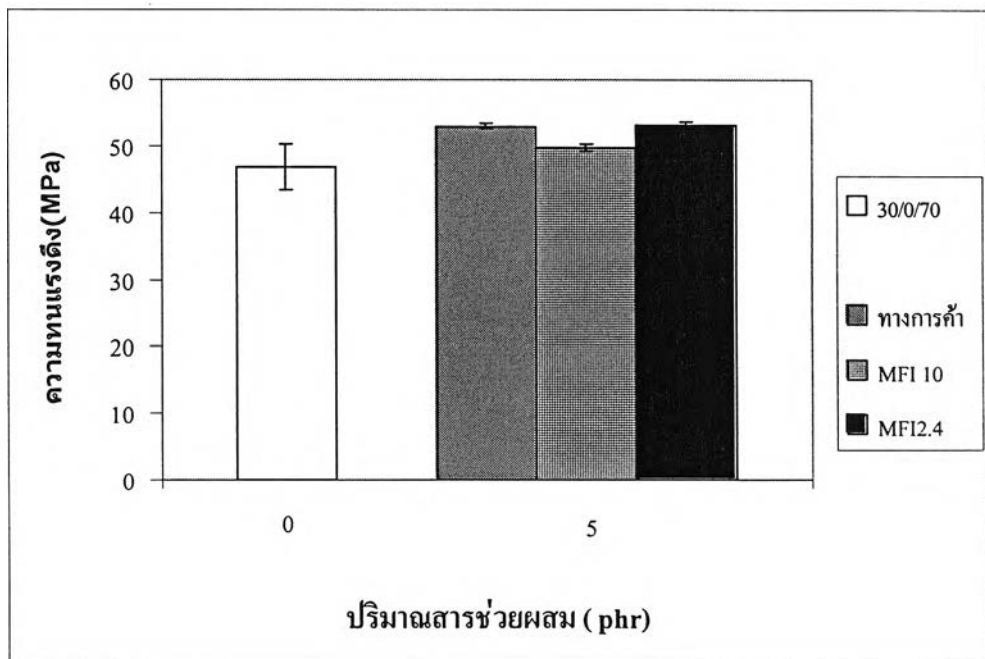
รูปที่ 4.14 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก ที่ใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสมใน ปริมาณ 0 5 และ 10 phr ซึ่งสารช่วยผสมที่ใช้เป็นกราฟต์โคพอลิเมอร์เกรดทางการค้า และที่สังเคราะห์ ได้ 2 ชนิด คือ สังเคราะห์จากพอลิโพรพิลีนที่มีค่าดัชนีการไหล 2.4 และ 10 กรัม/10นาที่



รูปที่ 4.14 ความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 ทั้งที่ไม่ใส่และใส่สารช่วยผสม

รูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสมทั้ง 3 ชนิด มีความทนแรงดึงสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ใส่สารช่วยผสมอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ ยังพบว่าความทนแรงดึงของชิ้นทดสอบที่ใส่สารช่วยผสมต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และถึงแม้ใส่ในปริมาณเพิ่มขึ้นก็ไม่มีผลต่อค่าความทนแรงดึงมากนัก จึงอาจกล่าวได้ว่าการใส่สารช่วยผสมในปริมาณ 5 phr สามารถเพิ่มการยึดเกาะระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องใส่ในปริมาณมาก เพราะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

รูปที่ 4.15 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก ที่ใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสมในปริมาณ 0 และ 5 phr ซึ่งสารช่วยผสมที่ใช้เป็นกราฟต์โคพอลิเมอร์เกรดทางการค้า และที่สังเคราะห์ได้ 2 ชนิด คือ สังเคราะห์จากพอลิโพรพิลีนที่มีค่าดัชนีการไหล 2.4 และ 10 กรัม/10นาทึ



รูปที่ 4.15 ความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 ทั้งที่ไม่ใส่และใส่สารช่วยผสม

รูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสมทั้ง 3 ชนิด มีค่าความทนแรงดึงสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้ใส่สารช่วยผสมเช่นเดียวกับในรูปที่ 4.14 และยังมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ไม่ว่าจะใส่สารช่วยผสมชนิดใด ดังนั้น จึงไม่ได้ทำการทดลองใส่สารช่วยผสมในปริมาณ 10 phr ซึ่งผลในรูป

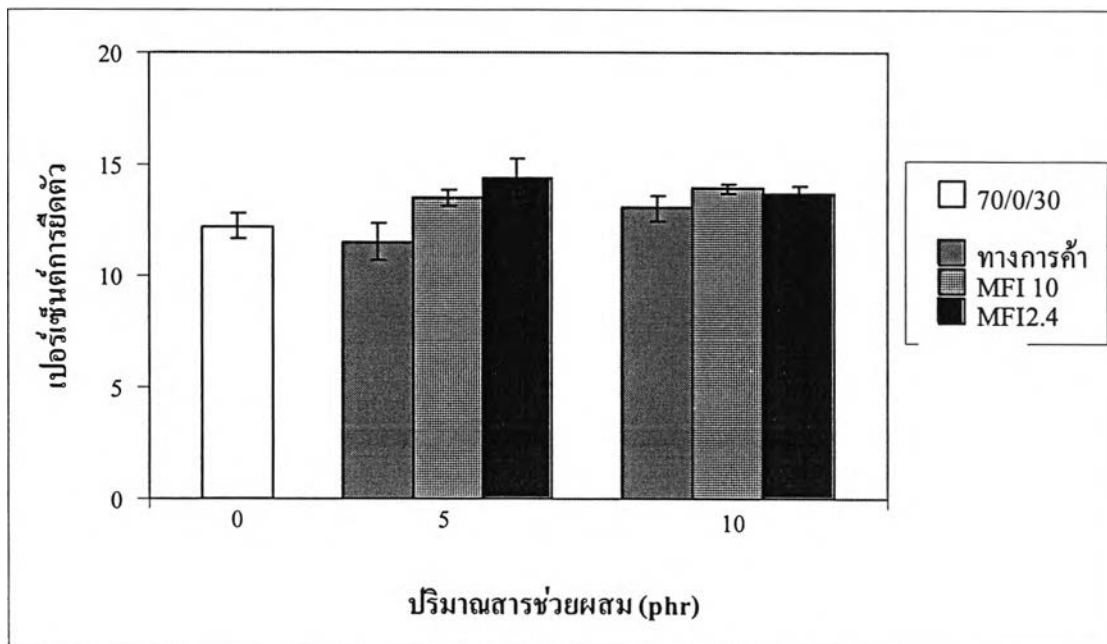
ที่ 4.14 และ 4.15 ได้แสดงให้เห็นแล้วว่ามาเลอิกแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนสามารถใช้เป็นสารช่วยผสมได้เป็นอย่างดี ซึ่งการใช้ในปริมาณ 5 phr น่าจะเพียงพอต่อการใช้งาน นอกจากนี้ ในการเลือกใช้อาจต้องพิจารณาถึงความยากง่ายในการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์อีกด้วย โดยสารช่วยผสมที่สังเคราะห์จากพอลิโพรพิลีนที่มีดัชนีการไหล 2.4 กรัม/10นาที่ เตรียมได้ค่อนข้างยากตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

จากรูปที่ 4.14 และ 4.15 สามารถสรุปได้ว่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสมมีค่าต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมที่เติมสารช่วยผสม ทั้งนี้เนื่องจากมีแรงยึดเกาะระหว่างผิวสัมผัสที่ต่ำ เนื่องจากความไม่เข้ากันระหว่างส่วนที่มีขั้วของพอลิเอไมด์ 6 และส่วนที่ไม่มีขั้วของพอลิโพรพิลีน รวมถึงดิสเพอร์สเฟสมีขนาดใหญ่ ซึ่งผลดังกล่าวทำให้สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมมีลักษณะหยาบ มีการกระจายตัวของดิสเพอร์สเฟสไม่สม่ำเสมอ และมีช่องว่างเล็กๆ (microvoid) รอบๆ อนุภาคของดิสเพอร์สเฟส ทำให้ความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมมีค่าต่ำกว่า ซึ่งสามารถยืนยันได้จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค SEM ส่วนพอลิเมอร์ผสมที่มีมาเลอิกแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสม จะช่วยเพิ่มแรงยึดเกาะระหว่างผิวสัมผัสทำให้พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 สามารถเข้ากันได้มากขึ้น ซึ่งทดสอบจึงมีความทนแรงดึงเพิ่มขึ้น

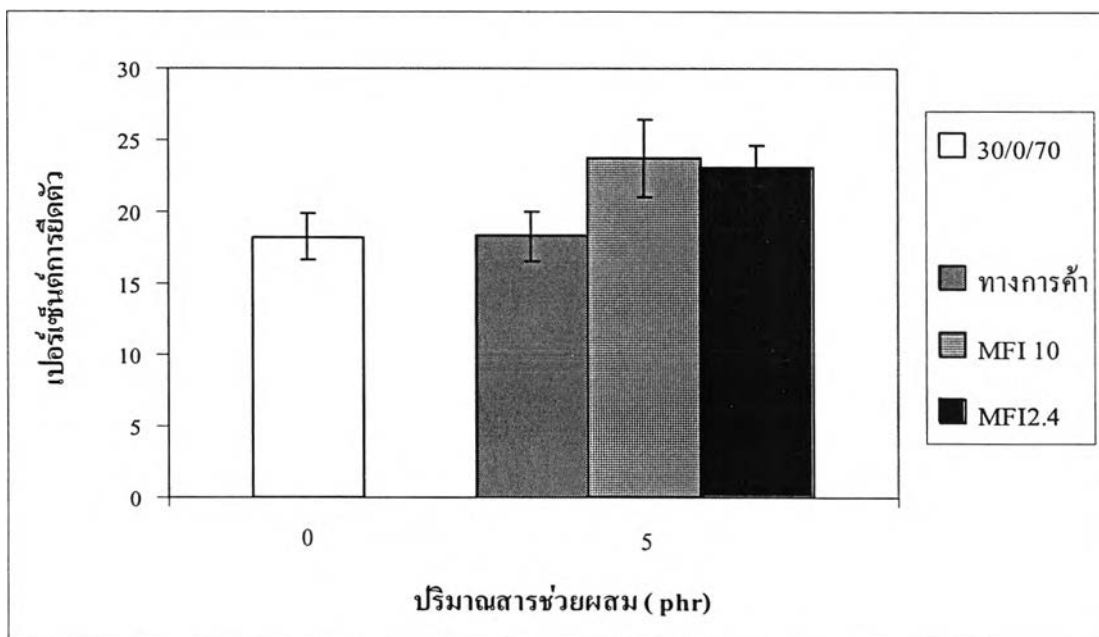
การที่พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก มีความทนแรงดึงสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมที่มีอัตราส่วนผสม 70:30 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของพอลิเมอร์ผสมขึ้นกับเฟสของเมทริกซ์เป็นสำคัญ ดังนั้น พอลิเมอร์ผสมที่มีพอลิเอไมด์ 6 เป็นเมทริกซ์ย่อมมีความทนแรงดึงสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมที่มีพอลิโพรพิลีนเป็นเมทริกซ์

4.4.2 เปรอร์เซ็นต์การยึดตัว

รูปที่ 4.16 และ 4.17 แสดงเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่ใส่และใส่มาเลอิกแอนไฮโดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสมในปริมาณต่างๆ



รูปที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์การยึดตัวของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก ทั้งที่ไม่ใส่และใส่สารช่วยผสม

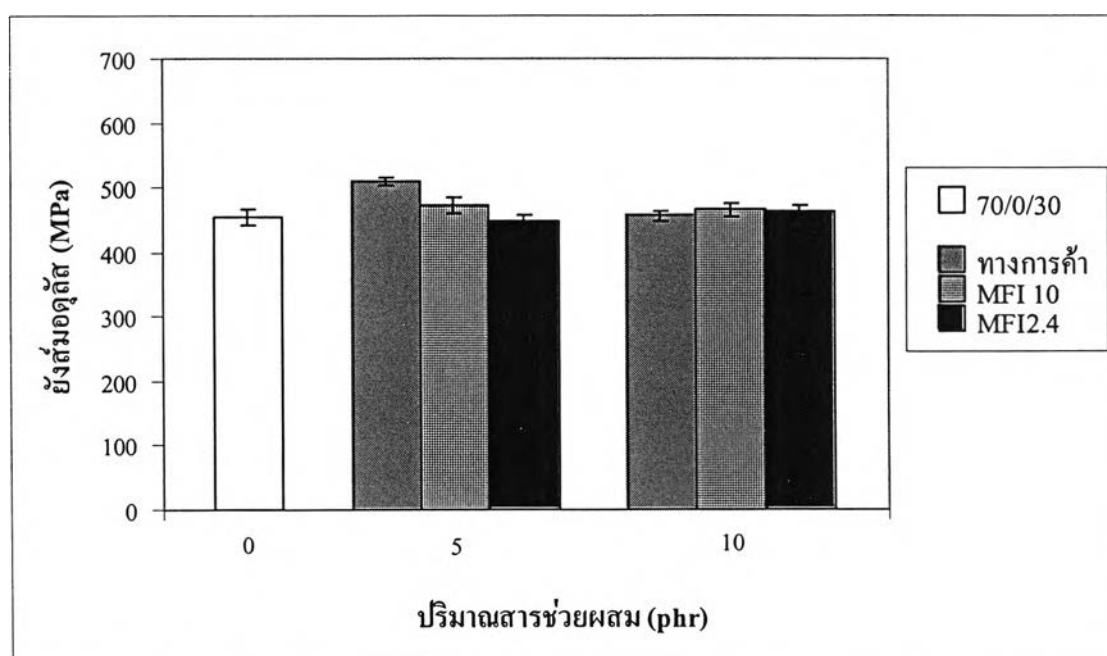


รูปที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์การยึดตัวของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก ทั้งที่ไม่ใส่และใส่สารช่วยผสม

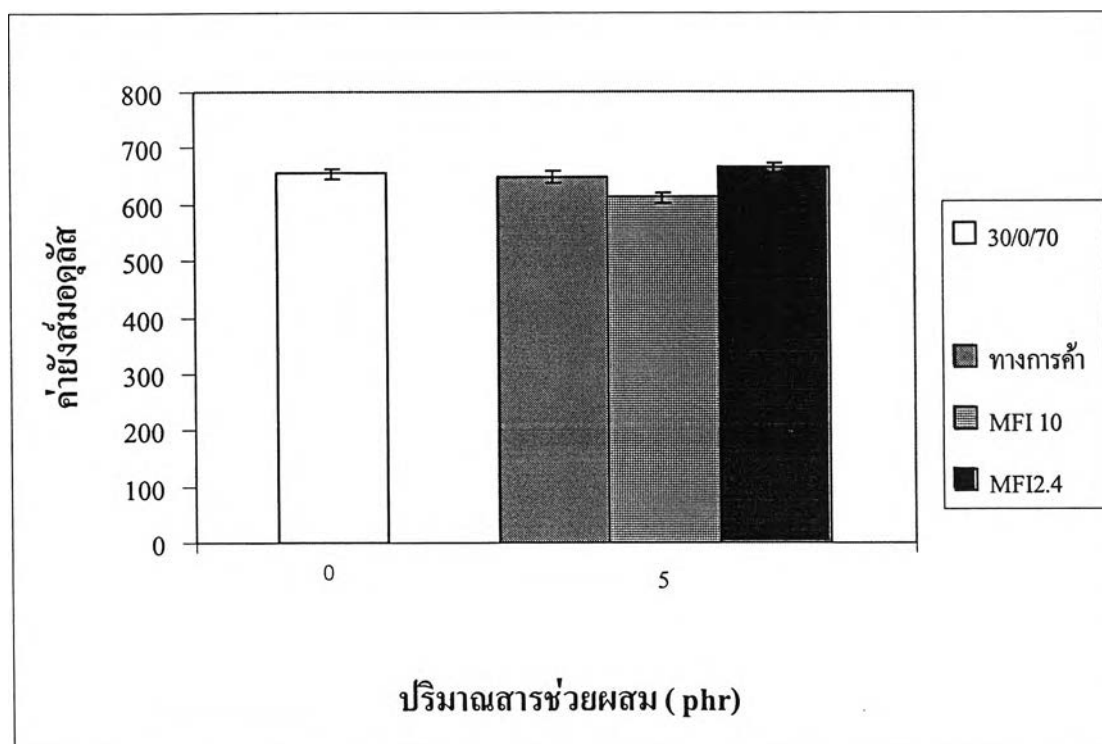
จากรูปที่ 4.16 และ 4.17 แสดงให้เห็นว่าพอลิเมอร์ผสมที่มีมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสมมีเปอร์เซ็นต์การยึดตัวใกล้เคียงหรือสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ใส่สารช่วยผสมเล็กน้อย

4.4.3 ยั้่งตั้มอดุ้ลลัศ

รูปที่ 4.18 และ 4.19 แสดงค่ายั้่งตั้มอดุ้ลลัศของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 70:30 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ทั้งที่ไม่ใส่และใส่มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสมในปริมาณต่างๆ



รูปที่ 4.18 ค่ายั้่งตั้มอดุ้ลลัศของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 ทั้งที่ไม่ใส่และใส่สารช่วยผสม



รูปที่ 4.19 ค่ายังสัมมอดูลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70 ทั้งที่ไม่ใส่และใส่สารช่วยผสม

รูปที่ 4.18 และ 4.19 แสดงให้เห็นว่าค่ายังสัมมอดูลัสของพอลิเมอร์ผสมที่มีและไม่มีมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนเป็นสารช่วยผสมนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งในกรณีที่เติมมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนในปริมาณ 5 และ 10 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 70:30 และในกรณีที่เติมมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีนในปริมาณ 5 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ในอัตราส่วน 30:70

4.5 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม

4.5.1 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัตถุดิบ และพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ทั้งที่ไม่ใส่และใส่สารช่วยผสม ด้วยเทคนิค TGA

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA

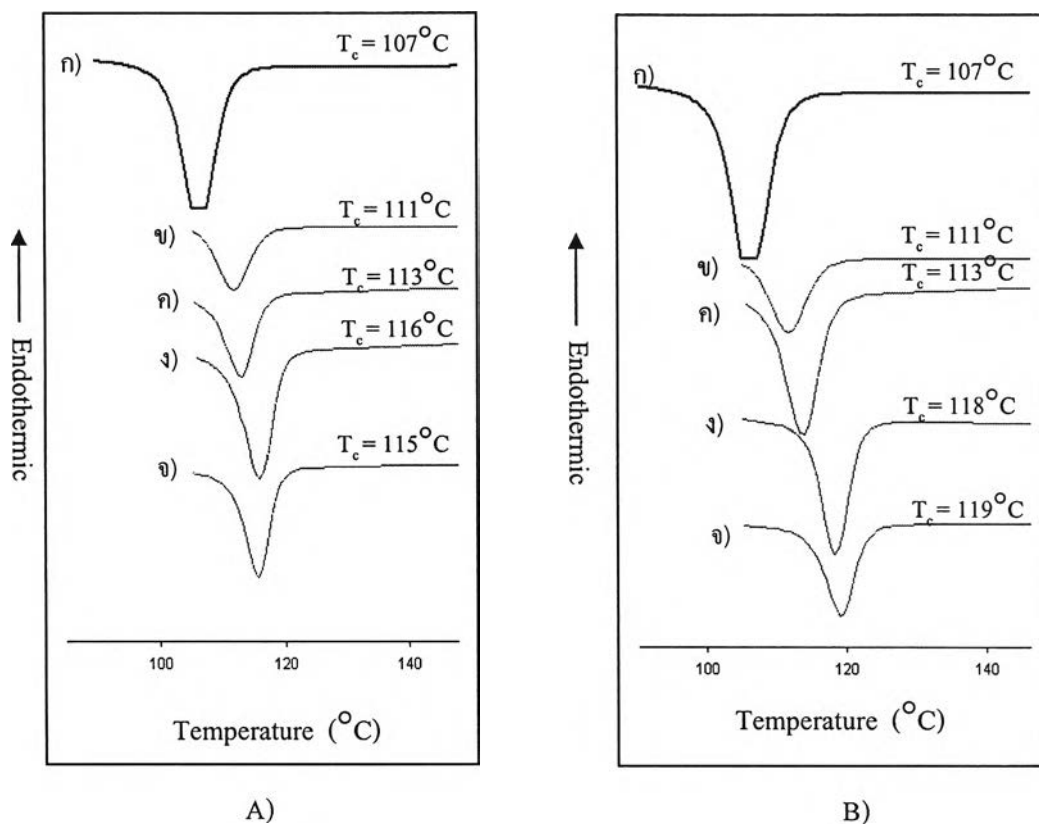
สาร	อุณหภูมิเริ่มสลายตัว (°C)	อุณหภูมิเมื่อสลายตัว 50% (°C)
พอลิโพรพิลีน	442	459
พอลิเอไมด์ 6	418	440
สารช่วยผสมทางการค้า	435	456
สารช่วยผสมที่เตรียมได้จาก PP ที่มี MFI 10 กรัม/ 10 นาที	439	461
สารช่วยผสมที่เตรียมได้จาก PP ที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10 นาที	439	460
70/0/30	418	453
70/5(ทางการค้า)/30	420	448
70/5 (MFI 10) /30	435	453
70/5 (MFI 2.4) /30	435	457
70/10(ทางการค้า)/30	435	454
70/10 (MFI 10) /30	439	458
70/10 (MFI 2.4) /30	440	460
30/0/70	421	446
30/5(ทางการค้า)/70	421	445
30/5 (MFI 10) /70	426	447
30/5 (MFI 2.4) /70	427	448

ตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าสารช่วยผสมเกรดทางการค้ามีอุณหภูมิการสลายตัวต่ำกว่าพอลิโพรพิลีนเล็กน้อย ในขณะที่สารช่วยผสมที่สังเคราะห์ได้จากงานวิจัยนี้มีอุณหภูมิการสลายตัวใกล้เคียงกับพอลิโพรพิลีน เมื่อพิจารณาพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 ที่ไม่มีการเติมสารช่วยผสม พบว่าอุณหภูมิเริ่มสลายตัวของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ที่อัตราส่วน 70:30 และ 30:70 นั้นมีค่าใกล้เคียงกับพอลิเอไมด์ 6

ในขณะที่อุณหภูมิเมื่อสลายตัว 50% ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน/พอลิเอไมด์ 6 ที่อัตราส่วน 70:30 มีค่าใกล้เคียงกับพอลิโพรพิลีน และในกรณีของพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วน 30:70 มีค่าใกล้เคียงกับพอลิเอไมด์ 6 ซึ่งสังเกตเห็นได้ชัดว่าอุณหภูมิเริ่มสลายตัวสำหรับระบบพอลิเมอร์ผสมที่มีการเติมสารช่วยผสมจะขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสารช่วยผสม โดยพบว่าอุณหภูมิเริ่มสลายตัวของระบบที่เติมสารช่วยผสมนั้นจะสูงขึ้นเมื่อปริมาณสารช่วยผสมสูงขึ้น และสารช่วยผสมที่สังเคราะห์ได้จากงานวิจัยนี้ช่วยให้พอลิเมอร์ผสมมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีกว่าสารช่วยผสมเกรดทางการค้านอกจากนั้น พบว่าอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารช่วยผสมต่ออุณหภูมิเมื่อสลายตัว 50% นั้นคล้ายคลึงกับกรณีอุณหภูมิเริ่มสลายตัว แม้ไม่มากเท่าก็ตาม

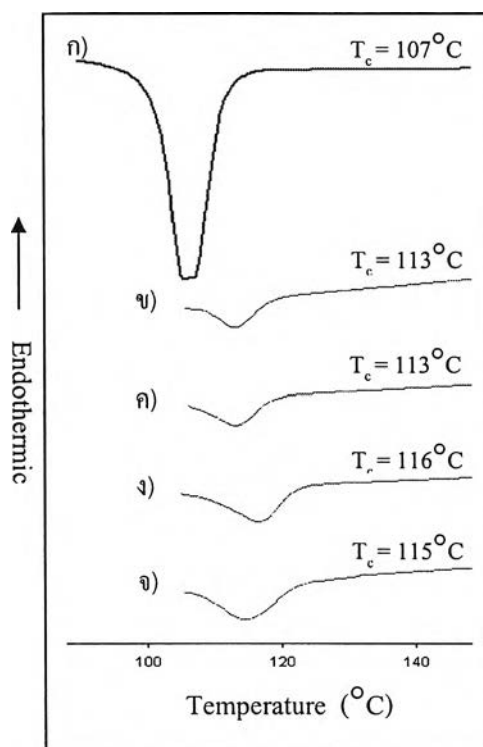
4.5.2 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC

รูปที่ 4.20 แสดงผลของสารช่วยผสมต่อพฤติกรรมการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีนในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 70:30 โดยศึกษาจาก DSC thermogram จากช่วง cooling



รูปที่ 4.20 DSC thermogram จากช่วง cooling แสดงพฤติกรรมการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีนเฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม A) 5 phr และ B) 10 phr เมื่อ ก) พอลิโพรพิลีน ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10นาที

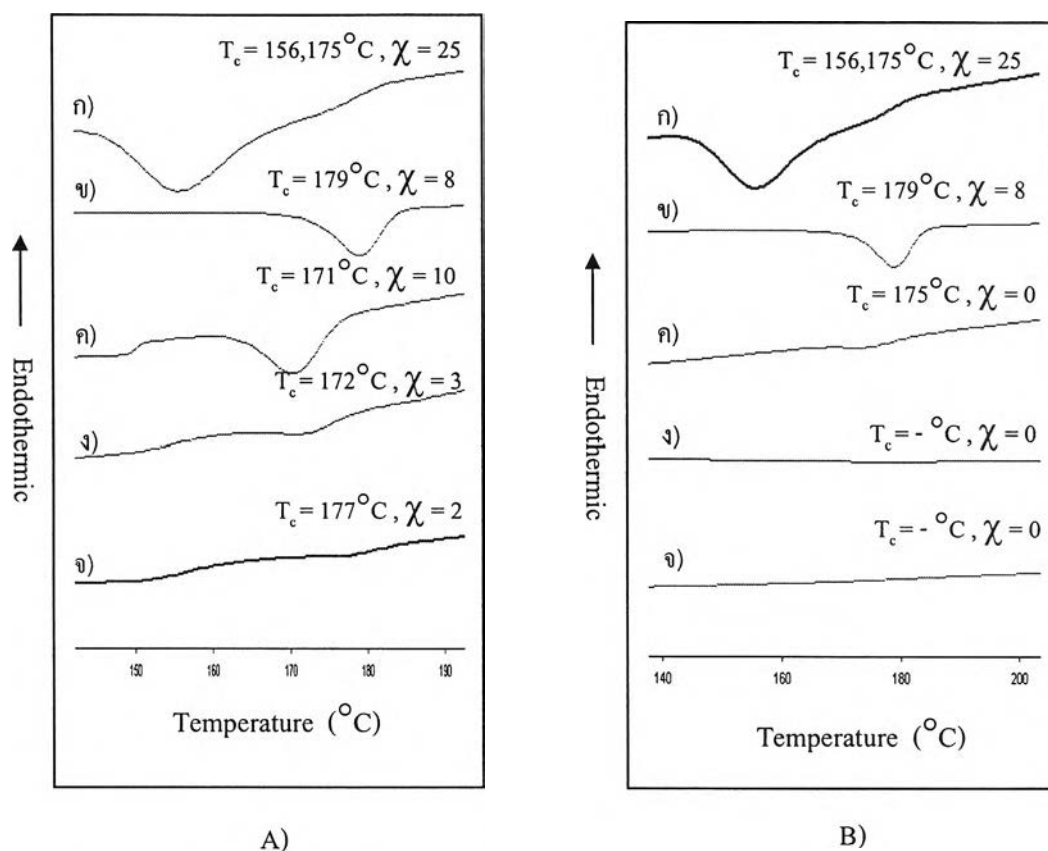
รูปที่ 4.21 แสดงผลของสารช่วยผสมต่อพฤติกรรมการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีนในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 30:70 โดยศึกษาจาก DSC thermogram จากช่วง cooling



รูปที่ 4.21 DSC thermogram จากช่วง cooling แสดงพฤติกรรมที่เกิดผลึกของพอลิโพรพิลีนเฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม 5 phr เมื่อ ก) พอลิโพรพิลีน ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10 นาที

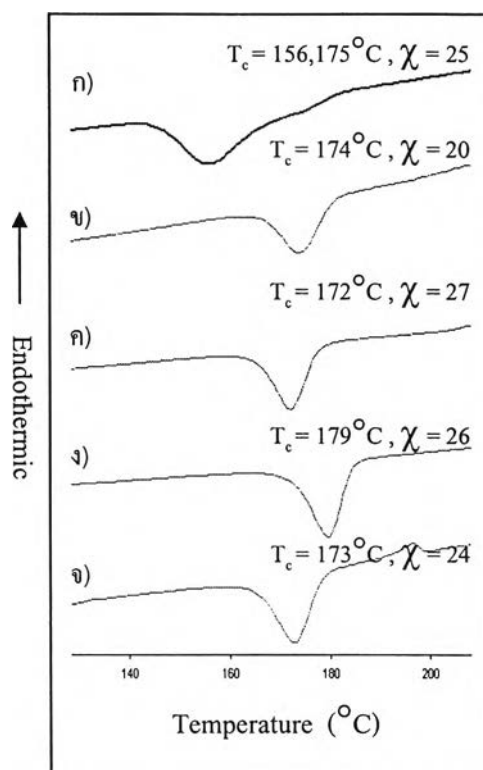
จากรูปที่ 4.20 และ 4.21 แสดงให้เห็นว่าพอลิเอไมด์ทำหน้าที่เป็น nucleating agent ให้กับพอลิโพรพิลีนในพอลิเมอร์ผสม โดยพบว่าอุณหภูมิการเกิดผลึก (T_c) ในกรณีพอลิเมอร์ผสมจะสูงกว่าโฮโมพอลิเมอร์และสารช่วยผสมที่เติมลงไปยังเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นสารก่อผลึกอีกด้วย [19]

รูปที่ 4.22 แสดงผลของสารช่วยผสมต่อพฤติกรรมที่เกิดผลึกของพอลิเอไมด์ 6 ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 70:30 โดยศึกษาจาก DSC thermogram จากช่วง cooling



รูปที่ 4.22 DSC thermogram จากช่วง cooling แสดงพฤติกรรมเกิดการเกิดผลึกของพอลิเอไมด์ 6 เฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม A) 5 phr และ B) 10 phr เมื่อ ก) พอลิเอไมด์ 6 ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10นาที่ จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10นาที่

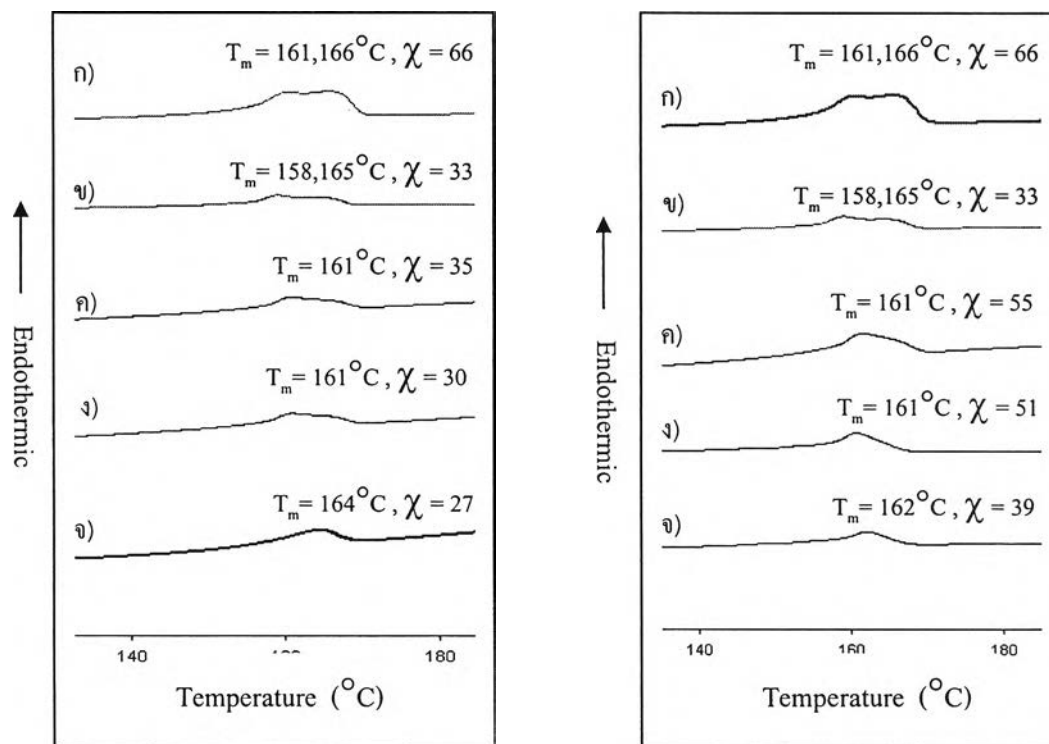
รูปที่ 4.23 แสดงผลของสารช่วยผสมต่อพฤติกรรมเกิดการเกิดผลึกของพอลิเอไมด์ 6 ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 30:70 โดยศึกษาจาก DSC thermogram จากช่วง cooling



รูปที่ 4.23 DSC thermogram จากช่วง cooling แสดงพฤติกรรมเกิดการเกิดผลึกของพอลิเอไมด์ 6 เฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม 5 phr ก) พอลิเอไมด์ 6 ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10นาที่ จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10นาที่

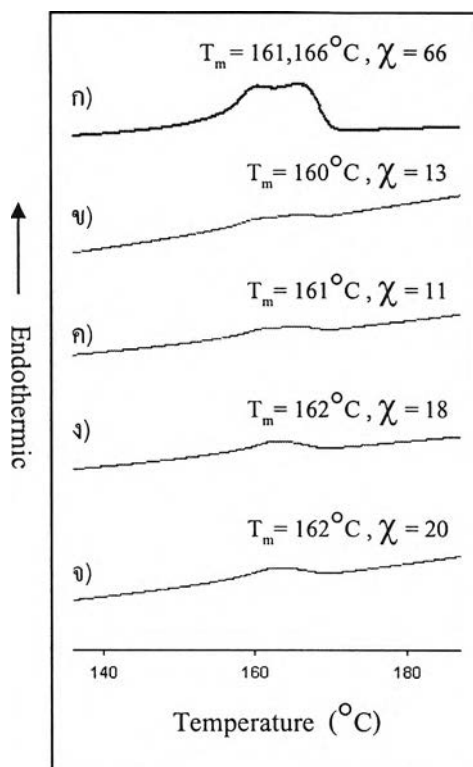
จากรูปที่ 4.22 และ 4.23 แสดงให้เห็นว่าการใส่สารช่วยผสมในพอลิเมอร์ผสมในปริมาณ 5 phr ไม่มีผลต่ออุณหภูมิการเกิดผลึก (T_c) ของพอลิเอไมด์ 6 ในพอลิเมอร์ผสม แต่ถ้าใส่ในปริมาณ 10 phr พบว่า ปริมาณผลึกของพอลิเอไมด์ 6 ลดลง หรือไม่เกิดผลึกเลยในช่วง cooling

รูปที่ 4.24 แสดงผลของสารช่วยผสมต่ออุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีนในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 70:30 โดยศึกษาจาก DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2



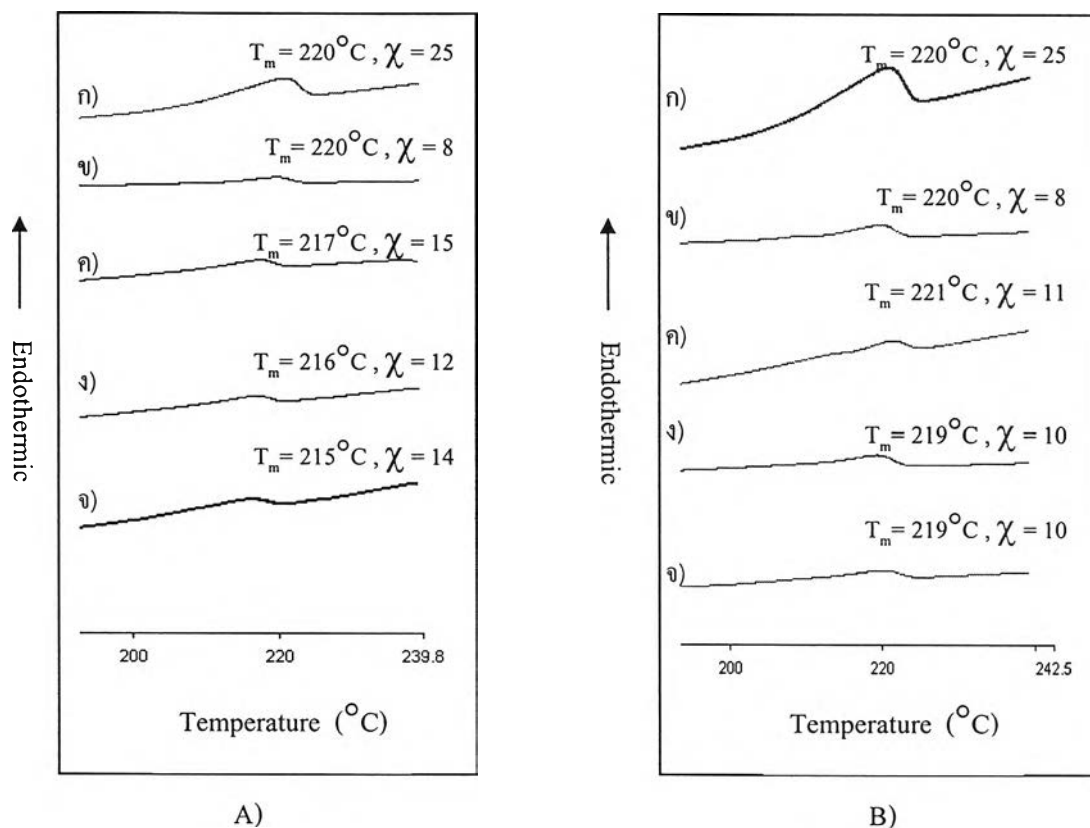
รูปที่ 4.24 DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2 แสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีนเฟสใน พอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม A) 5 phr และ B) 10 phr เมื่อ ก) พอลิโพรพิลีน ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10นาที

รูปที่ 4.25 แสดงผลของสารช่วยผสมต่ออุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีนในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 30:70 โดยศึกษาจาก DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2



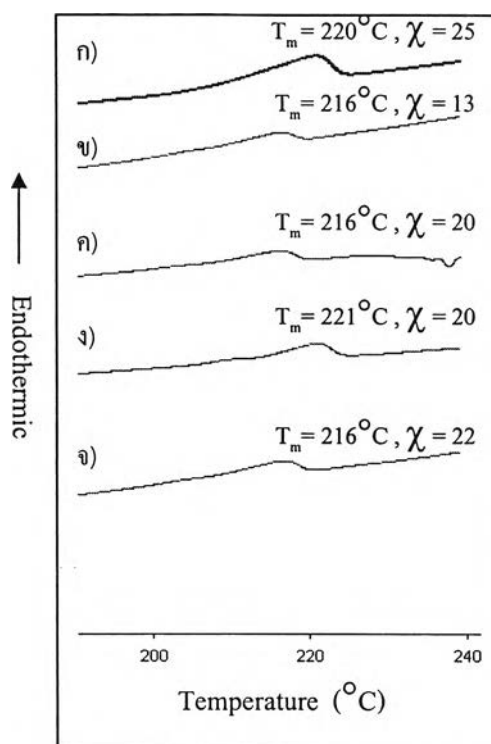
รูปที่ 4.25 DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2 แสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีน เฟสใน พอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม 5 phr เมื่อ ก) พอลิโพรพิลีน ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10 นาที

รูปที่ 4.26 แสดงผลของสารช่วยผสมต่ออุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเอไมด์ 6 ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 70:30 โดยศึกษาจาก DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.26 DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2 แสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเอไมด์ 6 เฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม A) 5 phr และ B) 10 phr เมื่อ ก) พอลิเอไมด์ 6 ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10นาทึ จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10นาทึ

รูปที่ 4.27 แสดงผลของสารช่วยผสมต่ออุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเอไมด์ 6 ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ในอัตราส่วน 30:70 โดยศึกษาจาก DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.27 DSC thermogram จากช่วง heating ครั้งที่ 2 แสดงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเอไมด์ 6 เฟสในพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารช่วยผสม 5 phr เมื่อ ก) พอลิเอไมด์ 6 ข) ไม่มีสารช่วยผสม ค) สารช่วยผสมทางการค้า ง) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 10 กรัม/ 10 นาที จ) สารช่วยผสมที่ได้จากพอลิโพรพิลีนที่มี MFI 2.4 กรัม/ 10 นาที

จากรูปที่ 4.24 ถึง 4.27 แสดงให้เห็นว่า การใส่สารช่วยผสมในพอลิเมอร์ผสมไม่มีผลต่ออุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีนและพอลิเอไมด์ 6 เฟส

จากการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC สามารถสรุปได้ว่า พอลิโพรพิลีนสามารถเกิดผลึกได้มากตั้งแต่ในช่วง cooling และการเกิดผลึกในช่วง cooling และ heating ครั้งที่ 2 มีปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนพอลิเอไมด์ 6 จะเกิดผลึกเพียงเล็กน้อยในช่วง cooling แต่ถ้าให้ความร้อนกับพอลิเมอร์ผสมอีกครั้ง พบว่า ปริมาณผลึกของพอลิเอไมด์ 6 เพิ่มขึ้น