

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์ยางธรรมชาติกราฟต์พอลิสไตรีน

4.1.1 การหาเปอร์เซ็นต์การเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์

จากการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์เมื่อใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างยางธรรมชาติและสไตรีนมอนอเมอร์ เท่ากับ 80/20 พบว่า มีค่าเท่ากับ 53.88% โดยมีสมบัติการกราฟต์ ดังนี้

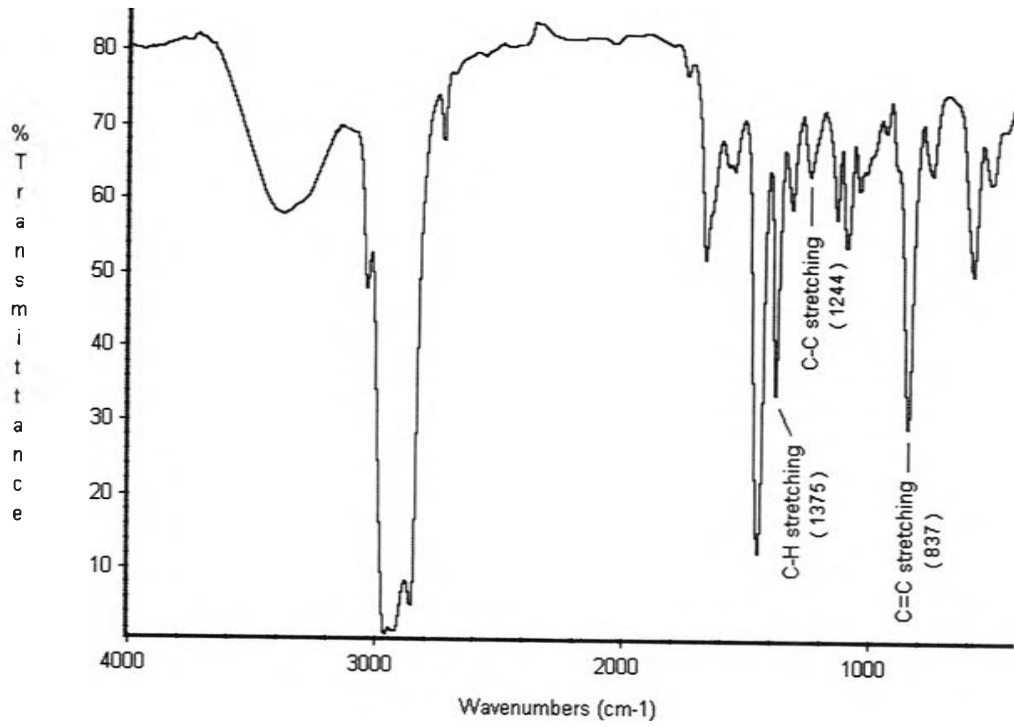
ยางธรรมชาติกราฟต์พอลิสไตรีน 53.88%

ยางธรรมชาติที่ไม่ถูกกราฟต์ 3.67%

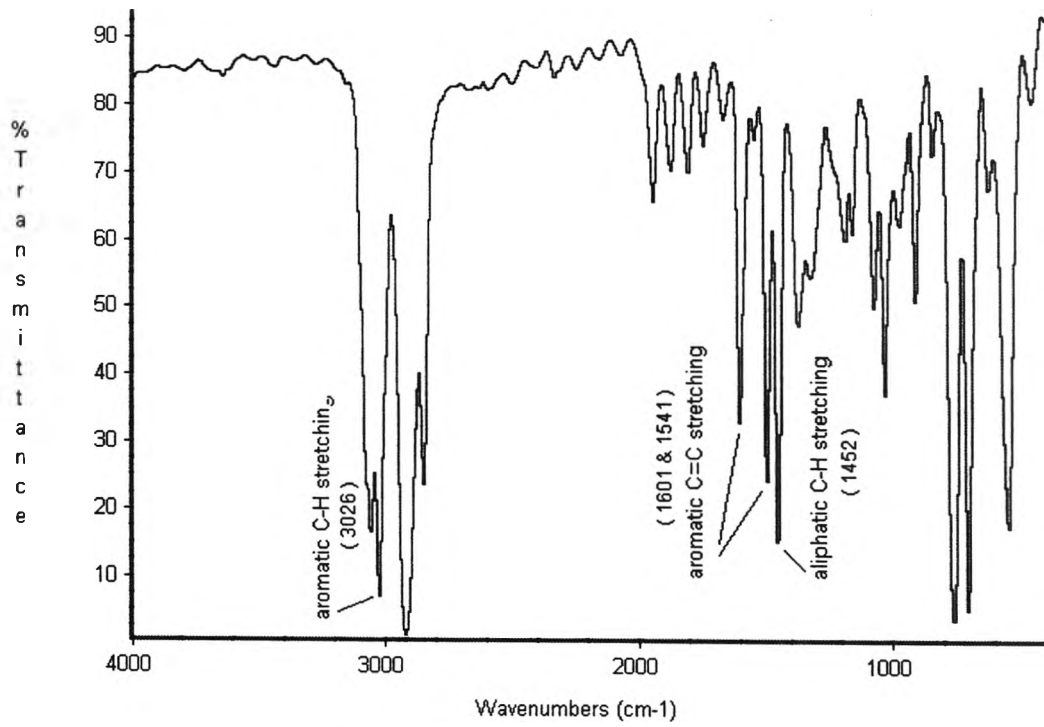
พอลิสไตรีนที่ไม่ถูกกราฟต์ 42.44%

4.1.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR

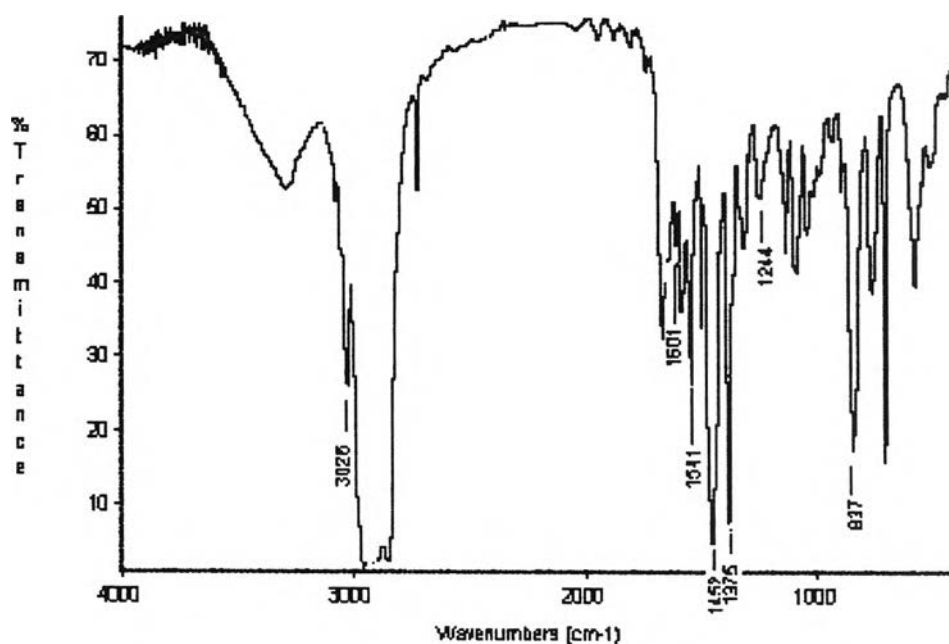
รูปที่ 4.1-4.3 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ (NR) พอลิสไตรีน (PS) และยางธรรมชาติกราฟต์พอลิสไตรีน (NR-g-PS) ด้วยเทคนิค FT-IR ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 FT-IR สเปกตรัมของ NR



รูปที่ 4.2 FT-IR สเปกตรัมของ PS



รูปที่ 4.3 FT-IR สเปกตรัมของ NR-g-PS

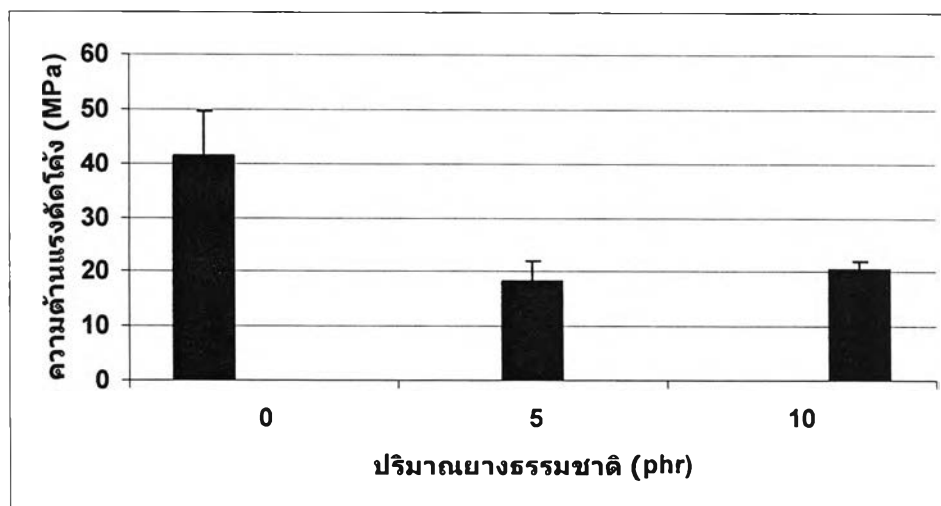
จาก FT-IR สเปกตรัมในรูปที่ 4.1 พบว่า โครงสร้างทางเคมีของ NR ประกอบด้วยพันธะของคาร์บอน-คาร์บอน ซึ่งเห็นได้จาก C=C stretching ที่ตำแหน่งพีก 837 cm^{-1} และ C-C stretching ที่ตำแหน่งพีก 1244 cm^{-1} นอกจากนี้ ยังมีพันธะของคาร์บอน-ไฮโดรเจน ซึ่งเห็นได้จาก C-H stretching ที่ตำแหน่งพีก 1375 cm^{-1} และรูปที่ 4.2 แสดง FT-IR สเปกตรัมของ PS โดยมีโครงสร้างที่เด่นชัดของวงแหวนเบนซีน ซึ่งประกอบด้วย aromatic C-H stretching ที่ตำแหน่งพีก 3026 cm^{-1} และ aromatic C=C stretching ที่ตำแหน่ง 1601 cm^{-1} และ 1541 cm^{-1} นอกจากนี้ ยังแสดง aliphatic C-H stretching ที่ตำแหน่งพีก 1452 cm^{-1} อีกด้วย

รูปที่ 4.3 แสดง FT-IR สเปกตรัม ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ ซึ่งแสดงพีกที่สำคัญของทั้ง NR และ PS ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการกราฟต์พอลิस्टไทรินบนโมเลกุลของยางธรรมชาติ

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกล

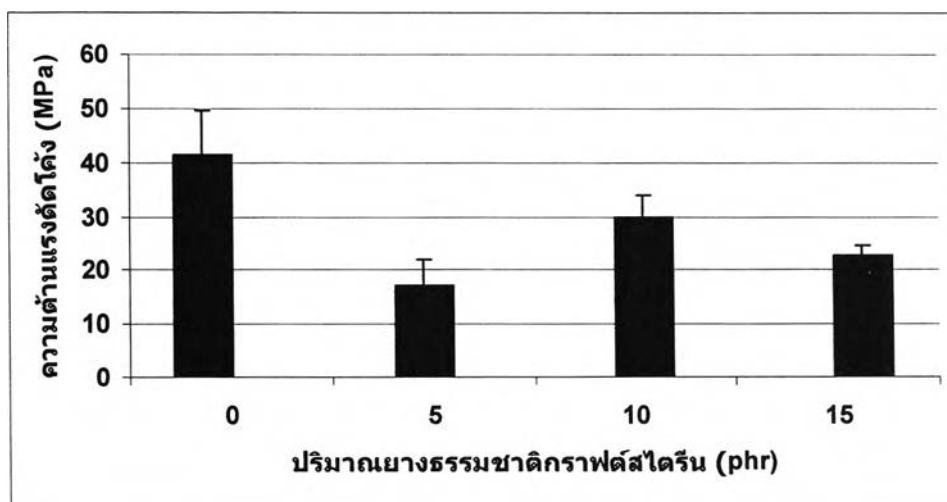
4.2.1 ความต้านแรงดัดโค้ง (Flexural Strength)

รูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงค่าความต้านแรงดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอสเตอร์ชนิดไม่อิ่มตัว (UPE) กับยางธรรมชาติ (NR) และยางธรรมชาติกราฟต์พอลิสไตรีน (NR-g-PS) ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านแรงดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมทั้งสอง

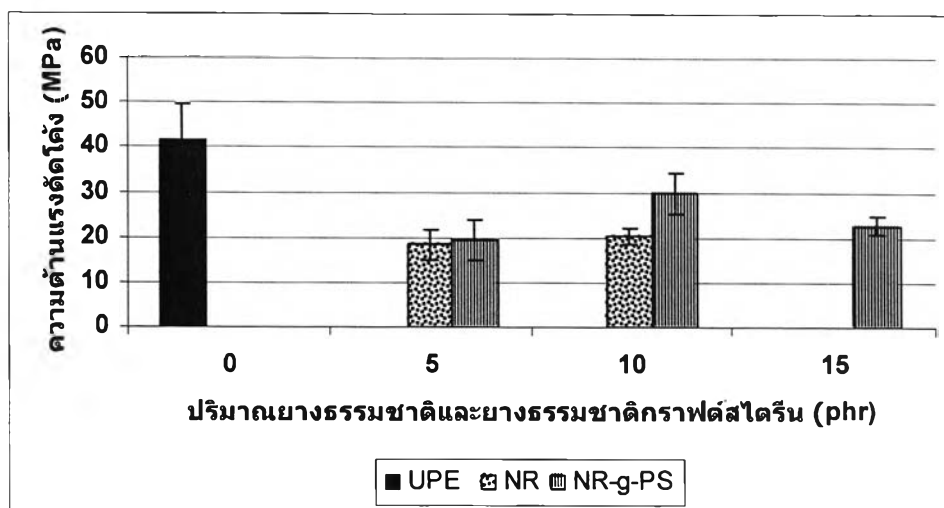


*หมายเหตุ : สูตรที่ 4 ปริมาณยางธรรมชาติที่ 15 phr ไม่สามารถขึ้นรูปได้

รูปที่ 4.4 ความต้านแรงดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR



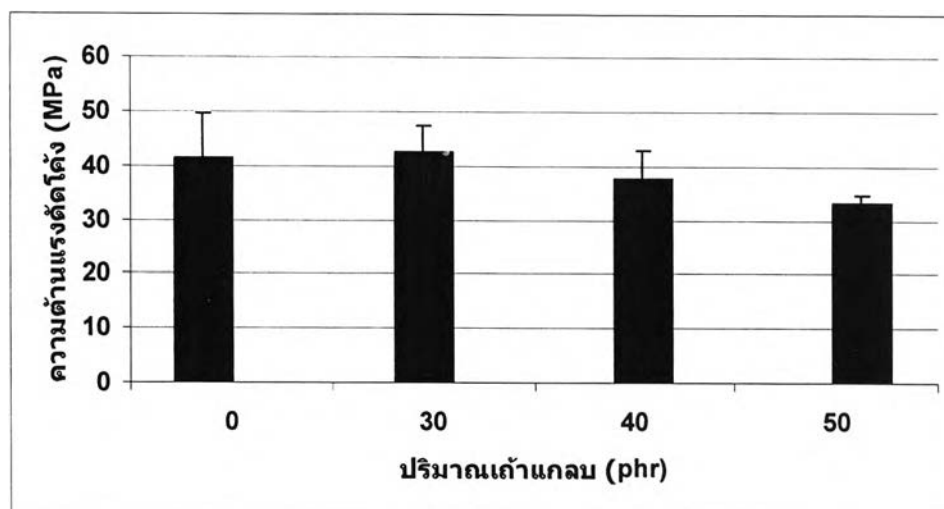
รูปที่ 4.5 ความต้านแรงดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR-g-PS



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าความต้านแรงดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR และ UPE/NR-g-PS

รูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการเติม NR ลงใน UPE มีผลทำให้ค่าความต้านแรงดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมลดลง เนื่องจากความไม่เข้ากันระหว่าง UPE กับยางธรรมชาติ ทำให้เกิดจุดบกพร่องในชิ้นงาน ซึ่งมีผลให้ค่าความต้านแรงดัดโค้งลดลง นอกจากนี้ การเติม NR ปริมาณ 15 phr ลงใน UPE ไม่สามารถนำไปขึ้นรูปได้ เนื่องจากสารผสมที่ได้มีความหนืดสูงและจับตัวเป็นก้อน สำหรับรูปที่ 4.5 แสดงค่าความต้านแรงดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE กับยางธรรมชาติที่ผ่านการกราฟต์ด้วยพอลิสไตรีน ซึ่งชิ้นงานมีค่าความต้านแรงดัดโค้งต่ำกว่าของ UPE หากแต่มีค่าสูงกว่าการผสม UPE กับยางธรรมชาติที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์ ดังแสดงการเปรียบเทียบไว้ในรูปที่ 4.6 เนื่องจากพอลิสไตรีนที่กราฟต์อยู่บนโมเลกุลของยางธรรมชาติเข้าไปยึดเกาะกับพอลิสไตรีนที่เชื่อมขวางระหว่างโมเลกุลของ UPE ที่มีโครงสร้างเป็นแบบร่างแห นอกจากนี้ ยังพบว่าพอลิเมอร์ผสม ที่เตรียมจาก UPE ผสมกับ NR-g-PS ปริมาณ 10 phr มีค่าความต้านแรงดัดโค้งสูงที่สุด ซึ่งการใส่ NR-g-PS ปริมาณ 15 phr ทำให้ความสามารถในการเข้ากันได้ลดน้อยลง จึงทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความต้านทานแรงดัดโค้งลดลง แต่ยังสามารถเทแบบได้

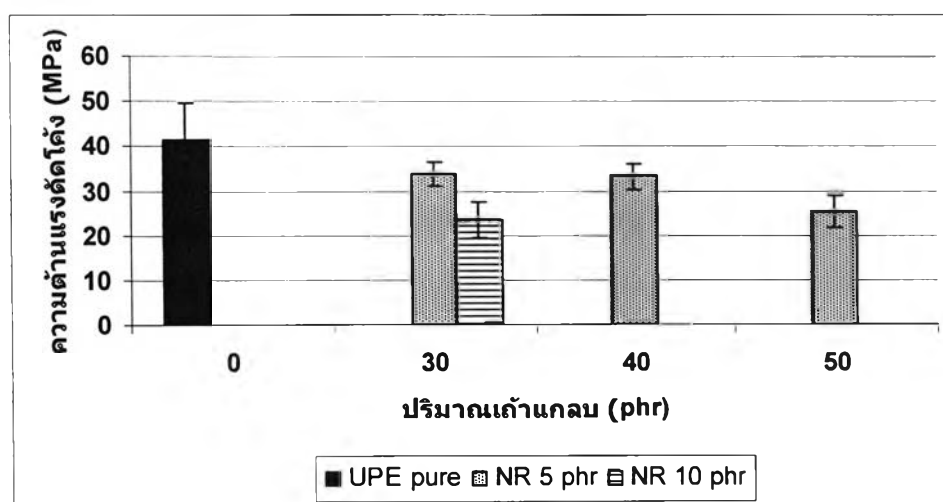
รูปที่ 4.7 แสดงค่าความต้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE และเถ้าแกลบ (rice husk ash, RHA) ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน



รูปที่ 4.7 ความต้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/RHA

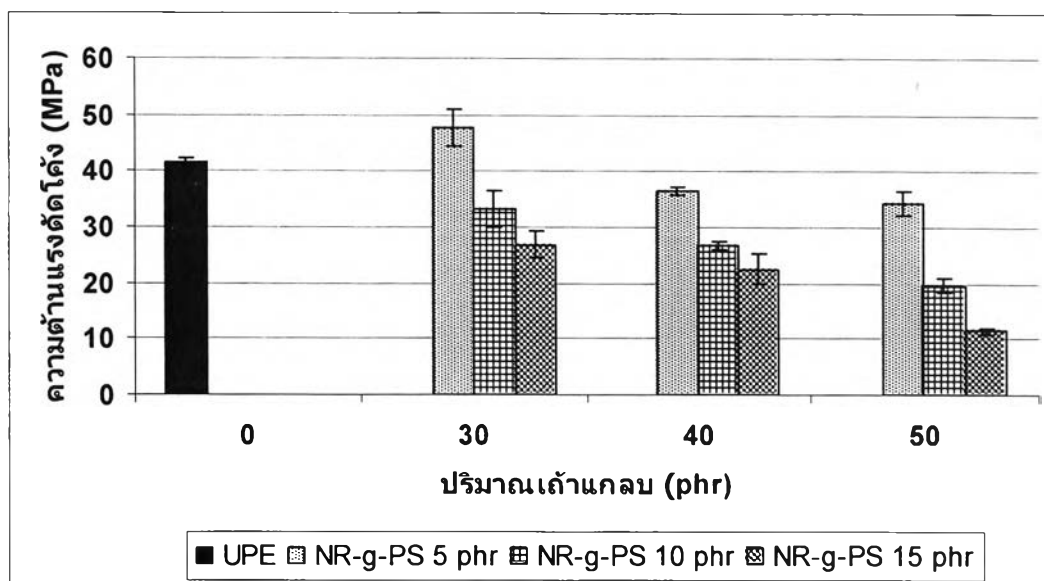
รูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า ชิ้นงานที่เตรียมจากการผสมเถ้าแกลบปริมาณ 30 phr ใน UPE มีค่าความต้านแรงดัดโค้งสูงที่สุด และสูงกว่า UPE เล็กน้อย ซึ่งเถ้าแกลบมีส่วนช่วยเสริมแรงให้กับชิ้นงาน แต่เมื่อปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มเป็น 40 และ 50 phr กลับทำให้ค่าความต้านแรงดัดโค้งลดลง เนื่องจากเถ้าแกลบมีการกระจายตัวไม่ดี และจับตัวเป็นกลุ่มก้อน ทำให้เกิดเป็นจุดบกพร่องขึ้นในชิ้นงาน ส่งผลให้ความต้านแรงดัดโค้งลดลง

รูปที่ 4.8 และ 4.9 แสดงค่าความต้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR/RHA และ UPE/NR-g-PS/RHA ที่มีอัตราส่วนขององค์ประกอบต่างๆ กัน ตามลำดับ



*หมายเหตุ : สูตรที่ 13, 15, 16, 18 และ 19 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

รูปที่ 4.8 ความต้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR/RHA



รูปที่ 4.9 ความต้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบ UPE/NR-g-PS/RHA

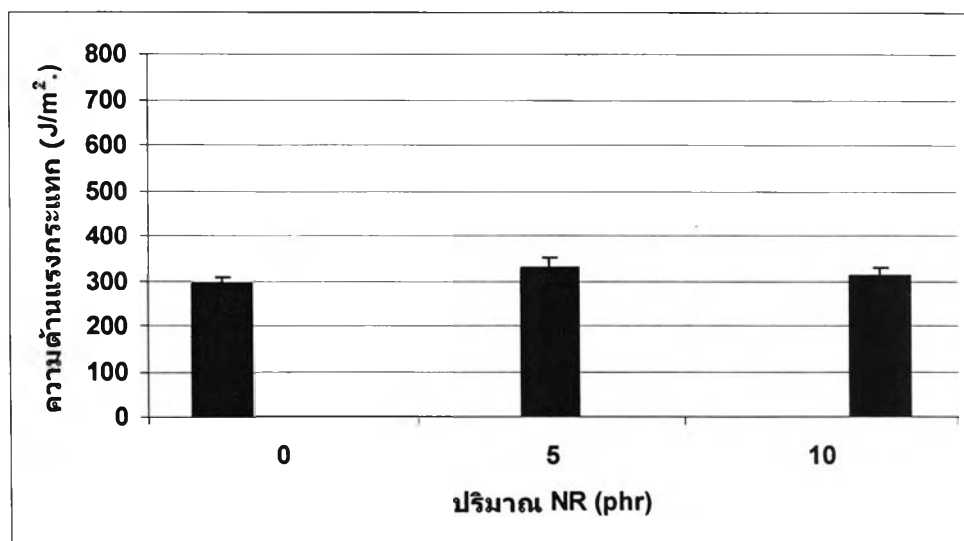
ในการขึ้นรูปชิ้นงาน พบว่า วัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจาก NR ปริมาณ 15 phr (แก้วกลบ 30, 40 และ 50 phr) และ NR 10 phr (แก้วกลบ 40 และ 50 phr) ผสมกับ UPE ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นงานได้ เนื่องจากสารผสมที่ได้มีความหนืดสูงมากและจับตัวเป็นก้อน ส่วนการใส่ NR-g-PS ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr สามารถขึ้นรูปได้ไม่ว่าใส่แก้วกลบ 30, 40 หรือ 50 phr ซึ่งแสดงให้เห็นว่า NR-g-PS สามารถเข้ารวมตัวและกระจายตัวใน UPE ได้ดีกว่า NR ที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า ชิ้นงานที่ใส่ NR เพียง 5 phr ยังสามารถเข้ารวมตัวกับ UPE ได้ในระดับหนึ่ง โดยยังไม่จับตัวเป็นก้อน และเมื่อใส่แก้วกลบเข้าไปในปริมาณ 30 และ 40 phr ชิ้นงานที่ได้มีค่าความต้านแรงดัดโค้งใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสูงกว่าการใส่แก้วกลบปริมาณ 50 phr แต่มีค่าต่ำกว่าของ UPE เพราะถึงแม้แก้วกลบสามารถช่วยเสริมแรงได้แต่ความไม่เข้ากันของยางธรรมชาติกับ UPE มีผลต่อค่าความต้านแรงดัดโค้งมากกว่า ซึ่งชิ้นงานที่ใส่ NR 10 phr และแก้วกลบ 30 phr มีค่าความต้านแรงดัดโค้งต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความไม่เข้ากันของ UPE กับ NR ทำให้เกิดมีความบกพร่องขึ้นในชิ้นงาน จึงส่งผลให้ความต้านแรงดัดโค้งลดลง นอกจากนี้ การใส่แก้วกลบในปริมาณมากๆ มักเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน และหากสารผสมมีความหนืดสูงยิ่งทำให้การกระจายตัวของแก้วกลบลดลง

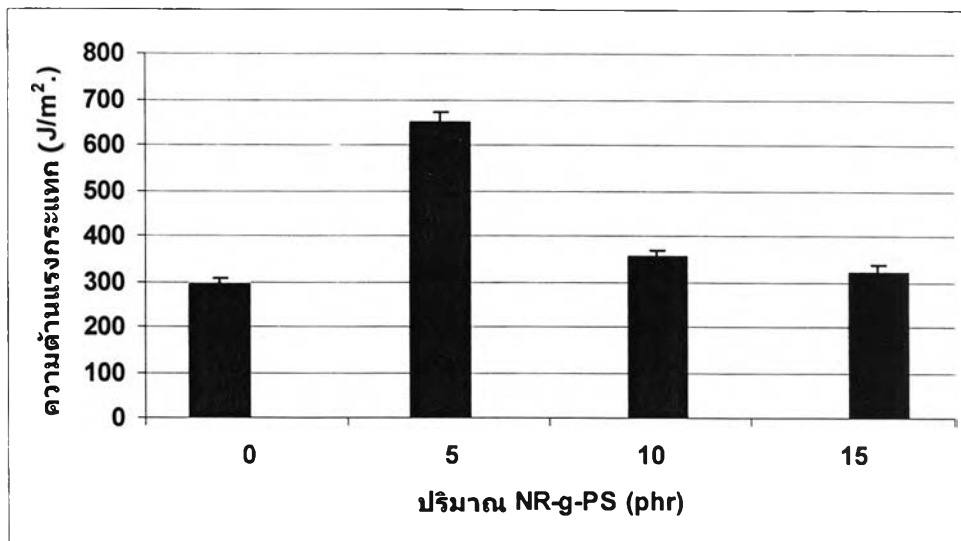
จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นเช่นเดียวกันว่า ชิ้นงานที่ได้ใส่ NR-g-PS ปริมาณ 5 phr มีค่าความต้านแรงดัดโค้งมากกว่าชิ้นงานที่ใส่ NR-g-PS 10 และ 15 phr และที่ใส่แก้วเกลบในปริมาณเดียวกัน นอกจากนี้ ยังพบว่ายังมีเพียงวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจากการใส่ NR-g-PS ปริมาณ 5 phr และแก้วเกลบ 30 phr ใน UPE เท่านั้น ที่มีความต้านแรงดัดโค้งสูงกว่าของ UPE ทั้งนี้เนื่องจาก NR-g-PS ที่กระจายตัวได้ดี ใน UPE สามารถลดความเปราะของ UPE ให้น้อยลง และการใส่แก้วเกลบที่ไม่มากเกินไป มีผลทำให้แก้วเกลบสามารถเสริมแรงให้กับวัสดุเชิงประกอบได้

4.2.2 ความต้านแรงกระแทก (Impact strength)

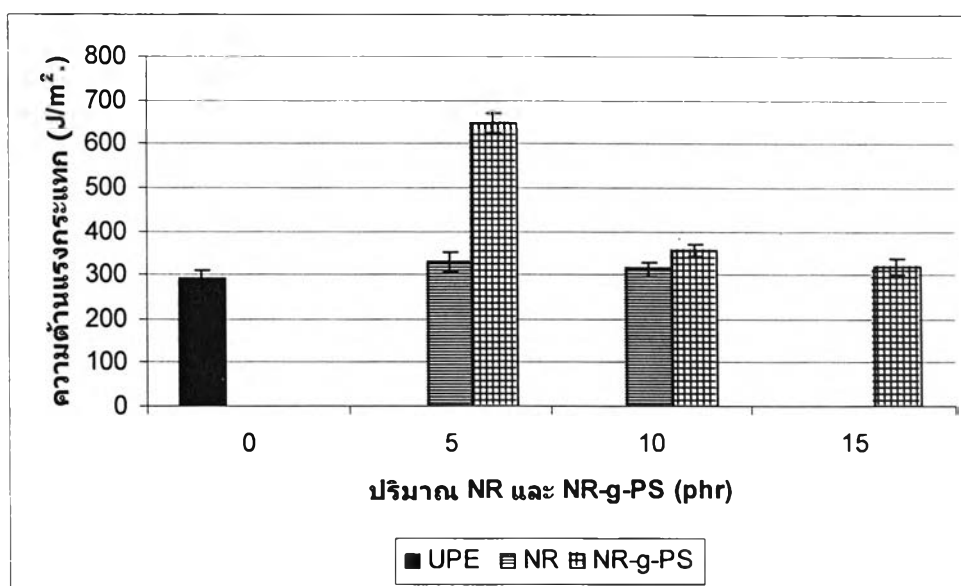
รูปที่ 4.10 และ 4.11 แสดงค่าความต้านแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE กับยางธรรมชาติ และยางธรรมชาติกราฟต์พอลิสไตรีน ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมทั้งสอง



รูปที่ 4.10 ความต้านแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR



รูปที่ 4.11 ความต้านแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR-g-PS

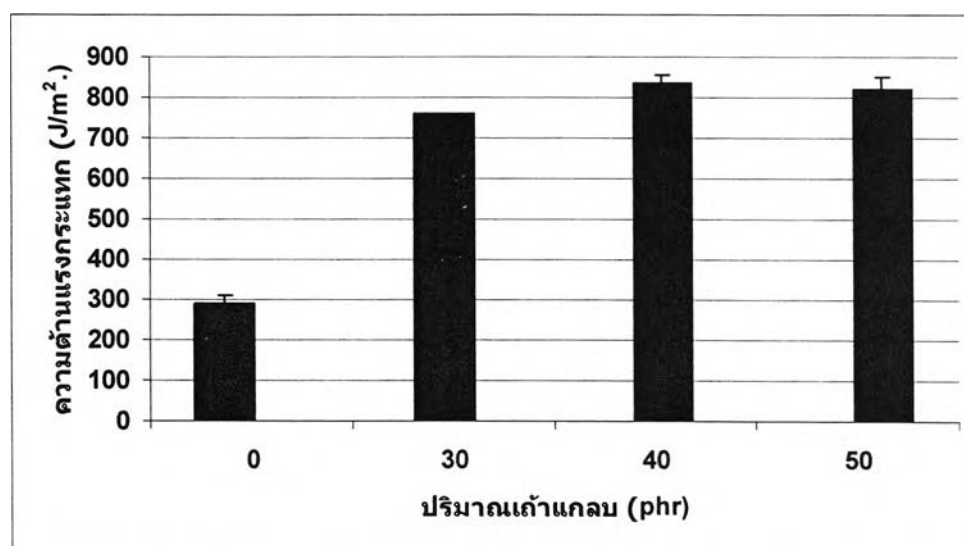


รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบความต้านแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR และ UPE/NR-g-PS

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 แสดงให้เห็นว่าการเติมทั้ง NR และ NR-g-PS เข้าไปใน UPE มีผลทำให้ค่าความต้านแรงกระแทกของชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของ NR มีความยืดหยุ่น จึงสามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดีกว่า UPE นอกจากนี้ พบว่าการใส่ NR-g-PS ทำให้ชิ้นงานมีค่าความต้านแรงกระแทกสูงกว่าการใส่ NR ปริมาณเท่ากัน เนื่องจาก NR-g-PS สามารถกระจายตัวใน UPE ได้ดีกว่า NR และการใส่ NR 15 phr ไม่สามารถเตรียมเป็นชิ้นงานได้ ดังที่ได้

กล่าวไปแล้ว อย่างไรก็ตาม การใส่ NR และ NR-g-PS ในปริมาณมากขึ้น กลับทำให้สมบัติความต้านแรงกระแทกลดลง เนื่องจากน้ำในน้ำยางธรรมชาติได้ระเหยออกไปในระหว่างการบ่ม UPE จึงอาจทำให้เกิดรูพรุนซึ่งเป็นจุดบกพร่องในชิ้นงาน ซึ่งมีผลทำให้ความต้านแรงกระแทกลดลง

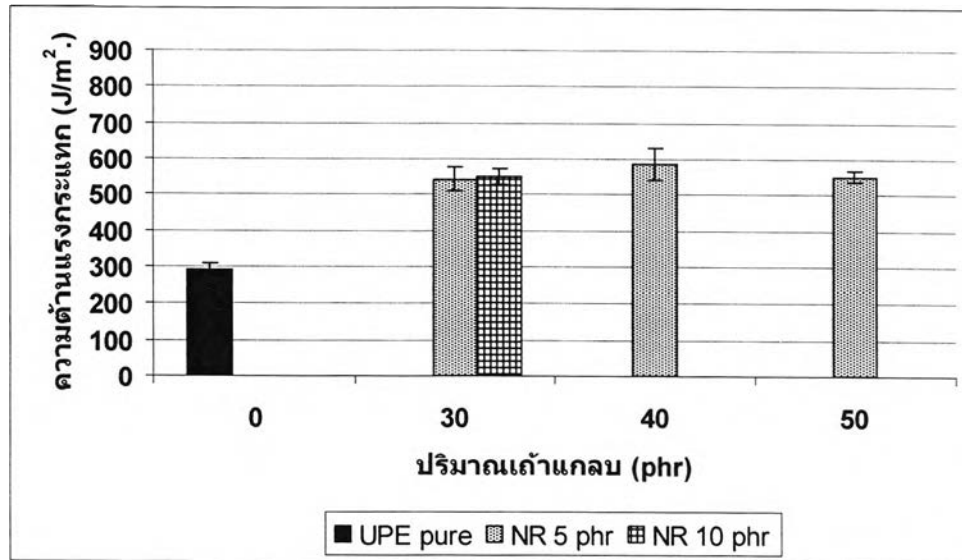
รูปที่ 4.13 แสดงค่าความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE และเส้นใยแก้วอัตราส่วนต่างๆ กัน



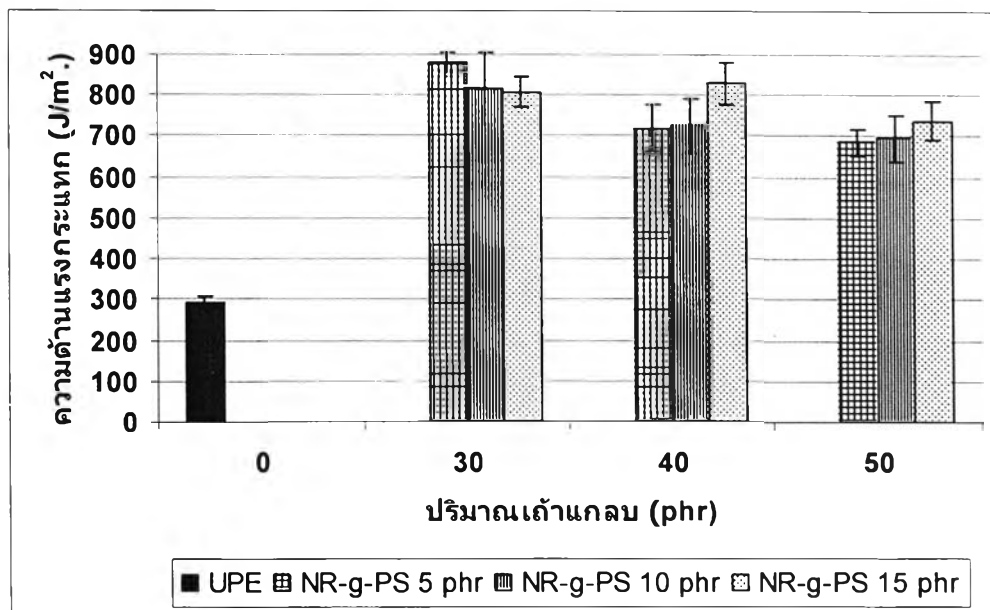
รูปที่ 4.13 ความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/RHA

จากรูปที่ 4.13 แสดงค่าความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบที่เพิ่มขึ้นเมื่อใส่เส้นใยแก้ว ทั้งนี้เพราะเส้นใยแก้วและ UPE มีแรงยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงสามารถเข้าไปแทรกอยู่ในร่างแหของ UPE ได้ และเป็นตัวช่วยดูดซับแรงกระแทก ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่เส้นใยแก้วช่วยให้วัสดุเชิงประกอบมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น หากแต่เมื่อใส่ในปริมาณมากๆ กลับทำให้เกิดการกระจายตัวไม่ดี และจับกันเป็นกลุ่มก้อนได้ ดังจะเห็นได้จากการที่สมบัติเชิงกลต่างๆ ลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยแก้วเพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.14 และ 4.15 แสดงความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR/RHA และ UPE/NR-g-PS/RHA ที่มีอัตราส่วนขององค์ประกอบต่างๆ กัน ตามลำดับ



รูปที่ 4.14 ความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR/RHA



รูปที่ 4.15 ความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR-g-PS/RHA

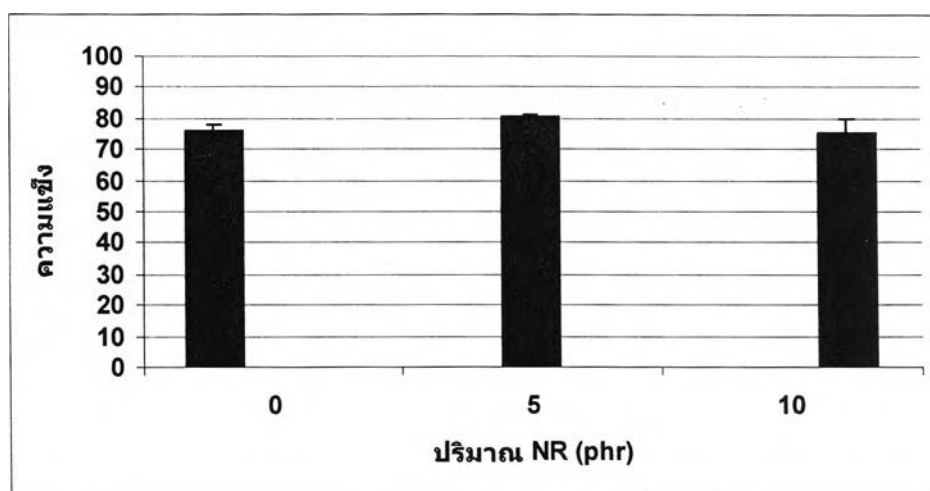
จากรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่า ชิ้นงานที่ใส่ NR ปริมาณเพียง 5 phr สามารถเข้าร่วมตัวกับ UPE ได้ในระดับหนึ่ง โดยยังไม่จับตัวเป็นก้อน และเมื่อใส่เส้นใยเข้าไปในปริมาณ 30 40 และ 50 phr ชิ้นงานที่ได้มีค่าความต้านแรงกระแทกสูงกว่าของ UPE ทั้งนี้เพราะความยืดหยุ่นของ NR กับความสามารถดูดซับแรงกระแทกของเส้นใยที่แทรกตัวอยู่ในโครงสร้างร่างแหของ UPE ช่วยให้ชิ้นงานมีความต้านแรงกระแทกสูงขึ้น แต่หากใส่ในปริมาณมากๆ จะจับตัวเป็นกลุ่มก้อน

และเกิดเป็นจุดบกพร่องในชิ้นงาน จึงทำให้มีความต้านแรงกระแทกต่ำลง ด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

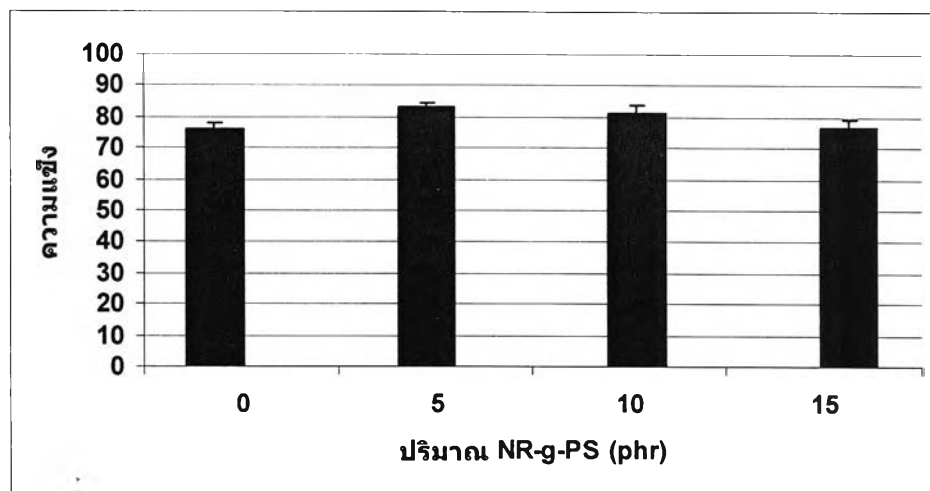
จากรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจาก UPE, NR-g-PS และถั่วแกลบ มีความต้านแรงกระแทกสูงกว่า UPE อย่างเห็นได้ชัด และสูตรที่ใส่ NR-g-PS ปริมาณ 5 phr กับ ถั่วแกลบ 30 phr มีค่าความต้านแรงกระแทกสูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ NR-g-PS และถั่วแกลบเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านแรงกระแทกในแต่ละสูตรแตกต่างกันไม่มากนัก แสดงว่าการใส่ NR-g-PS และถั่วแกลบใน UPE สามารถปรับปรุงสมบัติความต้านแรงกระแทกได้มากกว่าความต้านแรงดัดโค้ง

4.2.3 ความแข็ง (Hardness)

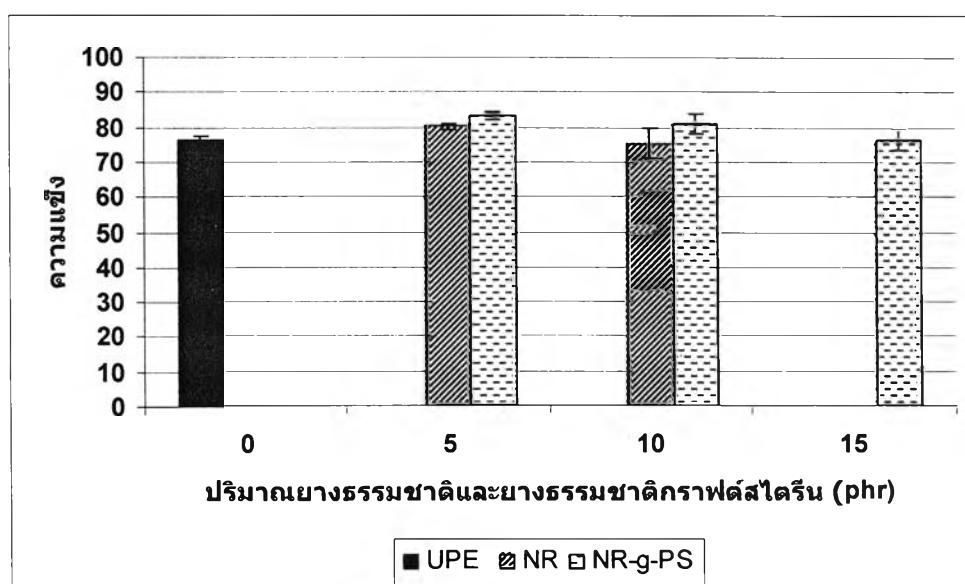
รูปที่ 4.16 และ 4.17 แสดงค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE กับยางธรรมชาติ และยางธรรมชาติกราฟต์พอลิสไตรีน ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบความแข็งของพอลิเมอร์ผสมทั้งสอง



รูปที่ 4.16 ความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR



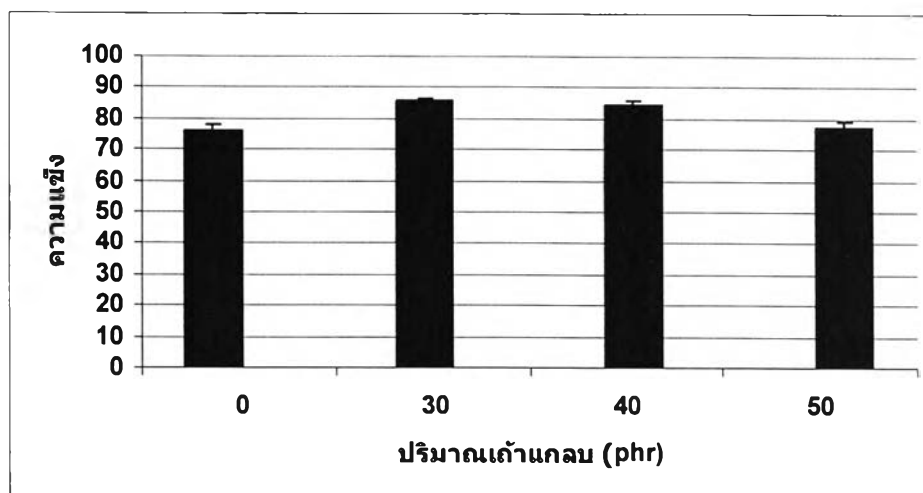
รูปที่ 4.17 ความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR-g-PS



รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR และ UPE/NR-g-PS

รูปที่ 4.16–4.18 แสดงให้เห็นว่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE กับ NR และ NR-g-PS มีค่าทั้งสูงกว่าและต่ำกว่าของ UPE ในกรณีที่ยางสามารถสอดแทรกเข้าไปในโครงสร้างร่างแหของ UPE ได้ดี จะทำให้ความแข็งของชิ้นงานเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากมีการแยกเฟสหรือจับตัวเป็นกลุ่มก้อนของยาง ทำให้ความแข็งของชิ้นงานลดลง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณ NR หรือ NR-g-PS เพิ่มขึ้น ความแข็งของชิ้นงานมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม ชิ้นงานที่ได้ NR-g-PS มีค่าความแข็งมากกว่าใส่ NR ในปริมาณเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจาก NR-g-PS สามารถสอดแทรกเข้าไปในโครงสร้างร่างแหของ UPE ได้ดีกว่า จึงทำให้มีเนื้อที่แน่นและแข็งแรงกว่า

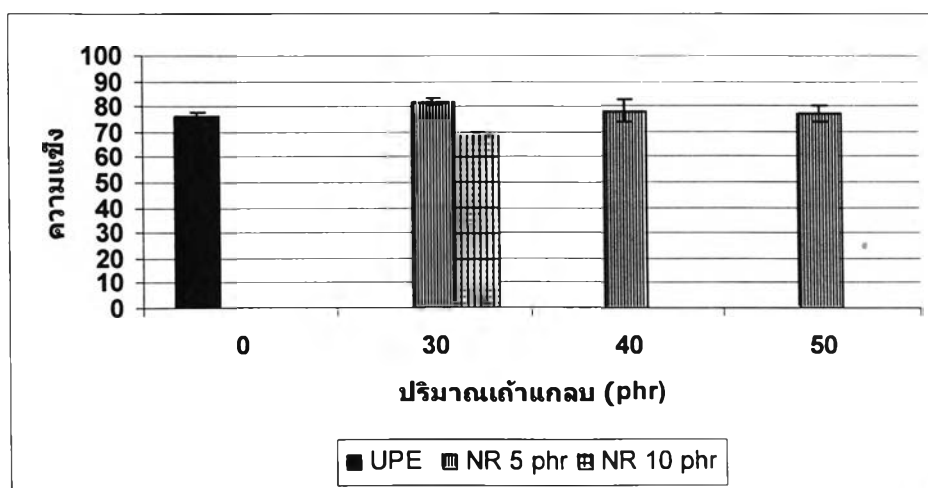
รูปที่ 4.19 แสดงค่าความแข็งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE และแก้วกลบที่อัตราส่วนต่างๆ กัน



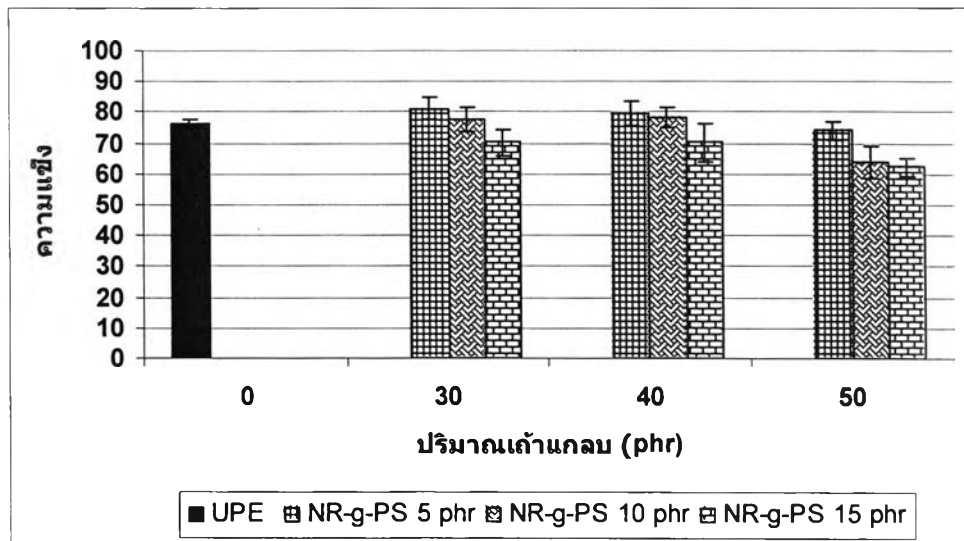
รูปที่ 4.19 ความแข็งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/RHA

จากรูปที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่าวัสดุเชิงประกอบมีความแข็งมากกว่าของ UPE ก็เนื่องจากแก้วกลบเป็นสารตัวเติมที่ค่อนข้างแข็งและมีขนาดใหญ่ ดังนั้น เมื่อแทรกอยู่ในร่างแหของ UPE ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อใส่แก้วกลบเพิ่มขึ้นถึง 50 phr ความแข็งมีค่าลดลงมาก แต่ยังสูงกว่าของ UPE เล็กน้อย แสดงว่าแก้วกลบมีการแยกตัวและจับกันเป็นกลุ่มก้อนเกิดเป็นความบกพร่องขึ้นในชิ้นงาน

รูปที่ 4.20 และ 4.21 แสดงค่าความแข็งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR/RHA และ UPE/NR-g-PS/RHA ที่มีอัตราส่วนขององค์ประกอบต่างๆ กัน ตามลำดับ



รูปที่ 4.20 ความแข็งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR/RHA

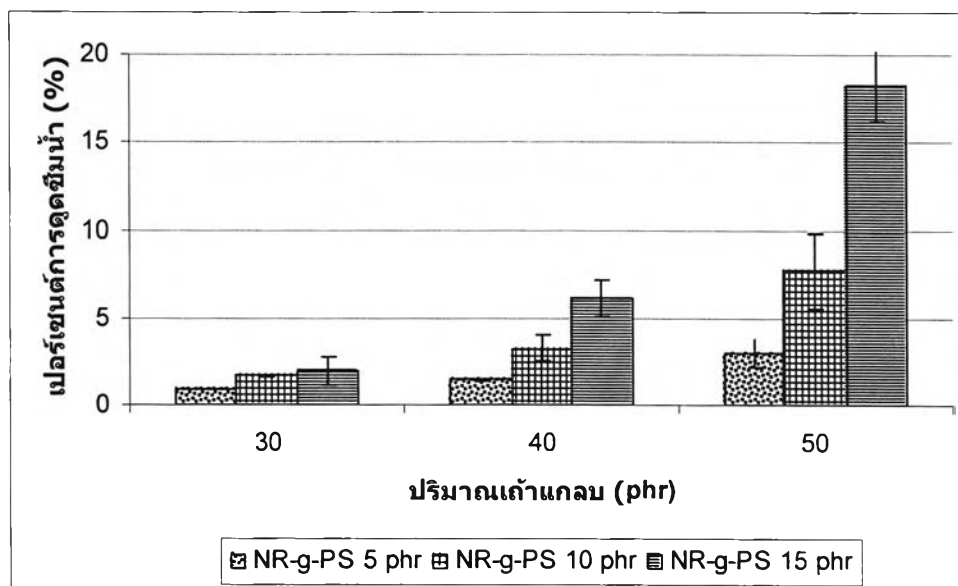


รูปที่ 4.21 ความแข็งของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR-g-PS/RHA

จากรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่าความแข็งของวัสดุเชิงประกอบที่ใส่ NR 5 phr ร่วมกับแก้วกลบปริมาณ 30, 40 และ 50 phr สูงกว่าของ UPE เล็กน้อย แต่เมื่อใส่ NR 10 phr ร่วมกับแก้วกลบ 30 phr ความแข็งของชิ้นงานมีค่าต่ำกว่าของ UPE เพราะปริมาณ NR ที่เพิ่มขึ้นไม่สามารถเข้ารวมตัวกับ UPE ได้ดี จึงเกาะกลุ่มกันเองและแสดงคุณลักษณะของ NR ที่มีความยืดหยุ่น ดังนั้นชิ้นงานจึงมีความแข็งน้อยลง

จากรูปที่ 4.21 แสดงให้เห็นว่าความแข็งของวัสดุเชิงประกอบที่ใส่ NR-g-PS ปริมาณ 5 phr และใส่แก้วกลบ 30, 40 และ 50 phr มีความแข็งไม่ต่างกันมากนักและใกล้เคียงกับที่ใส่ NR-g-PS ปริมาณ 10 phr ร่วมกับแก้วกลบ 30 และ 40 phr และไม่ต่างจากชิ้นงานของ UPE มากนัก และความแข็งมีค่าค่อยๆ ลดลงเมื่อใส่ NR-g-PS เพิ่มเป็น 15 phr ร่วมกับการใส่แก้วกลบในปริมาณที่สูงขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว

4.3 การดูดซึมน้ำ



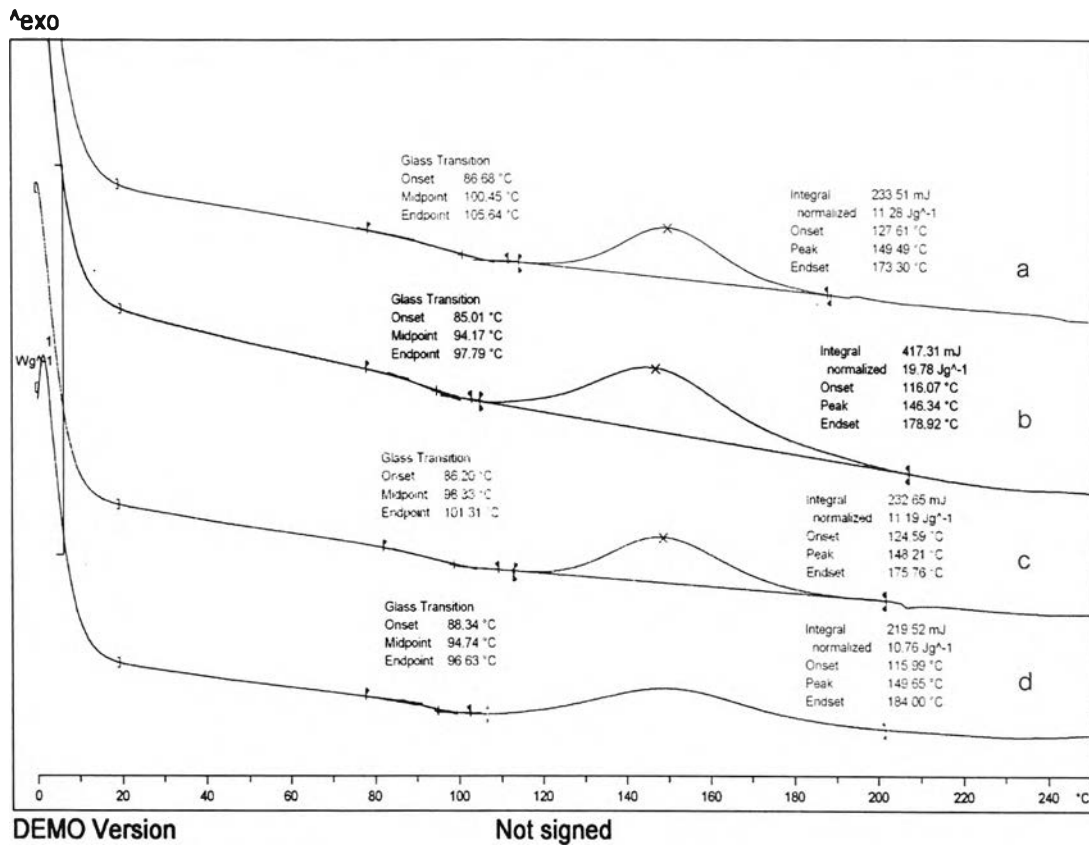
รูปที่ 4.22 การดูดซึมน้ำของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR-g-PS/RHA

จากรูปที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่าการดูดซึมน้ำของวัสดุเชิงประกอบที่ใส่ NR-g-PS และตัวเชื่อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณ NR-g-PS และปริมาณตัวเชื่อมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวัสดุเชิงประกอบที่ใส่ NR-g-PS ปริมาณ 5 phr และตัวเชื่อม 30 phr มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ NR-g-PS ปริมาณมากทำให้เกิดจุดบกพร่องและช่องว่างในโครงสร้างเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และตัวเชื่อมมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประเภทเซลลูโลสซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ในโครงสร้างเป็นจำนวนมาก ทำให้ตัวเชื่อมมีขั้วสูง จึงส่งผลให้ตัวเชื่อมสามารถดูดซึมน้ำได้ดี

4.4 พฤติกรรมทางความร้อน

4.4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC

รูปที่ 4.23 แสดง DSC เทอร์โมแกรมของชิ้นงาน UPE, พอลิเมอร์ผสมของ UPE/ NR-g-PS (100/5), วัสดุเชิงประกอบของ UPE/RHA (100/30) และวัสดุเชิงประกอบของ NR-g-PS/RHA (100/5/30)

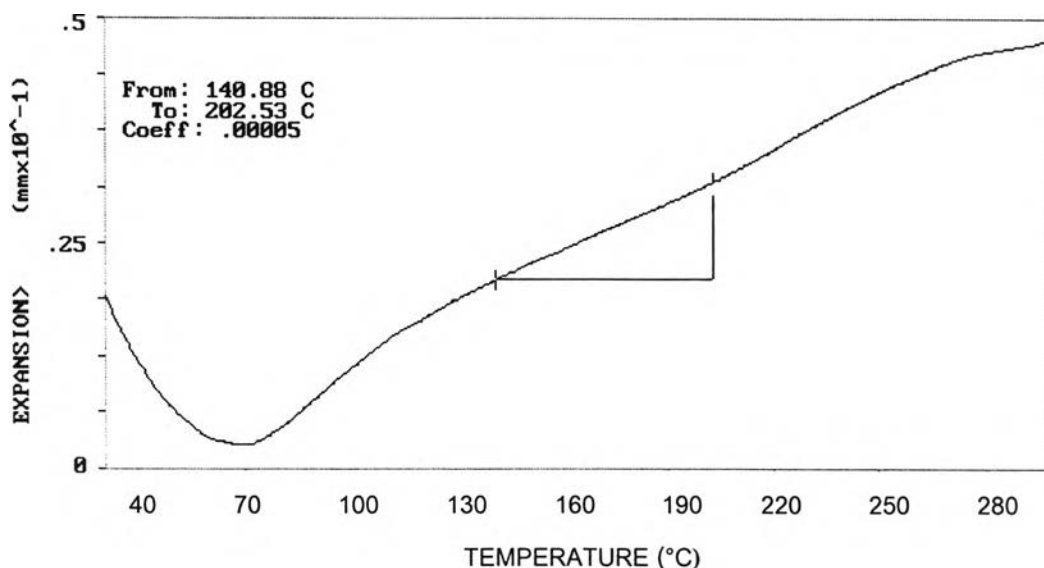


รูปที่ 4.23 DSC เทอร์โมแกรมของ (a) UPE, (b) พอลิเมอร์ผสมของ UPE/NR-g-PS (100/5), (c) วัสดุเชิงประกอบของ UPE/RHA (100/30) และ (d) วัสดุเชิงประกอบของ UPE/NR-g-PS/RHA (100/5/30)

จาก DSC เทอร์โมแกรมในรูปที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่า T_g ของ UPE มีค่าเท่ากับ 86.68 องศาเซลเซียส ของพอลิเมอร์ผสมของ UPE/NR-g-PS (100/5) มีค่าเท่ากับ 85.01 องศาเซลเซียส ของวัสดุเชิงประกอบของ UPE/RHA (100/30) มีค่าเท่ากับ 86.20 องศาเซลเซียส และของวัสดุเชิงประกอบของ NR-g-PS/RHA (100/5/30) มีค่าเท่ากับ 88.34 องศาเซลเซียส ซึ่งทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ NR-g-PS มีส่วนทำให้ T_g ต่ำลง แต่ถ้าเคลือบช่วยให้ T_g มีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่า T_g โดยรวมไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

4.4.2 ผลวิเคราะห์สมบัติการขยายตัวทางความร้อนด้วยเทคนิค TMA

รูปที่ 4.24 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติการขยายตัวทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจาก 100 UPE/5 NR-g-PS/30 RHA ด้วยเทคนิค TMA



รูปที่ 4.24 ผลวิเคราะห์การขยายตัวทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบ
ระหว่าง UPE/NR-g-PS/RHA ด้วยเทคนิค TMA

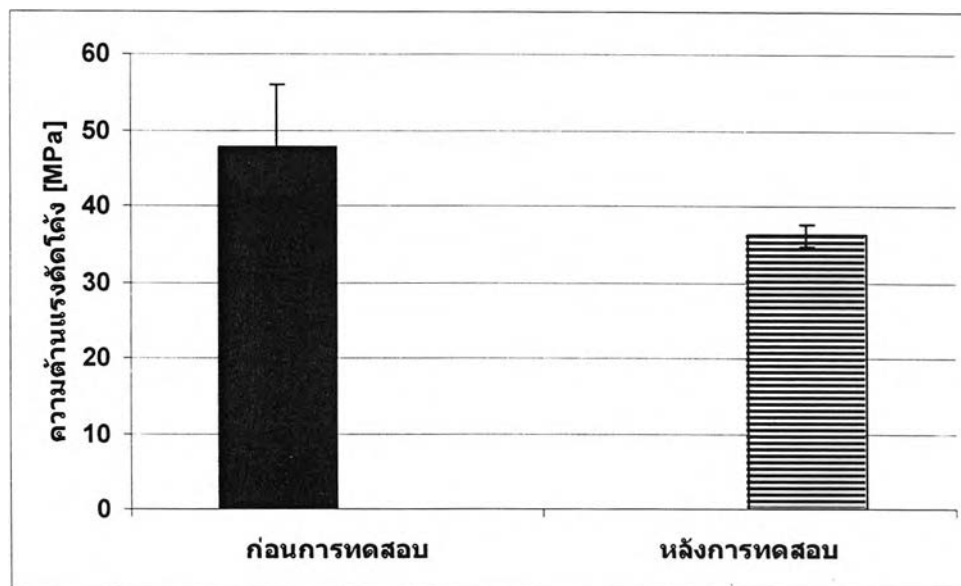
จากการตรวจสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ พบว่า วัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจาก 100 UPE/5 NR-g-PS/30 RHA มีสมบัติเชิงกลโดยรวมดีที่สุด จึงนำชิ้นงานที่เตรียมจากส่วนผสมนี้ไปวิเคราะห์หาการขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิค TMA

รูปที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่า ชิ้นงานเกิดการหดตัวในช่วงแรกๆ ของการทดสอบ ก่อนเริ่มมีการขยายตัวอีกครั้งหลังอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีความเค้นตกค้าง (residue stress) อยู่ในชิ้นงาน ซึ่งหากนำชิ้นงานไปผ่านการแอนนีย์ล (annealing) ด้วยความร้อนภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม จะสามารถช่วยแก้ปัญหการหดตัวของชิ้นงานได้ และจาก TMA เทอร์โมแกรม พบเห็นการขยายตัวเนื่องจากความร้อนมี 2 ช่วง คือ จากอุณหภูมิเริ่มทดสอบจนถึงประมาณ 100 องศาเซลเซียส และสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ถึงประมาณ 250 องศาเซลเซียส โดยในช่วงแรกเป็นผลจากการขยายตัวของเฟสยางที่อยู่ในวัสดุเชิงประกอบ และการขยายตัวในช่วงหลังเป็นผลจากการขยายตัวของ UPE ซึ่งการขยายตัวของ UPE เป็นผลจากการสลายตัวทางความร้อนของ NR-g-PS ที่กระจายตัวอยู่ในเมทริกซ์ของ UPE และจาก TMA เทอร์โมแกรม แสดงสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนมีค่าเท่ากับ $0.00005 \text{ mm/mm} \cdot ^\circ\text{C}$ (วัดจาก $140.88\text{-}202.53^\circ\text{C}$) ซึ่งมีค่าต่ำมาก

4.5 ผลการทดสอบความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ

4.5.1 ความต้านแรงดัดโค้ง (Flexural Strength)

รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจาก 100 UPE/5 NR-g-PS/30 RHA ก่อนและหลังการนำไปตากไว้กลางแจ้งเป็นเวลา 30 วัน

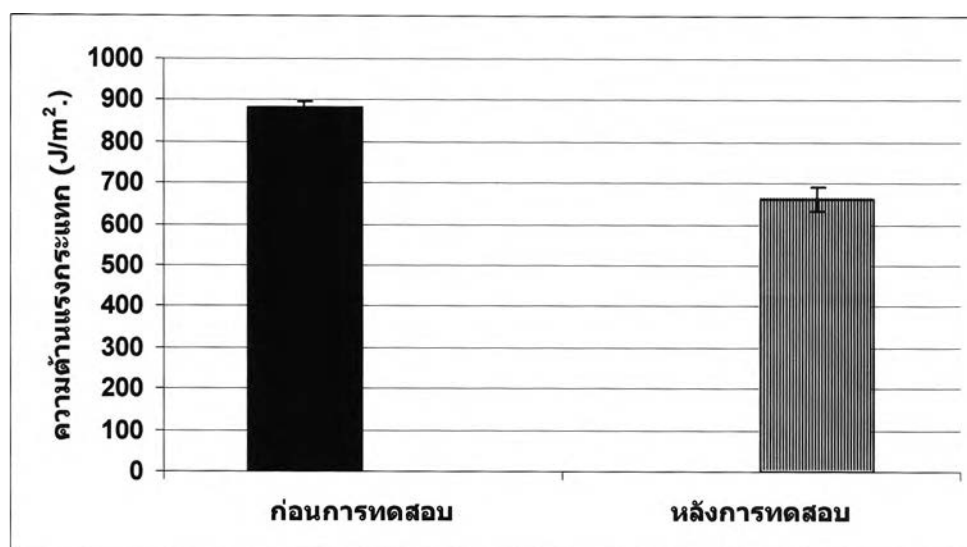


รูปที่ 4.25 ความต้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบ (100 UPE/5 NR-g-PS/30 RHA) ก่อนและหลังการนำไปตากแดดและตากฝนเป็นเวลา 30 วัน

จากรูปที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่าค่าความต้านแรงดัดโค้งของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจาก 100 UPE/5 NR-g-PS/30 RHA มีค่าลดลงประมาณ 24.20 % หลังจากนำไปตากไว้กลางแจ้งเป็นเวลา 30 วัน เนื่องจาก NR-g-PS ที่เติมลงไปมีพันธะคู่อยู่เป็นจำนวนมาก จึงเกิดการเสื่อมสภาพเมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแสงอาทิตย์ ทั้งนี้เพราะไม่ได้ใส่สารเพิ่มเสถียรภาพในน้ำยางธรรมชาติ

4.5.2 ความต้านแรงกระแทก (Impact strength)

รูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจาก 100 UPE/5 NR-g-PS/30 RHA ก่อนและหลังการนำไปตากไว้กลางแจ้งเป็นเวลา 30 วัน

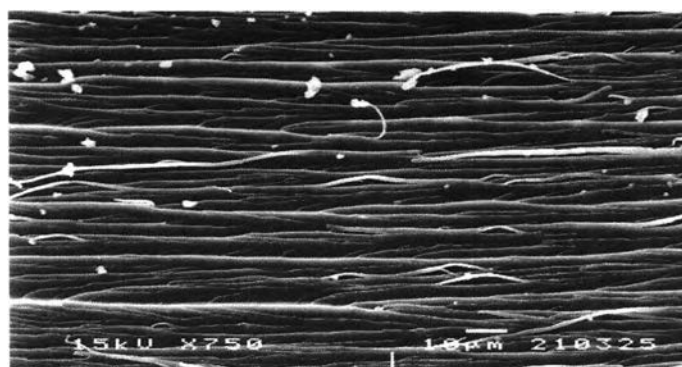


รูปที่ 4.26 ความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบ (100 UPE/5 NR-g-PS/30 RHA) ก่อนและหลังการนำไปตากแดดและตากฝนเป็นเวลา 30 วัน

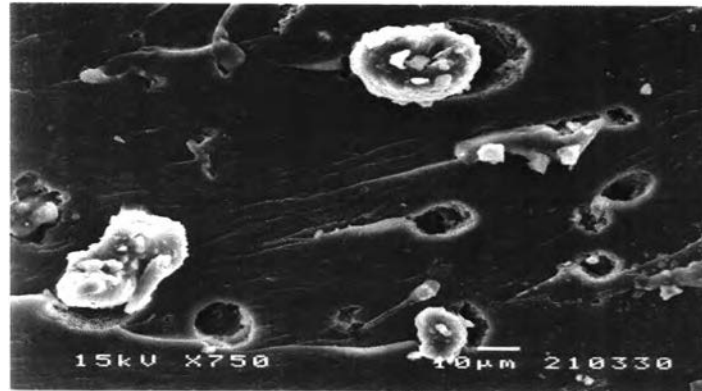
จากรูปที่ 4.26 แสดงให้เห็นว่าค่าความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมจาก 100 UPE/5 NR-g-PS/30 RHA มีค่าลดลงประมาณ 24.80 % หลังจากนำไปตากไว้กลางแจ้งเป็นเวลา 30 วัน เนื่องจาก NR-g-PS ที่เติมลงไปมีพันธะคู่อยู่เป็นจำนวนมาก จึงเกิดการเสื่อมสภาพเมื่อได้ รับรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแสงอาทิตย์ ทั้งนี้เพราะไม่ได้ใส่สารเพิ่มเสถียรภาพในน้ำยางธรรมชาติ

4.6 ผลการตรวจสอบสัณฐานวิทยา

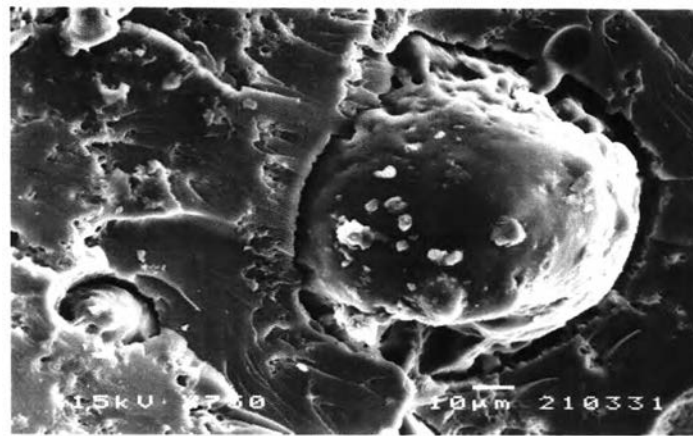
รูปที่ 4.27 แสดงสัณฐานวิทยาของ UPE และรูปที่ 4.28 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE และยางธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ กัน



รูปที่ 4.27 สัณฐานวิทยาของ UPE



(a)



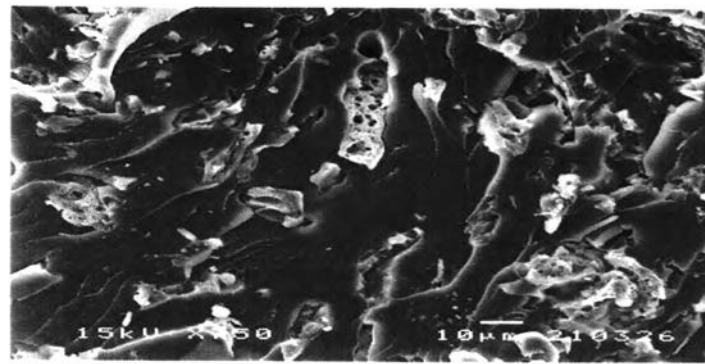
(b)

รูปที่ 4.28 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR ที่อัตราส่วน

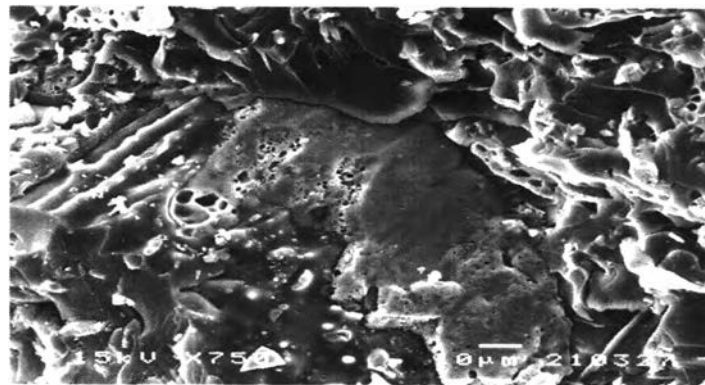
(a) 100/5 และ (b) 100/10

รูปที่ 4.28 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณ NR ในพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้น ความเข้ากันได้ลดลง โดยรอบๆ อนุภาคของยางไม่มีแรงยึดเกาะกับ UPE เมทริกซ์ จึงมักพบช่องว่างและความบกพร่องอยู่รอบๆ อนุภาคของยาง

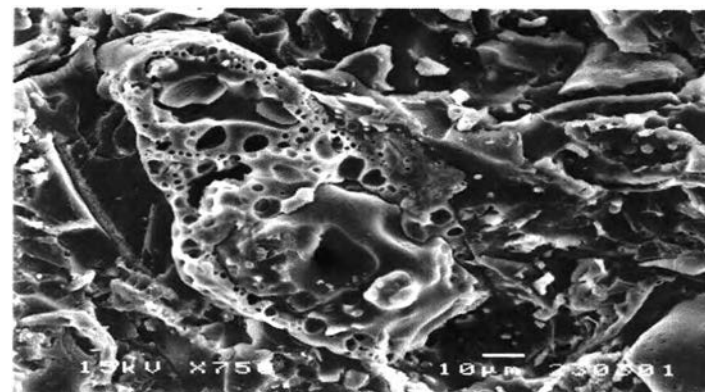
รูปที่ 4.29 แสดงสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE และเส้นใยที่อัตราส่วนต่างๆ กัน



(a)



(b)



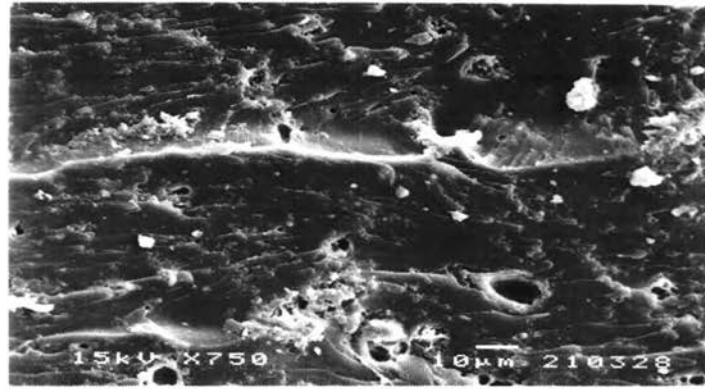
(c)

รูปที่ 4.29 สัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/RHA ที่อัตราส่วน

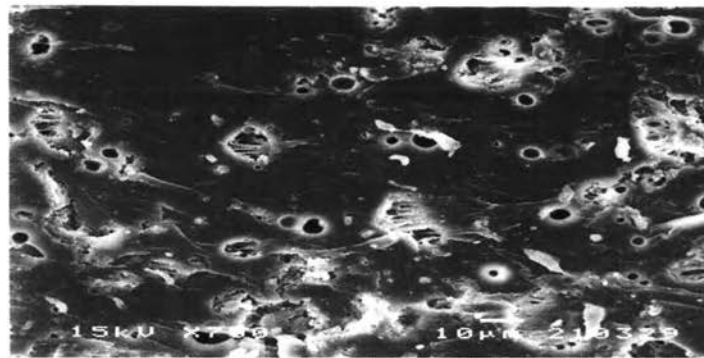
(a) 100/30, (b) 100/40 และ (c) 100/50

รูปที่ 4.29 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณแก้วเคลือบเพิ่มขึ้น แก้วเคลือบเริ่มจับตัวเป็นกลุ่มก้อน และมีความบกร่องปรากฏให้เห็นมากขึ้นตามปริมาณแก้วเคลือบที่เพิ่มขึ้น

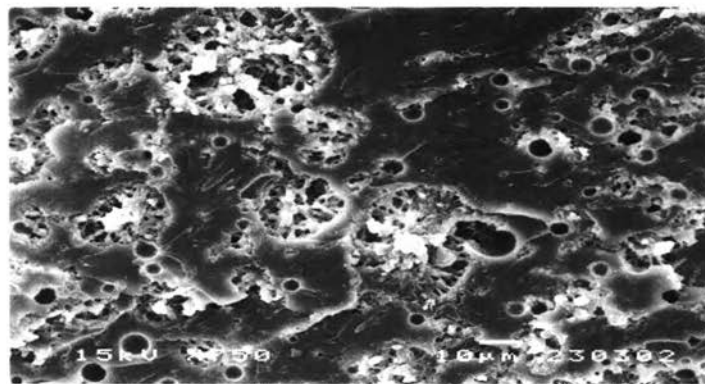
รูปที่ 4.30 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE และ NR-g-PS ที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน



(a)



(b)



(c)

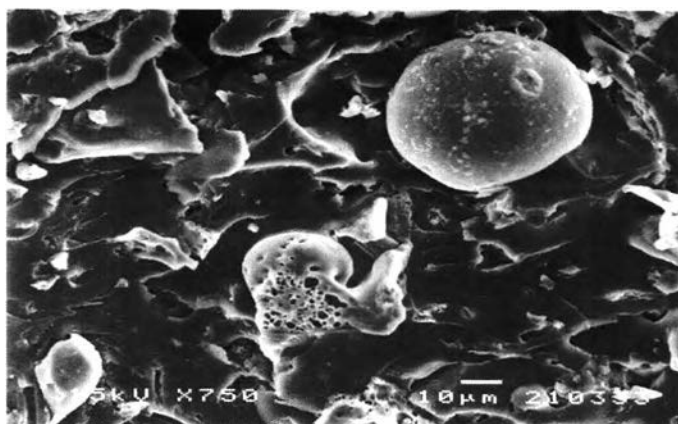
รูปที่ 4.30 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง UPE/NR-g-PS ที่อัตราส่วน

(a) 100/5, (b) 100/10 และ (c) 100/15

รูปที่ 4.30 แสดงให้เห็นว่าเมื่อผสม NR-g-PS กับ UPE สัณฐานวิทยาที่ปรากฏให้เห็นมีความละเอียดมากกว่าการใส่ NR ซึ่งแสดงถึงความเข้ากันได้ระหว่าง NR-g-PS กับ UPE มากกว่า

NR ที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์ เมื่อใส่ในปริมาณเท่ากัน อย่างไรก็ตาม การใส่ NR-g-PS เพิ่มขึ้นถึง 15 phr ความสามารถในการเข้าร่วมตัวกับ UPE ลดลง โดยสังเกตได้จากความบกพร่องที่เพิ่มขึ้น

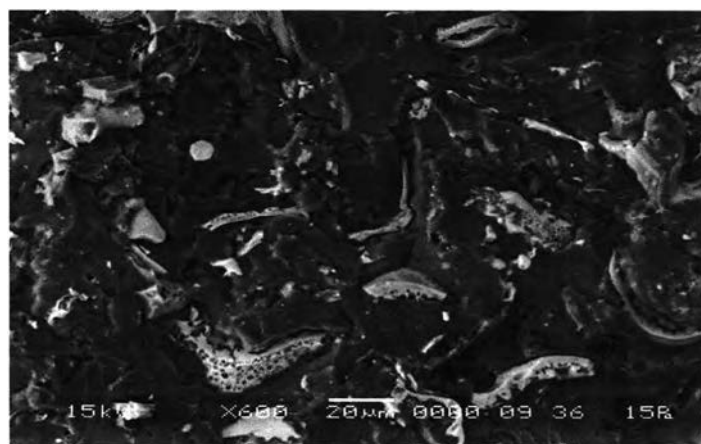
รูปที่ 4.31 แสดงสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE ยางธรรมชาติ และแก้ว-
 แกลบที่อัตราส่วน 100/5/30



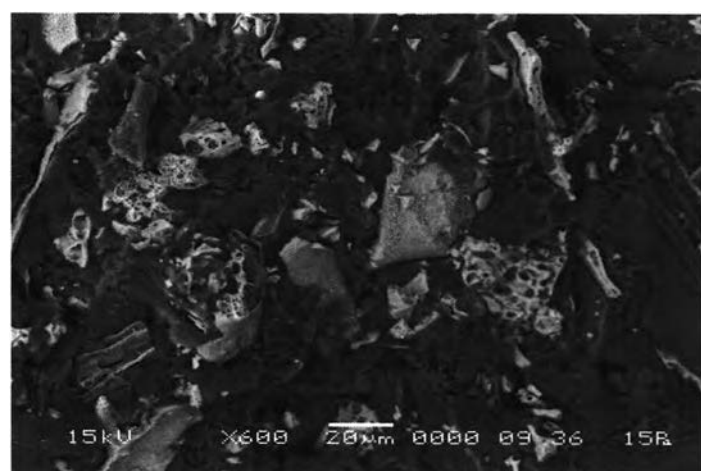
รูปที่ 4.31 สัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR/RHA ที่อัตราส่วน 100/5/30

จากรูปที่ 4.31 แสดงให้เห็นถึงความบกพร่องที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน โดยอนุภาคของยางไม่มีแรงยึดเกาะกับ UPE และจับตัวกันเป็นอนุภาคที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่เช่นเดียวกับในรูปที่ 4.28 นอกจากนี้ยังแสดงการจับตัวของแก้วแกลบ ทำให้สังเกตเห็นความบกพร่องได้ชัดเจน

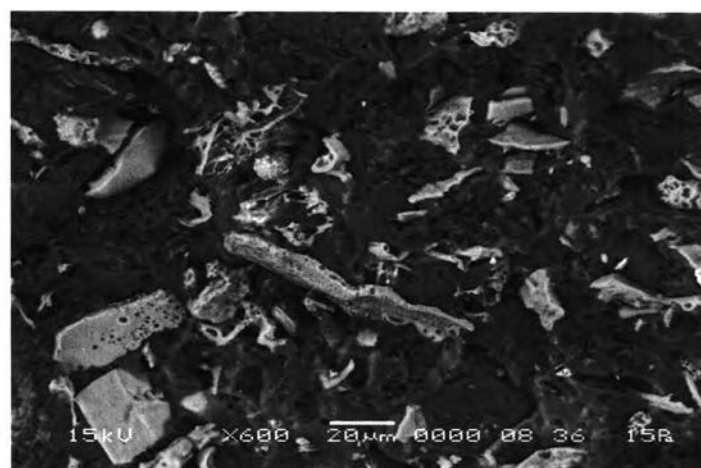
รูปที่ 4.32 แสดงสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE ยางธรรมชาติกราฟต์
 พอลิไธรีน และแก้วแกลบที่อัตราส่วนต่างๆ



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 4.32 สัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่าง UPE/NR-g-PS/RHA ที่อัตราส่วน

(a) 100/5/30, (b) 100/10/30 และ (c) 100/15/30

รูปที่ 4.32 แสดงให้เห็นอนุภาคของแก้วเคลือบที่จับตัวเป็นกลุ่ม แต่ NR-g-PS กระจายตัวใน UPE ได้ดีกว่าการใส่ NR ที่ไม่ได้กราฟต์ แสดงว่ามีการยึดเกาะระหว่าง UPE และ NR-g-PS ผ่านทาง PS ที่กราฟต์อยู่บนโมเลกุลของยางธรรมชาติ กับ PS ที่เชื่อมขวางโมเลกุลของ UPE นอกจากนี้ ยังพบว่าการจับตัวของแก้วเคลือบเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ NR-g-PS เพิ่มขึ้น เนื่องจากความหนืดของระบบที่เพิ่มขึ้นทำให้แก้วเคลือบกระจายตัวใน UPE ได้ยากขึ้น