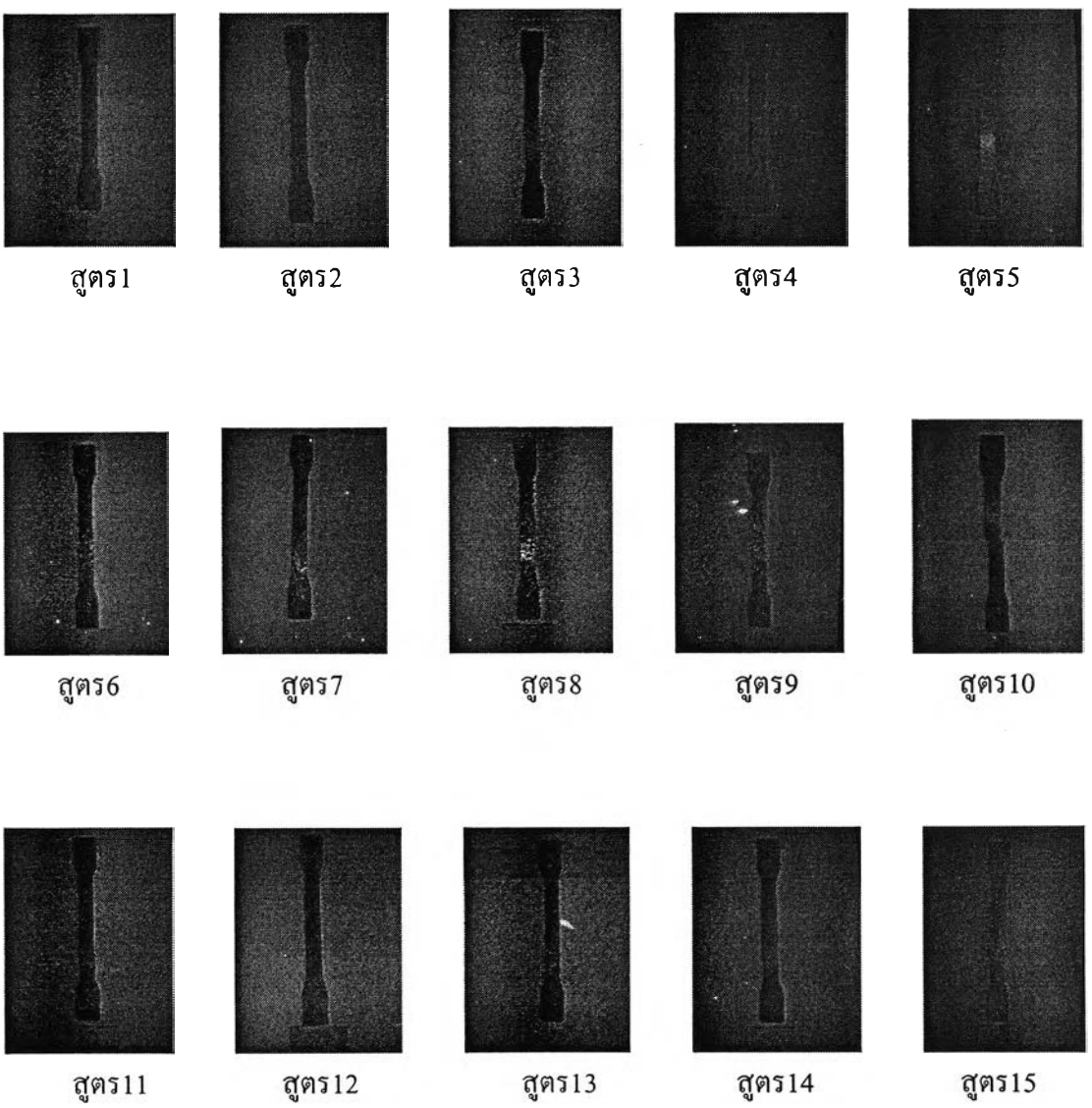
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะชิ้นงานของพอลิเมอร์ผสม

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะชิ้นงานของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พีอีแว็กซ์ (PE wax) และแป้งมันสำปะหลัง (cassava starch) ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน ซึ่งขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดแบบ (injection molding)



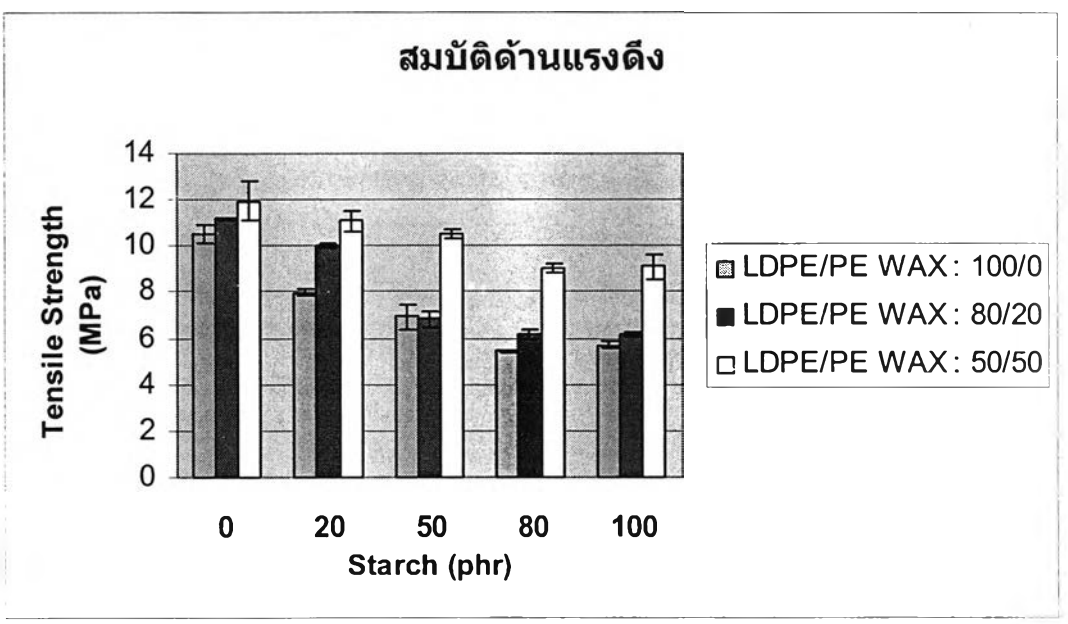
รูปที่ 4.1 ลักษณะชิ้นงานของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/starch ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน

ชิ้นงานของ LDPE มีลักษณะค่อนข้างโปร่งแสง แต่เมื่อเติม PE wax และแป้งมันสำปะหลังเข้าไปในพอลิเมอร์ผสม พบว่า ชิ้นงานมีสีเหลืองขุ่น ซึ่งความเข้มของสีและความขุ่นเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ PE wax และแป้งมันสำปะหลังที่ใส่เข้าไป ในส่วนของ LDPE/PE wax ในอัตราส่วน 80/20 พบว่าเกิดการผสมกันได้ไม่ดีนัก เนื่องจาก PE wax มีความหนืดที่ต่ำมาก ส่วน LDPE นั้นมีความหนืดที่สูงมาก จึงมีสมบัติการไหลที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังมีความแตกต่างของอัตราส่วนที่มาก (LDPE/PE wax : 80/20) ดังนั้นจึงทำให้เกิดความเข้ากันได้ที่ไม่ดี สังเกตได้จากชิ้นงานที่มีลักษณะพื้นผิวที่ค่อนข้างไม่เรียบ ส่วน LDPE/PE wax ในอัตราส่วน 50/50 มีความเข้ากันได้ดี เนื่องจากมี PE wax มีสัดส่วนที่มากขึ้นและเท่ากับ LDPE ดังนั้นจึงทำให้เกิดความเข้ากันได้ของชิ้นงานทดสอบจึงมีพื้นผิวที่เรียบเนียน

4.2 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

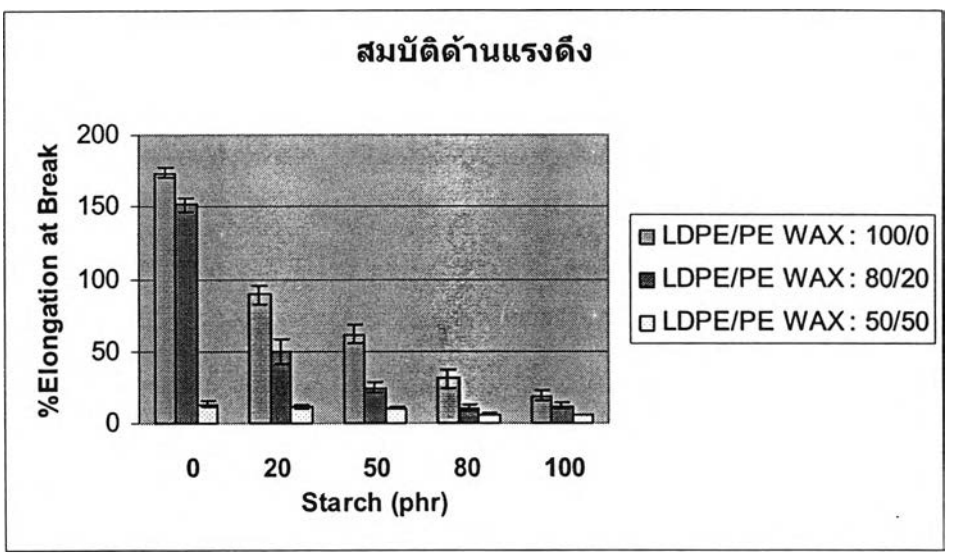
4.2.1 สมบัติด้านแรงดึง

รูปที่ 4.2-4.4 แสดงผลค่าความต้านแรงดึง (tensile strength) เปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด (% elongation at break) และยังส์มอดุลัส (Young's modulus) ตามลำดับ ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE, PE wax และแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.2 ความต้านแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ

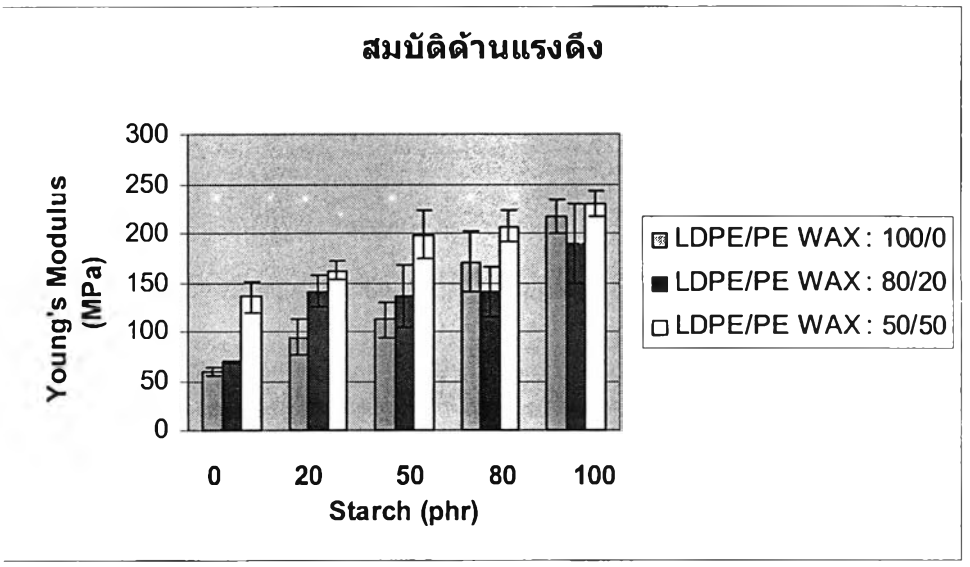
จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าชิ้นทดสอบที่ไม่ได้ใส่แป้ง (0% แป้ง) มีความต้านแรงดึงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ PE wax เพิ่มขึ้น เนื่องจาก PE wax มีโครงสร้างคล้ายกับ LDPE เพียงแต่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า จึงสามารถแทรกอยู่ในสายโซ่โมเลกุลของ LDPE ช่องว่างภายในโครงสร้างจึงลดลง มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่ดีขึ้น จึงทำให้ชิ้นทดสอบมีความต้านแรงดึงเพิ่มขึ้น ขณะที่ชิ้นงานทดสอบซึ่งไม่ได้ใส่ PE wax (LDPE/PE wax = 100/0) มีความต้านแรงดึงลดลง เมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมีโมเลกุลที่ใหญ่ เมื่อใส่เข้าไปในพอลิเมอร์ผสมทำให้เข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างสายโซ่โมเลกุลของ LDPE ทำให้ขัดขวางการจัดเรียงตัวของ LDPE ซึ่งถ้าใส่แป้งในปริมาณมากมีผลทำให้ความสามารถในการเข้ารวมตัวลดลง เนื่องจากโมเลกุลของ LDPE ไม่มีขั้ว แต่แป้งเป็นพอลิเมอร์ที่มีขั้ว อีกทั้งเป็นการเพิ่มส่วนที่ไม่หลอมเหลวให้กับพอลิเมอร์ผสม จึงเกิดเป็นจุดบกพร่องในชิ้นทดสอบ



รูปที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าการใส่ PE wax และแป้งมันสำปะหลังเข้าไปใน LDPE ในปริมาณสูงขึ้น มีผลทำให้การยืดตัวของชิ้นทดสอบลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจาก PE wax มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจึงทำให้สายโซ่โมเลกุลยืดตัวได้น้อยเมื่อได้รับแรงดึง เมื่ออัตราส่วนของ PE wax เพิ่มขึ้นเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดลดลงอย่างมาก ส่วนการใส่แป้งนั้นอาจทำให้เกิดความบกพร่องในชิ้นทดสอบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้น เมื่อใส่ทั้ง PE wax และแป้งมันสำปะหลังใน LDPE จึงมีผลทำให้การยืดตัวลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ในอัตราส่วนของ

อัตราส่วนของ LDPE/PE wax ที่ 50/50 มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดที่ต่ำมาก จึงเห็นผลของแป้งไม่ชัดเจนนักในอัตราส่วนนี้

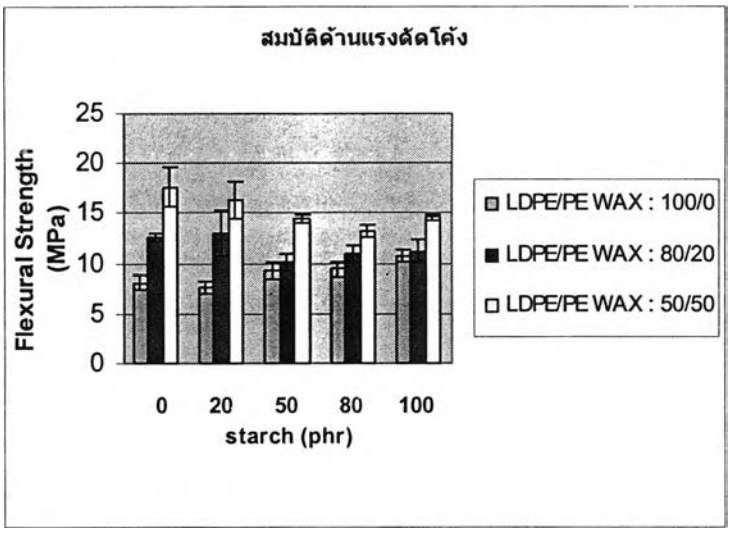


รูปที่ 4.4 ยังส์มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ

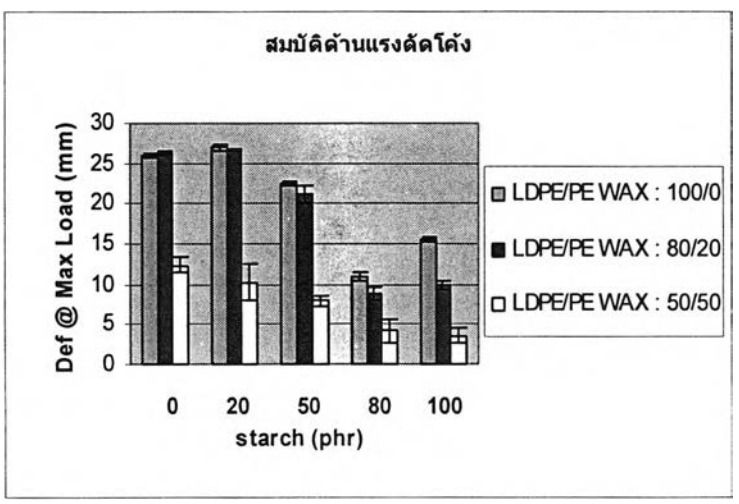
จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าชิ้นทดสอบ LDPE ที่ไม่ได้ใส่ทั้ง PE wax และแป้งมันสำปะหลังมีค่ายังส์มอดุลัสต่ำที่สุด การใส่ PE wax และแป้งทำให้ค่ามอดุลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณ PE wax และแป้งที่เพิ่มขึ้น โดยชิ้นทดสอบที่ใส่ PE wax ปริมาณ 50% (LDPE/PE wax = 50/50) และใส่แป้ง 100 ส่วน มีค่ายังส์มอดุลัสสูงที่สุด เนื่องจาก PE wax ที่ใส่เข้าไปนั้นจะไปเพิ่มความแข็งให้กับชิ้นงาน เนื่องจาก PE wax แทรกตัวอยู่ในสายโซ่โมเลกุล LDPE ทำให้มีการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลได้ใกล้ชิดมากขึ้น จึงทำให้ชิ้นทดสอบมีความคงรูปมากขึ้น ส่วนแป้งนั้นมีความเป็นขั้วที่สูง ดังนั้นเมื่อใส่ลงไปในพอลิเมอร์ผสมก็จะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวเมื่อรับแรงจึงมีค่ายังส์มอดุลัสที่สูงขึ้น

4.2.2 สมบัติด้านแรงดัดโค้ง

รูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงค่าความต้านแรงดัดโค้ง (flexural strength) และระยะดัดโค้งที่น้ำหนักสูงสุด (deformation at maximum load) ตามลำดับ ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE, PE wax และแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.5 ความต้านแรงดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.6 ระยะดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนต่างๆ

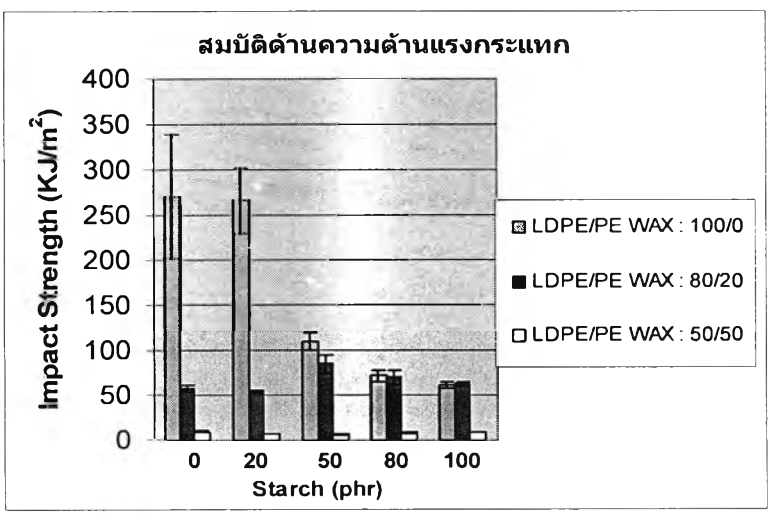
จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า ชิ้นทดสอบที่ใส่ LDPE/PE wax ในอัตราส่วน 50/50 มีความต้านแรงดัดโค้งสูงที่สุดเมื่อใส่แป้งในปริมาณเท่ากัน (สูงกว่า 80/20 และ 100/0) และชิ้นทดสอบที่ไม่ใส่ PE wax (LDPE/PE wax = 100/0) มีความต้านแรงดัดโค้งต่ำที่สุดเมื่อใส่แป้งในปริมาณเท่ากัน แสดงว่า PE wax ช่วยให้พอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE กับแป้งมันสำปะหลังมีความต้านแรงดัดโค้งเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องจาก PE wax นั้นจะแทรกตัวอยู่ในสายโซ่โมเลกุล LDPE จึงมีช่องว่างภายในโมเลกุลน้อยลงสายโซ่โมเลกุลพอลิเมอร์เคลื่อนที่ได้ยากขึ้นเมื่อได้รับแรง ช่วยให้ชิ้น

ทดสอบมีความแข็งมากขึ้น จึงสามารถรับแรงกดได้มากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาจากระบบที่ไม่มี PE wax พบว่ามีความต้านแรงดัดโค้งเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของแป้งเพิ่มขึ้น เนื่องจาก LDPE มีความเหนียวสูง เมื่อใส่แป้งนั้น ซึ่งแป้งมีความเป็นขั้ว ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวมากขึ้น ทำให้มีชิ้นทดสอบมีความแข็งมากขึ้น ส่วนระบบที่ใส่ PE wax พบว่ามีความต้านแรงดัดโค้งลดลง เนื่องจากในระบบนี้ PE wax แทรกตัวอยู่ในสายโซ่โมเลกุล LDPE ทำให้มีการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลได้ใกล้ชิดมากขึ้น จึงทำให้ชิ้นทดสอบมีความคงรูปมากขึ้น แต่เมื่อใส่แป้งลงไปทำให้เกิดจุดบกพร่องในชิ้นทดสอบมากขึ้น ทำให้มีความต้านแรงดัดโค้งลดลง โดยชิ้นทดสอบที่ใส่ LDPE/PE wax ในอัตราส่วน 50/50 และไม่ใส่แป้ง (0 % แป้ง) มีความต้านแรงดัดโค้งสูงที่สุด เนื่องจากไม่มีแป้งไปขัดขวางการเข้ารวมตัวของ LDPE และ PE wax ดังนั้น ชิ้นทดสอบจึงมีจุดบกพร่องน้อยที่สุด

รูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าระยะดัดโค้งของพอลิเมอร์ผสมมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งและสัดส่วนของ PE wax เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากชิ้นทดสอบมีความแข็งมากขึ้น รวมทั้งปริมาณ LDPE ซึ่งมีความอ่อนตัวและดัดโค้งได้ดีลดน้อยลง ดังนั้น พอลิเมอร์ผสมที่มี LDPE/PE wax เป็น 50/50 และใส่แป้งมันสำปะหลัง 100% จึงมีระยะดัดโค้งต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด

4.2.3 ความต้านแรงกระแทก

รูปที่ 4.7 แสดงค่าความต้านแรงกระแทก (impact strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE, PE wax และแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ



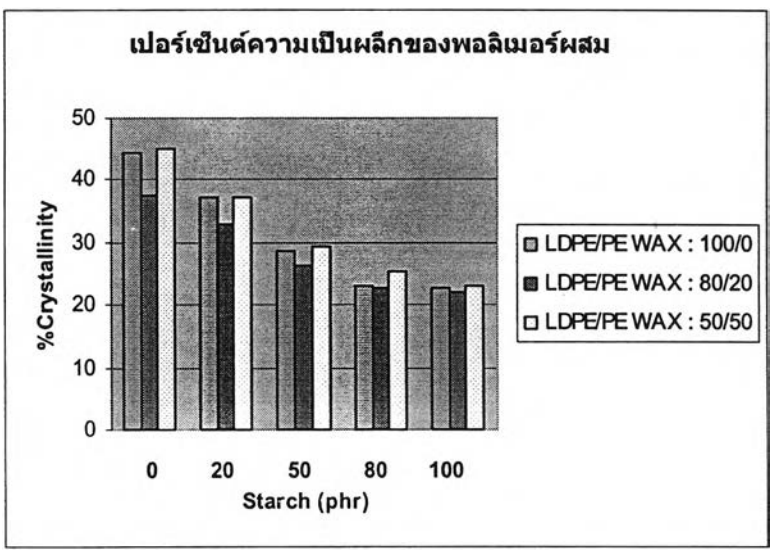
รูปที่ 4.7 ความต้านแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ

I25196434

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า ความต้านแรงกระแทกของ LDPE ที่ไม่ได้ใส่ทั้ง PE wax และแป้งมันสำปะหลังมีความต้านแรงกระแทกสูงมาก เนื่องจาก LDPE มีความอ่อนตัว จึงสามารถต้านแรงกระแทกได้ดี นอกจากนี้ ชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax เป็น 50/50 มีความต้านแรงกระแทกลดต่ำลงมากอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจาก PE wax ที่ใส่ไปนั้นทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความแข็งมากขึ้น รวมทั้งชิ้นทดสอบมีปริมาณ LDPE ลดน้อยลงมาก และเมื่อปริมาณของแป้งเพิ่มขึ้น พบว่ามีแนวโน้มของความต้านแรงกระแทกที่ลดลง เนื่องจากแป้งที่ใส่ไปนั้นมีความเปราะ จึงทำให้เป็นการเพิ่มความเปราะให้กับชิ้นทดสอบ ดังนั้น ในการทำผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE, PE wax และแป้งมันสำปะหลัง ไม่เหมาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความต้านแรงกระแทกสูง เพราะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกหักง่ายเมื่อได้รับแรงกระแทก

4.4 ผลการทดสอบหาปริมาณผลึกของพอลิเมอร์ผสม

รูปที่ 4.8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE, PE wax และแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC



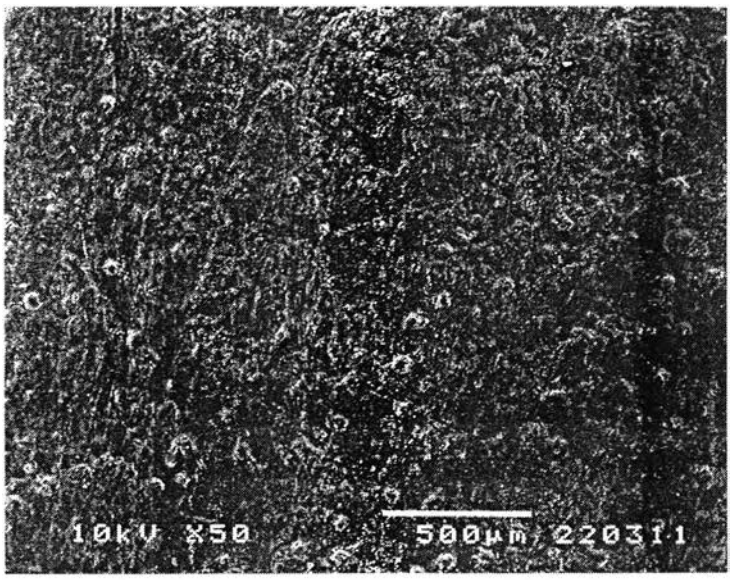
รูปที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.8 เมื่อพิจารณาปริมาณผลึกของพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมจาก LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 100/0 มีความเป็นผลึกใกล้เคียงกันกับในอัตราส่วน LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 50/50 ซึ่งแสดงว่า PE wax ที่ใส่เข้าไปในอัตราส่วนนี้มีความเข้ากันได้ดีกับ LDPE และไม่ได้ขัดขวางการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลที่ทำให้เกิดผลึกของ LDPE แต่เข้าร่วมเกิดผลึกกับ LDPE จึงมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกใกล้เคียงกับ LDPE แต่ในส่วนของ LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 80/20 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกที่ลดลงมากกว่าอัตราส่วนอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก PE wax ที่ปริมาณน้อย

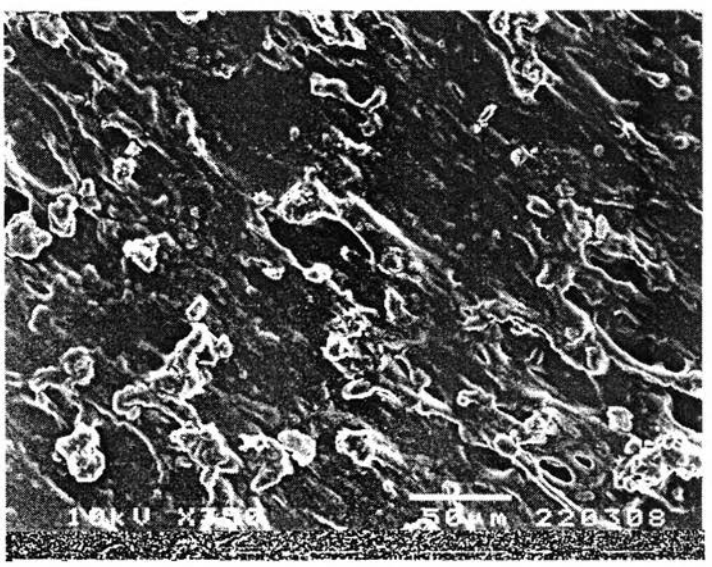
และในส่วนของปริมาณผลึกที่ลดลงเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของแป้งเข้าขัดขวางการจัดเรียงตัวของ LDPE และ PE wax

4.2 ผลการตรวจสอบสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม

รูปที่ 4.9 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 100/0, 80/20 และ 50/50 โดยตรวจสอบพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบความต้านแรงกระแทกแล้ว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)



(a)



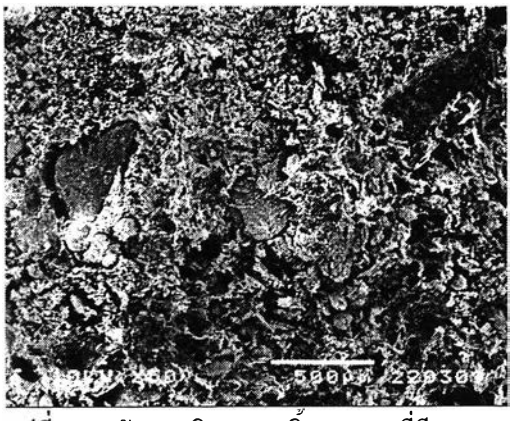
(b)

(c)

รูปที่ 4.9 สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน (a) 100/0, (b) 80/20 และ (c) 50/50

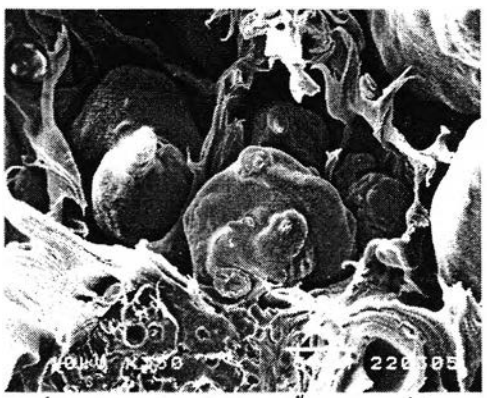
จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า พอลิเมอร์ผสมในรูป (b) ที่ประกอบด้วย 80 LDPE/20 PE wax มีความเข้ากันได้ระหว่าง PE wax กับ LDPE ไม่ดีนัก เนื่องจาก LDPE หลอมเหลวมีความหนืดค่อนข้างสูง และมีปริมาณมากกว่า ทำให้ PE wax ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่าแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างโมเลกุลของ LDPE ได้ไม่ดีนัก แต่เมื่ออัตราส่วนของ LDPE/PE wax เป็น 50/50 ในรูป (c) พบว่าความเข้ากันได้ของ LDPE และ PE wax เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก PE wax ทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นให้กับสายโซ่โมเลกุลของ LDPE อีกทั้งปริมาณ LDPE ในพอลิเมอร์ผสมลดน้อยลงด้วย จึงเกิดความเข้ากันได้มากกว่า และส่งผลให้ชิ้นทดสอบมีสมบัติเชิงกลสูงกว่าที่อัตราส่วน 80/20

รูปที่ 4.10-4.15 แสดงสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 100/0, 80/20 และ 50/50 ที่ผสมแป้งมันสำปะหลัง 100 และ 50 phr โดยตรวจสอบพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบความต้านแรงกระแทก ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

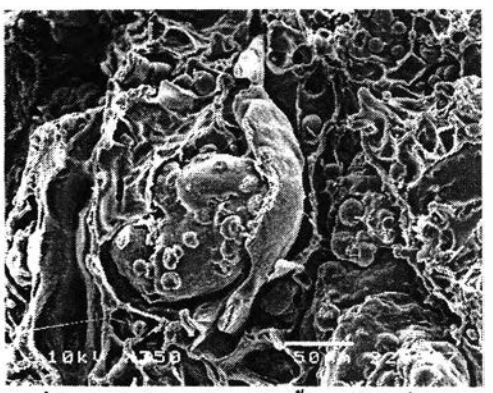


รูปที่ 4.10 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี
อัตราส่วน LDPE/PE wax/starch : 100/0/100

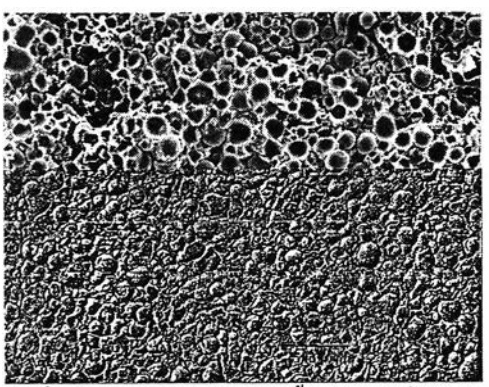
รูปที่ 4.11 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี
อัตราส่วน LDPE/PE wax/starch : 100/0/50



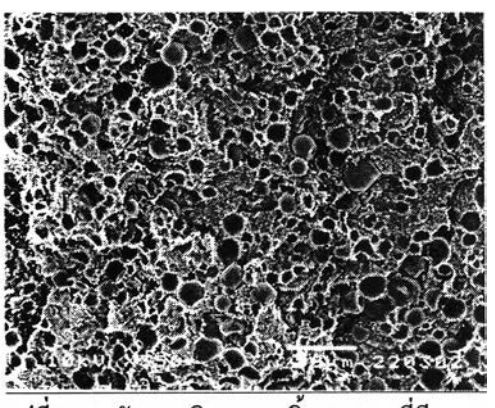
รูปที่ 4.12 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี
อัตราส่วน LDPE/PE wax/starch : 80/20/100



รูปที่ 4.13 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี
อัตราส่วน LDPE/PE wax/starch : 80/20/50



รูปที่ 4.14 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี
อัตราส่วน LDPE/PE wax/starch : 50/50/100



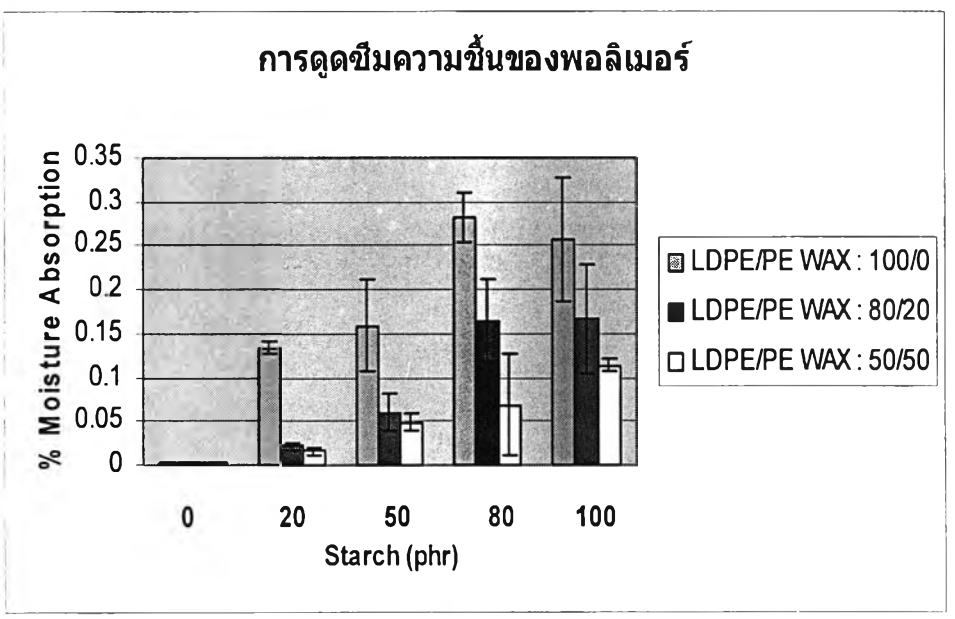
รูปที่ 4.15 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี
อัตราส่วน LDPE/PE wax/starch : 50/50/50

เมื่อเปรียบเทียบรูปที่ 4.10, 4.12 และ 4.14 พบว่า ชิ้นทดสอบที่มีอัตราส่วน LDPE/PE wax เป็น 50/50 และมีแป้ง 100 ส่วน นั้น PE wax ช่วยให้แป้งมีการกระจายตัวใน LDPE ได้ดีขึ้น ซึ่งพบว่า การรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนของแป้งน้อยลง และอนุภาคของแป้งมีขนาดเล็กลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ใส่ PE wax (LDPE/PE wax = 100/0) และที่อัตราส่วน LDPE/PE wax เป็น 80/20 เนื่องจากในอัตราส่วนนี้ มี PE wax ในอัตราส่วนสูงพอที่ทำให้ระบบมีความหนืดที่ไม่สูงมาก ทำให้มีการกระจายของอนุภาคแป้งได้ดีที่สุด ในทำนองเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบรูปที่ 4.11, 4.13 และ 4.15 จะให้ผลไปในทางเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว

นอกจากนี้ รูปที่ 4.14 และ 4.15 ยังแสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณแป้งในชิ้นทดสอบเพิ่มขึ้น (จาก 50 เป็น 100 ส่วน) เม็ดแป้งรวมตัวเป็นกลุ่มใหญ่กระจายอยู่ในชิ้นทดสอบ จึงมองเห็นชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบแรงกระแทกแล้วนี้มีความบกพร่องมากขึ้น ดังนั้น สมบัติเชิงกลของชิ้นทดสอบจึงลดลงเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น

4.5 การดูดซึมความชื้น

รูปที่ 4.16 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมความชื้นของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE, PE wax และแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน



รูปที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมความชื้นของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนต่างๆกัน

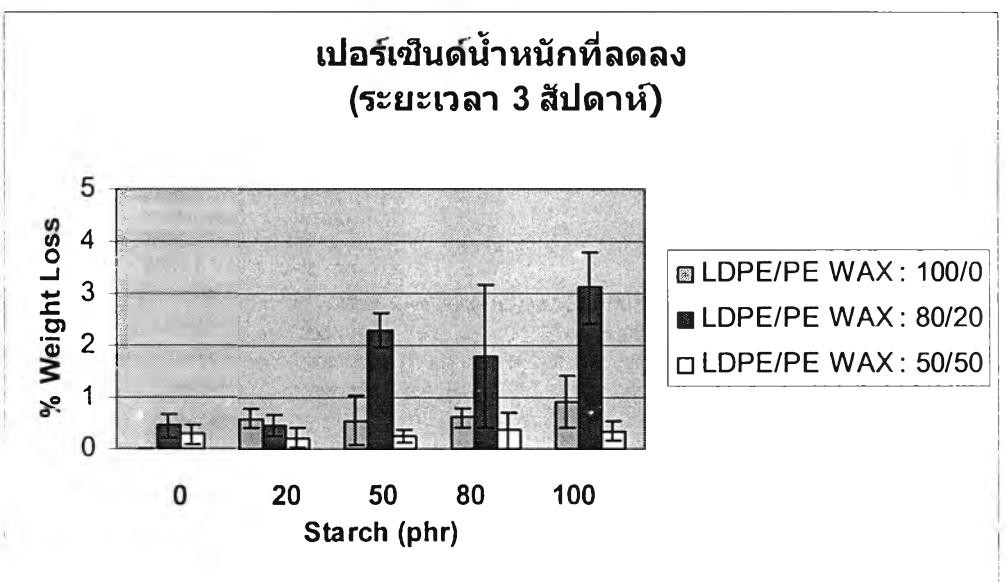
สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมความชื้นของ LDPE และพอลิเมอร์ผสมของ LDPE/PE wax ทุกอัตราส่วน ที่ไม่ได้ใส่แป้ง (0% แป้ง) มีค่าต่ำมาก เพราะโมเลกุลของทั้ง LDPE และ PE wax ไม่มีขั้ว จึงดูดความชื้นได้น้อยมาก และเมื่อปริมาณแป้งในพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้น การดูดความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากโมเลกุลของแป้งมีขั้วอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงมีความชอบน้ำ นอกจากนี้ ยังพบว่า ชิ้นทดสอบที่ไม่ได้ใส่ PE wax แต่ใส่แป้งเป็นจำนวนมาก (80 และ 100 ส่วน) มี % การดูดความชื้นสูงมาก และมีค่าลดลงเมื่อปริมาณ PE wax สูงขึ้น เพราะ PE wax ไม่มีขั้ว อีกทั้งเมื่อใส่เข้าไปในพอลิเมอร์ผสม จะทำให้ชิ้นงานมีลักษณะเป็นไขเคลือบอยู่ จึงมีเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นที่ต่ำเมื่อปริมาณของ PE wax สูงขึ้น

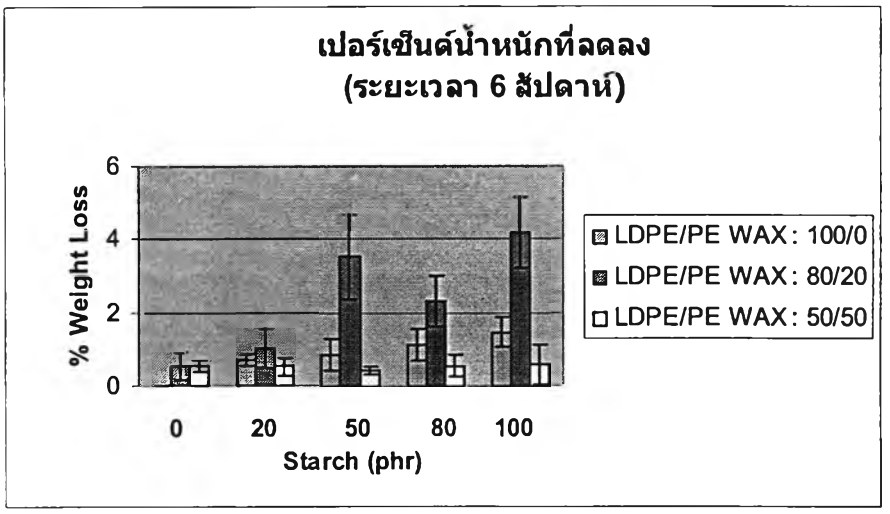
4.6 ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ

4.6.1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลง

รูปที่ 4.17-4.18 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE, PE wax และแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 3 และ 6 สัปดาห์ตามลำดับ



รูปที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนต่างๆกัน ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 3 สัปดาห์

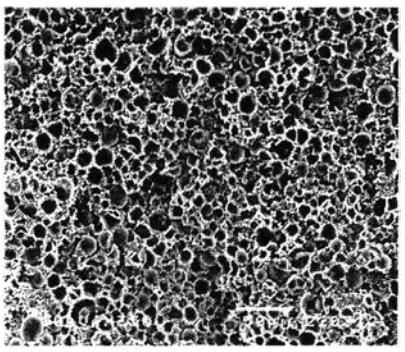


รูปที่ 4.18 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนต่างๆกัน ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์

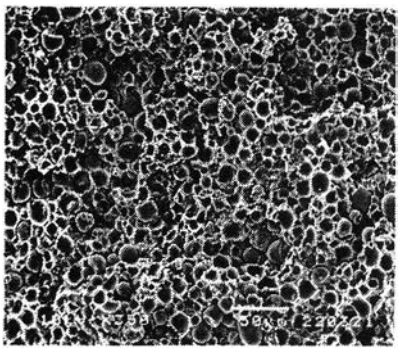
จากรูปที่ 4.17-4.18 แสดงให้เห็นว่า ชิ้นทดสอบที่มีอัตราส่วนของ LDPE/PE wax เป็น 80/20 มีการย่อยสลายดีที่สุด เมื่อใส่แป้งในปริมาณที่เท่ากัน เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ลดลงมากที่สุด นอกจากนี้ ยังสังเกตพบว่าชิ้นทดสอบมีพื้นผิวที่ไม่ค่อยเรียบเมื่อเทียบกับ LDPE/PE wax อัตราส่วนอื่น เพราะมีปริมาณของ PE wax น้อยเกินไปที่จะทำให้เกิดการผสมเข้ากันได้ดีกับ LDPE หลอมเหลวที่มีความหนืดสูงมาก อีกทั้งมีความเป็นผลึกที่ต่ำกว่าในอัตราส่วนอื่น จึงมีส่วนของอสัณฐานที่สามารถเกิดการย่อยสลายได้ง่ายมากกว่าอัตราส่วนอื่น ทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของพอลิเมอร์ผสมมากที่สุด ส่วน LDPE/PE wax ที่ 50/50 นั้นมีพื้นผิวเรียบมาก และมีการดูดซึมความชื้นที่ต่ำจึงมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ลดลงน้อยที่สุด นอกจากนี้ ยังพบว่าเมื่อปริมาณแป้งในพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ลดลงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งก็เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า แป้งจัดเป็นพอลิเมอร์ทางธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ดีด้วยกระบวนการทางชีวภาพ แต่ในอัตราส่วน LDPE/PE wax ที่ 50/50 มีปริมาณของ PE wax ที่สูงขึ้นทำให้เคลือบที่พื้นผิว และช่วยปกคลุมอนุภาคของแป้งไว้ ทำให้ในสูตรนี้ไม่เป็นไปดังที่กล่าวมาในขั้นต้น และพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปจาก 3 เป็น 6 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของพอลิเมอร์ผสมเพิ่มมากขึ้นด้วย แสดงว่าชิ้นทดสอบถูกย่อยสลายได้มากขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป

4.6.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จากรูปที่ 4.19–4.20 แสดงสัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax เป็น 50/50 และใส่แป้ง 100 ส่วน ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 3 สัปดาห์ และ 6 สัปดาห์ ตามลำดับ



รูปที่ 4.19 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax/starch : 50/50/100 ภายหลังฝังดิน 3 สัปดาห์

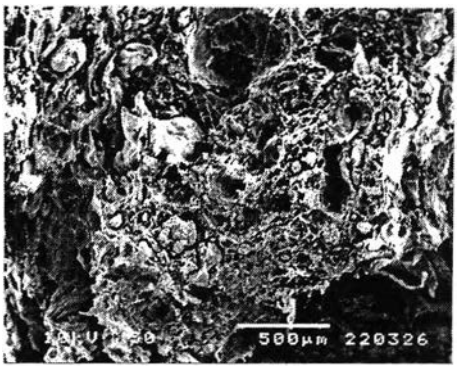


รูปที่ 4.20 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax/starch : 50/50/100 ภายหลังฝังดิน 6 สัปดาห์

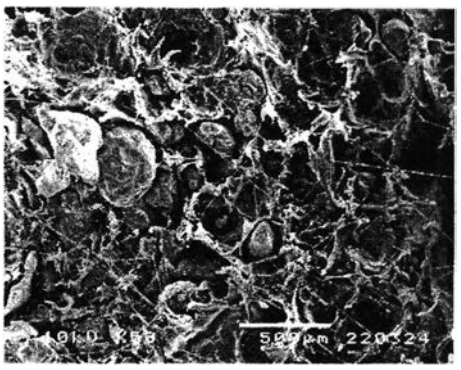
จากรูปที่ 4.19–4.20 แสดงให้เห็นว่าสัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบภายหลังฝังดิน 6 สัปดาห์ มีรูพรุนที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพมากกว่าการฝังดิน 3 สัปดาห์ ซึ่งเป็นการยืนยันว่าชิ้นทดสอบของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE, PE wax และแป้งมันสำปะหลังสามารถถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพได้

รูปที่ 4.21-4.23 แสดงสัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax เป็น 80/20 และใส่แป้งมันสำปะหลัง 0, 50 และ 100 ส่วน ตามลำดับ ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์

รูปที่ 4.21 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง เป็น 80/20/0 ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์



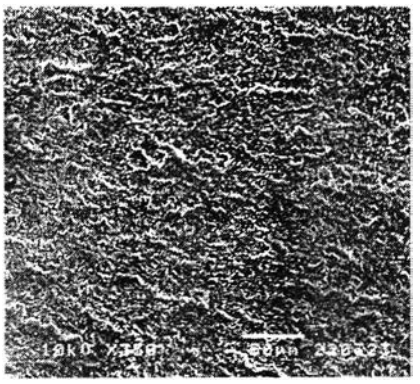
รูปที่ 4.22 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง เป็น 80/20/50 ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์



รูปที่ 4.23 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง เป็น 80/20/100 ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์

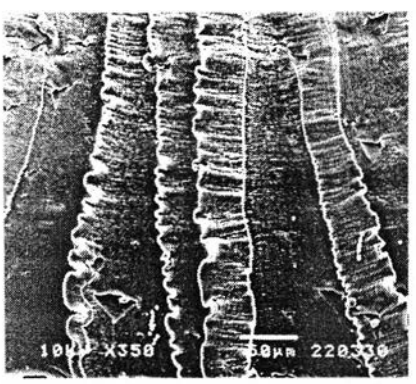
จากรูปที่ 4.21–4.23 แสดงให้เห็นว่าชิ้นทดสอบที่ใส่แป้งมันสำปะหลังปริมาณมากมีขนาดของช่องว่างที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพขนาดใหญ่ ในขณะที่ชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่แป้งมีความพรุนตัวน้อยกว่ามาก

รูปที่ 4.24-4.26 แสดงสัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax เป็น 50/50, 80/20 และ 100/0 และไม่ใส่แป้งมันสำปะหลัง ตามลำดับ ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์



รูปที่ 4.24 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง เป็น 50/50/0 ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์

รูปที่ 4.25 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง เป็น 80/20/0 ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์

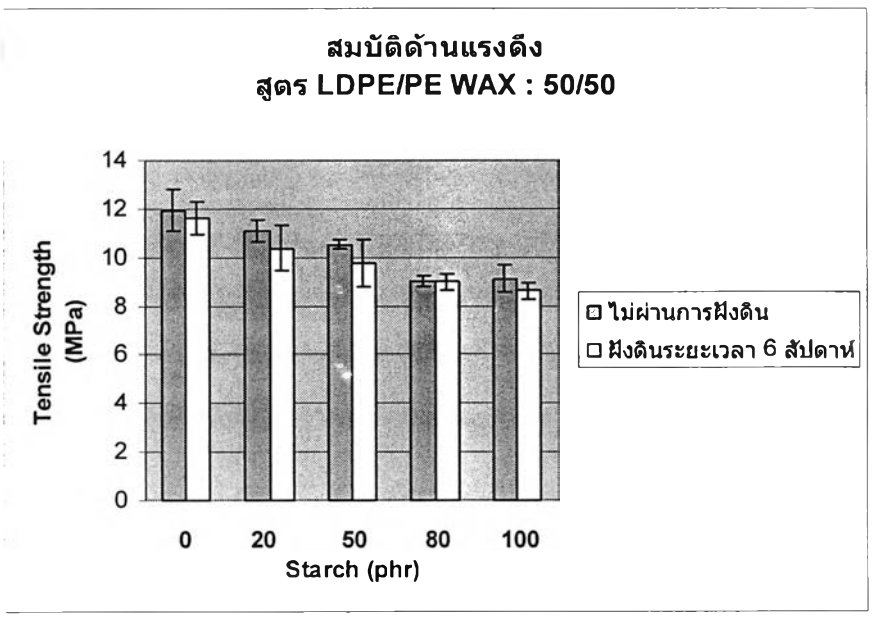


รูปที่ 4.26 สัณฐานวิทยาของชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax/แป้งมันสำปะหลัง เป็น 100/0/0 ภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์

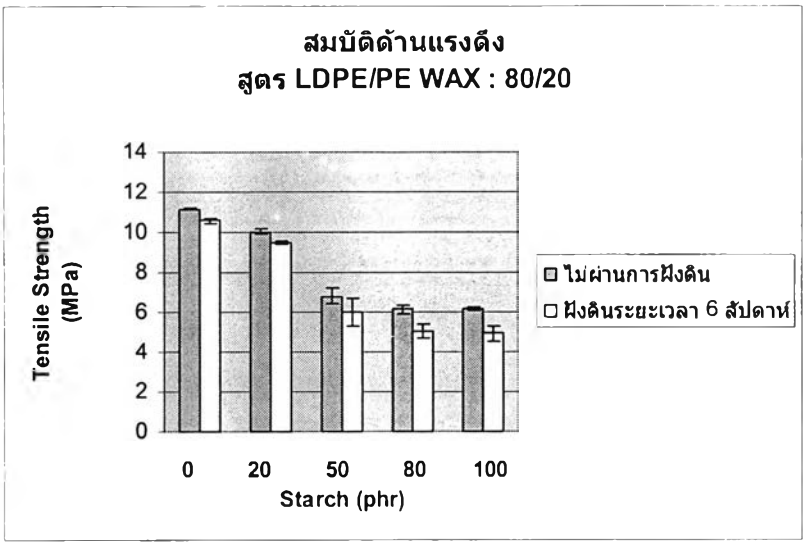
จากรูปที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่าชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax เป็น 50/50 มีพื้นผิวชิ้นงานเรียบกว่าชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax เป็น 80/20 (รูปที่ 4.25) เพราะทั้ง LDPE และ PE wax สามารถเข้ากันได้ดีกว่า ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้น ชิ้นทดสอบที่มี LDPE/PE wax เป็น 80/20 ซึ่งมีพื้นผิวขรุขระกว่าจึงถูกจุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลายได้ง่ายกว่า ส่วนชิ้นทดสอบที่ไม่ได้ใส่ทั้ง PE wax และแป้งมันสำปะหลังจะมีการย่อยสลายน้อยมากจนแทบมองไม่เห็นความพรุนตัวในเนื้อพลาสติกเลย (รูปที่ 4.26)

4.6.3 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

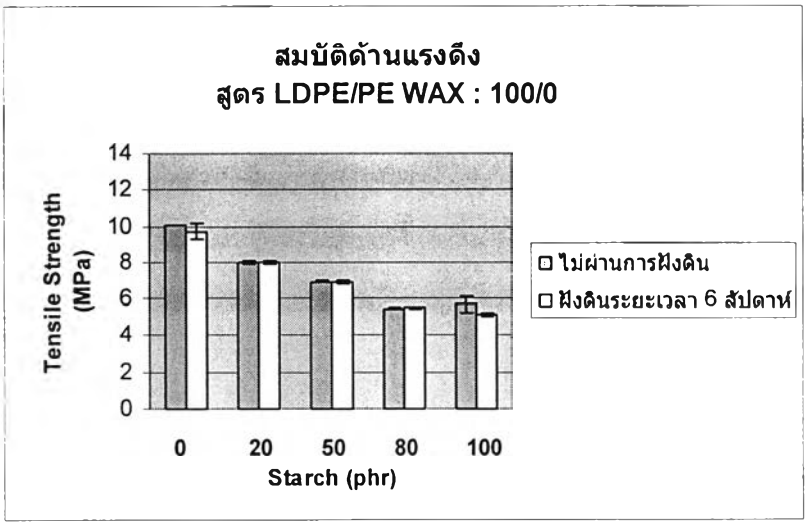
รูปที่ 4.27-4.29 แสดงสมบัติความต้านแรงดึงที่ลดลงของชิ้นทดสอบภายหลังการฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับก่อนทำการฝังดิน



รูปที่ 4.27 ความต้านแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 50/50 เปรียบเทียบก่อนและหลังฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์



รูปที่ 4.28 ความต้านแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 80/20 เปรียบเทียบก่อนและหลังฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์



รูปที่ 4.29 ความต้านแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 100/0 เปรียบเทียบก่อนและหลังฝังดินเป็นเวลา 6 สัปดาห์

จากรูปที่ 4.27–4.29 แสดงให้เห็นว่าภายหลังการฝังดินนาน 6 สัปดาห์ ชิ้นทดสอบที่สมบัติความต้านแรงดึงลดลง เนื่องจากชิ้นงานถูกย่อยสลายไปโดยแบคทีเรียและเชื้อราในดิน ทำให้สายโซ่โมเลกุลสั้นลง จึงทำให้มีความต้านแรงดึงลดลง นั้นแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานถูกย่อยสลาย และชิ้นทดสอบที่สมบัติความต้านแรงดึงลดลงมากที่สุด เป็นของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง LDPE/PE wax ที่อัตราส่วน 80/20 เพราะการเข้ารวมตัวของ PE wax และ LDPE เกิดได้น้อยที่สุด ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว